

ISSN 1340-461X

附属天王寺中・高

# 研究集録

第51集 (平成20年度)

*Bulletin of the  
Tennoji Junior & Senior High School  
Attached to Osaka Kyoiku University  
No.51  
(March,2009)*

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員を原則とする。
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. 本誌の原稿は、**40字×40行**詰めとし、**横書きのみ**とする。  
英文論文の場合は、**70字～80字×40行**とする。第一頁は16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、最終頁の次頁に、英文表題・執筆者・英文要約（さらにキーワードを付加してもよい）をつけることを原則とする（英文論文の場合は、和文表題・執筆者・和文要旨をつける）。
6. 本誌の内容は、**まえがき・目次・論文・教科個人研究テーマ一覧・あとがき**により構成される。

## まえがき

シンボルを扱うヒトは何事にも「目的」を見ようとし、物や物事に「意味」を見いだそうとする。言語と認知能力の獲得段階にある子どもたちにこそ、原因と意味を求める「なぜ」という質問が純粋な形で現れる。なぜこんなに難しい数学を学ばなければならないのか。これは子どもたちからよく聞く問いでもある。まさに数学は、シンボルの典型ともいえるのであるが。

ヒトの学習は、語と物・事象との関係リストの単なる記憶量の増加ではなく、シンボルは階層的規則に構造化された論理システムといえる。この階層的構造化は適応行動の結果でもあり原因でもあり、目的を問うトップダウン的な認知能力を可能にしている。

研究とは、このヒトの論理システムを最大限に活用する目的志向的、予測志向的な営みであり、その成果が何らかの新たな有為な発見や改善に繋がるはずのものである。しかし、科学および科学的方法論がその複雑化・細分化によって目的と手段の分離を実現させると、ヒトの言語・思考の階層的構造化という特性によって、手段が目的化しやすくなる。このことは、なぜこんなに難しい数学を学ばなければならないのか、という子どもの問いにも現れているのではないかと思える。しかし思うにこの問いは、私たちを含む成人の問いでもないだろうか。そうした問題意識を持ち、私たちの研究の有様を常に省察的思考のもとで問い直したい。

J・メルチョフの『クリティカルシンキング—研究論文編』(中澤潤監訳,北大路書房,2005)では研究上の問いの様々なタイプが紹介されている。自らあるいは他者の研究がどのタイプであるかは、「問題」「はじめに」「目的」あるいは「目標」に該当する部分で述べられているはずである。この問いのタイプが違うと、研究デザインや分析方法、さらには統計的方法も異なる。

- 1) 存在の問い：物体、属性、現象、行動、能力、条件、事象の状態の有無を問う
- 2) 記述と分類の問い：存在が実証されれば、何に似ているか、どの範囲まで存在しているか、変化するものか、どんな特徴があるか、限界は何か、独特なものか等を問う
- 3) 成分の問い：物体、現象、行動、事象等を構成する成分(因子)は何かを問う
- 4) 関係の問い：複数の物体、現象、行動、事象等の中の連関や関連性を問う
- 5) 記述-比較の問い：物体、現象、行動、事象等のある群と他の群とでは異なるのかを問う
- 6) 因果の問い：物体、現象、行動、事象等のあるものが他のものの変化の原因となったり、それをもたらしたり、あるいは逆に妨害したりするのかの問い
- 7) 因果-比較の問い：物体、現象、行動、事象等のあるものが他のものより、ある変化を引き起こすのかの問い
- 8) 因果-比較の交互作用の問い：他の諸条件下ではなく、ある条件下において、上記7)が生じるのかの問い

ここから理解できるように、関係性より因果性(原因性)の問いの方が上位の問いのタイプである。原因が特定できれば、予測性が高まり新たな有為な発見や改善に繋がりが、適応行動を取ることができるからである。

ところで、この原因となるのはどのような状態や条件なのであろうか。一言で言えば「観

察された結果をもたらすうえで必要かつ十分な一連の出来事を開始させる一つの最近接する先行の作用因ないし作用」とされているが、現実には、誤った因果関係のとらえ方が横行している。手段を目的としたりするだけでなく、相関関係を因果関係と捉えたり、因果の方向性を逆にしたり、複数の原因を一つに帰したり、可能因を作用因と誤解したり、因果性に関する証拠のない主張が少なくない。省察的思考の必要性が研究する側にも必要とされている。

大阪教育大学附属天王寺中・高等学校  
校長・校舎主任 高橋 誠



## 目 次(Contents)

笹川 裕史 (SASAGAWA Hiroshi) :	
世界史を教えない — キャッチフレーズで始まる授業 — (Teaching the Way of Critical Thinking by Teaching World-History : Lessons Full of Attractive and Useful Catchphrases)	
.....	1
岩瀬 謙一 (IWASE Ken-ichi) :	
「絡み目」の教材化の試み — 中学2年生を対象として — (Mathematical Links as Teaching Material for Junior High School Students)	
.....	27
大石 明德 (OISHI Akinori) :	
我が研究活動の過去・現在・未来 — 価値実現型教育内容の構築から授業分析まで — (The Past, the Present, and the Future of My Studies : From Creation of Educational Content Which Has Students Realize the Value of Mathematics to Class Analyses)	
.....	43
溝内 浩三 (MIZOUCHI Kozo) :	
表計算ソフトを取り入れた授業の創造 — 中学校数学科の授業におけるコンピューターの活用法 — (Creation of Class to Which Spreadsheet Is Taken : Use Method of Computer in Class of Junior High School Mathematics Department)	
.....	57
岡 博昭 (OKA Hiroaki) :	
電池教材に関する一考察 — ボルタ電池の問題点を中心に — (One Consideration About the Battery Subject)	
.....	71
岡本 義雄 (OKAMOTO Yoshio) :	
最新の恒星観測データで教材用のHR図を作る (A H-R Diagram With the HIPPARCOS Satellite Data Using "The Generic Mapping Tools.")	
.....	87
廣瀬 明浩 (HIROSE Akihiro) :	
身近な実験器具を用いた大気圧機関模型の製作 (The Model of the Atmospheric Engine Made in Simple Experimental Instruments)	
.....	107

森中 敏行 (MORINAKA Toshiyuki) :	
学校設定科目「生命論 (環境)」— 3年間の実践を踏まえて —	
(School Setting Subject “Theory of Life (Environment) ”)	
.....	117
首藤 友子 (SHUTOU Tomoko) :	
美術館鑑賞をもとにしたテキスト作り	
— 附属天王寺中学校美術科の実践を通して —	
(Creation of Original Textbook Based on Student' Gallery Appreciation)	
.....	143
富田 大介 (TOMITA Daisuke) :	
本校の研究体験旅行について — その歴史と課題 —	
(The School Excursion of Our School : Its History and Problems)	
.....	157



# 世界史を教えない

## — キャッチフレーズで始まる授業 —

さき がわ ひろ し  
笹 川 裕 史

抄録：歴史離れが問題となっているが、生徒たちが授業に親近感を持つように工夫をしている世界史教師は少なくない。授業の導入でキャッチフレーズを用いて、これから取り上げる出来事などを前もって印象づけようとするのも、そういった試みの一つといえよう。本稿では、キャッチフレーズを用いた授業実践とその可能性について報告する。

キーワード：キャッチフレーズ、授業実践、世界史教育、未履修問題

### 1. はじめに

2006年秋、高校世界史の未履修問題が表面化した。「暗記事項が多い」「身近でない」といった生徒の忌避感を背景に、多くの高校が世界史を排除していた事件である。そしてこの出来事は、ある不安を筆者に抱かせた。生徒よりも教師の方が「世界史から逃げ出したかった」のではないだろうか…という疑いである。

中学歴史から世界史分野がほとんど消え、中学地理の世界地理に関する部分が手薄なまま、高校でも地理を学習せずに世界史の授業が始まる。世界史の前提とされる基礎知識を欠いたまま、教師は教え／生徒は学ぶ。教科書に則って世界史を教えようとする良心的で実直な教師であればあるほど、大きな苦悩に直面していたはずである。

筆者の前任校では、意欲的に授業に参加する生徒は少なかった。しかし彼らが世界史を学ぶのは、高校時代が最初で最後である。そこで世界史を生徒たちの身近なものにしようと、筆者は「授業通信」や「キャッチフレーズ」（以下、CPと略）の作成・利用に取り組んでみた<sup>註1</sup>。逆説的だが、いま振り返ってみると、それは「世界史にこだわらない」授業であった。そしてそれらの試みを通じて少しずつ、筆者は「世界史を教えない」授業を目指すようになった気がする。

今年（2008年）度、筆者は、赴任13年目となる現任校で初めてCPを用いた。CPとは、（一般的には）授業の導入時に、これから扱う出来事などを前もって印象づけるための文言のことである。筆者は、授業プリントのタイトルの下に「授業の窓」と銘打った一行を付け加え、教室に新しい風を送り込もうとした。残念ながら、実際には無風あるいは逆風となることもあったが…。本稿では、CPをめぐる試行錯誤 — 前任校でのCP作成時の留意点、CPを使用することで見えてきた生徒の姿、授業への効果、さらに十数年ぶりにCPを用いている現在の率直な感想を述べていきたい。

## 2. 前任校でのCP … 1991年度版

筆者は、教員となった最初期から自作の授業プリントを用いてきた。プリント（B版横向き）の左側半分はサブノートだが、生徒に圧迫感を与えることがないように大きな文字でゆったりとしたスペースをとっている。通常は人名・地名・事件名といった「世界史用語（固有名詞）」を空欄に記入させているが、時には時代や出来事を印象づける「ごく普通の言葉（普通名詞）」の場合もある。この点が、教科書等に準拠したサブノートとの相違であろう。またプリントの右側半分には、授業で解説する史料や図表、あるいは授業中には言及できないが読んでほしいコラムを掲載している。自作プリントのこのような体裁は、前任校で授業をするなかで定まってきたものであり、現在もほぼ同じである。

### （1）CPの作成方針（1991年度版）

授業プリントのストックが一通りできた1991年度、筆者は、授業プリントのサブノート部分の上部に「今日の？」、最下部に「今日の！」という2行を加え、CPを書き込ませるようにした。「今日の？」は導入、「今日の！」はまとめとして、授業を進めていくポイントにしたのである。そして、できるだけ既存の名言・名文句に頼らないオリジナルのCPを作ろうと考えた（なお本稿では、1991年度については、「今日の？」のみを考察の対象とする）。

CPを作成する際には、なるべく次の2点のいずれかに沿うようにした。

- i : 生徒の生活感・関心に沿う身近な話題を選ぶこと
- ii : 生徒の常識を引っくり返す意外性をもたせること

以下、CPの具体例をいくつか紹介する（なおCPの後の数字は、<資料1>に示した授業プリントの番号である）。

#### iに関して

##### ・「視力5.0」：1

中央ユーラシアのモンゴル史の導入。このCPは、第1回目の授業のCPであった。草原で生活する遊牧民にとって、都市での生活者以上に、遠方の情報（人影など）を視認する能力が重要となる（もちろん遊牧民がはるか遠方まで見通すことが出来るのは、視力の良さと、空気が非常に澄み切って透明度が高いことが相まっている）。年度初めの身体検診で測定した視力を話題にしなが、新年度の授業をスタートしたのである。

##### ・「エイリアン？…地球にいるのは白人だけではない」：5

大航海時代の異文化衝突に関わる導入。東方世界には異形の人間（ワイルド・マン）が数多く住んでおり、彼らを早急にキリスト教化しなければいけないという、ヨーロッパ人の独善的な使命感に着目した。アメリカ映画「エイリアン」（1979年）の宣伝文句、「宇宙では、あなたの悲鳴は誰にも聞こえない」をヒントにした。

##### ・「アメリカン・コーヒーは革命（独立）の味」：8

アメリカ独立革命の導入。ボストン茶会事件後、アメリカ人は紅茶よりもコーヒーを愛飲するようになったという通説を踏まえた。



・「フリーターは、どの身分になるのか」：11

アンシャン＝レジームの社会の導入。極言すると、身分制社会では、職業選択の自由はないが、失業はない。したがって、生まれたときに生業が定まっている社会において定職がない者は、最底辺の生活を強いられる危険性が大きい。1991年当時は、バブル経済の末期であった。卒業後の進路が就職希望であった前任校の生徒の間には「正社員にならなくても、気楽なフリーターで十分だ」と考える者が散見された。そこで非正規雇用の生活実態とイメージが時代によって大きく変化することにふれた。

・「手編みのマフラーは義理チョコに勝つ」：19

産業革命の経済学（労働価値説）の導入。いうまでもなく労働価値説とは、勤労は大切であるという道徳論ではない。経済的な付加価値は労働によって生みだされるという考えである。1991年当時、バレンタインデーの「義理チョコ」がすでに一般化し、意中の相手には「本命チョコ+α」という形になっていた。それをふまえて作った導入である。「手編み」には愛情がこもっているという意味もさりながら、糸糸（材料）を加工すると、より価値の大きなマフラー（商品）ができるという点を強調した。

・「なぜ英語は国際語なのか」：27

イギリスの帝国主義の導入。おそらく生徒の多くは、英語という“表意語”にもかかわらず、現在の国際社会における合衆国の強大な影響力ゆえに、英語が国際語になったのだらうと考えている。したがって19世紀のイギリスが7つ海を支配した覇権国家であったからこそ、英語が国際語（国際公共財）となったことを説明した。

・「パリ＝ダカール 帝国主義耐久レース」：30：

列強のアフリカ分割の導入。1991年頃、モーター＝スポーツ競技が、高校生の間でも人気を集めていた。当時のパリ＝ダカール＝ラリーは、パリを出発してマルセイユ、地中海を渡ってアルジェからサハラ砂漠を横断してセネガルの首都ダカールをゴールとしていた（現在はダカール＝ラリー。ルートもかなり異なる）。1830年に始まったアフリカ侵略によって、フランスがこのルートを含む領域を支配していたことを指摘した。

ii に関して

・「イギリスは一つの国ではない」：7

イギリス革命の導入。サッカーのワールド＝カップがマスコミに大きく取り上げられるようになった現在では、イギリス（連合王国）が4つの国から構成されていることがさほど違和感なく受け止められるようになってきた。しかし当時はサッカー部やラグビー部の部員でも、イングランド vs. スコットランドが国際試合になることを認識していなかったように思う。

・「3DKのマンション？」：10

アンシャン＝レジームの社会の導入。この当時、フランスでは生活水準が上昇した一方で格差も拡大していた。住居を例にとれば、大富豪がメゾンを構え、貧民は間借りと

いうありさまだった。メゾン（マンション）とは大邸宅のことで、いわゆる日本のマンションは、ヨーロッパではアパートメントに相当する。バブル経済末期の1991年当時、分譲マンションの物件では、3DKはマンションとして失格といわれたが、そもそも本来のマンションでは3DKの間取りなどありえないと説明した。「ジャパン・アズ・ナンバーワン」ともてはやされていた日本を、「豊かなはずの日本人が、ウサギ小屋に住んでいる」とフランス人が揶揄して話題になっていたことを踏まえた。

・「インドにカレーはない」：24

ムガル帝国とイギリスのインド侵略の導入。インドでは一般にどの料理にも多種の香辛料が用いられており、それをイギリス人がカレーと呼んだ。したがってインド人は、自分たちが毎日カレーを調理し、食しているとは考えていない。気をつけなさいといつの間にかヨーロッパ人の視点から我われは世界を眺めてしまうという点にふれた。

・「戦争に負けなかったドイツ」：38

七首伝説の導入。第一次世界大戦におけるドイツの敗北を故意に否定した。1918年11月、ドイツでは革命が起こり、皇帝ヴィルヘルム2世がオランダに亡命した。戦争継続が不可能となったドイツは、連合軍側と休戦協定を結ぶが、翌年には過酷なヴェルサイユ条約を受諾させられる。ヴェルサイユ条約に対する国民の不満を背景に「ドイツ軍は前線の戦闘では勝利をおさめていたのに、国内で革命が起こったために敗北を強いられた」という世論が軍部主導で形成されたことを説明した。

(2) 生徒の反応

全般的には、生徒はCPに対して好意的であった。とくに反応のよかったものを4つ紹介しておく。

・「chinaは中国ではない」：2

鄭和の南海大遠征の導入。Chinaは中国だが、chinaは磁器（陶磁器）のことである。チャイナの意味ぐらいは知っているといった生徒たちの常識を利用した。

まず黒板に「chinaは」と書き、「これは何？」と訊いてみた。前任校は英語が苦手な生徒が多かったが、その中でも得意な者は「馬鹿にするな」という顔で、苦手な者はホッとした面持ちで、「中国」と返答した。そこでおもむろに「中国ではない」と書く。多くの生徒が呆気にとられているのを確かめてから「大文字で始まるChinaは固有名詞で、中国のことだけど、小文字で始まるchinaは中国ではありません。中国で作られた品でヨーロッパ人に大人気。いつの間にかそう呼ばれるようになったのだけど、何だと思う？」と説明を続けた。japanの意味も、あわせて紹介した。

・「コロンブスは『アメリカ』を『発見』していない」：3

コロンブスのアメリカ航路開拓の導入。1991年は、コロンブスのアメリカ到達500年の前年で、「アメリカ発見」という言葉遣い（そしてその背景にある歴史認識）が不適切ではないかと問われ始めていた。その一方で、コロンブス本人は、死ぬまで自分が未知の大陸ではなく、アジアに到達したと考えていた。これらを踏まえた否定文である。



授業では、このCPを板書したとたん、教室全体に戸惑いの雰囲気広がった。生徒にとって、コロンブスはアメリカ発見者以外の何者でもないからである。大いに有効なCPだったといえよう。ただし最近、「コロンブスは、何をした人」と授業中に訊いても、「アメリカの『発見者』」といった直截的な回答をする生徒はほとんどいなくなった。1992年前後に、「発見」という言葉遣いの問題点が議論され、それが中学の歴史教育においても急速に浸透したためと推測される。

・「フリーターは、どの身分になるのか」：11

前任校では、アルバイトをしている生徒が半数以上いた。赤裸々にいえば、地域の高校生アルバイトの重要な人材源となっていたのである。より上位の高校では、放課後の勉強や部活動に時間をさき、また家庭の経済状態にも恵まれているので、ほとんどアルバイトをしない。一方、下位の高校になると、仕事上の能力・適性面で問題が生じてくるからである。前任校のアルバイトをしている生徒たちのなかでは、時給額と仕事の内容（コンビニのレジ係か、飲食店の接客係か等）によって、ある序列が形成されていた。このCPを書いた時、互いの時給額をささやきあう生徒たちもいた。

・「ドイツはどいつ」：21

19世紀前半のドイツ連邦の導入。国民国家の形成が遅れたドイツでは、「ドイツ国家の成立前から、ドイツ国民はすでに存在している」という倒錯した観念が生まれていた（1807～08年のフィヒテの連続講演「ドイツ国民に告ぐ」がその一例）。では、明確な統一国家がまだ成立していない段階でのドイツ（ドイツ人）はどのように定義されるのかと問いかけてみた。

1991年当時は、まだそういう言葉は無かったが、完全な「オヤジギャグ」である。この授業は、2学期初めだったが、「今日のCPはどのようなものだろうか？」と生徒もそれなりに楽しみにし始めていた頃であった。このCPを書くと、すぐに多くの生徒から「何、それ!？」という声があがった。「先生、まじめに考えた?」「もちろん、しっかりと考えた」「しっかりと考えて、それ? えーっ、信じられへん」と、ある程度は予測したが、本意ではないところが焦点となってしまった。しかし、ある先輩教師からは、「大成功やね。夢中になって授業評価をしながら、いつの間にか、生徒は授業に参加しているのだから」と励ましていただいた。

つぎに生徒の反応が鈍かった、つまりCPとしてあまり有効でなかった（あるいは、そう思われた）ものを9つあげ、その理由を考察してみたい。

・「果報は（3年）寝て待て」：4

大航海時代のポルトガルのアジア貿易の導入。ヨーロッパーアジア間交易は、重要な港での交易そして風待ちなどで、早くても往復3年というのが相場であった。したがって出資者が、航海による利益を実際に手にすることが出来たのは数年後であった。このCPは「果報は寝て待て」をもとにしたが、残念ながら前任校では、この諺を知らない生徒が少なからずいた。諺の意味を説明するのはやぶさかではないが、結果としてCPとしての印象は薄かったと思われる。

・「16000/20000」：6

オランダの強大な海運力の導入。17世紀頃のヨーロッパ諸国の外洋船は約2万隻で、その8割がオランダ船籍だったという。近代世界システムにおける最初の覇権国家オランダの圧倒的な海運力を印象づけようとしたCPだったが、前任校の生徒は、分数を見ただけで嫌気がさしたようである。しかし当方も、板書する際には、たんに数字だけを示すのではなく、「16000隻/20000隻」と助数詞を付けるべきだったと反省した。

・「神々は渴く」：14 ⇒ 「地球一周は何キロか」

フランス革命のジャコバン独裁の導入。「おお、自由よ、汝の名においていかに多くの罪が犯されたことか」というロラン夫人の言葉が有名だが、CPは、アナートル＝フランスの作品名からとった。しかし筆者の恐れていた通り、「わけ分からん」と不評であった。そこで急遽、途中のクラスから「地球一周は何キロか」に変更した。革命政府によって空間の単位が、地球の円周を4万kmと定義するメートル法に切り替えられたことにふれたのである。

・「三種の神器」：17

近世イギリスの生活革命の導入。近世のイギリス社会では綿製品・紅茶・懐中時計などがステイタス＝シンボルで、これがいわば上流階級の「三種の神器」だったと説明した。しかし前任校の生徒たちには、「三種の神器」がほとんど通じなかった。世代の相違から、この言葉が彼らに縁がないのは当然だが、1年次の現代社会の授業で、高度経済成長期の日本社会の話をし、テレビ・洗濯機・冷蔵庫の家電が「三種の神器」として人気を集めたと説明していたので大丈夫と考えていたのだが…。

・「線路はどこまで続くのか」：18 ⇒ 「真の『鉄道マニア』とは」

産業革命期の交通機関の導入。産業革命の先発国であったイギリスでは、鉄道の敷設は産業革命の一つ終着点であったが、後発国（ドイツ・日本など）ではその建設が始点ともいえた。合衆国でも鉄道建設が重要だったことを踏まえて「線路は続くよどこまでも」の歌を紹介してみたが、1991年当時、前任校では多くの生徒がこの歌を知らないようだった。結局このCPも、途中から「真の『鉄道マニア』とは」に変更した。「鉄道マニア」という歴史用語は、鉄道建設に投資して巨額の利益を得ようとした事業家を意味し、いわゆる「鉄道ファン」とは異なる。

・「高3は長生きだ」：20

産業革命期の民衆の生活の導入。都市部の環境悪化の一例として、労働者階級の平均寿命が（乳幼児死亡率が異様に高かったこともあり）、リヴァプールでは15歳、マンチェスターでは17歳だったことを紹介した。生徒たちの多くは素直に驚いていたが、異なった反応を見せた者もいた。すなわち「自分たちは長生きできる。でも面白おかしく生きるのは高校まで。それ以後は、ただただ単調な将来があるだけだ」という非常に醒めた思いを抱いていた生徒たちである。世界史という授業の場で、彼らのそういった人生観とどのように向き合うことができるのかという課題を突きつけられた思いがした。



・「一票の格差無限大」：22

近代イギリスの腐敗選挙区と第一次選挙法改正の導入。日本の国政選挙における「一票の格差」が裁判という形態で争われ、新聞等で取り上げられるようになってきたのを踏まえてCPを作ったが、残念ながら前任校の生徒は、あまり政治（時事）問題には関心がなかったようで、ほとんど反応がなかった。もちろん「一票の格差」の説明はしたが、詳しい語句の説明を要した点でCPとしては失格であろう。

・「シャーロック＝ホームズは麻薬中毒」：25

アヘン戦争の導入。対中国貿易の赤字を減らすために、イギリスが植民地インドで栽培させたケシからアヘンを生産し、清朝に輸出したのは有名だが、アヘンはイギリス本国にも輸入されていた。労働者たちが、乳幼児に寝つき薬としてアヘン入りのアルコールを飲ませていたのである。そしてホームズの悪癖（コカインやモルヒネへの耽溺）を紹介し、彼が属する上流階級も麻薬禍を免れていなかったことを紹介した。

筆者が非常に困惑したのは、前任校では、このCPを真に受けて「ホームズは実在の人物？」と混乱してしまった生徒が少なからずいたことである。このような誤解が生じたのは、ホームズの名は知っていたが、小説の中の架空の人物であるということを彼らが知らなかったからであろうか。それともCP自体に問題があったのだろうか。

・「落葉の季節には帰国！？」：33

第一次世界大戦の開戦の導入。1914年8月初旬に戦争が始まったとき、各国の政府はこの戦争が短期間で終わると予想していた。ドイツ皇帝ヴィルヘルム2世が「戦争は落葉の季節には終わり、クリスマスには恋人と楽しい時を過ごすことができるだろう」と将兵を激励した。これを踏まえたCPである。

授業後に「でも結局、終わったのは秋ですよ」という質問を受けた。たしかに第一次世界大戦は1918年11月に終わっている。戦争の年数よりも、「落葉の季節」という言葉に強い執着をもってしまったようだった。

・「世界最高額切手？」：36

1920年代のドイツの導入。1923年のフランス・ベルギー軍のルール占領に対する消極的抵抗によって、ドイツでは破滅的なインフレが生じた。このインフレに関しては、価値の下落した札束を積木がわりにして遊んでいる子どもの写真が有名だが、少し“ヤラセ”の雰囲気もある。そこで500億マルクの印字がある郵便切手を紹介した。1000兆マルク紙幣も悪くはないが、紙幣よりも切手の方が生活感があり、貨幣価値の変動を実感できると考えたのである（筆者がかつて切手収集を趣味としていたこともある）。しかし残念ながら、生徒たちは、筆者が期待したほどはインパクトを受けなかったようである。

(3) 小括

以上のように改善点は多々あるが、総体としては有効であった。

まず、生徒たちに不評であったCPは少なからずあったが、むしろ失敗作を通じて、目の前にいる生徒たちの“知のあり方”を垣間見ることができた。具体的には「果報は寝て

待て」や「三種の神器」といった基本知識の不十分さ。あるいはものごとを誤解するパターン。そして学習の背景にある彼ら独自の“社会性（生活感覚）”などである。それらを知ること、ピンチをチャンスにかえる方策が見えてくる。たとえば気取った言葉をオシャレと感じる者もいれば、逆に敬遠する者もいる。だから昨今の言葉でいうならば、“ベタ”な説明と“のりのり”な言葉を巧みに使い分けて、生徒に親近感を持たせるなど。

そして生徒に受け入れられるCP（文言だけではなく、内容も）を考案する過程で、教材研究の視野が格段と拡大され、かつストーリー性の高い授業を構成する励みとなった。

しかし翌1992年度は「今日の！」を廃し、「今日の？」だけにした。「今日の？」と「今日の！」は、決して1時間の授業全体のなかで解き明かされる「質問—解答」というペアではなかった。にもかかわらず、授業開始（導入）時に「今日の？」を、そして終了（整理）時に「今日の！」を板書すると、どうしても生徒たちは、そういった誤解をしてしまうからである。また生徒に各授業の感想文を書かせて、それをもとに作成・編集する「教科通信」の方に力点を置くようになった1995年度以降は、「今日の？」も取りやめ、CPを中止した。

### 3. 現任校でのCP … 2008年度版

1996年に現任校へ赴任してから、筆者は世界史を専門に担当してきた。授業では「教科通信」を積極的に作成してきたが、2008年度は、少しスタイルを変えようと考えた。そして、久しぶりに授業の導入用CPを作成・利用してみることにした。

今回、CPを作成・利用しようと考えた際に、筆者は次のようなことを考えていた。

#### (1) 生徒の現状

現任校の生徒は、基本的な学力や情報処理能力は高いが、15年前の前任校の生徒よりも、社会に関する興味関心や一般常識はむしろ減少しているのではないかという印象を、最近抱いていた。その一因としては、新学習指導要領の「ゆとり教育」との関連があげられよう。なによりも中学での世界史に関する基本事項の大幅な削減。それにとまなう世界史の前提となる「常識」のスプロール化。そして考査に出題されない事項をあえて学ぶ必要はないという、ある種の「開き直り」を生徒たちから感じるときすらある。

#### (2) CPの作成方針（2008年度版）

今回のCPも、“授業の導入”として作成・利用するが、1991年度のCPとは、次の2つの点を変更した。

まず、「まとめ」のCPを作らない点。これは前述したように、2種類のCPで授業の枠組みをつくるのは無理だったからである。そして今回のCPは、「授業の窓」と名づけることにした。

2つ目は、1991年度と異なり、CPを授業プリントに記入させない（授業プリントに最初からCPが印刷してある）点である。前任校では、筆者が教壇に立ちCPを板書したら授業が始まるという約束が成立していた。筆者は始業・終業時の互礼をしなかったので、板書されたCPを授業プリントに記入することが授業開始だと生徒は認識していた。「ベル着運動」と同じように、彼らには身体化された習慣が必要だったのである。しかし現任校

では、そこまでする必要はないと考えたことと、わざわざCPを板書することに筆者自身が“照れ”を感じていたからである。

さて授業導入用のCPといっても、当然ながら、その役割は様々である。今年度は授業で取り上げる「事項」に限定せず、ときには1時間の授業全体の「構造」を意識させるCPを試みようと考えた。発想のヒントとなったのは、2007年度下半期のNHK連続テレビ小説（朝ドラ）の『ちりとてちん』（脚本：藤本有紀）であった<sup>註2</sup>。

『ちりとてちん』は、緻密な脚本と出演者の名演によって熱狂的なファンを生み出したが、各週のサブタイトルも話題になった。たとえば「身から出た鯖（第2週）」「小さな鯉のメロディ（第4週）」「瀬戸際の花嫁（第14週）」「大草若の小さな家（第25週）」というように、ことわざや映画・TV、あるいは歌の題名などをパロディにしていた（ドラマ全体も、「笑う門には福井来る（第1週）」と「笑う門には福来る（最終週）」というサブタイトルでくくられていた）。ドラマの脚本と同じような授業を作ることはできないが、できるだけユーモア（ウイット）のあるCPを作りたいという思いはあった。

