

ISSN 1340-461X

附属天王寺中・高

# 研究集録

第47集 (平成16年度)

*Bulletin of the  
Tennoji Junior & Senior High School  
Attached to Osaka Kyoiku University  
No.47  
(March, 2005)*

大阪教育大学附属天王寺中学校  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

## 研究集録 執筆規定

### 1. 本誌は、研究集録という。

本誌の英語名は、 Bulletin of the Tennoji Junior & Senior High School Attached to Osaka Kyoiku Universityとする。

### 2. 本誌の執筆資格者は、附属天王寺中学校、および附属高等学校天王寺校舎の現役教官を原則とする。

### 3. 本誌は年刊とする。発行は毎年3月とし、執筆者には50部の別刷を提供する。

### 4. 本誌の原稿締切は毎年1月中旬とする。

### 5. 本誌の原稿用紙は、40字×40行詰めとし、横書きのみとする。英文論文の場合、70~80字×40行とする。第一頁は21行目から本文を書き始める。論文は25頁以内とする。

和文表題・執筆者→抄録→キーワードの順に書き、その後本文をはじめる。  
和文論文の場合は、英文表題・執筆者・英文要旨・キーワードをつけることを原則とする。(英文論文の場合は、日本語要旨をつくる。)

### 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

今年も児童生徒の学力問題が話題になっている。ひとつには経済開発機構（OECD）の学習到達度調査と、もう一つは、国際教育到達度評価学会（IEA）が調べた国際数学・理科教育調査の学力調査が相次いで発表されたことによる。この調査結果から日本の子どもの学力は世界のトップ級とは言えなく、特に、読解力においては、調査国中14位であり、数学、理科においても統計的な誤差の範囲を超えて下がったことが明らかになった。

21世紀の日本は科学技術立国という国の政策から言えば、これまでが世界の上位に位置していた日本の学力も今回の成績はショッキングな内容として、今後の教育の在り方にまた議論が起こることは間違いない。事実、中山文部科学大臣の見解として「総合的な学習」の時間削減と見直しを示唆し、それによる主要教科の時間増も検討すると述べたこと。また、小泉首相の方針演説の中にも学習指導要領の「ゆとり教育」路線を修正するとの内容が織り込まれていることからも明らかである。

今年の3月には、中教審の教育課程部会で開かれている専門部会によって「一人ひとりの子どもの視点」と「15歳、18歳段階での具体的な達成目標」を念頭において、それぞれの目的の特定が提案されることになっている。それを受け、17年度から学習指導要領の内容の検討に入るというスケジュールである。このような時期に首相や文部科学大臣の発言はこれから教育の在り方に大きな影響を与えることは間違いないことである。

確かにこれまで現場では、「ゆとり教育」によって個を伸ばすことに主眼が置かれ、競争原理による教育は避けられる傾向が強かった。このことが、若者の自立意識や目的を持って勉強する意識の希薄化につながっているとの指摘もある。そして、家庭環境や子どもへの教育費の掛け方が学力と相関があるとの報告あり、今後、私学志向が一層強まるであろうとの見方もある。

社会の変化やその時代の背景などが影響して、教育に対しての要求されるものがその都度、猫の目のように変わるのが今日の特徴である。確かに、教育には理想的な人間形成という普遍的役割を持ちながら、現実に目の前に今を生きている生徒の実態や現状に即して対処療法的に対応しなければならない役割もある。学習内容も、学校期に強制的にも確實に身に付けさせておきたい基礎・基本の学力と子どもの実態に応じて教える内容に柔軟性を持たせ総合的に身に付けさせる学力もある。また、教師主導の教え込む授業か生徒の自立性、自発性を大切にする授業かの議論もある。これから時代は、二項対立的な教育論ではなく、生徒の成長段階に合わせて、目の前にいる生徒をどうするのかという明確な意図を持って、それぞれの利点を生かす指導が必要になってくるであろう。

そのためにも、教える内容（教材）について深い理解（研究）をなくして、生徒に何をどのような指導方法を用いて学習指導をするかは明らかになってこない。また、学校が「教える—覚える」ことで成り立っている以上、生徒の特性を知り、教師が教える内容の教材研究を行う中にすべての答えがあるはずである。

研究集録第47集は、国立大学法人化として附属学校に求められる使命と本校が目指す中・高一貫教育のさらなる充実に向けて、日頃の先生方の研究の成果を実践と共に検証し、まとめたものである。各方面からのご批評ご批判を頂ければ幸いである。

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

三木四郎



## 目 次 (Contents)

笹川 裕史(SASAGAWA Hiroshi): 「ローマは一日にして成らず」—世界史の教育実習生の指導をめぐって（3）— (“Rome was not Built in a Day”—A Note of the Instruction to the Student Teachers (III)—)	1
笹川 裕史(SASAGAWA Hiroshi): 世界史教材としての遣唐使 (“Japanese Envoys to Tang Dynasty” in World History) ..... 25	
岩瀬 謙一・芝本 裕司・瀬尾 祐貴・本間 俊宏 (IWASE Ken-ichi・SHIBAMOTO Hiroji・SEO Yuki・HOMMA Toshihiro): 「結び目の数学」の教育について (A Study on Teaching Mathematical Knots) ..... 51	
岡 博昭(OKA Hiroaki): Win MOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第VI報）—DNAを中心に— (Development of the molecule model which WinMOPAC was used for) ..... 75	
岡 博昭(OKA Hiroaki): インターネット授業（第II報）—生徒の利用状況を中心に— (Internet Classes) ..... 85	
西 康扶(NISHI Nobusuke): バイオテクノロジーを視野に入れたカリキュラム開発—中学校での発展的学習として— (Curriculum development in view of biotechnology—Progressive study at junior high school—) ..... 95	
森中 敏行(MORINAKA Toshiyuki): 遺伝子工学実習の取り組み（Ⅲ） —バイオテクノロジーを手法に生命現象を解明する探究活動の教材開発— (Trial of Laboratory Experiment on Gene Engineering For High School Students (Ⅲ)—Teaching materials development of the research activities which solve life phenomenon by biotechnology—) ..... 101	
井畠 公男(IBATA Kimio): 意味というものの—ものがたりを通して— (On stories) ..... 127	



# 「ローマは一日にして成らず」

## — 世界史の教育実習生の指導をめぐって（3） —

笹川 裕史

“Rome was not Built in a Day”

: A Note of the Instruction to the Student Teachers (III)

SASAGAWA Hiroshi

抄録：筆者は、2004年度の教育実習オリエンテーションで、地歴・公民科での実習を希望する教養学科の学生14名に授業を公開し、指導講話をを行なった。またそのうちの二名には、実際に教科（世界史）指導を4週間にわたって担当した。本稿は、その記録である。

キーワード：教育実習、教科指導、古代ローマ、世界史

### 1. はじめに

本稿は、2つの部分より構成される。一つは、地歴・公民科での教育実習を希望する教養学科の学生を対象とした2004年度のオリエンテーション（教育実習事前指導）での公開授業と指導講話にかかる記録である。他の一つは、その後の4週間にわたる実習において筆者が教科（世界史）指導を受け持った二名に関する記録である。

筆者がオリエンテーションを担当したのは2度目である。前回（2001年度）は、同僚の教員から「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」と忠告をうけていた。しかし国語科・英語科あるいは数学科と異なり、科目の専門性が高くなる地歴・公民科の実習生に指導案を事前に作らせることは不可能だと考えた。そのかわりに実習生が漫然と授業を見ない工夫として、授業後に『今回の授業に対する評価と感想』を書かせてみた。それなりの意味はあつたが、印象批評みたいにやや散漫になってしまった。そこで今回は、実習生に公開授業を詳しく分析させ、その結果をふまえて指導講話をすることにした。

4週間にわたって二名の実習生を指導することになったのも、今回が2度目である。前年度は大航海時代を実習生に担当させたが、今年度は古代ローマ時代をあてることにした。当初は、前年度の実習指導の「形式」を踏襲して、「内容」をより充実させる予定であった。しかし、ある事情によって「形式」そのものを変化させることになってしまった。

本稿は、筆者が過去に公表してきた実習生の教科指導に関する記録の第三報である<sup>註1</sup>。なお本年度、筆者のもとで実習を行なった高橋祐子さんと平田奈月さんには、実習期間を通じて隨時、率直で具体的な感想等を記してもらつた<sup>註2</sup>。謝意を表したい。

## 2. オリエンテーション

オリエンテーションでは、4時間目に公開授業、5～6時間目に指導講話を行なった。基本的にオリエンテーションの形態と内容は、2001年度のときと大差ない。日程の都合もあって、高校三年生の選択世界史のクラスで公開授業をしたのも前回と同様である。本節では、まず公開授業の実際と実習生の評価について、ついで指導講話の概略と実習生の感想について記しておく。

### (1) 公開授業

公開授業の構成を明らかにするために、実習生に配布した当日の学習指導案を示しておく。つづいて公開授業の簡単な概要と授業プリント（本来はB4版のものをB5版に縮小した。また空欄への記入語句には二重下線を施している）を掲載し、最後に公開授業に対する実習生の観点別評価を記しておく。

#### ① 学習指導案

### 地理歴史科（世界史）指導案

指導者 笹川裕史

1. 日時 2004年4月27日（火） 第4限（11時40分～12時30分）

2. 場所 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 3年C組教室

3. 学級 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 3年世界史選択b組 18人  
(男子6人 女子12人)

4. 主題 古代ギリシア

5. 目標 自然環境と関連させながら、ギリシアのポリスの成立・発展・衰退の経緯を把握させる。とくにアテネとスパルタについては、ポリス社会としての共通点と相違点に留意しながら、その歴史を理解させる。そしてポリス社会の枠を超えたアレクサンドロス帝国の革新性について認識させる。

6. 指導計画（全5時間）

区分	学習内容	時間配当
第1次	地中海の風土・エーゲ文明・暗黒時代・ポリスとは何か（1）	1時間
第2次	ポリスとは何か（2）・スパルタの歴史・アテネの歴史（1）	1時間（本時）
第3次	アテネの歴史（2）・ペルシア戦争	1時間
第4次	ペロポネソス戦争・文化	1時間
第5次	前4世紀前半のギリシア世界・ヘレニズム世界	1時間

## 7. 本時の指導

①主題 古代ギリシア人の民族意識のあり方を考察させる。スバルタとアテネを例にとり、各ポリス社会の歴史を具体的に理解させる。

②目標

- ・言葉と神話が古代ギリシア人の民族意識の核であることに気づかせる。
- ・スバルタの重装歩兵民主政の実態を理解させる。
- ・アテネ社会の変化とそれにともなう政治制度の変化について理解させる。

### ③展開

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入 (6分)	・ギリシア人の活動範囲の拡大を学ぶ	・図説の地図でギリシア人の都市の場所を確認する	・植民活動の理由、「殖民市」と「殖民地」の相違を説明する
展開1 (15分)	・ギリシア人の民族意識について学ぶ	・オリンピアの祭典と近代オリンピックとの相違点に気づく	・ポリスの枠を越えて全ギリシア人に受け入れられているものが何か理解させる
展開2 (15分)	・スバルタの国制の特色を知る	・「スバルタ教育」の目的を理解する	・なぜ「平等」が重視されたのか考察させる
展開3 (10分)	・アテネ市民の多様性について知る	・アテネとスバルタの社会・経済構造を比較する	・ポリスの成立過程がスバルタとは異なることを説明する
整理 (4分)	・次時の予告	・アテネの民主政確立までに、紆余曲折があつたことを予想する	・アテネの歴史とペルシア戦争が次時の主題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 最新版』

副教材 帝国書院『最新世界史図説 タベストリー 最新版』

自作プリント

パネル写真「地中海の風土」 (山川出版社『世界史写真集 第1期』 10)

「アテネのアクロポリス」 (山川出版社『世界史写真集 第1期』 12)

「ギリシアの壺絵」 (山川出版社『世界史写真集 第1期』 13)

「ギリシアの重装歩兵」 (山川出版社『世界史写真集 増補版1』 2)

「重装歩兵とその妻—ギリシアのつぼ絵」

(飛鳥『パネル世界史 前近代編(II)』 4)

## ② 授業の概要

古代ギリシア人は、紀元前8～6世紀にかけて植民活動を活発に行なった。【生徒を指名し、図説の地図で、フェニキア人とギリシア人の植民活動の範囲を確認させる】フェニキア人は地中海西部に、ギリシア人は地中海東部と黒海周辺に植民市をつくっている。

植民市は母市と平等であった。近現代の植民地と本国の間にみられる政治・経済面での支配従属関係はない。あるポリスで、人口が増加して農地が不足したとき【パネル「地中海の風土」を見せて、やせた土壤を再確認させる】(つまり人口圧が大きくなつたとき)や社会的状況に応じて、そのポリス(母市)で植民者が募集された。植民市の建設には母市の全面的支援があった。社会的状況とは、母市で抗争などが起つたとき、流血の惨事が拡大するのを防ぐため、一方の集団が植民市に移住したのである。人間の母娘のように、母親は娘が幼いときには援助をするが、独り立ち後は(母と娘は別の人格なので)干渉をしない。ただし母娘の絆のごとく共通するものがある。都市神(守護神)である。例外もあるが、基本的に母市の守護神が、植民市のアクロポリスでも祀られている。【パネル「アテネのアクロポリス」を見せて】アテネの植民市なら、アテナ神が祀られる。

ギリシア人の植民市としては、ビザンティオン・ニアボリス・マッシリアが有名である。【図説の地図で、3植民市の場所を確認させる】それぞれ、現在のイスタンブル・ナボリ・マルセイユである。ニアボリスのニアとはネオ(新しい)の訛りで、元来は新ポリスの意味だった。【映画「マトリックス」の主人公の名はネオだ…という生徒の喋り声】

ギリシア地域では、ポリス同士の政治的・経済的な対立・分裂は常であった。しかしその一方で、民族としては同じギリシア人だという意識が彼らにはあった。民族意識の柱になつたのが、神話とギリシア語であった。各ポリスで信じられていた神が整理され、とくに重要な12柱がオリンポスの12神として崇拜された。またギリシア人は、自分たちのことを神話に出てくる英雄ヘレーンの子孫だと考えてヘレネスと呼び、ギリシア語ではない(訳の分からない)言葉をべらべら喋る人びとのことをバルバロイと名づけた。この言葉は、のちの古代ローマ時代にはラテン語を話さない連中という意味でも使われた。現在のドイツ南部のバイエルン(ババリア)という地名は、このバルバロイが語源である。

ギリシア神話を下敷きにした叙事詩も作られた。おそらく複数の詩人を一人に代表させたのであろうが、伝説的な詩人ホメロスの手による『イリアス』と『オデュッセイア』である。トロヤ戦争でのアキレウスとヘクトルの対決を物語ったのが『イリアス』で、映画『トロイ』の原作となった。【数人の生徒が頷く】『オデュッセイア』は、トロヤ戦争から故郷に戻ろうとするオデュッセウスの遍歴譚である。【パネル「ギリシアの壺絵」のセイレーンの図像を見せて、そのエピソードを説明】この2つの叙事詩はあわせて約28000行あり、吟遊詩人はそれを暗誦していた。ただしそのうちの約25000行はリフレインである。

全ギリシア的に有名で大きな神殿を、複数のポリスが共同で維持管理する組織があった。聯保同盟である。とくにデルフィのアポロン神殿のものが有名である。デルフィの神託は、非常によくあたるというので人気があった。とりわけ植民活動の是非が神託で問われた。おそらく当地のアポロン神殿が、海外情報の収集センターになっていたのであろう。植民地時代アメリカの重要都市にフィラデルフィアがある。“デルフィ(兄弟)愛”が都市名の意味だが、植民地の未来をデルフィ(の神託)に重ねる思いがあつたのかもしれない。

今年は、アテネ=オリンピックが開催される。近代オリンピックのモデルが、古代ギリ

シアのオリンピアの祭典であった。紀元前776年に始まった。日本では縄文時代にあたる。以後4年に一度、オリンピアのゼウス神殿への奉納競技として千年以上続けられてきた。先日、テレビ番組「トリビア」で“古代オリンピックでは、競技者は全裸だった”が高得点だった。【番組を見た生徒を確認する。数人が挙手】競技者が全裸であった理由はいくつかあるが…。【発問：裸で行なう日本の競技は？…「相撲」】【発問：なぜ相撲は裸なのか？…無回答】奉納相撲という言葉から分かるように、武器を持たず、何も身にまとわざ相手と力比べする姿を神に見てもらうことは重要だった。…古代オリンピックも（ゼウス神への）奉納競技だった。洋の東西を問わず、似通った発想は存在する。またボクシングなどもあったが、【発問：相手のパンチには、どうする？…「当たると痛いので避ける」】相手のパンチを避けるのは禁止だった。神前では、痛みや流血を平然と受け入れることが求められた。そのため格闘技はすべて凄惨で、死者もまれではなかった。現在のスポーツとは、発想がまったく異なっていた。優勝者にはオリーブ油が賞品として与えられた。【パネル「ギリシアの壺絵」のオリーブ収穫の図像を見て、オリーブ油の商品価値を再確認する】

スバルタは広島県ほどの、アテネは佐賀県ほどの大きさだった。一般には、これらのポリスを例に古代ギリシア史は説明される。しかし他の多数のポリスは、はるかに小さい。史料の関係で、これらの例外的なポリスの歴史しか判明しないという状況があるのである。

スバルタは、ドーリア人が多数の先住民のアカイア人を支配してつくったポリスである。スバルティアタイ（完全市民）は約5000人。彼らに支配されているペリオイコイ（劣格市民）は約2万人で、ヘイロータイ（隸属農民）は約5万人。人口面で圧倒的に少数のスバルティアタイは、武力的に彼らを威嚇することで支配を維持できた。スバルティアタイの中にでは、王が2名いたが名目だけで、実際にはほぼ平等であった。伝説的な人物リュクルゴスが、スバルタ社会の基本をつくったとされ、それを「平等者」の国政とよんだ。その象徴ともいえるのがスバルタ式教育であった。【発問：スバルタ式教育のイメージは？…「厳しい」】これは、集団教育を通じて、国家が家や個人よりも優先されるという団結心を養うことが目的だった。【図説のコラム「スバルタの人々の一生」を見せながら】集団生活では服を着ず裸だった。【発問：裸だった理由は？…「ヒントをください」】【発問：逆を考えてみる。なぜ服を着る？…「寒さを防ぐ」】寒さや多少の傷に耐えられるように身体を鍛える目的と、衣服によって貧富の差などが生じないようにするためにだった。衣服には、身体保護の外に、社会的地位を示すという機能がある（制服などはその好例）。そして経済面で重要なのは鎮国主義。スバルタは、ギリシアでは例外的に食糧自給が可能なポリスだった。そこで貨幣経済が発展しないように商業活動を厳しく抑制した（古今東西を問わず、貨幣経済が発展した社会では、貧富の差が拡大した）。端的にいえば「みな貧しく（質素に）平等」を目指したのが、リュクルゴス体制（=「平等者」の国政）であった。

一方、アテネはスバルタと対照的に商業活動が盛んであった（といっても23万人ほどの住民の4分の3は農民である）。紀元前8世紀頃に王政から貴族政に移行し、9人のアルコン（執政官）とアレオバゴス会議が政治の核となった。ところが貿易が盛んになり貨幣経済が進展すると、【終業のチャイム】市民内部に階層分解（貧富の格差）が生じた。そして一部の裕福な庶民は、武具を自弁し、ファランクス（重装歩兵密集隊）の一員として戦争時に活躍するようになる。【パネル「ギリシアの重装歩兵」と「重装歩兵とその妻」を見せる】その結果、アテネ社会では、スバルタと異なり大きな変化が余儀なくなった。

981122.H

## 今週の本棚

大閩 命評

『オデッセイア』を楽しく読む

ルート二：北：タラバガムチャ湖（留長村・ウラバウ湖）

5 井手俊作『『新日本』と『新日本』の本』  
6 『新日本』と『新日本』の本』の序文  
7 8 9 10 11 12 13 14

# 古典の世

湖  
 『政治小説』 集英社文庫 大和田謙吉著 1992年1月刊行  
『政治小説』 集英社文庫 大和田謙吉著 1992年1月刊行  
『政治小説』 集英社文庫 大和田謙吉著 1992年1月刊行

「中止」とか「大失敗」か  
「ひどい」とか「星雲の如き」  
「長々口うきはなはれ」  
「よくおもひねえよ」とか「

ハート』QUARRELの心】、原作  
甲 世話の物語、恋愛小説  
乙 『母子』A. H. 原著  
丙 『母子』A. H. 原著  
丁 『母子』A. H. 原著

「『星の王子さま』の物語」  
「星の王子さま」の物語

に引き寄せてくれる

◎例題 検定統計量の分布を求める  
問題は、  
「自由度が原点である」と  
いう性質を用いて解く。

(附錄卷二)

・植民活動の活発化（前8～前6世紀）…地中海西部・黒海周辺

母市の人口・社会的状況が原因

一代春的鄉事……乙卯、丁未、己未

100

共通の神話…オリンポスの12神  
ヘーネス → バルバロイ  
ホメロスの叙事詩…『イリアス』・『

### (5) 3バルタの腰中

・身分構成 - スバルティアタイ (完全市民)  
ベリオイコイ (劣格市民)

・リユクルゴスの体制・・・「平等者」の国政運営  
・スバルタ式教育…国家が、家・個人より優先され

・貧困主義…食料自給の維持と貨幣経済発達を阻止するため

(6) テネの歴史

・貴族政の始まり（前8世紀中頃に王政から移行）

アレオバゴス会議が中心

\*この頃、貨幣経済の発展により、市民内部の階層分離がますます

### ③ 実習生による評価

オリエンテーションの集合時に、「事前指導用アンケート」と名づけたA3版の用紙を実習生に手渡した。用紙は、左側が「授業見学までに」、右側が「授業評価表」となっている。「授業見学までに」は、実習生が高校時代に受けた授業に関するアンケートで、彼らに高校時代を思い出してもらい、筆者の授業と比較させる目的も兼ねていた。「授業評価表」は、評価の観点を細かく指定して実習生に分析的に授業見学をさせることと、彼らが筆者の授業をどのように評価するのかを知るためにあった<sup>註3</sup>。

つぎに実習生の回答を示す。回答数は、「授業見学までに」が14、「授業評価表」は遅刻者1名を除いた13である。また各項目に記してくれた実習生のコメントも、いくつか紹介し(コメントの後の数字は、回答者の評価)、最後に筆者の簡潔な感想を記しておく。

#### ＜授業見学までに＞

5 (たしかにそうだった) - 4 (ややそうだった) - 3 (ふつう)  
- 2 (あまりそうではなかった) - 1 (全くそうではない) / ☆ (よくわからない)

Q1 高校時代、世界史の授業は、他の授業と比べて好きなほうだった。

5 : 8人 4 : 4人 3 : 1人 2 : 1人 1 : 0人 ☆ : 0人

- 教師の知識が豊富であり、話が上手な先生だったのでおもしろかった。4
- キリスト教系の高校だったが、イスラム史の授業に熱が入っていて、おもわず引き込まれた。5
- 基本的に古代中国史が好きなので、その延長上に世界史を捉えていた(略)。5
- 世界史は好きなほうでしたが、先生が小さい声で一定のトーンで話されたので、授業は催眠術のようで、あまり好きではありませんでした。
- 世界史は好きなのですが、授業というより、自分で受験勉強をしていく中で好きになったような気がします。5

Q2 世界史の授業は、教科書の解説みたいなものだった。

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

- 教科書に載っていないような裏事情も話してくれたので、退屈しなかった。2
- 正確には、教科書の内容プラス私大に出てくるマイナーな用語の解説もあった。5
- 教師が授業中、話を脱線する事は多少あったのだが、基本的に教科書の解説と言つても過言ではなかった。4
- 全く教科書は使わず、教師が作成したプリントと図表・用語集を使用し、受験対策といった感じの授業でした。2
- 先生の自作プリントに穴うめをしながら、その解説をするという授業でした。5

Q3 世界史の授業はいわゆる一斉講義で、生徒の活動(発表や作業など)はなかった。

5 : 11人 4 : 2人 3 : 0人 2 : 1人 1 : 0人 ☆ : 0人

- 話を聞いて、ノートをとるのが主でした。時たまビデオをみました。  
ex. グラディエーター。5

- ・地図をぬる作業や、発言をする以外はたいくなつた感じでした。4
- ・挙手すらもなかつた。にもかかわらず面白いと思えたのは何故か。私の性格と、先生の講義の上手さもあったのかもしれない。5
- ・すべて一斉講義で調べ学習・グループワーク等、一切なかつた。5
- ・感想カードを書く時があった。カードは先生がコメントを付して返却された。2

Q 4 高校時代の世界史の授業をたとえると次の何ですか？（複数回答可）

- |            |             |                 |
|------------|-------------|-----------------|
| ア. 修行：3人   | イ. 山登り：3人   | ウ. 迷路：2人        |
| エ. 花火大会：0人 | オ. 砂漠：0人    | カ. 催眠術：5人       |
| キ. 牢獄：0人   | ク. がまん大会：1人 | ケ. ジェットコースター：2人 |
| コ. マラソン：5人 | サ. 冒険：5人    | シ. 日の出：1人       |
| ス. 芝居：2人   | セ. クイズ番組：0人 |                 |

Q 5 世界史の授業中に（学校で購入して）使用したものを、次から選んでください。

- |                         |                   |           |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| ア. 教師の自作プリント（サブノート）：10人 |                   |           |
| イ. 教師の自作プリント（資料等）：6人    |                   |           |
| ウ. 資料集：5人               | エ. 図説（地図・写真集）：11人 |           |
| オ. 用語集：5人               | カ. 問題集：3人         | キ. その他：0人 |

Q 6 履修した世界史の授業の単位数（50分単位）を記してください。…省略

Q 7 大学入試では、世界史を受験科目としましたか？

はい：9人　いいえ：5人

地歴・公民科での実習を希望する学生たちなので、総じて世界史の授業に対しては好意を抱いていたことがQ 1からうかがえる。しかし“好意”的な内容は、Q 4で「マラソン」「修行」「山登り」の回答が多いことから、“頑張って最後まで授業を受けると達成感が得られる”というメンタリティと関連しているようである（なお「催眠術」と「冒険」の回答数が同数なのは、非常に興味深い）。そしてQ 2とQ 3に見られるように、やはり、ある意味では古典的な授業を受けてきた実習生が多い。筆者の授業は、“教科書の解説”ではないつもりだが、典型的な“一斉講義”である。実習生たちは、公開授業をどう評価するだろうか？ 授業で用いたものとして回答数が多かった「図説」や「教師の自作プリント」は筆者も使用している。さすがに教科書とノートだけという“シンプルな”授業は、もはや存在していないのだろう。最後に、Q 6とQ 7から、世界史で受験した学生の、高校での履修単位数が6～11であることがわかった。アンケートの母集団はきわめて小さいが、オリエンテーションに参加した学生の大まかな状況はつかめたように思う。

#### ＜授業評価表＞

4（たしかにそう思う）－3（ややそう思う）

－2（あまりそう思わない）－1（全くそう思わない）／☆（よくわからない）

### 指導案について

Q1 授業の重点となる目標がはつきりしている。

4:9人 3:2人 2:2人 1:0人 ☆:0人

Q2 内容や教材の解釈が妥当である。

4:8人 3:5人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q3 想定される生徒の思考傾向や技能水準を考慮している。

4:8人 3:5人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q4 導入・やま場・整理の部分がすべて含まれている。

4:1人 3:9人 2:3人 1:0人 ☆:0人

・指導案の段階から面白くなさそうな指導案だと思ってしまった。予備事項的な内容（蘊蓄的）は豊富だが、もう少し核心を深める内容にしても良かったのでは？

・「スバルタ教育」と「平等」が同列になっていたりと、ネタ的に興味を引かれるものであると私は思った。

・指導案を見ただけでは、どこが山場なのかあまりよく思いませんでした。

・大変わかりやすい指導案であったと思う。

・矛盾だと感じる内容を取り上げ、なぜかということを説明していたため、生徒の疑問解消につながると思った。整理の部分の時間がなかったと思った。

### 指導案と授業の対応について

Q5 授業目標からみてふさわしい授業だった。

4:5人 3:7人 2:1人 1:0人 ☆:0人

Q6 時間配分が計画と大きくずれていた。

4:4人 3:6人 2:2人 1:1人 ☆:0人

・後半が少々足切れ気味だったが、大きくひびくほどではないと私は思った。むしろ、時間通りさせることの難しさをかんじた。

・時間配分には大いに疑問が残る。しかしながら随所に教官の知識量の豊富さが見られた。

・主題がスバルタとアテネから見るポリス社会の歴史であったにもかかわらず、この部分が端折られていたのは残念。

・アテネとスバルタの比較ができる時間があれば、よりおもしろくなったと思う。

・指導案で、指導者の活動とされていることがきちんと行われていた。時間がなく少し後半がかけ足だったが、無駄や長すぎると感じた説明はなかったと思う。

### 授業スキルについて

Q7 やま場の盛り上げがたくみであった。

4:1人 3:10人 2:2人 1:0人 ☆:0人

Q8 生徒の反応に即して授業計画を柔軟に変えた。

4:0人 3:7人 2:4人 1:1人 ☆:1人

Q9 生徒の言葉や行動に注意深く対応した。

4:5人 3:3人 2:4人 1:0人 ☆:1人

Q10 わかりやすい説明であった。

4:10人 3:3人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q11 ポイントをついた説明であった。

4:8人 3:5人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q12 意味のよくわかる質問であった。

4:6人 3:5人 2:1人 1:1人 ☆:0人

Q13 より深く考えることをうながす質問がみられた。

4:3人 3:7人 2:2人 1:1人 ☆:0人

Q14 板書内容(事項)はよくわかった。

4:5人 3:6人 2:2人 1:0人 ☆:0人

- ・話も聞きやすかったし、内容も受け入れやすかった。
- ・比喩の使い方—特に日常のまわりのものを用いたもの—が非常に面白いと思った。
- ・話すテンポが早いように思われる。もう少し間があれば…と思った。説明の内容はとても深い内容だと感じた。
- ・板書はていねいに書かれており、途中の説明もわかりやすいものであった。
- ・プリントを埋めるのが全てではない授業がよかった(プリント使用の授業は←であるのが多いので)。行間に多くを書かせる授業は理想的。
- ・質問のタイミング、内容がたいへんよかったです。教師ー生徒間のコミュニケーションが少なからずあってよかったです。

#### 授業全体を通して

Q15 授業は、よかったです。

4:8人 3:2人 2:0人 1:0人 ☆:1人 無回答:2人

- ・生徒に質問するときに問題を言う前に先に当てている(良いと思った)。(略) “たとえ”を用いることにより、日常生活で使う言葉を用いてわかりやすくなるように工夫されていた(略)☆
- ・わかりやすくまとまっているという印象をもった。展開も指導通りで発問も適当であったなあと思った。ついつい、生徒の感覚で授業を受けていた。4
- ・発問に対し「わかりません」と答える生徒が多かったのが気になった。これをどう受けてとめていくのか、という点が気になる。4
- ・この学校の生徒の特色なのかもしれないが、消極的に思われる。そのため、授業も教師主導にならざるを得ないのかと思ってしまう。何か積極的に授業に取り組めるような仕掛けがあれば、より濃い授業になるのではないかと思った。☆
- ・早口すぎる感は否めないが、50分であれだけの情報を伝えるにはやむを得ないと思われる。もう少し「流れ」としての歴史が欲しかった。4
- ・教科書に載っているような内容だけでなく、教養となるような内容が含まれ、かつ授業にむすびついていたのがたいへんよかったです。(略) 3
- ・生徒が質問され、分からなかった時に、自分から「ヒントをください」と言ったのが印象的だった。受身ではなく、自分で考えるという授業を行っているのだなと感じた。4

指導案について：実習生に「指導案の段階から面白くなさそうな指導案だ」とか「指導案を見ただけでは、どこが山場なのか」と思わせてしまったのは残念であった。筆者自身の指導案の書き方の拙さを露呈させてしまった。だがその一方で“たかが指導案”という思いが筆者にあるのも正直なところである。

指導案と授業の対応について：とくにQ6に関しては、授業の前半に時間をかけ過ぎて後半が駆け足になってしまったのは、筆者の悪癖である。ある実習生が「チャイムが鳴った後も、勝手にバタバタとペンをおさめる・プリントを片付ける事なく、延長中の授業を聴いていた（略）すごいことだ」という感想を書いていた。たしかに、そういった生徒たちに囲まれているうちに時間にルーズになってしまったと思う。改善すべき点である。

授業スキルについて：学習内容は、指導案に示したとおり、「ボリスとは何か」「スバルタの歴史」「アテネの歴史」という3つの部分から構成されており、一つのストーリー（流れ）を作りづらい授業であった。したがってQ7で問うたような授業での「やま場の盛り上げ」は、当初から予定していなかった。Q10とQ11で尋ねた、説明のあり方にに関して、実習生から否定的評価がなかったのは（当然とはいえ）嬉しいことであった。その一方で、Q12とQ13の回答にみられるように、発問には（筆者の不得手な部分であり）改善の余地が多くあると感じている。

授業全体を通して：否定的評価がないことに安堵した一方で、☆印と無回答者が計3名いたことは少し残念であった。

## （2）指導講話

指導講話の内容は、2001年度と基本的には同じなので、「『私は世界史で』」を参照していただきたい。ただし筆者の“心構え”は少なからず変化した。前回は、実習生に「“さすが”と思わせる授業」を見せようという気負いがあったが、今回は「ありのままの授業」を心がけた。筆者の授業が、＜授業評価表＞の各項目で、どのように評価されるか“楽しもう”という気持ちすらあった。したがって指導講話も、そういった気分で行なった。

さて指導講話は“2001年度と基本的には同じ”と前述したが、（筆者の授業観が多少は変化したこともあり）もちろん相違もある。いくつか補足をしておきたい。

- ①設計からデザインへ：教師が中心となって指導案通り緻密に授業を実行していくことを“授業の設計”と呼んでみたい。設計では、ハブニング（たとえば教師の発問に対する生徒の予想外の回答など）は拒否される。この場合は、授業を計画通り忠実に遂行する教師側の立場に重点が置かれる。かつて筆者は、教師像のイメージに“啓蒙專制君主”を当てはめていたが、最近は違和感を抱くようになってきた。そして“授業のデザイン”を目標とするようになってきた。これは、指導案に沿ながらも臨機応変に授業を進めていく形態である。デザインでは、ハブニング等も授業の重要な一部とみなし、教師と生徒が授業をコラボレーションすることを重視する。教師は“司会進行役”である。ただしこの場合には、授業の進度が遅くなる危険性は高くなるが…。
- ②教師の身体性について：声は大きく、教室全体に届くことが大前提である。しかし同時に、生徒一人ひとりの心に届く声でなければならない。アナウンサーがニュースの原稿を読み上げるような口調、ラジオのディスク=ジョッキーの語りかけるような口調など、さまざまな声色を使い分けることは重要である。その一方で、音声以外の表

情にも注意を払いたい。教師の身体というのは、どうも“硬直”しているらしい。しなやかな身振り・手振り（そして笑顔）が望ましい。年度末に生徒にアンケートをとったときに「先生が、楽しそうに授業をするので良かったです」という回答があると嬉しい。また授業中に生徒の顔を見て、反応（理解度）をさぐり、ときとしてアイコンタクトなどをすることも、コミュニケーションの一手段として有効であろう。

③授業外の状況について：学習指導要領の改変等によって、中学校段階での世界史に関する学習事項が激減している。またテレビでも歴史紀行的な番組はあるにはあるが、現在の（さほど歴史好きではない）一般の中高生がそれらを積極的に見ているとは思えない。どのような教科・科目でもそうであろうが、ある程度の“雑学”がなければ（授業だけでは）なかなか世界史に関する興味関心はわいてこない。普段の日常生活の中で、生徒を“世界（史）”と意識的に関わらせる工夫が大切になってきている。かつては、授業で学習したことをさらに深めるために読書を課したこともあるが、最近では興味づけのために事前に読書を課すことや、博物館見学などを義務づけることも必要だと考え始めている<sup>註4</sup>。

最後に、今回のオリエンテーション全体の感想文を学生たちに書かせて終わりとした。筆者が担当した本年度の世界史の実習生二名の感想を全文紹介しておく。

授業中は、自分が高校生になった気持ちと、指導案を見ながらの教師側の立場にはさまれて行ったりきたりしながら聞いていました。私は塾の講師のアルバイトを1回したことがあるので、生徒が本当に理解してくれているのかがよくわからない不安と、テスト範囲などがせまってくるあせりなどでしんどくなり続きませんでした。笹川先生のお話の中で、授業中に、70～90%ぐらいの生徒が理解してくれていたらいいということを聞いて、そのような重圧みたいなものから解放されるような気持ちがしました。塾の講師にしても、教師にしても、生徒の理解度を知るのは難しいと思うのですが、（テストとは別の納得しているかという点で）そのようなことはどのように分かって来るものなのでしょうか。よく分からず不安な感じもします。相手が分かってくれていないのはつらいので。それと、他の地域とのつながりや、現代の私たちの生活との関連づけが大切とおっしゃっていましたが本当にそうだと思います。私が世界史を好きになったきっかけは、教科書にはばらばらにのっている時代や国をつなげて覚えてみたことであり、理解は深まったし、授業では分からなかった感覚を覚えました。教師になれたら、つながりを重視する授業をやってみたいと思います。今日はいろいろお話を聞かせていただきありがとうございました。

私が通っていた高校は進学校でほとんどの生徒がセンター試験を受け、また文系は私立の併願をするため、受験対策のための授業を1年生の頃から受けました。スピードも早く、覚えることも多かったため、私が3年生の時に、今の私と同じ様な教育実習生の授業を受けたのですが、正直不安でした。附属の生徒さんもほとんどが進学されると思うのですが、当時の私と同じ様に思っているのではないかと、心配です。今日の笹川先生の授業では、あまり受験対策だという感じがなく、私が置かれていた状況とは異

なると感じたのですが、毎年の実習生に対する生徒さんの反応はどのようなものか気になります。

また、今日久しぶりに世界史の授業を経験し、なつかしかったです。事前指導では授業の作り方で、特に、言葉の説明ではなく、イメージをさせる話が印象的になるほどと感じました。今日はありがとうございました。天王寺で6月2日から実習させていただく予定ですので、また5月20日もよろしくお願ひします。

この時点では彼女たちには天王寺校舎への実習配属が通知されていた。筆者が教科指導教員になると想定して、彼女たちは、公開授業を見学し、指導講話を聴いていた。オリエンテーション終了後、筆者は彼女たちと簡単な会話をし、5月20日の事前打ち合わせ、そして実習本番を待つこととした。

### 3. 教育実習生の指導

2004年度の天王寺校舎での教育実習（4週間実習生を中心とする第1期）は、6月2日から6月29日までであった。

本年度は、前年度よりも多くの実習生を受け入れた。中学校の実習時期が9月に変更されたおかげで、45人の実習生が不自由なく使用できる控室は“無事”確保できた。しかし数学科では、ある教員が5名の実習生の教科指導を担当することになった。本校は1学年4クラスである。この5名の実習生をどのようにクラスに配当して実習授業をさせるのか案じていたところ、当該教員の「各実習生に、2種類ずつ4クラス分の授業をさせるしかない」という回答を得た。本来は、実習生が教科指導するクラスを固定して実習授業をすることが望ましい。しかし今回は、各クラスとも2回の授業ごとで実習生が交代していくのである。実習生は、指導案作成や授業見学は出来ても、授業をシリーズで行なうことは出来なかつたし、授業を受けた高校生の方も戸惑いが大きかったようである。やはり適正人数を無視した実習生の配当・受け入れは、教育実習をいびつにする危険性が高い。

さて筆者の担当した二名の世界史の実習生に話を戻したい。

#### （1）事前打ち合わせ

実習生への教科指導のあり方は、基本的には『天王寺は』に記述したことと同じである。今年度は、すでに“顔あわせ”をしていたので、事前打ち合わせもスムーズであった。

実習期間中の二年生の授業予定は、つぎのようになった。

6月 2日（水）	古代ギリシア史⑤（ギリシア文化）・・・授業見学
6月 7日（月）	古代ギリシア史⑥（ヘレニズム世界）・・・授業見学
6月 9日（水）	古代ローマ史①・・・実習授業（各自2クラス担当）
6月 14日（月）	古代ローマ史②・・・実習授業（各自2クラス担当）
6月 21日（月）	古代ローマ史③・・・実習授業（各自2クラス担当）
6月 23日（水）	古代ローマ史④・・・実習授業（各自2クラス担当）
6月 28日（月）	古代ローマ史⑤・・・実習授業（各自2クラス担当）

例年通り、二名の実習生各自が5種類の授業（計10コマ）を担当することを確認した。

参考図書としては、桜井万里子・本村凌二『ギリシアとローマ』（「世界の歴史 5」中央公論社 1997年）を薦めた。彼女たちの実習授業の範囲は古代ローマであったが、古代地中海世界の歴史全体を概観しておくことは重要である。参考図書の後半だけでなく最初から読むように告げておいた。

4月27日の教科オリエンテーション時でのアンケートで、二名がどのような授業を高校時代に受けているかは知ることが出来た。そこで今回は、古代ローマ史に関する、少し詳しい“意識調査”を行なおうと考えた。以下の項目からなる「世界史 教育実習事前アンケート」（A4版）を書いてもらった。

1. 大学での歴史関係の授業について

- ① 歴史に関する授業（講義）の内容を、思い出せる範囲で詳しく記してください。
- ② いま現在の、卒論のテーマを記してください

2. 世界史で教育実習を希望した理由を記してください

3. 学習塾・家庭教師等で、生徒を教えたことはありますか？ あれば少し具体的に記してください

4. 古代ローマ史について

- ① 高校の世界史の「古代ローマ史」授業で印象に残っていることがあれば、記してください。
- ② いま現在、「古代ローマ史」に関連して、興味を持っていること・疑問に思っていることなどがあれば、記してください

項目1. の①で、二名に共通して挙げられていたものは、「コーヒーハウス・バブ」「第二次世界大戦（南京大虐殺など）」「世界システム論・ウォーラースtein」であった。筆者の視点から、昨年度と大きく異なるのは、彼女たちが「世界システム論・ウォーラースtein」について学んでいることである。大航海時代を担当させた昨年度の実習二名は、“近代世界システム論”を知らなかったので、その説明を行なった（本年度なら、その必要はなかった）。当然のことであるが、年度によって、学生が大学の授業で学ぶことは相違があるなあと思った。

項目2. では、二名とも「世界史が好きだったから」と記していた。ほっとする一方で、気になったのは、両者とも「地理や日本史は分からぬし」「全範囲を勉強したのは世界史だけなので、地理・日本史は中学校での記憶が主です」と書いていたことである。近年の“教育改革”的な中で高校社会科も、どれか一つの科目に“特化”して学習するのが主流となってきた。学校5日制の完全実施や進学校における受験体制が、その背景にあるのだろう。「テストなんかしませんが、地中海周辺の地図は書けるよね？」という問い合わせに、両名ともうつむいた。筆者にとっては、世界史は総合性の高い教科だという考えがあるだけに、他の科目を実習生が高校時代に十分に学習していないことを残念に思う。

項目4. の①では、「カエサル」「オクタヴィアヌス（アウグストゥス）」「グラディエーター（の映画）」「コロッセウム」が、二名共通で挙げられていた。実習生の一名は「単語ばかりでいません」と記していた。②では、一名は「イエスやイエスにまつわる話につ

いて」、もう一名は「民族問題について」。前者は、当時『バッショーン』（アメリカ映画・2004年）が公開され話題となっていたことと関連があるかもしれない。後者は、卒論で移民政策を扱う予定だと項目1. の②で記していた。古代ローマ史で民族問題？と、筆者は若干の違和感を持った。

## （2）授業見学

前年度の改善点として、今年度は、以下の項目からなる＜授業見学ノート＞を渡して、筆者の授業を見学させた。彼女たちが、どのような点に着目したか見てみたい。

1. 授業中の“説明のあり方（言葉遣い）”について、気づいたこと
2. 授業中の“笑い”について、気づいたこと
3. 生徒への“発問など”について、気づいたこと
4. 授業の“構成”について、気づいたこと
5. 板書事項について、気づいたこと
6. 生徒の反応について、気づいたこと
7. その他、授業全体を通して、気づいたこと

### 6月2日：「ギリシア文化」の授業

古代ギリシア史では、毎年1時間を文化の紹介にあてている。二名の実習生は、授業に対してどのような感想を抱いただろうか。いくつかの項目について見ておく。

項目1.：サッフォーやヘロドトスなどについて「書いた作品だけでなく、その人物像やできごとについての説明がたくさんあった」。ギリシア悲劇の上演形態については「生徒たちの話（昨日の芸術鑑賞の話）に置きかえている」といった記述があった。

項目2.：「大学の授業の話がかなりおもしろかった。文学とかあまり興味がわからない話も、先生の昔の話でひき込まれていく感じがした。あれは本当の話なんですか」。「〇〇が苦手」など、生徒たちが共感できる様な部分に笑いがあった」など（今回は、筆者には珍しく、大学時代のエピソードを話して計画的に脱線する授業である）。

項目3.：「発問に対し、生徒が答えられなかった時の対応→しばらく問を繰り返し、答えられないようならさらっと答えを言う」。「生徒へ話しかけたり、生徒から話しかけられたりしているのが、すごくいい雰囲気だった」など。

項目5.：「前にギリシア史の授業を見せていただいた時も思ったのですが、板書事項が意外と少ないように思います」。「色の使い分け」「大切だと思われる部分には何度も下にラインをひいている」など。

項目6.：「パネルなどを出すと生徒が注視する」「声の大きさが変わると前を向く」「余談により寝ていた子が起き、その後授業に集中した」など。

### 6月7日「ヘレニズム世界」の授業

ヘレニズム世界をテーマとする今回の授業は、前回とは異なり、政治面の説明が中心となつた。オリエンテーション時の授業を含めると、筆者の授業を見学するのは3度目なので、徐々に実習生の“よそ行き”ではないコメントが出てくる。

項目1. :「いつも感じるのですが、先生は話すのが早いと思います。私は話すのがおそれなので、授業でも生徒にもっと早く進めと言われそうな気がします・・・」。「結論や結果を先に述べ“なぜなら・・・”と言った形で補い説明していく形が多いように感じた」「“実は〇〇なのです”という言い方は、興味を引く」など。

項目2. :「今日はあまり笑いはなかった」。前回の授業のような笑わせる題材はなかったが、「生徒の素朴な疑問から笑いが生まれていた（地名に関するもの）」。カンドハルは、アレクサンドロスの東方遠征で各地に作られた都市の一つ。アレクサンドリアを現地の言葉で訛ってそう呼んだ・・・という説明に対する生徒の反応を取り上げたものであった。

項目3. :「生徒への発問は少しあつたが、世界史の授業で発問をつくるのはなかなか難しいと感じる」。「特に指名やあてることはなくても、疑問を投げかけ、しばらく間をあけることが何度かあった。生徒の方も、指名されなくても、口々に答えを言うことがあった」。

項目5. :「常に地図が書かれてはいないが、位置などでは簡単な地図を書いて説明されていた」「地図やコインの絵など、絵が上手いほうが、やはりいいなあと感じた」。筆者は、地図はともかく、絵は下手である。

項目7. :「一方的に話すと言うよりも、話しかけている授業だと感じた。“〇〇じゃないですか”や“〇〇ですよね”といった語尾が多いと思った」。

実習生に＜授業見学ノート＞を書かせたのは、言うまでもなく、彼女たちが自分の授業を組み立てていく際のポイントを意識させるためであった。それなりに有効であったと思う。ただし項目4. は、（“授業構成”という言葉をどう受け止めるかという点も含めて）難しかったようだ。筆者としては、1時間の授業内での起承転結、あるいは以後の授業への伏線などを読みとてもらいたかったのだが。実際に授業を行なった経験がなければ、書きづらい項目なのかもしれないと思った。

### (3) 実習授業

本年度の実習授業は、二つの点で当初の予定が変更となった。

一つは、実習生の一名が、やむを得ない事情によって6月9日を欠席しなければならなかつたことである。欠席については事前にわかつたことなので、他の一名が古代ローマ史①を4クラス担当し、古代ローマ史②を当該の実習生が4クラス担当することにした。実習生が一名の場合は4クラス担当するわけであるから、授業数には問題はない。ただし自分が担当しない授業は、模擬授業は行なえても実習を欠くことになる。

もう一つは、台風6号による暴風雨警報のために、6月21日が自宅学習となり授業が抜けてしまったことである。実習授業は4種類となってしまった。当初5回で構想し、スタートした古代ローマ史の単元を、今さら4回に組み変えることは不可能であった。そこで実習授業は、キリスト教の部分は除いて、帝政前期（五賢帝時代まで）とローマ文化までとした。つぎのような割り当てとなった。

6月 9日（水）	古代ローマ史①・・・実習授業（一名が4クラス担当）
6月 14日（月）	古代ローマ史②・・・実習授業（一名が4クラス担当）
6月 23日（水）	古代ローマ史③・・・実習授業（各自2クラス担当）
6月 28日（月）	古代ローマ史④・・・実習授業（各自2クラス担当）

上述の変更をふまえて、今回はつぎのような項目からなる、4回分の「実習ノート」を二名の実習生に課した。いくつかの項目について見ておく。

<実習ノート①>・・・一名は6月9日に、他の一名は6月14日に記述

1：模擬授業を行なう前と行なった後で、授業への取り組み方（準備）は何か変化しましたか？ 板書事項・説明の仕方・プリントの作り方など

2：1回目の授業を行なってみて、

- ① 予定通りそこそこ出来たこと、
- ② 恐れていた通り不出来だったこと、
- ③ 予想外にうまく出来た部分、
- ④ 予想外のことでの困ったこと、を記して下さい。模擬授業との関連も含めて記して下さい。

3：1回目の授業直後の、指導教員のアドバイスは、意味のあるものでしたか？ また、どのようなアドバイスがほしかったですか？

4：2回目の授業は、1回目と、どのような部分が同じで、どのような部分が異なっていましたか？ 板書事項・説明の仕方など

#### ノート①の項目1：

例年の通り、実際に教壇に立って模擬授業を行なってみると、実習生は「教材研究を全くみていたことを痛感し」、「ストーリーを頭の中で作っていないと説明できない」ことが分かってくる。その時点で筆者は、教師としての話し方・板書の仕方・授業プリントの作り方の基本を、くどくならないようにおさえることにしている。

ほぼ毎年、指摘する点を一つ記しておきたい。最初の模擬授業では、ほとんどの実習生が、下調べした事項を書いたノート（紙片）を手に持って説明・板書をする。筆者は必ず、それを止めるように指導する。まず顔がノートの方を向く（生徒の方を向かない）ので、声が小さくなる。同時に、生徒たちの様子が見られなくなる。何よりも自信なげに見えることが欠点である。「説明内容が頭の中に入らないのか？」と生徒に思われたら、それだけで大きなマイナス。仮に、あなたたちが企業に勤め、新しいプロジェクトをプレゼンするときに説明書を棒読みしていたら、取引先は逃げますよ」と告げるようしている。

<実習ノート②>・・・二名とも6月16日に記述

1：生徒の感想文を読んで、考えたこと・感じたことを記して下さい。

2：現時点での「古代ローマ」に対して、これまで有していた“知識や印象”は、授業の準備をする過程で変化しましたか？ 変化したとしたら、どのような部分ですか。

3：現時点での「古代ローマ」の授業を通じて、生徒に伝えたい大切なことは何ですか。3項目あげて、その理由も記して下さい。

4：現時点での世界史の「受験勉強」と「教材研究」とでは、何が同じで、何が違うと感じていますか。

5：授業での「史料・資料」の扱い方に関して、どのような点に留意しなければならないと思いますか。

### ノート②の項目2：

「今まで、断片的な知識しかなかったと感じた。受験のための世界史で、いくらがんばっても、それは問われたことに答えられる能力がつくだけで、全てをつなげて説明するのとは全然ちがうと思った」。こういう感想が出てくると、教科指導者としてうれしく思う。

### ノート②の項目3：

一名は「a：建築文化のすごさ」「b：人々の人間味」「c：領土のすごさ」を、他の一名は「d：水道橋をはじめとする建築物の構造」「e：元首政が始まるまでの流れ」「f：十二表法、ホルテンシウス法、護民官、平民会の設置など共和政の成立」をあげた。

bに関しては「いつの時代にもそうだと思うけど、いろいろな事件や反乱がおこるのは、それなりの理由があって、そこの人間味を伝えられたらいいと思う」と、人間の顔の見える授業を志していることが読み取れる。一方cの理由としては「ローマ帝国の最大範囲は、実は現代の何十か国分であるというすごさ」をあげていた。領土の広さよりも、地中海を内海とした点が重要なのが…。

eの理由は「どの様な経緯で個人に力が集中していったのか知ってほしいため」。fの理由は共和政が成立し、平民の権利や力が認められるようになったようになるが、実は見せかけであることを知ってほしいため」と、政治や統治制度に対する関心がうかがえる。

筆者との会話のなかで、彼女たちが（あらためて？）関心を持つようになったのが、建築文化であったように思う。aでは「自分でも感動したから。特に水道橋の技術はびっくりした。現代の最先端のすごさとは違うすごさを感じる」。dでは「ローマの人々が実用性を重んじつつも、芸術的な部分も大切にしたことを知ってほしい」とあった。“感動したことを見せて誰かに伝えたい”という気持ちが教材研究への意欲につながってほしいと思う。

### <実習ノート③>・・・二名とも6月23日に記述

1：3時間目の授業を終えた現時点で。

- ① 予定通りそこそこ出来たこと、
- ② 恐れていた通り不出来だったこと、
- ③ 予想外にうまく出来た部分、
- ④ 予想外のことでの困ったこと、を記して下さい。模擬授業との関連も含めて記して下さい

2：3時間目の授業を終えた時点での感想。当初から授業の際に留意してきたこと、あるいは授業を行なうなかで見えてきた「課題」などを記して下さい。

3：授業を行なう上での、教師の基本的な「身体能力」とは何だと思いますか。

4：「世界史」の授業を行なう上での、教師の基本的な「教養」とは何だと思いますか。

5：最後の4時間目の授業では、どのようなことに留意したいですか。

6月23日の授業は（台風による休校もあって）9日ぶりだった。最初に授業をした実習生にとっては2週間ぶりとなる。不可抗力とはいえ、間延びしてしまった。昨年度なら、4種類の授業の準備と実習がつづき、心身もかなり疲労してきた一方で、最後の公開授業に向けて緊張も高まくる時期だが…。今回は、その是非は別に、筆者の目からは、そういう緊迫感はあまり感じられなかった（もちろん実習生の性格にもよるだろうが…）。

<実習ノート④>・・・二名とも6月28日に記述

1：4時間目の公開授業に関して。

- ① 予定通りそこそこ出来たこと、
- ② 恐れていた通り不出来だったこと、
- ③ 予想外にうまく出来た部分、
- ④ 予想外のことで困ったこと、を記して下さい。授業の事前打ち合わせとの関連も含めて記して下さい。

2：4種類（各自3種類・8回）の授業を行なう中で、“成長した”と自分に評価を出来る部分はどこですか？ 逆に“(最後まで)駄目だった”部分はどこですか？

3：正直なところ、“キリスト教の成立・後期帝政”的授業は、やってみたかったですか？  
(ア、たしかにそうだった イ、ややそうだった ウ、ふつう エ、あまりそうではなかった オ、全くそうではない カ、よく分からない) <その理由>

4：「古代ローマ」の単元は、教育実習の範囲として適切だと思いましたか？  
(ア、たしかにそうだった イ、ややそうだった ウ、ふつう エ、あまりそうではなかった オ、全くそうではない カ、よく分からない) <その理由>

5：教育実習で取り上げた「古代ローマ」の範囲は、指導書等では4時間程度の配当となっています。“ローマ建国～五賢帝時代”までを（キリスト教の部分を除いて）3時間で行なうとしたら、どのような配分にしますか（どの部分を割愛しますか）？ また3時間で“ローマ建国～五賢帝時代”を扱うことの是非について、自分の考えを記してください。

\*1時間目 \*2時間目 \*3時間目 \*是非について：

6：教科指導のあり方について…率直に回答してください。

\*参考文献は適切でしたか？

\*2回の授業見学は、実習授業にむけて有意義な点がありましたか？

\*模擬授業の回数・模擬授業での指摘は適切でしたか？

\*その時々の、アドバイスは理解しやすいものでしたか？ あるいは適切なものでしたか？

\*その他、気がついたことを何でも…。

補足：筆者の古代ローマ史の授業プリント4時間分を手渡し、実習生自身の授業プリントとの比較を書くように、口頭で伝えた。

#### ノート①の項目2・ノート③の項目1・ノート④の項目1：

毎回、実習授業を行なった直後に、授業を振り返る意味でそれぞれ同じ質問を行なった。「私は話すのがおそいので・・」という不安を抱いていた実習生は、3回とも時間配分を“予定通りそこそこ出来たこと”にあげていた。短所と感じている部分にかなり神経を使つたことが窺える。一方、他の一名が“恐れていた通り不出来だったこと”に時間配分のことを2回記していたことは意外であった。一般に“恐れていた通り不出来だったこと”と“予想外にうまく出来た部分”は、模擬授業でスムーズに行かなかつた説明箇所をあげる場合が多いように感じた。

“予想外のことで困ったこと”は多様である。初期の「かっこ（引用者註：授業プリント

トの空欄)を1つとばしてしまった時、一瞬頭がまっ白になって、続きをうまく続けられなかった」「生徒に質問した際、逆に質問され(生徒が答える過程で)それに関する知識がなかったこと」などは、実習生当人には気の毒だが、初々しいレベルである。後半の「クラスによって同じことを言っても反応がちがうから、それによって授業のスピードや雰囲気も左右されてしまうことがある」や、体育の後だったので「生徒がざわつき、なかなか授業が始められなかつた」も学校生活の日常の一部でしかない。「教室の中にクモが出たこと」も当然ありうる。ただし、こういったハプニングも授業では起こるということを、頭で理解するだけでなく、実際に経験しておくことは重要である。

ノート④の項目2:

成長した部分として、一名は「はじめより生徒の顔を見ながら授業できるようになってきたこと。授業というのは、一对多数、また、ふだんの会話とちがって、こちらが一方的に話すだけで生徒がどう感じているのかということがはっきりと見えない。それが初め慣れなくて、ちゃんと伝わっているのかというのが不安だったけど、最後の方は慣れてきた(生徒の目線も感じられたから)」、もう一名は「できるだけイメージがわくような話やエピソードを授業計画の中で盛りこめるようになったことと、生徒とのやりとりが楽しめるようになったところです」。授業を通じての生徒とのコミュニケーションができたことは、大きな成果であろう。

苦手だった箇所は、両名とも言葉遣いや書き間違いをあげていた。これらは経験をつめれば改善されていくことである。

ノート④の項目3:

二名とも、「イ、ややそ娘娘た」。一名は「宗教というものをちゃんと考えてみたかった。(略)でも、自分自身も宗教について知識も感覚もうすいので、教えるには本を読まねばならず、あの短期間に読むのはだいぶつらかったので、正直楽になつてうれしい。キリスト教を除けば、やっぱり中途半端に終わつたのは消化不良な感じがする」。他の一名は「だいたいの予定をたてていたので、せっかくだったらキリのいい所までやってみたかったと思います。しかし一方で3種類(4種類)しか授業準備をしなくてよかつたため、資料探し集め・教材研究の時間がたっぷりあり、しっかり準備ができたのではないかとも思います」。新たな課題が生じたかもしれないが、やはり筆者としては、「キリスト教の成立・後期帝政」の授業は担当させたかった。

ノート④の項目4:

二名とも「ア、たしかにそう娘娘た」。しかし、その理由は異なる。一名は「私は、うまく話す技術とか、生徒の興味をひきだすやり方など、全然分かりませんでした。でもローマの場合、世界史の中ではわりと有名で、生徒も興味を持ちやすいのと、文化が派手で、インパクトがあつた点で、すぐわれました。(略)でも、この時代はすごく深くて(いつの時代もそうかもしれません)なかなか大變でした」。他の一名は「歴史を学ぶ、教える時は、流れを押さえていないとだめだと思うのですが、中世や近代が実習範囲では、それまでの歴史を十分理解するのに、時間がかかり大變ではないかと思います(もちろん古代ローマでもそれまでのギリシアに関する知識など必要だと思いますが)」。

端的に言えば、前者は、古代ローマ史に対する生徒の興味関心が大きい(と思われる)ので授業が行ないやすいと考え、後者は、古代史は前史が少ないので教えやすいと考え

いたことになる。かなり以前だが、宗教改革を実習範囲とした時に「中世ヨーロッパ史を教えずに、いきなり近代史ですか？」と実習生に驚かれたことを思い出した。

筆者は、今年度の2年次の世界史（2単位）は、古代から教えているが、これまでルネサンス・大航海時代からの近代史、あるいは産業革命から現代までの範囲が圧倒的に多かった。小・中学生ならともかく、高校生ならば、古代から教えることにこだわる必要はないと思う。筆者が近代から授業を行なう理由の一つには、“歴史は古代から順番に教わるもの”という、生徒たちの常識を打ち破りたいからでもある。同様に、実習生の“歴史は古代から順番に教えるもの”という強迫観念？も取り除きたいと思う。

#### ノート④の項目5：

古代ローマ史であれ、大航海時代であれ、筆者は、4時間くらいが相当とされる単元でも5回分の授業を担当させるようにしている。授業が1回多い分、教材研究は大変だが、その単元に関する知識・イメージが豊かになる。そして、それを4時間に圧縮したときに、初めて歴史教育の視点から残すべき内容を取捨選択できるようになると思うからである。

五賢帝までの古代ローマ史を3時間で教えるならば、という問い合わせに対し、彼女たちは、相応の時間配分を行なっていた。その具体的な内容は略し、3時間で扱うことの是非について、二名の感想を見てみる。一名は「通年、また全範囲を受験のため勉強するなら、3時間は適切かもしれないが、古代ローマ時代の生活をイメージさせたり、興味を持たせるためにはもう少し長い方が十分に話ができるのではないかと思います」。他の一名は「よく分からないです。3時間にするのは苦しいと思う。ところどころに入れていた文化の話を省けば可能かもしれないが、それを省くと、味気ない授業になってしまいそう。4時間必要だと思う」。

#### ノート④の項目6：

この項目は、教育実習全体に関する質問である。

まず参考文献に関しては、「世界の歴史」シリーズは高校の世界史教師にとっていい文献だと聞いていました」「世界の歴史 5」には、流れだけでなく、「様々なエピソード・興味を持てる話、また出来事の背景がかかれており、大変役に立ったと同時に、私自身が読んでいて面白いと感じるものでした。また先生からお借りした弓削達編著『ローマ帝国の栄光』（世界の大遺跡⑥）講談社 1987年）には、建築物について詳しく載っており、イメージするのに役立ちました」と記していた。昨年度の実習生もそうだったが、授業範囲の概説だけでなく、授業に直結するエピソードや、ビジュアル面も豊富な書籍を望んでいることがよく分かる。

模擬授業は「ないと大変なことになっていたと思います。模擬授業での先生の指摘から、もう1回考えてやっと授業をしているという感じでした」。「公開授業前に模擬授業がなかったのは不安でしたが、公開授業前だからこそ自分でやる必要があったのかなとも思います」。模擬授業は、やはり最初の1～2回は、必要不可欠だと感じた。

その時々の、アドバイスは、「分かりやすかったです。特に授業と授業の合間のアドバイスは、すぐに直せるところを中心に言ってくれたのでよかったです」。「授業後の注意点や生徒との関わり方や発問の仕方など、短い時間でもなるほどと思わされることが多い…」という感想であった。『天王寺は』でも記したように、10分の休憩時間に行なうアドバイスは簡潔でなければならない。

### 補足：

筆者のプリントと自身のプリントを比較して、ある実習生はつぎのように記していた。『明らかに文字の量が先生のプリントのほうが少なくすっきりします。必要最小限だけのことを書いておいて、あとは生徒が話を聞いて書き込んでいくということですが、私は生徒がちゃんと話を全部聞いてくれるのかということが不安で、聞き逃しても一応分かりやすいようにと考えてしまいます。生徒にとって使いやすいプリントというのはどういうものなんでしょうか…？』しかも自分にとっても、話し忘れないようにプリントにはじめから組み込んでおくという考えもちょっとありました。それはするいですよね。

あと、先生のプリントは、教科書や資料集の言葉にはとらわれず、自分の言葉による説明が多いように感じます（見える権力・見えない権力・S P Q Rとまとめたり、など）。また今回いただいた①～④のプリントの中で、「ローマ人は、廃墟を平和と呼ぶ」や、「征服されたギリシアは、猛きローマを征服した」（文化）など、ピンポイントで雰囲気やイメージがわく言葉が使われていて、すごいと思いました。「流れだけでなく、雰囲気を伝えるということがこういうことだ!!」というのが分かります。私のプリントは全体的に教科書にとらわれすぎな気がします」。

最初に配布されたプリントを、50分後にはどの生徒も“同じように”完成していることが望ましいことだろうか？筆者は、授業を受けた生徒たちが、それぞれ工夫（補足の書き込みや色分けしたアンダーライン、ときにはイラストなど）をして、互いに“ずいぶん異なる”自分独自のプリントを作成してくれることを狙っている。

### （4）実習終了後

教育実習終了後に、彼女たちが提出したレポート課題の中から、注目したい箇所をいくつかあげていきたい。

「実習前私は、まずは教科教育が大切だと考えていました。それは今も変わっておらず、むしろより強くそう考えるようになりました。授業は生徒との信頼関係を築く1つだと感じたからです。実習が始まってまだ初めの授業をしていない頃は、生徒もまだ私のことをよく分からぬといふこともあって警戒しているような雰囲気がありました。しかし、授業を始めると一気に話しかけるようになりました。授業をするということは学校において最大のコミュニケーションであると感じました」。

「私が世界史という教科がとても好きであり、面白い学問だと感じていることは伝えられたのではないかと思います。生徒から「世界史面白い」と言われることが、これほどにも嬉しいものだとは思っても見ませんでした。またその世界史の面白さを伝える際に、教材研究がいかに大切なものであるかを強く感じました。また、教えるべきこと、自分の伝えたいことを表現するばかりではなく、生徒にとって意義のあるもの、イメージを膨らませることができるものにするためには何が必要であるか、考えなければならないのだということを知りました」。

「実際に授業をしてみて、授業は生徒にとってこれは何のためのものなのかということを考えるようになりました。私の授業を後ろで見ていた実習生に、評価をしてもらった際に「面白かったけど、どこが大事な部分？」と尋ねられました。「大事？ それは受験

にとて？」と聞き返すと、「そう。」と答えました。私は歴史を学ぶ上で大切なことと、受験にとって大切なことは同じではないことをそのとき改めて感じました。歴史において、その当時の人々の生活を知ることが、必ずしもセンター試験や入試でいい点を取ることに直結しないということは、歴史をどのように教えるべきかということに大きく関わってくると思います。生徒が求めているのは、受験対策としての授業であるのか、また生徒が求めているとしても受験のためだけの指導でいいのかという問題もあると思います。かといって、受験を全く無視するわけにはいかない。バランスが難しいと感じました」。

抜粋した彼女たちの感想は、筆者自身のものではないかと紛うほどであった。極論すれば、教師であれ、実習生であれ、授業に真摯に取り組めば上述のような感想が出てくるのは当然なのだと思う。授業を行なう際の始発点であり、かつ終着点なのだと再確認した次第である。

#### 4. おわりに

この数年間、実習生に対する、より良い教科指導法はないだろうかと試行錯誤してきた。結果として、筆者なりの指導方針やノウハウを得ることはできた。それらを大まかに3点にまとめると、つぎのようになるだろうか。

- ・教材研究に関する指導を通じて、実習生の実習授業への不安を軽減し、意欲を高める。
- ・実習授業等の各段階において、実習生自身に自己評価させて、到達度を確認させる。
- ・最後の公開授業は、できるだけ実習生に自力で準備させて、達成感を味わせる。

しかし、あらためて感じるのは、教育実習では、指導教員自身の授業への心構えが、まず試されるということである。ここでいう心構えとは、歴史に対する接し方である。実習生に対して、機会があるたびに筆者は「試験のためだけではない、教養のための世界史が大切。試験がなければ生徒が聞かないような授業はダメだ」と言ってきた。しかし筆者が本当にその言葉どおりの授業をしているか否かは怪しい。にもかかわらず、教養学科の実習生の多くには、筆者の授業が“受験の世界史”とずいぶんかけ離れた“教養の世界史”的に見えるらしい。彼らは、“テストで高得点をとる達成感”を“歴史を学ぶ面白さ（歴史の面白さ）”と勘違いして（または、勘違いさせられて）きたのか、あるいは“歴史の面白さ（歴史を学ぶ面白さ）”は、“学校の授業”とは相容れないと諦めて（または、諦めさせられて）きたのだろうか。もしそうならば、高校教員の一人として、非常に残念に思う。学校ごとに、生徒の実態は様々だし、教師が思い描いた授業がそのまま実践できることはまれである。しかし、そういった状況下にあっても、世界史を学ぶことで自分の世界が広がった、世界とつながっていると、授業を通じて生徒たちに少しでも実感させることができが教師の役割だと思っている。心構えとは、その思いを授業として具体化していくとする決意のことである。

教育実習生の指導は、通常の職務に付加されるものであるから、楽であるはずはない。しかし筆者は、“教科指導”に関しては、楽しみにしているところもある（もちろん、実習生の意欲をはじめ実習にむけての諸条件が整っていることが大前提である）。高校卒業後、

多くの学生が“高校世界史”とは無縁になるなか、わざわざ世界史で教育実習に来るのだから、嬉しいはずがない。教育実習での教科指導は（高校時代に筆者が教えたわけではないが）いわばアフター＝サービスである。

また、自分自身の授業を（今風に言えば）、実習生の目から“外部評価”してもらうことも重要だと最近は考えている。乱暴な言い方であるが、大学で新しい知見を得てきた、やや“頭でっかち”的実習生を得心させる授業力を指導教員としては身につけておきたい。

さらに実習生の初々しい感激や悩みを聞いたり、読んだりすることで、筆者自身の“スレてしまった”感性を“更新”したいという気持ちもある。このような私的な感想をおわりに書くことになるとは思いもしなかったが、現在の筆者の率直な気持ちである。

本稿の表題は「ローマは一日にして成らず」とした。今年度の実習授業の単元が古代ローマ史であったことにかけて、教育実習生を比喩したものと考えられた方も多いかもしれない。しかし、これは筆者自身のことである。

註1 実習生の教科指導に関して、筆者は次の2つを公表している。「『私は世界史で受験をしました』」（『研究集録 第44集』大阪教育大学教育学部附属天王寺中高等学校 2002年 pp. 17-32 以下「『私は世界史で』と略）・「『天王寺は厳しかった？』」（『研究集録 第46集』大阪教育大学教育学部附属天王寺中高等学校 2004年 pp. 13-31 以下「『天王寺は』と略）。

註2 高橋さんと平田さんの感想等の引用順は、項目によってまちまちである。また引用文中の明らかな誤字・脱字等は筆者の責任において改めた。

註3 「事前指導用アンケート」の中の質問事項は、浅田匡他編著『成長する教師—教師学への誘い』（1998年・金子書房）によるところが大きい。すなわち〈授業見学までに〉のQ4の世界史の授業の喻えとした項目は、同書のp. 76の表5.1をもとに筆者が提示した。〈授業評価表〉はp. 57の表4.3を参考にした。

註4 本校では、毎年秋に高校2年生を対象に博物館見学という行事が行なわれる。2004年度は、行事を企画する教務部と学年教師団との理解・協力を得て、大阪府吹田市にある国立民族学博物館で開催されていた特別展「アラビアンナイト大博覧会」と常設展をそれぞれ1時間ほど見学させた。3学期に学習する予定のイスラーム史への興味づけでもあった。

#### summary:

I had a chance to give a talk in the pre-guidance class to the student teachers majoring in 'Arts and Sciences' in the spring of 2004. During the period of practice teaching I instructed two of them how to teach World History (on ancient Rome) to the Senior High School students. The following is a description of that time.

# 世界史教材としての遣唐使

笹川 裕史  
ささ がわ ひろ し

“Japanese Envoys to Tang Dynasty”

in World History

SASAGAWA Hiroshi

抄録：文部科学省の平成 16 年度教育情報共有化促進モデル事業の一環として、大阪府社会科研究会が教育情報共有化プロジェクトをすすめている。この共有化プロジェクトの教員支援プログラムをうけて、筆者は I T 機器を積極的に使用し、「遣唐使 — 東アジアの中で考える」と題した研究授業を行なった。本稿は、この研究授業の内容・成果・課題等に関する報告である。

キーワード：I T 機器、教育情報共有化、遣唐使、授業実践、世界史教育

## 1. はじめに

文部科学省の平成 16 年度教育情報共有化促進モデル事業の一環として、大阪府社会科研究会は教育情報共有化プロジェクト（以下、共有化プロジェクトと略）をすすめている。この共有化プロジェクトの代表者である山田時比古先生から「パソコンを使って授業してみない？」と声をかけていただいたのは、2004 年の夏のことだった。いわゆるデジタル＝ディバイドの向こう側（こちら側？）にいた筆者には、思いがけない提案であった。しかし共有化プロジェクトの事業実施計画書には「I T 活用経験の少ない教員が、外部支援者のサポートを受けて、授業で使用するデジタル教材を作成し、実践的な授業を行う」とある。なるほど、絶妙の人選！ 若干の戸惑いはあったが思い切って参加することにした。

デジタル教材の準備・作成の都合上、研究授業は 2 学期後半ということになった。テーマは（授業進度との兼ね合いもあり）遣唐使とした。遣唐使に関しては、日本史の分野で「唐から先進的な政治制度や国際的な文化をもたらし、日本に大きな影響を与えた」という説明がなされているようである<sup>註1</sup>。そこで今回の世界史の授業では、遣唐使を迎えることなく唐側の状況に留意し、東アジア世界という枠組みの中で遣唐使の意味を生徒たちに理解させようと考えた。また授業に際しては、以前から気がかりであった史料を取り扱うこととした。『続日本紀』（天平勝宝六年正月三十日条）に記載されている大伴古麻呂の帰朝報告である。古麻呂が報告した内容を生徒たちに紹介し、その内容を多角的に考察させることで、史料批判（情報の信頼度の検証）の重要性にも気づかせたいと考えた。

本稿は、「遣唐使 — 東アジアの中で考える」と題した授業に関する報告である。

## 2. 研究授業

授業「遣唐使 — 東アジアの中で考える」の意図を明らかにするために、まず当日の学習指導案を示しておく。つづいて研究授業の具体的な（かつ読みやすさも勘案した）採録を掲載する。なお授業で使用したパワーポイント（以下、PPと略）による画面は16枚だが、各画面に設定したアニメーションを個別に数えると53種類である。そのうちの24種類を採録の後に別掲する。なお採録の中では【図11】というように通し番号で示したが、別掲では、【図11】<図8-3/5>と表示した。その箇所で“画面8の5種類のアニメーションの3番目”を提示したという意味である。

授業で使用した自作プリントも縮小して掲載しておく。本来はB4版横向きで、空欄に板書事項などを書き込ませるようにしている（空欄への記入語句には二重下線を施した）。授業時に配布した（前回の授業の感想文等を編集した）教科通信は、本稿では省略した。

### (1) 学習指導案

## 地 理 歴 史 科（世 界 史）指 導 案

指導者 笹川裕史

1 日時 2004年12月17日（金） 第5限（13時20分～14時10分）

2 場所 大阪教育大学附属天王寺中・高等学校 視聴覚教室

3 学級 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 II年A組 42人  
(男子19人 女子23人)

4 主題 東アジア世界の中での隋唐帝国

5 指導計画（全6時間）

区分	学習内容	時間配当
第1次	隋 拓跋国家としての隋唐帝国～煬帝の政治	1時間
第2次	唐① 律令体制	1時間
第3次	唐② 太宗～聖神皇帝（則天武后）の時代	1時間
第4次	唐③ 玄宗～黄巢の乱	1時間
第5次	唐代の文化と7～10世紀の東アジア	1時間
第6次	遣唐使～東アジアの中で考える～	1時間（本時）

## 6 本時の指導

①主題 遣唐使～東アジアの中で考える～

②目標 遣唐使に関しては、日本史の授業で「唐から先進的な政治制度や国際的な文化をもたらし、日本に大きな影響を与えた」という説明がなされているようである。

今回の世界史の授業では、遣唐使を迎えた唐側の視点も踏まえ、東アジア世界における遣唐使の意味について、生徒たちに理解させる。その際に753年の朝賀での出来事を紹介し、そこでおこった“事件”的解釈を生徒たちに問うてみる。

なお資料の提示は、パワーポイントを使用して手際よく行ないたい。

### ③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 3分	・本時の 予定確認	・遣唐使についての既 習事項を確認する	○生徒を指名して、遣唐使に関する知 識などを再確認させる
展開1 14分	・冊封体制 と朝貢使	・『続日本紀』記載の 753年の事件の箇所 を読解する	○中華帝国である唐の外交の広がり を確認させる ○華夷・君臣関係を可視化した朝賀の 場を具体的に示す ☆朝賀の儀式での席次の重要性に気づ いているか
展開2 14分	・遣唐使の 実態	・年表等から遣唐使の あり方が、時代によ って異なることを 予測する	○遣唐使の回数や人数・航路などが、 前・後半で異なることを具体的に 説明する ☆遣唐使のあり方が内外の社会情勢 と関連していることを理解したか
整理 5分	・遣唐使の 意義	・唐側の遣唐使観を知 る ・遣唐使の目的を確認 する	○新羅と比較しながら、日本の外交政 策の特色を指摘する ☆「不臣の朝貢国」という日本の立場 を理解しているか
発展 14分	・史料批判 の重要性	・753年の事件に関す る自分の考えをまとめる	○753年の事件の虚構説を紹介する ☆ものごとを多角的に考察すること の重要性に気づいたか

### ④準備物

教科書 『新編 高等世界史B 新訂版』 帝国書院 2004年

副教材 『最新世界図説 タベストリー 初訂版』 帝国書院 2004年

自作プリント（B4版2枚・B5版1枚）／世界史通信（B5版1枚）

IT機器

## (2) 授業採録

始業前に、3枚の授業プリント（B4版2枚・B5版1枚）と教科通信（B5版1枚）を配布する。複数の生徒から「プリントが多い！」という声があがる。教壇上の左側に設置されたスクリーンには、PPの最初の画面がすでに投影されている。

### 【始業のチャイム】

いつも早口ですが、今日は、それ以上に早口で話すかもしれません。さて今回は研究授業ということで、テーマが前（隋唐時代）にもどって「遣唐使」です。

遣唐使については、君たちはそれなりにイメージを持っていると思います。で、たとえば（君たちに）小学校・中学校の妹や弟がいるとして、遣唐使のことを簡単に説明するとなれば、どのように説明しますか？【生徒を指名】ごく簡単に一言二言で・・・

——生徒：偉い国に行って、いろいろな物をもらいたいから、それをもらったり、いろいろなことを教えてもらったりして、帰ってくる。（教室：笑）

たどたどしく言ったけれども、ポイントは入っているじゃないですか。偉い国、この場合は唐ですね。いろいろな物をもらいたい、あるいは教えてもらいたい、つまり貿易でさまざまな物を獲得し、さまざまな文化を受け容るために遣唐使を派遣した。基本的にその通りですね。ただここで考えて欲しいのは、遣唐使は、中国からいろいろな物を持ち帰ってきただけじゃなく、実際中国に行って、都の長安に滞在しているわけですよね。すると当然、中国の人々、あるいは中国に来ている他の外国人の人々ともさまざまな交渉があって、いろいろな活動をしているはずですよね。

そこで、今日は「遣唐使」を、唐と日本という二つの国の関係だけで見るのではなく、東アジア全体の中で考えていきたい。【図1】サブタイトルは「東アジアの中で考える」。

さっそくですが、「世界史ノート32」のプリントを見て下さい。史料が載っています。

これは大伴古麻呂が、当時の日本の朝廷に、遣唐使として彼が（唐で）こんな事をしたと報告したもので。『続日本紀』の中の史料です。『続日本紀』というのは、六国史といわれる日本の正史のうち2番目にあたる本です。本当は漢文ですが、漢文は読めませんので、読み下し文にして（さらに、今風に）読みます。【図2】

「大唐天宝十二載」。これは唐の元号で言うならば、天宝の12年ということです。載という漢字が年の替わりに使われていました。西暦でいうと753年です。

「正月の朔癸卯」。年や月だけじゃなくて、日にちにも十干十二支をあてはめています。

「百官・諸蕃朝賀す」。百官とは内臣ですね。中国の皇帝に、中国国内にいて仕える家来たちのことです。では諸蕃とは何でしょうか？ 中華の帝国である唐の周辺にあって、中華思想のもとにおいて蛮族視されていた周辺諸国からやってきた人々。すなわち内臣に対して外臣。言いかえると朝貢使にあたります。形の上で、中国の皇帝を君主と見なし、その家来（ざくばらんに言うならば、親分子分の関係）となる。そういう朝貢使たちが朝賀（年始の挨拶）をするのですね。

「天子、蓬萊宮含元殿で朝を受く」。753年のときの中国の天子とは誰でしょう？ 8世紀の半ば、もっとも有名な皇帝の一人ですよ。【生徒を指名】とりあえず、誰でしょう？

——生徒：（しばらく、ノート等を見返したあと、小声で）玄宗？

そう、あたり。【図3】この玄宗が蓬萊宮含元殿で朝を受けたというわけですね。

さて、この諸蕃なのですが、どういった人々が中国にやってきたのか？ いくつかある貴重な図の中で、もっとも有名な図を紹介します。【図4】6人並んでいますが、左側の3人は鴻臚寺の役人です。鴻臚寺って覚えている？ 今の日本でいうと外務省にあたるものですね。外国からの重要な使節をもてなす役人が3人で何か相談をしていますね。そして、この鴻臚寺の役人のすぐ後ろにいる人物はいったい誰なのか？ いろんな説があるのですが、ビザンツ帝国からの使者だろうと考えられている。1学期の最後に話をしましたね。ローマ帝国は最後に東西に分裂して、西ローマは滅んでしまったけれども、東ローマは生きのびていった。東ローマ帝国＝ビザンツ帝国からの使者がやってきた。ヨーロッパからの使者ですね。では、その後ろで頭に三角形の帽子みたいなものをかぶっている使者。これもいろいろな説がありますが、有力な説は【図5】高句麗または日本の使者。いちばん右端が、朝鮮半島北部のツングース系の狩猟民族の靺鞨族の使者。で、唐がもっとも盛んであった時代には、各地から70国をこえる国々から朝貢使が派遣されたという記録が残っています。もちろんすごく大きな国もあれば、とてもちっぽけな国もあるでしょうが、とりあえず70以上の国から朝貢使がやってきて、年賀の挨拶をしたのです。

含元殿という場所で朝賀の儀式が行なわれたといいましたが、これは唐の長安の地図です。奈良の平城京は長安をモデルにしたといわれますが、この長安の4分の1くらいの大きさしかありません。長安の、【図6】この部分は、宮城（内城）といわれまして、本来、皇帝が生活し、さまざまな政務が行なわれる場所でした。ところが玄宗の頃になりますと、違う場所で政治をしたい、生活をしたいというので、宮城の北東部に別の区画がつくられました。赤い丸で囲んだ部分一大明宮です。【図7】では、この大明宮をもう少し拡大します。さらに拡大します。少しわかりやすくなつたかもしれません、後ろの人はわかりにくいですよね。で、赤く囲みました。【図8】この赤枠で囲ったちょうど真ん中に、朝賀の儀式が行なわれる含元殿がありました。含元殿の北西には中書省、北東には門下省と、三省のうちの2つの役所がありました。ちなみにこの赤枠の横の線は、約500メートルです。ということは、この含元殿は東西100メートルをこえる非常に大きな建物だったということです。残念ながら含元殿は残っておりませんが、【図9】こういう風な建物だっただろうと考えられております。東西両翼が100メートルをこえる建物のなかで朝賀の儀式が行なわれただろうということです。

では史料にもどります。大伴古麻呂は、次のように言葉を続けています。「是の日」というのは、もちろん元日のことですね。「我を以て西畔第二 吐蕃の下に次ぎ、新羅使を以て東畔第一 大食國の上に次ぐ」。我といるのは、大伴古麻呂のことですから、これは日本のことですね。日本・吐蕃・新羅・大食という4つの国が出てきました。では『タベストリ一』の16~17ページ、「8~9世紀ころの世界」を開けてください。この地図を、まず西から見ていきます。地中海の東部にビザンツ帝国があります。青い色を塗っている（部分で）、バルカン半島と小アジア半島を支配している、東ローマ帝国の続きとしてのビザンツ帝国。ここから（先ほど言ったように）使者がやってきたこともあるのですね。

ビザンツ帝国の南側に、緑色に塗られたアッバース朝が広がっています。現在のアフガニスタン・イランからアラビア・北アフリカにまたがる、すごく大きな地域です。このイスラームの王朝が、じつは大食国です。タージーと当時の中国では呼んでいて、こんな漢字を当てはめていたのです。そして吐蕃。唐の西側に、現在のチベットを中心とした地域

に大きな勢力を持っていました。そのほかに朝鮮半島の新羅・日本があったのです。

さてこの言葉は、どういう意味でしょうか？【図 10】「我を以て西畔第二 吐蕃の下に次ぎ、新羅使を以て東畔第一 大食國の上に次ぐ」。つまり、朝貢使の序列が定められたということです。西の第二位が日本。西の第一位が吐蕃。【図 11】そして新羅使が東の第一位、東の第二位が大食。【図 12】大相撲のように、東と西があって、東の一位・西の一位・東の二位・西の二位と序列があった。ということはナンバー 1 が新羅で、日本は第 4 位。

もう少し詳しく、含元殿での朝賀の儀式についてみてみます。これが実際の朝賀の儀式のときの序列図です。本当は臣下がズラッと並んでいるのですが、複雑になるので先頭の人だけ、印をつけています。三角の向きが顔を向けている方向です。皇帝はここにいます。皇帝ただ一人だけ南を向くわけですね。天子南面です。天子=皇帝だけが南を向いて他の者と対面・会見しました。