1991年度にCPを作成した際の基本方針 i・ii に沿うことは当然だが、さらにその目的に応じて次の2類型を設定してみた。もちろん、この区分は決して厳密なものではない。あくまでも一応の規準である。

iii：謎解き…授業中に教師が説明をして、その意味が判明する

iv：考え落ち…教師が一応説明をしているが、生徒が真意に気づくのは授業後になる

以下、具体例としてCPを6つずつ紹介しておく（なおCPの後の数字は、＜資料2＞に示した授業プリントの番号である）。

#### iiiに関して

##### ・「東インドって、どこ？」：3

東インド会社の導入。「東インドとは、どこのこと？」とあらためて問われると、あやふやな返答をする生徒は決して少なくない。近世ヨーロッパでは、アジアを「東インド」、アメリカを「西インド」と呼んでいたことの確認から授業を始めた。

##### ・「一票の格差、無限大」：5

近代イギリスの腐敗選挙区と第一次選挙法改正の導入。前任校ではあまり有効ではなかったCPを用いた（リベンジである。再チャレという方が“今風”か）。1年次に政治経済の授業で扱ったからであろうか。可もなく不可もなくという反応であった。

##### ・「戦後の『アヘン』の扱いは？」：7

アヘン戦争の導入。清朝のアヘン貿易厳禁がアヘン戦争の発端となったことは、多くの生徒が知っている。では戦後の南京条約でアヘンはどのように扱われたのか。この点を生徒に意識させて授業を始めた。

##### ・「大ナポレオンの“教訓”」：9

ナポレオン3世の外交の導入。大ナポレオンの不肖の甥と見なされてきたナポレオン3世の再評価が始まっている。今年度の授業では、ナポレオン戦争について詳しく説明



していなかったため、ナポレオン1世の外交政策がイギリスとの“対決路線”であり、ナポレオン3世の“協調路線”とは相違していたことをさかのぼって説明した。

・「文明化という名の植民地化」：12

列強のアフリカ分割の導入。かつてのパリ＝ダカール＝ラリーが現在はルートを変えているので、前任校でのCPは用いなかった。だが今回のCPは、文面通りで面白味がなかった。列強がアフリカを植民地とした理由の一つに植物油の獲得があった。それを踏まえて「石鹸とマーガリン」といった謎めいたCPにすればよかったと反省した。

・「日清“前・後”戦争」：17

日清戦争の導入。世界史専門にかこつけて日本史に疎いのは恥ずかしいことだが、往々にしてそうなりがちである。つい最近、筆者は、日清戦争を「(7月23日の)日朝戦争」「(狭義の)日清戦争」「台湾征服戦争」という三期でとらえる視点を知った註3。そこで東アジアという地域を意識して日清戦争を取り上げた。ただしCPが洗練されていない。「3つの日清戦争」というように意外性を強調した方がもっと魅力的だっただろう。

iv) に関して

・「ナポレオンの衝撃」：4

東方問題の導入。イスラーム暦1213年の最大の出来事は、ナポレオンのエジプト遠征(1798～99年)ではなく、それによって生じたメッカ巡礼の中止だったと同時代のエジプトの歴史家を書き残している。オスマン帝国におけるムスリムたちの常識をまず生徒に伝えた。そして授業の後半に、ナポレオン戦争後に流入したナショナリズムの思潮が、多民族国家オスマン帝国を弱体化させる大きな要因となったと説明した。このCPが、ナショナリズムを指していることにどれだけの生徒が気づいてくれただろうか。

・「間違ってもOK?」：8

ジャクソン民主主義の導入。アメリカ大統領で初めての西部出身者であったジャクソンは読み書きが不得手で、All Correctの略としてOKと書いて周囲を驚かせた(おそらく庶民的であることを示すための演出だった)エピソードを授業中に紹介する。そしてその後、開拓農民の利益を守るためにジャクソンがインディアン強制移住法を制定し、先住民を保留地へ追いやると説明する。ジャクソン民主主義はOKだったのか、その点を自問自答してくれる生徒がいれば嬉しいが…と思いつつ作成した。

・「不都合な“愛国情”」：11

フランス第三共和政の導入。ノーベル平和賞を受賞したアル＝ゴア主演のアメリカ映画「不都合な真実」(2006年)の題名を参考にした。普仏戦争で第二帝政が崩壊した後、1871年2月にフランス臨時政府はドイツに降伏した。しかしこれに反発したパリの労働者や市民が、抗独愛国のパリ＝コミューンを形成する。言うまでもなく臨時政府にとって、これは反乱以外のなにものでもなかった。また1894年には、対独復讐熱の高まりを背景にドレフェス事件が起こった。「フランス人国家」においてユダヤ人の愛国情は疑わ

しいものだったのである。無条件に「善」とされる愛国心など存在せず、権力者にとって「好ましいもの」と“不都合なもの”があることを、生徒たちに理解してほしいのだが…。

・「スクラップ&ビルド」：13

明治維新と同治中興の導入。清朝と比較したとき、日本の方が近代化に成功した理由は、いくつか指摘できるだろう。そしてその一つに、前者では皇帝権力を保持するための部分的改革（中体西用を柱とする洋務運動）にとどまったのに対し、後者では徳川幕府を滅ぼした後に全面的な近代化（文明開化・殖産興業）が推進されたことは重要な相違点であろう。旧体制を破壊して、はじめて新体制に移行することが容易となる。「スクラップ&ビルド」というありふれた言葉であるが、その語順が決して「ビルド&スクラップ」ではない点を生徒に気づかせたかったCPである。

・「これでは“心外”革命」：20

辛亥革命の導入。いうまでもなく辛亥革命の語呂合わせである。革命運動に幾度も失敗し合衆国に孫文が亡命していた1911年、四川暴動とそれに続く武昌起義から革命が始まった。孫文は、自分が不在のときに革命が起こったこともあり、指導力を十分に発揮できなかった。さらに帰国後は清朝の実力者である袁世凱と取り引きをして、彼に中華民国の臨時大総統の地位を譲ることになってしまう。発端と結末、その両方が、孫文の思惑を外れた革命だったという意味をCPに込めてみた。

・「現実主義的な理想家 vs. 理想主義的な現実家」：25

ロシア11月革命と革命防衛戦争の導入。芥川龍之介のレーニンをテーマとした詩を紹介しつつ、理想と現実を引き裂かれたレーニンの政策を説明した。しかしこれも面白味のないCPだった。「礼仁から冷忍へ」と、日本での紹介時にレーニンにあてられた漢字の変更を取り上げた方が、はるかに興味深かっただろうと反省した。

(3) 生徒の反応

現任校の生徒たちは、CPをどのように受け止めたのだろうか。本稿を執筆している時点では、まだ本年（2008年）度の授業は進行中であり、全体の総括は不可能であるので、部分的に検討をすすめてみたい。

まず<資料2>は、2学期末までの各時間の授業内容とCPの一覧で、<資料3>は、CPに関する一連のアンケート結果である（実施は8月末。2～14回目までの授業を対象としている）。

<資料3-全体>は、次の3項目の相関をみるために実施したアンケートであるが、ここでは各項目の人数を、<表1>として示しておく。

A：「授業の窓」の存在に気づいていた。

B：「授業の窓」に関して授業中にさりげなく（ときに明確に）説明がされている。

C：「授業の窓」は有益である。

<表1>

	A	B	C
5：たしかにそう思う	105 (67.3)	29 (18.6)	28 (17.9)
4：ややそう思う	21 (13.5)	36 (23.1)	42 (26.9)
3：ふつう	14 (9.0)	43 (27.6)	35 (22.4)
2：あまりそう思わない	5 (3.2)	13 (8.3)	12 (7.7)
1：全くそう思わない	10 (6.4)	12 (7.7)	7 (4.5)
☆：わからない	1 (0.6)	23 (14.7)	32 (20.5)

表の中の数字は人数。( )内はパーセントである。

#### Aに関して

CPの存在を認識していた生徒は126人、意識していなかった者が15人だった。前任校と異なり、CPを板書して授業を開始する形態でなかったため、このような数字になったのは妥当であろう。<資料3-A>から、生徒のコメントをいくつか紹介してみる。

まず評価5のコメントとしては「一番上に書いてあるから」「四角で囲まれているから目に入る」「プリントには全部目を通してあるから」といったものが大半であった。なかには「写真などがあってすぐに目につくから」という意味不明のものもあったが。

評価4では「初回だけかと思っていたので、3回めくらいでまた気づいた」「存在は気づいてたけど、何か知らなかった」など。評価3では「前に気づいて、またしばらく忘れていた」「いわれてみれば、あったなあ」など。「プリントに印刷してあるのは何だろう？」というのが、生徒たちのごく素直な反応だろう。しかし評価2の「空欄しか見ていなかったから」、評価1の「気づかなかった」というコメントには少し驚いた。とりたてて強調はしていないが、目にはつくように授業プリントに印刷しているつもりだったからである。

#### Bに関して

授業でCPに関わる説明が行なわれていると考えている生徒が65人。なされていないと言う(あるいは、気づかない)者が25人。「ふつう」または「わからない」生徒が66人であった。<資料3-B>から、代表的なコメントを紹介する。

評価5では「先生の話聞いてれば分かる」「1回先生がていねいに説明してくれて、その時に気付いた」「直接言わなくても後でノートを見返すと納得できるから」「授業の窓を一見しただけでは分かりにくい時も説明でわかりやすくなっているから」あるいは「授業に出てきた!」って思い出した(後から読んでたら)など。評価4だと、「気づけるときと、そうでないときがある」「それに気付くと、テンションが上がります。たのしいです」「授業が終わってから、説明していたのかもと思うときがあるから」「たまに気づく。でも最後まで意味不明なもの少し…」などである。

評価3になると、「あまり意識していないので分からない」「どの説明がそれか考えていない」「わかるときとわからないときがあるから」「書くことに必死なので」など。そして評価2～1では「ちゃんと授業の窓をみていない」「聞いていなかった」となる。

概して、評価5～4の生徒は「CPが授業中に何らかの形で説明されている」と考え、評価2～1の生徒の感想は「聞いていてもよくわからない」となる傾向が見られよう。

じつは本年度は、CPの示す事項や内容に関する“直接的な説明”を筆者はかなり控えてきた。生徒たちが自ら、CPの意味を考えてくれれば…と、図々しいことを期待していたからである。したがって評価5の「書いている文章だけでは意味が分からないので説明されていると思う」というコメントは、“CPを教師が説明しているはずだ”という常識に基づいた推測であり、むしろ「全部説明してるのは知らなかった」という評価4のコメントの方が、まっとうなのである。一方、「授業のまどって何をイミしてるんですか？」といった評価☆のコメントに対しては、“確かに懇切丁寧に「授業の窓」の役割に関する説明はしていないけれども、常識的に理解・活用してほしい”と思った。

さて筆者はCPに関する“直接的な説明”は抑えてきたが、もちろん授業中に何らかの形でCPに言及するようにしてきた。その方策は、前述の類型、すなわち「iii：謎解き」「iv：考え落ち」のいずれかによって異なってくる。各類型に対する生徒の反応を、8月末に実施したアンケートから探してみる。アンケートは、第2～14回目の各CPに対する生徒の評価を調査したもので、項目は次の3点である。

- a：「授業の窓」と関連して、この時の授業の内容・関連を、なんとなく思い出せるもの、すべてに○印をつけて下さい。
- b：「おもしろい、納得」という「授業の窓」に最大3つまで○印をつけて下さい。
- c：「何これ？意味不明」という「授業の窓」に最大3つまで○印をつけて下さい。

<表2>

授業回：「授業の窓」	a	b	c	b-c
2：クロスがクロス	1 3 4 (85.9)	9 6 (61.5)	9 ( 5.8)	8 7
3：東インドって、どこ？	1 0 7 (68.6)	2 6 (16.7)	4 ( 2.6)	2 2
4：ナポレオンの衝撃	7 5 (48.1)	1 8 (11.5)	2 2 (14.1)	- 4
5：一票の格差、無限大	1 1 0 (70.5)	3 4 (21.8)	1 4 ( 9.0)	2 0
6：赤字覚悟の大サービス	1 1 5 (73.7)	6 2 (39.7)	9 ( 5.8)	5 3
7：戦後の「アヘン」の扱いは？	9 2 (59.0)	1 9 (12.2)	9 ( 5.8)	1 0
8：間違ってもOK？	5 3 (34.0)	2 9 (18.6)	4 8 (30.8)	- 1 9
9：大ナポレオンの“教訓”	7 0 (44.9)	2 2 (14.1)	1 7 (10.9)	5
10：“No.1”を自作自演	7 4 (47.4)	2 8 (17.9)	2 3 (14.7)	5
11：不都合な“愛国心”	4 8 (30.8)	2 3 (14.7)	3 0 (19.2)	- 7
12：文明化という名の植民地化	6 6 (42.3)	1 3 ( 8.3)	1 8 (11.5)	- 5
13：スクラップ&ビルド	4 1 (26.3)	9 ( 5.8)	5 9 (37.8)	- 5 0
14：“協力者”の“裏切り”	8 2 (52.6)	2 1 (13.5)	9 ( 5.8)	1 2

表の中の数字は人数。( )内は、回答者数156人に対するパーセントである。

以下、大雑把ではあるが、各項目について分析をしてみたい。

#### a項目に関して

授業内容をCPから“なんとなく思い出せる”という曖昧な指標だが、100人以上が選んだCPは4つある。「クロスがクロス」「東インドって、どこ？」「一票の格差、無限大」「赤字覚悟の大サービス」、次点が「戦後の『アヘン』の扱いは？」。これらは「iii：謎解き」型で、しかも具体的な事項に関するCPという共通点がある。換言すれば、「連合旗」



「東インド会社」「腐敗選挙区」「朝貢貿易」そして「アヘン戦争」といった事項と一対一対応（いわば一問一答式）の簡明なCPであった。

#### b項目に関して

一人で最大3つまで選べる形式にしたが、上位3つが「クロスがクロス」「赤字覚悟の大サービス」「一票の格差、無限大」で、4番目が「間違ってもOK?」。これらのCPは、過去に編集・発行した「教科通信」の見出しの中から生徒に面白いと評価が高かったフレーズを選んだ。ただし「一票の格差、無限大」と「間違ってもOK?」は、好評である反面、CPの意味が理解できなかつた者も多数いたことが、c項目の人数から推測できる。

#### c項目に関して

b項目同様、各人最大3つまで選べる形式にした。上位3つ…つまり不評（難解）だったのが「スクラップ&ビルド」「間違ってもOK?」「不都合な“愛国心”」で、「b-c値」もマイナスとなっている。共通点は「iv: 考えオチ」型であり、1時間の授業全体の構成が理解できたときに、隠された意味も見えてくる（はず）のCPである。

#### Cに関して

最後に、CPが有益であったか否かを表1>のC項目からみてみよう。CPが役立つと考えている生徒が70人。無益と感じている者が19人。「ふつう」または「わからない」生徒が67人であった。<資料3-C>から、代表的なコメントを紹介してみる。

評価5では「先生の最も言いたいこと＝授業の目的がよくわかる」「続けてほしい。おもしろいから」「授業の終わりに見ると意味が分かるから面白いです」「テストでもこれをおもいだすと自然と言葉がでてきたりする」「入院中、これで概要を把握していた」「補足として、また自分で調べるときの手がかりとなるから」など。そして評価4では「授業前に読んでから、授業を聞くとより分かりやすい」「物語の主題のようでわかり易いが、復習する時にややこしくなって考えてしまうから」「内容の抽象的なまとめっぽい」など。

評価3では「もう少し、明確に書いてほしい。少し短文すぎてわからない時がある」。

評価2では「あまり参考にしたことがなかったので」「世界史がまず難しいので、別に有益にはならない」「あってもなくてもいいしょ?」などで、評価1になると「いまいち印象残らないんで、意味ないと思います」など。評価☆では「気づくのが遅く、まだそんなに利用してないから。でも説明書きの少ないプリントにおいて結構重要な?」。

CPを用いているが、前任校とは異なり、それを前面には押し出していない。しかしそういう状況の中でも、わりと好意的な反応が多かったことには安堵した。

#### 4. 現時点での総括と今後の課題

「教科書を教えるのか、教科書で教えるのか」をもじるなら、「CPを教えるのか、CPで教えるのか」となるのだろう。もちろん筆者が目指すのは「CPで教える」である。そしてそれは筆者にとって「世界史を教えるのではなく、世界史で教える」と同義である。「世界史を教える」とは、誇張すれば、数多くの歴史事項をひたすら説明することである。一方「世界史で教える」とは、歴史的思考を示しつつ社会構造を理解させることである。

「ゆとり教育」によって基礎知識を欠いた生徒が大量に出現し始めたにもかかわらず、大学受験のために進学校が旧来の「世界史を教える」授業を継続し、破綻した。これが未履修問題の背景であろう。筆者は闇雲に「世界史を教える」授業をして、世界史が嫌いになる生徒を増やすことはしたくない。「世界史を教える」授業をしなければ、受験はどうなるのだ？という質問には、「世界史で教える」授業で世界史が好きになった生徒は、自ら「世界史を学ぶ」ようになるだろうという回答あるのみである。

本年度、筆者が用いた「授業の窓」のうち、その意味がすぐに判明するものはそれほど多くなかった。一体何のことだろう、と最初は困惑した生徒が大半だったかもしれない。

「授業の窓」がCP本来の役割（理解しやすい授業への導入）に反していたという批判もあるだろう。なぜ筆者はそのようなCPを作成したのか。CPを通じて、歴史上の重要事項とともに歴史的思考のあり方を、生徒たちに気づかせたかったからである（しかし筆者は、時代や社会の特色と変化を安易にパターン化して生徒に示すことは戒めている。歴史学とは、あくまでも固有名詞の学問だと考えているからである）。したがって出来事のたんなる「代名詞」ではなく、「換論」となるCPを作成しようと心がけた。その結果、授業のためのCPを作成するのではなく、CPのための授業を考えていくという逆転現象も、時にはあった（手段としてのCPから、目的としてのCPへ）。

もちろん、「世界史で教える」授業が教師の自己満足に終わってはならない。生徒たちが授業をどのように受け止め、理解したのか把握することが肝要である。そのために、授業感想を書かせる、あるいは授業後に生徒自身に当該授業に相応しいCPを作成させて、教師のCPと比較することも一案かもしれない。いずれにせよ、今後の課題である。

## 5. おわりに

筆者は、今年で教員生活25年目（つまり四半世紀）を迎えた。世間では“中堅”というよりも“ベテラン”と見なされる域に入りつつあるのだろう。しかし毎年、授業は試行錯誤の連続である。そこで例年ならば体よくまとめてきた実践を、本年度は、思い切って、年度途中（つまり未完結）の段階で、ありのままさらけ出してみた。したがって、本稿が報告というよりも、むしろノートの類となった点、ご寛恕いただきたい。

2008年10月23～24日、京都教育大学附属高等学校において第50回全国国立大学附属学校連盟高等学校部会の教育研究大会が開催された。本稿は、その地歴公民部会での発表「キャッチフレーズ世界史」に大幅な補足をしたものである。当日は、筆者の拙い発表に対し、多くの先生方から有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

註1 教科通信の実践に関しては、「世界史の教科通信の作成とその活用」（『研究集録 第48集』大阪教育大学附属天王寺中等学校 2006年 pp.19-42）参照。

註2 HPウィキペディア (<http://ja.wikipedia.org/wiki/>) の「ちりとてちん（朝ドラ）」の項、および藤本有紀著『ちりとてちん』（上/下・日本放送出版協会・2007年/2008年）参照。『ちりとてちんメモリアルブック』（「NHKウィークリーステラ」2008年臨時増刊8月25日号・NHKサービスセンター）も楽しい。

註3 原田敬一『日清・日露戦争 シリーズ日本近現代史③』（岩波新書・2007年）参照。

## <資料1> 1991年度の授業(3年世界史)項目とCP

【 】内は、授業内容

### <テーマⅠ“世界史”の始まり>

- 1 13-14世紀の社会【モンゴル帝国と東西交流】  
今日の? 視力5.0  
今日の! モンゴルは初めて世界を狭くした
- 2 14-15世紀の社会【オスマン・ティムール・明の三大帝国】  
今日の? chinaは中国ではない  
今日の! アフリカ産のコバルトが青磁をつくった! ⇒ (後に訂正)
- 3 大航海時代1【コロンブスのアメリカ到達】  
今日の? コロンブスは「アメリカ」を「発見」していない  
今日の! 「インディアン」こそが、最初の(本当の)アメリカ人だった
- 4 大航海時代2【ポルトガルとスペインの海外進出】  
今日の? 果報は(3年)寝て待て  
今日の! スペインは世界最初の「太陽の沈まない国」
- 5 大航海時代3【アメリカ先住民文化とヨーロッパの価格革命】  
今日の? エイリアン?・・・地球にいるのは白人だけではない  
今日の! ヨーロッパが中心となって3Aをまとめてゆく
- 6 ヨーロッパ諸国の植民活動(17世紀)【オランダとイギリスの植民活動】  
今日の? 16000/20000  
今日の! 世界最初のスラムが出来たのは、アムステルダム
- 7 ヨーロッパ諸国の植民活動(18世紀)【イギリス革命と英仏第二次百年戦争】  
今日の? イギリスは一つの国ではない  
今日の! ユニオン・ジャックが七つの海を制覇した
- 8 アメリカ独立革命1【北米植民地の状況】  
今日の? アメリカン・コーヒーは革命(独立)の味  
今日の! まず戦争、そして次に独立
- 9 アメリカ独立革命2【独立戦争と合衆国憲法の制定】  
今日の? アメリカ人の“常識”とは?  
今日の! U.S.Aは、本当は合衆国でなく合州国

### <テーマⅡ 二重革命の時代>

- 10 フランス革命1【アンシャン・レジームの生活実態】  
今日の? 3DKのマンション?  
今日の! 王様はアイドルだ

11 フランス革命2【アンシャン・レジームの社会構造】

今日の？ フリーターは、どの身分になるのか

今日の！ 第2身分が革命への扉を開けた

12 フランス革命3【革命の始まり】

今日の？ 「7月14日、何もなし」

今日の！ 男はバスティーユを奪い、女は王を奪った

13 フランス革命4【立憲王制から王制廃止へ】

今日の？ 361対360

今日の！ 三色旗は、自由・平等・博愛となる

14 フランス革命5【ジャコバン独裁から革命の終結まで】

今日の？ 神々は渴く ⇒ 地球一周は何キロか (途中で変更)

今日の！ 革命は終わり、「革命の子」が登場する

15 ナポレオン1【ナポレオンのヨーロッパ支配】

今日の？ ナポレオネからナポレオンへ

今日の！ 余の辞書でも「攻撃は最大の防御である」

16 ナポレオン2【ナポレオンの没落】

今日の？ ゲリラは何語か

今日の！ 革命によって自由主義と国民主義が広まる

17 産業革命1【産業革命の原因】

今日の？ 18世紀イギリス人の三種の神器とは

今日の！ (各生徒に考えさせた)

18 産業革命2【産業革命の経過】

今日の？ 線路はどこまで続くのか ⇒ 真の「鉄道マニア」とは (途中で変更)

今日の！ イギリスは「世界の工場となる」

<テーマⅢ ヨーロッパの世紀>

19 資本主義社会の成立1【資本主義社会の経済思想と人間関係】

今日の？ 手編みのマフラーは義理チョコに勝つ

今日の！ 労働運動の相手が機械から資本家に

20 資本主義社会の成立2【資本主義社会の社会・労働問題】

今日の？ 高三は長生きだ

今日の！ 元植民地は未開ではなく、低開発された

21 19世紀前半のヨーロッパ1【ウィーン体制と1920年代の諸事件】

今日の？ ドイツはどいつ

今日の！ 秘密結社から大衆運動へ



- 22 19世紀前半のヨーロッパ2【七月革命と社会主義思想の登場】  
 今日の？ 一票の格差無限大  
 今日の！ パリは革命の司令塔！
- 23 1848年のヨーロッパ【1848年革命】  
 今日の？ 三度目も不正直  
 今日の！ “諸国民の春”は夏にはならず
- 24 18-19世紀の南アジア（インド）【イギリスのインド支配の過程】  
 今日の？ インドにカレーはない  
 今日の！ イギリス国王のインド大臣によるイギリス人のためのインド帝国
- 25 18-19世紀の東アジア（清）【清朝の社会とヨーロッパの侵略】  
 今日の？ シャーロック＝ホームズは麻薬中毒  
 今日の！ 眠れる獅子はダメ招き猫
- 26 19世紀のアメリカ【西部開拓と南北戦争】  
 今日の？ 良いインディアンとは？  
 今日の！ 西部はアメリカの国内植民地だった
- 27 19世紀後半のヨーロッパ1【イギリスの繁栄とイタリア統一】  
 今日の？ なぜ英語は国際語なのか  
 今日の！ イタリア統一の次はドイツ
- 28 19世紀後半のヨーロッパ2【ドイツ統一とフランスの状況】  
 今日の？ 大は小を兼ねず！  
 今日の！ ラインをめぐる独仏国境ライン
- 29 18-19世紀の西アジア（オスマン）【東方問題とオスマンの弱体化】  
 今日の？ 西アジアがなぜ中近東か  
 今日の！ “瀕死の病人”からの遺産強盗

<テーマIV 第一次世界大戦>

- 30 第一次世界大戦への道1【ヨーロッパ諸国によるアフリカ分割】  
 今日の？ パリ＝ダカール 帝国主義耐久レース  
 今日の！ アフリカの独立国はエチオピアとリベリア
- 31 第一次世界大戦への道2【ヨーロッパ諸国のアジア侵略】  
 今日の？ 敵の敵は強い味方  
 今日の！ イギリスはドイツの“4B”政策を恐れた
- 32 第一次世界大戦への道3【バルカン問題】  
 今日の？ 友達の友達も友達  
 今日の！ 赤信号みんなで渡ればだれか死ぬ

- 33 第一次世界大戦【大戦の経過】  
今日の？ 落葉の季節には帰国！？  
今日の！ 1917年 現代が始まる
- 34 ロシア革命1【ロシアの革命運動と第一次革命】  
今日の？ 歴史の三段跳び  
今日の！ 日露戦争は第一次世界大戦の序曲だ
- 35 ロシア革命2【二月革命と十月革命】  
今日の？ 箱入り革命家  
今日の！ パンと平和と土地が革命のエネルギー
- 36 1920年代の世界1【ヨーロッパ諸国の状況】  
今日の？ 世界最高額切手？  
今日の！ ドルが世界を救う
- 37 1920年代の世界2【アジア諸国の状況】  
今日の？ 誰のものでもないアジア  
今日の！ お手本だった日本の裏切り

<テーマV 第二次世界大戦>

- 38 1930年代の世界【世界恐慌とその影響】  
今日の？ 戦争に負けなかったドイツ  
今日の！ ゲルニカはドイツ空軍の実験台
- 39 第二次世界大戦1【全体主義の台頭】  
今日の？ ベルリン・オリンピックは民族の祭典？  
今日の！ 英仏の宥和政策がヒトラーを勇気づけた
- 40 第二次世界大戦2【第二次世界大戦の前半】  
今日の？ 奇妙な戦争  
今日の！ アメリカは裏口から参戦
- 41 第二次世界大戦3【第二次世界大戦の後半】  
今日の？ 空母1、飛行機35喪失  
今日の！ 国際社会のなかでの平和的貢献

<資料2> 2008年度の授業(2年世界史:2学期末まで)項目とCP

【 】内は、CPと直接関わる事項

1 20世紀史の試み

(最初の授業は、「世界史」全体への導入とし、CPは利用しなかった)

2 イギリスという国について【イギリスの国旗】

授業の窓…クロスがクロス

3 インドとイギリス【東インド会社】

授業の窓…東インドって、どこ?

4 オスマン帝国とイギリス【ナショナリズムの流行】

授業の窓…ナポレオンの衝撃

5 19世紀前半のイギリス【腐敗選挙区】

授業の窓…一票の格差、無限大

6 清とイギリス【朝貢貿易】

授業の窓…赤字覚悟の大サービス

7 19世紀中頃の清【アヘン戦争の結果】

授業の窓…戦後の「アヘン」の扱いは?

8 19世紀前半の合衆国【ジャクソン大統領の民心掌握】

授業の窓…間違ってもOK?