では重要箇所だけ説明します。【図 13】緑で囲んだ部分は、内臣のなかでも皇帝と血のつながりがある人々です。“皇太子”…北面していますが、いちばん先頭に位置していますね。そして皇太子と並行して“北周と隋の帝室の子孫”が座っている。唐が拓跋国家だという話はしてきましたね。たまたま王朝は、北周から隋・唐と替わったけれども主体となっているのは鮮卑の拓跋部族で、みんな親戚なのですね。ですから滅んでしまった王朝だけども、その子孫がいたら彼らは皇太子と同等に扱われる。そしてこちら側は“皇宗親”。皇帝の父方の親戚ですね。反対側には“異姓親”。異姓ということは、皇帝の母方の親戚。日本で言うならば、天皇家に対する藤原氏…つまり外戚ですね。このように皇帝の親族と外戚が同レベル並んでいます。他には血のつながりのない内臣がいますが、それはカット。

重要なのは、【図 14】青で囲んだ部分。ここが朝貢使（外臣）たちが座る場所です。よく見てほしいのですが、“諸方客三等以上”“諸方客四等以下”と序列によって、皇帝と正面で対面できる朝貢使と、横向きでなければ対面できない朝貢使と区別がある。日本は西の第二位なので、一応この部分には入っているわけですが、東の一位が新羅、西の一位が吐蕃、東の二位が大食。ですから日本は、いちばん前には座れないのですね。

さて、古麻呂はどうしたのか？史料の続きに戻ります。「古麻呂論ひて曰く『古より今に至るまで、新羅の日本国に朝貢すること久し。而るに今、東畔の上に列し、我反りてその下に存り。義、得べからず』といふ」。簡単に言えば「納得がいかない」というのですね。日本が新羅よりも序列が下なのは納得ができない。なんとかしろと言い立てた。このこと、みんなイメージできますか？もうすぐ玄宗が朝賀の儀式に出てくるのに、下々の者がちゃんと座って皇帝のお出ましを迎えるに、席次をめぐって争っているのですよ。係の役人とすればソッとする事態ですね。現代で言うならば、先進国首脳会議（サミット）で、最後の公式晩餐会が始まる直前に「この席は嫌だ。もっと上等の席にしてくれ」と言い立てたのと同じですよね。

さて中国の役人は、日本の申し立てを認めて序列を替えたのか？あるいは今さら変更はできないといって、序列をそのままにしたのか？日本の異議申し立てを認めたのか、無視したのか。どちらかしかないですよね。みんなは、どう考えますか？結末は授業の最後の方で明かします。とりあえず、こういった事件があったということです。

では、ここで急に話が変わります。遣唐使全般について簡単に話をしたいと思います。2枚目のプリントを見てください。【図 15】年表が載っているプリントです。

唐は、618年から907年まで約300年間続いた王朝です。この300年間、均等に日本から遣唐使が派遣されたのかというと、そうではありません。年表を見たらわかるように、ある時期に遣唐使は集中していて、あとはボツボツボツととんでいる感じですね。括弧がついているものが2つあります。これは、最初は遣唐使という形で派遣したのではないのだけども、結果としては遣唐使と同じ役割を果たしたものですね。ですから、大きな意味では、これらも含めて、遣唐使として任命されたのは、19回あると考えてください。

では、なぜこのように集中して送られたときや、そうでないときと、ばらつきがあるのか？　いうまでもなく、遣唐使を送り出す日本の国内での政治や社会などのさまざまな条件。あるいは東アジア世界の中での国際関係が、遣唐使を派遣する回数や時期に影響しているわけですね。では、どういうことがあったのか。ちょっと思い出してみましょう。

645年。小学校でも、中学校でも習いましたよね。「大化の革新」。630年の遣唐使で中国のさまざまな文化や政治システムを学んだ人々が帰ってきて、日本も改革しなければ駄目になるのだという風潮のなか、中大兄が蘇我氏を倒して、天皇を中心とした律令国家を目指したという説明がなされますよね。そのあと、日本は朝鮮半島に勢力を伸ばそうと企みますが、そういう日本が望みを断ち切った出来事が、663年の「白村江の戦い」。

660年、百濟が滅んだ後、百濟の人々が日本に助けを求めた。百済復興のために協力してほしいと。日本も、百済を助けて、朝鮮半島に勢力を伸ばす絶好の機会だと考えた。百済と日本の連合軍が、新羅と唐の連合軍と戦って、結果は日本側の大敗北。前回の授業の感想の中に、「なぜ白村江の戦いの後、唐は日本を攻めなかったのだろう？」という質問がいくつかありました。そのひとつになるかもしれないのが、667年と669年の遣唐使です。じつは初期の遣唐使は、日本は小さな国だけども、唐と互角だというプライドをもって派遣されていたのです。しかし戦争に負けてしまったら話にならない。それどころか唐と新羅が日本に攻めてくる…という危機感が生じてくる。そういう中で日本側としては、露骨な形ではないのだけれども、唐に対して頭を下げる。やはり唐の方が上だったので、日本を攻めないようにしてほしい、そういう感じの使節を派遣したとみればいいのです。とくに669年の遣唐使には意味があります。668年に新羅と唐が手を結んで高句麗を滅ぼした。するとすかさずその翌年に、日本は「唐が高句麗との戦争に勝ったのはおめでたいことです」というふうに戦争に勝った祝賀の遣唐使を送っている。これは明らかに、唐との和睦を目的として送った遣唐使だと考えができるわけです。

755～763年は、【図16】「安史の乱」。唐の時代をこれで前半と後半に分けることができると言いましたね。これ以降、中国は、経済はともかく、政治はガタガタになっていく。

9世紀の半ばの「会昌の廢仏」。唐の武宗が、仏教を徹底的に弾圧した。この弾圧があまりにも激しかったこともあって、日本では、これ以上、唐から仏教文化を学ぶ必要はないという意見が出てきて、遣唐使が廃止になる一つのきっかけともなった事件ですね。

さて19回遣唐使が任命されましたが、じつはこの19回の遣唐使の中で1つだけ、結果として遣唐使にならなかつた使節があるのです。ちゃんと都の長安にも行ってるんですよ。ところが遣唐使にならなかつた…【図17】702年の遣唐使。なぜこの遣唐使は、長安にも行っているのに遣唐使にならなかつたのか？【生徒を指名】誰が、皇帝だったでしょう？  
——生徒：則天武后。

そう、則天武后。彼女の時代は、国名が唐ではなく周でした。正しくは“遣周使”です

ね。実際には 30 年近く間をおいて送った遣唐使が中国について、役人に「ここは唐のどこですか」と尋ねたら、「いまは唐ではなく周だ」という返答。びっくりして「なぜ国名が変わったのか」と問い合わせました。言うまでもなく、なぜ 30 年間ものブランクがあったのかというと、白村江の戦いで敗北し、新羅とか唐との関係がすっきりいかなくなってしまった。なおかつ日本でもこのあと天智天皇・天武天皇というふうに代替わりがあり、壬申の乱もあった。内外において日本は遣唐使を派遣する余裕はなかった。久しぶりに遣唐使を送ったのが 702 年だったけれども、唐ではなかったということですね。

プリントで下線を引いている年号が 4 つあります。746 年・761 年・762 年そして 894 年。これは任命されたけれども実施されなかった遣唐使です。いつも遣唐使は任命されて、すんなりと実施されたではありません。特に有名なのは 894 年。菅原道真が遣唐使に任命されたけれども、道真は「遣唐使は歴史的な使命を終えている。唐が混乱しているこのようなときに送ってもメリットがない」と遣唐使の廃止を提案した。こうして 894 年をもって遣唐使は幕を閉じました。で、本当にいた遣唐使は、こうなります。【図 18】

さて遣唐使を 2 つの時期に分けるなら、どこで分ければいいでしょう？【生徒を指名】  
——生徒：669 年と 702 年の間。

そうだね、ここで区分してほしかったな。最初の赤い 7 つと、後半の黄色の 9 つとでは、遣唐使の意味合いが少し変わってきています。何が違うのかということですけれども。ここで絵を見てもらいましょう。【図 19】これは、遣唐使船の想像復元図です。いい加減なことを言つてはいけないのですが、だいたいこの教室を縦に 3 つあわせたぐらいの大きさ。そんなに大きくはない。そしてこの船が、実にしばしば沈没・難破したのです。ところが、前半は、どちらかというと海難事故が少なくて、後半に多発している。なぜ、前半は海難事故が少なくて、後半に多いのでしょうか？【生徒を指名】

——生徒：（「後半が多い？」と再確認し）白村江の戦いで負けたから、お金がなくなった。

なるほど。前半部分の「白村江の戦いで負けたから」の部分がとても重要。白村江の戦いで日本が負けたということは、勝ったのはどこ？ 新羅と唐でしょう。ということは、新羅と日本の関係が、あまり良くない状態になってしまったということですね。

【図 20】こういうことです。前半は、このように朝鮮半島を海岸線沿いに唐に行くルート。いわゆる北路でした。これならば嵐にあったりトラブルがあったりしても朝鮮半島の入り江に逃げ込んで難を逃れることができますよね。だから海難事故は比較的少なかった。しかもこれは内海ですから、そんなに風雨が強くて困ることもなかった。ところが後半は、これです。中国に直行しようというので東シナ海を突っ切った。距離は短いのですが、激しい海流とか季節風の関係で、たくさんの遣唐使船が沈んでしまったのです。

まとめます。遣唐使の船は、前半と後半で区別するならば、前半は、基本的に北路。朝鮮半島の海岸線沿いにルートをとった。一方、後半は南路。東シナ海を突っ切った。これが大きな違い。そしてじつは数字のトリックもあります。後半に難破した船が多いのは、後半の方が 1 回の遣唐使で出発する船の数が多かった。前半は、1 回で 2 隻だったのですが、後半はなんと 4 隻です。ただでさえルートが北路よりも不安定だったのに、遣唐使として行く船も増えたので、そのぶん災害にあう危険性は高くなつたということですね。

先ほどの船の絵を思い出してほしいのですが、だいたいこの教室を縦に 3 つ分くらいの大きさの船。どれくらいの人間が乗れると思いますか？ 定員は、70~80 人くらいが適切

らしいのです。それなのに、なんと 150 人。少なくとも 120~130 人は乗っていた。完全に定員オーバーですね。ただでさえ頑丈な船ではないのに、多くの人間や多くの物を積んでいたために、余裕がなくて、海難事故にあう危険性がますます高くなつたのです。

さて南路をとった遣唐使船は、いまの暦で言うと 9 月後半から 10 月に出発しました。9 月後半から 10 月は、冬の季節風が吹き始め、海流の関係で海が非常に荒れる。そういった危険なときに出発する船が圧倒的に多かった。「当時の人々は、季節風や海流に関する知識がほとんどなかつたため、無謀な航海で多くの犠牲がでた」と言われてきました。ところが、最近「古代の人々が自然現象に関する知識がなかつたと考えるのはよくない」という見解が出てきました。確かに 1000 年前の人々に気象に関する知識がまったくなかつたとは、考えられませんよね。むしろ、いまの我々よりも自然のなかで暮らしているのですから、風の流れや、潮の流れを詳しく知っているはずです。海流や季節風の知識がなかつたから無謀な航海をしたと考えるのはおかしいというのです。結論から言うと、どうしても 9 月後半から 10 月に出発せざるを得なかつたということです。なぜか？

遣唐使の大切な役目一つが、朝賀の儀式に出ることでした。つまり 9 月か 10 月に出発して、中国の南部に 11 月頃に到着したら、そこから大急ぎで長安に行って、1 月 1 日の朝賀の儀式に出る。日程を考えて、逆算すると、どうしても 9 月から 10 月に出発せざるを得なかつたのです。でもそなれば、もっと前に、たとえば波の穏やかな 5 月か 6 月に出発したらいいのにとみんな思いませんか？ そうすれば余裕をもって朝賀の儀式に出て、日本に帰ってこれるのに。出発する時期を春にすればいいと思いませんか？ ところが、ここに朝貢使としての遣唐使の特殊な性格があつたのです。

遣唐使で日本側が費用を負担したのは、中国にたどり着くまでです。ここまで自費で行きました。中国に到着して、遣唐使と認識されたら、そこからの滞在費・交通費はすべて中国が負担しました。だから朝貢国に対して、中国は太っ腹なところを見せることができたのです。先ほど言いましたね。日本は 4 隻の船で 600 人です。いくら中国が太っ腹といつても、600 人の遣唐使の長期の生活費は高額じゃないですか。ですから中国側としては何とかその費用を抑えたい。だからギリギリに来てくれというのですね。そりやそうでしょう。だって日本だけじゃなく、新羅も、吐蕃も、大食も、世界中の朝貢使の滞在費を中国は負担しているのですよ。ですから、個々の費用を抑えたいと思うのは、当然ですよね。そういった中国側の要求を受け入れたために、日本側は、9~10 月は危ないということを知っていたけれども、しかたないと思って、出発したわけですね。

ちょっと急ぎます。結局、遣唐使とは何だったのか。まず、唐の立場から考えてみると、日本というのは、どうしようもない東の果ての国と認識されていました。当時の言葉で言うと絶域です。こんな絶域から日本が朝貢してくれることを、中国側はとってもありがたく感じていた。なぜならば、朝賀の儀式でユーラシア各地の使節団がやってきて、中国の東の海のかなたから、日本が皇帝の人徳をしたって中国に使節を送ってきた。唐の皇帝はこんなに偉大な力を持っていると P.R. できるじゃないですか。だから、最果ての地から来てくれる日本のことを、中国はそれなりにありがたく考えていた。

ところが、日本もさるもの。遣隋使以来のプライドがある。日本は小さな国だけれども、唐と対等でありたいという気持ち…朝貢はしますが、直接、唐に頭を下げたりはしない…「不臣の朝貢国」になります。冊封関係ではないということです。じつは冊封された新羅

あるいは渤海は、毎年朝貢使を派遣し、“顔つなぎ”をしています。日本の場合はおよそ20年に1回と、かなり優遇してもらっている。そして直接の家来ではない、不臣の待遇を与えられた。でも皇帝の人徳にひかれて中国に来るのだから、当然頭を下げて貿易をする…というので朝貢国。だから不臣の朝貢国というかなり微妙な立場で日本は遣唐使を送ることになる。そして唐もそれを認めていることになる。つかず離れずの関係なのですね。

では日本側の（遣唐使の）目的。大きく3つあります。まず1つめ。外交面での目的をいうと、唐との友好です。東アジアの大國の唐と友好関係を結ぶことは、日本にとって重要。さらに、唐以外の東アジアやユーラシアのさまざまな国の、海外情報の入手ですね。

2つめは、文化面。仏教文化を取り入れる。仏教がポイントですよ。中国文化だったらなんでもOKではないのです。唐でいちばん重要な宗教は何だった？ 道前仏後、道教ですよ。中国の皇帝は、しばしば日本の遣唐使に対して、道教の教えを持ち帰れと命じていますが、遣唐使は「道教は結構です」と断っている。すなわち取捨選択をしているのです。なんでもかんでも中国文化ならOKではなく、日本なりに取捨選択をして取り入れているのです。そして律令制度。政治文化としての律令制度を導入する。

3つめは、交易面。朝貢貿易によって多額の利益を得られる。何回もいいましたね。お土産を持っていったら、2倍返し、3倍返しをしてもらえる。中国からしてみれば出血赤字の大サービス。でもそれが中国の豊かさをPRする絶好の機会であった。当時、民間の貿易はありません。中国の王朝と日本の王朝との朝廷どうしの、今風に言えば政府間の貿易しかありません。ですからこの朝貢貿易による利益を、当時の奈良や京都の朝廷が独占した。これが遣唐使の日本側にとっての大きな目的であった。

さらにつけるならば、じつは当時の日本の朝廷は、国内では「日本は小さな国だけれども、唐と同レベルの国なのだ」という言い方をしていました。でも、実際に遣唐使が長安に行くと、遣唐使は朝貢使として唐の皇帝に頭を下げています。頭を下げないと、朝貢貿易やってもらえないもの。ということは、国内向けと対外向けとで、遣唐使の貌が異なるということですね。いまふうにいうと、ダブル=スタンダード。遣唐使を、外向けと内向けとで、その意味合いを変えて利用している。これが当時の朝廷の外交戦略だったのです。えーと、時間が足りなくなったので、（授業を）延長することになると思います。

最初に戻ります。3枚目の半裁のプリントを見てください。大伴古麻呂が、朝賀の儀式で、日本の序列が新羅より低いのはおかしいと言い立てたという話をしました。【プリントの（1）の項目】A・Bとありますが。古麻呂の申し立てを認めて日本の序列を変えたと思う人は、Aに○を。今さら序列を変えるはずがない。古麻呂の異議を却下したと思う人はBに○をしてください。そして一言二言でいいから、理由も書いてください。理由が書けない人は、A・Bどちらかに○をするだけでもかまいません。【終業のチャイム】

作業の途中ですが、ちょっと手を挙げてください。Aに○をした人【十数人が挙手】。ではBに○の人。【十数人が挙手】どのクラスも、半分ずつですね。では、先を急ぎます。

結論から言うと、こういう事態になりました。【図21】『時に將軍吳懷実、古麿が背にせむ色を見知りて、古麻呂が納得しない様子を見て、中国側はどうしようもなくなったのです。「即ち 新羅使を引きて西畔第二 吐蕃の下に次ぎ、日本使を以て東畔第一 大食の上に次ぐ』という。【図22】西の第一位が吐蕃。これはかわりませんが、新羅が東の第一位から西の第二位にかわり、日本は、東の第一位になり、大食は東の第二位のまま。【図

23】つまり新羅と日本の序列がここで入れ替わったのですね。いいですか？入れ替わったのです。古麻呂の主張が認められたのです。これが大変なことだということ、みんな分かりますよね？朝賀の儀式における序列が、直前の異議申し立てで変わったのですよ！

さて、このことを唐の正史では、どのように記録しているのか考えてみてください。日本の正史『続日本紀』では、この事件が淡々と書いてあります…序列が上がったと。唐の正史では、どのように書いてあるのでしょうか？【生徒を指名】日本が申し立てたことは当然だとか、あるいはしぶしぶ認めたとか…。いろいろな考えがあるでしょうが…。

——生徒：(しばらく悩み、小声で)……(聞き取れなかった)

しかたなく、日本が要求したとおりに変えたと書いてある？

——生徒：(困惑して)日本が要求を受け入れたら、唐の方が日本より下になってしまいます。

うーん、それは困ったことですね。では、同じように、もう一つの当事国、新羅の正史には何と書いてあるのでしょうか？唐だけじゃないですよね。序列が日本と交代したのだから。新羅の正史には何と書いてあるのでしょうか…？【生徒を指名】

——生徒：新羅は、仕方がないので、替わってやった。

新羅は、しかたがないので、この場をおさめるために、替わってやったと書いてある。うん、いろいろな考え方があるでしょうね。いろいろな考え方があるで、結論から言いますと、唐の正史にも、新羅の正史にも、この記述はありません。つまり唐と新羅の正史には、この記述がない。なぜ記述がないのか？ということです。【生徒は、プリントの（2）の作業】なぜ、記述がないのか？【生徒を指名】なぜ。記述がないのでしょうか？

——生徒：(序列を)変えたということは本来ありえないことで、そういうことを記録に残すということは駄目なことだし、これは、この場をおさめるためにしたことなので記録に残さなかった。

なるほど！本来、あってはいけないことが起こってしまったので、そのようなこと、格好悪かったので記録に残せなかった。それもひとつの答えかもしれませんね。

結論を言うと、わからないのです。この事件に関しては、研究者の間でも意見が分かれているのです。『続日本紀』にしか記録がない。唐と新羅の正史には載っていない。これは古麻呂がでっちあげた事件である。実際にはなかった事件なのだ。こうに考える研究者が多数いるのです。言っていること分かりますね？つまり、日本にしてみれば、古麻呂が遣唐使としてこんなことをしてきたというと、朝廷にとって、ありがたい。日本はこんなに外交関係で頑張っていると、正史に記録という形で残すことができる。一方、唐と新羅では、そんな事件がもともとなかったのだから、正史に記録するはずがない。という意見。

あるいは、逆に先ほど言ってくれたように、本当は序列変更があったのだけども、そんなこと格好悪くて（唐の）正史に書けない。新羅にしてみれば、すごく悔しいことだから、（記録を残さない）書かなかった。ということもありうる。

もう一度、いいます。この事件に関しては、意見が分かれている。というわけで最後、かなり時間を延長して、申し訳ないのですが…。【プリントの（3）の項目】この事件の真偽について、本当にあったと思う人はAに○を、なかったと思う人はBに○をして、自分なりの理由を書いてください。一言二言でかまいません。どちらかを選んで、自分の意見を書いてください。プリント（4）の感想の部分も書いて、あとで提出してください。【図24】今日の授業は、これで終わります。【6分超過】

04・48・2年 世界史ノート・32 遣唐使～東アジアの中で考える～

史料 大伴古麻呂のエピソード・・・『続日本紀』巻十九

① 太廣天寶十二載・・・正月の朔發卯、

② 百官・諸蕃朝貢す。

③ 天王、遣葉富合元嚴に朝を受く。  
是の日、

④ 我を以て西畔第二 吐蕃の下に次ぎ、

新羅使を以て東畔第一 大食國の上に次ぐ。

⑤ 古應論 ひて日はく、「古より今に至るまで、

新羅の日本國に朝貢すること久しう。

而るに今、東畔の上に列し、

我反りてその下にあり。

之義、得べからず」といふ。

① : \_\_\_\_\_

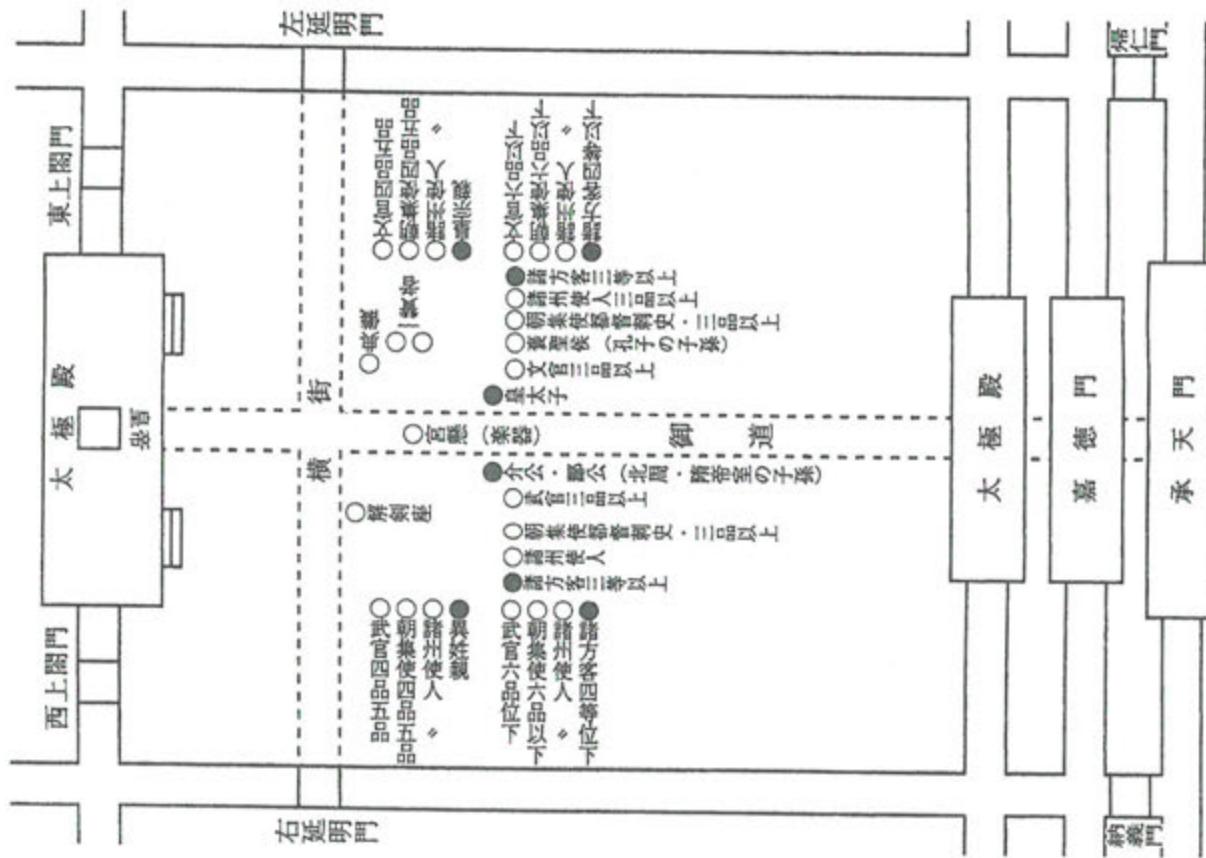
② : \_\_\_\_\_

③ : \_\_\_\_\_

④ : 西の第1位... \_\_\_\_\_ 第2位... \_\_\_\_\_

東の第1位... \_\_\_\_\_ 第2位... \_\_\_\_\_

⑤ : 古麻呂(古唐)の主張とその理由は何か？



## 遣唐使関連年表

630 年		645 年	-----
653 年	654 年	659 年	
665 年 (667 年)	669 年	663 年	-----
		690~705 年	-----
702 年			
717 年		710 年	
733 年			
<u>746 年</u>	752 年	759 年	755~763 年
	<u>761 年</u>	<u>762 年</u>	-----
777 年 (779 年)			↓
		794 年	
804 年			
838 年			
842~845 年			-----

\* 遣唐使とは、何だったのか

## ① 唐側の位置づけ

・「\_\_\_\_\_」から「\_\_\_\_\_」

## ② 日本側の目的

- ・外交面… \_\_\_\_\_
- ・文化面… \_\_\_\_\_
- ・交易面… \_\_\_\_\_

894 年

cf: 日本外交の \_\_\_\_\_

**遣唐使 授業ノート**　Ⅱ年 \_\_\_組 \_\_\_番 氏名 \_\_\_\_\_

(1) 唐側の措置に関するあなたの予測とその理由

A・B 理由 :

(2) “\_\_\_”に“\_\_\_”がないのは何故か？ あなたの考える理由

(3) この事件の\_\_\_について、あなたはどう考えるか？

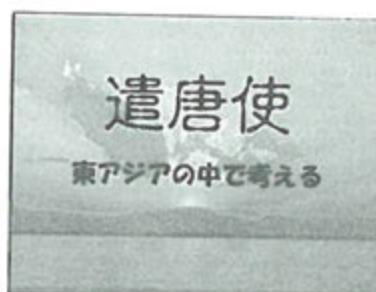
A・B 理由 :

(4) 今回の“遣唐使”的授業を受けての感想

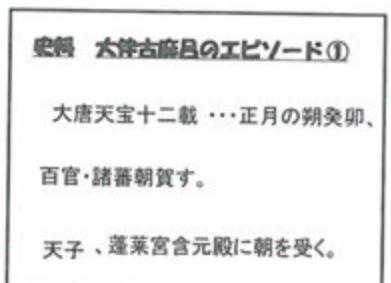
PPの画像は、次の文献の図像より一部加工して用いた

<文献1>　【図4】【図5】p.36　【図19】p.32-33　【図20】p.13

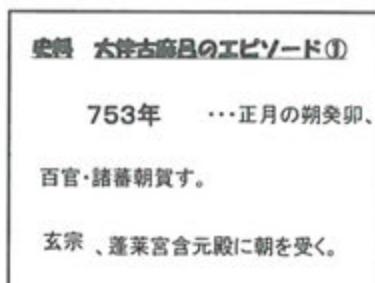
<文献2>　【図6】【図7】p.95　【図8】p.100　【図9】p.173　【図13】【図14】p.163　【図24】口絵



【図1】<図1-3/3>



【図2】<図2-1/3>



【図3】<図2-3/3>



【図4】<図3-1/5>



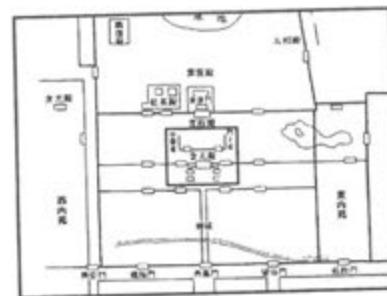
【図5】<図3-4/5>



【図6】<図4-2/3>



【図7】<図4-3/3>



【図8】<図6-2/2>

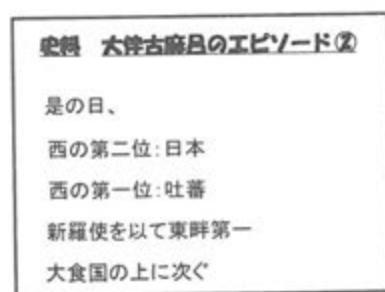


【図9】<図7-1/1>

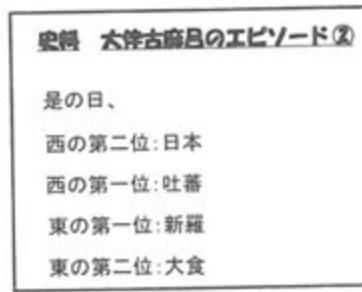
### 史料 大伴古麻呂のエピソード②

是の日、  
我を以て西畔第二  
吐蕃の下に次ぎ、  
新羅使を以て東畔第一  
大食国之上に次ぐ

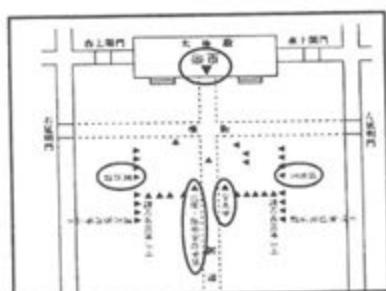
【図10】<図8-1/5>



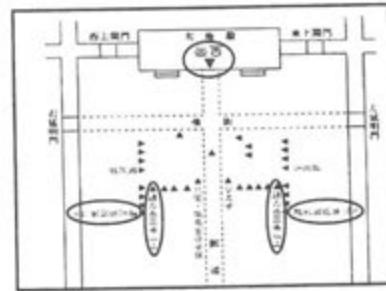
【図11】<図8-3/5>



【図12】<図8-5/5>



【図13】<図9-3/5>



【図14】<図9-4/5>

630年
653年 654年 659年 665年 (667年) 669年
702年 717年
723年 724年 752年 759年 761年 769年 777年 (779年)
804年
838年
854年

【図 15】<図 11-1 / 10>

630年
653年 654年 659年 665年 (667年) 669年
702年 717年
723年 746年 752年 759年 761年 769年 777年 (779年)
804年
838年
854年

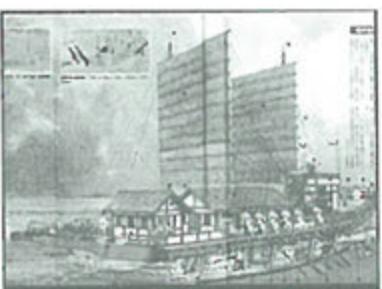
【図 16】<図 11-4 / 10>

630年
653年 654年 659年 665年 (667年) 669年
702年 717年
723年 746年 752年 759年 761年 769年 777年 (779年)
804年
838年
854年

【図 17】<図 11-6 / 10>

630年
653年 654年 659年 665年 (667年) 669年
702年 717年
723年 752年 759年 777年 (779年)
804年
838年

【図 18】<図 11-8 / 11>



【図 19】<図 12-1 / 1>



【図 20】<図 13-1 / 1>

<b>史録 大伴古麻呂のエピソード③</b>
時に將軍吳懷実、
古麿が肯にせむ色を見知りて、即ち
を引きて西畔第二
の下に次ぎ、
を以て東畔第一
の上に次ぐ。

【図 21】<図 15-1 / 9>

<b>史録 大伴古麻呂のエピソード③</b>
時に將軍吳懷実、
古麿が肯にせむ色を見知りて、即ち
新羅使 を引きて西畔第二 → 西の第二位:新羅
吐蕃 の下に次ぎ。 → 西の第一位:吐蕃
日本使 を以て東畔第一 → 東の第一位:日本
大食 の上に次ぐ。 → 東の第二位:大食

【図 22】<図 15-5 / 9>

<b>史録 大伴古麻呂のエピソード③</b>
時に將軍吳懷実、
古麿が肯にせむ色を見知りて、即ち
新羅使 を引きて西畔第二 → 西の第二位:新羅
吐蕃 の下に次ぎ。 → 西の第一位:吐蕃
日本使 を以て東畔第一 → 東の第一位:日本
大食 の上に次ぐ。 → 東の第二位:大食

【図 23】<図 15-9 / 9>



【図 24】<図 16-2 / 2>

### 3. 研究協議

授業後に、大阪府下の高校教員や支援スタッフなど十数名による研究協議を1時間ほど行なった。“授業の準備と構想”・“意見交換”・“参観者の評価”について記しておく。

#### (1) 授業の準備と構想

研究協議での筆者の発表に補足を(②に関しては大幅に)加えて文章化した。

##### ① デジタル教材について

職場で、自分専用のパソコンが貸与されたのは1年ほど前である。その後、ワープロソフトの使用やHPの検索などは“人並み”に行なっていたが、それ以外はほとんど“無知”であった。そこで今回のデジタル教材作成には、支援スタッフの辰巳敏之氏(NPO法人：マルチメディア=エデュケーション=フォーラム)の援助をあおいだ。辰巳氏とは、研究授業の10日前から数回にわたって、計10~12時間ほどの打ち合わせを行なった。

遣唐使をテーマとする授業では、(他のテーマなどは)多数の図像を生徒に提示できないと考えた。しかも地図や年表をたんに示すだけでは図説を見ると変わりばえしない。そこでPP画面の注目させたい箇所に、“囲み”やキャプションをつけることにした。

今回は、授業の構成上、文字資料の提示が多くなった。ところがPPの画面上では、プリントに転載する文字の通常の大きさ(10.5~12ポイント)だと小さすぎると指摘された。「教室後部の生徒は、小さくて見えにくい文字を、頑張って読んだりしません」という辰巳氏の言葉には説得力があった。そこで『続日本紀』の史料をPPでは32ポイント以上にした。このためプリントではB5版で十分におさまる量でも、PPでは3つの画面が必要となつた。なお、どうしても1画面で提示したかった年表に関しては20ポイントでPP画面を作成する一方で、プリントにも年表を載せることにした(朝賀の列式図も同様)。したがつて授業で配布するプリント枚数が普段よりも多くなつた。

「PPの画面が多いと、時間超過で困るぞ」という山田先生の忠告が実感できず、前日に行なつた模擬授業では大幅な時間超過になってしまった。そこでPP画面を3枚減らし、アニメーション設定もかなり省略した。にもかかわらず、研究授業は6分も超過してしまつた(直前までのクラスでは、1分超過だった)。

今回は、PPで動画や音声は使用しなかつた。テレビの歴史番組で放映された遣唐使の復元映像などを用いるのは気が進まなかつたからである。一方、音声に関しては、『続日本紀』を提示する際に朗読音声を入れたいと考えていたが、準備時間がなく断念した。ただし後で「動画・音声を使用した場合、しばしばトラブルに見舞われることがある」と辰巳氏から指摘され、使用しなかつたのは(結果として)賢明だったと考えている。

デジタル教材作成に際して利用した史料や絵図等は、参考文献の図を転写、もしくはそれを改変したものである。それらの著作権(知的所有権)に関しては、研究論文での一般的な引用表記と同じ扱いで大丈夫だと考えている<sup>註2</sup>。

##### ② “世界史のなかでの遣唐使”について

世界史の授業で(一般には、日本史の分野と思われがちな)遣唐使を扱うことに違和感を抱く教師は多いかもしれない。しかし筆者は、毎年“7~10世紀の東アジア”的单元で、

遣唐使には多少なりとも触れてきた。というのも「753年の朝賀での出来事」を必ず授業で言及するからである。そこで、今回の研究授業では、この出来事を核に、遣唐使の歴史と実態を概観するという欲張った構成を考えた。

遣唐使に関して、筆者は次の2点に留意した。

(a) 通時態としての遣唐使…『漢書地理志』以降の中国の正史に記されている日本（倭）の中華王朝への遣使は、時代によってその性格を変えている。すなわち、中国からの冊封を望んでいた6世紀の倭の五王の遣使までと、中国と（まがりなりにも）対等であることを主張しようとした7世紀以降の遣隋使・遣唐使とは区別する必要がある。

そして、そのような日本に対する中国側の対応を具体的に示す。

(b) 共時態としての遣唐使…日中交渉史の視点から、遣唐使の意義は大きく評価されてきた。しかし奈良時代に派遣した遣唐使が6回であるのに対し、遣新羅使は16回で、遣渤海使は9回である。そして唐からの返使は1回だが、新羅の日本使は22回、渤海の日本使は12回であった。すなわち8～9世紀の日本外交の主役とみなされてきた遣唐使を、東アジアの他の国々への遣使と比較し“相対化”する必要がある。

『続日本紀』（天平勝宝六年正月三十日条）の大伴古麻呂の帰朝報告を初めて読んだとき、筆者は、本当に序列の変更などありうるのだろうかと大きな疑問を抱いた。そして唐や新羅にはこの件に関する記録が残っていない（『続日本紀』がほとんど唯一の史料である）こと、毎年朝貢使を派遣してくる冊封国的新羅とは（日本よりもはるかに）緊密であったという唐の外交事情から、この「753年の朝賀での出来事」を虚構とみなす説が有力であることを知った。しかしその一方で、唐の各國の朝貢使への応対は柔軟であり、今回の古麻呂の異議に対しても便宜的な措置をとって急場をしのいだという解釈（＝通説）が十分に成り立つとも理解した（もちろんこの場合、唐側には“悪しき事例”として、新羅側には“不名誉な”出来事として記録には残されなかったということになる）。

筆者は、歴史教育におけるディベート授業の是非に関しては概して否定的である。にもかかわらず、この「753年の朝賀での出来事」は、ディベートの題材としても魅力的だと思っていた。そこで今回の研究授業では、事件の真偽をめぐる両論を紹介するだけにとどめず、もう少し“突っ込んだ”取り扱いをしてみたいと考えた。それは同時に、筆者の平常の授業スタイルを改めることにもつながるであろう。つまり、教師が何かしらの説明を続けて、最後にまとめを行なう「一斉講義 + 完結型」の授業スタイルを、生徒の活動（判断・意見発表など）を重視し、結論も生徒各自にゆだねる「演習作業 + 未完結型」に切り替えてみることである。

## （2）意見交換

意見交換では、“デジタル教材の作成時と使用時の課題”と“世界史教材としての遣唐使”が中心となつたが、研究授業の性格上、前者の比重が大きくなつた。実際の経過を尊重しつつも、筆者の責任において大きく再構成した（—は、意見や質問。Sは、筆者）。

— 普段の授業では、まったくパソコンなどは使わないのですか？

S：普通の（？）授業です。普通教室で、プリントを用いた授業です。生徒は、私がＩＴ機器を用いて授業をしたこと自体に驚いていると思います（笑）。

— 「遣唐使の後半で、海難事故が多かった理由は？」という質問に対する生徒の応答が、教師の期待する答えと微妙に異なっていた。それにもかかわらず、授業構成上、遣唐使の北路の地図を示して、強引に次の展開をしなければならなかつたことについては？

S：正直にいうと、発問は苦手です。予想外の応答が返ってきたときに、それを上手に扱って授業を展開していくのが、教師の力量なのでしょうが…。自分にとっての課題です。他のクラスでは「新羅と陥落になったから」という“望ましい”返答があったので、大丈夫かなと思ったのですが…そうそう巧くはいきませんよね。ただ“白村江の戦い”という言葉を出してくれたので、無理やりにでもつなげることはできました。

— “白村江の戦い”など日本史関連の事項は、高校の日本史で既に学習しているのか。

S：2年での日本史・世界史は必修2単位です。じつは、世界史で古代から授業をするのは、今年度が初めてです。これまで、ウィーン体制から現代史までとか、大航海時代からの近代史の部分とか扱ってきました。2年での日本史は、近現代史（ペリー来航以降）を扱っているので、日本史と並行して古代史を勉強しているわけではありません。ただし中学校での授業以来、はじめて日本の古代史が今日の授業で出てきたというのではありません。前回の授業「唐代の文化と7～10世紀の東アジア」で、百濟滅亡・白村江の戦い・高句麗滅亡・渤海の建国には（研究授業の伏線もかねて）言及しています。

— P Pを用いた授業は、普段の授業と比べて、生徒の歴史認識・理解は深まったと思われますか？ 準備が大変なのに、それに見合うだけの効果はあったのでしょうか？

S：初めてP Pを用いたばかりなので、どのように評価したらいいのか難しいのですが、図表や絵を見せるのには（全面的ではないが）有効だと思いました。ただし文字資料はそうではない。たとえば「大唐天宝十二載」が「753年」に、「天子」が「玄宗」に即座に変わる—これは便利です。しかしつも通り授業プリントを用いて、板書していた方が速かっただろうと思っています。スクリーンに画面を投影するため教壇の照明を消していたので、黒板には補足事項もほとんど書けず、喋るだけになってしまったし。

P Pを用いると、当初の構想で組み立てた授業しかできない。我々は、授業を、しばしばその場で臨機応変に進めていくわけですが、それが不可能になる（極言すれば、授業という“生もの”を扱うのに、それでは苦痛です）。今日の研究授業でも（言い訳でもありますが）、6分も時間オーバーしてしまいました。普段の授業なら、ある部分をカットして帳尻をあわせることができるけれども、P Pの場合は、いったん組み入れた画像を生徒に見せないわけにはいかない。画像の説明をせずに跳ばしていくと、「あれは何？」と生徒は思うでしょう（一同、笑）。そう思われるのは嫌です。P Pを使う場合、授業のスピードアップは可能だが、決められた授業構成を途中で変更できない。しかし山川出版や飛鳥の世界史パネルならば、生徒の様子を見ながらタイミングをはかつて示すことができますよね。まあ、この問題は授業構成がまだ完全に練れていないという自身の問題点と、I T機器のハード面での課題だと思います。

今後もこのような授業をするか？と尋ねられると…ときどき行なうのは、生徒も楽しいし、こちらもいろいろな刺激を受けるので良いのですが、日常的には…勘弁してほしい。この授業を生徒はどう思ったか…（まだ生徒の感想を読んでいないので分かりませんが）先ほども言ったように、私がI T機器を用いたことに驚いているでしょう。しかし、その部分を割り引くと…？

IT機器を用いると授業の中身が濃くなるというのは、どうなのでしょう？ ビジュアル面では生徒は刺激を受けたと思います。とくに朝賀の序列図などは、PPだからこそ強調できた部分があったと思っています。しかしそれが歴史的な思考につながるものなのか？と訊かれると…。まあテレビでいろいろな映像を見て、それは面白かったけれども、何か引っかかり・取掛かりをつくって物事を考えさせて、次に進むというのとは異なる気がします。まあ、こんな授業もある…というのが正直な感想です。

- そうですね。PPを見せるだけではダメですね。私も数年前にこういった授業をしたとき、「何を書けばいいのでしょうか？」面白かったけれども、何も残りませんでした」という生徒の感想があった。

今回は、「遣唐使 授業ノート」が用意されていたから、生徒が自分で判断して書くという活動があった。今回の研究授業の前に、すでに2つの実践が行なわれています。ある高校ではPPで示す一方で、实物（リアルな模型）を提示して、生徒に推測させた。すると生徒たちが授業に積極的に関われた。他の高校ではロールプレイングを行なった。そういう活動がなく、1時間PPを使うだけだと、生徒には何も残らないでしょうね。

- 私は、前回の研究授業を行ないましたが、もっとPPで見せる画面を絞り込んで少な  
くしなければならなかったと思っています。

— 民間企業の友人が、「PPは、人目をひくためのハッタリだ。検討は、紙の資料です。PPは、資料をじっくり読んでもらうための興味づけに使うだけだ」と言っていた。ですから毎回の授業に使わなくても、たまに大きなテーマの導入時に、効果的に使うだけ十分なのではないか。

- 生徒が下を向いてメモをしている間にPPの画面が替わっている（アニメーションが作動している）。残念、もったいない。効果音を入れて、気づかせるようにしたらどうか？

- 私は、授業が始まって15分くらいで効果音を入れたりする。眠気覚ましにね（笑）。

- 毎回の授業でパソコンを使えなくてもいいが、もっと簡単に使えると魅力的なのに。

— パソコンを、授業のつかみ（導入）や、まとめに使うのは効果的である。そうすると、デジタル教材として蓄積することができます。今日の授業みたいに、1時間分を最初から作ろうとしたら、疲れ果てて後が続かない（一同、笑）。けれども、その日に使う資料を3つだけと限定していったら、授業ノートをつくるように、パソコンのなかにストックが蓄積されていくと思います。3年かけると、ずいぶん貯まりますよ。

- 世界遺産などの画像を40人の生徒に見せるならば、○○先生の言われたように、パソコンに取り込んで、そして今回の授業のように、画像の注目させたい箇所にマークをしておくといいですね。

— 授業のボリュームがすごい。笹川先生が話される言葉を、一つひとつ説明しないと… 勤務校では3時間くらいかけないと無理です。いちばん最後に、生徒たちにプリントに意見を書かせていた史料批判の部分、生徒たちの意見をもっと聞きたかったです。

- 日本史で、大伴古麻呂の史料は知っていました。しかしそれが、デッチアゲかどうかを判断させるのは、世界史全体で捉えないとできない。日本史分野だけではできない。

— 画像は、画像ソフトをそのまま使用すれば、あるいはサムネイルを用いれば、順番を気にせず、臨機応変に提示できますよ。

- PP至上主義やPP症候群に陥らないように気をつけたいところですね。

### (3) 参観者の評価

研究授業を参観した教員に対して、共有化プロジェクトから、簡潔なアンケート調査が行なわれた（回収枚数は13枚）。回答結果を記しておく。

質問1：授業は「社会科」として適切だったと思いましたか

- |              |           |
|--------------|-----------|
| 1. 極めて適切（8人） | 2. 適切（5人） |
| 3. あまり適切ではない | 4. 全く不適切  |

質問2：教師の指導内容、方法は適切だと思いましたか

- |              |           |
|--------------|-----------|
| 1. 極めて適切（6人） | 2. 適切（7人） |
| 3. あまり適切ではない | 4. 全く不適切  |

質問3：生徒は意欲的に授業に参加していたと思いますか

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1. 非常に意欲的であった       | 2. 意欲的だった（12人） |
| 3. あまり意欲的ではなかった（1人） | 4. 全く意欲的ではなかった |

質問4：生徒は授業の内容を理解できたと思いますか

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. 良く理解できたと思う（5人） | 2. 概ね理解できたと思う（8人） |
| 3. あまり理解できなかったと思う | 4. 全く理解できなかったと思う  |

質問5：教材は、新たに作成された希少性（他では入手が困難）の高いものだと思いますか

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. 希少性が極めて高い（1人） | 2. 希少性がある（10人） |
| 3. 希少性はあまりない（2人） | 4. 希少性は全くない    |

質問6：教材は他の教師にも使えるような利用度の高いものだと思いますか

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1. 十分利用可能で利用度が高い（4人）     | 2. 若干の工夫が必要だが利用できる（8人） |
| 3. ごく一部は可能だが利用度は高くない（1人） | 4. 全く使えない              |

質問7：あなたは、今後このような教材を利用して授業を行いたいと思いますか

- |                  |             |
|------------------|-------------|
| 1. ゼひ行いたい（3人）    | 2. 行いたい（9人） |
| 3. あまり行いたいとは思わない | 4. 行いたくない   |

（無回答：1人）

質問8：授業をご覧になって感じられたことを記入してください

・・・省略

## 4. 生徒の反応

### (1) 「遣唐使 授業ノート」より

授業で使用した「遣唐使 授業ノート」から、生徒たち（4クラス分・計137人）の、753年の事件をめぐる各自の判断と授業後の感想を簡単に見ておきたい。

#### ① 753年の事件をめぐって

##### 項目（1）：序列変更に対する唐側の措置

57人の生徒が「変更を認める」と予想し、80人が「変更を認めない」と予測した。筆者は授業中に「どのクラスも半分ずつですね」とコメントしたが、全体の割合は、4:6であった。時間不足のため、1割弱の生徒が理由を書いていなかったのは残念だった。

「認める」と予測した生徒の判断理由の大半は、「そこで争いが起きるのはいやだから、

その場だけ認めた」もしくは「唐にとって日本は“絶域”からくる貴重な国だから」の2つにまとめることができた。他には「日本に恩を売っておこうとした」「日本は“不臣”であったので言うことをきかすのはむずかしいと考えたので」など。

一方「認めない」と予測した生徒の判断理由は、「新羅との友好関係のほうが重視されるのでは？ 国も接しているし」「日本の要求を受け入れると、唐が日本の下になってしまふので」「日本が言うことを認めると、他の国まで同じことを言い出す」の3種類が多かった。

#### 項目（2）：正史に記述がないのはなぜか

ほとんどの生徒が「どちらの国にとっても不愉快な出来事だから省いたのでは」という主旨で書いていた。筆者は、このような記述が大半を占めることを予測していた。しかし少数ではあるが、「『日本書紀』に偽の記述が多いことからも、なかつたことだからだと思う」と、筆者が紹介する前に、この事件を虚構とみなす生徒もいたようである（残念ながら、虚構説を開いてから、（2）の項目に書き足している生徒が多いので、その実数は確認できない）。

#### 項目（3）：この事件の真偽について

「事実だった」と判断した生徒は27人で、「虚構だった」と考えた生徒は110人だった。筆者は、虚構説を支持する生徒が比較的多くなるとは推測していたが、これほどの大差になるとは思っていなかった。授業の流れ（授業構成）との関連で、虚構説に賛成しやすくなっていたのだろうか。

虚構説を支持した生徒の意見は、だいたい次の2つの型にまとめられた。「4番目の国が、もっと上位の国にしてくれと求めて、それが受け入れられ、1番目の国になるなど、まずありえないと思うから。日本がかっこいいところをみせようとして作ったお話だと思う。正史は都合がいいように書くものだと習ったし…」「大伴古麻呂が自分の遣唐使としての仕事を過大に評価されるために捏造したと思う」。

753年の出来事を事実だと考える通説の根拠は、『続日本紀』（天平勝宝六年正月三十日条）に記載されている古麻呂の帰朝報告を、どのようなレベルで信頼するかという点と相關している。「いくらなんでもなかつたことは書かないだろう。そこに誇張や虚偽の証言があったとしても」という説明はあまりにも“純情”で、資料批判以前であろう。なかには「日本が唐を動かしたと信じたい」「日本人として日本の歴史を信じたいという気持ちもあるし、大伴古麻呂がこんな大胆なことができるような人ではないとおもうから」といった感情論も散見された。

「唐と新羅にとって不名誉なことなので正史に書いていなくても別に不思議じゃないので」という説明は、地味で面白みはないかもしれないが、きわめて真っ当な説明である。「玄宗は日本に対して良い扱いをしていて、友好を守るためにしかたなく聞き入れた。新羅も玄宗の言うことには逆らえないのでしぶしぶ受け入れた」と、唐と新羅の冊封関係をふまえた解釈もあった。さらに通説を支持した生徒のなかで、筆者の想定を超えた出色的の意見があった—「この真偽を考えるのに正史はあてにならない。それだけ大きな祝賀で日本がいったことは、誰かの日記などに書いていたりしないのだろうか。それががないのなら大伴古麻呂は嘘だと思う」。教師から与えられた状況判断の枠組みに安住せず、それを拡張している。見事だと思う。

## ② 授業の感想

授業でPPを使用したこともあり、生徒の感想は、学習内容から授業形態にまで多岐にわたっていた。最初に内容に関する感想を、ついで形態に関する感想を紹介する。

- ・正史のあいまいさを実感しました。日本は、嘘の歴史を書き残さなくてもよい歴史を作り上げてほしいなと思いました。
- ・“正史”や歴史の真偽について考えると、自分は一体何を信じていいのか分からなくなる。自身によいようにしか記録しない人間はやはり自己中心的な生物だと思う。
- ・いつもの世界史の授業と違って、これはこれでおもしろかった。遣唐使なんて日本史やのにと思っていたけど、こんなふうに世界のこととしても見れるんだなあと思うとちょっと感動しました。遣唐使もたいへんですね。
- ・日本が“序列为おかしいから変更しろ”なんて要求を唐にして、しかもそれが認められたのか!! と意外に思いましたが(ちょっと信じられなかった)、でっちあげという考え方もあると知って、きっとそうだと思いました。ミステリーの意外な結末って感じです。
- ・遣隋使でも思ったけれど、日本側からの視点と中国側からの視点は違うなあと思う。
- ・親戚やら外国人やらの莫大な数の人々が序列为によってきちんと並んでいるのを、太極殿から見渡す皇帝の気持ちっていかほどのものなのだろう、とだいぶ想像した。
- ・「あまり答えがない(引用者註:結論を言うと、わからないのです)」ということで、パッとしないところが多く、少しこころのこりだ。
- ・年表を見ていても遣唐使が送られた回数は多いように感じるのに、毎年送る国は大変ですね…。でも何より唐の太っ腹が凄いです。PRのためといつても、ぎりぎりに来てくわなんて要求を出していくは、ちょっと格が下がる気もしますが。
- ・遣唐使の人が大食の人を見た時、どう思ったのだろうかと思うと結構面白い。
- ・唐にとっても、日本の遣唐使は、他国へのアピールに都合の良い存在だったんだということを知って少しおどろきました。
  
- ・一味違った授業だった。たまには、こんな予想をふまえた考える授業も、新鮮で面白いと思う。たまにしてくれるとうれしい。
- ・パワーポイントを活用していたので現代的でよいと思った。しかし生徒は、画面を見ているだけなので、退屈に感じる者もいたのではないか。
- ・授業のスピードが速かった(早口)から、考える時間よりも、覚える時間がすごく長く、本当に頭に入ったかどうか自信がない。
- ・PPのほうが分かりやすいです。図とかきれいなので、みやすかったです。でも作るのは大変そうですよね。
- ・前に大きいスクリーンがあって分かりやすかったです。
- ・何で、今日、パソコンを使っての授業だったのかは分からないが、正直、いつもの教室での充分じゃないのかなあという気がしました。
- ・いつもの授業の方が分かりやすい気がしました。席が前方の方だとそうでもないのかも知れませんが、一番後ろなので、プロジェクターのやつとかが見えにくかったです。
- ・いつもとプリントの形式が違うし、何枚も併用したのでわかりにくかったです。

## (2) アンケートより

研究授業を受けた生徒の一部（2クラス分）に対して、共有化プロジェクトから、簡潔なアンケート調査が行なわれた（回収枚数は77枚）。回答結果を記しておく。

質問1：今回の授業はあなたにとって役に立ちましたか

1. とても役に立った（11人）
2. 役に立った（57人）
3. あまり役に立たなかった（7人）
4. ぜんぜん役に立たなかった（2人）

質問2：普段の授業と比較し、わかりやすかったですか

1. とてもわかりやすかった（20人）
2. わかりやすかった（42人）
3. 少しわかりにくかった（14人）
4. とてもわかりにくかった（1人）

質問3：授業に集中して取り組むことができましたか

1. 最後まで集中して取り組めた（51人）
2. 途中で少しだれたが最後まで取り組めた（21人）
3. 途中から集中して取り組めなくなった（5人）
4. はじめからぜんぜん集中して取り組めなかった

質問4：授業の内容は理解できましたか

1. とても良く理解できた（35人）
2. 大体理解できた（37人）
3. あまり理解できなかった（5人）
4. ぜんぜん理解できなかった

質問5：講師が用意した教材（説明用資料）は、わかりやすいものでしたか

1. とてもわかりやすい（26人）
2. わかりやすい（37人）
3. すこしわかりにくい（13人）
4. わかりにくい（1人）

質問6：実習や実演は、わかりやすいものでしたか

1. とてもわかりやすい（10人）
2. わかりやすい（12人）
3. すこしわかりにくい（3人）
4. わかりにくい

\*：この質問には、「実習や実演があった場合のみ記入してください」というただし書きがあったので回答者数が大きく減っている。

質問7：今回の授業テーマに興味を持ちましたか（無回答：1人）

1. 強い興味を持った（4人）
2. 興味を持った（60人）
3. あまり興味を持てなかった（11人）
4. ぜんぜん興味を持てなかった（1人）

質問8：今回のような授業をもう一度受けたいと思いますか（無回答：1人）

1. 是非受けたい（15人）
2. 受けたい（50人）
3. あまり受けたくない（10人）
4. ゼッタイに受けたくない（1人）

質問9：今回授業を受けて、普段の授業と違うことがありましたら記入してください

・・・省略

## 5. おわりに

研究協議後、ある先生が「（近年、増えてきている）65分授業なら、最後の部分で、生徒たちに議論をさせることができて、さらに良かったのに…」と言われた。

時間超過の最大の原因是、授業構成を“遣唐使の歴史と実態”と“753年の事件”的二本立てにしたことにある。しかしそれにもかかわらず、筆者は、“遣唐使の歴史と実態”に

関しては、“遣唐使への共時態の視点”が組み込めなかつたという憾みがあつた。そこで後日、次の3点を中心に15分ほどの補足説明を行なつた。

- ① 派遣された外交使節団には遣新羅使や遣渤海使もあり、その回数は、遣唐使よりもはるかに多かつた。新羅や渤海を通じての海外情報も日本の朝廷には重要であつた。
- ② 唐の冊封を受けなかつた日本は、“小中華”として振舞つた。そして日本との国交維持をはかった新羅・渤海は、名目上は日本に朝貢する形式をとらざるを得なかつた。
- ③ 唐の律令や貨幣・曆法を受け入れた「冊封国」の新羅と異なり、日本は大宝律令制定・和同開珎鑄造・大化にはじまる元号制定など、独自の律令国家建設をめざした。

結局、筆者の“思い”をそのまま形にすれば、“遣唐使の歴史と実態”が1時間目、“753年の事件”が2時間目という授業になるだろう。機会があれば、いつか試みたい。

最後になるが、今回の研究授業の機会を与えていただいた山田先生を初めとする共有化プロジェクトのスタッフの皆さんからは、さまざまな支援をいただいた。研究協議の際、IT機器（PPなど）を使用した授業に対して、筆者は慎重な発言をしたが、生徒の反応は予想した以上に好意的であった。この点をふまえて、今後の授業を考えていきたい。

研究協議に参会された先生方からは、多くの建設的なご意見をいただいた。とくに「教材は他の教師にも使える」という評価は、筆者には大きな喜びである。また附属天王寺中高社会科の日本史担当の先生方からも、有意義なアドバイスをいただいた。ぜひ今後に生かしたい。多忙をぬって授業を参観された本校の国語科や英語科の先生方からは、他教科ならではの視点からコメントをいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。

註1 石井進他著『詳説日本史』（2004年・山川出版社）p. 38

註2 著作権問題に関しては、その後、あらためて必要な手続きを行なつてある。

#### おもな参考文献

- 青木和夫他校注『続日本紀 三』新日本古典文学大系14（1992年・岩波書店）  
王金林『奈良文化と唐文化』東アジアのなかの日本歴史2（1988年・六興出版）  
王勇『唐から見た遣唐使』（1998年・講談社選書メチエ）  
加藤友康他編著『歴史学事典 第7巻 戦争と外交』（1999年・弘文堂）  
磯波護他『隋唐帝国と古代朝鮮』世界の歴史6（1997年・中央公論社）  
東野治之『遣唐使船』〈週刊朝日百科・日本の歴史 別冊 歴史を読みなおす〉4（1994年1月20日・朝日新聞社）・・・〈文献1〉  
東野治之『遣唐使船 東アジアのなかで』（1999年・朝日選書）  
古瀬奈津子『遣唐使の見た中国』（2003年・吉川弘文館）・・・〈文献2〉  
吉田孝『飛鳥・奈良時代』日本の歴史2（1999年・岩波ジュニア新書）

#### summary:

This article reports on how World History was taught to Senior High School students with IT-tools. I taught the issue of “Japanese Envoys to Tang dynasty”. This theme is, however, usually taught in Japanese History. So a lot of students have become interested in “Japanese Envoys” from the viewpoint of Eastern Asia.



# 「結び目の数学」の教育について

岩瀬謙一・芝本裕司  
瀬尾祐貴・本間俊宏<sup>※1</sup>

## A Study on Teaching Mathematical Knots

IWASE Ken-ichi · SHIBAMOTO Hiroji  
SEO Yuki · HOMMA Toshihiro

抄録：近年、脚光を浴びている数学の中にKNOT理論と呼ばれる「結び目」を対象とした研究がある。注目されている理由の1つは、単純であるが今までの数学をもってしても解決できていない内容が多いということ、もう1つは、この「結び目」の研究が他の数学や遺伝子学など数学以外の多くの分野と結びついているということである。子供にとってどのように科学する心を育成するのかということを考えたときに、我々は、この「結び目の数学」に着目した。各発達段階に応じて完結した教育内容をもち、実験や手作業を通して試行錯誤することによって、数学的な性質や構造を推論し、それが正しいことを確認し理解する経験をすることができる教材として、この「結び目の数学」は、十分にその可能性をもったものになりえると考える。我々は、このような動機で中学3年生に対する「結び目の数学」の教材化を研究・実践した。本稿は、その研究・実践報告である。

キーワード：数学教育 結び目の数学 不变量 空間認識 授業実践

### 1. はじめに

教育課程が改定されるたびに学習指導要領での数学の時間数が減少し、指導内容も多くの分野で削減、先送りされた。その一方では、学力の低下や理数離れが叫ばれ、また基本的な計算力の不足が危惧されている。しかし、それに伴う教育内容の抜本的な改革はあまり見受けられない。

その中で、大阪教育大学名誉教授の岡森博和先生は、「数学教育の進化を考える」の講演で、21世紀に向けての数学教育の研究の課題について次のように提言された。諸科学の知見（ここでは、新しい数学）をふまえて、算数・数学教育をどう進化させていくのか、子供の科学する心をどう育成するのかについて、次の事柄の重要性を指摘された。子供の認識をもとに教育内容をつくり、また内容の削除も検討すること。すじ道をたてて考える力と数学的感性を養成すること。数学、教具、作業、計算機などで、現実の生活や文化に

<sup>※1</sup> 神戸親和女子大学 教授

根ざした、価値実現活動と創造性を養成すること。教師が数学的素養をたかめ、授業の仕方を工夫し、子供たちが算数・数学を好きになるように検討すること。これらのことと21世紀の数学教育のキーワードとして、情報社会における科学的思考の根本になる数学を大切にし、さらに、新しい数学の概念をふまえて、身の回りのことを解決する喜びを子どもに味わわせる必要があること。そして、思考力のある子、実行力のある子を育てるために、私たちが今何を考え、何を検討すべきか、ということと次の観点も指摘されている。従来の数学の学習は（1）定理（定式化）→（2）アルゴリズム（理解する）で終わっていた。テクノロジーを利用すると、（3）実験→（4）推論→（1）→（2）→（3）→…を繰り返すことになる。そして新しい理論を生み出すことにつながる。その具体例として、「結び目の数学」を上げられている。

「結び目の数学」とは何か。後で詳しく紹介をするが、簡単に説明すると、結び目とは円周と同相な图形であり、その研究は、円周が3次元空間内にどのように入っているかを調べることである。数学者は一世紀を優に越える長い年月をかけてこの研究に取り組んできたが、最近飛躍的に進展した。大阪市立大学の河内明夫教授を中心として COE21世紀プログラム（結び目を焦点とする広角度の数学拠点の形成）にも採択されており、近年活発に研究されている最新の数学の一分野である。

これからの数学教育の内容として、各発達段階に応じて完結した教育内容をもち、実験や手作業を通して試行錯誤することによって、数学的な性質や構造を推論し、それが正しいことを確認し理解する経験をすることが必要であると考える。そのための教材として、この「結び目の数学」がよいのではないかと考えたのである。本稿では、数学教育への1つの提案として、その教育的意義を考察し、「結び目の数学」の教材化と授業実践について述べる。

## 2. 「結び目の数学」の教育的意義

空間における图形を扱う機会が中学から高校にかけて減少し、思ってもみないような誤答・誤解にふれる機会がふえ、空間における認識力が低下しつつあると実感する。平成14年から中学において、新学習指導要領が実施されている。旧カリキュラム、現行カリキュラム、そして新カリキュラムと学習指導要領が変化していくたびに、空間图形の取り扱いはますます十分とはいえないものになっている。空間图形に関する多くの項目が中学校の指導内容からなくなった。中学3年で指導される三平方の定理の応用さえ、ほとんど空間图形の話題が出てこない。しかしながら、生徒たちの空間認識力というものは、今後高度に情報化された社会において特に必須の感覚と考えられる。残念ながら、その力は今急激に衰えていると言わなければならない。本校の研究により過去10年で、生徒の空間图形の捉え方が、かなり弱くなっていると言うことの実践報告もある。([6], [7], [8], [9]) 旧来の空間图形教育に加えて、さらに新たな視点での再教育の場が必要とされているのではないだろうか。

このような状況をふまえて、次のような大きく2つの教育的意義が考えられる。

まず第一に、結び目の数学、または結び目理論は、対象が、結び目という具体的なものである。ロープを使った結び目や絡み目、これは例えば知恵の輪など、身近なものを扱う数学であり、具体的である。そして、そこに豊富な数学の内容を内在している。その扱い

は空間的なものに必然的にならざるを得ない。従って、そこでの観察は、空間的な感覚が養われることになると考えられる。従来の空間図形教育の方向だけでなく、結び目を題材に今までとは異なった方向から生徒の空間図形の捉え方を高めることができるのでないかと考えられる。

第二に、不变量を扱うということである。小中高校の段階で、数学的な一つの対象と別のある対象を比較し、本質的に同じか違うかということは、あまり考えてこなかった。一つの対象に実数、有理数、整数または、多項式を対応させて、その値や式の違いで二つのものの区別をつける不变量という考え方である。結び目の数学は、身近なものを題材にその不变量を感じさせることができる。

その他、高等な数学の知識を使わなくとも、初等的なレベルで説明がつくこと。他の多くの数学の分野と関連していること。生命科学、天文学、高分子化学などの分野への、応用できる可能性が見えてきたこと。簡単に説明することができる未解決問題がたくさんあること。数学を研究することの感覚を味わうことできること。などの観点でも教育的な意義を模索することができると考えられる。

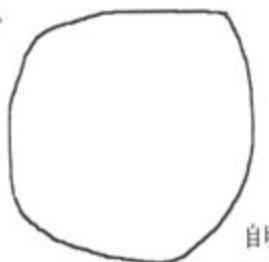
つまり、この「結び目の数学」は、「コンパクトな数学」の格好の教材を与えていているのではないかと筆者らは考える。本稿は、そのことの一つの検証である。

### 3. 「結び目の数学」の基礎

まず、「結び目の数学」から、今回の教材化の背景となっている「結び目の数学」の基礎、3 彩色可能性について、その概要を述べる。

#### ① 結び目の数学とは

まず、『結び目の数学』とは、何かということについて簡単に説明する。1本のロープを用意し、それを適当に絡めてその両端を結ぶ。そのときその結び目は、場合によっては、うまくほどけてひとつの輪になることがある。ひとつの輪になったものを、ここでは、自明な結び目と言うことにする。



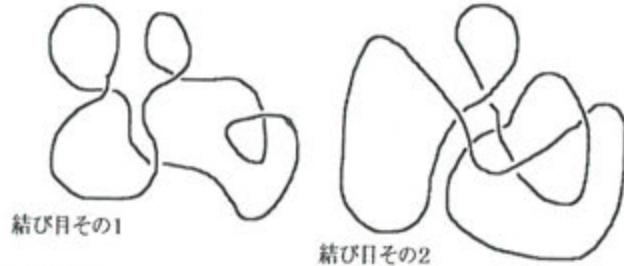
しかし、どうしてもうまくほどけて自明な結び目にならない場合もある。何十回、何百回とやってみてほどけないからといって、ほどけないと結論はつけられない。例えば、知恵の輪などは、どうやってもはずせないからと言ってはずせない知恵の輪とはいえない。100人が挑戦してはずせなかつたからといって、はずせないと結論付けることはできない。101人が鮮やかな手順で知恵の輪をはずしてしまうかもしれないからである。そこで、「絡まった結び目が、うまくはずれて自明な結び目になるのか、それとも、どうしても自明な結び目にならないのか。」ということや、「自明な結び目にならないとし

たら、異なる結び目はどのくらいあるのか。」ということなどが重要な問題になる。

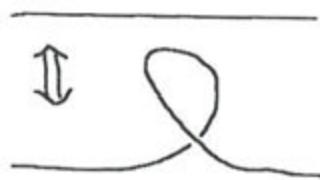
実は、最近の様々な研究の成果として、結び目が科学の様々な分野と関わりがあることが分かってきた。例えば、遺伝子研究との関わりである。DNA が二重螺旋構造をもつことはよく知られているが、現実にはそれらは絡んだ状態にあることがわかつてきたのだ。異常な遺伝子が見つかったとき、これまでには構造的には正常な遺伝子と同じものだと考えられていた。ところが、これを結び目と考えると、正常な遺伝子と異常な遺伝子では、異なる結び目になっていることが分かってきたのである。しかし、どうしてその 2 つの結び目が異なるものだとわかるのであろう。知恵の輪の例のようにいくら試行錯誤してできなかつたと言っても、だから違うものだと結論付けるわけにはいかないであろう。ほんの少しの工夫で同じものだと示せるかもしれないからである。異なるということをどう説明すればいいのであろうか。そのことが、最近、この結び目の数学の研究によって分かってきた。その他、理論物理学（量子統計力学、ひも理論）、環状DNA の遺伝子合成などの生化学、ポリマーネットワーク、認識科学、量子計算システム、天文学、複雑系の科学、心理学などの様々な分野のおいても、2 つの結び目がほどけて自明な結び目になるのか、あるいは 2 つの結び目が異なる結び目になっているのか、などのことが問題の本質になっていることがわかつてきたのである。

## ② 結び目の表し方

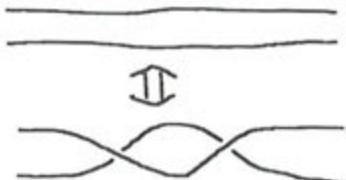
結び目は、3 次元空間の中にあるのであるが、これを考察するには平面上に結び目を表す必要がある。



上のような図（射影図という）を使えば、空間上の結び目をうまく表すことができる。切れている線は、つながっている線が上を通っていることを表している。上の二つの結び目の例については、『うまく』変形すると、どちらも同じ結び目になることがわかる。その『うまく』変形することをきちんと定式化する必要があるが、実は少し考えると次の 3 つの移動で説明できることがわかる。そのことに最初に気づいたのがドイツの数学者ライデマイスターであった。それで、その移動のことをライデマイスター移動と言う。

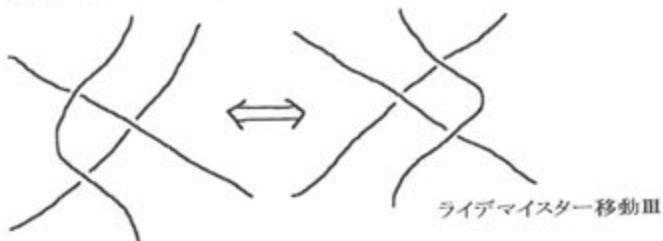


ライデマイスター移動 I



ライデマイスター移動 II

ライデマイスター移動Ⅰとは、結び目にひねりを入れたり、はずしたりする操作である。ライデマイスター移動Ⅱとは、結び目に2交点を加えたり除いたりする操作である。下のライデマイスター移動Ⅲとは、結び目的一部分をある交点の一方からもう一方にすべらせる操作である。これらの移動によって、射影図は変わるが、その射影図の表す結び目は変わらない。実は、ライデマイスターは、同じ結び目の異なる2つの射影図があったときに、何回かのライデマイスター移動で、一方の射影図からもう一方の射影図が得られることを証明した。例えば、上の結び目その1を、ライデマイスター移動を意識することにより、自明な結び目に変形できることを確かめてみてほしい。



ライデマイスターの証明は特に難しいわけではないが、130ページを超える技術的に複雑なものである。文献によっては、この事実を公理として考え、

2つの結び目が同じ

$\Leftrightarrow$

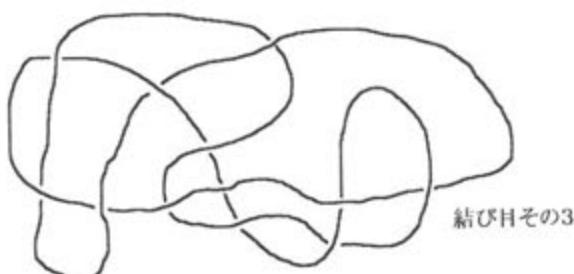
ひもと思ってあや取りの要領で同じ形に変形できる

$\Leftrightarrow$

ライデマイスター移動ⅠⅡⅢにより同じ形に変形できる

という同値なものを定義として採用しているものもある。

このように、ライデマイスター移動は結び目の2つの射影図が同じ結び目を表していることを示す道具の役割を果たしているのである。しかし、2つの射影図が異なる結び目であることを示すにはライデマイスター移動だけではわかりにくい。何十回、何百回とライデマイスター移動を行って一致しないからといって、本当に異なる結び目といえるかどうかわからない。もしかしたら、うまい手順によって同じ射影図になるかもしれない。勿論、どうしてもならないかもしれない。



例えば、上の結び目その3について見てみたい。ライデマイスター移動で、自明な結び目にできるであろうか。見た感じでは、できそうにない。そして、何回もライデマイスター移動をしても自明な結び目にならなかつたとする。このとき、この結び目は自明な結び

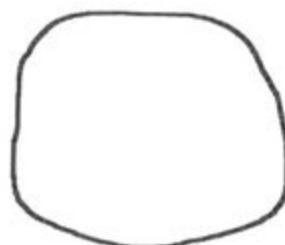
目でないと本当に言ってよいだろうか。そして、そのことは、いつの段階で結論を出したらしいのだろうか。ライデマイスター移動は、2つの結び目が同じであることを示すことはできるが、違うことを示すことは、これだけでは難しいようである。(この例は、ライデマイスター移動で自明な結び目にできる。) つまり、2つの射影図が同じか違うかを示すためには、ライデマイスター移動で変形可能かどうかを示す以外の別の方法が必要になることがわかるであろう。

### ③ 結び目の数学的目的

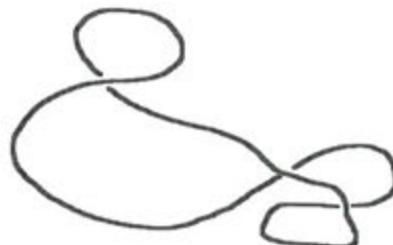
2節の準備の下で、『結び目の数学』の目的は、2つの結び目が同じものかどうかということを調べることであると述べたが、中でも「自明な結び目と異なるものがあるか。」「どうすれば異なるものを区別することができるか。」という2つの問題が特に重要であると考える。つまり、「2つの与えられた結び目が同じかどうかを判定すること」である。そして、それらを判定するためには、ライデマイスター移動で変わらない数量や多項式を見つけて、それらを比較し判定するということである。このような数量や多項式を結び目の不変量という。従って、結び目理論の主要課題は、結び目の不変量を開発・研究することであるともいえる。ここでは、不変量として、授業でも扱っている3彩色可能性を紹介する。

### ④ 3彩色可能性について

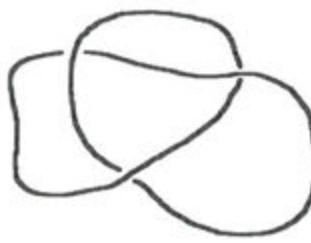
結び目の射影図は、何本かの曲線からなっている。これを「道」と言う。もう少し、詳しく言うと、「道」とは、ある交点からある交点までの結び目の一部分で、その両端の交点では下を通るが途中では上しか通らない線分のことをいう。例えば、自明な結び目その4において、道は、3本ある。ここでは、「道」に色を塗るある種の方法について考えてみたい。



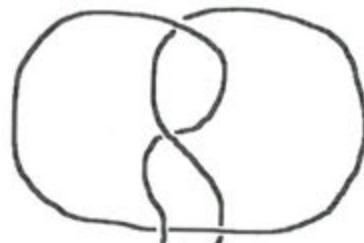
自明な結び目



自明な結び目その4



三葉結び目



八の字結び目

上の4つの射影図に色を塗ってみたい。どのように塗り分けられるであろうか。実際にやってみると、交点での色の数が、3色と2色と1色に分かれることに気づく。左下の三葉結び目は、全ての交点で色の数を3色にすることができるが、右上の自明な結び目その4や右下の八の字結び目では、2色以上色を使うとすると、交点での色の塗り分けをすべて3色にすることはできない。そこで、色の塗り方について、次のような可能性の有無によって結び目を分類する方法が考えられる。

### 方法

- 結び目のある射影図の各「道」に、3色の色を塗るとき、
- (a) 全体で少なくとも2色が使われている。
  - (b) 2色以上が現われる交点では、3色がすべて現われる。
- この(a)、(b)の条件を満たすようにする。

### 定義1

上の方法で色を塗ることができるとき、その結び目は3彩色可能であるという。

この3彩色可能性が結び目の不变量であることを言うためには、この性質の可否がライデマイスター移動で変わらないことを言わなければならない。そのことを簡単に確認しておきたい。

ライデマイスター移動Ⅰを行って新しい交点ができた場合について考える。このとき関係する道は同じ色のままなので、新しい交点には1色だけが現れて、結び目全体の3彩色可能性の可否を変えない。次に、ライデマイスター移動Ⅱを行って新しく2つ交点ができた場合について考える。もとの2本の道が異なる色のときは新しい道には第3の色を塗ることにすれば、そこに新たにできる交点には3色が現れることと、残りの道については何の色の変化もないことにより、やはりもとの射影図の3彩色可能性の可否をえるものではない。また、もとの2本の道が同じ色のときは、新しい道も元の色のままにしておくと、新しい交点には同じ1色だけが現れることになり、その可否を変えない。同様に、ライデマイスター移動Ⅲも、3彩色可能性の可否を変えないことがわかる。

このように、3彩色可能性が結び目の不变量であることから、次の2つの定理を示すことができる。

### 定理2

2つの同じ結び目の方方が3彩色可能ならば、他方も3彩色可能である。

### 定理3

2つの結び目の方方が3彩色可能で、他方が3彩色可能でないならば、それらは同じ結び目ではない。

(証明) 定理2の対偶をとればよい。□

さらに、この2つの定理より、次の重要な結果がえられる。

#### 定理4

自明な結び目と同じでない結び目が存在する。

(証明) 自明な結び目は、3色で塗れず、1色でしか塗れない。従って、3彩色可能ではない。一方、三葉結び目は、条件を満たすようにきちんと3色で塗り分けることができる。よって、三葉結び目は、3彩色可能である。故に、定理3より三葉結び目は、自明な結び目と同じではない。□

普通に考へても、三葉結び目がほどけるわけがないことは、当たり前のことのように思えるが(実際にひもで作れば、実感できる)、数学的にも、これできちんと証明できたことになる。しかし、上の八の字結び目は、3彩色可能ではないが、自明な結び目になりそうもない。3彩色可能性は初めての不变量としては、中学生にも理解できるであろう良い不变量と考えられるが、八の字結び目と自明な結び目を区別する判定に対しては有効ではない。そこで、これを区別するための新しい不变量の開発が必要になる。しかし、更に詳しい解説は参考文献[1]、[2]、[4]、[5]に委ねたいと思う。

#### 4. 実際の授業の流れ(3限目の指導案を含む)とその考察

これらの結び目の理論の知識をもとにして授業実践をおこなった。特に、自明な結び目と自明でない結び目を区別する方法として、「3彩色可能性」という不变量が中学生にもわかりやすいのではないかと考え、これを教材化し実践することを試みた。以下に、実際の授業の流れとそれに対する生徒達の様子や我々としての反省や感想など(○印で示す)を述べることにする。

##### (第1時限目) 「結び目を作ろう」

導入 生徒3人に色々なつなぎ方で手をつながせてみて、輪になることができるかどうかやってみさせた。



この様子を、紙の上に線で表すことにする。上で見たとおりこれらの結び目はいつでもほどくことはできそうにない。今日は、これらの線が表す結び目をほどくことができるかどうかについて考えてもらいたいことを伝える。彼らの手のつなぎ方では、いつでも輪になることができたので、クラスによっては、「さて、どのように手をつないでも必ず輪になることができるか?」という質問をした。

- 「どのようにつないでも必ず輪になることができるか?」という発問に対して、初め、必ずほどけるように感じた生徒が多くいたように思う。したがって、この発問は良かった。
- 手をつなぐつなぎ方の指示がうまくいかなかった。明確に手をつないでくれるように指示できていなかった。

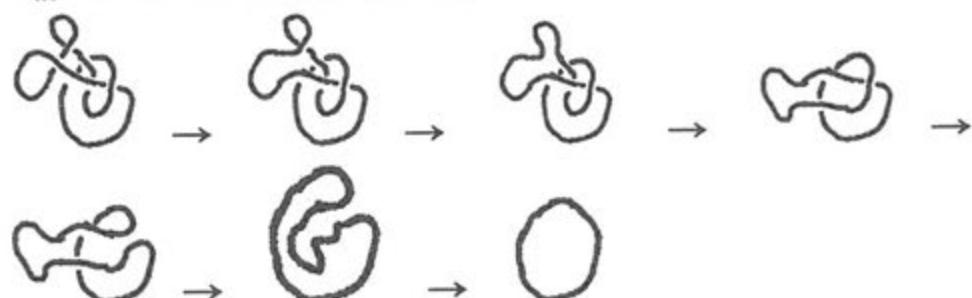
**展開** 結び目を絵で表す方法を板書、例示したあと、結び目の絵が描かれているカードを配り1枚ずつ選ばせて、ほどいて輪にすることができるかどうかを各自考えさせるために、実際に、モールで結び目を生徒に作らせて考えさせた。(中には、ほどけない結び目と3彩色可能な結び目の2種類のみを入れておく。)

- まず、どうやって考えるかということについて、意見をもとめたら実際に針金で作ってみるという意見が出てきた。
- 結び目の難易度に大きな差があり、早い時期にあきらめてしまう生徒が見られたと同時に、すぐに出来て遊んでしまう生徒もみられた。
- 最初のクラスでは、モールでの作業を班でさせたが、個々に別々の結び目を与えたので、班の中であまり話し合うこともなく、かえって私語が増える事態となつたため、以後のクラスでは、班で考えさせることをやめた。
- モールでの作業に時間がかかり、ライデマイスター移動について説明する時間がほとんどとれなかった。(説明しなかったクラスもあった。)
- モールで結び目をつくることは、なかなか大変のようであった。(曲げてもすぐにもともに戻ってしまう。個人で試行錯誤するときは、柔らかい太目の針金の方がよい。前で、提示するときはもう少し見やすいものの方がよい。)
- 難しいものについては、2~3人で協力して作って調べていた生徒もいた。

(第2時限目)「紙の上で結び目をほどこう」

**導入** 前回の授業でやったような結び目がほどけるかどうかということを、実物を作らずに知る方法がないかどうかということを考えさせるところから始めた。

(別紙) 少し難し目の結び目がほどける様子を示す書き方の説明をする。(同じ図を2回ずつ描いて、その1つを消しゴムで消して変形させる)



これらの移動は、次の3つの移動だけから求めることができることを上の変形の様子を追しながら説明した。(ライデマイスター移動)



- クラスによっては、ここまでの中の内容を1時間目の最後に大急ぎで簡単に説明した。
- 今描いた絵を使って、ライデマイスターの3つの基本的な移動について簡単に説明し、黒板でその3つの移動についてまとめた。
- 多分、説明しなくとも始めからこのようなことを考えていた生徒はいたように思う。それをもう少しうまく引き出したかった。

**展開** 前回使ったカードの結び目の絵を上級、中級、初級の3枚のプリントに分けてライデマイスター移動の練習をさせた。

- 「中級までできた」とか、「上級までできた」など紙の上で結び目を動かすことを、楽しんでやってくれる生徒もいた。
- プリントにランクをつけると多少彼らの競争心を刺激することができるのではないか。
- これらのプリントの例は、必ずしもほどけるものばかりではなかったため、「ほどけるときは、うれしいけど、ほどけないときは、ムカつく」ということをいう生徒が何人か見られた。
- いつまでたってもできないことを、長時間考えることは生徒にとっておもしろくない。「ほどけるか、ほどけないか?」ということではなく、「同じ結び目になるか、ならないか?」ということを考えさせる方向にもっていく方がよいのではないか。

(第3時限目) 「ほどけない結び目を探そう」

**導入** インターネットから、プリントしたかなり複雑な結び目(18KNOT)の絵を提示する。

「実は、これは、ある遺伝子の写真である。これは、輪になるのだろうか?もししならなければ、この遺伝子は、一見して同じに見える2つの遺伝子が違うものであることが分かつて、ある病気の根源となる遺伝子の問題を解決することができる世界的な発見である。

さて、あなたなら、まずどのようにしてこれを調べる?」 → 実際に作ってみる。

実際に作ったものを提示する。 → どうもほどけそうでない。しかし、簡単な結び目ならば、ある程度ほどけないと確信できるが、ここまで複雑になると、なんともいえない。

「その絵を少しずつ移動させる図を描いて調べる?」 → とても大変!もっとなにか良い方法はないか?