9 19世紀後半の世界各地【ナポレオン3世の外交】

授業の窓…大ナポレオンの“教訓”

10 19世紀中頃の合衆国【リンカンのイメージ戦略】

授業の窓…“№1”を自作自演

11 統一後のドイツとフランス【パリ・コミューン】

授業の窓…不都合な“愛国心”

12 19世紀後半のアフリカとアジア太平洋【植民地化の正当性】

授業の窓…文明化という名の植民地化

13 「幕末・維新」の世界史【日本と清の相違】

授業の窓…スクラップ&ビルド

14 19世紀の南アジアの情勢【植民地人のしたたかさ】

授業の窓…“協力者”の“裏切り”

- 15 19世紀の東南アジア・中東の情勢【19世紀後半のオスマン帝国】  
 授業の窓…「瀕死の病人」に付け入る列強
- 16 19世紀末のアフリカとヨーロッパ【独の3B政策と英の3C政策】  
 授業の窓…イギリスが恐れた“4番目のB”
- 17 東アジア史としての日清戦争【日清戦争の経過】  
 授業の窓…日清“前・後”戦争
- 18 1900年前後の東アジアの情勢【列強の侵略と義和団事件】  
 授業の窓…“眠れる獅子”から“招き猫”に
- 19 世界史としての日露戦争【日露戦争の経過】  
 授業の窓…第0次世界大戦
- 20 辛亥革命【中国での革命運動】  
 授業の窓…これでは“心外”革命
- 21 第一次世界大戦①【開戦までの状況】  
 授業の窓…平和のための軍事同盟
- 22 第一次世界大戦②【総力戦の様相】  
 授業の窓…戦争に引きずられた政治
- 23 第一次世界大戦③【アメリカの参戦と終戦】  
 授業の窓…正常への復帰？
- 24 ロシア革命①【第一次ロシア革命と3月革命】  
 授業の窓…周回遅れの先頭走者
- 25 ロシア革命②【11月革命と革命干渉戦争】  
 授業の窓…現実主義的な理想家 vs. 理想主義的な現実家
- 26 ヴェルサイユ体制下のヨーロッパ①【戦後のドイツ】  
 授業の窓…「近親憎悪」と「合理化」
- 27 ヴェルサイユ体制下のヨーロッパ②【戦後のイタリア】  
 授業の窓…割に合わない勝利
- 28 ヴェルサイユ体制下のヨーロッパ③【戦後のイギリス (&アイルランド) とソ連】  
 授業の窓…「変わらずに生きるためには、変わらなければならない」
- 29 1920年代のアジア①【文学革命と第一次国共合作】  
 授業の窓…吳越同舟&同床異夢



<資料3-全体> 授業の窓についてのアンケート

A:「授業の窓」の存在に気づいていた。 B:「授業の窓」に関して授業中にさりげなく(ときに明確に)説明がされている。 C:「授業の窓」は有益である。

5 (たしかにそう思う) - 4 (ややそう思う) - 3 (ふつう)

- 2 (あまりそう思わない) - 1 (全くそう思わない) / ☆ (わからない)

A/B-C	5	4	3	2	1	☆
5-5	14					
5-4	6					
5-3	2					
5-2	1					
5-1						
5-☆	4	2				
4-5	3	1				1
4-4	12	2	1			
4-3	7	3				
4-2		1				
4-1						
4-☆	5					
3-5	3					
3-4	13	3				
3-3	12	4	2			
3-2	2		1	1		
3-1						
3-☆	2					
2-5	2	1				
2-4	1					
2-3		1		2	1	
2-2		1	1			
2-1		1				
2-☆	1		1			
1-5						
1-4	1		1			
1-3						
1-2	1			1	1	
1-1			2		4	
1-☆					1	
☆-5	3					
☆-4	2					
☆-3	1					
☆-2	1					
☆-1						
☆-☆	6	1	5	1	3	

### <資料3-A> 「授業の窓」の存在に気づいていた の回答

- 5 おわってから見ると、それで全てがつながる！／よく読んでいるから。／ふと気付いた。／見やすい所にあるから。／トップに書いてあるから。／気づいてた。／いつも見てるから。／見た。／くばられた時にみている。／タイトルは一応見るから。／内容を端的にあらわしている。／上から読むと気付くから。／印象的だから。／プリントには全部目を通してしているから。／上から順に読むから。／タイトルの次に自然と目を通している。／あるのは知っていた。／四角で囲まれているから目に入る。／見たらあった。／プリントに書いてあることは全部読むから。／枠で囲ってあるから。／意外な事などが書かれていて、いつもおもしろいです。／一番上に書いてあるから。／このことに注意して聞けばいいかなと思った。／とりあえず全て目を通すことにしているから。／読み返してみると。／まず最初によんでます。／気になってた。／目につくから、授業のポイント・テーマが分かりやすくなる。／いつも見ていたから。／一番上に書いてあるからタイトルの次に読んでいます。／書く前に見るから。／プリントはくまなくみているから。／最初に見てます。／気づいてはいました。／けれど、あまり意識したことがない。／普通に、見えるから。／ふと目にとまったから。／毎回見ていたから。／一番上にあるから。／テスト勉強のポイントになる。／上の方に書いてあるから。／授業におけるポイントなのかなあと感じていました。／タイトルみたいだから。／気づいたので。／目に入りやすい。／一番上にあるし…。／内容が多くて整理に時間がかかる時でも、授業の窓を見て、納得できたことがあったから。／授業の内容が一言にまとめられているから。／おもしろいから、いつも読んでます。／少し前に聞いたから。／みつけたから。／1番上に書いてあるから。／いつもあるから。／最初から気づいていた。／やることに興味をわいておもしろい。／いつもよんでいるから。／結構、何が言いたいのか分かんない時に見ていた。／目立つでしょ。／写真などがあってすぐに目につくから。／プリントをよく読むから。／見ていたから。／印刷されているから。／とりあえず上から目を通すから。／してました。／授業のポイントとかヒントとか…。／なんだろうと思ってました。／プリントにいつも書いてあるから。／そこにある言葉が意外とおもしろいから。／毎回面白いなあと思ってました。／プリントを見たら気づく。／面白いと思ったやつがありました。1回目の授業で思いました。
- 4 最初に見るところだから。／目に入る。／みえた。／なんかある！って、みえました。／1学期の後半ぐらいに気づきました。／で囲ってるから。／初回だけかと思っていたので、3回めくらいでまた気づいた。／見た事ある。／存在は気づいてたけど、何か知らなかった。
- 3 前に気づいて、またしばらく忘れていた。／気づいてたけど、特に気にしていなかった。／いつも何だろうと思っていた。／一通り目を通すから。／いわれてみれば、あったなあ。／たまに見てた…。
- 2 たまに見かける。／空欄しか見ていなかったから。／気付いてはいたけどほとんど見ていなかった。／あまり見る暇がなかった。／
- 1 知らなかった。／気づかなかった。／気付いてなかったです。／あるのは知っていたけど、あまり気にしていなかった。／気づかなかった。／知らなかった。
- ☆ 特に意味がないと思っていた。

<資料3-B>「授業の窓」に関して授業中に…説明がされている の回答

- 5 先生の話聞いてれば分かる。／内容を理解する手助けになる。／1回先生がていねいに説明してくれて、その時に気付いた。／直接言わなくても後でノートを見返すと納得できるから。／その授業のキーワードになっている。／このキャッチフレーズ(?)に納得できるような授業の内容である。／なんかキャッチコピーみたい。／よんでいてさらに理解がふかまる。／気づいてから。／授業の窓を一見しただけでは分かりにくい時も説明でわかりやすくなっているから。／そのプリントの重要なところが一目でわかる。／授業前と授業後の理解がちがうから。／気にしているから。／書いてる文章だけでは意味が分からないので説明されていると思う。／はっと気付かされるのがよくある。／「授業に出てきた!」って思い出した(後から読んでたら)。／授業をまとめて一言で表すと、いつも「窓」の言葉になる。／授業内容を把握するときいるから。／話を聞いていれば、その関係に気付く。／気づいていた。
- 4 自分が気付かないことが時々ある。／それに気付くと、テンションが上がります。たのしいです。／授業の窓をプリントをもらった時には見ているから。／されている。／たぶん。／気づけるときと、そうでないときがある。／授業が終わったら意味が分かります。／されてる。／全部説明してるのは知らなかった。／今言われると説明されてたような気がします。／授業が終わってから、説明していたのかもと思うときがあるから。／良いと思います。／「授業の窓」の文がなかなかのセンスだと思えるから。／たまにわからないときがある。／たまに気づく。でも最後まで意味不明なもの少し…。／いつもではないけれど、気づくこともあった。／意味(授業の窓の)が少しわかる。／授業の窓の内容が理解できるようになっているから。
- 3 されてると思うから。／あまり意識していないので分からない。／時々、納得する。／どっちのときもある。／どの説明がそれか考えていない。／あまり気付かない。／ときどき気づくが、気づかないときもある。／後からみてみて、あーなるほどと思うことがあるから。／知っていたというか、そういえば、そうだなというカンジ。／時々、思う。／たまに、なるほどなあと、つじつまがあうことがある。／きづかなかった。／あまりわからない時が多い。／たまに、関連している内容などがあって、おもしろい。／よく分からない。／わかるときとわからないときがあるから。／書くことに必死なので。／たまに気付くときがある。
- 2 意識していない。／ときどき。／ちゃんと授業の窓をみていない。／それほど気にしていなかった。／カッコ(下線部空欄のこと:引用者)に気をとられるので、軽く聞くぐらい。
- 1 知らなかった。／授業はきいてるけど、写しているときに、聞き落としてるんかと…。／聞いていなかった。／分かりません。／今思えばそうですね。気づかなかったです。／?
- ☆ 質問の意味が分からない。／授業のまどって何をイミしてるんですか?／気付かなかった。／しらなかつた!／意識していない。／授業の窓はあまり気にしてなかった。

### 〈資料3-C〉 「授業の窓」は有益である の回答

- 5 面白いから。／先生の最も言いたいこと＝授業の目的がよくわかる。／テストでもこれをおもいだすと自然と言葉がでてきたりする。／1回の授業のテーマというか、上手くまとめられていると思う。／だいたいのテーマがわかる。／そこがわかると全体がよくわかる。／復習する時に便利だから。／おもしろいから。／理解できたらしのしい。／わかりやすい。／状況をより詳しくしったりするのに役立つ。／一言でわかりやすくまとめてあって、最初見た時に授業に興味をわく。／そのプリントの主なテーマを示していると思うから。／授業を聞いていたら、それだけで要点がわかるから。／続けてほしい。おもしろいから。／授業の終わりに見ると意味が分かるから面白いです。／プリントの内容が簡単にまとめられている。／授業のポイントがわかる。／何のプリントかわかるから。／そのプリントの要点をとらえることができる。／入院中、これで概要を把握していた。／面白い。／おもしろいから。／補足として、また自分で調べるときの手がかりとなるから。／
- 4 読むとおもしろい。／授業のポイントがわかる。／たぶん。／いつもその下の内容ばかり見ているから。／その日のテーマの導入であったり、大きな流れをつかむのに重要だったりするから。／あってもいいんじゃないですか。／理解するには有益。／背景がわかる気がする。／おもしろいと思います。／わかりやすい。おもいだしやすい。／無益ではないのは確かだから。／なんとなくまとめになっている気がする。／見たらポイントがわかるから。／重要なのがわかる。／終わってから「なるほど」と思う。／それぞれのプリントのふんいきがつかめるから。／印象に残って有益。／知識として必要だと思うから。／その単元が一言で明確にイメージづけられるからいいと思う。／授業のポイントだから、聞いていて理解しやすくなるから。／授業前に読んでから、授業を聞くとより分かりやすい。／物語の主題のようでわかり易いが、復習する時にややこしくなって考えてしまうから。／何にポイントをおいて聞くべきかわかる。／たまにわかりにくいときがある。／他にはないし、おもしろいです。／内容の抽象的なまとめっぽい。／そのプリントをひとことで表しているの。／雑学や歴史の背景としては良いと思う。／授業内容とつながりやすいのでよく分かる。／テストの時に覚えてるから。／興味をわいてくるから。／簡潔に表されていると思う。
- 3 あまり感じなかった。／ノートのタイトルを書くのに使いやすいので。／もう少し、明確に書いてほしい。少し短文すぎてわからない時がある。／それだけでは役に立ちにくい、内容を簡単に把握する点で有益である。／なに言ってたか忘れることあって、いみわからんてなる。／あまり意識していないのでわからない。／何となく。／あつたら見るけど、なくてもやっていけるから。／くわしくよんでいない。／気付いて、それを授業に生かすことができれば良いと思う。／記憶の定着に一役買っている。
- 2 あまり参考にしたことがなかったの。／どうとも言いがたい。／よくわからないです。／世界史がまず難しいので、別に有益にはならない。／あってもなくてもいいしょ？
- 1 知らなかった。／いまいち印象残らないんで、意味ないと思います。／？
- ☆ 気づくのが遅く、まだそんなに利用してないから。でも説明書きの少ないプリントにおいて結構重要な？／プリントはそうは思わないが話はそう思う。／知らなかったから分からない。／これから意識して聞く。／利益はない。／わからない。／知らなかったから。／まだわからない。でも好き。



# Teaching the Way of Critical Thinking by Teaching World-History

: Lessons Full of Attractive and Useful Catchphrases

SASAGAWA Hiroshi

This article reports on how World-History was taught to Senior High School students, using effective catchphrases for a certain theme which are to taught in lessons. Catchphrases that have appeal to students are important in lessons. So, the article shows how to make good phrases and use them, and also the reactions of students to each catchphrases.

Key Words : catchphrases, world-history

# 「絡み目」の教材化の試み

— 中学2年生を対象として —

いわ せ けん いち  
岩 瀬 謙 一

抄録：本論文は、2006年度に芝本裕司（現 浜寺中学校教諭）が附属天王寺中学3年生を対象として授業実践した内容をもとにして、(a) 絡み目の不変量の1つである「絡み数」を見つけ出させること、(b) こんな数学もあるということを通して、数学に対する既成の概念を打ち壊し、数学の世界の広さや面白さを感じさせること、(c) 初めて中学2年生を対象とすることなどにポイントをおいた教材の研究をおこない、実践を通してさらに考察をおこなったものである。

キーワード：数学教育、絡み目、絡み数、中学2年生

## 1. はじめに

大阪教育大学附属天王寺中学・高校への結び目の教育の導入とその研究は、大阪教育大学 岡森博和名誉教授、大阪市立大学 河内明夫教授のご指導のもと、本間俊宏（神戸親和女子大学 教授）、瀬尾祐貴（現 芝浦工業大学 准教授）、岩瀬謙一、芝本裕司（現 浜寺中学校 教諭）により2004年から始まった。それ以後の大阪教育大学附属天王寺中学校・高等学校における実践研究は以下のとおりである。

- (1) 2004年 「ほどける結び目とほどけない結び目—特に、3彩色可能性を引き出すことができるか—」  
対象 附属天王寺中学3年生（4クラス×4時間）
- (2) 2005年 「ジョーンズ多項式までの不変量の研究」  
対象 附属高校天王寺校舎1年生（ブルーフ選択者×10時間）
- (3) 2006年 「ほどける絡み目とほどけない絡み目—特に、絡み数を引き出すことができるか—」  
対象 附属中学3年生（4クラス×2時間）
- (4) 2007年 「鏡像関係の不思議—特に、X多項式の計算—」  
対象 附属高校天王寺校舎2年生（3クラス×1時間、1クラス×2時間）  
「中学生、高校生を対象とした結び目理論の中からの教材開発とその意義」  
日本学術振興会 2007年度科学研究費補助金（奨励研究）採択
- (5) 2008年 「ほどける絡み目とほどけない絡み目（Ⅱ）—特に、絡み数を引き出すことを目指して—」  
対象 附属中学2年生（4クラス×2時間）

結び目は、ロープや針金などを使って実際に簡単に表現することができ、空間を理解するモデルとして最もシンプルなものと考えてよい。「長さ」「平行」「角度」などの概念を必要としないため、今までのように、生徒に空間図形について考えさせているつもりが、その本質的な部分は、ごく一部の知識だけでよくて、ほとんどが計算力を必要とするような問題解決方法をとらざるをえないような内容にはならない。つまり、幾何的な内容に絞って扱うことができるのである。実際に、結び目を観察することは、様々な空間感覚が養われることになるきっかけとなると考える。難解な空間図形をみて、そのある観点からの本質的な部分として、結び目という形を取り出して考察することは、数学的な活動であり、その活動を通して空間図形を理解したり、理解するための数学的な方法を知ることが、今までの日本の数学教育に欠けている部分ではないだろうか。数学は、自然に現れる様々な物理的な現象や、我々が生きている世界に存在するものすべてについて、その本質を見つけ出し、それをどのように理解すればよいかということを学ぶ学問である。理想的には、3次元のものを3次元の中でスーッと理解できる力を得ることができればよいと思うが、人間の頭脳には限界があり、理解するためには多く場合、紙（平面）の上で考えなければならない。つまり、3次元のものを見ていて、目を凝らせば、見えていない裏の方まで見えていくわけではなく、多方面からみることや、様々な観点からみることでそのものを理解することができるのである。

「結び目の理論」においても、平面上で射影図に落として考察することにより、実在の結び目を理解することができる。このような作業を通して空間図形に慣れ親しむことにより、3次元のものを3次元のものとしてより正確に理解できることに一歩近づけるのではないだろうか。

このような観点から、結び目をを用いて空間における幾何教育を行うことは、数学教育の現状にみられるいくつかの問題点に一石を投じるものとなると考える。

## 2. 我々の考える教育的意義について

「結び目の数学」の教育的意義について、我々は、少なくとも次の5点を挙げることができる。

- (1) 空間認識の涵養になる。結び目は空間上で扱うので空間認識力がつく。
- (2) 結び目という実在のものを扱う中で、多くの数学的知識なしで、数学を一から創り上げていくことができる。または、そのような経験ができる。
- (3) さまざまな分野への応用があり、最先端の理論であり、現在も活発に研究されている。実在とのかかわりとともに、応用されている。
- (4) 不変量の例になっている。
- (5) 図に表すことができ、ヴィジュアル的なものである。ぐにゃぐにゃしたやわらかい図形を扱っている。

## 3. 絡み目と絡み数について

結び目 (KNOT) の輪が何本も絡んでできたものを絡み目 (LINK) という。そして、その絡み目を構成している結び目を成分という。絡み目も結び目と同様に、3種類のライデマイスター移動で一方から他方へ移すことができる時、その2つの絡み目は同じで

あるという。

<向きのついた絡み目と絡み数>

絡み目の各成分に方向を付けたものを向きのついた絡み目という。ここで、各成分の向きは、平面上に描かれた絡み目の射影図の成分ごとに矢印を1つ、または、複数個付けて表す。したがって結び目には2通りの向きが付けられが、2成分以上の絡み目には2通りよりも多くの向きの付け方がある。



2成分の向きがついた絡み目の絡み数を、その絡み目の射影図に対して次のように定義する。

- (a) 異なる成分が交わる交点において、右巻きの交点には+1を左巻きの交点には-1をそれぞれ対応させる。
- (b) 異なる成分が交わる交点があるときは、(a)で与えた+1と-1を足し合わせて2で割った数を、またそのような交点がなければ0を、向きのついた絡み目の絡み数という。



右巻き交点 (+1)



左巻き交点 (-1)

この絡み数は、ライデマイスター移動によって変化することはないので、2つの絡み目が同じであれば絡み数は等しい。つまり、2つの絡み目の絡み数が違えば、同じでないと判断できる。

次の左図（ホワイトヘッド絡み目という）の絡み数は  $(+1 + 1 - 1 - 1) \div 2 = 0$ 、右図（ソロモン王の結び目という）の絡み数は  $(-1 - 1 - 1 - 1) \div 2 = -2$  であるので、これらの絡み目は同じでない。



つまり、絡み数という不変量によって、同じでない結び目が存在することが説明できる。



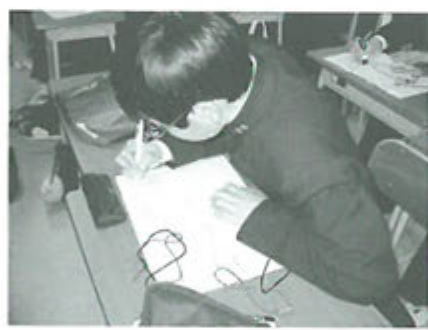
#### 4. 授業計画と実践（対象：附属天王寺中学2年生 40名×4クラス）

##### （1）設定の理由

「絡み目」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、長さや面積と関わりなく、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事ができるので、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、絡み目が絡んでいる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。このような観点から、教師と生徒達との十分な論理的対話を通して、生徒の興味・関心を引くものになり得る教材であると考えられるものである。

##### （2）学習計画（計4時間 内 前半2時間を実践）

- ・ 「どちらが絡んでいる？（その1）」 \_\_\_\_\_ 1時間
- ・ 「どちらが絡んでいる？（その2）」 \_\_\_\_\_ 1時間
- ・ 「絡み数（1）」 \_\_\_\_\_ 1時間
- ・ 「絡み数（2）」 \_\_\_\_\_ 1時間



##### （3）目標




###### <第1時限>

1. 試行錯誤を通して、絡んでいるものを見つけ方を予想させる。
2. 絡んでいるひもを見つけることを予想できることの中に楽しさを感じさせる。






###### <第2時限>

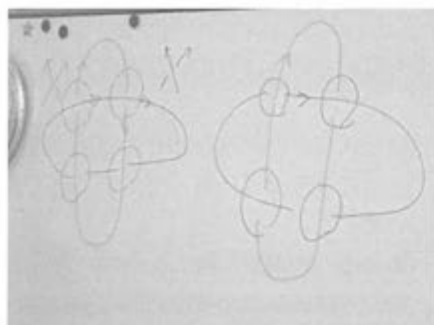
1. 絡み目に矢印をつけ、交点のところでの違いに気づかせる。
2. 絡み目に矢印をつけるという新しい手法によってどのように区別できるのかということを考えさせ、その説明を工夫させる。

1 時限目の展開

学 習 活 動	指導上の留意点
<p><b>導 入</b></p> <p>* 自明な絡み目とホップ絡み目をぐちゃぐちゃにする様子を見る。</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>どちらが絡んでいるでしょうか？また、どのようにして見つけたらよいでしょうか？その方法を予想してください。</p> </div> <p><b>展 開</b></p> <p>* 1組目の絡み目を用いて、見つける方法を考える。</p>  <p>* 直感的な結論を出す。</p> <p>* 2組目の絡み目を用いて、同様に考える。</p>  <p>* これらの例から予測される結果をまとめる。</p> <p>* その予想は、より複雑にしても正しいかどうか確認する。</p> <p>* わかったことを発表する。</p> <p>* 各班の予想を元にして、先に与えた複雑な結び目について確認する。</p> <p><b>まとめ</b></p> <p>* 今日の予想（いくつか）を確認</p> <p>* この予想は、どのように絡んでいても正しいかどうかということを次回考えることを伝えておく。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に、前で針金等を用いて提示する。</li> <li>・実際に触らずに見つける方法を考えるように指示する。</li> <li>・絵に描いたもの（射影図）を見せて考えさせる。</li> <li>・射影図の描き方と、射影図で考えることを確認させる。</li> <li>・プリントで考えさせる。</li> <li>・数人にわかったことを発表させる。</li> <li>・もとの2種類の絡み目（紐か針金）を各自に配布し、各自で確認させる。</li> <li>・発表は、自分たちの言葉で発表させる。</li> <li>・黒板等で確認する。</li> <li>・生徒の予想はあらかじめいくつか考えておく。</li> </ul>

第2時限の展開

学 習 活 動	指導上の留意点
<p><b>導 入</b></p> <p>* 前時で出た結論をプリントで確認する。</p> <p>* 下図のような場合でも自分達の結論が正しいかどうか確認する。</p>  <p><b>展 開</b></p> <p>*1 組目の絡み目を用いて、違いを見つける方法を考える。</p>  <p>(1) 下図のように矢印をつけて違いを見つける。</p>  <p>(2) さらに、下図のような場合にも同様に矢印をつけて違いを考える。</p>  <p>* (1) (2) を通して、得られた結果をプリントにまとめ発表する。</p> <p><b>まとめと確認</b></p>  <p>の違いを○と△で区別でき、それぞれの合計数が異なる違いがあることがわかる。</p> <p>* 他の場合でも一般的にいえることかどうか自分で作って調べてみる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前時の結論（予想）を確認させる。</li> <li>・ 前時の結果が成立しない例を用いて、自分達の結果が成り立たないことを確認させる。</li> <li>・ 電流の流れをイメージさせて、矢印をつけることに気づかせたい。</li> <li>・ 前時の2つと類似した例を使って、交点部分の矢印の向きに着目してどのような区別の方法があるかを見つけさせる。</li> <li>・ 矢印をつけた場合の交点付近の様子の違いに気づかせたい。</li> <li>・ 自分の予想が別の簡単な例でも成り立つかどうか確認させる。</li> <li>・ 予想したことを自分の言葉でまとめさせる。</li> <li>・ 他人の発表を聞いて自分と同じかどうかや、自分の考えをまとめさせる。</li> <li>・ 生徒から出た予想をまとめて示す。</li> </ul>



## 5. この授業や教材に関する生徒の反応

2 時限目の授業終了後、すぐにアンケートをとった。授業は中学 2 年生 4 クラス（約 156 人）を対象におこなったが、1 クラスは予定の範囲まで到達しなかったために、3 クラス（約 116 人）に対してアンケート調査をおこなった。

1. 次の各項目について、1～5 のどれかに○をつけてください。（結果は％）

	あまり		普通		非常に		3以上
	1	2	3	4	5		
(1) おもしろかった	5	7	29	40	19	88	
(2) 理解できた	8	14	32	27	19	78	
(3) 興味を持った	8	11	34	31	16	81	
(4) 不思議だった	7	8	28	35	22	85	
(5) 疑問点が多かった	7	11	30	30	22	82	
(6) もっと知りたくなった	8	19	44	19	10	73	
(7) 数学だなあと感じた	16	32	29	13	10	52	
(8) こういうことは勉強 した方が自分のため になると思った。	10	18	47	15	10	72	



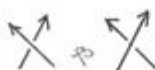
2. 2回の「ひもの授業」についての感想を自由に書いてください。



<どちらかといえば肯定的な感想>

- ・ DNAなどの組み合わせに応用できるなど思った。
- ・ 生活に身近な「ひも」だったこともあり、とても興味があり、またとても不思議に思いました。
- ・ 図を描くのが少し難しかったけど、ちゃんと描いて結論を出せたと思う。2回目の最後の方は少し分からない所もあった。何でそうなるのかを知りたいと思った。
- ・ ひもの上下が複雑だった。
- ・ 2回目の授業は少し難しくて分からなかったけど、楽しかった。
- ・ 法則を見つけるのは楽しかったです。
- ・ ひもというのは奥が深いと思った。
- ・ ちょっと分かりづらいところが多かったなと思いました。2回目の授業は実に興味深いと思いました。
- ・ もう少し時間が欲しかった。でも、楽しかったし、「なるほど」と思えた。
- ・ 勝手に自分で考えてばかりで、先生の話はあまり聞いていませんでした。すいませんでした。でも、ひも自体はとてもおもしろかった。
- ・ 奇数、偶数で見分けるのは分かりましたが、電流で考える考え方はあまりわかりませんでした。ひもの授業は初めてだったので疑問点が多かったです。でもおもしろい授業でよかったです。
- ・ 2回目の授業がとてもややこしかったです。けど、めっちゃ不思議な感じでした。
- ・ 最後がわかりにくかった。もっと、いろんな時にやってみたい。
- ・ どの糸がからまるかとれるかなんて考えたこともなかったけど法則性があるとおもしろかった。
- ・ 数学は奥が深いと思った。
- ・ 最初はよくわからなかったし、興味をもてなかったけど、次第によくわかるようになりおもしろかった。
- ・ ひもだけでこんなけ不思議に思えるのだから、数学はものすごく不思議でまだまだ解くことができるようになると思った。
- ・ ひもに、矢印を書いて法則を見つけ出すという事をした人があるとはすごいと思った。なぜそうなるのかを感じた数学だった。自分でやってみるのもおもしろかった。
- ・ 偶数と奇数の関係はすぐ分かったが、矢印の関係は分りにくかった。
- ・ いつもの数学と違って数字をあまり使わないので、数学が苦手な私でもすぐに理解することができました。頭をたくさん使った気がして気持ちよかったです。
- ・ 目で見るだけだったら、真剣に集中してみても分らなかったけど、手を動かしたらなんとなく分った。
- ・ 分りやすかった。(2回目の方が……)
- ・ ふだんからよく使っているひものからみという所に着目するだけで、こんなに数学的にいろいろなことが秘められているとは考えもしなかった。ひも以外にもいろいろな

所に不思議なことがあるかもしれないので何事にも興味をもちたいと思った。

- ・ 一回みただけではぜんぜんわからないけど、こういう「法則」を見つけることによって簡単にわかるというのはおもしろいと思った。
- ・ ほどけるかほどけないか、調べる方法が色々あっておもしろかった。



- ・  や  の意味が最初少し分らず、何を言っているのか分らなかつたけれど、分つてからはクイズの様で面白かつた。納得する事が多かつた。
- ・ 2つのひもがほどけるかほどけないかだけなのに奥が深いなあと思った。
- ・ 2回目の矢印で考えるやり方が難しくてわからなかつた。でも友達に教えてもらつて、やり方がわかると解いていくのが面白かつた。
- ・ ひもは身近だけれどとても奥が深いと感じた。とても難しい定理だけれどこれを証明するのも難しいなあと思う。
- ・ 最終的にはしっくりきた。
- ・ あまりうけたことがない授業で新鮮だつた。興味深かつた。
- ・ 交わり方でひもがほどけるかほどけないかが分るということはとても不思議だつた。こんなことを発見した人はすごいと思った。
- ・ 他にもなにかこういうことをしてみたくなつた。
- ・ 複雑だつたけれど分つたら楽しくなりました。またやってみたくいです。
- ・ 規則性を知るともっとためしてみたくなつた。他の規則性がないか気になつた。
- ・ 数学とはちょっと違つた感じで楽しかつた。
- ・ ついていくのが大変だつたけれど、ひもで遊んだり、知恵の輪みたいなのが好きだつたので、楽しみながらできました。
- ・ ひもで数学の授業をするというのが面白かつた。楽しかつたし、またこういう時間がほしい。
- ・ 数式を使わない授業は初めてだつた。新鮮。
- ・ 1回目はとてもおもしろくて、2回目はむずかしかつた。
- ・ 久々に頭を使った気がした。集中しすぎてつかれた。もうしんどい。
- ・ いろいろ法則みたいなものを見つけるのはおもしろいと思った。
- ・ すごく深い数学を学習しているなあという気がした。身近な「ひも」というものが数学につながっているという違和感が逆に心地良かつた。もっと学習してみたい。
- ・ むずかしくて悩んだ問題もありましたが、どんなにややこしくてもはじまりは同じであることがおもしろかつたです。
- ・ いろいろな見方で見ることによって法則を発見するような自由な発想が大事だと思った。
- ・ 最初は、何のことやっているのか理解できなかつたけれどあとでわかつておもしろかつた。
- ・ 本当に自分のひもを使ってやってみて、不思議に感じたし、おもしろかつた。またいつか機会があればやつてほしいと思った。
- ・ 不思議なことが多くて、まあまあおもしろかつた。これは数学なのか、少し疑問だつた。
- ・ 図形についてさらに興味がでてきてよかつた。2回だけだつたが、かなり面白かつた。