『今日は、輪になるものとならないものを区別する何か他の方法を考えてもらいたい。』というような流れで、導入をした。

- 生徒の反応は、そんなに悪くなかったのではないだろうか。
- 実際に、遺伝子のDNAの写真を見せた方がより良かったかもしれない。
- 丸い輪にすることができるかどうかが簡単にわかる簡単な3つの例(交点数が3の3つの結び目の絵)をもとに、それぞれの違いを見分ける方法を考えさせた。

※展開は、2クラスに対して少し指導のポイントを変えた2通りの方法を実施した。

**展開(その1)** 「初めからこのような複雑な結び目で考えることは大変なので、もつとも簡単な例で考えることにしよう。」

1. まず、ほどける結び目とほどけない結び目を簡単な例で比較してみよう。

(I)

(II)



(III)



2. これらの違いをもっと目に見える形で表す方法はないだろうか? → プリント配布  
(とても難しいことだが、どんな考えがあるか生徒達に聞いてみた。最終的には、最初に提示した複雑な結び目がほどけるかどうかが知りたいので、そこへ利用できる方法を考えほしい。)

最初は、段階的に発問して誘導することによって、少しでも生徒から引き出したいと考えていた。生徒からけっこう活発な意見が出てきたので、その流れに沿った授業になつたため、結局、生徒から色々と意見を聞きながら、その方法を考えることに終始した。

○線の交わっている部分の上下に着目した意見が出た。

○色を塗るという考え方が出てきたが、交点のところで上下の違いという部分に引きずられてしまった。

○交点のところで、上下になっているところに着目した意見に対して、教師が的確な対応をすることができなかった。

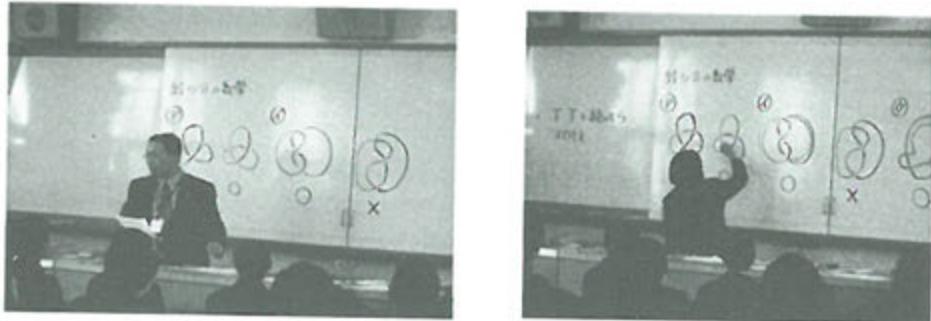
○交点数が3、4、5などに限定すれば、その条件のもとで成り立つ分類方法があるかもしれない。交点数を限定し、帰納的に少しずつ検証していく形で不变量を探していく方法を取り入れれば、より自然な流れで不变量を見つけることができるかもしれないが、逆に、今回求めていたような「3色で塗り分ける」方法は出て来ないかもしれない。

○当初、もう少しヒントを小出しにしながら、生徒の考察に合わせて考えを深めていくつもりであったが、当日は、生徒からけっこう色々な考えが出て、色を塗るという発想まででてきたので、結果的に生徒に考えさせる時間を長くひっぱり過ぎた。

○他のクラスでの実践では、「線上を色で塗り分ける」というヒントだけで比較的早い時期にこの方法を見つけていたため、同様の流れを想定して結果的に時間をかけすぎてしまった。

○生徒に考えさせる時間はできるだけ短く集中できるような形で設定したいものである。

○色で塗り分けるといつても、線上を切れ目から切れ目まで塗り分けるという考えは最後まで生徒の方からは出てこなかった。結果として、時間が足りなくなつて、私が3色の色の塗り方と、その説明をする事態となつた。



**その1の指導案**

1. 学年 附属天王寺中学校 第3学年 B組 (40名)

2. 主題 「結び目」の教材化

3. 学習計画 (計4時間)

- ・ 「結び目を作ろう」 \_\_\_\_\_ 1時間
- ・ 「紙の上で結び目をほどこう」 \_\_\_\_\_ 1時間
- ・ 「ほどけない結び目を探そう」 \_\_\_\_\_ 1時間 (本時)
- ・ 「3色で塗り分けられる結び目を作ろう」 \_\_\_\_\_ 1時間

4. 設定の理由

「結び目」は、何本かの線の前後関係のみによって作られた3次元空間におけるとても単純なモデルである。したがって、形より線の位置関係がとても重要であるので、長さや面積と関わることなく、空間における位置関係に絞って取り扱うことができる。また、素材についてはいろいろと工夫をしなければならないが、ひもさえあれば手軽に作ることができるので、実際に各自で試行錯誤することができる。さらに、「結び目」を平面に描いて考察する場合に、定規を使ったり、長さや形状をあまり気にする必要がないため描きやすい。そして、その図を見て、結び目がほどけないことを知るための方法を考えることは、身近な事象を数理的に考察する力を養う一例であろう。中学生には、このような方法の1つとして、3色に塗り分ける方法がわかりやすいのではないかと考える。そして、この方法は、パズル的であり、それができるかどうかを塗りながら考えさせることによって、生徒の興味・関心を引くものになることを期待したい。

5. 本時の指導

題材 ほどける結び目とほどけない結び目

目標 1. 結び目を通して空間を感じさせる。

2. 色を塗る作業をとおして、ほどけないひもを見つける楽しさを感じさせる。

準備 プリント、モール、色鉛筆 (3色以上)

## 6. 本時の展開

学習活動	指導上の留意点
<p><b>導入</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>かなり複雑な結び目(18KNOT)の絵を見て、この結び目がほどけて輪になるかどうか考える。 → 何かよい方法はないか?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前時までの方法を思い浮かべて、それらの方法ではなかなか難しそうであることを確認させる。</li> </ul>
<p><b>展開</b></p> <p>1.</p> <p>紙の上に描かれたほどける結び目とほどけない結び目の例を比べて、これらの違いを見つける方法を考えよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>グループで話し合って、その違いを見つける方法を考える。</li> <li>各グループごとに代表者が、考えたことを発表する。</li> <li>3色で塗り分ける方法を実際に試してみる。</li> <li>この方法で、どういう違いがわかるのか考え、グループごとに発表する。</li> <p>「交点では、必ず1色か3色になるように、3色で塗り分ける。」ことが、できるかどうかという違いに気づく。 (3彩色可能性という)</p> <li>実際に、前の例で確かめる。</li> <li>「ほどける⇒塗りわけできない」 「ほどけない⇒塗りわけできる」ということがわかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>それ以外に何か良い方法がないかを考えるための意識付けをさせたい。</li> <li>非常に難しいことであるが、どのような発想が出てくるか興味深い。</li> <li>出てきた方法を板書して確認させる。</li> <li>求める結果が、出てきても、出てこなくても、最終的には3色で塗り分ける方法をわからせるように指導していく。</li> </ul>
<p>2.</p> <p><b>導入</b>で引いた結び目がほどけるかどうかについて調べてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>今わかった方法で、自分の結び目を3色に色分けできるかどうか塗ってみる。</li> </ul> <p><b>まとめと発展</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「3彩色可能でない⇒ほどける、3彩色可能⇒ほどけない」という結論を確認する。</li> <li>3彩色可能でないが、ほどけない例を使って、「3彩色可能⇒ほどけない」は正しいが、「3彩色可能でなくとも、ほどけない」場合があることを確認する。</li> <li>まだ、一般的にほどける結び目とほどけない結び目をもれなく区別する方法は見つかっていないことを知る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>色を塗る手順を確認させる。</li> <li>3色に塗りわける作業の面白さを感じさせたい。</li> <li>今回の例からわかったことと、この例は実は特別であって、本当はこの3彩色可能性が絶対的な不变量になっていないことを知らせ、数学の身近さと未解決であることへの興味をもたせたい。</li> </ul>

展開（その1）では、生徒の自由な発想を求めすぎたために、本時の目的である「3彩色可能性」を生徒にやらせるという時間を取りることが出来なかった。実際、それが不变量であるということを論理的につめることが目的でなく、生徒が塗り分けた結び目を見て、その違いに気づくか、そのことが一般的な事柄に普遍化できるかである。ところが、まったくそのための時間が足りなかった。そこで、展開（その1）では、難しいので、生徒の自由な発想は一端棚上げにして、色塗りから出発することにした。その上で、3彩色可能性という考え方の中学生にとってどうであるのか、確かめてみる。

**展開（その2）** まず、短時間自由に考えさせた。（自分の周辺で話し合わせた）あまり時間をとらずに、線上を色を使って塗り分ける方法を知らせて、そのように塗り分けたときどのような違いがあるか考えさせた。

- ・比較的早くその違いに気がついた生徒が多かったのではないかだろうか。
  - ・線上を塗り分けるという意味がよくわからなかった生徒がいた。
- 次に、交点が3つ以上の結び目の例について考えさせた。
- ・5色で塗り分ける生徒がみられた。
- 交点のところに3色が集まっていることに着目すると、3色あればよいことを説明した。
- ・生徒がどの程度理解できているかどうかわからない。本当は、もう少し時間をかけて考えさせ、生徒自身に気づかせたかった。
- 3色で塗り分けるという意味がピンとこなかった生徒から、後で質問を受けた。

#### その2の指導案

1. 学年 附属天王寺中学校 第3学年 A組 (40名)

2. 主題 「結び目」の教材化

3. 学習計画 (計4時間)

- |                       |       |          |
|-----------------------|-------|----------|
| ・ 「結び目を作ろう」           | _____ | 1時間      |
| ・ 「紙の上で結び目をほどこう」      | _____ | 1時間      |
| ・ 「ほどけない結び目を探そう」      | _____ | 1時間 (本時) |
| ・ 「3色で塗り分けられる結び目を作ろう」 | _____ | 1時間      |

4. 設定の理由・・・展開その1と同じ

5. 本時の指導

題材 ほどける結び目とほどけない結び目

目標 1. 結び目を通して空間を感じさせる。

2. 色を塗る作業をとおして、ほどけないひもを見つける楽しさを感じさせる。

準備 プリント、色鉛筆 (3色以上)、

## 6. 本時の展開

学習活動	指導上の留意点
<b>導入</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前時までの方法を思い浮かべて、それらの方法ではなかなか難しそうであることを確認させる。</li> </ul>
<b>展開</b> <p>交点の数が3つの簡単な結び目を用いて、ほどけそうな結び目とほどけそうでない結び目について、色で塗り分ける方法でそれぞれ違いを見つけよう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>それ以外に何か良い方法がないかを考えための意識付けをさせたい。</li> <li>色の違いだけで区別できる方法を見つけさせたい。</li> <li>少し待って、線上を塗り分けることを指示する。</li> <li>となり同士で話し合わせる。</li> </ul>
<p>*まず、短時間その方法について考えてみる。</p> <p>*実際に線上を塗り分けてみて、違いを見つける。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>次に、交点が4つ以上の結び目の例について、今考えた方法を適用できるかどうか考える。</li> </ul> <p>&lt;現段階でわかったこと&gt;</p> <p>ほどいて輪にすることができない結び目は、すべての交点に3色があらわれるが、ほどくことができる結び目は、そういうならないことがわかる。</p> <p>* 練習問題を使ってさらに確かめてみる。 → 上記の結論が正しいことを確認する。</p> <p>最初に提示した結び目の図は、ほどけるかどうか確かめてみよう！</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隠れている性質を発見する喜びを感じさせたい。</li> <li>3色に塗りわける作業の面白さを感じさせたい。</li> <li>このような塗りわけが、本当に結び目を区別するための不变量であるとの厳密な検証は行わせない。</li> <li>まとめの2.については、3色で塗り分けられないからといって、ほどけるとは、限らないことを確認させる。</li> </ul>
<b>まとめ</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3色で塗り分けるとき、すべての交点のところに必ず3色があらわれるよう塗ることができるならば、その結び目はほどいて輪にすることができない。</li> <li>しかし、3色で塗り分けるとき、すべての交点のところに必ず3色があらわれるよう塗ることができないならば、ほどいて輪にすることができるとは限らない。</li> </ol>

当日の配布プリント

中3 代数

結び目の数学（Ⅲ） NO.1 組 番 氏名

◎ 色々な結び目がほどけて輪にならないことを、実際にほどいてみる前に発見する方法を考えよう。

まず、単純で似たような形の2つの結び目を比べたとき、2つの違いを明確にするためには、色を塗ってみればよいことが知られている。さて、どのような色の塗り方をすれば、この違いが明確になるのだろうか？

(ア)

(イ)



と



(ウ)



と

<考えた方法とわかったこと>

(例題) ほどけて輪にならないものはどちらの結び目でしょうか？



と



中3 代数

結び目の数学（Ⅲ） NO.2 組 番 氏名

練習 次の結び目のうち、ほどけて輪にならないものを見つけてください。

①

②



③



④



では、次の結び目は、ほどけて輪になるでしょうか？



**発展とまとめ** 次の結び目は、ほどけて輪になるでしょうか？

①



②



<結論>

1.

2.

(第4限目) 「3色で塗り分けられるような結び目を自分で作ってみよう」(作業)

※ 黒板で簡単な例を挙げながら説明した後、できるだけ複雑な、またはできるだけおもしろい形の3色で塗り分けられる結び目の絵を描くように指示した。

○比較的積極的に取り組んでくれたように思う。

○作っているうちに、3色で塗り分けられなくてもほどけない結び目があることに気づく生徒がいた。

○作っているうちに、何で3色で塗りわけらたらほどけないといえるのかということに疑問を持って質問する生徒が出てきた。自分で試行錯誤して少し時間をかけて作業しているうちに疑問がわいてきたのだろうと思う。しかし、特に何も考えずにひたすら面白い形を作ろうとしていた生徒も多かった。

○結局、うまく描くことができなかった生徒もいた。また、交代結び目をうまく作っている生徒もみられた。

○結び目は、数多く見たり描いたりしてみないと、なかなかピンとこない面があるので、このような作業を少しゆとりをもってさせることで、結び目に慣れ、結び目の理解が深まるものと考える。

**当日配布のプリント**

中3 代数 結び目の数学 (IV)

★3色で塗り分けると、すべての交点のところの3色があらわれるような結び目を作りなさい。(できるだけ面白い形や交点の多いものを作ること)

## 5. 授業実践後のアンケート調査とその結果の考察

(1) 今回の「結び目」の授業は、全体を通してどの程度面白かったでしょうか。次のうちから選び番号に○をつけてください。

- ① 大変面白かった
- ② どちらかというと面白かった
- ③ どちらかというと面白くなかった
- ④ まったく興味が持てなかった
- ⑤ 無答

### 【結果】

①	②	③	④	⑤	合計
40人	89人	20人	0人	3人	152人
26%	59%	13%	0%	2%	100%

### 【考察】

- ・①と②合わせて85%の生徒が、『結び目の数学』に対して、好意的な判断をしていることが分かった。
- ・④まったく興味がない生徒が0人であった。内容的な難しさと興味の兼ね合いは別のようだ。

(2) この授業中で、特に興味が持てた部分はどこでしょうか。

(生徒の感想をいくつかあげる。)

- A 「実際にひもを使って考えたり、ライデマイスター移動のように、頭で考えて図にするのは難しくて嫌いだけど、3色に塗り分けるのは、パズルのようで楽しかった。」
- B 「ほどけるかどうかを、研究する数学があること。」
- C 「なんで三色に塗り分けられるとほどけないのか。」
- D 「がんばれば、解けるやつとかうれしい。」
- E 「うまく作れなかっただけ、モールを使って実際にやったので結び目の数学に興味がわいた。」
- F 「色を使ってその結び目がほどけるかどうか調べたところ。」
- G 「結び目が3色で塗り分けられるとほどけないという部分。」
- H 「意図のほどき方（書き直してほどけるかどうかを調べる方法）」
- I 「結び目にもいろいろな種類があるのがおもしろかった。結び目の図形を見るのがおもしろかった。」
- J 「複雑な結び目が、実際にやらなくても3色に塗り分けるだけでほどけるかどうかわかるところ。」
- K 「遊び感覚でできた。」
- L 「3色」
- M 「ワイヤー（モール）で作ってほどいてみたところ。」

N 「実際にひもを使って結び目がほどけるかどうか調べたところ。今まであまり気にしていたことについてましたから。」

O 「紙の上でひもを書くのが楽しかった。みていると3Dに浮き上がってくる感じでおもしろいなと思った。」

P 「3色ペンを使って、ほどける(輪になる)のはどれか?を考えるのは結構楽しかったです。なんか本当に共通点あるなんてめちゃ不思議で先生が答えを言ってからもずっと不思議でした。」

(3) この授業の中で、特に難しくてよくわからなかったことはどんなことでしょうか。  
また、何か疑問に残るようなことがあつたら書いてください。

(生徒の感想をいくつかあげる。)

A 「なぜ、3色に塗り分けることができたら、ほどけないのかということ。また、ライデマイスター移動も理解できるのですが、自分でできませんでした。」

B 「どうして三色で塗り分けられたらほどけないのか。なんで?」

C 「なんで3色なのか。」

D 「何を教えたいか… 数学で教えることなのか?と疑問に思いました。」

E 「3色で塗っても結び目で解けるのは本当にはないのか。」

F 「自分で結び目を作ったこと。(結局、単純なものしか無理だった。)」

G 「3色で塗り分けられるとなぜほどけないのか。」

H 「3色で塗り分けるところ。どこをどう塗り分けたらいいのかがわからなかつた。」

I 「結局何が(どうやつたら)答えなのか。わからないと言うのが答えなんですか?? じゃあ何でもありますか…?」

J 「何をしたらほどけない結び目ができるのか。なぜ塗り分けられるとほどけないのか。」

K 「3色で塗り分けられないのにほどけないのもあるから、結局何をしたのかわからぬい。」

L 「モールで形を復元する仕方」

M 「ひらめきのある人が解けたので、いい考えが浮かばないときは、授業にあまりついて行けなかつた。」

N 「何がどうなればひもをほどくことができるのかがよくわからなかつた。実際にするしかないんですか?」

O 「最初色を塗り分けるという意味がわからなかつた。(今はわかつたが)」

P 「とにかくなんだかだまされた気がする。」

(4) この授業で「数学的だなあ」と感じた部分はありましたか。

【結果】

- |             |          |         |
|-------------|----------|---------|
| ・感じると答えた生徒  | ・・・ 101人 | (67.3%) |
| ・感じないと答えた生徒 | ・・・ 49人  | (32.7%) |

### その内訳

・感じると答えた生徒	・・・	101人	(67.3%)
① 法則性があるところ	・・・	32人	
② 論理的に考えるところ	・・・	19人	
③ (空間) 図形的なところ	・・・	19人	
④ 「結び目の数学」という雰囲気	・・・	18人	
⑤ 必ず答えがあるところ	・・・	4人	
⑥ 難しいところ	・・・	4人	
⑦ 教師の説明のあり方に感じる	・・・	2人	
⑧ 未解決問題がある	・・・	2人	
⑨ 解けたときの達成感がある	・・・	1人	
・感じないと答えた生徒	・・・	49人	(32.7%)
① 感じない	・・・	45人	
② 無答	・・・	3人	
③ その他	・・・	1人	

もう少し、詳しくその中身を見ていく

- ①について 法則性を見つけようとするところ  
ライデマイスター移動  
3彩色可能性について
- ②について 頭の中でいろいろ操作するところ  
どんな結び目も輪になるかどうか考えるところ  
ちゃんと理由があるところ  
実際にやるとうまくいかないことが分かる  
頭の体操みたい  
色分けそのものに感じる  
交点の数を数えるところ
- ③について 図に描いて解くところ  
モールなど具体的に使ってやるところ
- ④について 「交点」という言葉に感じる  
全体的な雰囲気に

(5) 今回のような「結び目」に関する授業をまた受けてみたいですか。そして、その理由はどういう理由ですか。

#### 【結果】

- ・はいと答えた生徒 ・・・ 89人 (59%)
- ・どちらともいえない ・・・ 6人 (4%)
- ・いいえと答えた生徒 ・・・ 57人 (37%)

### その内訳

- ・はいと答えた生徒 ・・・ 89人 (59%)
  - ① 面白い (楽しい) ・・・ 39人
  - ② 活動が楽しい ・・・ 16人
  - ③ 奥が深そう ・・・ 15人
  - ④ 今回だけでは不十分 ・・・ 11人
  - ⑤ 役に立ちそう・思考力を養う ・・・ 4人
  - ⑥ 新しい数学だから ・・・ 3人
- ・いいえと答えた生徒 ・・・ 57人 (37.5%)
  - ① 難しい ・・・ 26人
  - ② 関心がない、面白くない ・・・ 6人
  - ③ 授業としてはもう十分だ ・・・ 5人
  - ④ 普通の数学の方が良い ・・・ 4人
  - ⑤ 理由はない ・・・ 4人
  - ⑥ 役に立つとは思えない ・・・ 3人
  - ⑦ 公開授業になるからいや ・・・ 2人

(6) 全体を通して思ったことを自由に書いてください。

- a. 頭の柔らかい人が得意なんだろうなと思った。
- b. 結び目は簡単ぽいけど考えてみるとむずかしいなーと思いました。
- c. 計算じゃないのも数学なんだーと思った。
- d. 交点が3色だったらほどけないことがわかったので細かい（交点が多い）図もほどけるかほどけないか調べてみたかった。頭がぐちゃぐちゃになってむずかしかったけれど、初めてやることなので楽しかった。
- e. むずかしすぎてわからなかった。もう勘弁してほしい。
- f. 数学の授業という気がしなかった。ほどこうと思うとイライラしたけど、ほどけたらすごくうれしかった。
- g. 正直に言うとこの授業はストレスがたまるかたまらないかの差が大きすぎると思いました。ちなみに、ぼくは、ストレスがかなりたまりました。
- h. まず第一に数字や図形だけが数学じゃないということがよくわかった。身の回りにあるものでも、何らかの工夫によって数学的できちんとした規則のあるものになるということが伝わってきた。そして、その工夫を自分たちで見つけていくのは非常にむずかしいことだと思った。いつもの数学は式が与えられ答えがだいたい決まっているが、いろいろな方法で問題について考えていくことは、とてもやりがいがあることだと思った。この授業を通して数学についてまた違った考え方を持つように成って良かった。また、機会があれば今度は違ったテーマについて考える授業をしたい。
- i. 毎授業いろいろ結び目が出てきて解くのは楽しかったしおもしろかった。けど、最後まで数学との関係が分からなかつたのが残念です。
- j. もっと日常で使えるコラム的なものがいい。

- k. これはひらめきが必要だと思います。なので、ひらめかない人には辛かったです。数学的だとは思いません。
- l. ただのひものからまりに規則（？）みたいなのがあるのがうれしかった。
- m. 授業で扱うようなものではないのではないかと思っていたが、いろいろと知らないことがわかって良かった。それなりに楽しかった。
- n. 何気ないひもの結び目がこんなにむずかしいとは思いませんでした。数学はむずかしいとさらに思いました。

## 6. まとめと今後の課題

結び目といえば、「あやとり」や「水引」など生徒達にとっても身近で親しみやすいものであって、手にとって触ったり、色々な結びを作ったりすることができる、わかりやすくおもしろそうなものという印象があった。このようなものの中にちょっとした不思議が潜んでいて、それをほどんど難しい知識を前提としないで、今までにない数学的方法で見つけたり、考えたり、納得できたらすばらしいと思った。岡森先生や河内先生のお話を聞いたり、我々で勉強会をしたりすることを通して、「3彩色可能性」ということを生徒にぶつけてみようということになった。たぶん、これなら中3の生徒にも理解できるであろうし、面白がって、考えたり作業したりしてくれるのではないかと思った。

さて、それにしてもまずどのような具体的教材を考えるか。そして、どのように導入して、生徒にどこまでのことを考えさせるかということから検討していかなくてはならない。

少しくらいこちらが面白そうだと思っても、生徒の知的好奇心を刺激できなかったら無駄に終わる。そこで、3人で手をつなぐことから入って、最後は、3色で塗り分ける作業をさせることでほどけない結び目を探すことができるということをやっていくことに決めた。計画の初期の段階では、うまく授業ができそうな気がしていたが、つめていけばいくほどKNOT理論の難しさや教材化の難しさを感じた。そして、実際に授業をしてみて、大きく2つの点でうまくいかなかったと思う。一番大きな点は、私が何を考えさせたかったのかということを十分に絞りきれていなかったということである。面白がらせたい。そして、その作業やそのとき考えていることこそが数学的であり、彼らの知的好奇心を十分に刺激できたという教材や授業を作り上げたかったのだが、この点の研究不足により彼らに難しいという感想を持たせてしまった。やはり、「3色で塗り分ける」方法を短時間の間に生徒に見つけ出させることは無謀なことだったように思う。このあたりのことに関しては、これからも十分に研究が必要であると考える。4時間授業を行ったのだが、そのそれぞれで提示した教材のまざさもかなり影響したように思う。もう1点は、今のことと関わるのであるが、生徒に対する指示の言葉のまざさである。「3色に塗り分ける」「交点のところに3色が現れる」「線上を塗り分ける」「目をつむって3人で適当に手を握ってください」などなどである。こちらの伝えたいことが伝わっていないと感じて何度も言い直しをした場面があった。どのような言葉で発問や指示をしたらわかりやすいかということまで考えておく必要があったと思う。

それにもかかわらず、アンケートの結果から6～7割の生徒がこの教材を面白く感じてくれたことは幸いであったし、「ひもを結ぶという普段何気なく行っている行動に実は深い意味があるんだ。」「こんなところにも数学的に考える部分があるんだ。」という驚きや興味

を持ってくれた生徒が少なからずいたのではないかと感じている。

最初、「結び目」という教材を投げかけたとき、生徒達の感覚の中にある「数学」という概念では受け止められず、クイズ・パズルのような息抜きのお遊びのように受け止められたようであった。しかし、授業を進めていくうちに、普段の授業とは違う、今までの知識だけでは対応できないものを見つけ、その中に新たな数学的な考え方を見出してきた生徒も多かったように思われる。そして、普段の何気ない生活の中にも、また新しい数学的発見があることを感じた生徒もいたようである。その意味では、今回の「結び目の授業」は、「数学」とは何かということをもう一度考えさせる教材であったし、自分たちで考え見つけていくことの意義や大切さを感じさせる教材であったと思われる。

上記のアンケートによる6～7割という数字は、前述した点をさらに研究し、改善していけば教材化することが十分可能であることを示しているのではないだろうか。

また、生徒の「空間認識力」の向上や「身近な事象を数理的に考察する力」についての検証は、脳科学的、認知科学的視点からそれ独自の方法で検証されることも必要であろう。

今回「結び目の理論」を初めて教材化して授業を実践してみたわけであるが、初めに述べたように、単純でとても親しみやすい対象であり、そこから数学を抜き出すことは、更なる教育研究によって想像もつかないすばらしい教材を生み出す可能性があると考える。今回の実践を通して、この「結び目の数学」の教材化に向けてこれから多くの実践と研究を期待したいと思う。

#### 付記

本稿は、平成16年11月6日に行われた本校の第52回教育研究会において、発表した内容を加筆してまとめたものである。第4節の3限目の展開（その1）の指導案は、この教育研究会に向けて作成したものであり、3限目の展開（その2）の指導案は、その1週間後に行われたドイツの数学教育学者ウィットマン教授が参観された公開研究授業のために作成したものである。

#### 謝辞

今回の研究において、大阪教育大学名誉教授の岡森博和先生と大阪市立大学の河内明夫先生には、大変貴重なご意見とご指導を賜り、ここに感謝いたします。

#### 【参考・引用文献】

- [1] C. C. アダムス 『結び目の数学—結び目理論への初等的入門』 金信泰造訳 培風館 1998年
- [2] S. C. カールソン 『曲面・結び目・多様体のトポロジー』 金信泰造訳 培風館 2003年
- [3] G. ファン・デア・ヘル 『結び目』 数学のたのしみー現代数学のひろがりと模索 日本評論社
- [4] 河内明夫 『結び目理論』 大阪市立大学ホームページ
- [5] 河内明夫 『結び目理論』 シュプリンガー・フェアラーク東京
- [6] 乾東雄・安井俊明・瀬尾祐貴・大石明徳 『空間図形のとらえ方とその指導』

研究収録第35集 1993年 pp. 53~70.

- [7] 乾東雄・安井俊明・瀬尾祐貴・大石明徳 「空間図形のとらえ方とその指導Ⅱ」  
第44回教育研究会便覧 2001年
- [8] 吉村昇・澤田耕治・瀬尾祐貴・藤田幸久 「空間図形のとらえ方とその指導(第二報)」大阪教育大学附属中・高等学校天王寺校舎 研究収録第45集 2002年
- [9] 吉村昇・澤田耕治・瀬尾祐貴・藤田幸久 「空間図形のとらえ方とその指導(第三報)」大阪教育大学附属中・高等学校天王寺校舎 研究収録第45集 2002年  
pp. 39—51
- [10] 落合豊行・山田修司・豊田英美子 『コンピュータによる結び目理論入門』 牧野書店 1996年
- [11] 村上順 『結び目と量子群』 朝倉書店 2000年

summary:

A study on Teaching Mathematical Knots

IWASE Ken-ichi · SHIBAMOTO Hiroji · SEO Yuki · HOMMA Toshihiro

Recently Mathematical Knot theory is very popular in the world. One of the reason is that Knot is simple, but it has many problem we can not solve even if we use mathematics we have ever study. And another of the reason is that it has relation to many another mathematical field and to many non-mathematical field, Genome and so on. We are very interested in the Mathematical Knot, and we studied Knot theory and tried to make a material of teaching mathematics for junior high school students. This paper is a report of the study and practice of teaching Knot theory.

# Win MOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第VI報）

—DNAを中心にして—

岡 博 昭

Development of the molecule model which WinMOPAC was used for:

OKA Hiroaki

抄録：富士通 WinMOPAC を用いると、生命と物質の有機塩基、ヌクレオシド、ヌクレオチド、DNA の高分子鎖などのモデルを、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における核酸の教材として、有效地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、DNA、分子モデル、コンピュータ、WinMOPAC

## I はじめに

高等学校では、平成15年4月から年次進行で新学習指導要領が実施されている。本校では、次年度から3年生で新しい化学IIを開講する。

新学習指導要領における化学IIは、次のような構成になっている。

### (1) 物質の構造と化学平衡

#### ア 物質の構造

(7) 化学結合

(4) 気体の法則

(9) 液体と固体

#### イ 化学平衡

(7) 反応速度

(4) 化学平衡

### (2) 生活と物質

#### ア 食品と衣料の化学

(7) 食品 炭水化物、タンパク質

(4) 衣料 緜、絹、羊毛、ビニロン、ナイロン、ポリエステルなど

#### イ 材料の化学

(7) プラスチック ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリアクリロニトリル、フェノール樹脂など

- (1) 金属、セラミックス 鉄、アルミニウム、銅など
- (3) 生命と物質

ア 生命の化学

- (7) 生命体を構成する物質 タンパク質、炭水化物、脂肪、核酸など
- (4) 生命を維持する化学反応

イ 薬品の化学

- (7) 医薬品
- (4) 肥料

(4) 課題研究

「なお、内容の(1)から(4)までのうち、(1)及び(4)についてはすべての生徒に履修させること。(2)及び(3)については生徒の興味・関心等に応じていずれかを選択することができること。」となっている。

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、「食品と衣料の化学」および「生命と物質」で扱う「糖類」の分子モデルは、WinMOPAC を用いてすべて作成できることを報告した。「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第3報）」では、「食品と衣料の化学」および「生命と物質」で扱う「アミノ酸・ペプチド」について報告した。「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第4報）」では、「生活と物質」で扱う「合成繊維」について報告した。また、「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第5報）」では、「生活と物質」で扱う「合成樹脂」について報告した。

新学習指導要領の化学Ⅱでは、「生命と物質」において新たに「核酸」が扱われる。学習指導要領解説では、「核酸に触れる場合には、その構造や働きについてごく簡単に触れる。」となっているが、DNAの二重らせん構造は避けて通れない。

そこで、WinMOPAC を使ってDNAの分子モデルを作成することはできないか検討してみた。使用したコンピュータは、NECのVersaPro（PentiumIVプロセッサー2.2GHz、メインメモリー0.98GB）である。また、使用したソフトは、富士通 WinMOPAC3.5である。

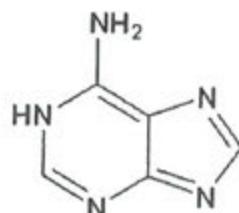
## II DNA中の有機塩基

DNA中の有機塩基には、アデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類があり、それらが塩基配列をつくり、グアニンとシトシンは3個、アデニンとチミンは2個の水素結合で塩基対をつくっている。

### 1. アデニン

アデニン( $C_5H_5N_5$ )はIUPAC名6-アミノプリンである。デオキシリボ核酸ではチミンと、リボ核酸ではウラシルと2本の水素結合を成して存在しているプリン塩基である。ヌクレオシドはアデノシンである。

プリン骨格は糖ともアミノ酸とも異なる独特の形状をしているにもかかわらず、アデニン、グアニンの他、コーヒーのカフェイン、ココアのテオブロミン、緑茶のテオフィリンなどを構成し、また最近ではプリン体をカットしたビールなど



も販売されるほどありふれた有機物である。

アデニン分子を WinMOPAC3.5 で作成すると、次の図 1, 2 のようになった。

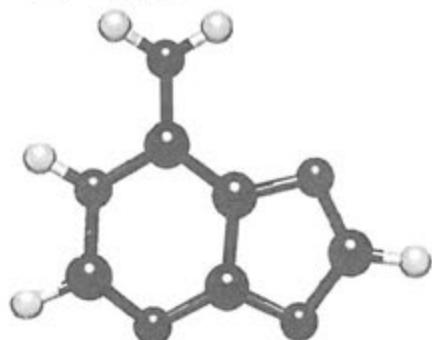


図 1 adenine(ball&stick)

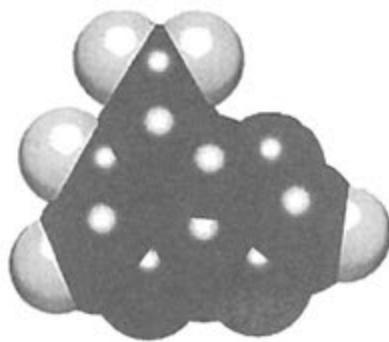


図 2 adenine(spacefill)

## 2. グアニン

グアニン( $C_5H_5N_5O$ )は IUPAC 名 2・アミノプリン 6・オンである。シトシンと 3 本の水素結合を作って核酸中に存在しているプリン塩基である。ヌクレオシドはグアノシンである。

グアニン分子を WinMOPAC3.5 で作成すると、図 3, 4 のようになった。

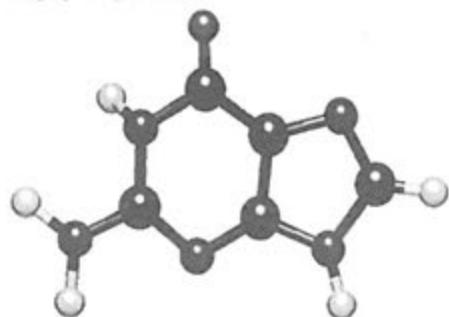


図 3 guanine(ball&stick)

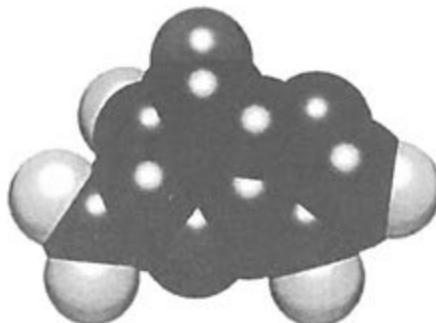
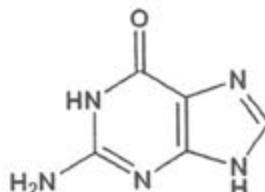


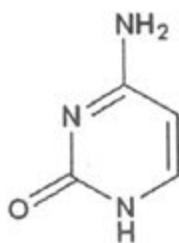
図 4 guanine(spacefill)

## 3. シトシン

シトシンは化学式  $C_4H_5N_3O$  で、ビリミジンの誘導体である。

IUPAC 名は 4・アミノ 2・オキソビリミジンである。核酸を構成する塩基のひとつでグアニンと 3 本の水素結合によって塩基対を作るビリミジン塩基である。

シトシン分子を WinMOPAC3.5 で作成すると、図 5, 6 のようになった。



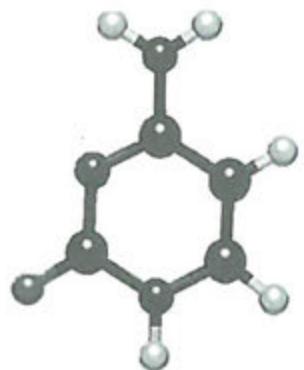


図5 cytosine(ball&stick)

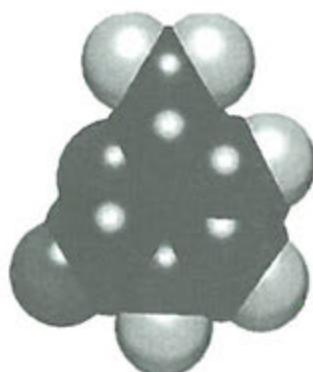


図6 cytosine(spacefill)

#### 4. チミン

チミン( $C_5H_6N_2O_2$ )はIUPAC名2,4-ヒドロキシ5-メチルピリミジンである。デオキシリボ核酸中でアデニンと2の水素結合を成しているピリミジン塩基である。ヌクレオシドはチミジンである。チミン分子をWinMOPAC3.5で作成すると、図7、8のようになった。

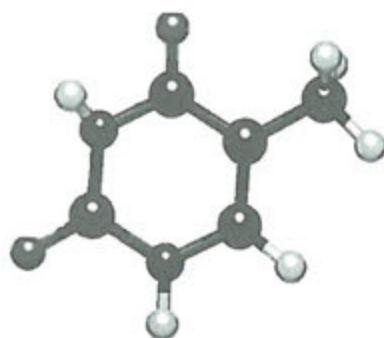
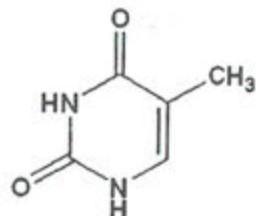


図7 thymine(ball&stick)

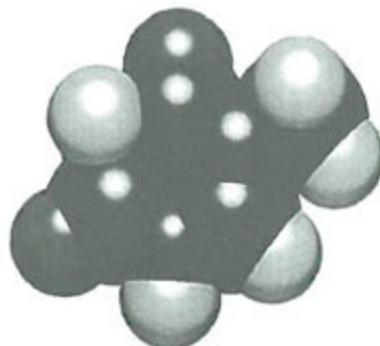


図8 thymine(spacefill)

### III DNAのモデル

窒素を含む有機塩基とペントースが結合した化合物をヌクレオシドといい、ヌクレオシドの糖部分とリン酸のエステルをヌクレオチドという。ヌクレオチドどうしが糖部分のヒドロキシル基とリン酸部分で縮合重合したポリヌクレオチドが核酸である。

#### 1. リン酸エステル

各種のヌクレオチドは、塩基と結合している糖にリン酸がエステル結合したものである。糖とリン酸のエ斯特ルをWinMOPAC3.5で作成すると、図9、10のようになった。

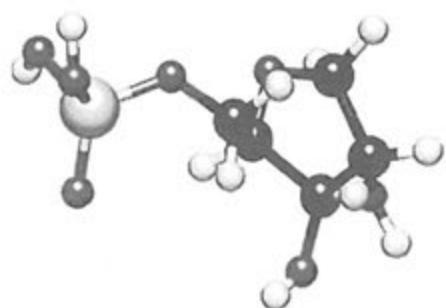


図 9 phosphoric ester(ball&stick)

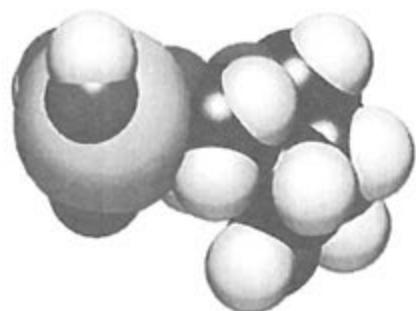


図 10 phosphoric ester(spacefill)

## 2. 主鎖

DNAの主鎖は、糖とリン酸のエステルが、糖部分のヒドロキシル基とリン酸部分で縮合重合したものである。これを WinMOPAC3.5 で作成すると、図 11, 12 のようになつた。

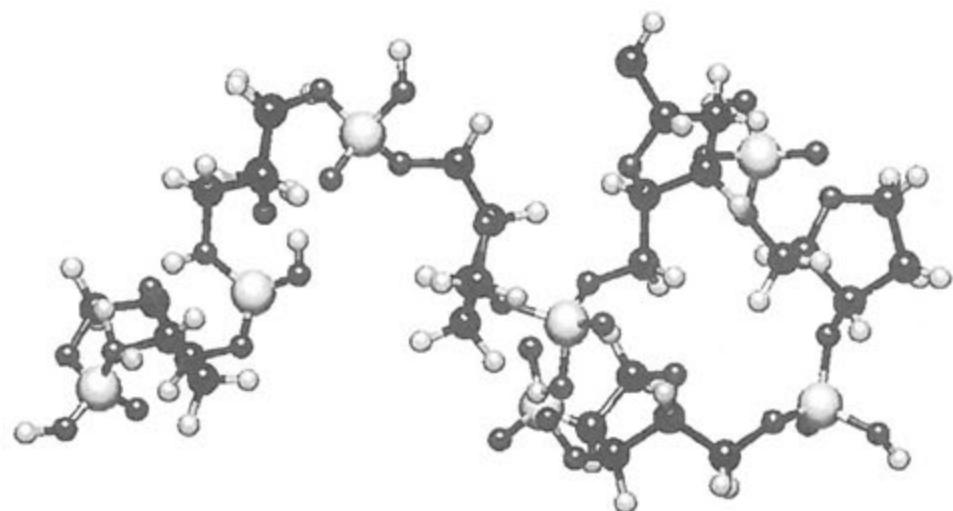


図 11 DNAの主鎖(ball&stick)

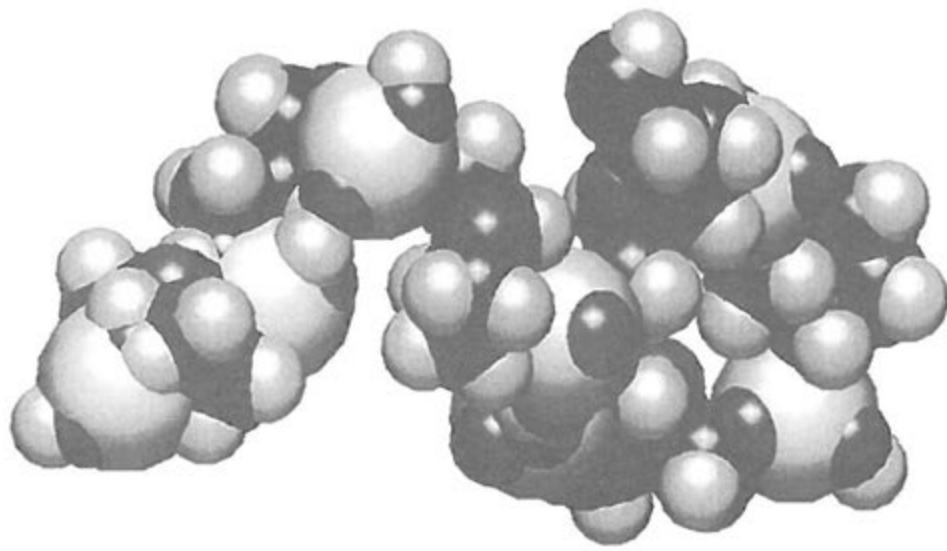


図 12 DNAの主鎖(spacefill)

### 3. ヌクレオチド

ヌクレオシドの糖部分がリン酸とエステルを作っている化合物の総称がヌクレオチドである。塩基がアデニン、糖がデオキシリボースからできているヌクレオチドを、WinMOPAC3.5で作成すると、図13、14のようになった。

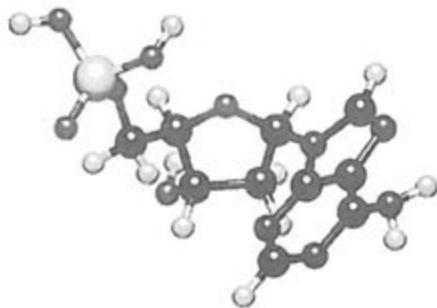


図 13 nucleotide(ball&stick)

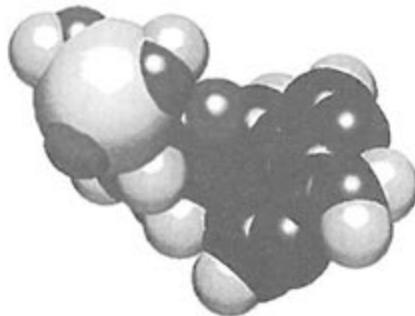


図 14 nucleotide(spacefill)

### 4. DNAの高分子鎖の構造

有機塩基がチミン、シトシン、グアニン、アデニンのヌクレオチドをリン酸エステルでつないでみたのが図15、16である。

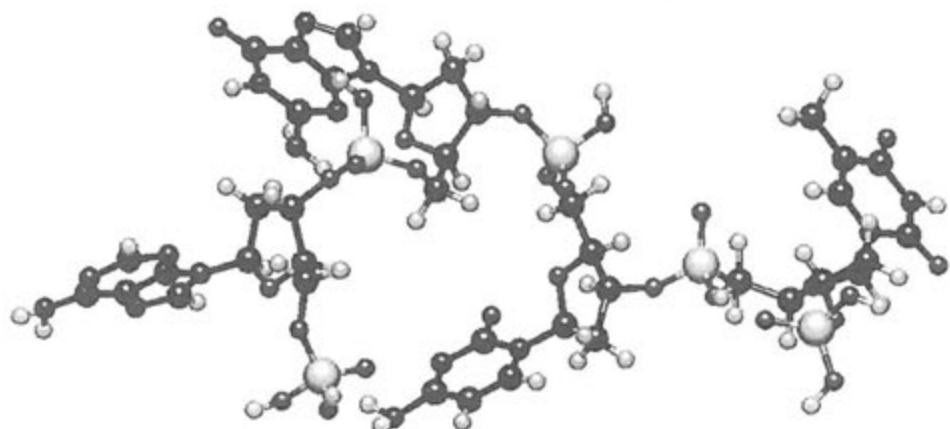


図 15 DNAの高分子鎖(ball&stick)

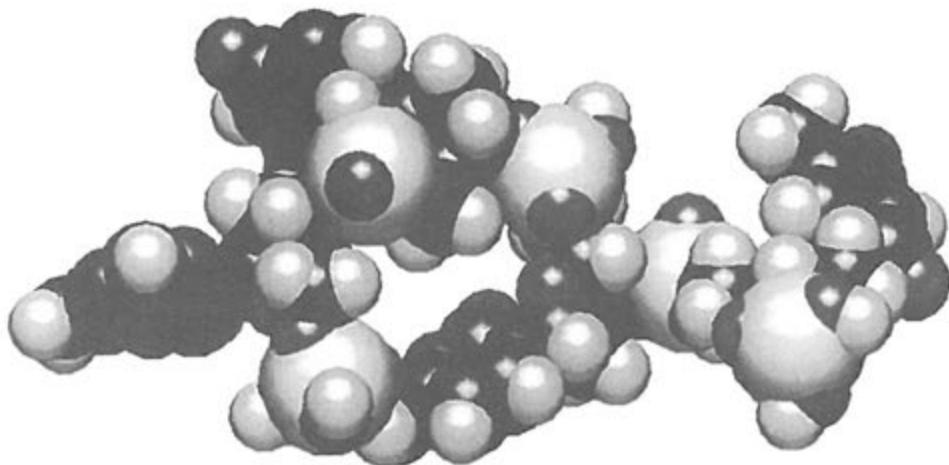


図 16 DNAの高分子鎖(spacefill)

有機塩基が同じ向きに並ばないのは、DNAの二重らせん構造が水素結合によって保たれているからであろう。したがって、このモデルは、DNAのらせん構造がほどけて1本鎖になったときのすがたであると考える。

#### IV 核酸塩基間の水素結合

チミンとアデニンの間では2カ所で水素結合しており、グアニンとシトシンの間では3カ所で水素結合している。DNAの二重らせん構造のモデルを作成するには、核酸塩基間の水素結合が必要である。しかし、WinMOPAC3.5には、水素結合の機能はない。

そこで、有機塩基がチミンのスクレオシドのリン酸エステルに、有機塩基がアデニンのスクレオチドを、チミンとアデニンの2カ所の水素結合の位置で共有結合させ、WinMOPAC3.5で分子軌道計算を実行した。しかし、水素結合の代わりの共有結合は、

計算直後すぐに切られ、計算が延々と続いた。結局、11時間かけても計算が終了しなかったため、分子軌道計算は断念した。以下に示す図17、18は、有機塩基がチミンーアデニンのモデルであり、図19、20は、有機塩基がグアニンーシトシンのモデルである。とともに分子軌道計算は完了していない。したがって、最も安定な構造にはなっていない。

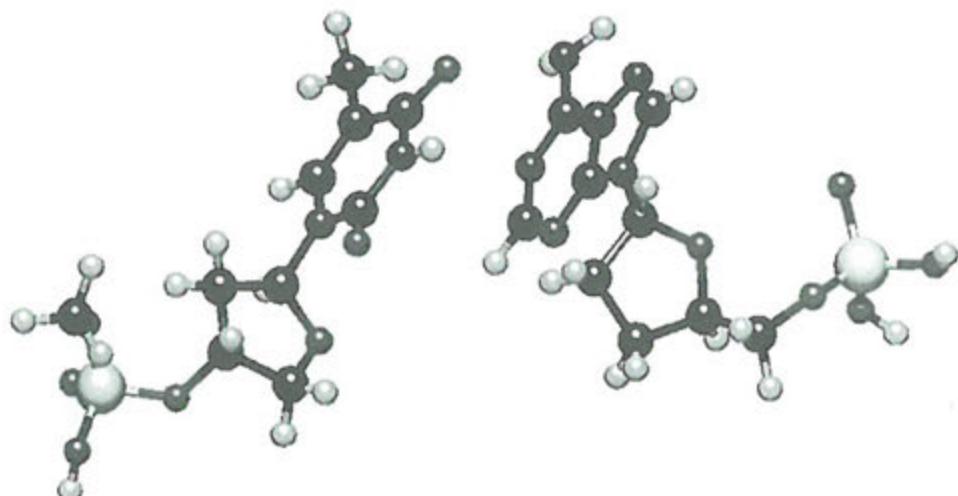


図17 thymine·adenine(ball&stick)

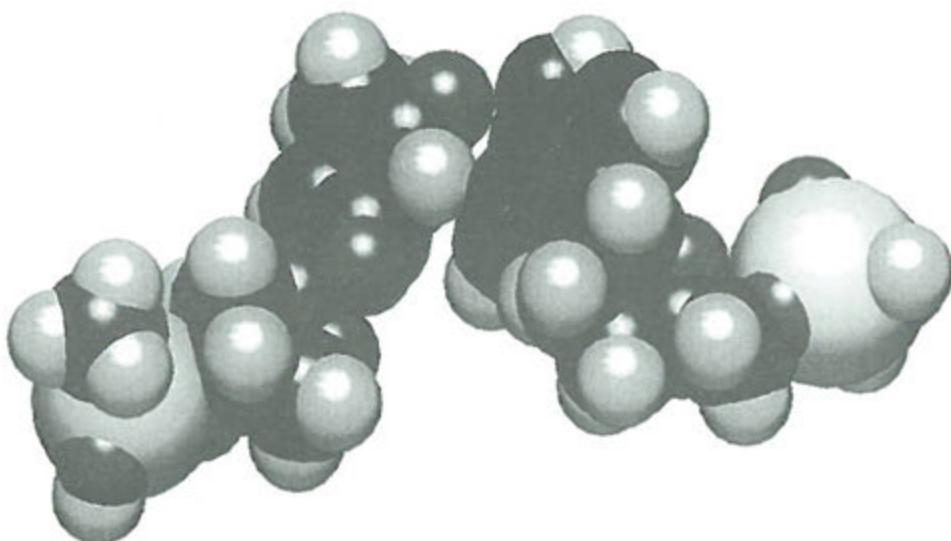


図18 thymine·adenine(spacefill)

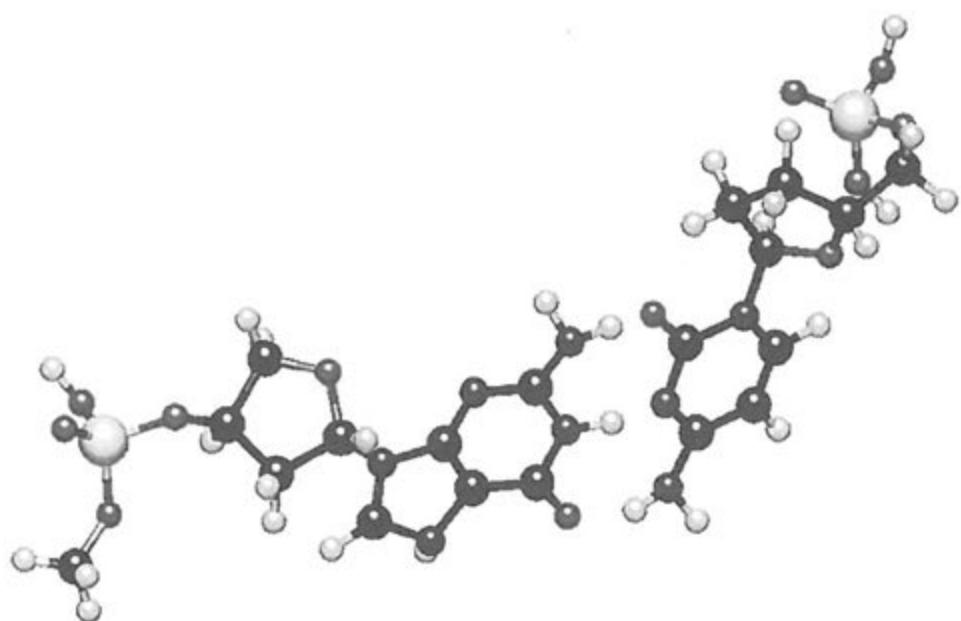


图 19 guanine-cytosine(ball&stick)

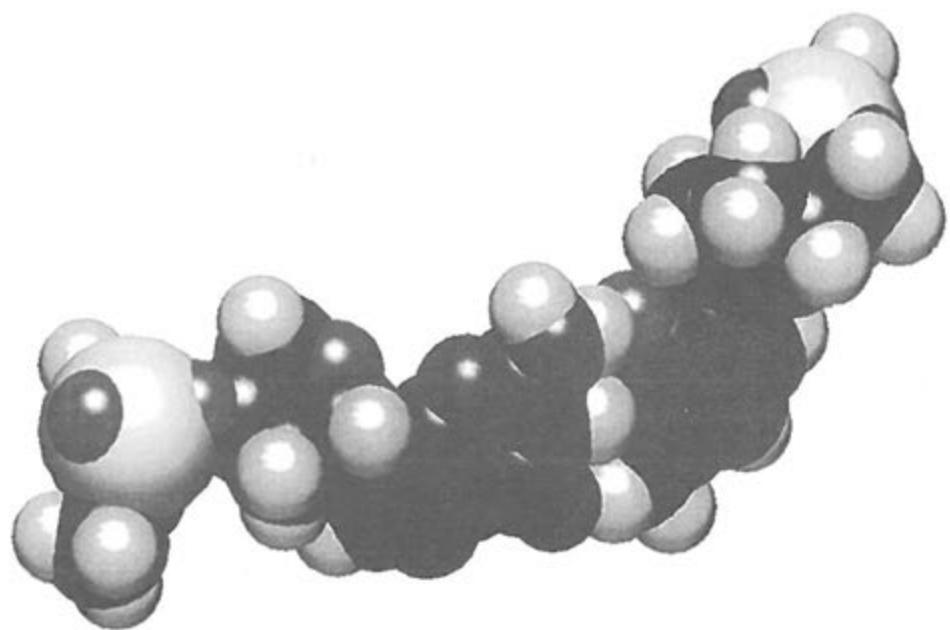


图 20 guanine-cytosine(spacefill)

## V おわりに

本研究では、WinMOPAC3.5 を利用してDNAの二重らせん構造のモデルを作成することを目的にしていたが、塩基対の水素結合の段階で WinMOPAC3.5 の機能的な限界に遭遇した。本研究のために、より高性能のコンピュータを用意したのに残念である。

しかし、有機塩基、ヌクレオシド、ヌクレオチドのモデルなどは、比較的簡単に作成することができた。このようなDNAを構成する分子のモデルを提示することは、生徒がDNA分子を理解する上で有効であると考える。

## 参考文献

- 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 平成11年12月 文部省  
理化学辞典 第5版 岩波書店
- 本校研究集録 WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第2報）－糖類を中心に  
— 44集（2002年）p.47～57
- 本校研究集録 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 44集（2002年）p.59～70
- 本校研究集録 WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第4報）－合成繊維を中  
心に— 45集（2003年）p.53～62
- 本校研究集録 WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発（第5報）－合成樹脂を中  
心に— 45集（2003年）p.63～76

## summary:

Development of the molecule model which WinMOPAC was used for:  
OKA Hiroaki

When Fujitsu Ltd. WinMOPAC was used, moreover life, the organic base of the material and a model such as a polymer chain of the nucleoside and the nucleotide and DNA could be made more easily and precisely than the HGS molecule structure model and the STS molecule structure model in a short time. It found that it could make use of it effectively as a subject of nucleic acid in high school chemical II.

# インターネット授業（第Ⅱ報）

—生徒の利用状況を中心に—

岡 博 昭

Internet Classes:

OKA Hiroaki

抄録：筆者は、本校で実施している化学の授業をインターネットで公開している。全員化学を履修している1年生と化学を選択している2、3年生の約8割の生徒が、筆者のインターネット授業を利用していることがわかった。

キーワード：化学教育、コンピュータ、インターネット、家庭学習

## I はじめに

週5日制における授業時間確保とITの活用という観点から、インターネット授業の実践を行い、その内容は、本校研究集録「インターネット授業」で報告した。本校の化学の授業は、生徒実験を中心に展開している。そのため、解説の時間が十分確保できず、レポートの作成でそれを補ってきた。そこで、インターネットを利用して授業を公開すると、生徒の家庭学習の支援になるのではないかと考えた。

## II 理科総合Aのページ

昨年度は高1の理科総合Aを担当していなかったので、本年度新たに理科総合Aのページを作成した。

本校では、1年生において、理科総合A（2単位）と理科総合B（2単位）は、全員必修である。2年生では、Iの科目（2単位）を2科目選択する。3年生では、IIの科目（3単位）を最大2科目履修することができる。また、Iの科目（2単位）を1科目履修することもできるようになっている。

本校では、Iの科目の授業時数が少ないため、内容の一部を理科総合に移行する必要がある。

### 1. 基本的な考え方

本校における理科総合A（物質と人間生活）の基本的な考え方は次の通りである。

(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、2年生で化学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、理科選択の参考にさせる。
- そこで、化学Iとの重複を避けるため、学習指導要領の次の内容を理科総合Aで扱うこととした。

(1) 物質の構成

- ア 物質と人間生活 (ア) 化学とその役割
- イ 物質の構成粒子 (ア) 原子、分子、イオン (イ) 物質量
- (2) 物質の種類と性質 金属と有機化合物の一部
- (3) 物質の変化 (イ) 酸・塩基・中和

## 2. 年間授業計画

年間授業計画は、次の通りである。

- (1) 4月21日(水) 身の回りの物質と化学 金属製品、プラスチック製品、セラミック製品、糖類、タンパク質、油脂、繊維 → 理科総合A 自然の見方、化学I 化学とその役割
- (2) 4月28日(水) 物質の構成 純物質、混合物、元素と単体、化合物、同素体 → 理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (3) 5月17日(月) 原子の構造 原子核、陽子、中性子、電子、原子番号、質量数、同位体、電子殻、電子配置、価電子 → 理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (4) 5月26日(水) 元素の周期律と希ガス 周期律、周期表、希ガス、閉殻 → 理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (5) 6月2日(水) イオン 電気泳動、イオン、イオン化工ネルギー、電子親和力、イオンの大きさ → 理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (6) 6月9日(水) 共有結合と分子 不対電子、電子式、共有結合、分子、構造式 → 理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (7) 6月16日(水) 分子の形と極性 電気陰性度、分子の形と極性、分子結晶と水素結合 → 化学II 物質の構造
- (8) 6月23日(水) 結晶 結晶、イオン結合、イオン結晶、共有結合の結晶 → 化学II 物質の構造
- (9) 6月30日(水) 金属結合と金属 金属結合、金属の結晶、鉄、アルミニウム、銅 → 理科総合A 物質の利用、化学II 物質の構造
- (10) 8月27日(水) 原子量・分子量・式量 原子量、分子量、式量 → 理科総合A 物質の構成と変化 化学I 物質の構成粒子
- (11) 9月8日(水) I 実験5—銅の原子量の測定 → 理科総合A 物質の構成と変化 化学I 物質の構成粒子
- (12) 9月15日(水) 物質量 アボガドロ定数、物質量、モル質量 → 化学I 物質の構成粒子

- (13) 9月22日（水） I 実験3－相対質量と粒子数 化学I 物質の構成粒子
- (14) 9月29日（水） アボガドロ定数とアボガドロの法則 演示実験－アボガドロ定数の測定（I 実験書実験4）、アボガドロの法則、モル体積→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (15) 10月13日（水） I 実験6－気体1molの体積とアボガドロの法則→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (16) 10月27日（水） 化学反応式と化学変化の量的関係 化学反応式、イオン反応式、モル濃度、化学変化の量的関係→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (17) 11月10日（水） I 実験7－化学反応における量的関係 →理科総合A 物質の構成と変化、化学I 物質の構成粒子
- (18) 11月17日（水） 酸と塩基 アレーニウスの酸・塩基、ブレンステッドの酸・塩基、演示実験－塩化水素とアンモニアの反応 →理科総合A 物質の構成と変化、化学I 化学反応
- (19) 11月24日（水） I 実験10－酸と塩基の性質→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 化学反応
- (20) 12月1日（水） 酸・塩基の強さ 水のイオン積、水素イオン濃度と液性、pH→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 化学反応
- (21) 12月15日（水） I 実験11－溶液のpHの測定→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 化学反応
- (22) 12月17日（金） 中和反応 中和の量的関係→理科総合A 物質の構成と変化、化学I 化学反応
- (23) 1月12日（水） I 実験12－中和滴定→化学I 化学反応
- (24) 1月19日（水） 中和滴定 中和滴定曲線→化学I 化学反応
- (25) 1月26日（水） I 実験13－身近な酸の中和滴定→化学I 化学反応
- (26) 2月2日（水） 塩の性質 塩の分類、塩の加水分解、酸・塩基と塩の反応→化学II 化学平衡
- (27) 2月9日（水） I 実験14－塩の水溶液の性質→化学II 化学平衡
- (28) 2月16日（水） 環境と化学（酸性雨を中心に） 演示実験－二酸化炭素の溶解度、ヘンリーの法則、酸性雨の原因物質→理科総合A 科学技術の進歩と人間生活、化学I 無機物質、化学II 物質の構造
- (29) 2月23日（水） 環境と化学（化学物質を中心） 有機化合物、生物濃縮、環境ホルモン→理科総合A 物質の利用、化学I 有機化合物

理科総合Aの目標は、「自然の事物・現象に関する観察、実験などを通して、エネルギーと物質の成り立ちを中心に、自然の事物・現象について理解させるとともに、人間と自然の関わりについて考察させ、自然に対する総合的な見方や考え方を養う。」となっている。そこで、自然の見方や化学の役割からはじめ、環境問題と化学の関わりについて終わるように構成した。

また、生徒実験ができるだけ多く取り入れるように配慮した。特に中和滴定に関しては、シリコンコック付きピュレットとマグネチックスターラーを新たに購入し、生徒2人で滴

定実験ができるようにした。

### III 生徒の利用状況

筆者が担当している高Ⅰ～高Ⅲの生徒を対象に、次のようなアンケート調査を実施した。実施日は、高Ⅱが12月14日、高Ⅰが12月15日、17日、高Ⅲが12月22日である。

#### インターネット授業に関する調査

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 化学科

この調査は、化学のインターネット授業の利用状況を把握し、次年度の授業の参考にするためのものです。次の質問に答えてください。

1. 学年を教えてください。

- ①高Ⅰ ②高Ⅱ ③高Ⅲ

1

2. あなたは、化学の授業（以下インターネット授業という）が、本校のホームページで公開されていることを知っていますか。

- ①知っている ②知らない

2

3. あなたは、化学のインターネット授業を利用していますか。

- ①毎時間利用している ②ときどき利用している  
③ほとんど利用していない ④まったく利用していない

3

化学のインターネット授業を利用している人に聞きます

4. 特に参考になったページまたは内容は何ですか。（複数回答可）

化学のインターネット授業を利用していない人に聞きます。

5. どのようなページだったら利用すると思いますか。（複数回答可）

全員に聞きます。

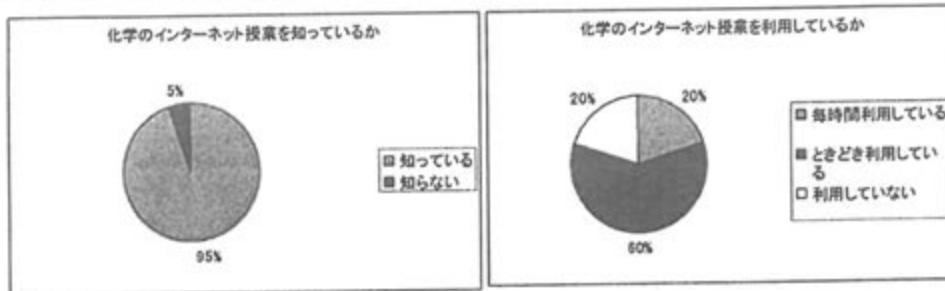
6. 本校の化学の授業について、自由に意見を書いて下さい。

ご協力ありがとうございました。

## 1. 調査結果

### (1) 高 I の利用状況

理科総合Aは、高 I 全員が必修である。高 I の生徒のうち、162 人から回答を得た。調査結果は、次の通りである。



4月の最初の授業で、化学のインターネット授業について簡単に紹介したが、それ以降は一切触れていない。

化学のインターネット授業を使用している生徒は約 80% で、そのうち、20% の生徒は毎時間利用している。また、利用したいのだが、家庭でインターネットを使えない生徒が数名いた。これらの生徒には、図書館のコンピュータの利用を勧めている。

今年のページには、講義のページの最後に内容確認（形成的評価）のコーナーを設置した。問題の後に→を記し、その後の部分をドラッグすると正解が出るようにしてある。ほとんどの生徒はそれに気づいていた。

それでは、今日の学習内容の確認です。

1. 水素イオンは、水溶液中で水分子と結びついた状態で存在します。このイオンを何といいますか？→オキソニウムイオン
2. 水素イオンや水酸化物イオンによる酸や塩基の定義を提唱したのは誰ですか？→アレーニウス
3. 水素イオンの授受による酸や塩基の定義を提唱したのは誰ですか？→ブレンストッドとローリー
4. 電解質が水に溶けたとき、溶けている電解質の物質量に対する、電解した電解質の物質量の比を何といいますか？→電離度
5. 強酸や強塩基とは、どのような酸や塩基ですか？→電離度が 1 に近い酸や塩基

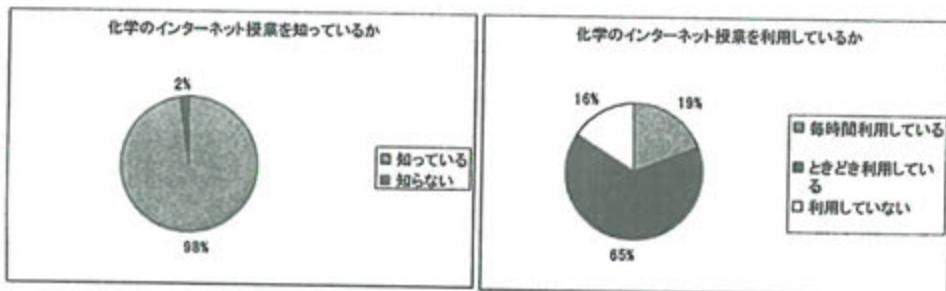
また、実験のページには、実験のポイント（結果の要約）のコーナーを設置した。概ね、これらのコーナーは好評であった。

今日の実験のポイントは、次の通りです。

- 同じ濃度なのに、塩酸と酢酸ではpHが違います。塩酸の方がpHは小さくなっています。また、塩酸の方がMgの反応が激しく、電気伝導性も大きくなっています。
- 同じ濃度なのに、水酸化ナトリウムとアンモニア水でもpHが違います。水酸化ナトリウムの方がpHは大きくなっています。また、水酸化ナトリウム水溶液の方が電気伝導性も大きくなっています。
- 酸や塩基などは共通した性質をもっていますが、pH、金属との反応性、電気伝導性などに違いが見られます。

## (2) 高IIの利用状況

化学選択者のうち、筆者が担当している生徒に対して調査し、62人から回答を得た。調査結果は、次の通りである。

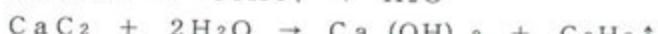


筆者は、この学年を昨年度担当していなかったため、4月の最初の授業で、化学のインターネット授業について簡単に紹介した。

概ね、高Iの結果に似ている。授業中に、ときどきインターネット授業をプリントアウトしたものを見かける。

高IIでは、生徒実験が多いため、実験のページの利用率が高い。中でも、考察や実験のまとめなどが好評であった。

1. エチレンとアセチレンの発生反応は、



2. メタン、エチレン、アセチレンの完全燃焼の化学反応式は、



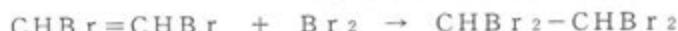
3. エチレン、アセチレンと臭素との反応は、



(1,2-ジブロモエタン dibromoethane)



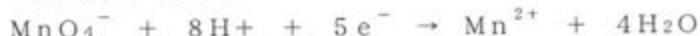
(1,2-ジブロモエチレン dibromoethylene)



(テトラブロモエタン tetrabromoethane)

4. メタン、エチレン、アセチレンのうち、硫酸酸性過マンガン酸カリウムによつて酸化されやすいものは、

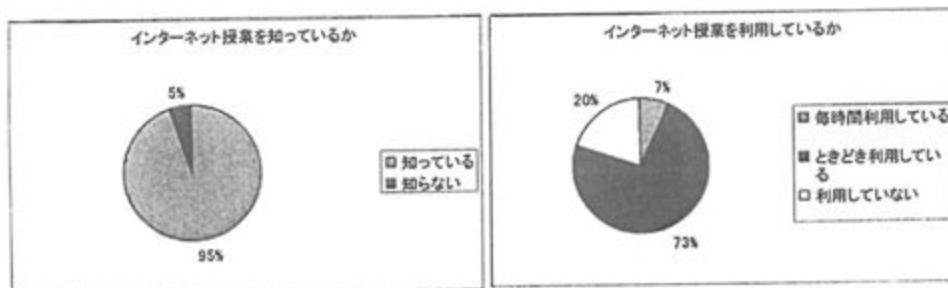
エチレン、アセチレン



ただし、マンガン原子が酸化数 +4 で止まれば、 $\text{MnO}_2$ になります。

### (3) 高Ⅲの利用状況

理系化学選択者に対して調査した。理系の生徒のうち、44 人から回答を得た。調査結果は、次の通りである。

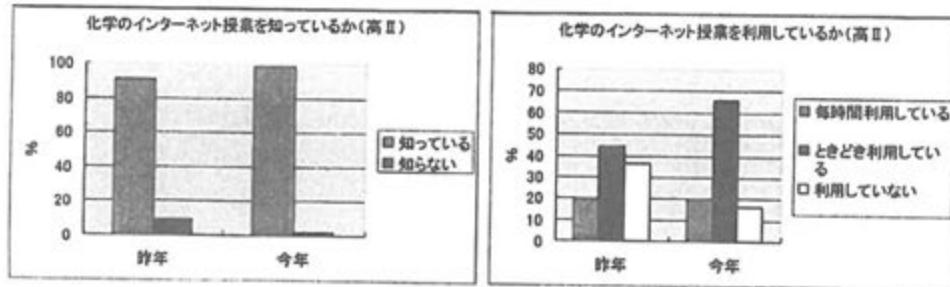


この学年は、昨年度も化学を担当した。そのときのインターネット授業の利用率は 81% であった。今年の利用率もほとんど変化していない。

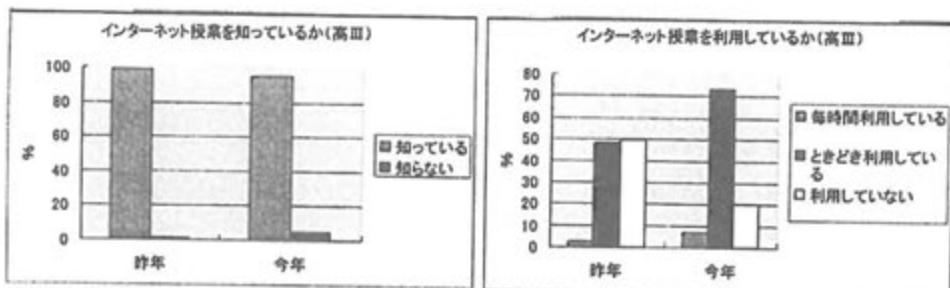
高Ⅱの 3 学期から高Ⅲの 1 学期にかけて、有機化合物や高分子化合物を扱ったが、化学のページには、有機化合物データベースのコーナーを用意した。このコーナーでは、授業で扱う有機化合物の分子モデルを検索できるようにしている。このコーナーを利用している生徒もいた。

### 2. 昨年との比較

昨年は、高Ⅱと高Ⅲの生徒に対して、同様の調査を行った。昨年の調査結果と比較してみる。



高IIでは、明らかに化学のインターネット授業の利用率は上がっている。特に、ときどき利用していると答えた生徒が増加している。



高IIIでもインターネット授業の利用率は上がっている。昨年は約50%の利用率であったが、今年は約80%に達した。

#### IV おわりに

化学のインターネット授業をはじめて2年がたった。1年目のページよりも見やすくなつたつもりである。特に、図や写真を多く入れるように工夫した。また、有機化合物データベースのコーナーも設置した。このコーナーは、有機化合物の学習に役立つものと確信している。

なお、化学のインターネット授業は、本校のホームページ (<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/index.html>) の各教科のページ理科→化学科→「岡 博昭のページはここをクリック」の順にクリックしていただくと入れます (<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/okaindex.html>)。また、本校のホームページの教官紹介からも入れます。是非一度ご覧ください。

#### 参考文献

本校研究集録 インターネット授業－高III、高II化学を中心に－ 46集 (2004年)  
p.109～129

本校研究集録 MOPACでつくる分子モデル－分子モデルのデータベース化－ 46集 (2004年) p.89～108

高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 平成11年12月 文部省

**summary:**

I introduce a chemical class to the public on the Internet. It found that about 80% of the students of the 1st grade of this school were using a chemical Internet class. And, it found that about 80% of the students of the chemical choice person of 2, the 3rd grade were using a chemical Internet classes.



# バイオテクノロジーを視野に入れたカリキュラム開発 —中学校での発展的学習として—

にし　　のぶ　　すけ  
西　　庸　扶

Curriculum development in view of biotechnology

— Progressive study at junior high school —

NISHI Nobusuke

抄録：社会において、バイオテクノロジーの発展はめざましいものがある。本研究においては、中高一貫校の特色を生かし、中学校での発展的学習として、微生物とオールドバイオに関する内容を理解させるとともに、高校段階でのバイオテクノロジーの実験の基本的操作を習熟させることを目的としたカリキュラムを提案している。授業を実施した結果、身のまわりに微生物がいることを実感させることができた。

キーワード：バイオテクノロジー、カリキュラム開発、バイオリアクター、微生物、培養

## 1. はじめに

社会においては、バイオテクノロジーの発展は、めざましいものがあり、それを無視して、現在の中学校での生物教育を考えることは難しいのではないだろうか。バイオテクノロジーとは「バイオロジー（生物学）」と「テクノロジー（科学技術）」を合成した言葉で、日本語では「生物工学」や「生命工学」などと訳される。この言葉自体は1980年頃から使われ始められたものである。しかし、昔から作られている、ビール、ワイン、酒、納豆、味噌、パン、チーズなどの発酵食品、農作物の育種などの品種改良もバイオテクノロジーであるし、20世紀における、発酵技術を応用した、クエン酸やアミノ酸、抗生物質などの生産もそうである。これらは一般的に、「オールドバイオ」と呼ばれている。

それに対して、1970年代以降には、遺伝子組換え技術、細胞融合、組織・細胞培養など実用化した技術が急速に発展した。これらは「ニューバイオテクノロジー」と呼ばれ、最近では、遺伝子治療、クローン技術など、様々な分野での応用が進んでいる。

このようなバイオテクノロジーの世界で特に活躍しているものが微生物である。微生物を利用した微生物反応と工場で行われる合成化学反応をくらべれば明らかであるが、微生物を利用することで、常温常圧で効率よく反応する。微生物はこのような特性をもつて、化学変化において旧来からよく利用されている。

微生物の生体触媒を使って物質の合成・分解を行う手段もしくはそれを行う反応器をバ

イオリアクターとよんでいる。今回は、微生物をバイオリアクターとしてとらえさせることを目的としてカリキュラム開発を行った。

一方、ここ数年、スーパーサイエンスハイスクール等では、バイオテクノロジーに関する授業を大学との協同で行ったり、バイオラッド社からさまざまな実験キット等が発売されたり、また、小中高の学校を対象にバイオ教育をアウトソーシングする会社もあらわれてきた。現在、大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎でも、生物の授業を選択した生徒が、発展的な学習内容として、遺伝子の組み換え操作による形質発現の実験等を行っている。これは、社会におけるバイオテクノロジーの発展を考えると当然のことといえる。附属天王寺中学校の生徒のほとんどが附属高校天王寺校舎に進学することを考えると、中学校段階から、微生物の取り扱い等、徐々に学習していく必要性を感じられる。

## 2. 中学校段階での学習指導要領からみた微生物の取扱い

一方、中学校段階では、学習指導要領において、

〔1年生の第2分野 (1)植物の生活と種類〕においては、顕微鏡などの観察用具の操作を習得することを目的として、水中の微小生物が簡単に取り扱われている。

〔3年生の第2分野 (7)自然と人間〕においては、微生物の働きを調べること、また、微生物を栄養摂取の面から相互に関連付けてとらえることを内容としている。また、学校周辺の自然環境を直接調べたり、記録や資料を基に調べたりする活動などを適宜行うことが要求されている。

しかし、啓林館の教科書2分野下を参考にすると、土の中の微生物を物質循環の担い手として簡単に学習する程度であるし、微生物の有効性についても、発展的な読み物教材として、下水処理所で行われている活性汚泥を使った水の浄化について紹介されている程度である。一方、〔3年生の第1分野 (7)科学技術と人間〕では、科学技術の進歩による成果として新素材などの利用が行われ、日常生活が豊かで便利になったことを知ることが内容としてあげられているが、バイオテクノロジーについては触れられてはいなかった。お酒、お酢、醤油、味噌などの発酵食品や調味料など、微生物でつくられたものは身近にある。このことから、微生物の学習は、中学校段階での発展的な学習として、十分位置付くものと考えられる。

## 3. 生徒の認識

微生物と聞いて何を思い浮かべるかを中学校3年生（男子20名女子19名 計39名 食物連鎖については未習）に質問したところ以下の円グラフ（図1参照）のようになった。中学校1年で学習した池の水の顕微鏡観察で学習したプランクトンを強くイメージしているようである。一方、未習である食物連鎖の一部であるというとらえ方をしている生徒も多いことがわかった。

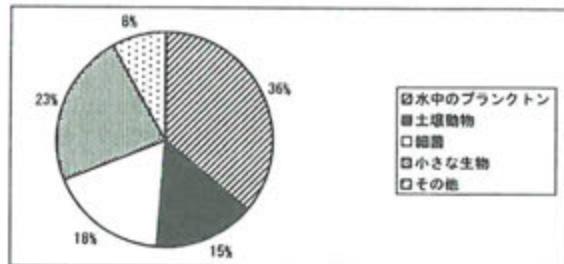


図1 微生物と聞いて何を思い浮かべるか。

その他、この認識の類型に従って、その特徴を追ったところ、基本的には、下の①～③の類型があることが、わかった。

①微生物と聞いて水中のプランクトンをイメージする生徒は、微生物を、あまりきれいなものとは思っていない。また、呼吸をしていることはわかっていても、有機物を無機物に分解しているという見方はあまりできていない。

②微生物と聞いて、土壤動物をイメージする生徒は、食物連鎖との関係がいくぶん理解されているものの、微生物があまり役立つものとは考えていない。

③微生物と聞いて細菌をイメージする生徒は、微生物をきれいなものではないが、比較的役に立つものであると認識している。

あと、それ以外に

④微生物について小さな生物であるという漠然としたイメージしかもてなかつた生徒は、呼吸や物質の出入りについてもはっきりと理解できていなかつた。

全体的には、

- ・微生物は呼吸していると考えながらも、無機物をつくっていないと考えている。
- ・いろいろな微生物が存在すると知っていることから、有機物をつくる微生物も存在するだろうと考えている。

上記のように考えている生徒も多く、知識も非常に貧弱なものであった。

#### 4. カリキュラム開発

##### (1) ねらい

微生物を、生物であるということを意識付けながら、さまざまな物質をつくり出す工場のようなはたらきをするものとして、理解させることをねらいとする。そして、その中でも下記の点に留意して、観察・実験中心の中学校3年生を対象にした発展的学習としてのカリキュラム開発をめざす。

○高校でのバイオテクノロジーに関する生物の授業の実習につながるように配慮すること

- ・実験の基本操作の習得（実験器具、滅菌の方法等）

○微生物が身近な生物として理解できるようになること

- ・微生物も生物であることということ
- ・身の回りには多くの細菌が存在すること
- ・病気のものになるような細菌もあれば、治療するための薬をつくり出す細菌もあること
- ・微生物が、社会でどのように役立っているのか理解できるように配慮すること

○できるだけ体験させ、実感をもてるような実習をふくむこと

○仮説を立てて実験させることが難しい場合は、ものづくり等をくわえることで興味や関心を持続させたい。

## (2) カリキュラム

第1次 微生物とは・・・・・・・・ 1時間

- ・分解者としての微生物
- ・微生物の分類
- ・微生物の危険性

第2次 身近にいる微生物・・・・・・・ 3時間

その1 培地づくり

- ・ブイヨン培地、その他の培地
- ・滅菌、殺菌、除菌、消毒とその意味

その2 土の中の微生物

- ・土の中の微生物の培養
- ・操作と手順

その3 コロニーの観察

- ・コロニーの計量
- ・コロニーの観察

第3次 微生物の活用・・・・・・・・ 4時間

その1 微生物の観察

- ・染色
- ・細菌、カビ、酵母の観察

その2 バイオリアクターの製作と利用

- ・酵母のはたらき
- ・酵母のバイオリアクターの製作
- ・酵母のバイオリアクターの観察と考察

第4次 バイオと私たちの生活・・・・ 1時間

- ・細菌と食中毒、病気、薬品、発酵

## 5. 生徒の変容

一連の授業を行った結果、表1のすべての項目において、微生物についての理解が深まったことがわかる。空気中や土壤中にいる微生物を培養し、コロニーを観察したり、実際に、細菌などの微生物を観察することにより、微生物を身近な存在として、とらえることができるようになったものと思われる。一方、発酵の実験を行いながらも、微生物が役立つことや微生物が有機物をつくることは、あまり、理解できていないようである。これは、授業で行った実験においてアルコールの臭いをかがせることで確認させただけであったことやアルコールが役立つものであるという実感が乏しいことが理由として考えられる。

表1 生徒の変容

	授業前	授業後
①微生物は身近な存在である	93%	100%
②微生物は病気の元である	32%	46%
③微生物は役立つ	71%	79%
④微生物は呼吸している	89%	94%
⑤微生物は有機物をつくる	40%	63%

## 6.まとめ

今回は、[中学校3年生 第2分野 (7)自然と人間]の発展的学習として、カリキュラム開発を行った。本来であれば、3年3学期に行う内容なので、全員連絡進学できる中高一貫校では、取り組む価値のある内容である。普段は見ることのできない微生物の観察、数え方、コロニーの意味・・・どれをとっても生徒にとっては目新しいことであり、興味の持てる内容である。ただ、滅菌操作については、どうしても煩雑になり、精度については班によってかなり差が出た。定量的な実験を行う前には、定性的な実験をしっかりと行う必要を感じた。また、酵母のバイオリアクターは、ただ作らせてただ観察させるだけでは惜しい教材である。今回は時間的な制約もあり、教師主導の展開を行ったが、このバイオリアクターを用いて実験を考えさせたりして探究活動を深めさせる内容のカリキュラムを開発するもの生徒にとって探究心のもてる内容だと思われる。酵母としてだけではなく、呼吸を確認させるため手軽に行える実験として、このバイオリアクターは有効であろう。

## 参考資料

### 細菌用培地〔ブイヨン培地〕

目的 直径9cm深さ2cmのシャーレで平板培地を5枚つくります。

1枚につき20cm<sup>3</sup>必要なので、100cm<sup>3</sup>つくります。

準備物 肉エキス、塩化ナトリウム、ペプトン、蒸留水、水酸化ナトリウム水溶液、ガラス棒、ビーカー、てんびん、軍手

### 方法

①肉エキス1g、塩化ナトリウム0.5g、ペプトン1g、蒸留水100ml、寒天2gを200mlのビーカーに入れゆっくり加熱し十分に溶かす。

②ガラス棒で、培地の液をBTB試験紙につけpHを調べる。pHが7.2より低い場合は、1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を少量くわえる。これを何度も繰り返し、pHを7.2にあわせる。

③できあがった培地を5つのシャーレに分け入れ、オートクレーブにかける。

④できあがった培地はすぐに利用するのがよいが、2~3日程度なら冷蔵庫に保管できる。

### プレパラートのつくり方(細菌の場合)

①試料(水でうすめたものでもよい)を時計皿に取り、エタノールを10滴加え、よく混ぜる。

- ②試料液①を、スライドガラスに爪楊枝で円を描くように数回塗抹し、乾燥させる。
  - ③乾燥したら、スライドガラスを水平にしたまま、アルコールランプの炎の中をさっと3回ほど通過させる。
  - ④塗抹面を覆うように染色液をたらし、約1分間染色する。
  - ⑤染色液を流した後、スライドガラスの裏面から水道水をあてて余分な染色液を洗い流す。
  - ⑥塗抹面に水を1滴落としてカバーガラスをかけ、100倍程度でピントを合わせてから400～600倍で観察する。
- ☆染色液は、今回はメチレンブルーを使う。メチレンブルーは、核・細菌・血球の染色、神経細胞や液胞の生体染色に使われる染色液である。