- ・ このひもの授業のどこが数学の授業なんだろうと思うくらいだった。数学が苦手だが理解することができた。
- ・ 矢印に変える説明がよく分からなくてとまどった。はじめは簡単だと思っていたけど、たった2本のひもでも複雑で難しいんだと思った。
- ・ ややこしいひもの図を頭の中でかんたんにするのが楽しかった。書くとわかりやすいが、面白さが減るな—と思った。
- ・ ひものことを知っていれば、どんなひもがほどけて、どんなひもがほどけないか分かると思った。

#### <どちらかといえば否定的な感想>

- ・ ひもの上下が複雑だった。
- ・ 特に無し。
- ・ 私はこういう授業より数式を解くような問題の方が好きなんだなあということを素直に感じた。
- ・ 1回休んだのが辛かった。
- ・ 実際に、ひもをさわって授業したので、頭の中で整理しやすかったです。でも、少し眠たかったです。
- ・ 最後の方になるにつれて分からなくなってしまっていて残念だった。
- ・ 正直言って何がしたいのかよく分からなかった。ひもがほどけてどうなのか、ひもがほどけなくてどうなのか、興味がわかなかった。
- ・ よく分かりませんでした。むずかしかったです。
- ・ 理解するのが、とても難しいのであまりわかりませんでした。あまりこういうのは得意ではないので、頭がとても混乱しました。
- ・ 微妙だった。
- ・ ひもが外れるとわかってても外せないひももある。
- ・ 無回答

#### <小学校で一度やった生徒の感想>

- ・ 小学校の時にやったやり方とは違うくて、難しかったけれど楽しかったです。頭の中で考えることは苦手だけどこれからも頑張りたいです。
- ・ 小学校の時に一度やってぜんぜん分からなかったけど、今回やると前より分かった。
- ・ 小学校の時にやった授業とはまた全然ちがったので面白かった。でも、少し難しくくて分からないところがあった。
- ・ 小学校でやったからだいたい知ってたけど、決まり（○と△のんとか）については知らなかったので少し感動した。
- ・ 小学校で1回やっていたけれど、くわしい説明があってわかりやすかった。いつもの授業でなくて、こんな授業も楽しいと思いました。
- ・ 小学校の時にやったがちがうやり方でやったので、より深くわかった。

- ・ 附小でやった時よりも、より深く教えてもらったのでよく分かった。最後の授業は少し理解できにくかった。
- ・ 一回したことがあるのでよく分かった。
- ・ 小学校の頃も、同じようなことをしたけど今回は難しかった。
- ・ 附小でも一度やってたけど、やっぱ、うちの苦手分野です。
- ・ 小学校の時の算数の時と同じかんじだったので、あまりおもしろくなかった。

※ 今回授業を行った生徒は、大阪教育大学附属天王寺小学校で一度別の結び目の授業を受けた生徒も多く含まれていたことを付記しておく。

## 6. まとめ





◎ 最初に今回の授業をおこなってわかったことについて述べる。

(1) 1時限目の授業について  と  を変形して作った

2種類の絡み目



を射影図をもとにして区別する方法を見つけることについて、

まず、 と  を用いて予想させ、次に、 と  を用いて予想を確固たるものとさせた。さらに、実際に自由に絡み目を作ってその予想を確認させたのであるが、結果として次のような生徒の結果が得られた。

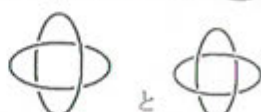
- 1本の直線に注目して、他の紐で奇数個に分けられているならばはずれない。
- 1本の直線に注目して、他の紐の上を通過するのが偶数回ならばはずれる。奇数回ならばはずれない。
- 1本の直線に注目して、他の紐の上下を通過する数が同数ならばはずれる。(すぐにダメとわかった。)


以上より、このような方法で授業をおこなった場合、生徒から上記のような結果を比較的簡単に引き出すことができた。しかも、多くの生徒が強い興味・関心を示した。これは、ひもをさわって確認する作業を伴うことを楽しく感じさせることができたことが大きく影響していると考えられる。



(2) 2時限目の授業について

(1) の授業の結果は、 を変形した絡み目については正しい

が、 のような絡み目については成り立たない方法であることを確認させることはできる。しかし、これらを区別するために、どのような方法があるのかということ、はじめから見つけさせることは大変困難であることがわかった。電流の流れをイメージさせれば矢印をつけて考えることに気づくのではないかと予想したが、区別するというのを考えることと「矢印」をつけることは遠くかけ離れている様子であった。また、矢印をつけても、そのあとどのように区別するかということは難しく、特に、

交点のところで、 の違いに注目させることは非常に困難であることがわかった。この結果を踏まえて、このように矢印をつけることに考えおよぶことは、生徒の思考過程において自然な方法とはとてもいえず、現段階においては、これを引き出すことよりも矢印をつけさせて交点の違いに注目させることによって、「絡み数のようなもの」を自由に発見させることが、望ましいのではないかと考える。また、このような方法なら、いきなり2時限目の授業からでも可能であると考ええる。

また、2時限目は特に作業はなく、プリントを用いた授業であったことも生徒にとってはあまりおもしろいと感じるような授業形態ではなかったのではないだろうか。やはり、手で触りながら試行錯誤する授業の方が望ましいと考える。

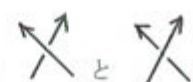
◎ 次に、今回の実践を踏まえて今後どのように改善できるかということについて述べる。

(1) 矢印を付けさせることに気づかせるようにもっていくことはしない。

矢印を付けて区別する方法は、多様に考えられる方法のうちの1つに過ぎず、先人達が見つけた1つの方法である。勿論、他にも方法はあるわけで、矢印をつけて考えることが自然の流れの中から気づくようなことであるならばよいが、今回の授業実践によって難しいことが確認された。よって、強引に矢印を引き出すことはあまり意味がないと考える。

むしろ、矢印を付けさせることから始めて、絡み数のような不変量の考え方に行き着く

のかどうかを考えさせたい。特に、 のように適当に矢印をつけて、交点のとこ

ろで  は違うことを確認させることは、空間と平面の違いを認識させる上で非常に重要であり、生徒達に面白いと感じさせられる部分であろうと思う。

(2) できるだけ試行錯誤ができるような授業の形式をとりたい。

今回の1時限目の授業は、実際にひもを触りながら試行錯誤する形態の授業だった。生徒の感想や授業者の感触としては、多くの生徒の反応は悪くなかった。しかし、2時限目の授業は、目標の設定に問題があっただけでなく、授業の形態にも問題があった。授業の主たる部分をプリントでおこなわせようとしていたからである。プリントを用いるとしても、もう少し試行錯誤できる教材を考えたい。

◎ 最後に、我々が今までの実践を通して浮上してきた課題について述べる。

(1) どういう流れの中で矢印を付けることに気づかせることができるのか。

(2) 比較的単純な絡み目は、見た目は違って（特に、ほどけるものとほどけないもの）いても同じものとみなすことは、中学生にとってそれほど難しいことではない。しかし、絡み目として異なっているものを区別する方法として、射影図に何かの付加条件を与えることを見つけさせることは非常に難しいことがわかった。しかし、このような付加条件をはじめから与えた上で考えさせることは、知識（ヒント）を与えた上で1つの方向へ誘導していくような授業になってしまうのではないか。さらに、ヒントを与えてしまうことは、折角の生徒の「見つけてみよう」「考えてみよう」というモチベーションを削ぐことにならないか。

(3) 試行錯誤の結果、出てきたものはすべて予想であり、とりあえずこのような教材を考えるときには、この程度に止めておいてよいのか。或いは、そうすべきなのか。生徒の中には、予想ではなくすでに真実として捉えている者もいるが、それぞれの捕らえ方をした生徒が、その結論（不変量）に対して一点の曇りもなく納得できるのか。

(4) きちんと証明するためには、ライドマイスター移動で不変であることを用いなければならない。しかし、結び目の変形はすべて3つのライドマイスター移動に集約されることも本来証明されるべきことではないのか。ユークリッド原論の公理・公準のように扱ってもよいものなのか。さらに、そうだとすると生徒にとって、自然に納得できることなのか。さらに、そのことを、どのように確認できるのか。

以上が当面の課題であり、今後、それぞれについて考察していきたい。そして、今後はこれらの問題を少しでもクリアできるような実践を試みたいと考える。また、先生方の御意見・御指導をいただければ幸いである。さらに、もう少し長期的に実践することについても重要であると考えているので検討してみたい。

#### 参考文献

- [1] C. C. アダムス 『結び目の数学－結び目の理論への初等的入門』 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』 培風館 2003年

- [3] 「結び目の数学教育」研究プロジェクト 河内明夫・柳本朋子編  
『「結び目の数学教育」への導入 ー小学生・中学生・高校生を対象としてー』  
2005年
- [4] 「結び目の数学教育」研究プロジェクト 河内明夫・柳本朋子編  
『「結び目の数学教育」への導入 ー小学生・中学生・高校生を対象としてー第2号』 2007年
- [5] 河内明夫編 『結び目理論』 シュプリンガー・フェアラーク東京 1990年

# Mathematical Links as Teaching Material for Junior High School Students

IWASE Ken-ichi

Hiroji Shibamoto (Hamadera junior high school teacher) taught Mathematical Links to the ninth grader in Tennoji junior high school attached to Osaka Kyoiku University in 2006. Through those experiences in 2008 we tried to teach the students Mathematical Links emphasizing following points, (a) finding "Linking Number" as Invariant of Links, (b) feeling much interest in mathematics world, (c) teaching Mathematical Links to lower-grade students. This time we studied teaching "Linking number" to the eight grade junior high school students and in this paper we got various results on teaching "Linking number" to eighth grade students.

Key Words : Mathematics education, Links, Linking number, Eighth grader students





# 我が研究活動の過去・現在・未来

## — 価値実現型教育内容の構築から授業分析まで —

おお いし あき のり  
大 石 明 徳

抄録：本稿は、20年間続けて来た筆者の研究活動の“過去、現在および今後”について簡潔にまとめたものである。

キーワード：価値実現型教育内容、現実世界の問題、文化の発展における数学の貢献、  
匠への道、～の理解、相関係数

### I. 問題の所在

#### (1) “現実世界の問題”と“設えられた問題”

現実世界の問題の解決に臨み、その結果“定義や公理”あるいは“定理・公式・…”と  
いったものを生み出し、さらにそれら（得られた定理・公式・変換式・…）を以てより高  
質な現実世界の問題を解決し、その結果さらなる定理・公式・等が生まれ…。

“数学”は、このような“人間と現実世界の間のやりとり”のくり返しから生じた言語  
活動の言わば集大成である。勿論、現実から遊離した所で完結する数学もあれば一旦遊離  
し長期の理論展開を経てから現実場面に帰る数学もあるのであるが、いずれにせよ、現実  
世界と無縁な形で生徒たちに数学を教えることは明らかに偏った手法であり、文化の真っ  
当な伝え方とは言い難い。

このような視座に立つとき“学校数学”はどうであろうか。そこでは、定理・公式等の  
習得は、多くの場合授業者やテキストによる教え込み（解説）によって成され、また、そ  
れらを用いての問題解決は、解が存在することが最初から明らかな所謂“設えられた問題  
（次頁[1][2]）”を対象に行われるのである。よって当然のことながら、前記の“現実世  
界の問題（＝解が在るか否かも不明な問題）”の解決の場合とは大きく異なる学習活動が  
展開されることとなる。また、設えられた問題の解は一般に数値解であり、即ち「解決の  
結果定理や公式が（解として）得られ、それらを以てより高質な問題を…」という前記の  
活動には程遠い活動が生徒に強いられることとなる。

#### (2) “現実世界の問題の解決”を前面に出した数学の配列を！

以上のように記したが、筆者は「学習指導要領や教科書が“現実世界の問題の解決”と  
全く以て無縁である」と言っているのではない。また、たとえ無縁であったとしても「授  
業者が必要に応じてこの種の問題解決を日々の授業に取り入れている」ことも知っている。

ただ、そのような取り入れ方は「教科書やカリキュラムにおいて“数学の配列”が先に

用意されており、その“ルール”上の適当な場面で“現実世界の問題”を取り入れる」という姿勢なのであり、この場合、用意された数学の配列（ルール）に沿うような問題しか扱えないため、ダイナミックな展開は困難である。そうではなく「“現実世界の問題の解決”を前面に出し、それに沿うような“数学の配列”をする」姿勢が必要であると考える。

### (3) “授業”という名の文化伝達手段

ところで、当然のことではあるが“授業”は文化伝達の主要な一手段である。予習・復習といった自己学習等も主要手段ではあるにせよ、代表格はやはり学校における“日々の授業”だと考えたいのである。そして、この代表格たる“日々の授業”についてであるが、意外にもその効果を計る研究は推進されていないのではないだろうか。「授業の雰囲気を楽しむすれば生徒の理解度は上がるのか」「教育内容に対する興味・関心の度合と理解度の相関はどうか」等についての調査——①や“生徒の認識を明らかにし、それを以て授業を組み立て効果を計る”という形の調査・研究——②を推し進め、その成果を日々の授業に反映させるべきである。

#### 設えられた問題[1]

- (1) 曲線  $y=x^2+2x^2-3x$  の、 $x=-2$  における接線と、この曲線によって囲まれる部分の面積を求めよ。
- (2) 曲線  $y=x^2(x+1)$  と直線  $y=k(x+1)$  ( $0 \leq k \leq 1$ ) とで囲まれる部分の面積が最小となるように、 $k$  の値を定めよ。
- (3) 曲線  $y=-x^2+2$  と  $x$  軸とで囲まれる図形の面積が、この曲線と曲線  $y=ax^2$  ( $a>0$ ) とで囲まれる図形の面積の2倍になる  $a$  の値を求めよ。

#### 設えられた問題[2]

- (1) 点  $P(x_0, y_0)$  から 直線  $ax+by+c=0$  …… ① に下ろした垂線の長さは  $\frac{|ax_0+by_0+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}$  で与えられることを証明せよ。
- (2) 点  $(2, -3)$  と直線  $3x-4y+2=0$  の距離を求めよ。
- (3) 点  $(-1, 1)$  と直線  $5y=4(3x+1)$  の距離を求めよ。

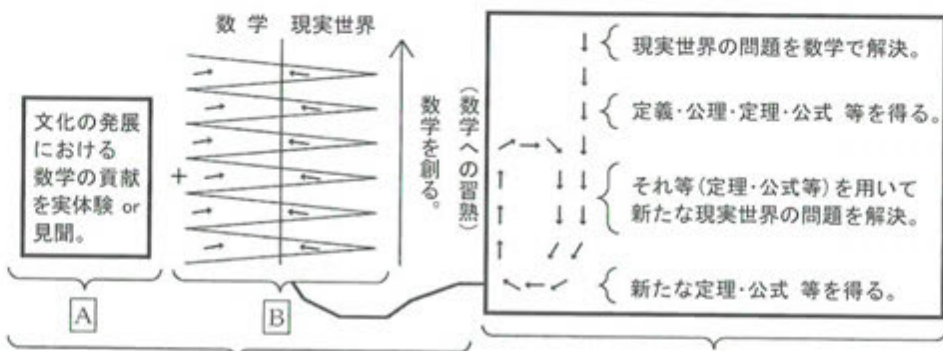
- ・“数値解”ばかりを求めているのだろうか?!
- ・“解が存在することが最初から明らかな問題”ばかりを解いているのだろうか?!

- ・「(1)で“公式”をつくり→(2)でそれを使う」と流れになっており、これなら少しましである!
- ・しかし、(数学的な)発展性に乏しい!

## II. 問題の解決

次に、以上の諸問題の筆者による解決の試みの一端をここに記す。

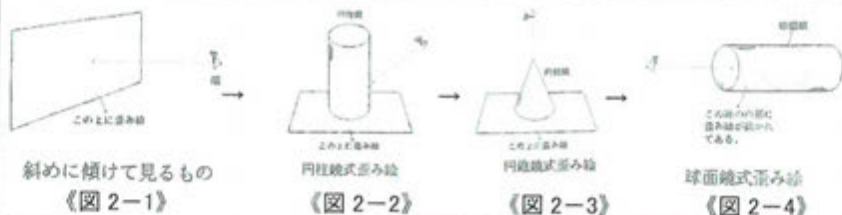
### 1. “第I章の(1)および(2)”について



《図 1-1》

《図 1-2: Bの表現を変えたもの》





斜めに傾けて見るもの  
《図 2-1》

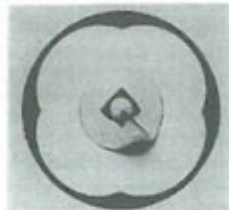
円柱鏡式歪み絵  
《図 2-2》

円錐鏡式歪み絵  
《図 2-3》

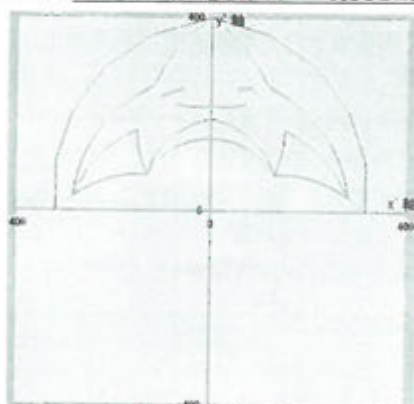
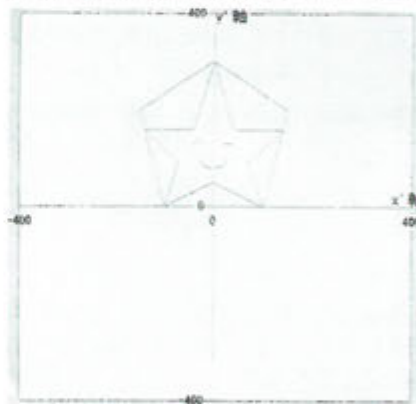
球面鏡式歪み絵  
《図 2-4》



<写真 2-1:《図 2-1》のタイプ。左図を右端から見ると右図。> <写真 2-2:《図 2-2》のタイプ>



<写真 2-3:《図 2-3》のタイプ> <写真 2-4:《図 2-4》のタイプ。左図を球面鏡に巻き付け、上から見ると右図。>



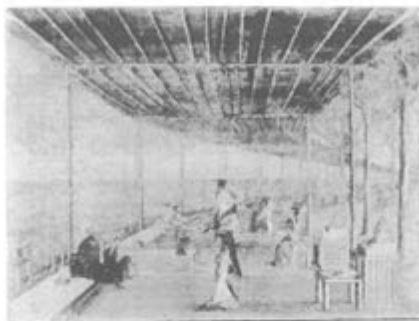
<写真 2-5:《図 2-2》のタイプ。表計算ソフトによる歪み絵の出力。>

名称: 歪み絵の解析 構築年度: 1994 実践年度: 1994、1996、2000、2004、2006、2007、2008。

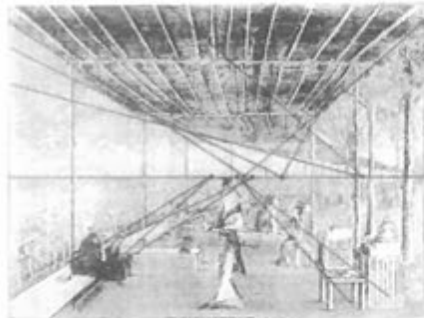
B: 4タイプ(《図2-1》~《図2-4》)の歪み絵の作画法を、この順に解析。解析結果、(変換式)により、プログラミングあるいは手作業で歪み絵を制作するというもの。習得・習熟する数学は“三角関数、空間ベクトル、BASICプログラミング”である。

A: “数学”が数学的遠近法を生み、数学的遠近法が歪み絵を生み…という“文化発展への数学の貢献”の一端を、実体験(歪み絵制作)と映像・解説とで知るといふもの。例えば、映像“<写真 2-6-a><写真 2-6-b>《図 2-5-a》《図 2-5-b》[証明]”を以て解説を行ったものが、次頁の[解説]である。

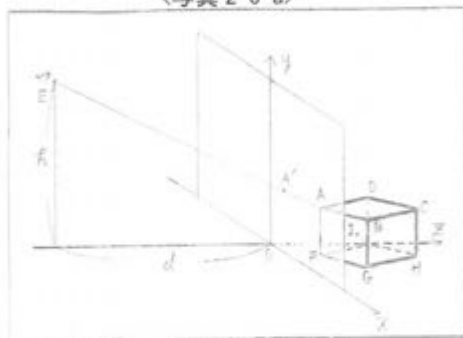




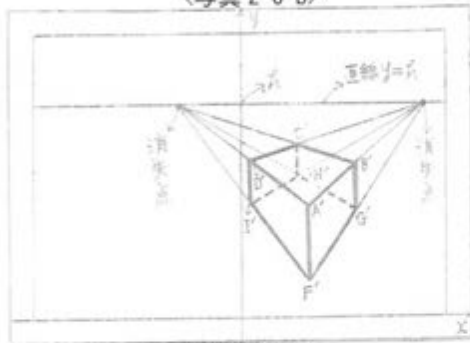
〈写真 2-6-a〉



〈写真 2-6-b〉



《図 2-5-a》



《図 2-5-b》



【証明】

【解説】〈写真 2-6-a〉は、亜欧堂田善(1748～1822)制作の「シハアタコ」であり、〈写真 2-6-b〉は、それに私が加筆したものである。消失点がいずれも水平線上に並んでいるが、このような画法は、西洋で生まれた“数学的遠近法”の余波であり、この“遠近法”は、1425年にブルネレスキにより当時の(西洋)数学を以て証明された画法だとされている。私も“現代の数学”による証明を試みた。

(《図 2-5-a》、-b)、【証明】を見られたい。)

※1: 2004 年度以降は、表計算ソフトを用いて《図 2-2》のタイプの歪み絵を制作させている。

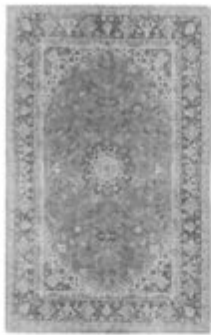
〈写真 2-5〉は、その出力結果である。

※2: 〈写真 2-2〉〈写真 2-5〉は生徒の作品、〈写真 2-1〉〈写真 2-3〉〈写真 2-4〉は筆者の作品。

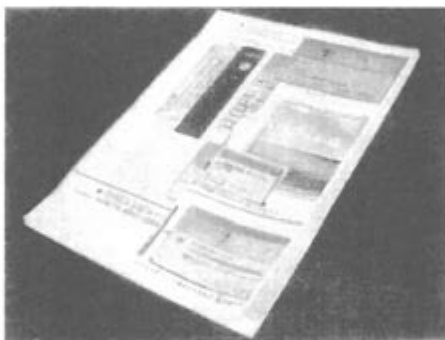
※3: 2004 年度 高 I 生の感想の 1 つをここに示す。

『…特に感動したのは、「最後の晩餐」の絵で、投射線が集中する一定点がキリストの頭にあるということです。…絵画以外にも、数学を応用している分野は本当に多いと思います。そう思えば、数学の上に、様々な学問があるような気がします。それくらい数学は“大きい”と思いました。…絵画を見た時、数学を知っているのと知らないのでは感じ方が全く異なるのと同じように、この世の全ての物の見方が変わると思います。…』



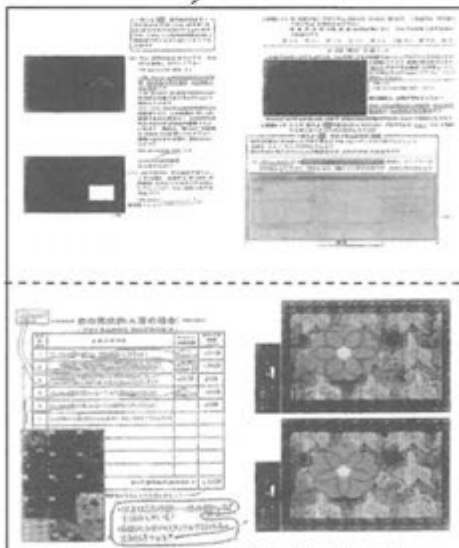


〈写真4-2:中近東の絨毯文様〉〈写真4-3:ミャオ族の刺繍文様〉 〈写真4-4:アイヌの刺繍文様〉  
 例えば、“中近東の絨毯文様(写真4-2)”は多くの変換(対称移動、回転移動、拡大(縮小)変換、…)を有しており、このような特徴を“数学の発展の余波のようなもの”と推測するのである。筆者は現在“アイヌの数学”を明らかにし、それと“アイヌ文様”の関係を解明する」という調査・研究を進めている。

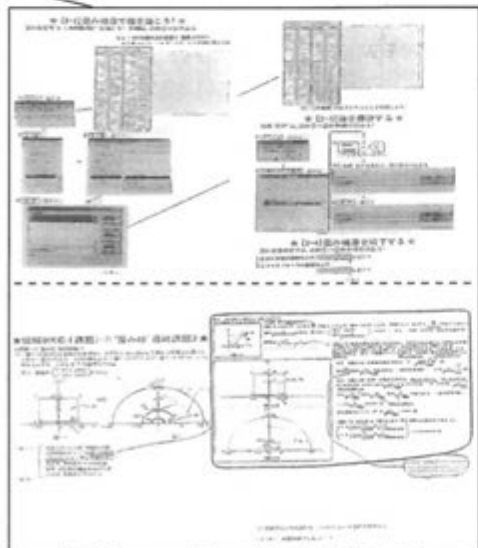


〈写真4-5:テキスト(外観)〉

※2:なお、〈写真4-5〉〜〈写真4-7〉に、テキストの“外観および中身の一部”を示す。実は、筆者は“情報B”の授業をも担当しており、そこでは“平面文様(前頁の〈写真3-2〉のようなもの)の制作”と“円柱鏡式歪み絵(かつての頁の〈写真2-5〉の制作)”とを生徒たちに課している。前者に対応するのが〈写真4-6〉、後者に対応するのが〈写真4-7〉であり、つまり、〈写真4-5〉のテキストは、2つの教育内容を有しているのである。



〈写真4-6:“文様の数学”の頁〉



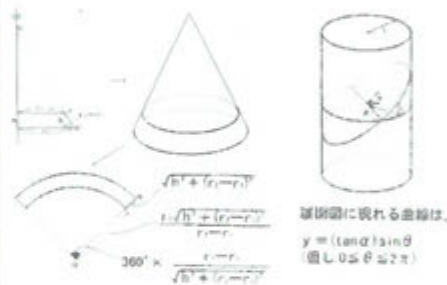
〈写真4-7:“歪み絵の解析”の頁〉



<写真 5-1:“展開可能な曲面でできた人形”を提示。>



<写真 5-2:“同人形”を解体。>



《図 3:公式化。》



<写真 5-3:“オリジナル人形”を制作。>

名称: 数学による人形作り(仮称) 構築年度: 2008~ 実践年度: 2008.

**B**: 動物・人間等を“展開可能な曲面”で近似し展開するというもの。要するに“複雑な形の立体の展開図を数学とコンピュータとで作成する”という内容である。習得・習熟する数学は“三角関数、空間ベクトル、BASIC プログラミング”である。

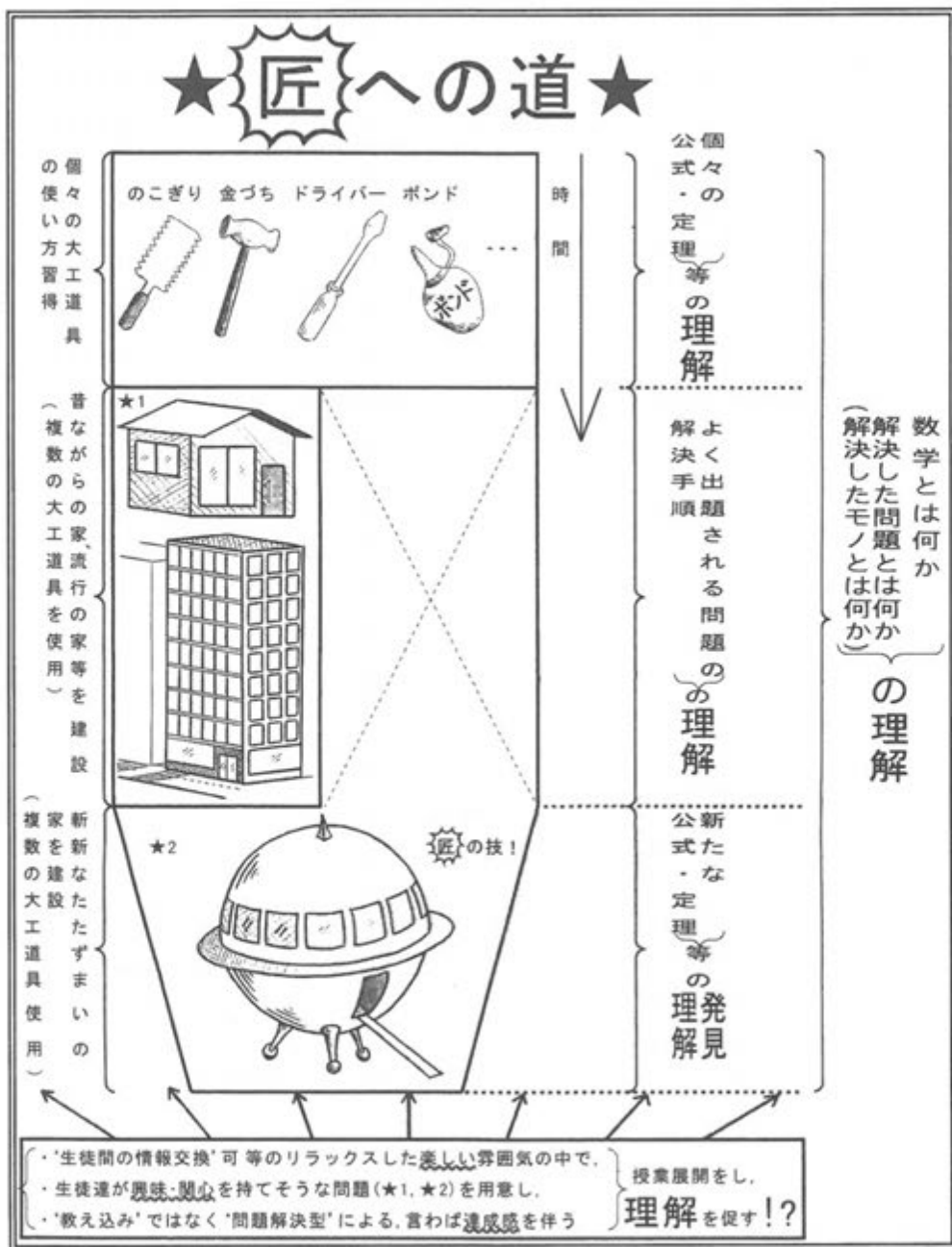
**A**: “造形と数学”“解剖学と数学”というテーマで、現在、調査中である。

※参考文献: 円谷プロ監修『ウルトラQ空想特撮シリーズウルトラマンベストブック』竹書房、1993.

## 2. “第 I 章の (3) の—①②—”について

現在、筆者は“数学の理解”を 4 つの段階に分け、その分析・考察を行っている。次頁の★匠への道★ (= 《図 4-1》) は各段階の理解の内容を“大工職人の作業”に喩えたものであり、これを文章化したものが次々頁の<1>~<4>である。

# ★匠への道★

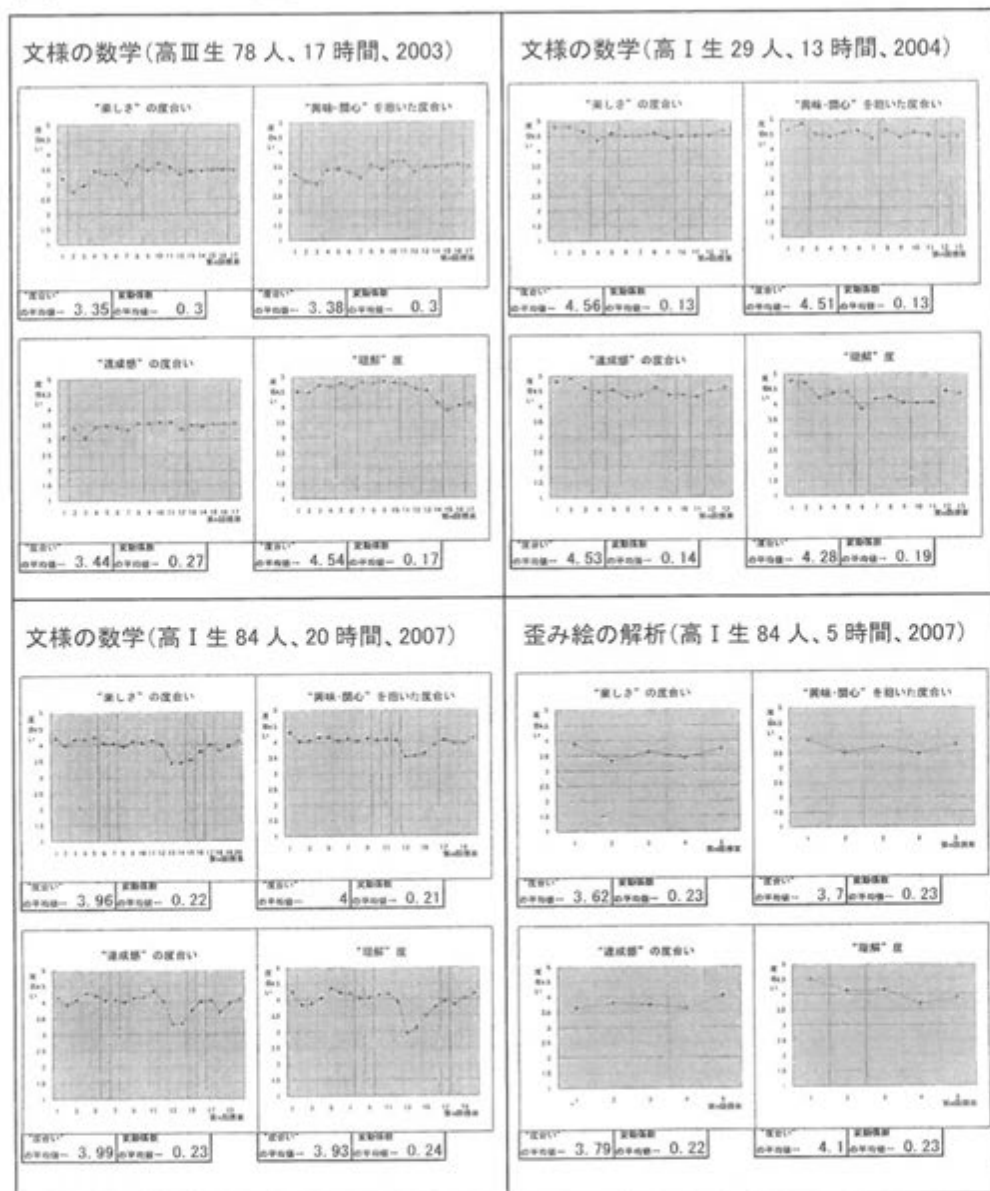


《図 4-1》





ここに①→②の結果を数例示しておくが、それらの考察については記すことを控える。  
①の段階は終了したが②は経ていない授業実践が存在するからである。



《図4-4：“評価票分析プログラム”の実行結果(その1)》

文様の数学(2003年度(第46期生78人、高三時17時間))

相 関 係 数					
楽しさと 興味関心 ↓	楽しさと 達成感 ↓	楽しさと 理解度 ↓	興味関心 と 達成感 ↓	興味関心 と 理解度 ↓	達成感 と 理解度 ↓
0.711	0.626	0.182	0.636	0.169	0.219

文様の数学(2004年度(第49期生29人、高一時13時間))

相 関 係 数					
楽しさと 興味関心 ↓	楽しさと 達成感 ↓	楽しさと 理解度 ↓	興味関心 と 達成感 ↓	興味関心 と 理解度 ↓	達成感 と 理解度 ↓
0.389	0.499	0.343	0.465	0.24	0.508

文様の数学(2007年度(第52期生84人、高一時20時間))

相 関 係 数					
楽しさと 興味関心 ↓	楽しさと 達成感 ↓	楽しさと 理解度 ↓	興味関心 と 達成感 ↓	興味関心 と 理解度 ↓	達成感 と 理解度 ↓
0.609	0.575	0.505	0.508	0.447	0.542

歪み絵の解析(2007年度(第52期生84人、高一時5時間))

相 関 係 数					
楽しさと 興味関心 ↓	楽しさと 達成感 ↓	楽しさと 理解度 ↓	興味関心 と 達成感 ↓	興味関心 と 理解度 ↓	達成感 と 理解度 ↓
0.514	0.277	0.248	0.346	0.217	0.214

《図4-5：“評価票分析プログラム”の実行結果(その2)》

“第1章の(3)の—①”については以上の通りである。最後に“—②”について記す。実は、筆者は「これ(—②)を推し進めることが、生徒の数学への深い理解を実現する最良策である」と考えている。

“生徒の認識を明らかにし、それを以て授業を組み立て効果を計る”という作業は、例えば次のようなものである。

《図5》は文法上のエラーを含むプログラム※とエラーメッセージ\*とを示すものであるが、〈写真6〉に示す方法で“2重ループの導入”を行っても、時が経ち文様作品の制作時になるとプログラム※のたぐいを作成・実行しエラーメッセージ\*を出力してしまう生徒が、少数ではあるが必ず現れるのである。このような場合にはその生徒の席まで行き個別指導を行っているが、そうではなく、時が経過してもいずれの生徒もこのようなエラーを起こさない導入や練習の方法を開発すべきである。それには“テキストや板書説明の内容を変えては授業実践→変えては授業実践→…”をくり返す必要があり「それ(くり返し)こそが授業を“生徒の認識に合ったもの”に向かわせる」と確信している。

```
100 color,,,2
110 blod"f:sample08.bmp",a(0)
120 put@(0,0),a(0),pset
    :
210 for y=307 to 438 step 1
220 for x=308 to 439 step 1
230 c=point(x,y)
240 c1=c+16^6
250 c1$=hex$(c1)
260 b$=mid$(c1$,2,1)
270 g$=mid$(c1$,4,1)
280 r$=mid$(c1$,6,1)
290 c2$="&h"+g$+r$+b$
300 color=(9,c2$)
310 circle(x*1.7+150,y*2.5-400),1.9,,,f
320 next y
330 next x
    [エラーメッセージ*]
```

NEXT 文に対応する FOR 文がありません。  
行番号:330

《図5:プログラム※とエラーメッセージ\*》

《手順9-2:「横内」を並べよう(その1)》  
次の(1)~(2)の作業を行って下さい。  
(1)右側を出力するには、どのようなアウツを実行すればよいでしょうか?

```
100 cls
110 d=2.14159/100
120 for t=0nd to 360nd step 4.5nd
130 c=(150*cos(t))+0.5
140 y=(150*sin(t))+0.2
150 circle(x+90,y+40),2.6,,,f
160 next t
170 point(90,40),5,5
180 for t=0nd to 360nd step 4.5nd
190 c=(150*cos(t))+0.5
200 y=(150*sin(t))+0.2
210 circle(x+240,y+40),2.6,,,f
220 next t
230 point(240,40),5,5
240 for t=0nd to 360nd step 4.5nd
250 c=(150*cos(t))+0.5
260 y=(150*sin(t))+0.2
270 circle(x+430,y+40),2.6,,,f
280 next t
290 point(430,40),5,5
```

図5の一例としては、左に示すようなプログラムが考えられます。これをプログラム画面に打ち込み、実行・確認してもよいのですが、打ち込むには少し表す替るのではないのでしょうか?!

以下の部分に注目し、「for→next…書式」を用いてこのプログラムを軽くし直しよう。次のプログラムに書きかえればよいのではないのでしょうか?!

```
100 cls
110 d=2.14159/100
120 for t=0 to 360 step 4.5nd
140 y=(150*cos(t))+0.5
150 y=(150*sin(t))+0.2
160 circle(x+90,y+40),2.6,,,f
170 next t
180 point(90),40),5,5
190 next t
```

(2)プログラム'n o n e b e 2'をこのプログラムに書きかえ、実行・確認し、これを出力して下さい。

〈写真6:テキスト“文様の数学の頁”より(〈写真4-6〉参照)〉

### Ⅲ. 我が研究活動の未来(今後)

第1Ⅱ章には、筆者の研究活動の過去および現在を示した。読者の皆様には「筆者の向かおうとする世界がどのようなものか」を読解して頂けたと推測する。何かの機会に筆者の研究活動の“今後”について皆様からの御指導等を賜りたい。

# The Past, the Present, and the Future of My Studies

: From Creation of Educational Content Which Has Students  
Realize the Value of Mathematics to Class Analyses

OISHI Akinori

Studies that have been made for about 20 years are mentioned briefly.



# 表計算ソフトを取り入れた授業の創造

## — 中学校数学科の授業におけるコンピューターの活用法 —

みぞ うち こう ぞう  
溝 内 浩 二

抄録：新学習指導要領において、新たに「資料の活用」の単元が組み込まれた。そこでは、以前にあった「資料の整理」ではなく、生徒が目的に応じた統計資料を収集し、それを適切に整理することを目的としている。また、新指導要領には「コンピューターを活用し」という文言が至る所に書かれている。そこで、統計の授業において表計算ソフトを使い、統計処理を効率よく行えるようになることを目的に、まず生徒が表計算ソフトを使いこなせるようになることをめざした取り組みを展開した。

キーワード：数学教育、資料の整理、表計算ソフト、コンピューター

### I. はじめに

コンピューターが世の中に出て、すでに久しい。登場した当初は、大企業の研究所や政府の研究機関などで主に使われ、庶民にはほど遠いものであっただろう。しかし、「パーソナルコンピューター」が登場し、今や一般の家庭でもパソコンの普及率はかなりのものであると聞く。

そこまでパソコンが普及した現代、学校にはコンピューター室が整備され、生徒たちがいつでもコンピューターにふれることができる環境が整いつつある。一方で、いくらハードウェアが整っていても、そのハードを動かすソフトウェアがお粗末である。パソコンに最初からインストールされているワープロソフトや表計算ソフトぐらいいしか使える状態になっていない。教材として使えるソフトウェアを購入しようと思っても、そこには大きなカベが存在する。それは、「非常に高値である」ということである。学校の予算は限られている。ましてや、教科の予算となればなおさらである。生徒1人にコンピューター1台であれば40台分、2人に1台なら20台分。ソフトは大体1本数万円はするから、総額うん十万円である。そのような予算を捻出することなど、できるはずがない。

そこで目をつけたのが Excel である。このソフトは通常、市販されているパソコンにバンドルされていることが多く、学校に配置されている生徒用パソコンにも最初からインストールされている。しかし、その操作の難しさからか、一向に使われている気配がない。非常にもったいない話である。

今回発表された学習指導要領では、「コンピューターを用いたりするなどして」という文言が数カ所に見受けられる。また、「第1章 総則」の「第4 指導計画の作成等に当

たって配慮すべき事項」の(10)に次のような項目がある。

「(10) 各教科等の指導に当たっては、生徒が情報モラルを身に付け、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を適切かつ主体的、積極的に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。」

これだけコンピュータが普及し、各学校にもパソコン室が整備され、コンピュータを授業に使う環境は十分に整っている。従って、学習指導要領にも「コンピュータを適切に利用しなさい」という表現があっても、おかしくはないだろう。

## Ⅱ. 表計算ソフトの授業への導入のきっかけ

本校では、毎年夏休みの課題として、生徒たちに「自由研究」が課される。これは、まさに「自由研究」で、自分で研究テーマを設定し、様々な実験や調査を行い、それを1つのレポートとしてまとめ上げる。その研究の成果を9月に発表しあい、クラス代表を決めて学年発表へとつなげていく。

本校に着任して4年、そのような取り組みを見てきた。本当に面白い、興味深い実験や調査を生徒たちは行っている。しかし、その結果が研究に活かされていないと感じるものが少なくない。せっかく実験を行い、データを集めたのに、折れ線グラフにただで終わってしまっている。あるいは、1つのテーマに沿って調査を行い、その結果をまとめてはいるが、平均を計算しただけで集計作業を終えてしまっている。まさに、統計資料の整理の仕方を生徒たちは知らないのである。

折しも、文部科学省から新学習指導要領が発表され、その内容を記した冊子が配布された。それによると、中学校1年生の学習内容に「D 資料の活用」が新たに加えられ、そこには次のような文言があった。

「目的に応じて資料を収集し、コンピュータを用いたりするなどして表やグラフに整理し、代表値や資料の散らばりに着目してその資料の傾向を読み取ることができるようにする。」

そこで、新学習指導要領では1年生で学習することになる資料の活用を、今年度受け持ち学年は2年生ではあるが、コンピュータでのデータ処理を核として扱うことにした。その学習を通して、コンピュータを活用し正確なデータ分析を行う力を身につけさせることができれば、と考えている。そして、これは社会人になってからも役立つことであり、生きる力にもつながると思っている。

その学習内容に先立って、1学期末に4時間、『Excel講座』を行い、度数分布表や相関図、平均や合計の計算に利用する関数の学習を行った。ここでは、1学期に取り組んだ『Excel講座』のレポートを中心にまとめていくことにする。

## Ⅲ. 導入の目的

当初考えていたのは、自作プリントによる「資料の整理」の単元の二番煎じ程度のものであった。そして、授業のプランを考えているときに新指導要領を見た。そこで考えたのが、度数分布表や相関図、各種グラフを表計算ソフトで簡単に作成することができれば、自由研究の大きな助けになるのではないかと、ということであった。

そこで、次の2段階による授業計画を立てた。

>第1段階<

統計学の基本を理解する。代表値の考え方や度数分布表、相関図の基本的な事項について学ぶ。

>第2段階<

表計算ソフトを用いて、様々な統計処理ができるようになる。

従って、この取り組みの目標を次のように設定した。

- ・表計算ソフトの基本的操作をマスターする。
- ・表計算ソフトの関数の種類とその使い方を理解し、目的に沿った表計算を行えるようになる。
- ・表計算ソフトを活用し、表やグラフが作成できるようになる。

Excelは表計算ソフトであるだけに、統計の授業に使う教材としてはもってこいである。また、グラフ化も容易にできるために、関数の授業でも使えそうである。そこで、Excelを教材に利用することを思いついた。

#### IV. 取り組みの流れ

先述の通り、まず最初に基本的な統計の知識を学び、そしてパソコンの操作へとつなげていった。第2段階の授業については、パソコンをさわったことがない生徒がいることも想定し、日本語入力やファイルの保存方法などにもふれるなどの配慮を行った。

>第1段階<

第1次 度数分布表とヒストグラム・度数折れ線

用語：範囲・階級・階級値・度数・総度数・度数分布表・ヒストグラム・度数折れ線

第2次 累積度数・相対度数

用語：累積度数・累積度数分布表・相対度数・相対度数分布表・有効数字

第3次 相関図と相関表

用語：相関図・相関表・相関関係・相関係数・共分散・偏差・標準偏差

>第2段階<

第1次 データの入力と簡単な計算

- ・Excelの基本
- ・データ入力の仕方（日本語入力の方法など）
- ・SUM関数
- ・AVERAGE関数
- ・ファイルの保存の仕方
- ・表の体裁を整える（オプション）

第2次 統計資料の整理

- ・ファイルコピーの方法
- ・配列数式
- ・絶対参照
- ・RANK関数
- ・度数分布表（FREQUENCY関数）

・グラフウィザード

### 第3次 相関図と相関係数

・相関図の作成

・セルに文字列全部を表示させる方法

・相関係数 (CORREL 関数)

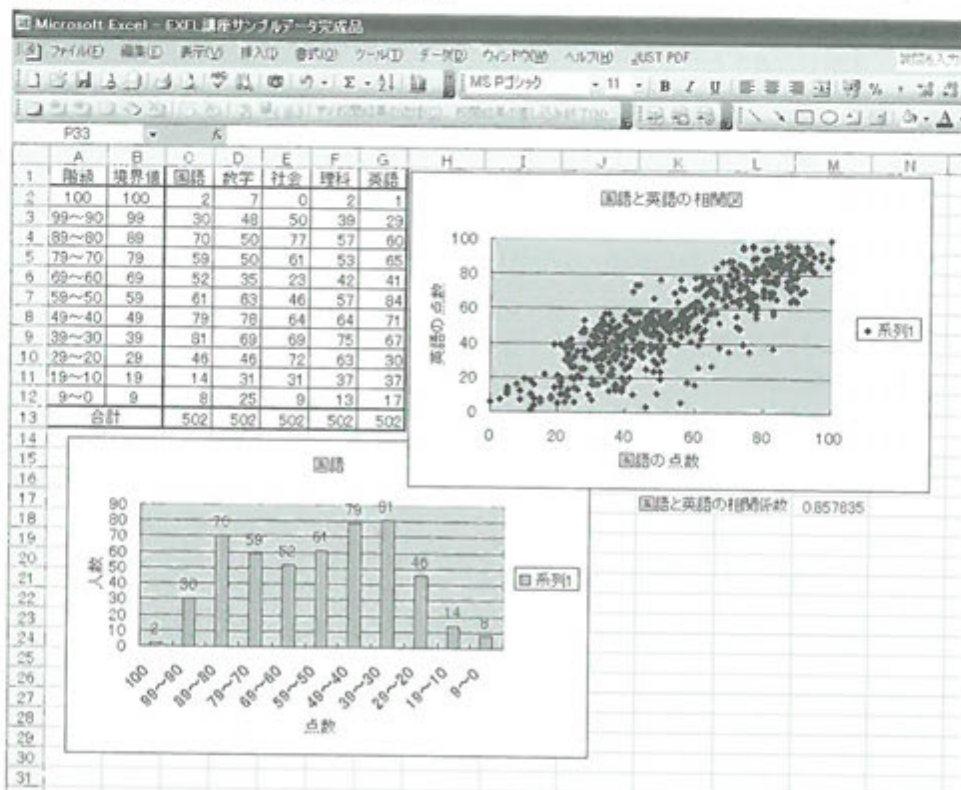
1学期の取り組みの最終目標は、自由研究に表計算ソフトを活用できるようにすることであった。したがって、得られた資料をデータとして入力しグラフ化できることを目標とした。しかし、時間に限りがあったため、次の2つのグラフについての指導にポイントをしばって授業を展開した。

① 1つの項目についての資料の散らばり具合を視覚化する。→棒グラフ

② 2つの項目についての資料の関係の度合いを視覚化する。→相関図

そこで、Excelの基本操作の指導に1時間を使ったあと、実際のデータ入力、表やグラフの作成へとつなげた。まず、5教科の点数（もちろん、ダミーのデータ）という身近なテーマで度数分布表を作成し、棒グラフに表した。（この時点で、私はヒストグラムの作成の仕方を知らなかったため、棒グラフで妥協した。）

このグラフでは、1教科の得点分布は分かって、他教科との関わりという視点では分かりにくい。そこで、英語と国語の点数の相関関係を調べるために相関図を作り、相関関係を求めた。出来上がりが次の図である。

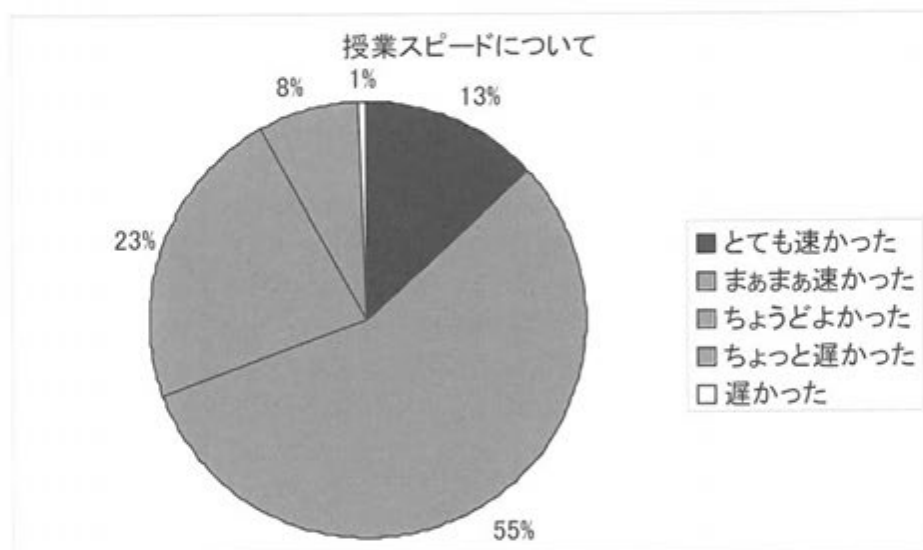


カリキュラムとしては、かなり「詰め込み型」となってしまった。これは、取り組み期間を期末テスト以降としたためである。また、元々夏休みの自由研究に役立てることを目的としたため、カリキュラムが2学期にわたることもできなかった。そのために、計6時間の枠の中で授業計画を立てざるを得なかった。したがって、その半分の3時間を第1段階の「資料の整理」の単元学習に、後半の3時間を「Excel 講座」に振り分けた。

限られた時間の中で生徒にどのような内容の授業を提供すれば自由研究に有効に活用できるか、という点では大きく悩んだ。少なくとも、昔使われていた教科書の通りにやっていたのでは授業時間数がたりなくなるのは自明だった。また、標準偏差や相関係数については中学校の内容を大きく超えるが、やはり自由研究には必要であると判断し組み込んだ。

第2段階では、Excel を使いこなせるようになることが目的であった。Excel は非常に多機能であるため、こちらとしてもかなり欲張った内容になってしまった。そのため、授業スピードもかなり速く、3時間の Excel 講座後のアンケートに多くの生徒は「ついていけない」と書いていた。

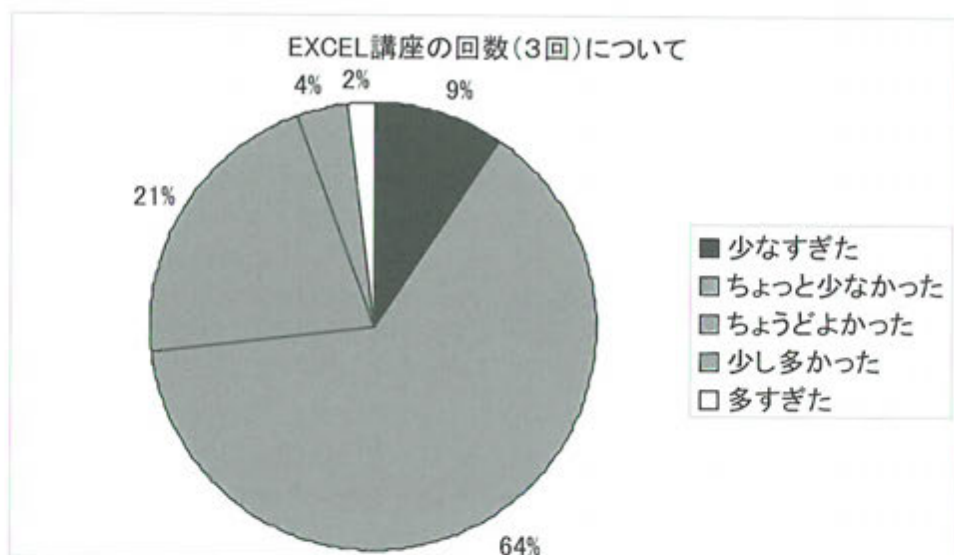
【生徒アンケートの集計結果】対象：本校中学2年生全員（160人 欠席1人）



#### V. 第2段階の授業「Excel 講座」から見てきたこと

先ほどのアンケート結果からも分かるように、多くの生徒が授業スピードが速く、ついていけないと感じていた。一方で、次のようなデータもある。





この集計結果から、生徒たちは Excel に対してある程度の興味と関心を持ったことが想像できる。そして、同じアンケートの中に自由記述形式で感想を書く欄を設けた。その感想を、テキストマイニングの分析ツール「TRUSTIA」(ジャストシステム)を用いて、生徒が感想の中に用いた語句を抽出しその頻度を調べる、という方法で分析を行った。その結果が次の通りである。

右の表は、生徒の感想の中から形容詞句を抜き出し、その頻度をまとめたものである。「難しい」と感じているのは、授業スピードが速かったと感じている生徒が多かったことから予測できる結果である。一方で、「便利だ」という形容詞句も頻度が高くなっている。

そもそも、表計算ソフトを取り入れることによる長所は次の通りである。

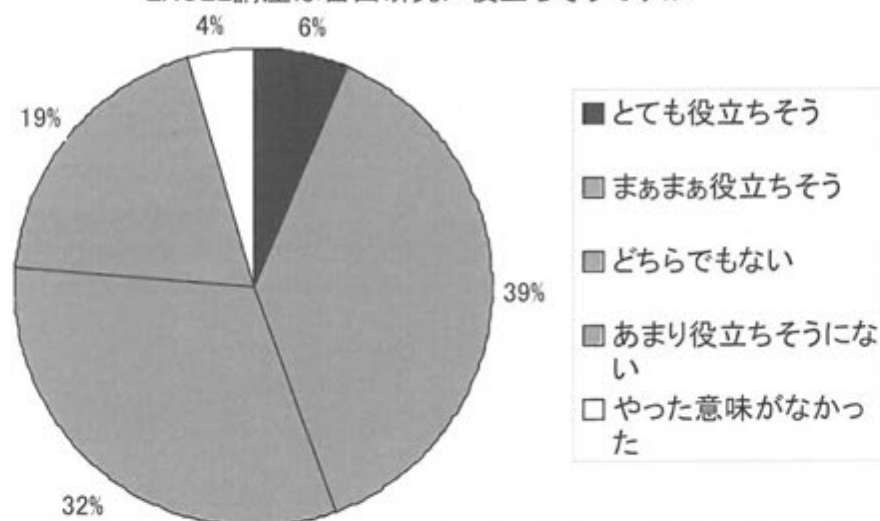
- ・統計処理に手間がかからない。
- ・統計処理の結果がすぐに画面に表示され、修正ができる。
- ・いろいろな角度からの分析を行うために、様々なグラフを作成できる。

このうち、3つめは授業でも充分扱いきれなかったが、平均や合計、標準偏差が瞬時に計算されることや、グラフの作成が容易にできること、また、データを書き換えると、すぐにそれが集計結果に反映されることに驚いていた生徒がたくさんいた。

また、次のようなデータもある。

形容詞句	頻度
難しい	20
便利だ	20
楽しい	16
よい	13
面白い	11
すごい	10
速い	8
ややこしい	6
簡単だ	6
早い	5
良い	5

EXCEL講座は自由研究に役立ちそうですか



「自由研究に役に立ちそうですか」という質問に対して、「役立ちそう」という回答が45%である。少ないように思われるかも知れないが、自由研究のすべてが統計処理を必要としているわけではない。正確な統計を取ったわけではないが、例年、およそ半数の生徒は物作りや何らかの体験によるテーマを設定し、統計処理を必要としないテーマで研究を行っていると思っている。そう考えれば、自由研究に統計処理を必要としている生徒にとって、このExcel講座は充分受け入れられていると判断できる。

また、今回のExcel講座では授業回数を確保できなかったため、操作方法について細かく解説した自作のプリントを用意した。そのプリントを見れば、ある程度の操作方法は分かる、という状態を作っておいて、授業を展開していったことも効果があったことが、生徒の感想の中からうかがい知ることができた。



## VI. 授業に表計算ソフトを導入する上での克服すべき課題と期待できる効果

1学期に行った Excel 講座から、次の点が課題として見えてきた。

### (1) 操作が難しい

パソコンを扱ったことがない生徒にとっては、ファイルの保存やコピーですら難しいと感じているようである。ましてや、様々な関数やウィザードを使いこなさなければいけない Excel を難しいと感じるのは、考えてみれば当然のことである。