#### 酵母の顕微鏡観察

目的 酵母を顕微鏡観察する

準備物 A液（酵母3gとショ糖1gと水60gを混ぜ38℃程度で15分程度おいたもの）、スライドガラス、カバーガラス、ガラス棒、顕微鏡

#### 方 法

- ①A液をガラス棒につけ、スライドガラスにぬり、カバーガラスをかけて顕微鏡で見る。

#### 酵母のバイオリアクターの作成

目的 酵母のバイオリアクターを作成する。

準備物 酵母（ドライイースト）、ショ糖、ビーカー、ガラス棒、水浴、温度計、アルギン酸ナトリウム水溶液（2%）

#### 方 法

- ①約60mlの酵母の観察でつかった液（A液）に2%アルギン酸ナトリウム水溶液（B液）60mlを加え、よく混ぜる。
- ②500mlのビーカーに、2%塩化カルシウム水溶液を300ml入れ、そこへ、①の液を10mlのピペットで滴下する。このとき、塩化カルシウム水溶液をかき混ぜながら、行う。

#### 酵母のバイオリアクターの利用

目的 酵母のバイオリアクターを利用する。

準備物 酵母のビーズ、1.5%ショ糖水溶液、脱脂綿、100mlの三角フラスコ

#### 方 法

- ①てんびんに薬包紙のかわりにろ紙をのせ、酵母のビーズを1.5gはかりとる。
- ②そのビーズとショ糖水溶液60mlを100mlの三角フラスコの中へ入れ、綿栓をする。

## 遺伝子工学実習の取り組み（III）

—バイオテクノロジーを手法に生命現象を解明する探究活動の教材開発—

もり　なか　とし　ゆき  
森 中 敏 行

Trial of Laboratory Experiment on Gene Engineering

For High School Students (III)

Teaching-materials development of the research activities which solve  
life phenomenon by biotechnology

MORINAKA Toshiyuki

抄録：高等学校における遺伝子工学実習の教材開発に取り組み、実践を行ってきた。これらの実習は分子生物学への興味関心を高め、理解を深める点ではとても有効であった。しかしこれらの実習は、技術の習得に終始してきた。そこで、実習の過程で習得した技術を用いて、生命現象を解明する探求活動の教材開発に取り組んだ。本論文では、サテライトコロニーをテーマとした実践を報告する。また、設備面や時間的制約が厳しい高等学校において、コンピューターの活用は、とても有意義だったので加えて報告する。

キーワード：遺伝子工学実習、サテライトコロニー、実践報告、探求活動

### 1. はじめに

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・クローリ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従う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

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、雑多な学問的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ることが必要であると考える。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。

しかし、指導要領下での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%程度であるらしい。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、生命倫理との関係で、理系進学生徒よりむしろ文系進学生徒にとって重要であると考えている。

## 2. 本校での取り組み

本校では平成16年入学生（現高一）から一年生で理科総合Bを1単位、二年生では生物I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。

そこで生物科では、文系進学生徒もより多く選択している高校二年生の生物Iの段階、（2004年度の二年生では51%が生物Iを履修している）「メンデル遺伝」に引き続いで、「遺伝子の本体」から連続して生物IIの範囲のDNAの学習を進めている。そのため、本来、生物Iで行わなければならない「環境と動物の反応」、「環境と植物の反応」の分野は、積み残しとなり、三年生で扱う。

一方、ES細胞、クローン生物、ヒトゲノム計画や遺伝子治療などのマスメディアを通して、理系にかぎらず文系の高校生にとっても、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、ここ数年は希望者が多数のために、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が多く、ほとんどの場合、知識や技術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。

しかし、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こ

なかった。実施が困難な理由は、概ね次の6点にあると思われる。

- 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と時間を要する。
- ⑥ 近年の発展が著しいために指導者に技術が乏しい。

これらの点を克服することにより、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となるように教材開発に取り組んできた。

### 3. 本校での遺伝子工学実習

本校では、現在、高校二年生で講義と平行して、以下のカリキュラムで実習を進めている。ただし時間の都合で、実習Ⅰは実習Ⅳの過程に組み込んだり、実習Ⅱは実施しない年もある。

#### 実習Ⅰ. 大腸菌の培養実験・コロニーの観察

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つはアンビシリン (抗生素質) を含み、他方はアンビシリンを含まない。その結果、アンビ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。生じたコロニーおよびその菌体を染色後、顕微鏡観察を行う。

#### 実習Ⅱ. 大腸菌のDNA抽出実験

コロニーを集め、大腸菌からDNAを抽出する。

#### 実習Ⅲ. 制限酵素によるDNA切断実験および電気泳動実験

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。

##### 1) ドライラボ (コンピューターシミュレーション)

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。ワープロソフト (Word) を用いて、制限酵素による認識部位を検索し、制限酵素地図を作成する。さらに、この図から、電気泳動を行った場合の予想図を描く。

##### 2) ウエットラボ

pUC19を*Hinf* Iで切断し、アガロースゲル電気泳動を行う。マーカーとして、 $\Phi$ X174-*Hae*IIIを用いた。

#### 実習Ⅳ. 形質転換実験

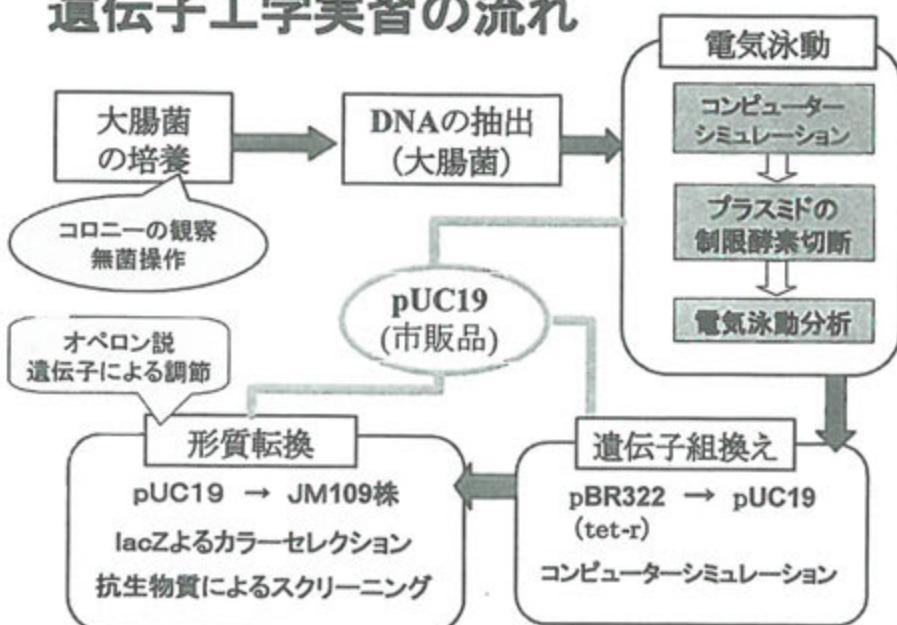
液体培養している大腸菌 (JM109 株) を  $\text{CaCl}_2$ で処理をし、コンピタントセルを作成する。その中にpUC19を混入して、大腸菌内に取り込ませる。その後、アンビシリンを含む寒天培地にまくと、アンビシリン存在下でも生育可能となり、形質転換されたことを確認する。また、pUC19にはlacZも挿入されているので、誘導物質のIPTGとX-galを

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、転写調節の機構（ラクトースオペロン）も理解する。

#### 実習V. 遺伝子組換え実験

pBR322 に存在する *tet<sup>r</sup>* を制限酵素で切り出し、pUC19 に挿入して組換えたプラスミドを大腸菌に取り込ませ、テトラサイクリン耐性の大腸菌を作成し、その評価を行う。

## 遺伝子工学実習の流れ



#### 4. 実習後の生徒の感想

##### 実習I. 大腸菌の観察

他の実習では目に見えないものを扱っていたけれど、実習Iでは実際に大腸菌を見ることが出来て、私たちが行っている実習がどんなにミクロなものかを実感した。顕微鏡の一番大きい倍率で見てもあんなに小さかったのに、そこにさらに小さいpUC19が入るのを思うと、そんなに小さな世界のことを考えて、実験して、その行動や働きを知ることができるのはおもしろいと思う。

いろいろな実習で利用される大腸菌を実際に自分の目で見ることができてよかった。  
大腸菌とはこんなにも小さい物なのかと改めて感じた。対物レンズを40倍にしてのぞき込む時、どんなにすごい映像が飛び込んでくるのだろうとワクワクしていたが、大腸菌は米粒の3分の1ほどの大きさにしか見えなかつたために拍子抜けした。むしろ、初めはあまりの小ささにそれが大腸菌だとは思えなかつた。後から考えてみると、私の期待していた映像というのは「図説生物」に載っている細胞の断片の模式図のような映像であり、そもそも顕微鏡は光学顕微鏡だったので、あり得ないことだった。

##### 実習III. 制限酵素によるDNA切断実験および電気泳動実験

###### 1) ドライラボ (コンピューターシミュレーション)

・ これをやっているときは、何をやっているのかいまいちわからなかった。コンピューターを扱うだけで精一杯だった。こうして、目に見えない小さいものを、コンピューターと資料と原理を使って扱うのは、何だか実感がなくて、漠然としているけれど、そうして目に見えないものを想像するのはおもしろいと思った。それに、私たちはこうしてコンピューターの機能や技術を使って、プラスミドと同じことをするけれど、プラスミドは、この作業をもっと速く正確に行うことができるはすごいと思った。プラスミドの1つの配列から、制限酵素を使って予想電気泳動図や制限酵素地図などが分かって、こんなa・g・t・cの4つのアルファベットの並び方からいろいろなことに広がって、いろんなことが考えることができるなんて、生物の仕組みは本当によくできていると思った。

レポートを作成するにあたって、制限酵素について調べて、大腸菌は自分のDNAの染色体を、メチル化によって守り、そして制限酵素をもつことによって外敵からも守ることができて都合よくできているなあと思った。プラスミドも運び屋として、抗生物質耐性として、しかも遺伝子の情報を発現させる働きまでもつていて、便利だと思った。これらの発現でバイオの世界が一気に広がっただろうなあと思う。

コンピューターを使っている時はよく分かっていなかつたけれど、今見直してみると、コンピューターでシミュレーションすることによって分かりやすく、次の実習2)の原理を理解する上でいい方法だと思った。

・ コンピューターを使ったシミュレーションは以降の実験を理解・推測する為にとても役立った。塩基配列を検索している時はそれがどういう意味を為しているのかがよく解つていなかつたが、予想電気泳動図や制限酵素地図を書くために整理することでそれらの値が何を意味しているかが理解できた。それを理解できたとき、自分やその他の動物の個々の細胞は、形質転換してはいないもののなんと複雑なことを行って自らを複製していくのだろうと思った。感動というよりむしろそのすごさに圧倒されていた。

その他にも、特にこの実習に関して印象的だったのは、「制限酵素の種類」についてだ。調べる前の段階では、制限酵素の働き方は切れる位置が違うだけでどれでも大差ないと思っていた。ところがそれは間違いで、制限酵素には三種類の系統があり、それぞれ異なる特徴を持っていることを知った時は、生物の多様性ということについて考えてしまった。

## 2) ウエットラボ

・ 実習の内容を、よく分からぬまま行ってしまった。なんなくは分っていたけれど、結果がどうなるか、それも分らないままやったので、もったいないと思った。あとから見直してやっと理解した。

電気泳動の結果が、予測のものとほぼ一致したのがよかったです。電気泳動を行うためには、バッファーや染色液などと、いろいろな薬品や作業が必要で、なかなか大変だと思った。それぞれの断片が網目にひっかかるて長いものと短いものの区別がつくというのは、よくできた仕組みだと思った。

結果のマーカーの泳動パターンからグラフをつくって、pUC19の断片をグラフから求めた塩基対数とコンピューターシミュレーションによる予測結果と比べるまでの作業がややこしかった。

・ プラスミドに制限酵素を加えて切断しそれを電気泳動しただけなのに、どうしても形質転換した大腸菌を培養して電気泳動したようなところもちになってしまふ。マーカーを

もとに電気泳動写真の模式図を書くのは楽しかった。また、その模式図と実験の結果図を比較する段階で、シミュレーション結果とほぼ同じ結果が現れた時も、そのような結果が出ることはある意味で当たり前のことではあるがとても興奮していた気がする。

また、この実習では、初めて扱う道具類たくさんあった。マイクロビペットはどうしてあんなに少ない量を正確に計ることができるのが不思議だ。繊細な道具であると聞いたので、目盛りのあわせ方、ボタンは最後まで押すのか浅く押して止まるところまで良いのかなど、機械ごとに扱い方が正しいのか不安で初めの方は何度となく説明のプリントを読んでいた。

#### 実習IV. 形質転換実験

・ それぞれのコロニーで、その結果を考えるのが楽しかった。それに、結果がほぼ一致したのでよかった。いろいろな原理があって、その原理に基づいて何が何によってどうなるという筋道を立てて、一つのストーリーのようなものを作り上げて結果と予測と比べるのはおもしろい。

これも実習をしているときはいまいち分っていなかったけれど、レポートを作成していく中で、きっちりと理解でき、理解できると、こうやって筋道を立てて考えることがとても楽しくなった。オペロン説は、図にして説明がよく分るけれど、実際の世界ではどのようにになっているのか分子の動きを直接見てみたいなあと思った。

・ 実習の中でもっともフクザツであったが、もっとも充実感があった。待ち時間が長かったこともあり、実験と同時並行で操作の意味を考えられた。模式的には分かっていても、目の前のウォーターバスの中、目には見えないが本当に形質転換が起こっているというのはとても不思議だった。

実習IVも実験の予測と結果が一致したので嬉しかった。しかし、この実験ではコロニーの数や大きさについて意外な結果が得られた。とも言える。予測の段階では、青色チューブから amp(−) ヘスプレッドされた大腸菌のコロニーは赤色や黒色の amp(+) と同じくらいの量のコロニーが発生すると思っていたが、実際は他の amp(−) の培地よりもコロニーの数が少なかった。考察によってその原因は明らかになったが、結果を見た瞬間の感想を言えば、「意外、なぜなんだろう？」のひとことに尽きる。

#### 全体をとおして

・ 実習をしているときは、本当にほとんどよく分らない状態でやっていたので反省した。でもレポートを書いていると、どんどん分ってきて、“勉強不足だったんだなぁ”と思った。分ると、とても楽しくて、やることやることの一つ一つに納得して、感心したり、感激したりした。

実習やレポートは大変だったけれど、楽しかった。いろんな発見があっておもしろかった。難しいけれど生物は好きだなあと実感した。

・ 実習Iで、培養した大腸菌をプレバラートに載せる時、初めて大腸菌に匂いがあることを実感した。今まで無臭だと思っていたので、それは大発見だった。また、基本的にどの実験も面白く、自分なりに深く考察してその事象を捉えられたと思う。

マイクロビペットなど、器具の操作にも、ある程度慣れることができた。

また、直接実習とは関係ないが、電気泳動で用いる染色液、エチジウムプロマイドが何故発ガン性を持っているのかということが気になる。きっと、インターラントして染

色することに原因があるのだろう。DNA にとっては、染色液に無理矢理 2 本鎖の塩基と塩基の間に入り込まれるのだから、染色された細胞が増殖した時に異常が現れるのは当然ともいえると思った。

このレポートの考察は、本当に苦労して考えたけれど、それを考えるために様々な資料を読んだことで、実習だけを行った状態では到底知り得なかったことを沢山知ることができた。試行錯誤してきたので、これらの実習に関する事柄の知識がある程度自分のものになった気がする。これは、質問された時に口頭説明できたことで実感した。

## 5. バイオテクノロジーを授業で扱うことへの疑問

実習を通して、遺伝子工学の基礎的操作方法とその原理は習得させることができた。また、生徒の実施後の感想からもそれなりに評価されていることが分かる。実習後、この方面への進路希望者が増加することも、例年の傾向である。

また、教育目的の遺伝子組換え実習の実施が 2002 年から認められ（平成 14 年文部科学省告示第 5 号）、高等学校での実施が可能となった。それに伴い、海外で販売されていた高校生向けのバイオテクノロジー実験キットが、日本でも使用され始めた。（pGLO バクテリア遺伝子組換えキット [Bio-Rad 社] などが代表的なものである。）本校でも、土曜休業日を利用して、高校一年生の希望者を対象に、これらのキットを用いて、体験的なバイオテクノロジー実験を行ってきた（2003 森中）。これらのキットは、完成度が高く、教師向けだけではなく生徒用のテキストも備わっており、手軽に遺伝子操作が体験できる。また参加した生徒達にも好評である。

しかし、これらの実践をしながら、「バイオテクノロジー」を授業で扱うことに疑問を感じ始めた。「1. はじめに」で述べた分子生物学やバイオテクノロジーの基礎・基本の知識や考え方を高等学校で習得する必要性、また、それらの実践においては実習が必要不可欠であることにもなんら搖らぎはない。問題は、「3. 本校での遺伝子工学実習」で紹介した実習内容にある。ここで扱う実習は、すべて「分子生物学」や「分子遺伝学」の最も基礎的な内容ではあるが、その技術のみを取り扱っているところに疑問を抱き始めた。つまり技術としての「バイオテクノロジー」に終始している点である。もちろん技術は、「分子生物学」や「分子遺伝学」の原理に基づいており、技術を習得することで理解は深まるに違ひはないのであるが。

生物学において、顕微鏡の操作技術は必要不可欠である。そのため顕微鏡操作の手法は、授業の最初の段階で習得させる。その目的は、その技術を用いて生命現象をより理解するためであり、あくまでも手段に過ぎない。つまり実習で行っている内容は、顕微鏡の操作技術と同様の「バイオテクノロジー」であり、あくまでも手段にすぎない。重要であるのは、それらの技術を用いて、生命現象を理解することにある。

## 6. バイオテクノロジーを分析手段とした探究活動

そこで、バイオテクノロジーを分析手段として、探究活動が可能な教材開発に取り組むことにした。教材化においては、以下の 2 点に留意した。

- 1) 探究活動のテーマは、実施している実習内容の中で見出せるものを扱う。
- 2) 分析に用いる手法は、実施している実習内容で習得したものを使う。

現在実施している実習内容と関連付け、流れの中に位置付ける教材を開発することとした。

そこで、探究活動のテーマとして、サテライトコロニーを取り上げ、教材の可能性を探った。

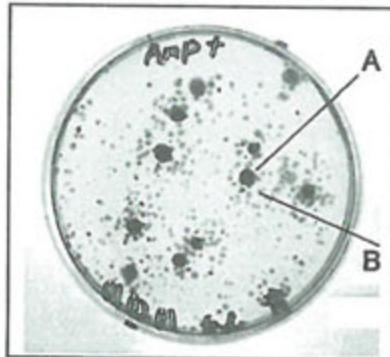
形質転換実験では、pUC19 ( $\text{amp}^r$  と  $\text{lacZ}$ ) を大腸菌 (JM109 株) に注入する。しかし形質転換率は数パーセントと低く、ほとんどが注入されない。注入されなかつた大腸菌は、 $\text{amp}^r$  や  $\text{lacZ}$  を持たない。一方、注入された大腸菌では、その両者の遺伝子を合わせて有す形質転換体になる。

そのため、アンビシリン・IPTG・X-gal を含む培地では、 $\text{amp}^r$  を持つ大腸菌のみが生育でき、また生じたコロニーはすべて青色となるはずである。

$\text{amp}^r$  は、 $\beta$ -ラクタマーゼの遺伝子であり、この酵素は、抗生物質であるアンビシリンを分解する。そのため、 $\text{amp}^r$  を有する大腸菌は、アンビシリン存在下でも生育が可能となる。

$\text{lacZ}$  は、 $\beta$ -ガラクトシダーゼの遺伝子であり、乳糖分解酵素として働く。また pUC19 には  $\text{lacZ}$  の上流に転写調節を行うプロモーターとオペレーターを持っているため、誘導物質である IPTG と  $\beta$ -ガラクトシダーゼの基質である X-gal の両者が存在すると、 $\beta$ -ガラクトシダーゼが生成され、無色の X-gal が分解されて青色の 5-プロモ-4-クロロインジゴが生じるため、コロニーが青色になる。

確かに、形質転換後 1 日目は、青色のコロニーばかりが出現する。しかし、さらに同じプレートを培養し続けると、2 日目ぐらいから、青色のコロニーに混じって白色のコロニーが出現する。この白色のコロニーは、青色の大きなコロニーの周辺で小さなコロニーとして現れるため、サテライトコロニーと呼ばれている。



#### 大腸菌の形質転換実験

JM109 株に pUC19 を注入後、アンビシリン・IPTG・X-gal を含む寒天培地 37°C で 7 日間培養したものである（左図）。

大きな青色のコロニー (A) の周辺に、小さな白色のコロニー (B: サテライトコロニー) が見られる。

そこで、探究活動のテーマを、「サテライトコロニーはなぜ生じるのか。」と設定した。もし、① pUC19 を取り込んでいるとすれば、青色のコロニーになるはずである。もし、② pUC19 を取り込んでいないのならば、コロニーは生じないはずである。つまりこの①、②のどちらにもあてはまらない白色のコロニーが生じている。また、このコロニーは青色のコロニーより遅く生じるため、コロニーが小さい。

しかし、このテーマには、大きな問題点が存在する。それは、サテライトコロニーには、pUC19 が含まれていないことを証明する必要がある。生徒達がどのように方法を考案するか楽しみであるが、これはかなり困難なことである。そこで生徒の状況に合わせて、ヒン

トを与えるながら進めていくことにした。

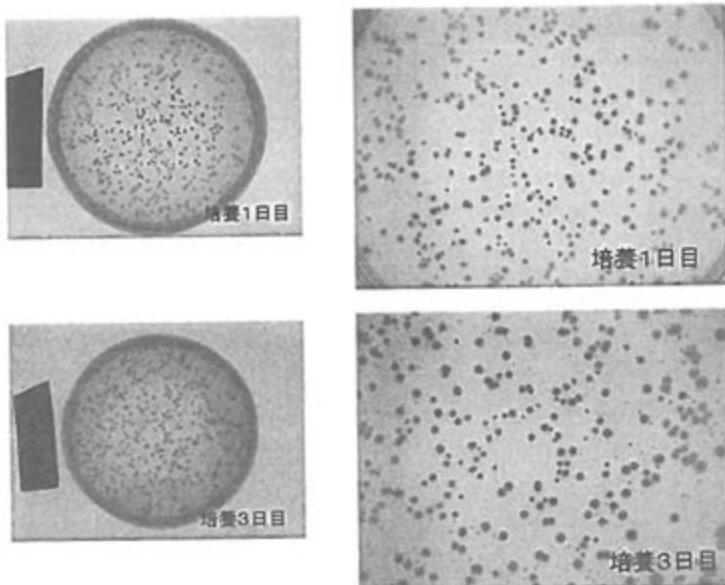
具体的には、amp'が存在するプラスミドを取り込んだ大腸菌とamp'を破壊したプラスミドを取り込んだ大腸菌を用いて、amp'が存在しなくとも、ある状況下では生育できることを証明する方向へ誘導しながら、探究的に展開したいと考えた。

## 7. 具体的な探究活動の展開

探究活動は、上記の実習Ⅰ～Ⅳの後に位置づけて、2004年度高校二年生生物選択者2クラス(合計82名)を対象に、授業実践を行った。ここでは5つの段階に分けて報告する。なお現在も進行中であり、第三段階まで終了している。

### 〔第一段階：問題の発見〕

【教師の活動】生徒の具体的活動としては、形質転換実験後の観察から始まる。形質転換後、1日目と3日目のコロニーの状態を観察させ、サテライトコロニーの存在に気づかせる。具体的には、各班で行なった培養3日目のプレートを観察させた後に、事前に撮影しておいた培養1日目の写真を配布して比較させた。



【生徒の様子】1日目と3日目をしっかりと観察させることで、「白色のコロニーが3日目だけに存在する」、「白色のコロニーは青色のコロニーと比較して小さい」、「白色のコロニーは青色のコロニーの周辺に存在している」、以上の3点に気づくことができた。さらに、直前に形質転換実験の結果をしっかりと観察させることで、アンピシリン・IPTG・X-galを含む培地は青色のコロニーが生じ、アンピシリンを含まず・IPTG・X-galを含む培地は多くの白色のコロニーと少数の青色のコロニーが生じることを理解させておいたことで、サテライトコロニーの存在に容易に疑問を感じ、問題意識を持つことができた。

探究活動において、生徒が課題を理解し、関心を強く抱くかが大きなポイントである。

その点においても、サテライトコロニーは十分に有効な題材であった。

〔第二段階：仮説の設定〕

【教師の活動】なぜ白色のコロニー（サテライトコロニー）が生じたのか。その原因について、問題点を次のように整理した。

- ①なぜ白色のコロニーとなったのか。
- ②なぜ3日目になって現われるのか、また青色のコロニーの周辺でのみ見られるのか。この2点に注目して、各班で議論し、仮説を設定させた。

【生徒の様子】生徒たちが設定した仮説は大きく分類すると以下の4通りであった。

1. 形質転換し、amp'を獲得したコロニーが、アンビシリン分解酵素（β-ラクタマーゼ）を生産したことにより、形質転換体の周辺のみアンビシリンが分解され、形質転換しなかった菌体が生育可能となりコロニーを形成した。
2. X-gal が最初に出現したコロニーにより、使いきられたために、後から形成したコロニーは、amp'や lacZ を持っているが、白色のコロニーとなってしまった。
3. 形質転換体から、非形質転換体に amp'のみが取り込まれ、lacZ は取り込まれなかったために白色のコロニーが出現した。
4. 出現したコロニーはすべて形質転換体であったが、lacZ の遺伝子に何らかの異常が生じて白くなった。

【教師の活動】生徒（班）の主体性や独自性を生かすことを重視する探究活動や課題研究を行う場合の最大の問題点は、実験準備や装置などが班毎で異なり、そのセッティングに多くの手間を費やすことである。特に、高価な薬品類を用いる遺伝子工学実習においては大きな問題点となる。また、今回は、できる限りクラス全体での議論を行う目的もあり、生徒が設定した仮説を以下の観点で整理した。

いずれの仮説においても、問題となる点は、サテライトコロニーに amp' が存在するか否かである。つまり amp' が存在することが確かめられれば、生徒が設定した上記の仮説の1は否定され、仮説の2～4は可能性が出てくる。一方、amp' が存在しなければ仮説の1の可能性はあるが、仮説の2～4は否定されることとなる。

そこで、生徒達にサテライトコロニーに amp' が存在するか否かを検証する方法を考察させることにした。ただし、amp' が存在しないことを検証することは不可能であることも加えて説明した。この場面設定を行ったことで、検証する方向は様々であるが、実験方法に共通の方向性を持たせることができた状態になった。

生徒達には各班で実験方法を検討し、後日プレゼンテーションを行い、その中から論理的に矛盾がなく、もっとも実施しやすい検証方法を全員で選び、全班でその方法に基づいて検証することを告げた。

【生徒の活動】生徒の中には、自分たちが考えてきたことと異なる方向性へ誘導されたことで困惑するものもいたが、班単位で実施したことにより、互いに理解を助け、また議論することで理解が深まった。

さらに教師からの助言により、サテライトコロニーに amp' が存在するか否かを検証する方法から、amp' が存在していないことが明らかなものが、サテライトコロニーになりうるのかを検証する方法に変更した。

そこではほとんどの班が pUC19 から制限酵素で amp' の配列を切り取り、残った配列を

結合させて環状に戻したプラスミド(pUC19-amp<sup>r</sup>)を用いて形質転換すればよいことに気がついた。

しかし、これでは耐性遺伝子を取り除いたため、(pUC19-amp<sup>r</sup>)を取り込んだ形質転換体と取り込まなかった菌体との識別が不可能であることを、教師から指摘された。

そこである生徒が、(pUC19-amp<sup>r</sup>)プラスミドに新たに別の耐性遺伝子、たとえばtet<sup>r</sup>を組み込めばよいことを提案した。

この発想は、突然生じたものではなく、探求活動の前に実施した実習V、遺伝子組換え実験がうまく活用されている。もし、この実習Vを実施していなければ、そのような発想は生まれてこなかつたのではないかと思う。

ここまで班での議論と全体での議論を交互に使い分けて実施してきた。ここからは各班で検証実験の計画を行った。

#### 〔第三段階：実験方法の検討〕

【生徒の活動】この段階から具体的な実験方法の検討を、班毎で始めた。どの制限酵素を用いてamp<sup>r</sup>を切り取ればよいのか。一方、pBR322からいかにしてtet<sup>r</sup>を切り取ればよいのかの検討が始まった。目指すはpUC19からamp<sup>r</sup>を切る抜き、さらにtet<sup>r</sup>を組み込んだプラスミド(pUC19-amp<sup>r</sup>+tet<sup>r</sup>)の作成である。

具体的な手法としては、実習VでおこなったNEBcutter2を用いた制限酵素探しである。詳細は、後の【資料-1】で述べる。

さらにプラスミド(pUC19-amp<sup>r</sup>+tet<sup>r</sup>)を形質転換した菌体のスクリーニングの方法も検討する必要がある。

これらの作業中にあるグループが、amp<sup>r</sup>を切り抜かない方法を思いついた。以前にpUC19の説明時に、lacZの中にマルチクローニングサイトがあり、その意味を教えたことが生かされたものである。つまり、amp<sup>r</sup>の配列中に、tet<sup>r</sup>を組み込むことで、amp<sup>r</sup>の働きをつぶし、tet<sup>r</sup>を働かせようとしていた。

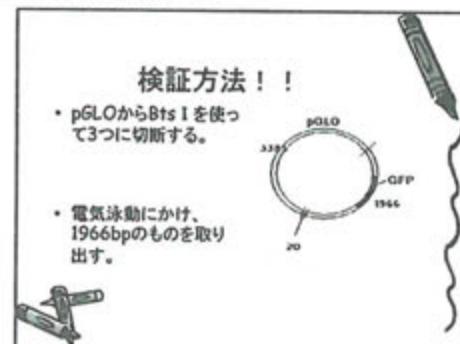
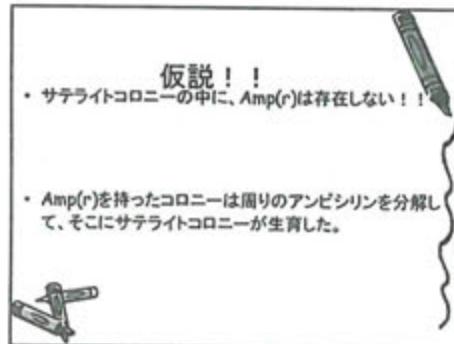
【教師の活動】この段階で心掛けていたことは、各班での情報をできるだけ共有化させることと、理解が進んでいないグループへの助言であった。

また、スクリーニングについても、抗生素による方法よりもっと容易に行える方法の検討も示唆した。

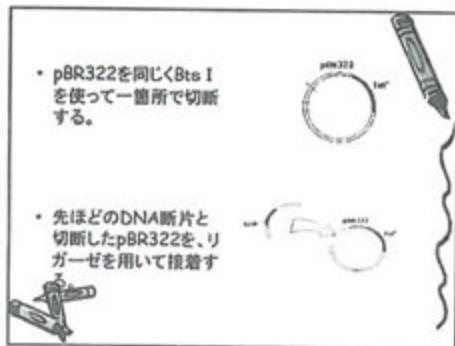
【生徒の活動】教師の助言の結果、あるグループはオワンクラゲの蛍光タンパク質(GFP)の遺伝子を組み込むことを思いついた。GFPを組み込むという生徒の発想には2つの伏線があった。1つは、毎年、高校一年生の希望者を対象に土曜休業日に「分子遺伝学入門」(2003森中)と題して、Bio-Radのキットを用いた実験講習会を行っている。このプログラムの中で、GFPタンパク質の遺伝子がのっているプラスミド(pGLO)を大腸菌に取り込ませ、ブラックライトを照射すると大腸菌が緑色の蛍光を発する実習を行っており、生物選択者の中にも1年生時にこの講座を受けたものがいること。もう1つは、8月の集中授業時に、卒業生である伊川正人先生(大阪大学微生物病研究室附属感染動物実験施設助教授)に、出張授業で高校二年生の生物選択者を対象に遺伝子工学に関する講演をしていただいた。この伊藤先生の講演がまさにGFPを用いた内容であった。これらのこととが相まって、GFPの発想が生まれ、また班のメンバーだけでなく、クラスの生徒に理解されることになった。pGLOのGenBankの登録番号は、Bio-Rad

に問い合わせて教えていただき、塩基配列は NCBI より取得した。

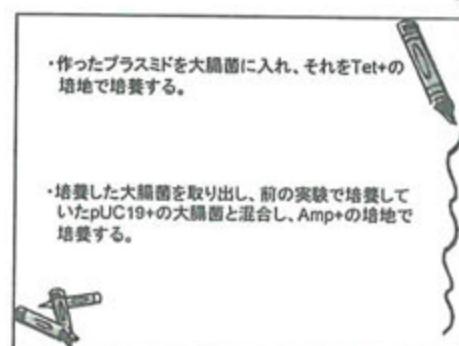
さらに、班ごとに、これらの実験計画をパワーポイントにより、スライドを作成し、プレゼンテーションを行った。ここでは 2 班の発表を紹介する。



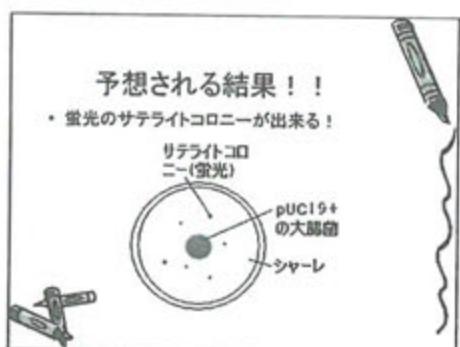
1



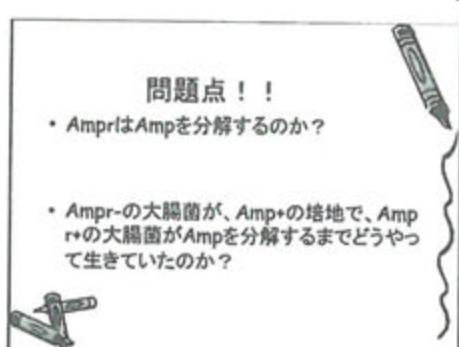
3



2



5



4

この班の検証方法は、

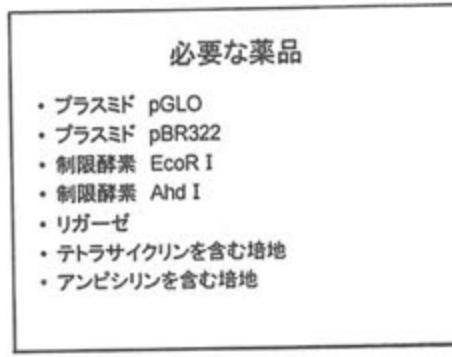
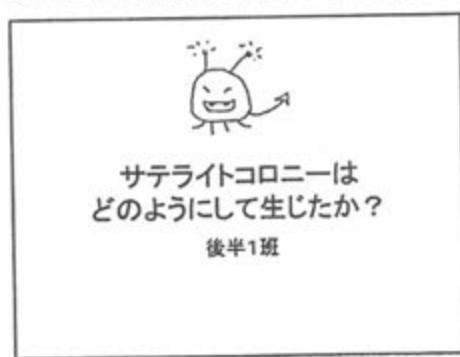
- GFP を含む pGLO から Bts I で切断された断片から電気泳動により、GFP を含む 1966bp の断片を分離する。
- pBR322 を同じ酵素の Bts I で切断する。この切断箇所は amp<sup>r</sup> の一部であり、実際には二カ所で切断され、amp<sup>r</sup> の配列の 20bp が分離する。
- この切断された pBR322 (amp<sup>r</sup> が破壊されている) に GFP を組み込みプラスミド (pBR322-amp<sup>r</sup>+GFP) を作成する。

④ ③で作成したプラスミドを用いて形質転換を行ない、pBR322に存在するtet<sup>r</sup>を用いてスクリーニングする。

⑤ アンビシリンを含む培地に、スクリーニングした形質転換体をスプレッドした後、シャーレの中央に実験IVで生じた青コロニー（amp<sup>r</sup>を持っている）を置く。

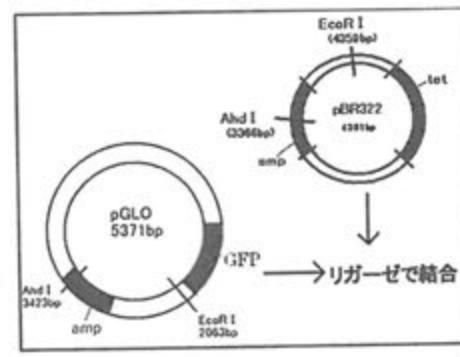
この結果、青いコロニーの周辺に、蛍光を発するコロニーのみが生じれば、amp<sup>r</sup>を持っているいない菌体でもアンビシリン存在下でコロニーを生じることが可能であることが分かる。つまり、サテライトコロニーにはamp<sup>r</sup>が含まれていないことが判明する。

また別な班は、pBR322とpGLOをそれぞれAhdIとEcoRIの2種類の制限酵素で切断することで、結合の方向性を一定方向に定めることで、amp<sup>r</sup>を含まなくGFPとtet<sup>r</sup>を含むプラスミドを作成する計画である。後の検証方法は、上記の班と同じである。

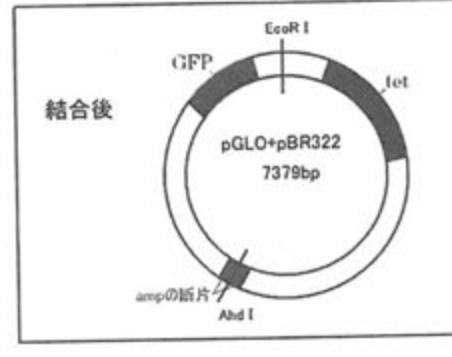


1

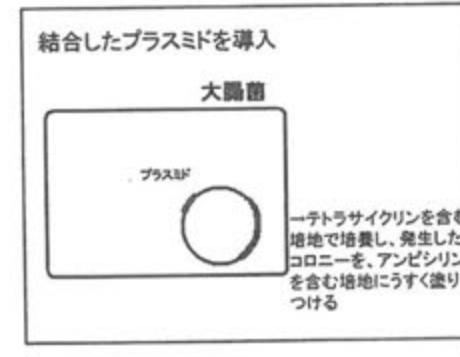
2



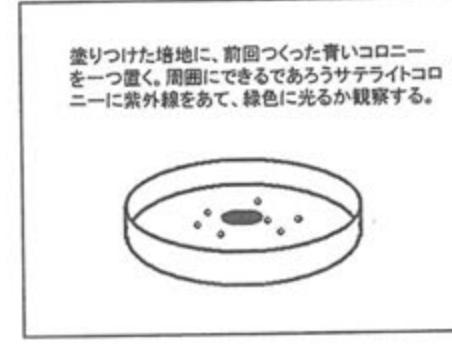
3



4



5



6

〔第四段階：各班での実験〕

第三段階で各班から提示された検証方法の中から2～3つを選択し、各班で、実験を行い、データを分析し、仮説を検証する。

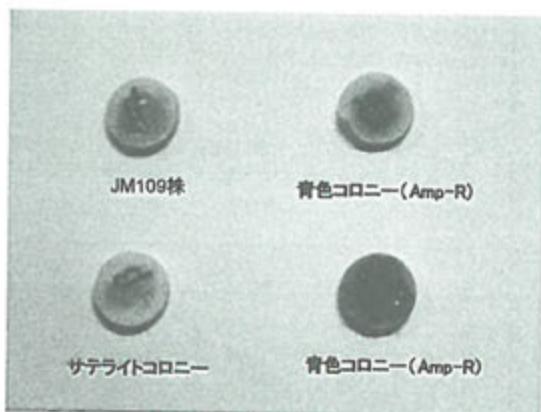
〔第五段階：全体での分析〕

各班の実験データをクラスで共有し、サテライトコロニーの出現のメカニズムを検討する。

なお第四段階および第五段階は三学期での実施を予定している。

また、検証方法として、サテライトコロニーをアンピシリンを含む培地に移植し、コロニーが生育しないことを確かめることも考えられるが、今回は、サテライトコロニーにamp'が含まれていたとしても、転写・翻訳での抑制がかかっている可能性もあることを考慮した。

セフィナーゼディスクによる $\beta$ -ラクタマーゼの検出



さらに、先の班が問題点として触れていた「amp'はアンピシリンを分解するのか？」については、amp'が $\beta$ -ラクタマーゼを産生しているかの検証が必要であると考える。そこで $\beta$ -ラクタマーゼを存在を検証する方法を探したところ、 $\beta$ -ラクタマーゼ検出用ディスク・セフィナーゼディスク(日本ベクトン・ディッキンソン株式会社：50ディスク5000円)が市販されていた。

セフィナーゼディスクは、 $\beta$ -ラクタマーゼが $\beta$ -ラクタム環を加水分解することを利用して、呈色反応させることにより検出できるものである。陽性であれば、ディスクが赤く呈色する。そこでこれを用いて、形質転換体(青コロニー/amp'(+))とサテライトコロニー(白コロニー/amp'(-)?)および非形質転換体のJM109株のコロニー(amp'(-))について検出実験を行なった。検出方法は、ディスクを無菌水で湿らせた後に、滅菌したつまようじでコロニーの一部を取り出し、ディスクにのせる。

その結果が、先の図である。JM109株とサテライトコロニーは赤く反応せず陰性であり、形質転換体は赤く変化していることがわかる。この検定方法も、あわせて行ない、考察の一助にしたいと計画している。

## 8. 探究活動の実践を通して

まだ実施段階の途中であるが、現段階で感じていることを述べる。

サテライトコロニーを教材として探究活動を行なった場合、事前の実習で行なった制限酵素によるDNA切断実験、形質転換実験、遺伝子組換え実験、スクリーニングの方法、などが十二分に活用された実習を行なえることを実感した。問題設定が彼らの理論と矛盾

するテーマであったことが、好奇心を奮いたたせ、意欲的に取り組むことになった最大の要因であったと考える。また生徒たちは、仮説の設定から検証方法の確立の過程で、多くの問題と直面し、試行錯誤を繰り返してきた。これらの過程で、事前に習得した内容の理解を深め、十分にその手法を活用できる状態に到達した。また、今回設定したサテライトコロニーは、これらの基礎的な手法だけで十分に検証が可能であった。もちろん、PCRにより amp' の配列を増幅したり、さらにシークエンサーを用いた配列の解析など多くの検証方法が想定できるが、本校にはそれらの設備ではなく、実施は困難である。また PCR 産物のシークエンサーによる配列解析は、製薬会社などに分析を委託すれば可能ではある。しかし、今回は、PCR や配列解析について授業ではその理論も扱っていない。逆に扱わなかつたことが、生徒たちの思考に制限を加えたことで、より充実した活動が保証できたのではないかと考えている。