その点をカバーするために作ったプリントも、そのような生徒にとっては「プリントのようにすればできる」という程度の理解でしかなかった。実際に生徒の感想の中にも、「慣れたら便利そうだけど、慣れるまでが大変」だとか、「家で一人でやれと言われたらできないと思うが、楽しかった」といった感想が目立った。

### (2) 統計処理の必要性がどこまであるのか

自由研究に統計処理を必要としている生徒にとっては、この Excel 講座は良かったかも知れないが、そうでない生徒にとっては何の意味もなさないものであったことは否定できない。実際に「役立ちそうか」という質問に対して否定的な意見が23%であった。

日常的に我々の生活の中で、実際に統計を取らなければならない場面というのは滅多にない。「資料の活用」の単元を取り組む上で、日常生活にいかにつなげるか、という点にも関わることである。

### (3) Excel のスキルアップ講座に終始

1学期に行った授業は、Excel の操作スキルの向上が主眼であった。だから、スキルアップ講座のような感じになるのは必然である。しかし、実際に授業で取り入れる上では、そうなるだけでは本来の目的を果たすことができない。一方で、中学生にとって Excel は使い慣れたソフト、というわけではない。当然、使い方を教えなければ生徒は何もできない。その両者のバランスをいかに取るか。難しいところである。

### (4) 数値の表示方法に柔軟性がない

「資料の整理」の授業をする際には問題がなかったのだが、Excel を一次関数の授業で使った（詳細は後述）際にこの問題に遭遇した。セルに分数を入力すると、日付として認識されてしまう。つまり、4分の1 ( $1/4$ ) と入力すると、Excel は1月4日と認識するのである。そして、セルの表示形式を「数値」に指定すると、4分の1は0.25と自動計算されてしまう。まだ4分の1ならいいが、7分の5など割り切れない場合は、それが小数表示されてしまうと、元々の入力値が分かりづらくなってしまうため、非常に使い勝手が悪かった。

また、Excel 講座を行った上で授業に有効であると感じられる点について整理しておきたい。

### (1) やり直しが容易にできる

代表値の概念を例にとって話をしてみよう。167,82,72,68,65,63,61,50 の平均値を求めてみると、78.5 である。つまり、大多数が平均を下回ってしまう。このような場合には平均値よりもメジアンを代表値とする方が適していると考えることができる。このような少な



い個数の資料であれば、やり直しは容易にできる。しかし、実際に統計を扱う上では膨大な量の資料を相手にする。そのような資料の場合、軌道の修正は手作業では容易ではないが、パソコンを使えばすぐに結果を求めることができる。だから、適切であると思われる結果が得られるまで、何回もやり直しができるのである。

これはグラフ化についても言える。あるデータをグラフ化しても、分かりやすいグラフにならなかった場合、グラフの種類を変えて再表示させることは簡単にできる。つまり、その場で判断してすぐにやり直しができることが、表計算ソフトを「資料の整理」の単元学習に利用する最大の利点であると考えている。

## (2) すぐに結果が得られる

統計を取った際に、すでに結果の処理を行ったあとから、さらに資料を追加する必要があることはよくあることである。多くの表計算ソフトは、自動計算の機能があるため、資料を追加した際に関数式を入力し直さなくても、すぐに新しい結果が得られる。グラフも同じである。

## VII. その他の実践活用例

表計算ソフトを授業に活用できるのは、統計だけではないと考えている。表計算ソフトでは、様々な計算やグラフ化が可能であるため、関数の分野での学習教材の作成を試みてみた。実際に教科書会社や教材会社からも数学用の学習ソフトウェアは多数発売されており、それを使えば、ここに挙げたものよりもっと適切な教材として授業に取り入れることはできる。しかし、冒頭でも書いた通り、それらのソフトは高額で、パソコンの台数分をそろえるのは難しい。そこで、変化の割合と傾きや切片に関する学習で、Excelを活用するひとつの例として、次のようなファイルを作成してみた。

### <変化の割合>

この部分に傾きと切片を入力し、変化の割合を求める  $x$  の区間をここに指定すると、それに伴って  $y$  の値が計算され、変化の割合が求められるようになっている。

傾きをいろいろに変えるとそれに伴い変化の割合も変わって、常に傾きと一致することが分かる。また、変化の割合を求める区

間をいろいろに変えても、変化の割合には影響がない。この2点に対する気づきを狙って、この教材を作成した。

本来なら、生徒にパソコンを操作させていろんな値を代入してみるのいいのだが、先述のような不便さ（数値表示の柔軟性の無さ）があり、実際には生徒が発言した数値を私が入力し、画面を液晶プロジェクターで映し出す方法で扱った。

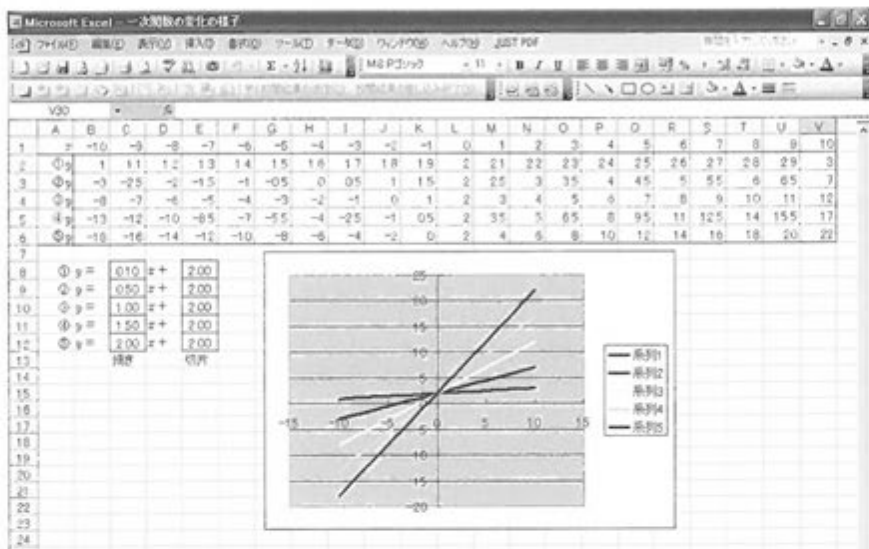
実際に「こうですよ」という知識詰め込み型の授業と違って、「おー」や「すげー」という声が聞かれた。

	A	B	C	D	E	F
1	y =	x +				
2	x	y				
3	x	y	xの増加量 =	yの増加量 =		
4	y	0.000	0.000	0.000	0.000	
5						
6			変化の割合 =	#DIV/0!		
7						



＜一次関数の変化の様子＞

この教材は、教育実習の関係で実際に使うことはないまま終わってしまったが、変化の割合の教材を作った際に、ついでに制作してみたものである。



①～⑤までの一次関数の式に切片と傾きを入力すると、いちばん上の x と y の対応表に値が計算され、それに応じたグラフが表示されるようになっている。上の図では、切片を固定し傾きを変えると、切片を中心とした放射状のグラフになることが分かるようになっている。傾きを固定し、切片を変えて入力したらグラフがどのように変化するかを見ることができるようにもなっている。

## VIII. これからの取り組みの方向性

1学期に取り組んだ『Excel 講座』は、それ自体が目的であってはならない。Excel を使えるようになることは手段であり、目的ではない。従って、1年間のカリキュラムが終わり授業時間数に余裕ができたなら、次の段階に入りたいと考えている。

今度は Excel を利用して、あるテーマにそって自分で集めたデータを統計処理し、それによって自分なりの考察を加えレポートにまとめる、という取り組みである。もし、この取り組みがうまくいけば、新学習指導要領が掲げている目標に一步近付くことができると考えている。この取り組みはまだこれからであるため、ここにレポートを書くことはできないが、機会があれば、レポートとしてまとめてみたい。

## IX. おわりに

先ほど紹介した自作教材もそうであるが、表計算ソフトを教材に利用する可能性はまだまだたくさん残されていると思っている。しかし、実際のところ、表計算ソフトを教材として導入するのは高校に入ってからである。(高校の数学Bの教科書に扱われている。) おそらく、表計算ソフトを中学校で使うという考え方はほとんどないであろう。また、表

計算ソフトはその操作の難しさから、きちんと使いこなすことが難しい。それを授業で活用しようと思ったら、授業者自身が表計算ソフトの操作に慣れておかなければならない。そのハードルの高さからも、この授業実践の研究はまだまだこれからの分野だと思う。

しかし、成績処理に表計算ソフトを使っている教員は多いだろう。世間一般の企業でも、在庫管理や財務処理、その他いろんな場面で表計算ソフトを使うことはあるだろう。今やコンピューターなしでは成り立たない世の中となった現代社会において、コンピューターを「活用」して問題を解決していく能力も「生きていく力」の一部であると言っても過言ではないと思っている。

#### 【参考・引用文献】

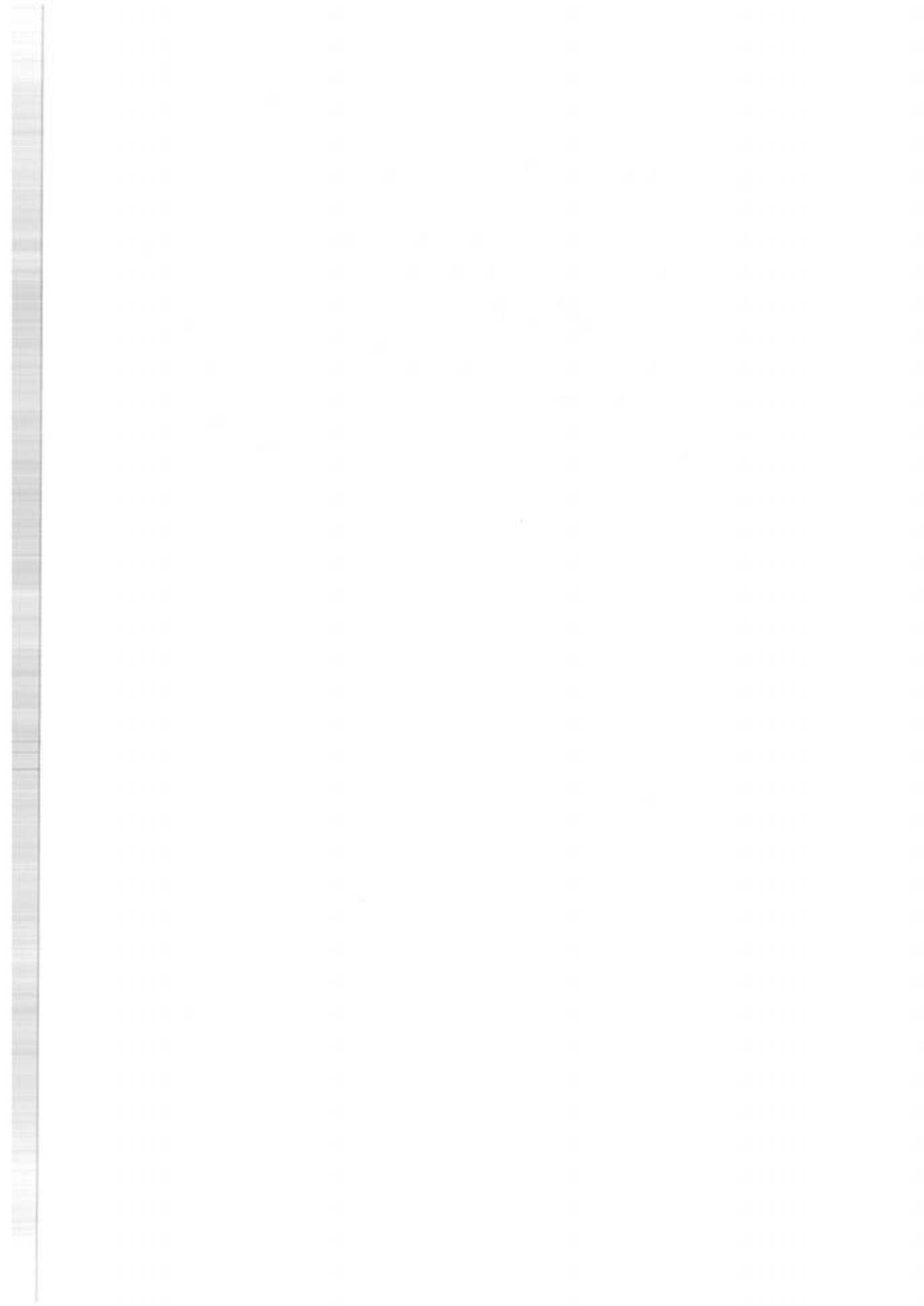
- 1) 『高等学校 数学B』 第一学習社
- 2) 文部科学省 『中学校学習指導要領 平成20年3月 告示』
- 3) 足利 末男 『数学は生きている くらしの中の統計数学』 三一書房 1967
- 4) HP「Excelをもっと使おう！」 (<http://www.eonet.ne.jp:80/~more-excel/>)

## Creation of Class to Which Spreadsheet Is Taken

: Use Method of Computer in Class of Junior High School  
Mathematics Department

MIZOUCHI Kozo

The unit of "Use of data" was newly adopted in the new Course of Study. It has aimed for not "Arrangement of data" that were before but the student to collect the statistical results that appropriate for the purpose, and to arrange it appropriately there. Moreover, the text says "Students become familiar with computers" is being written in new guidelines at every step. Then, the aim came to being able to master the spreadsheet by the student.



# 電池教材に関する一考察

## — ボルタ電池の問題点を中心に —

おか ひろ あき  
岡 博 昭

抄録：新しい中学校理科学習指導要領で、イオンが取り扱われる。当然、電池のしくみについてもイオンのモデルを使うことになる。中学校理科では、従来ボルタ電池が主に使われてきた。しかし、高等学校化学の酸化還元箇所では、ほとんどがダニエル電池からはじめている。これは、ボルタ電池の従来の説明には、多くの問題点が含まれているからである。そこで、中学校理科に於いて、ボルタ電池を採用しない電池の学習について提案したい。

キーワード：理科教育、化学教育、電池、ボルタ電池、電気分解、銅と塩素による電池

### I はじめに

平成20年7月に中学校学習指導要領の解説が発表され、学習指導要領は、平成21年4月1日から移行措置として数学、理科等を中心に内容を前倒して実施するとともに、平成24年4月1日から全面实施することになっている。

中学校理科化学分野において、もっとも大きく変更されたのは、「(6) 化学変化とイオン」である。

「(6) 化学変化とイオン 化学変化についての観察、実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。」

ア 水溶液とイオン

(7) 水溶液の電気伝導性

水溶液に電流を流す実験を行い、水溶液には電流が流れるものと流れないものがあることを見いだすこと。

(4) 原子の成り立ちとイオン

電気分解の実験を行い、電極に物質が生成することからイオンの存在を知ること。また、イオンの生成が原子の成り立ちに関係することを知ること。

(9) 化学変化と電池

電解質水溶液と2種類の金属などを用いた実験を行い、電流が取り出せることを見いだすとともに、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを知ることに。

(内容の取扱い)

ア アの(4)の「原子の成り立ち」については、原子が電子と原子核からできていること



を扱うこと。その際、原子核が陽子と中性子でできていることにも触れること。また、「イオン」については、イオン式で表されることにも触れること。イオンの(9)の「電池」については、電極で起こる反応を中心に扱うこと。また、日常生活や社会で利用されている代表的な電池にも触れること。

イオンが復活し、かつ電池について電極で起こる反応を中心に扱うとは、当然イオンのモデルを用いて説明するという意味であろう。しかし、電池の中にはイオンのモデルで正確な説明ができないもの、もしくは正確に説明できるが中学生には難しいと考えられているものなどがある。

本研究では、それらの問題点を明らかにして、電池教材の取り扱いについて考えてみたい。

## II ボルタ電池の問題点

中学校理科では、電池が教材としてよく使われている。現行の指導要領では、イオンを扱わないにも関わらず、エネルギー変換の装置として電池が使われている。ボルタ電池の場合、銅板から水素が発生するため、化学変化を確認しやすい。これを使って、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを示そうとしている。

しかし、ボルタ電池にはいろいろな問題点があることは以前から指摘されてきた。教科書会社に寄せられる質問の一つは、どうして銅板だけでなく亜鉛板からも水素が発生するのかという内容である。この亜鉛板からの水素の発生は、今までの教科書の説明では矛盾する現象である。

ボルタ電池の問題点について、いくつかの論文を紹介する。

### 1. 坪村氏の指摘

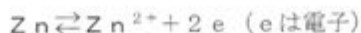
坪村宏氏は、次のように指摘している。

これまでの高校教科書では、電池の導入部分ではボルタ電池からはじめているものが多い。しかし従来の記述にはいくつかの問題点がある。典型的な記述を要約すると次のようになる。

「ボルタ電池の起電力は約 1.1V である。電球などに放電させると、電流はすぐ弱くなり、電圧も低下する。これはひとつには、銅電極の表面が水素の膜で覆われ、電流が妨げられるからであり、また電極表面で一部が水素イオンに戻る逆反応が起こるからである。この現象を電池の分極という。分極を防ぐには過酸化水素や二クロム酸カリウム水溶液などを加える。すると発生した水素が酸化されて水になるから起電力は低下しない。このような酸化剤を減極剤という。」

この記述は、ほとんどすべてが間違いの連続といってよい。ボルタ電池の中では、多くの人が思っているより、ずっと複雑なことが起こっているのだ。それについて述べるまえに、まずボルタ電池の仕組みを実際より単純化して、その起電力をできるだけ正確に説明してみよう。

ボルタ電池の機構としては、まず、亜鉛極では金属亜鉛が液に溶けて、亜鉛イオンになる。



このため、電子が電極に取り残され、これが外部回路に流れ出す。すなわち負極となる。銅極では液中の水素イオンが電子をもらって水素気体に還元され、正極となる。



はじめ、液の中には  $\text{Zn}^{2+}$  イオンや  $\text{H}_2$  はほとんど存在しないから反応は一方向的に起こる。そして電子は亜鉛極から銅極へ流れる。しかし反応とともに亜鉛極のまわりには  $\text{Zn}^{2+}$  が増えていき、銅極のまわりには気体水素が生じる。これらはおのおの逆反応を起こし、逆の電子の流れを生じる。それで、電流は正反応と逆反応の速度の差として表れる。

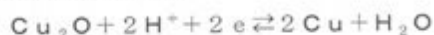
外部回路が開いているときは電流は流れない。そのとき、両極での反応は、正反応と逆反応が平衡の状態となっている。一般に化学反応では平衡状態は物質系の化学ポテンシャルが反応前後において変化しなくなったときに達成される。電極反応では電子のやり取りによって電極電位が生じ、これが反応を押しとどめる効果をおよぼす。平衡状態では、両電極上の反応における化学ポテンシャルの変化量と電極電位差が及ぼす静電的な効果とが均衡した状態となっており、両極の間の電位差は、前者をファラデー定数と反応によって動く電子の数との積で割ったものになる。両極の間の電位差を電子電位計などの内部抵抗のきわめて大きい計器で測るとほぼそのとおりの値が得られるはずである。しかし、内部抵抗の小さい通常の電圧計などで測ると、大なり小なり電流が流れるので、計測される電圧は理論的な値よりずっと小さくなる。

液中の  $\text{Zn}^{2+}$  イオンと  $\text{H}^+$  の濃度がともに 1 mol/L になり、銅電極の周りの気体水素の圧力が 1 atm のとき、電極と液のあいだの電位差（単位電位）は近似的にいわゆる標準電極電位となり、一定化する。電池の解放起電力はその差となる。ちなみに上の両反応では標準電極電位はそれぞれ  $-0.76\text{V}$  と  $0\text{V}$  (vs NHE、すなわち標準水素電極に対して) であり、したがって、平衡状態では  $0.76\text{V}$  の起電力となるはずである。

最初、液中の  $\text{Zn}^{2+}$  イオンの濃度は 1 mol/L より低いから、電池の起電力は標準電極電位の差、 $0.76\text{V}$  より大きくなる。銅極の周りの  $\text{H}^+$  の濃度も 1 mol/L より高いから、やはり電池の起電力は大きくなる。また、銅極の周りの気体水素の圧力もほとんどゼロだから起電力は大きくなる。要するに、電池の反応が起こりやすい条件にすると起電力は大きくなり、起こりにくい条件にすると起電力は小さくなる。

以上が一般的な電池の一通りの理論的説明である。ボルタ電池の起電力がはじめ大きく、反応に伴って弱くなるのはこれで一応納得できる。すなわち、この説明は上に引用した教科書の説明よりずっと正しい。

しかし、電極表面というのは限りなく複雑なものであり、その起電力は、往々にして、理論通りにはならない。ボルタ電池の場合、もっと複雑な要素がある。まず、一般に銅電極の表面は酸化銅で覆われており、反応は、非常に複雑だが、一例を挙げると次のようなものを含んでいる。



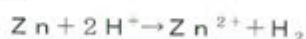
酸化物によるこれらの反応は電極電位を正の方向に押し上げる。

(後に紹介する平沢氏は、次のように指摘している。酸化物が酸にとけて、電極の表面に銅イオンの濃度の高い領域ができる。したがって、ダニエル電池に近い電池が形成される

ため高い電圧が得られる。)

ボルタ電池が、最初 1.1V もの起電力を示すのは主にこのためと考えられる。酸化膜がなくなると、当然起電力は低下する。水素ガスを覆うため電流が妨げられる効果は主なものではない。少なくとも解放起電力はこれと関係しない。

次に、これは実際にボルタ電池を作ってみた人なら誰でも気のつくことだが、金属亜鉛を硫酸、塩酸などの中につけると、激しく水素が発生する。銅電極を入れ、それを亜鉛極につないで、ボルタ電池を動かす状態にしたとき、銅から水素が出始めるが、それでも亜鉛から出る発泡はあまり変わらない。これは亜鉛と水素イオンが反応し、水素が発生する反応



が起こっているのであるが、この発泡について生徒に聞かれたら、またいろいろと説明しなければならない。ある高校の先生は、この発泡をおさえるためにあらかじめ（生徒には内緒で）、亜鉛の表面を水銀メッキしておくといわれたが、これではごまかしをしていることになり、あまり正統的な教育とはいえない。

こうして、ボルタ電池の起電力（出力）が弱くなる理由は説明されるが、それなら、0.76V 程度の出力は長時間保持されるはずではないか、と質問される方があろう。この理由を説明する。標準電極電位というのは、平衡状態、つまり開放状態、で示すべき極と極の間の電位差であって、電流が流れている状態での電位差はこれと異なる。この差を過電圧という。これを定量的に説明するのは時間を取りすぎるのでここでは割愛し、かわりに感覚的な説明をすると、過電圧というものは、電池の内部に、電流を流すことに対する広い意味での抵抗があるために生じるものと考えることができる。これは電気学での電気抵抗とはちがひ、反応に対する抵抗も含むが、電流とともに大きくなる点では一致する。大きな電流を流そうとするほど、起電力は低下する。したがってボルタ電池に、電球やモーターなどをつなぐと、これらを動かせるために大きな電流が流れようとしても、起電力が小さくなってしまい、結局仕事にならないことになるのだ。普通の直流電圧計をつなぐだけでも、起電力はずっと下がることもある。

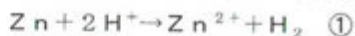
## 2. 横山氏と延与氏の指摘

横山隆允氏と延与三知夫氏は、次のように指摘している。

さて、現在使用されている化学の教科書約 10 種類について電池の項をみると、それらのほとんどがボルタ電池を電池の原型としてはじめにとりあげている。それらの記述には多少の違いがあるが全体として以下に述べるように、(A)ボルタ電池の説明それ自体は正しいか、(B)教材として適切か、という二つの点で問題があると思われる。

(A-i) ボルタ電池の原動力は何か？

多くの教科書では Zn と Cu のイオン化傾向の違いがボルタ電池の原動力であるように書かれている。しかし、この場合実際におこる全反応は



であるから、(Zn と Cu ではなく) Zn と水素のイオン化傾向の差が起電力を与える原因になっていることをまず明確にしなければならない。この際 Cu が酸にとけないことを

いうためにCuのイオン化傾向に言及する必要はあるにしても、ZnとCu両者のイオン化傾向の違いは第一義的ではない。そのことはもしCuの代わりにそれよりも更にイオン化傾向が小さいHgを用いたなら、電池の性能が更によくなくなるどころか全く電池として作動しないことから明らかである。ZnとCuのイオン化傾向の違いを強調しすぎると、むしろ現象の本質を見失わせることになるであろう。

(B-i) 上述のようにボルタ電池は不可逆的であり、電流をとらなくても反応①は（電流をとった場合よりおそいが）進行する。もちろん実用電池とはなり得ないし第一に化学電池としての条件を満たしていない。

(A-ii) 水素発生はなぜCu表面でおこるか？

どの教科書でも、「Znの方がCuよりイオン化傾向が大きいのでZnが多くとけだし、残された電子は導線を通してCuに移動しそこで溶液中のH<sup>+</sup>と反応してそこで水素を生成する」という意味の説明をしているだけで、なぜ水素発生の大部分がCu上でおこるかという理由は示されていない（Zn上では水素が発生しないように述べている教科書が多いが、実はZn上でも発生する）。

それは、ZnとCuのイオン化傾向の差とは無関係に、単に水素発生反応



がZn上よりCu上でおこりやすいからである。

（東京学芸大学の鎌田氏は、次のように指摘している。特殊な加工をしない限り亜鉛板上での水素の発生量が多いのが普通である。）

すなわち金属によって反応②を促進するはたらき（触媒作用）が異なり、この場合はZnよりCuの方がすぐれているので反応②はCu上でより速く進行しその結果として外部回路に電流を生じるのである。

水素発生反応②がCu上に比べてHg上ではきわめて遅く、逆にPt上でははるかに円滑に起こることはよく知られている。このためCuの代わりにHgを用いたのでは外部回路に電子の流れを生じない。すなわち電池として作動しないが、Cuの代わりにPtを用いるとCuの場合よりもはるかによくなる。これは簡単な実験により確かめられる。これらの事実はCuとHgやPtのイオン化傾向の差ではなく、反応②に対する触媒作用の差によるものであることを明瞭に示している。

(B-ii) このようにボルタ電池は、Znと水素のイオン化傾向の違いという平衡論的概念と、反応②に対するZnとCuの触媒作用の違いという速度論的なことが絡み合って成り立っているものであるから入門者にははなはだ理解しにくいものであろう。

(A-iii) 純度の低いZnは純度の高いZnよりも酸性溶液中ではやくとけるか？

これは(A-ii)と密接に関連したものであるが、通常いわゆる局部電池のモデル、すなわちZnの中に不純物としてZnよりイオン化傾向が小さい金属が含まれているとその金属上で電子とH<sup>+</sup>が反応するといういわばボルタ電池を短絡したようなモデルでZnの溶けだしがはやくなることの説明がなされる。しかしこれをZnと不純物のイオン化傾向の差だけで議論するならば、Znの表面にHgがついているとCuがついている場合よりZnは溶けやすいことになるが、実はHgは逆効果をもち乾電池内でのZnの腐蝕（自己放電



という)を防ぐ目的で積極的に用いられているのである(汞化处理という)。ここで重要なのは、金属のイオン化傾向の差に加えて更に反応②に対する触媒作用の違いについて言及する必要があることである。なお、それらの説明に特にボルタ電池を引き合いに出す必然性はない。

(A-iv) ボルタ電池から電流をとりだすと間もなく電流が減衰するのはなぜか?

「ボルタ電池で電圧が大幅に低下するのは、Cu表面ではZnからきた電子と $H^+$ が反応して水素の気泡ができるので、(a) $H^+$ と電子の結合が阻害されさらに、(b)そこで生じた $H_2$ が逆にイオンになろうとするのでZnのイオン化がおさえられてしまうためである。」というのがやや共通に与えられている説明である。

(a)の気泡の効果は、方向としてはその通りであろうが、大きな電流をとらない限りさして問題になるとは思われない。(b)Znの標準電極電位は $-0.76V$ であるが、そのことは、Znの溶解の結果として $Zn^{2+}$ 濃度が $1\text{ mol/L}$ に増えCu極の $H_2$ の分圧が1気圧まで達したとしてもまだ $0.76V$ の起電力があるということである( $H^+=1\text{ mol/L}$ として)。したがって多少電流をとって $H_2$ の気泡がたまって、それのもたらす逆起電力がボルタ電池の起電力を $0.4V$ 程度まで低下させることの主要な原因であるとはみられない。これらのことは、Cuの代わりにPtを用いれば $H_2$ を発生しながら $0.8V$ 程度の電圧をもつことから明らかである。

ボルタ電池における電圧の降下はCu極に発生した $H_2$ の気泡のせいではなく、 $H_2$ になる前の中間体、おそらく吸着水素原子の生成のための、あるいはそれから $H_2$ を生成するための水素過電圧の成長が最も重要な役割を果たしていると考えられる。Cuの代わりにPtを用いた場合は、Pt上の水素過電圧が小さい(反応②に対する触媒作用が大きい)ため水素の泡ができて電池の電圧降下はわずかなのである。

### 3. 平沢氏の指摘

平沢 冷氏は、次のように指摘している。

電池の原理で最も重要なのは起電力である。電池がなぜ電池であるかは、起電力を生ずる原因を理解することによって了解される。通常、電池を扱う節は、イオン化傾向の節の次に配置され、前節で得た概念を用い、イオン化傾向の違いにより起電力を生ずることを説明することによって、電池の原理を理解させている。すなわち、イオン化傾向の大きい金属が溶けて陽イオンとなると、電子が電極に残る。この電子は外部回路を通してイオン化傾向の小さい金属に達し、その表面で溶液中の陽イオンに与えられる。高等学校ではイオン化傾向の概念を定量化して扱わないことになっているので、イオン化傾向の違いの大きさと起電力の大きさを結びつけた議論はしない。しかし定量的に扱わない場合でも、ボルタ型電池で電池の概念化を行うと、例えば亜鉛と銅の組み合わせの代わりに、亜鉛と銅よりイオン化傾向の小さい水銀を用いた場合に、なぜ起電力を生じないのか、理解できないことになってしまう。原理や概念は例外の少ない形で立てるべきであるから、結局、電池を論ずる際には熱力学を下敷きにするのが便利である。

イオン化傾向は通常、金属を浸す溶液に関しては何も触れないで、単に金属のイオンになるなり易さであると定義するが、これは、金属Mと溶液中の金属イオン $M^+$ との平衡反応①におけるLe Chatelierの原理から考えても、不十分であることが理解できる。





すなわち、①式で $M^+$ の濃度が高くなれば、平衡は左に移動する。つまり、 $M^+$ の濃度が高い状態で $M$ は $M^+$ イオンになりにくい。したがってイオン化傾向は金属を浸す溶液中に同じ金属イオンを1 mol/L（正確には活量が1）存在させる際に示す金属のイオンになるなり易さで定義することにする。つまり標準電極電位 $\epsilon^0$ の序列である。金属イオンの濃度に変化すれば、イオンになるなり易さも多少変わる。定量的には②式の電極電位 $\epsilon$ で表される値となる。ここで、 $C$ は溶液中の金属イオンの濃度を示す。

$$\epsilon = \epsilon^0 + (RT/zF) \ln C \quad (2)$$

さて、イオン化傾向を上のように多少厳密に定義すると、起電力は、溶液中に金属イオンを含んだダニエル型の電池で説明することになる。つまり、イオン化傾向の違いによって起電力を生じ、また正極から電子を受け取るのは、正極と同じ金属の陽イオンである。この場合は、ボルタ型に関して前項で述べたような矛盾を生じない。ただし、電池の起電力は平衡状態（電池の外部から、電池の起電力にちょうど相当する電圧を印加してつりあわせた状態）において定義されるものであって、放電中に示す電圧の値はこれとは異なり、電極反応の速度過程に依存して変化する。

ところで、平衡状態の起電力は、Nernstの式にしたがう。定量的理解が必要であるならば次のようになる。例えば、ダニエル電池の場合、全反応は



で示され、起電力 $E$ はNernstの式④にしたがう。

$$E = E^0 + (RT/zF) \ln (C_{Cu^{2+}}/C_{Zn^{2+}}) \quad (4)$$

ここで金属イオンの濃度が共に1 mol/Lであるならば、

$$E = E^0 \quad (5)$$

となり、起電力 $E$ は標準平衡電位 $E^0$ の値をとる。この値は、2種の金属の標準電極電位の差に相当する。

$$E^0 = \epsilon^0_{Cu} - \epsilon^0_{Zn} \quad (6)$$

つまり、平衡状態の起電力は、イオン化傾向の差に相当する値をとる。 $\epsilon^0_{Cu}$ 、 $\epsilon^0_{Zn}$ の値はそれぞれ0.337、-0.763Vであるから、ダニエル電池の標準平衡電位は1.100Vとなる。

ボルタ電池では、正極から電子を受け取る陽イオンは $H^+$ であり、正極で $H_2$ を発生する。正極の銅は見かけ上変化しないので、正極は水素電極の一種であると考えられる。標準電極電位は水素を基準にとった値であるから、硫酸の濃度が0.5 mol/Lで、発生する水素の外圧が1気圧の場合、 $\epsilon_H = \epsilon_H^0 = 0$ となる。したがって、起電力は、負極の電極電位分である0.76V近くの値を示すはずである。しかし、実際の起電力は、初め1.1V程度であり、放電させると直ちに低下しはじめ、0.4V程度の値に落ちつく。これは、銅極の表面が酸化されるなどして、硫酸溶液に極板を浸した際に、酸化被膜等が溶出して銅イオンを生じ、放電開始前にそれとの間の平衡電位を示すからである。放電と同時に、銅イオンは直ちに消費されてしまう。その後は水素電極の一種となるが、次で述べる分極のため0.76Vより低い起電力となる。すなわち、分極による起電力の低下は0.3V程度である。

分極は本質的に速度過程に伴って起こる現象である。したがって、その定量的扱いは大

学4年までの熱力学をもってしても不可能である。平衡論で取り扱える現象は限られていて、平衡論の原理を速度過程に適用することは明らかな誤りである。両者の区別は常に強調すべきであろう。電池は、反応速度を覆修した後に通常出てくるので、その例として扱うには格好であろう。

ある有限の速さで電極反応が継続する場合、電池では起電力が低下し、また電気分解ではそのために平衡電位より大きい電圧を印加する必要がある。この平衡値から電位がずれる現象を分極といい、ずれの大きさを過電圧という。つまり、ある有限の速さで電極反応を起こすには、平衡状態に比べると、仕事の効率が悪くなる。

分極を生じる原因をその機構の違いにより大別すると、拡散分極（濃度分極）、活性化分極（化学分極）、抵抗分極の3種類になる。電極反応が起こると、電極界面近傍の電解質の濃度は溶液本体の濃度と異なる状態になる。もし、電極反応の速度が、溶液沖合から電極表面に向かう電解質の拡散速度より大きいならば、引きつづいてその反応速度は保てなくなり、反応速度は拡散速度に見合う値まで低下する。このようにして生じる分極が拡散分極である。もし電池であるならば、反応速度は取り出される電流の大きさに相当するから、負荷の抵抗値が一定の場合、起電力が低下することになる。電気分解の場合では、反応速度を一定に保つには余分の電圧を印加して拡散を促進することが必要となる。

#### 4 問題点についての考察

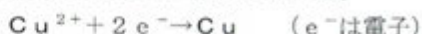
以上、引用した3つの論文における、共通した問題点を整理してみる。

まず、ボルタ電池は電極として亜鉛と銅を用いているが、電極反応において銅は変化しない。したがって、正極は水素と考えるのが妥当である。負極が亜鉛、正極が水素であるなら、標準電極電位より起電力は0.76Vになるはずである。

ところが、ボルタ電池では、放電開始時に1Vを超える起電力が生じる。その原因は、坪村氏は酸化銅が関係していると考えている。すなわち、



の反応により、電極電位を正の方向に押し上げると述べている。一方、平沢氏は銅イオンが関係していると考えている。銅極の表面が酸化されるなどして、硫酸溶液に極板を浸した際に、酸化被膜等が溶出して銅イオンを生じ、放電開始前にそれとの間の平衡電位を示すからであると述べている。東京学芸大学鎌田氏も同様に考えている。すなわち、一般に銅板の表面には酸化物が形成されていることが多く、銅板を塩酸に浸漬させると酸化物が酸に溶けて、電極の表面に銅イオンの濃度の高い領域ができる。この状態で放電すると銅板では先に次の反応が起こる。



すなわち、通電直後はボルタ電池というよりもダニエル電池に近い電池が形成されていると考える方が無難であると指摘している。

しかし、通電直後にダニエル電池が形成されて起電力が1.1V近くを示し、次に亜鉛と水素による電池に変わり0.76Vを示すと説明できるが、やがて起電力は0.4V程度まで低下する。これについては、坪村氏は、電池の内部に電流を流すことに対する広い意味での抵抗があるために生じるものと考えている。横山氏と延与氏は、 $\text{H}_2$ になる前の中間体、おそらく吸着水素原子の生成のための、あるいはそれから $\text{H}_2$ を生成するための水素過電

圧の成長が最も重要な役割を果たしていると考えている。また、平沢氏は、反応速度は取り出される電流の大きさに相当するから、負荷の抵抗値が一定の場合、起電力が低下することになると考えている。いずれもキーワードは過電圧である。

亜鉛板から水素が発生する現象については、多少意見が異なっている。坪村氏は、次のように述べている。金属亜鉛を硫酸、塩酸などの中につけると、激しく水素が発生する。銅電極を入れ、それを亜鉛極につないで、ボルタ電池を動かす状態にしたとき、銅から水素が出始めるが、それでも亜鉛から出る発泡はあまり変わらない。一方、横山氏と延与氏は、金属によって水素イオンが水素分子になる反応を促進するはたらき（触媒作用）が異なり、この場合はZnよりCuの方がすぐれているので反応②はCu上でより速く進行すると述べている。東京学芸大学の鎌田氏は、特殊な加工をしない限り、亜鉛板上での水素の発生量が多いのが普通と考えている。筆者も、坪村氏、鎌田氏の考えを支持する。

以上の考察を整理すると、次のようになる。

- (1) ボルタ電池が放電の初期に 1.1V の起電力を生じるには、銅板上に形成された酸化被膜が原因である。酸化銅(Ⅰ)あるいは銅イオン ( $\text{Cu}^+$ ) が還元されることによる。
- (2) ボルタ電池の電極は、負極は亜鉛であるが、正極は水素である。したがって、起電力は 0.76V である。
- (3) 放電を継続すると、過電圧が原因で、起電力は 0.76V から 0.4V まで低下する。ただし、この過電圧の原因は、共通した知見がないように思われる。
- (4) 放電中に銅板から水素が発生するが、それ以上に亜鉛板からも水素が発生する。これは、単に亜鉛と水素イオンの反応によるものである。

### Ⅲ 高等学校化学の電池の取り扱い

今まで述べたような指摘により、高等学校化学の教科書はどのように変わったのだろうか。高等学校化学教科書の電池教材の配列を示す。

啓林館の教科書の電池教材の配列は、次のように変化している。

#### 1 啓林館高等学校化学ⅠB（平成5年2月28日 文部省検定済み）

##### 第3部 物質の変化

##### 第3章 酸化還元反応

##### 第4節 電池

- A ボルタ電池
- B ダニエル電池
- C 乾電池
- D 蓄電池

#### 2 啓林館高等学校化学ⅠB改訂版（平成9年1月31日 文部省検定済み）

##### 第3部 物質の変化

##### 第3章 酸化還元反応

##### 第4節 電池

- A ダニエル電池と電池のしくみ

- B 乾電池
- C 蓄電池

### 3 啓林館高等学校化学 I (平成 14 年 3 月 10 日検定済)

#### 第 2 部 物質の変化

#### 第 3 章 酸化還元反応

#### 第 4 節 電池と電気分解

- A ダニエル電池と電池のしくみ
- B 実用電池
- C 電気分解
- D 電気分解で起こる反応
- E ファラデーの法則

### 4 啓林館高等学校化学 I 改訂版 (平成 18 年 3 月 7 日検定済)

#### 第 2 部 物質の変化

#### 第 3 章 酸化還元反応

#### 第 4 節 電池と電気分解

- A ダニエル電池と電池の仕組み
- B 鉛蓄電池
- C さまざまな実用電池
- D 電気分解
- E 各極の電解反応
- F ファラデーの法則

平成 5 年検定の教科書では、電池教材はボルタ電池からはじめている。そして、本文には、次のような記述がある。亜鉛が酸化されて亜鉛イオンになり、水素イオンが還元されて水素になる。ボルタ電池の起電力は約 1.1V である。

平成 9 年検定の教科書では、ボルタ電池は教科書本文ではなく、コラムで紹介されている。起電力は約 1V と変更されている。

平成 14 年検定の教科書では、ボルタ電池の記述はどこにもない。

平成 18 年検定の教科書では、再びコラムでボルタ電池が紹介されている。このコラムでは、電流を流すと電圧が急激に低下する (0.4V 程度まで直ぐに落ち込む) ので、実用的ではないと記述されている。

次に、現在使われている高等学校化学教科書 (平成 18 年 3 月 7 日検定済) について、各社の内容を比較してみる。

### 5 数研出版改訂版高等学校化学 I

#### 第 2 編 物質の変化

#### 第 3 章 酸化還元反応

## 6 電池

- A 電池
- B ダニエル電池
- C 鉛蓄電池

コラムでボルタ電池を紹介している。ボルタ電池は、回路を閉じると正極の銅の表面で水素が発生し、起電力は間もなく  $1.1\text{V} \rightarrow 0.5\text{V}$  と低下してしまう（電池の分極）と記述されている。

## 6 東京書籍化学 I

### 第2編 物質の変化

#### 3章 酸化還元反応

##### 4 電池

- A 電池の原理
- B 実用電池

コラムでボルタ電池を紹介している。起電力は  $1.1\text{V}$  であるが、電流を流すとすぐに  $0.4\text{V}$  程度まで低下する。この現象を、電池の分極というたと記述されている。

## 7 第一学習社高等学校改訂化学 I

### 第II章 物質の変化

#### 第3節 酸化還元反応

##### 2 電池

- 1. ボルタ電池
- 2. ダニエル電池
- 3. マンガン乾電池
- 4. 鉛蓄電池
- 5. 新しい電池

本文でボルタ電池を紹介している。ボルタ電池の起電力は、およそ  $1\text{V}$  であるが、放電すると、すぐに低下する。このような現象を電池の分極というたと記述されている。

## 8 大日本図書新版化学 I

### 第II章 物質の変化

#### 3 酸化還元反応

##### D 電池

- 1 酸化還元反応と電池
- 2 蓄電池

コラムでボルタ電池を紹介している。電圧は、電池を作成した直後は約  $1\text{V}$  だが、電流を流すと  $0.4\text{V}$  程度に下がる。そのあと正極側の溶液に  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  のような強い酸化剤を加えると、酸化剤が電子を受けとるため、電圧は  $1\text{V}$  程度に上がると記述されている。



このように、現在使われている高等学校化学の教科書では、電池はダニエル電池からはじめるのが一般的である。ボルタ電池が本文中で記述されているのは、調査した5社のうち1社だけであった。他の4社は、コラムでボルタ電池が紹介されているものの、本文では例外なくダニエル電池の説明からはじめている。

また、コラムにおけるボルタ電池の説明は、起電力を 1.1V とはせず、約 1V と表現している社がみうけられる。これは、銅と亜鉛から電池ができていているという誤解を避けるためと考えられる。また、放電すると急激に起電力が低下することも強調されている。

#### IV 中学校における電池教材のあり方

新しい中学校理科学習指導要領では、「電解質水溶液と2種類の金属などを用いた実験を行い、電流が取り出せることを見いだすとともに、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを知る。」また、内容の取り扱いには、「電池については、電極で起こる反応を中心に扱うこと。」となっている。

電極で起こる反応を中心に扱うこととは、もちろんイオンのモデルを用いることと解釈する。したがって、負極において金属が溶け出して陽イオンとなり、負極に電子が残り、その電子が外部回路を移動して正極で陰イオンに与えられることを説明することになると考える。

中学校では、イオン化傾向は扱わない。したがって、正極が銅であっても水素であっても、それほど大きな問題にはならない。もちろん、分極や減極剤にふれる必要はない。しかし、負極の亜鉛板から水素が発生することは説明が困難である。同時に、2種類の反応が起こっていることは、中学校理科の教材としては適していない。

一方、ダニエル電池を扱うとすれば、実験における素焼きの筒、もしくはセロハンチューブの必然性が理解しがたい。文部科学省も、ダニエル電池は想定していないということである。

現行の中学校の教科書では、備長炭電池や果物電池などがよく使われている。これは、身近なもので電池ができる意外性を狙っていると考えられる。もちろん、備長炭電池では、正極は炭素ではなく、備長炭の表面に吸着されている気体であるが、それに触れることはない。また、果物電池は、いわばボルタ型電池である。したがって、電極で起こる反応は触れることができない。

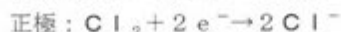
##### 1 塩化銅(II)水溶液の電気分解

塩化銅(II)水溶液を、2本の炭素電極を使って電気分解すると、陰極に銅が付着し、陽極から塩素が発生することはよく知られている。しかし、電気分解後、電極間に電位差が生じていることについては、あまり注目されていない。電源装置を使って電気分解した後、電源装置のスイッチを切っても、電圧計は0Vには戻らず、電極間に電位差があることを示している。

炭素電極の陰極には銅が付着し、陽極には塩素が吸着されている。イオン濃度が 1 mol/L のときの標準電極電位は、それぞれ次のようになっている。



負極が銅で、正極が塩素の電池を考えると、両極での変化は次のようになる。



したがって、銅と塩素の電池では、理論的に約1Vの電位差が期待できることになる。

2本の炭素棒を1mol/Lの塩化銅(II)水溶液につけ、5.0Vの電圧を加えて1分間電流を通した。その後、電源を外して両極間の電圧を測定すると約1Vで、標準電極電位から求めた値と一致した。しかし、1.5V用の豆電球に接続すると、電圧は一瞬に0.2V程度まで下がった。これは、炭素棒では表面積が小さいため、塩素の吸着量が少なく、溶液中の塩素の供給が間に合わないからであると考えた。そこで、炭素棒よりも表面積の大きい炭素板を用いて実験を行った。

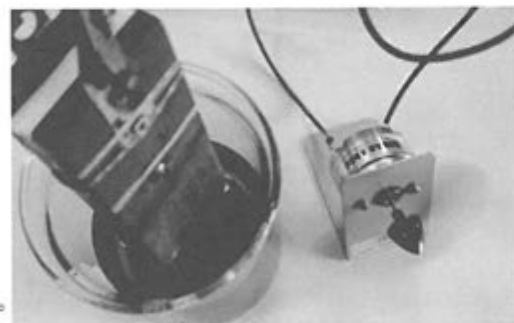
## 2 炭素板を用いた銅と塩素の電池

幅41mm、長さ150mm、厚み8mmの炭素板を2枚用意し、厚み9mmの発泡ポリスチレンを2枚の炭素板の間に入れて、1mol/Lの塩化銅(II)水溶液につけた。この2枚の炭素板に3.0Vの電圧を加えて1分間電流を通した。その後、電源を外して両極間の電圧を測定すると約1Vであった。もちろん、炭素棒と炭素板では、電圧は変わらない。しかし、1.5V用の豆電球をつないでも、電圧は0.8~0.7Vを保ち、80秒間豆電球が点灯した。また、豆電球のかわりにKENISのモーターユニット(ギア付き)に接続すると、電圧はほとんど変化せず、40分程度モーターが回転した。

塩化銅(II)水溶液の電気分解により、陰極に銅が付着し、陽極には塩素が吸着する。そして電池としてはたらくときには、銅が負極となり、塩素が正極となる。この電池の電極付近の変化は、負極の銅

が銅イオンになり、電子が負極に残る。この電子は外部回路を移動して正極で塩素分子に与えられ、塩素分子は塩化物イオンに変化する。したがって、この変化を、イオンのモデルで説明することは、中学生にとっても決して無理はないと考える。

ただし、この電池は二次電池であり、今まで中学校理科の教材としては使われてこなかったものである。しかし、身のまわりの実用電池の中には、二次電池が多いことも事実である。自動車で利用されている鉛蓄電池以外に、デジタルカメラ、携帯電話、ノートパソコンなどの電池はすべて二次電池である。今後、中学校理科の電池教材に二次電池があってもよいのではないだろうか。



### 3 炭素板を使った水素と酸素の電池

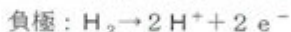
幅 41mm、長さ 150mm、厚み 8mm の炭素板を 2 枚用意し、厚み 9mm の発泡ポリスチレンを 2 枚の炭素板の間に入れて、1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液につけた。この 2 枚の炭素板に 3.0 V の電圧を加えて 1 分間電流を通した。その後、電源を外して両極間の電圧を測定すると約 1.3V であった。KENIS のモーターユニット（ギア付き）に接続すると、短時間であるがモーターが回転した。

水酸化ナトリウム水溶液の電気分解から電池ができる現象は、厳密には燃料電池とは言い難いものである。しかし、酸素の還元反応



の標準電極電位は 1.229V であるから、電圧約 1.3V というのは、紛れもなく水素と酸素の電池と考えることができる。

この電池は、燃料電池の導入として使えるが、電極での変化は中学生に説明するのは避けた方が無難である。ちなみに、次のような変化が考えられる。



### V おわりに

学習指導要領は、およそ 10 年おきに変わる。そして、およそ 30 年おきに大きく変わる。ゆとり教育は 30 年間ほど続いた。その最後の 10 年間はイオンが学習指導要領から消えた。この 10 年間で、理科教育の空白の 10 年間になっていないだろうか。そのときに中学生や高校生であった世代に何の責任もない。しかし、イオンについて正しく理解できない世代があることは事実である。移行措置が前倒しになったことは、イオンの学習の必要性を物語るものである。

中学校理科新指導要領でイオンが復活したと理解することは危険である。なぜなら、イオンの学習は定着が悪いという理由で削除された背景があるからである。したがって、新しくイオンが登場したと理解すべきであろう。以前のイオン教材の展開にとらわれることなく、新たに中学生によりわかりやすい展開を研究すべきである。しかし、わかりやすいモデルと事実は、ときには相反するものである。

理科の学習に於いて、最も大切なことは事実を伝えることである。決して生徒に嘘を伝えてはならない。そのような観点から、従来のボルタ電池の説明には問題がある。高等学



校化学の教科書で、ボルタ電池を避けるようになった背景は先に述べた。新しい中学校理科指導要領では、「電池」については、電極で起こる反応を中心に扱うこととなっている。この電極で起こる反応を、どのような電池で扱うかが問題である。

ボルタ電池では、従来の説明に非常に多くの問題点を含んでいる。一方、ダニエル電池は中学校では想定されていない。そこで、実用電池ではないが、銅と塩素による電池を提案したい。この電池は、電気分解から電池に無理なく展開できる利点がある。また、中学校理解に於いても二次電池を扱うことを提案したい。二次電池は、我々の生活の中に多く使われているだけではなく、環境教育の観点から、一次電池よりより問題の少ない電池であるからである。

#### 参考文献

坪村 宏 ボルタ電池はもうやめようー問題の多い電気化学分野の記述 化学と教育 第46巻第10号 (1998年)

横山隆允、延与三知夫 高校理科教科における電池の説明について 化学教育 28、298-300 (1980年)

平沢 冷 電池の原理の教え方 東書化学 No159 1-3 (1981年)

岡 博昭・井野口弘治 本校研究集録第36集 中学・高校理科(化学分野)実験の工夫ー炭素板を使った電池教材ー p.165-169 (1994年)

岡 博昭 塩化銅(II)電池 化学と教育 第42巻第2号 (1994年)

## One Consideration About the Battery Subject

OKA Hiroaki

Ion is dealt with by the new junior high school science course of study. Of course, as for the structure of the battery as well, an ionic model is decided to be used. The Voltaic cell was used for the master in junior high school science so far. But, most begins with the Daniell cell at the point of the redox of high school chemistry. This is because many problems are contained in the usual explanation of the Voltaic cell. Therefore, I want to propose it about learning of the battery which doesn't adopt the Voltaic cell in junior high school science.



# 最新の恒星観測データで教材用の HR 図を作る

おかもとよしお  
岡本義雄

**抄録**：HR 図は高校地学の天文分野において、もっとも基本的でかつ重要な図である。しかし教科書等では出所のあまり明らかでない図がよく用いられている。そこで、インターネット上に公開されている恒星位置観測衛星 (HIPPARCOS) のデータで作成された最新の恒星カタログを描画用のデータとして用い、図作成ツールとしては同じくインターネット上で無料公開されている GMT (Generic Mapping Tools, Wessel ほか 1995) を用いて教材用の HR 図を作成した。この作成過程は他にもネット上で公開されているさまざまなデータを用いた教材作成の際にも大変参考になる。また合わせて恒星の距離観測が年周視差という地味な測定を通じて、宇宙の果てを論じるような最新の宇宙論にまでつながるといふ「距離の梯子」の概念についても簡単に触れる。

**キーワード**：HR 図、年周視差、HIPPARCOS 衛星、GMT、距離の梯子

## I. はじめに

ヘルツシュプリング・ラッセル図 (Hertzsprung-Russell diagram) 以下 HR 図と略す) は、高校地学の教科書の天文分野でもっとも基本的な図の一つである。恒星の主系列星、赤色巨星、白色矮星といった基本分類のほか、恒星の生まれてから死ぬまでの波乱に満ちたストーリーがこの図上で描かれる。

しかし現在、教科書上で見られる HR 図はそのデータの出所などが明らかでないものが多い。データに基づいて考え、議論するという科学の原則を大事にしだした、最近の科学教育の傾向から言って、これは残念なことだと言える。そこで本稿では、出所が明らかで誰でも入手可能な恒星データを用いて、この HR 図を高校地学の天文教材として作成することを試みる。また作成に必要なソフトウェアもすべてネット上 (インターネット上の資源のことを以後こう言い表す) で得ることとする。なお、本稿の作業のような、ネット上に数多く公開されている、専門家の観測の 1 次データより加工して教材を作成する技術は他の分野、例えば地震や気候のデータなどでも、共通点が多く含まれるので、今後の参考とするためにやや細かい点までも詳細に記述することにした。最後に関連して天文学の基本である、星の距離測定に関する「距離の梯子」の概念にも触れる。

## II. データと作成ソフトウェア

以下データの出所と使用ソフトウェアを教材作成メモから転載する。—

—上記観点から、ネット上を検索したところ、恒星データとしてもっとも最近公開されて、その信頼度も高いと言われる HIPPARCOS 衛星 (High Precision PARallax Collecting

Satellite, ESA: European Space Agency, 欧州宇宙機関により 1989 年打ち上げ、1993 年観測終了) で観測されたものを見つけた。これは地球大気の外から恒星の年周視差を観測することを目的に打ち上げられた位置観測衛星で、従来の地表での観測に比べて、年周視差の観測精度が 2 桁程度上昇したと言われる。データはヒッパルコス&ティコ星表と名づけられネット上でも公表されている。この件については下記文献に情報がある。さらに

[http://seismology.astron.s.u-tokyo.ac.jp/~shibahashi/lecture\\_note/2008.04.24.pdf](http://seismology.astron.s.u-tokyo.ac.jp/~shibahashi/lecture_note/2008.04.24.pdf)  
の欄外に、くだんの星表データが

<ftp://dbc.nao.ac.jp/DBC/NASAADC/catalogs/1/1239/>  
に格納されているとの記述。早速この配下から [hip\\_main.dat.gz](http://hip_main.dat.gz) をダウンロード&解凍。

[hip\\_main.dat](http://hip_main.dat) という名のかなり大きなテキストデータとなる。

下記のサイトにもこれに関する細かい記事がある。

<http://prancer.physics.louisville.edu/astro/students/590/HIPPARCOS/HIPPARCOS.html>  
The original catalog is called [hip\\_main.dat](http://hip_main.dat). The revised catalog is [HIPPARCOS.dat](http://HIPPARCOS.dat).