一方、探究活動においてはしかたがないことではあるが、やはり多くの時間を費やした。昨年度は、実習Ⅴまでを行なった。まずコンピューターシミュレーションによるドライラボで実験方法を検討し、その後、補講期間を利用してウェットな実習を行なった。しかし、本年度は探究活動を取り入れたため、時間的な制約があったが、この探究活動においては、実習Ⅴ、遺伝子組換え実習を外すことは困難であると考えた。結果的にも、必要不可欠な技術であった。そのため、ドライラボのみで実習を行なった。今後行なう探究活動での検証で実施する実習で補えると判断したためである。このコンピューターシミュレーションによるドライラボは、時間短縮だけでなく、生徒の探究活動の最大の道具となった。ウェットな実習も計画しているが、技術習得の目的においては、コンピューターの利用による実習でも十分な活用価値はあると思われる。遺伝子組み換えのウェットな実習は、高額な設備と費用並びに時間を費やす。一般的な高等学校においては、設備面だけでも実施が困難であると思われる。それゆえ、コンピューターの利用による実習はかなり有効な手段であると思われる。今回用いたインターネット上の HP やソフトについては、次の **資料-1** を参照いただきたい。

## 9. 最後に

現在行っている探究活動については、最後まで終了した段階で、生徒側および指導者側からの評価を行い、改めて総括を報告する予定である。

これらの実践を通して、生徒たちの分子生物学や生物学、さらには生き物への興味関心が高まってくれればと願っている。また理科離れが叫ばれ続けているが、理科離れではなく、思考離れであると私は認識している。生徒たちの知的好奇心をくすぐることで、議論を通して思考する楽しみ、そして検証し真理を追究する科学の楽しみや喜びを少しでも感じてくれれば幸いである。さらに今回の実践を通じても、大学や研究機関が実施するサイエンスキャンプ、授業をおこなう高等学校、試薬や実験キットを販売する企業がそれぞれ単独で実践していくは実りが少なく、この三者の連携体制をはやすく構築する必要性を強く感じた。なおこの実践の一部は、本校教育研究会第 52 回の公開授業で行ったものであり、**資料-2** はそのときに配布した指導案である。

最後ではあるが、本実践においては大阪教育大学川村三志夫先生および鶴沢武俊先生にご助言いただき、さらに財団青松会から助成をいただいた。厚く感謝申し上げる。

## 資料-1

## コンピューターを活用した実習(生徒用マニュアル)

制限酵素によるプラスミド切断実習 (NEBcutter V2.0 の利用)

<http://tools.neb.com/NEBcutter2/index.php>

I. pUC19(プラスミド)を1~3箇所で切断する制限酵素の制限酵素地図を求める場合。

図1

①～③：いくつかの方法がある。

1) GenBank の登録番号から

①に pUC19 の GenBank の登録番号は L09137(登録番号の探し方は後ろの注 1 を参照)を入れる。→④

2) 塩基配列から

②に pUC19 の塩基配列(塩基配列の探し方は後ろの注 2 を参照)を貼り付ける。→④

3) 直接選ぶ(最も簡単)

③をクリックして目的のプラスミド(pUC19)を選ぶ。→④

④ : Circular を選ぶ。(制限酵素地図が直線状は円状かを決める。ここでは円状)

⑤ : NEB enzymes - NEB で取り扱っている制限酵素

All commercially available specificities - 市販されている制限酵素

All specificities - すべての制限酵素

いずれでもよいが、実際に実験を行う場合には、一番目か二番目を選ぶ。

⑥ : submit をクリックする。

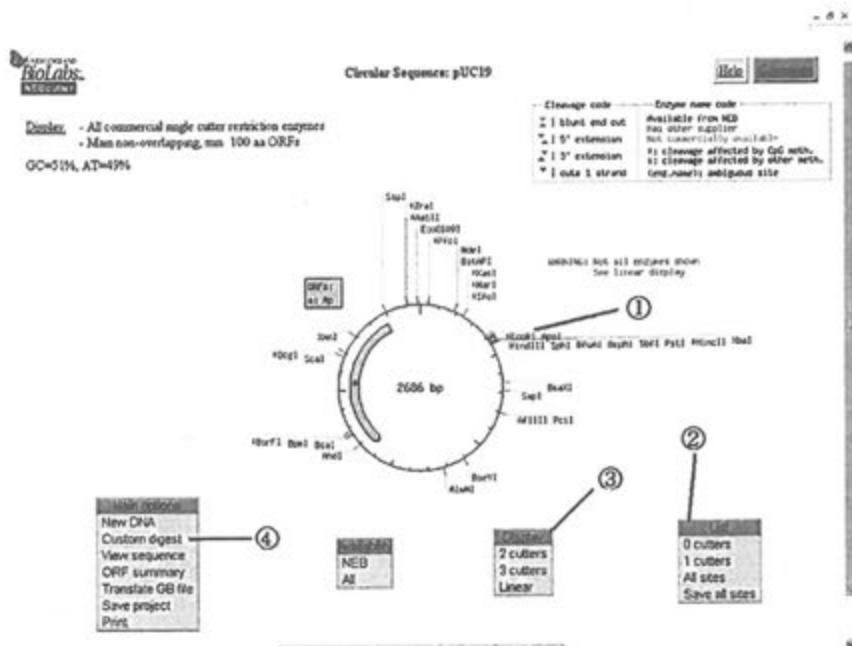


図 2

1箇所で切断される制限酵素地図が現れる。

①：それぞれの制限酵素の場所にマウスを持っていくと認識配列と切断場所が現れる。

さらに詳しく知りたい場合には、その場所でクリックする。

②：制限酵素の切断場所をリストでほしいときにクリックする。

③：2箇所または3箇所で切断する場合には、ここをクリックすると現れる。

## II. pUC19(プラスミド)を特定の制限酵素で切断する場合。

(ここでは pUC19 を *Hinf I* で切断することにする。)

図 2 の④の Custom digest をクリックすると図 3 が現れる。

①：Enzyme の中から目的の *Hinf I* を選ぶ。

②：クリックしてチェックを付ける。

③：Digest をクリックすると図 4 が現れる。

図 4

①：切断箇所の *Hinf I* にマウスをあてると、切断箇所の位置が現れる。

②：遺伝子が棒状に示されており、その場所にマウスをあてると、遺伝子についての説明が現れる。この場所は AP:アンピシリン耐性遺伝子であることがわかる。

③：Fragments を選ぶと、*Hinf I* の切断場所と切断された断片の塩基対数が現れる。

④：View gel を選ぶと、これらの切断された断片を電気泳動したゲルの状態（図 5）が現れる。

**Enzymes for Custom Digest**

pUC19

[Help](#) [Contact](#)

[\[View previous digest\]](#)

PICK your enzyme or enter a name in the box. Only the enzymes that cut the sequence and match your selection of availability (as commercial) are shown. Non-NEB neoschizomers are not listed, but you can enter any enzyme name in the "Pick this enzyme" box and its prototype will be selected.

[All enzymes] - [Enzyme with complementary cutters] - [Enzymes producing blunt ends] - [Enzymes producing 2' overhangs]  
 [Enzymes producing 3' overhangs] - [Enzymes with a particular size length] - [Enzymes cutting N times] - [Non-palindromic enzymes]

Pick all	Enzyme	Specificity	Cuts	% activity is
<input checked="" type="checkbox"/>	AatII	o,ACCTC	1	0 50 50 100
<input type="checkbox"/>	Acc65I	GGTAC,C	1	10 75 100 25
<input type="checkbox"/>	AccI	GT <sup>REVERSE</sup> AC	1	50 50 10 100
<input type="checkbox"/>	AciI	C <sup>REVERSE</sup> CG,C	34	25 25 50 50
<input type="checkbox"/>	AclI	AA <sup>REVERSE</sup> CC,TT	2	10 10 0 100
<input type="checkbox"/>	AcdI	CTGAGG(N)2G <sup>REVERSE</sup> AT	2	- - - -
<input type="checkbox"/>	AflIII	A <sup>REVERSE</sup> CTG,T	1	25 75 100 50
<input type="checkbox"/>	AhdII	GACCH <sub>n</sub> N <sup>REVERSE</sup> TC	1	25 75 0 100
<input type="checkbox"/>	AhlI	AG <sup>REVERSE</sup> CT	16	100 100 75 100
<input type="checkbox"/>	AhlI	GGATCC(BSD) <sup>REVERSE</sup> H <sub>n</sub>	10	50 100 10 100
<input type="checkbox"/>	AhsNI	CAG <sup>REVERSE</sup> CTG	1	50 100 50 100
<input type="checkbox"/>	ApalII	G <sup>REVERSE</sup> TCA,C	3	100 100 10 100
<input type="checkbox"/>	ApelII	G <sup>REVERSE</sup> CG,C	12	- - - -
<input type="checkbox"/>	ApnI	N <sup>REVERSE</sup> AATT,T	1	10 75 100 75
<input type="checkbox"/>	AseI	AT <sup>REVERSE</sup> TA,AT	3	0 75 100 0
<input type="checkbox"/>	AseI	.....	4	- - - -

Pick this enzyme:  OK Pick previous enzymes [Next](#)

图 3

**Custom Digest**

Circular Sequence: pUC19

[Help](#) [Contact](#)

Sequence digested with HinfI

**Cloning code:**  
 \* | blunt end cut  
 \* | 5' extension  
 \* | 3' extension  
 \* | cuts 1 strand

**Unique name code:**  
 Available from NEB  
 Has other supplier  
 Not commercially available  
 Cleavage affected by CG meth.  
 Cleavage affected by other meth.  
 (enz\_name): ambiguous site

New custom digest  
View gel  
Print

Linear

Enzymes & sites  
Fragments [\(3\)](#)

图 4

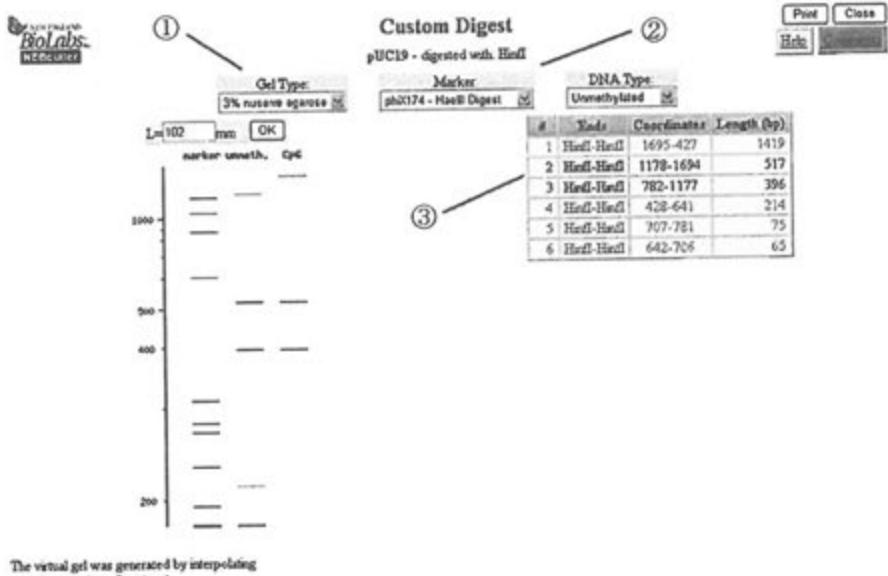


図 5

- ① : Gel Type は、適当なものでよいが、ここでは 3% nuseive agarose を選ぶ。
- ② : Marker は、実際に泳動するときに用いる phiX174 - HaeIII Didest を選ぶ。
- ③ : ゲルに現れる順（断片の長いものから短いもの）に塩基対数と pUC19 での位置が表示されている。

#### 注1 GenBank の登録番号の探し方

NCBI などの GenBank から探すのもよいが、一般的なものであれば、薬品会社などの HP のオンラインカタログを利用したほうが容易に探せる。ここでは TaKaRa バイオを用いる。

<http://bio.takara.co.jp/catalog/default.asp> Takara バイオのオンラインカタログを開く（図 6）。→ カテゴリー → 遺伝子工学 → Vectors → 一般的な Vectors → pUC18/pUC19 タイプベクターをクリックしていくと、詳細（図 7）が現れ、ここに登録番号が明記されている。また図 7 の①をクリックすると、pUC19 の塩基配列が現れる。

さらに図 6 の画面で、→ カテゴリー → 遺伝子工学 → 制限酵素と進むと、制限酵素に関する様々な情報が閲覧できる。さらに制限酵素→各種の DNA 制限酵素切断地図→pUC19DNA(2686bp)の制限酵素切断地図でリストと制限酵素切断地図(PDF)がダウンロードできる。

アドバイス

http://www.takara.co.jp/catalog/default.asp

TAKARA  
BIO CATALOG

Technical Support | 購買請求 | New Products | English

タカラバイオ株式会社

カタログ	新伝子工学	Vectors	一般的なVectors
<ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子工学</li> <li>DNAマイクロアレイ(開発)</li> <li>PCR</li> <li>細胞工学</li> <li>蛋白質工学</li> <li>酵母工学</li> <li>微生物工学</li> <li>解析機器</li> <li>カスタムサービス</li> <li>書籍</li> <li>Novagen社製品</li> <li>Cambios社(旧Epicentre社)製品</li> <li>高中周間遺傳生物学 出版物</li> <li>その他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>制限酵素</li> <li>マザーベ</li> <li>複数酵素</li> <li>PCR関連製品</li> <li>リアルタイムPCR関連製品</li> <li>ICAN法関連製品</li> <li>RNA interference (RNAi)</li> <li>クノック質表現</li> <li>遺伝子導入</li> <li>遺伝子キット</li> <li>LCM関連技術</li> <li>クローニングDNAフラグメント</li> <li>DNA/RNA検出・回収関連製品</li> <li>Vectors</li> <li>Primers &amp; Linkers &amp; Adapters</li> <li>cDNAライブリー</li> <li>電気泳動装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデノウイルスベクター</li> <li>レトロウイルスベクター</li> <li>ジャベロンプラスド</li> <li>枯草菌/マトルベクター</li> <li>酵母ノンタルベクター</li> <li>当社独自ノンタルベクター</li> <li>大鼠脳源性ベクター</li> <li>バキュロウイルス発現ベクター</li> <li>反转录Vector</li> <li>高頻DNAアンドリゲン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>M13 mp11 Single Strand DNA/Virion DNA</li> <li>M13 mp18/19タイプファージベクター</li> <li>pBRG22 DNA</li> <li>pET18c-2/18c-2 DNA</li> <li>Expression Cloning Vector pEF3 DNA</li> <li>pSTV28/29 DNA</li> <li>pTWW28/29 DNA</li> <li>pUC18/19 クラブベクター</li> <li>pLG18/19 クラブベクター</li> </ul>

図 6

アドバイス

http://bio.takara.co.jp/catalog/catalog\_d.asp?U\_JUN=U0001

### ■GenBankへの登録

	Entry Name	Accession No.
pUC18	SYNPUC18CV	L09136
pUC19	SYNPUC19CV	L09137
pHSG299	SYNHSG299	MI19415
(pHSG399)	SYNHSG399	MI19087*

\* pHSG399およびpHSG398は、マルチクローニングサイトの配列以外はpHSG399と同じである。

pUC18, pUC19のDNAシーケンスデータ

pUC18(テキストデータ)  
pUC19(テキストデータ) ①

### ■鎖長

pUC18/pUC19:2,686 bp  
pHSG299, pHSG298:2,676 bp  
pHSQ396:2,238 bp  
pHSQ398:2,227 bp

図 7

## 注 2 pUC19 の塩基配列

GenBank として NCBI を用いる。

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

を開く(図 8)。→Search に nucleotide を選び、for に pUC19 の登録番号である L09137 を半角で入れて GO をクリックする。→図 9 が現れ、もう一度、L09137 をクリックすると→図 10 が開く。図 10 を下に進むと、pUC19 に関する文献の情報や、のっている遺伝子についての情報が書かれている。たとえば、FEATURE をみると、1629 から 2417 の配列はアンビシリン耐性遺伝子(Ap-R : amp')であることがわかる。また SELECTION には耐性については Ap(アンビシリン)、またマーカーとして beta-galactosidase(β-ガラクトシダーゼ)が存在していることなどが書かれている。そして最後に、2686bp の全塩基配列が現れてくる。

図8

The screenshot shows the NCBI homepage with the URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. The main navigation bar includes links for PubMed, Entrez, BLAST, OMIM, Books, TaxBrowser, and Structure. A search bar with placeholder text '(1) for (2) Go' is centered. To the left is a sidebar with links to Site Map, Alphabetical List, Resource Guide, About NCBI, GenBank, Literature, and Molecular. The main content area features a section titled 'What does NCBI do?' which describes the organization's mission and various databases. Below this is a preview of the GENSAT database.

**GENSAT**

The GENSAT database contains images of mouse brain, made at several developmental stages using *in situ* hybridization and transgenic mouse techniques, coupled with information on gene expression. GENSAT is a collaborative project sponsored by the National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS). [More...](#)

Hot Spots

- Assembly Archive
- Clusters of orthologous groups
- Coffee Break, Genes & Disease, NCBI Handbook
- Electronic PCR
- Entrez Home
- Entrez Tools
- Gene expression omnibus (GEO)
- Human genome resources

図9

The screenshot shows the NCBI Nucleotide search results for the query 'L09137'. The search bar at the top has 'Search Nucleotide' and 'for L09137'. Below the search bar are buttons for 'Display' (Summary), 'Limits', 'Preview/Index', 'History', 'Clipboard', and 'Details'. The search results show one entry:

**L09137** Reports  
Cloning vector pUC19c, complete sequence  
[gi|20141090|gb|L09137.2|SYNPUC19CV|20141090]

図10

The screenshot shows the full sequence details for L09137. The search bar at the top has 'Search Nucleotide' and 'for L09137'. Below the search bar are buttons for 'Display' (GenBank), 'Send', 'all to file', 'Limits', 'Preview/Index', 'History', and 'Clipboard'. The sequence details are as follows:

**L09137** Reports Cloning vector pU... [gi|20141090]

**LOCUS** SYNPUC19CV 2666 bp DNA circular SYN 22-MAY-2002  
**DEFINITION** Cloning vector pUC19c, complete sequence.  
**ACCESSION** L09137 X02514  
**VERSION** L09137.2 GI:20141090  
**KEYWORDS** .  
**SOURCE** Cloning vector pUC19c  
**ORGANISM** Cloning vector pUC19c  
**FEATURES** other sequences; artificial sequences; vectors.  
**REFERENCE** 1 (bases 1 to 2666)  
**AUTHORS** Yanisch-Perron,C., Vieira,J. and Messing,J.  
**TITLE** Improved M13 phage cloning vectors and host strains: nucleotide sequences of the M13mp18 and pUC19 vectors  
**JOURNAL** Gene 33 (1), 103-119 (1985)  
**MEDLINE** [85180545](#)  
**PUBMED** [2985470](#)  
**REFERENCE** 2 (bases 1 to 2666)  
**AUTHORS** Chambers,S.P., Prior,S.E., Barstow,D.A. and Minton,N.P.

PRJ-240 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/viewer.fcgi?db=nucleotide&val=20141090

```

CROSSREFERENCE
#complement
VecBase(3):pUC19
#prerevised
GenBank(50):M11662, EMBL(11):ARPuc19
#parent
VecBase(3):pUC13, VecBase(3):M13mp19, VecSource(3):bGal19

PARENT
Features of pUC19c (2686 bp)
residue source
1- 137 2074-2210 pBR322
138- 237 2252-2351 pBR322
238- 395 1461-1304 (c) Lac-Operon
396- 452 57- 1 (c) polylinker of M13mp19
455- 682 1298-1071 (c) Lac-Operon
683-2686 2352-4355 pBR322
Conflict (cf1) and Mutations (mut):
pUC19c source
mut 1308 A G 2977 pBR322 linked to increased copy number
mut 1942 A G 3611 pBR322
mut 2243 T C 3912 pBR322

FEATURE
1629-2417 789-1 (c) Ap-R; b-lactamase
POLYLINKER HindIII-SphI-PstI-SalI-XbaI-BamHI-SmaI-KpnI-SacI-EcoRI
SELECTION
#resistance Ap
#indicator beta-galactosidase
SUMMARY pUC19c #length 2686 #checksum 4465.

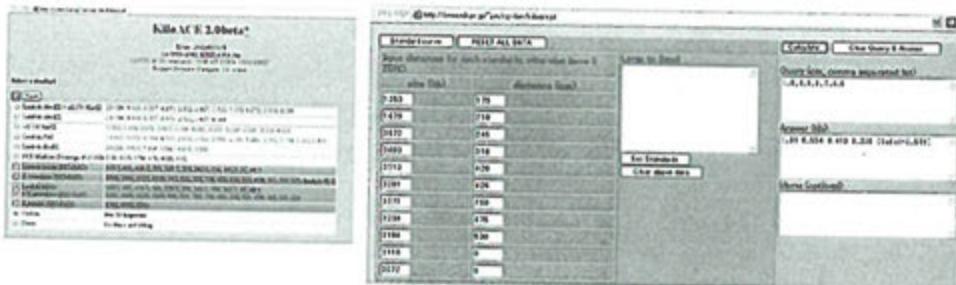
FEATURES Location/Qualifiers
source 1..2686
/organism="Cloning vector pUC19c"
/mol_type="genomic DNA"
/db_xref="taxon:174609"

ORIGIN
1 tcggcggttt cggatgtac ggtggggggc tctggccat gcggccccc gagacggtca
61 cagcttgctt gtaecccgtt gccccggggca gacggcccg tcaggccggc tcaggccgtt
121 ttggggggtg tcgggggtgg cttaactatgg cggcatcaga gcaaggattgtt ctgagatgtc
181 accatatcggt gtgtggaaata cgcacatcgat ggtcaaggag aatataccggc atcaggccgc
241 <STOP> <START> <STOP> <START> <STOP> <START> <STOP> <START>
```

図 11

また、電気泳動関係では、<http://www.nih.go.jp/~jun/cgi-bin/kiloace.pl>が活用できる。

実習Ⅲ. 制限酵素によるDNA切断実験および電気泳動実験では、結果分析でマーカーの移動距離を測定し、横軸に移動距離、縦軸に塩基対数をとてExcelを用いて片対数グラフを描く。そのグラフをもとに切断したバンドの泳動距離からにExcelの関数処理により塩基対数を求めさせるが、このソフトを用いれば、マーカーの移動距離さえ入れれば、自動的に切断したバンドの塩基対数が求められるものである。最初から利用すればブラックボックス化してしまうが、事前にグラフを書かせるなど実習Ⅲの内容を行った上では、時間確保にとても有効である。



## 資料-2

## 理科（生物Ⅱ）学習指導案

指導者 森中 敏行

1. 日 時 平成 16 年 11 月 6 日（土） 10 時 35 分～11 時 25 分
2. 場 所 大阪教育大学附属天王寺中・高等学校化学実験室（東館 2 階）
3. 学 級 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎  
第 2 学年 生物選択 A クラス（男子 13 名、女子 28 名）41 名
4. 主 題 バイオテクノロジーを用いた探究活動～サテライトコロニー～
5. 目 標
  - 1) メンデルの法則を理解し、遺伝子を想定することにより、遺伝現象が科学的に説明できることを認識する。
  - 2) DNA の構造が、遺伝情報としての機能を保障するものであることを認識する。
  - 3) 複雑な立体構造をしているタンパク質が、DNA の 4 種類の塩基配列で決定されていることを理解する。
  - 4) DNA からタンパク質の合成やその制御がほぼすべての生物において、共通の原理であることを理解する。
  - 5) 実習を通して理論と現象が一致することを実感し、生命現象を DNA の視点から見つめなおし、また自身の体内で生じている現象として捉える。
6. 指導計画

	学習項目	配当時間
第一次	メンデルの法則（生物Ⅰ）	6
第二次	染色体と遺伝子 (生物Ⅰ)	独立と連鎖（2）
		組換えと染色体地図（4）
第三次	遺伝子の本体 (生物Ⅰ・生物Ⅱ)	遺伝子の本体 DNA（生物Ⅰ）(2)
		DNA の化学的構造（生物Ⅱ）(2)
		DNA の複製（生物Ⅱ）(1)
第四次	遺伝情報の発現と 制御 (生物Ⅱ)	タンパク質の構造と働き(2)
		タンパク質の合成(2)
		原核生物と真核生物(1)
		遺伝子制御〔オペロン説〕(1)
第五次	遺伝子工学実習 (生物Ⅱ)	DNA 抽出実験(1)
		大腸菌の培養と顕微鏡観察(1)
		制限酵素の働き 1 (2) (コンピューターシミュレーション)
		制限酵素の働き 2 (2) (DNA 切断実験および電気泳動)
		遺伝子組換え実験(4)
		形質転換実験(2)
		探究活動(6) (本時はその 1)
		18

7. 準備物 形質転換後のプレート、補助プリント、  
コンピューター（インターネット接続）、図説（総合図説生物[第一学習社]）

8. 本時の目標

- 1) 既習内容をもとに、実験結果から矛盾点に気づく。
- 2) 仮説をたて、科学的に実証する方法を互いに議論を通して検討する。
- 3) 遺伝情報である DNA を操作することが、生命現象を解明する有効な手法であることを認識する。
- 4) 思考を通して解明する楽しさと議論により実験方法が確立されていく喜びを感じ、科学のおもしろさを実感する。

9. 本時の活動内容

	学習項目	生徒の活動	指導者の活動および評価
導入 5分	前時の学習内容の確認 (amp'・lacZ)	・プラスミド(pUC19)を取り込んだ大腸菌は形質転換し、X-gal・IPTG の存在下では青色のコロニーを形成することを確認する。 ・アンビシリン存在下では、amp'を持たない大腸菌は生育できることを再認識する。	・プラスミド(pUC19)にはamp'・lacZ の遺伝子が載っていることを確認する。 ・amp' と lacZ の遺伝子の働きおよび、カラーセレクションの原理を再確認する。
展開 35分	サテライトコロニーの存在  理論と結果の矛盾  仮説の設定  仮説の検証方法	・amp/X-gal/IPTG を含む培地を観察し、サテライトコロニーの存在に気づく。  ・理論的には、白色のコロニーが存在しないことを認識する。 ・白色のコロニーがどのようにして出現しているか各グループで議論し仮説をたてる。 ・仮説に基づいて各グループでの検証方法を議論する。	・amp/X-gal/IPTG を含む培地を観察させる。コロニーの大きさや色に注目しているか確認し、助言する。 ・理論と結果との矛盾点に気づかせる。 ・サテライトコロニーが存在する可能性を思考させる。 ・サテライトコロニーに amp' の遺伝子が存在するか否かで仮説を整理する。 ・検証方法が科学的に妥当であるかを評価し、また技術的な問題について助言する。
まとめ 5分	本時の整理 (グループ単位)	・仮説およびその検証方法について各グループで整理し、次の時間の発表原稿を作成する。	・各グループで本時に思考したことを整理させ、次回、グループごとに発表することを予告する。

### 資料-3 遺伝子組換えに関する法律

遺伝子組み換えにおいては、以下の法律に準拠して実施する必要がある。さらに実施においては、校長に必要な書類を提出し、許可が必要である。

高等学校等において教育目的で行われる遺伝子組換え実験の「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」における取扱いについて

(文部科学省研究振興局長ライフサイエンス課生命倫理・安全対策室)

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/seimeい/04022302.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/seimeい/04022302.htm)

### 参考文献

遺伝子工学実習に関する今までの取り組み

2002 森中敏行 遺伝子工学実習の取り組み 本校研究集録 第44集 pp.87-102

2003 森中敏行 遺伝子工学実習の取り組み(II)

スーパーサタデー「分子生物学への誘い」

本校研究集録 第46集 pp.73-87

### summary:

It works on the teaching material development of the genetic engineering practice in the high school, and it has practiced it. These practices improved the interest concern for molecular biology, and it was very effective in the point to promote greater understanding. However, from beginning to end of the technical learning as for these practices. Then, it worked on the teaching material development of the search activity that clarified the life phenomenon by using the technology that acquired it by the process of the practice. In this thesis, it reports on practice of which the theme is the satellite colony. Moreover, because the use of the computer was very significant, it reports in addition in the high school where a time restriction on the equipment side is severe.



# 意味というもの

— ものがたりを通して —

い　ばた　きみ　お  
井　畠　公　男

On stories

IBATA Kimio

抄録：内容と形式という二項は英語教育でもどちらも重要である。英語で言うなら、文とその意味ということになろう。目的は中高6年間である程度、音声にしろ文字にしろ、それらを通して、英語が理解できるところにある。今回は読むことに於ける意味の重層性に触れる。

キーワード：英語教育、ものがたり、意味

## I. はじめに

このところ、またアメリカの政治学者エリック・ホッファーの著作を愛読している。とりわけ『初めのこと今のこと』、『変化という試練』を繰り返し読んでいる。前者の第一章「遊び 人間のもっとも有用な行為」、第二章「都市の誕生」などはたまらなく興味に満ちていて、まるで小学生のころに戻ったかのように外界を眺め始めている自分に気づく。たとえば「実用的な道具はほとんどすべて非実用的な関心の追求や暇つぶしにその起源がある。」と述べ「おそらく、植物栽培と灌漑も、初めは遊びとして行われたのである。」と推測するあたり、この二つの章の骨子と言えどく、避難所である城砦都市のなかで狩猟民が最初に遊びとして穀物の栽培を思いつくと述べるのである。

この見方がいわゆる歴史学の分野で認められているのかどうかは知らない。しかし『変化という試練』の第十四章「遊び」のなかの「実用的な諸道具は、それが現在われわれの日常生活に欠くことのできないものでも、最初は非実用的なものとして作られたものが多い。墓所、寺院、宮殿などにつづいて実用的な住居が生まれた。飾りがまず作られ、衣服となつた。労働、とくにチーム・ワークは、遊戯から派生した。」の叙述に出会うとため息が出て、その後、その内容を反芻するのである。これもある直感から導きだされた想像といえないこともないが、ホッファーが別のところ『波止場日記』のなかで「哺乳類と鳥類だけが遊ぶ。」とか「人間が星を見て郷愁を感じるのはそこから飛來したからだ。」という意味のことを言っているが、私は現在科学的反証があるとしても、それを受け入れてもいいと思っている。ここまでホッファーの言葉の引用を日本語で行ってきた。やはり英語の引用を踏まえてみたい。

## II. それぞれの窓

ホッファーの著作を散歩するように読んでいると同じ内容のことが繰り返えされているところに遭遇する。マルセル・ブルーストによれば「偉大な芸術家は一つしか作品を残さなかった。」らしいのだが、ホッファーの場合、初期に書かれたもの、最晩年に書かれた自伝に比較的わかりやすいかたちで繰り返し同じ内容のことが出てくる。それは一言で言えば、旧約聖書を彼の実体験を踏まえて絵解きしたものとなろう。残された著作について、ありうべき「一つの作品」にまとめるのは読者の仕事となろう。それについては稿を改めたい。ここでは、例によって彼が自分の言葉を引用しつつ書いているところがあるので、それを見てみたい。彼は自分のアフォリスムを『変化という試練』に使っているので、日本語訳を3種類見れることになる。まず、アフォリスムの英語、そしてその日本語訳(二種類)、『変化という試練』の引用訳を示す。

25 The propensity to action is symptomatic of an inner unbalance. To be balanced is to be more or less at rest. Action is at bottom a swinging and flailing of the arms to regain one's balance and keep afloat. And if it be true, as Napoleon wrote to Carnot, that "the art of government is not let men grow stale," then it is an art of unbalancing. The crucial difference between a totalitarian regime and a free social order is perhaps in the methods of unbalancing by which their people are kept active and unbalancing. (*The Passionate State of Mind*)

① すぐ行動に出たがる傾向は、内面のアンバランスを示す兆候である。バランスしているためには、多かれ少なかれ、平静でなければならない。行動は、もともと、腕を動かし、打つことで、バランスをとり戻し、身体を浮かべていることである。それが誤りでないならば、ナポレオンが、かつてカルノーに送った手紙の文句“統治のわざは、人心をうまざらしめないことである”。つまり、それは、アンバランスングのわざである。全体主義体制と自由な社会秩序間にある決定的な相違点は、おそらく人民をいきいきと活動的にしておく、アンバランスングの方法上の相違点であろう。(現代人の思想16『政治的人間』永井陽之助訳)

② すぐ行動したがる性向は、精神の不均衡を示す兆候である。均衡がとれているということは、多かれ少なかれ、平静だということである。行動とは、つまるところ、均衡を保ちながら浮遊するために、腕を振り、バタバタさせることに等しい。そして、もしそうであるならば、ナポレオンがカルノーに書いたように、「統治の技術とは、人びとに倦怠感を抱かせないこと」であり、均衡を崩す技なのである。全体主義体制と自由な社会秩序の間の決定的な違いは、おそらく人びとを行動させ奮闘させる不均衡を生み出す方法にあるのであろう。(『魂の鍊金術』〔作品社〕中本義彦訳)

③ 外部の観察者にとって、個人主義社会はある不思議な強迫観念にとりつかれているようである。止むことのない動搖が一種の狂気のような印象をあたえる。そして事実行動とは、基本的には均衡の喪失にたいする反動——均衡をとりもどすために腕をばたばたさせること——である。一人の人間を行動にむけるためにはその人の平衡状態をくつがえさなければならない。そしてもしもナポレオンがカルノーに書いたように、「政治の技術は、人間の新鮮味を失わせないことだ」とするならば、それは本質的にはいかにして均衡を喪失させるかの問題だということになる。(『変化という試練』〔大和書房〕p60)

引用が長くなったが、問題としたいところはナポレオンの言葉の訳である。①は55年、③は63年、②は03年に世に出されたのであるが、①と②はほぼ同じ訳で③がやや意味が曖昧というところであろうか。政治的指導者—人民という枠組みの有無による意味の明快さが生まれたと考えられるのである。staleは「新鮮でない」、「古くなった」という意味でその意味上の主語 men は被支配者ということになるのがふさわしく、それに対応する日本語を選ばなければならない。「政治」、「人間」という言葉は一般的な言葉でナポレオンが人民統治の秘訣をもらしているとすれば、①、②の訳の言葉のほうが時代に近い描写であろう。ナポレオンの言葉が引用されているので思うのであるが、ホッファーはアメリカの公立図書館から本を借り出し、沖仲士の仕事をしながら思索を深めたのである。その最大の魅力は英語で読める古今の古典の言葉を真の洞察で読んだということであろう。

### III. 意味 — その定位

引用したアフォリスムの訳を一読していただければ、わかるように、英語の文に対応して、その意味を定位していくことが意外とむずかしいことがわかる。とりわけ一番よく使われている balance という語が5回（全体で5文からなるこのアフォリスムのどの文にも使われており、名詞、動詞、反意語と英語らしい効果的な使い方がされている）使われているが、肝心のこの語が、どうも、日本語の訳語として確定しないようなのである。これは balance という観念が日本にはないのかもしれない。それは永井訳がカタカナ表記をしているところからも伺える。しかし周辺の語から、何を意味しているかは十分、理解できると言つてさしつかえないであろう。

さて話は中学・高校レベルで語・文の意味の定位について、その要領に触れてみたい。平成16年度高校3年生第3回実力テスト問題に使った、ジョージ・オーウェルの文を引用してみたい。

You discover the extreme precariousness of your six francs a day. Mean disasters happen and rob you of food. You have spent your last eighty centimes spirit lamp. While it boils a bug runs down your forearm; you give the bug a flick with your nail, and it falls, plop! straight into the milk. There is nothing for it but to throw the milk away and go foodless. (*Down and Out in Paris and London*)

（大意：一日6 フランで生活するというのがどんなに心もとないものかがわかります。みじめな災難が続けて起きていつの間にか食べるものがありません。残っていた80サンチームを牛乳0.5リットルを買って使い果たし、今、アルコール・ランプであたためています。牛乳があったかくなるうちに、南京虫が腕のところを走ったりする。それを指ではじくと、ちょうど牛乳のなかにボチャンと落ちる。こうなると牛乳を捨てて、なにも食べずに済ますほか仕方がないのである。）

これはジョージ・オーウェルが1928年ごろ、パリで経験した零落者の群の中に身を置いたときのドン底生活を描いたものである。彼はホテル住まいしていたのだが、泥棒にあい、文無し同然となる。一日6 フランで何とかホテル住まいを続けるのだが、表面を取り繕って、色々、周囲にうそをつけながら、毎日を生きる様子がこと細かに描かれる。読み物として結構おもしろいものである。引用は実力テストに出題した部分に続く1節であ

る。短いが、これだけでも文の特徴、読む要領を説明できる。

一読して、いずれの文の主語が *you*、もしくは目的語が *you* となっているのに気がつく。オーウェルが陥った境遇では誰しもそうなるということか。このような *you* の連続した使用は英語的とも言えるだろう。このあたり、貧乏生活の悪戦苦闘振り、その中の感情の動きが興味深く、叙述に快適さを与えていた。このパラグラフの内容は最初の二文で尽くされている。冒頭の文がいわゆる *thesis sentence* であり、二番目の文はその補足と言える。以下はその具体的な顛末の例示である。誠に惨めな、不安な生活が彷彿すると言つていいだろう。

生徒の立場に立ってこの1節を見てみたい。冒頭の *precariousness* の意味を知らないとしよう。これはすぐに苦しいことになってしまふが、*ness*, *ous*, などの名詞、形容詞語尾、意味上の主語が *of* 以下に控えていることが理解されるとあるいは道が開けてくるかもしれない。一日6フランの生活というものが第二文で示されているわけで、これから推測できる形容詞の道もあるにはある。また第三文以下の内容、ホテルの部屋が汚い、あるいは汚れた服を着ているから、南京虫が出てくるのであり、偶々、誰でもするように、それをはじくと、運悪く、虫がなけなしのお金で買った牛乳に落ちる。このことから味わわれる感情が *precariousness* の中味であり意味である。これを *disaster* というの大げさとも言えるが、さほど落ちぶれているとも言えるのである。パラグラフは一つの内容を言う場合が多く、言葉の性質からして、伝える場合には、やはり、効果的な繰り返し、対照などが多く、手がかりが散在している、否、非常に有機的に作られていると言えるのである。その様態をどんなに観察しても、しすぎるということはないであろう。

#### IV. 結び — 様々なものがたり

本年度のユリイカの授業でそのタイトルを「メルヘンの誘い」とした。文科系の科目でユリイカということが中心となるならテキストの読み取りがその基本的作業となるからである。しかし今年度高校一年生で小泉八雲の「耳なし芳一」を読み取ることが簡単ではなかった。にもかかわらず筆者が途中で授業を断念しなかったのは物語の重要性が伝えたかったからである。高等学校の科目で国語、歴史、英語に共通して見られるジャンルが物語と言える。ただ意識の持ち方で変種が生み出されるにすぎない。また今回取り上げたホッファーも魅力的な歴史叙述を方々で散りばめるし、優れた歴史書というものは叙述、文体が優れているからと思われる。それはホッファーのように人間観察から生まれるのである。彼はその自伝で次のように述べる。忘がたい1節である。

「ありふれた日々の出来事が歴史に光を当てることがあると知ったとき、私はこの上ない喜びを感じた。たぶん、書かれた歴史が抱える問題は、歴史家たちが古代の遺跡や古文書から過去への洞察を導き出し、現在の研究からは引き出していくことにあるだろう。私が知る歴史家の中に、過去が現在を照らすというよりも、現在が過去を照らすのだという事実を受け入れる者はいない。大半の歴史家は、目の前で起きていることに興味を示さないので。」

(『エリック・ホッファー自伝』144ページ)

## 参考書目

エリック・ホッファー『構想された真実』(作品社) 2002

Eric Hoffer *The Ordeal of Change* 1963 Buccaneer Books

## Summary:

The dichotomy-form and content—is quite important in teaching the English language. It corresponds to sentences and their meanings in English context Our direct objectivity is how to show effective ways of studying English through letters or sounds. The paper treats layers of meanings in English texts.

Key word: teaching English, stories, content



国語科 「読み」の再構築	
市道和豊	文章表現から正確に筆者の主張・意図・内容を読みとる
沢口修司	擬古物語『しのびね』の教材化
琢磨昌一	高校の授業へつなぐ古典の指導
谷周平	読書の「質」を高める指導
中西一彦	「漢字・読書・新聞」を組み合わせた授業の工夫
平田達彦	話し方・話し言葉に関心を持たせる「読み」の指導
藤本一栄	作品世界、筆者の主張を読み取り、自己の視野を広げる
社会科	中高連携の上に立った6年間カリキュラムの開発
生川年雄	日本の近・現代史と歴史認識
桑名智寛	等高線から3次元をイメージする
笹川裕史	イスラームをどう教えるか
出原真哉	ケース（ケースにファイルして回観させる）教材の収集と作成
堀一人	裁判員制度を前提とした法教育の教材化
松尾裕文	公民的分野における問題解決学習の展開
山田時比古	教材としての地理情報の共有化
数学科	教材の検討精選
岩瀬謙一	数学を柱とした総合学習
大石明徳	数学を柱とした総合学習
澤田耕治	图形のとらえ方
芝本裕司	数学を柱とした総合学習
瀬尾祐貴	图形のとらえ方
藤田幸久	图形のとらえ方
柳本哲	数学を柱とした総合学習
吉村昇	图形のとらえ方
理科	中高一貫実習書の作成
井上広文	宇宙・地球の素材を軸とした物理カリキュラムの再構成
岡博昭	化学教材のデジタル化
岡本義雄	キッチン地球科学実験の教材化
柴山元彦	新しい理科教育にむけて
筒井和幸	中等理科教育カリキュラムに関する研究
西庸扶	観察実習における生徒の生物認識の実態について
廣瀬明浩	中学理科における原子物理の教材化
三木康宏	中学化学実験教材の検討
森中敏行	遺伝子工学分野の実習教材の開発
保健体育科	中高6カ年における体育カリキュラムの作成
鎌田剛史	IT機器を活用した授業について
武井浩平	UDスポーツの可能性について－車椅子バスケットボールを通して－
田中譲	「わかる」と「できる」の統一を目指して
松田光弘	体育授業におけるIT機器の活用法
養護	中高6年一貫の生徒の健康教育
林照子	中学・高校生に対する健康相談活動
舛谷田律子	附中生の心と体を見つめて－実態把握を中心に－
音楽科	合唱と創作の指導
諸石孝文	創作領域でのコンピュータの利用
美術科	自己表現のあり様
廣森真一	自己表現のあり様
技術家庭科	新しい領域における教材開発
上田学	バリアフリーをテーマとした融合教材の開発
艮千恵子	中高6カ年における教材の開発
英語科	発展的な学習を支える英語力の基礎・基本
伊藤洋一	英文読解後の活動
井畠公男	リスニングへのアプローチ
金井友厚	コミュニケーション
楠井啓之	Public Speechの指導－SpeakerとListenerのCollaborationをめざして－
徳永京子	自発的な表現意欲を促す文法指導
富田大介	発話につながる文法指導
東元邦夫	文法の授業
日根野敬也	ディクテーションによる取り組み

## 研究集録 第47集

平成17年3月22日印刷  
平成17年3月25日発行

大阪市天王寺区南河堀町4-88  
編集発行者 大阪教育大学附属天王寺中学校  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎  
代表者 三木四郎

印刷所 株式会社 ヒカリプリニング