と書いてある。またデータの詳細は

<ftp://dbc.nao.ac.jp/DBC/NASAADC/catalogs/1/1239/ReadMe>  
にある。

データが用意できたので、次に描画用のソフトウェアを考えるが、ここでは地球科学用地図グラフ作成フリーソフトとして定番の GMT (Generic Mapping Tools, Wessel 他 1988) を使用することにした。このソフトはハワイ大学の Paul Wessel 氏らが 1980 年代末に完成させた無料公開のソフトで、UNIX 上での使用を前提にするが、Windows 版も用意されている。基本的にコマンドベースの命令群で、UNIX 初心者には使いづらいが、慣れると論文などで使用可能な、高精度の地図やグラフなどを自由に描くことができる。また世界の詳細な海岸線や国境、河川など地図描画に必要なデータも同梱されているため地球科学の研究では必携のツールである。ソフト本体は Hawaii 大学のサイトからダウンロードして使用することになる。インストールやその後の使用方法については、ネット上に多くの指南サイトがあるのでそちらにゆずる。

### Ⅲ. データの加工

まず元の巨大なデータを描画用に抽出し、加工することにした。

1) 元データの形式は空白を含むテキストデータで 1 行が 1 恒星の観測データを示す。データ形式は巻末の資料を参照のこと。

2) まず、空白があるとデータ処理に支障をきたすので、このデータ内の空白を、(アンダーバー) で置換する。そのためには、UNIX 上の基本置換コマンドである `tr` コマンドを下記のように用いる。<注: 以下コマンドは太字を用いる>

```
tr ' ' '_' < hip_main.dat > h_m2.txt
```

で空白を `_` に変更する (下記はそのデータ例、これで 1 行分、つまり 1 個の星のデータとなる)。

```
H|_____1|00.00.00.22|+01.05.20.4|_9.10|_H|000.00091185|+01.08901332|_|_3.54|_-5.20|_-
```



赤経、赤緯を 60 進数から小数に直す。

```
awk '{print $1, $2+$3/60+$4/3600, $5($6+$7/60+$8/3600),$9,$10,$11,$12,$13,$14}'
```

```
h_m4.txt > h_m5.txt
```

やっとこれで

```
#HID 赤経 赤緯 実視等級 年周視差 SE B-V SE V-I
```

```
1 6.11111e-05 +1.089 9.10 3.54 1.39 0.482 0.025 0.55
```

```
2 0.000252778 -19.4988 9.27 21.90 3.10 0.999 0.002 1.04
```

```
3 0.000333333 +38.8593 6.61 2.81 0.63 -0.019 0.004 0.00
```

```
4 0.000558333 -51.8936 8.06 7.75 0.97 0.370 0.009 0.43
```

```
5 0.000663889 -40.5912 8.55 2.87 1.11 0.902 0.013 0.90
```

```
6 0.00120833 +3.9465 12.31 18.80 4.99 1.336 0.020 1.55
```

という描画用の恒星データが完成。

しかしできれば、精度の高い観測の星のみを選ぶということで、

```
awk '{ if ( ($6/$5 < 0.10) && ($8/$7 < 0.25) ) print $1,$2,$3,$4,$5,$6,$7,$8,$9 }' h_m5.txt >
```

```
h_m6.txt
```

で恒星の観測精度が距離で 10%、色で 25%未満の観測精度の星が選択できる。これを

h\_m6.txt とする。星の総数 24134 個。(このデータを本稿では HR 図の描画に用いる)

#### IV. データを用いた描画

データが抽出整形できたので、ここからはグラフ描画に GMT のコマンド群を用いる。GMT は Windows によくある 1 つの統合ソフトではなく、複数のプログラムがそれぞれ単独のコマンドとして用意されている。コマンドは地図の図法や範囲、線の種類や色などは、コマンドラインに追加パラメータとして与えていく方式をとる。(下記 psxy の例を参照)

この GMT を HR 図作成に使用する。単独のコマンド処理ではなく、幾つかのコマンドによる処理を連続させたスクリプトを作成することにする。これはスムーズな処理にするために、下記のようなテキストファイルで一連の命令を複数行にわたって記述し、処理を一気にバッチ処理(逐次処理)の形で実行させるもので、コマンドは単独で 1 つ 1 つ処理させても、もちろん結果は同じである。

最終的な描画基本シェルスクリプトは以下のとおり 1 行めの `#!/bin/bash` は Linux など  
で普通の `bash` シェル上でのスクリプトであることを宣言している。またそれ以外の行頭  
の `#` はその行がコメント行であることを示す)

```
#!/bin/bash
```

```
# GMT で HR 図を描くスクリプト
```

```
# by Y.Okamoto 27/March 2008
```

```
# HIPPARCOS data
```

```

##HID RA[deg] Dec[deg]V[mag]Parallax SE B-V SE V-I
#-----
# 2 0.000252778 -19.4988 9.27 21.90 3.10 0.999 0.002 1.04
# $1 $2 $3 $4 $5 $6 $7 $8 $9
export PATH=$PATH:/usr/lib/gmt/bin
awk '{ if ( ($6/$5 < 0.10) && ($8/$7 < 0.25) ) print $7,$4-5.0*0.434294482*log(1000/$5)+5.0 }'
h_m5.txt | psxy -Jx5.0c/-0.7c -R-0.5/2.0/-6/15 -Sc0.02c -Ba1.0fl.0gl.0> HR2.ps

```

最初の awk は任意のデータからある項目をフィルターするコマンド。ここでは色指数 B-V (これがスペクトル型の代用) と絶対等級 (年周視差は mas つまりミリアークセカンドと考えてよい) を抽出。すなわち距離 d (パーセク) は  $d = 1/p$  で、絶対等級は  $m - M = 5 \log d - 5$  より  $M = m - 5 \log d + 5$  で計算している、

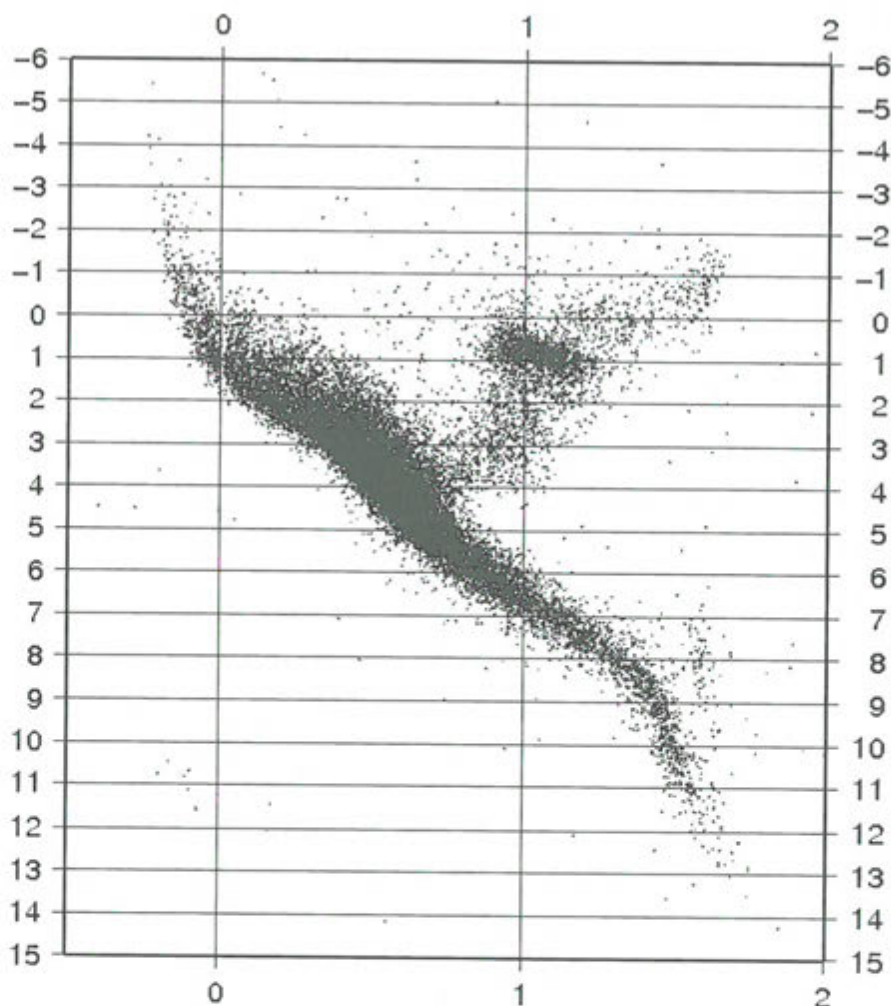
この量をパイプ処理 (|) で psxy という GMT のグラフ作成コマンドに渡して、星 1 個 (つまり元データ 1 行) を描画させている。ここでパイプ処理というのは最初のコマンドで計算した結果を次のコマンドに手渡す処理を示す (下記に処理例)。

```
psxy -Jx5.0c/-0.7c -R-0.5/2.0/-6/15 -Sc0.02c -Ba1.0fl.0gl.0> HR2.ps
```

ここで -Jx5.0c/-0.7c は図の範囲、-R-0.5/2.0/-6/15 はスケールを指定、-Sc0.02c は星の描画シンボルを、-Ba1.0fl.0gl.0 は横軸、縦軸のプロパティを指定。GMT のコマンドで作成する図は基本的に PS (ポストスクリプトファイル) となるが、一般の画像処理ソフトで jpg や gif などの画像ファイルに簡単に変換できる。

作成した HR2.ps を画像ソフトで見ると下記のようなになる。横軸はスペクトル型ではなく、B-V と用いていることに注意。





## V. 描画の脚色

一応図は書いて、これだけでも、主系列、赤色巨星、白色矮星の違いは明らかであるが、さらにこれを教材として役立つ形に加工する。

プロットの記号の大きさを星の半径で表示するように変えるため、星の半径を諸量より推定する。

<http://skyserver.sdss.org/edr/jp/proj/advanced/hr/radius1.asp>

より（以下上記サイトの記述を斜字で引用する）

$$R/R_s = (T_s/T)^2 (L/L_s)^{1/2}$$

ここで

$L/L_s$  は次の式から求めることができる。

$$m - m_s = -2.5 \log L + 2.5 \log L_s$$

だから

$$L/L_s = 10^{0.4\Delta m}$$

ここで  $\Delta m = m_s - m$

シリウスを例にとってみる。見かけの等級は-1.44、B-V の値は 0.009、そして視差は 379.21 ミリ秒角で、視差から距離を求めると、

$$d = 1/p = 1/379.21 = 2.63 \text{ パーセクになる。}$$

その絶対等級は

$$M = m - 5 \log d + 5 = -1.44 - 5 \log (2.63) + 5 = 1.46 \text{ となる。}$$

太陽は(B-V)=+0.65 で温度は 5800K である。上の表から、シリウスの温度は約 9500K となる。太陽の絶対等級は 4.83 だから、等級の差は  $\Delta m = 3.37$  となる。以上をまとめると、 $R/R_s = (5800/9500)^2 (10^{0.4 \times 3.37})^{1/2} = 1.76$  となる。

シリウスは太陽のおよそ 1.76 倍の半径を持っている！

あとは、B-V より表面温度を求める式

例えば

[http://nomoto.air-nifty.com/blog/2007/06/ubv\\_ccc3.html](http://nomoto.air-nifty.com/blog/2007/06/ubv_ccc3.html)

また

<http://www-kn.sp.u-tokai.ac.jp/~kawachi/class2.html>

<http://www.nao.ac.jp/kimiten/2006/2-spectrum.pdf>

からは

表面温度は近似的に  $B-V = 9000/T - 0.85$  の換算式で与えられる。

$$\text{つまり、} T = 9000 / ((B-V) + 0.85)$$

という関係が出てくる。

次にこうして推定した絶対等級、表面温度 T、光量比 L/Ls、半径比 R/Rs を元データ h\_m6.txt に追加する。まず絶対等級と、T を登録する。

# M T

```
awk '{ print $0,$4-5.0*0.434294482*log(1000/$5)+5.0,9000/($7+0.85)}' h_m6.txt > h_m8.txt
```

ところが、時々、年周視差がマイナスのため絶対等級が nan になる行があるのに気づく。これをはじく。

```
awk '{ if ($10 != "nan") print $0 }' h_m8.txt > h_m9.txt
```

```
#HID 赤経 赤緯 実視等級 年周視差 SE B-V SE V-I M T
7 0.00150278 +20.0366 9.64 17.74 1.30 0.740 0.020 0.79 5.88477 5660.38
20 0.00419722 +23.5293 8.51 10.76 1.06 0.516 0.015 0.59 3.66906 6588.58
23 0.00496111 +13.3122 7.57 12.21 0.95 0.456 0.015 0.53 3.00358 6891.27
25 0.00529167 -44.2903 6.28 13.74 0.98 0.763 0.003 0.80 1.96993 5579.67
34 0.00663056 +26.9183 6.43 12.71 0.74 0.514 0.005 0.59 1.95073 6598.24
38 0.00740278 -79.0618 8.65 23.84 0.78 0.778 0.015 0.81 5.53653 5528.26
43 0.00860556 +59.5597 6.18 7.63 0.60 1.032 0.005 1.00 0.592623 4782.15
47 0.00901389 -56.8353 10.78 24.45 1.97 1.150 0.020 1.25 7.72139 4500
$1 $2 $3 $4 $5 $6 $7 $8 $9 $10 $11
```

最後に L/Ls、R/Rs を追加

```
awk '{ print $0,10^(((4.83-$10)*0.4),(5800/$11)*(5800/$11)*sqrt(10^(((4.83-$10)*0.4))) }'
h_m9.txt > h_m10.txt
#HID 赤経 赤緯 実視等級 年周視差 SE B-V SE V-I 絶対等級 表面温度 L/Ls
R/Rs
#$1 $2 $3 $4 $5 $6 $7 $8 $9 $10 $11 $12 $13
7 0.00150278 +20.0366 9.64 17.74 1.30 0.740 0.020 0.79 5.88477 5660.38 0.378523 0.645968
20 0.00419722 +23.5293 8.51 10.76 1.06 0.516 0.015 0.59 3.66906 6588.58 2.91324 1.3227
23 0.00496111 +13.3122 7.57 12.21 0.95 0.456 0.015 0.53 3.00358 6891.27 5.37735 1.64264
25 0.00529167 -44.2903 6.28 13.74 0.98 0.763 0.003 0.80 1.96993 5579.67 13.9325 4.03323
34 0.00663056 +26.9183 6.43 12.71 0.74 0.514 0.005 0.59 1.95073 6598.24 14.181 2.90974
38 0.00740278 -79.0618 8.65 23.84 0.78 0.778 0.015 0.81 5.53653 5528.26 0.521661 0.795011
43 0.00860556 +59.5597 6.18 7.63 0.60 1.032 0.005 1.00 0.592623 4782.15 49.5394 10.3534
47 0.00901389 -56.8353 10.78 24.45 1.97 1.150 0.020 1.25 7.72139 4500 0.0697339 0.438685
```

これで、20632 個の恒星のカタログの出来上がり。h\_m10.txt が完成版これを Hip\_catalog.dat と命名。

次に星の大きさ変更&色付けバージョン

震源と同じように3つ目の項に大きさ（半径）を定義させる。

```
awk '{ print $7,$10,$13 }' h_m10.txt > h_m11.txt
```

としてもよいし、これをパイプで psxy に渡してもよいが以下のスクリプトファイルとした。

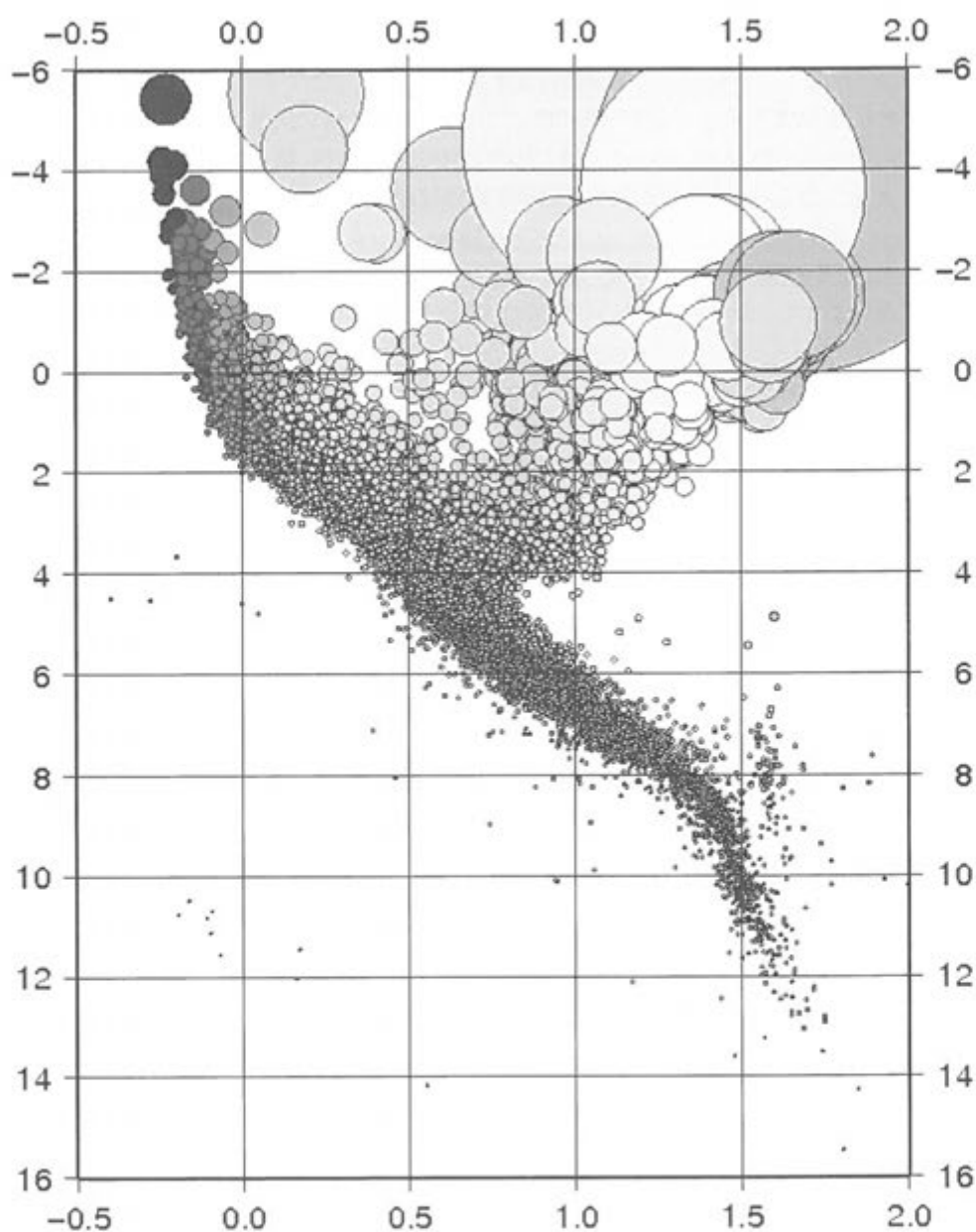
<完成版スクリプト>

```
#!/bin/bash
# GMT で HR 図を描くスクリプト完成版 (Hip-HR2.sh)
# by Y.Okamoto 27/March 2008
# HIPPARCOS data Hip_catalog.dat
# #HID RA[deg] Dec[deg]V[mag]Parallax SE B-V SE V-I Mag T L/Ls R/Rs
# $1 $2 $3 $4 $5 $6 $7 $8 $9 $10 $11 $12 $13
# 7 0.00150278 +20.0366 9.64 17.74 1.30 0.740 0.020 0.79 5.88477 5660.38 0.378523
0.645968
#-----
export PATH=$PATH:/usr/lib/gmt/bin
awk '{ print $7,$10,$7,$13*0.04+0.04 }' Hip_catalog.dat | psxy -Jx5.0c/-0.76c -R-0.5/2.0/-
6/16 -Sc -CHR.cpt -W1 -Ba0.5f0.5g0.5/a2f2g2/> Hip-HR2.ps
```

また色付けには GMT が標準で持っている虹色のグラデーションを使用することにした。それは cpt ファイルという名で定義される。この場合の cpt ファイル作成は makecpt -rainbow -T-1/2/0.1 > HR.cpt で作成する。

なお上記命令中 print \$7,\$10,\$7,\$13\*0.04+0.04 の+0.04 はこれををつけないと小さな星が

消えてしまう（特に輪郭）を避ける処理。これで下記のような色と星のサイズの違いがわかる図が完成（原図はカラー）。しかし色は単なる虹色である。



これで充分教材として使用可能であるが、さらに恒星のリアルな星のイメージをつけるため、背景を黒にまた恒星の色をスペクトル型に対応する形に改める。

まず GMT で幾つかの基本指定を書くことのできる。gmtdefaults というファイルに設定を記入する（UNIX でドットが先頭に来るファイル名は、各種設定ファイルを意味する）。

ホームディレクトリにこの.gmtdefaults を GMT のインストールディレクトリよりコピーし、下記の変更を加えたものを置く（図の向きを-P で縦図にする。また背景は黒。線を灰色に変える）。

```
PAGE_COLOR      = 0/0/0      #背景を黒にする処理 R/G/B
```

```
PAPER_MEDIA     = a2+       #図の大きさを A2 版対応とする
```

```
BASEMAP_FRAME_RGB = 100/100/100 #図の枠を暗い灰色とする。R/G/B
```

あと、恒星表示用の cpt ファイル（これは GMT で描画時に線やシンボルの色を指定するファイル）をスペクトル型を真似て表示する色付けへと工夫する。この際、

<http://www.geos.ed.ac.uk/it/howto/GMT/CPT/palettes.html>

<http://users.nature.waseda.ac.jp/kiri/gmt/makecpt/makecpt.html>

などを参考にする。以下のコマンドで Hip\_HR.cpt という名でファイルが作成される。

```
makecpt -Cjet -T-1.5/2.5/0.1 -Z> Hip_HR.cpt
```

ただしこのままでは色縞状態になり、きれいなグラデーションがでないので、この部分を手で修正し、Hip\_HR.cpt を修正の上、完成させる。下記がその最終バージョン。

```
# cpt file created by: makecpt -Cjet -T-1.5/2.5/0.1 -Z
# COLOR_MODEL = RGB modified by Y.Okamoto 28 Mar.2008
#
-1.5  0  0  127  -1.4  0  0  153
-1.4  0  0  153  -1.3  0  0  178
-1.3  0  0  178  -1.2  0  0  204
-1.2  0  0  204  -1.1  0  0  229
-1.1  0  0  229  -1  0  0  255
-1  0  0  255  -0.9  0  26  255
-0.9  0  26  255  -0.8  0  51  255
-0.8  0  51  255  -0.7  0  77  255
-0.7  0  77  255  -0.6  0  102  255
-0.6  0  102  255  -0.5  26  128  255
-0.5  26  128  255  -0.4  77  153  255
-0.4  77  153  255  -0.3  130  179  255
-0.3  130  179  255  -0.2  180  204  255
-0.2  180  204  255  -0.1  230  230  255
-0.1  230  230  255  0  255  255  255
0  255  255  255  0.1  255  255  242
0.1  255  255  242  0.2  255  255  229
0.2  255  255  229  0.3  255  255  217
0.3  255  255  217  0.4  255  255  204
0.4  255  255  204  0.5  255  255  191
```



0.5	255	255	191	0.6	255	255	178
0.6	255	255	178	0.7	255	255	165
0.7	255	255	165	0.8	255	255	153
0.8	255	255	153	0.9	255	255	140
0.9	255	255	140	1	255	255	127
1	255	255	127	1.1	255	229	88
1.1	255	229	88	1.2	255	204	66
1.2	255	204	66	1.3	255	178	33
1.3	255	178	33	1.4	255	153	12
1.4	255	153	12	1.5	255	127	0
1.5	255	127	0	1.6	255	102	0
1.6	255	102	0	1.7	255	76	0
1.7	255	76	0	1.8	255	51	0
1.8	255	51	0	1.9	255	25	0
1.9	255	25	0	2	255	0	0
2	255	0	0	2.1	229	0	0
2.1	229	0	0	2.2	204	0	0
2.2	204	0	0	2.3	178	0	0
2.3	178	0	0	2.4	153	0	0
2.4	153	0	0	2.5	127	0	0
B	128	128	128				
F	255	255	255				
N	128	128	128				

最終完成版のスク립トは

```
#!/bin/bash
# GMT で HR 図を描くスク립ト完成版 (Hip-HR5.sh)
# HIPPARCOS data (distance error<10% B-V error<25%) 20632 stars
# data file:Hip_catalog.dat(including estimated Mag T L/Ls R/Rs)
##HID RA[deg] Dec[deg]V[mag]Parallax SE B-V SE V-I Mag T L/Ls R/Rs
# $1 $2 $3 $4 $5 $6 $7 $8 $9 $10 $11 $12 $13
#-----
# 7 0.00150278 +20.0366 9.64 17.74 1.30 0.740 0.020 0.79 5.88477 5660.38 0.378523
0.645968
#-----by Y.Okamoto 27-28/March 2008-----
export PATH=$PATH:/usr/lib/gmt/bin
awk '{ print $7,$10,$7,$13*0.04+0.04 }' Hip_catalog.dat | psxy -jx15.0c/-2.4c -R-0.5/2.0/-
6/14 -Sc -CHip_HR.cpt -W1 -Ba0.5f0.5g0.5/a2f2g2/ -P -U > Hip-HR5.ps
```

なお1行目の

```
export PATH=$PATH:/usr/lib/gmt/bin
```

は GMT の各コマンドインストールディレクトリへの path であり、環境により調整する必要がある。

これで完成した図は（あとでカラーペイントでタイトルだけ入れている。これも原図はカラー）



となり、一応の完成を見た。主系列の屈曲や、巨星への進展の度合いがよくわかる。

## VI. 教材としての今後の発展や課題

現在、図の横軸は表面温度ではなく、1次データである色指数(B-V)を横軸に用いて描画している。しかし教科書は横軸をスペクトル型ないし表面温度で描画しているため、この調整が必要である。また、白色矮星の数も現状では少なく、教材としては少し物足りない。このあたりを他のカタログから借用する必要もあると思う。

しかし、このHR図はデータの素性が明らかであるので、教科書のHR図と比較するなかで教材として充分用いれると考えている。また、そもそもHIPPARCOS衛星の恒星観測の基本は、年周視差観測であり、これは宇宙の距離測定における距離の梯子(Distance ladder)のもっとも基本的な原理を示している。筆者は高校地学の天文学の単元ではこの距離測定の重要性に重きを置いた授業を展開している。年周視差の話から、分光視差、セファイド、Ia型超新星と宇宙の距離測定の梯子を上ることで天文学の成果を宇宙論に結びつける授業も展開できる。

高校地学レベルでの天文学の基本演習には筆者はこれまで、米国の天文雑誌 Sky & Telescope にかつて掲載された、laboratory exercises という高校から大学教養課程向けの教材を一部翻訳して用いていた。しかしこれらは出版されてからすでに20年以上が経過し、写真やデータも古いものになりつつある。現在ハッブル宇宙望遠鏡や惑星探査衛星、さらに本稿のHIPPARCOS衛星の観測データなど、laboratory exercises 出版以後の新しい高精度データが次々とネット上で公開されている。今後はこれらを用いた天文教材の整備が待たれるところであり、筆者もときに応じてその開発にあたりたいと考えている。また、東京大学の天文学の実習サイト

[http://www.esa.c.u-tokyo.ac.jp/ujs2dir/200704\\_01.pdf](http://www.esa.c.u-tokyo.ac.jp/ujs2dir/200704_01.pdf)

にはこうしたデータの一部を用いた実習が紹介されている。これらを用いた高校用の教材も作成に取り組みたい。

なお、恒星の年周視差の測定については、2011年から2012年にかけて、ESA(ヨーロッパ宇宙連合)がさらに新しい観測衛星GAIAの打ち上げを計画していると聞く。ヒッパルコス(HIPPARCOS)の100倍の精度で銀河系の恒星の距離をほぼその観測範囲に納めるという壮大な計画が準備されている。2010年代の半ばになされるこの観測によって、さらに銀河系内の恒星の研究が飛躍するのを待ちのぞんで本稿を終わりたい。

## VII. 謝辞と参考文献

貝塚市立善兵衛ランド館長小林英輔氏には、筆者の若い頃に恒星の距離測定の重要性と「距離の梯子」について、重要なご教示を受けました。また、今回の教材作成においても様々なアドバイスをいただきました。ここにお礼を申し上げます。本研究遂行にあたり2007年度「青松会研究助成」を使用させていただきました。合わせて感謝申し上げます。

### 文献：

- 小林英輔(1979) 恒星の年周視差について、大阪の地学教育(大阪府科学教育センター発行)第1号 p p.31-37  
小林英輔(1983) 恒星の年周視差について(その2)、大阪の地学教育(大阪府科学教育センター発行)第5号 p p.27-31

Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1995) 。 New version of the Generic Mapping Tools released. EOS Trans. AGU, 76:329.

なお 本稿の元になった、教材とその作成記は下記の筆者個人サイトにまとめてあります。また作成した図やスクリプトのダウンロードもここからお願いします。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yossi/Astro/index.html>

## VIII. 巻末資料（ヒッパルコス&ティコ星表）元データの諸元

<ftp://dbc.nao.ac.jp/DBC/NASAADC/catalogs/1/1239/ReadMe> より

Byte-by-byte Description of file: hip\_main.dat

Bytes	Format	Units	Label	Explanations	
1	A1	---	Catalog	[H] Catalogue (H=HIPPARCOS)	(H0)
9-14	I6	---	HIP	Identifier (HIP number)	(H1)
16	A1	---	Proxy	[HT] Proximity flag	(H2)
18-28	A11	---	RAhms	*Right ascension in h m s, ICRS (Eq=J2000)	(H3)
30-40	A11	---	DEdms	*Declination in deg ' ", ICRS (Eq=J2000)	(H4)
42-46	F5.2	mag	Vmag	? Magnitude in Johnson V	(H5)
48	I1	---	VarFlag	*[1,3]? Coarse variability flag	(H6)
50	A1	---	r_Vmag	*[GHT] Source of magnitude	(H7)
52-63	F12.8	deg	RAdeg	*? alpha, degrees (ICRS, Eq=J2000)	(H8)
65-76	F12.8	deg	DEdeg	*? delta, degrees (ICRS, Eq=J2000)	(H9)
78	A1	---	AstroRef	*[+A-Z] Reference flag for astrometry	(H10)
80-86	F7.2	mas	P1x	? Trigonometric parallax	(H11)
88-95	F8.2	mas/yr	pmRA	? Proper motion mu_alpha.cos(delta), ICRS	(H12)
97-104	F8.2	mas/yr	pmDE	? Proper motion mu_delta, ICRS	(H13)
106-111	F6.2	mas	e_RAdeg	? Standard error in RA*cos(DEdeg)	(H14)
113-118	F6.2	mas	e_DEdeg	? Standard error in DE	(H15)
120-125	F6.2	mas	e_P1x	? Standard error in P1x	(H16)
127-132	F6.2	mas/yr	e_pmRA	? Standard error in pmRA	(H17)
134-139	F6.2	mas/yr	e_pmDE	? Standard error in pmDE	(H18)
141-145	F5.2	---	DE:RA	[-1/1]? Correlation, DE/RA*cos(delta)	(H19)
147-151	F5.2	---	P1x:RA	[-1/1]? Correlation, P1x/RA*cos(delta)	(H20)
153-157	F5.2	---	P1x:DE	[-1/1]? Correlation, P1x/DE	(H21)
159-163	F5.2	---	pmRA:RA	[-1/1]? Correlation, pmRA/RA*cos(delta)	(H22)
165-169	F5.2	---	pmRA:DE	[-1/1]? Correlation, pmRA/DE	(H23)
171-175	F5.2	---	pmRA:P1x	[-1/1]? Correlation, pmRA/P1x	(H24)
177-181	F5.2	---	pmDE:RA	[-1/1]? Correlation, pmDE/RA*cos(delta)	(H25)
183-187	F5.2	---	pmDE:DE	[-1/1]? Correlation, pmDE/DE	(H26)

189-193	F5.2	---	pmDE:Plx	[-1/1]? Correlation, pmDE/Plx	(H27)
195-199	F5.2	---	pmDE:pmRA	[-1/1]? Correlation, pmDE/pmRA	(H28)
201-203	I3	%	F1	? Percentage of rejected data	(H29)
205-209	F5.2	---	F2	*? Goodness-of-fit parameter	(H30)
211-216	I6	---	---	HIP number (repetition)	(H31)
218-223	F6.3	mag	BTmag	? Mean BT magnitude	(H32)
225-229	F5.3	mag	e_BTmag	? Standard error on BTmag	(H33)
231-236	F6.3	mag	VTmag	? Mean VT magnitude	(H34)
238-242	F5.3	mag	e_VTmag	? Standard error on VTmag	(H35)
244	A1	---	m_BTmag*[A-Z*-]	Reference flag for BT and VTmag	(H36)
246-251	F6.3	mag	B-V	? Johnson B-V colour	(H37)
253-257	F5.3	mag	e_B-V	? Standard error on B-V	(H38)
259	A1	---	r_B-V	[GT] Source of B-V from Ground or Tycho	(H39)
261-264	F4.2	mag	V-I	? Colour index in Cousins' system	(H40)
266-269	F4.2	mag	e_V-I	? Standard error on V-I	(H41)
271	A1	---	r_V-I	*[A-T] Source of V-I	(H42)
273	A1	---	CombMag	[*] Flag for combined Vmag, B-V, V-I	(H43)
275-281	F7.4	mag	Hpmag	*? Median magnitude in HIPPARCOS system	(H44)
283-288	F6.4	mag	e_Hpmag	*? Standard error on Hpmag	(H45)
290-294	F5.3	mag	Hpscatt	? Scatter on Hpmag	(H46)
296-298	I3	---	o_Hpmag	? Number of observations for Hpmag	(H47)
300	A1	---	m_Hpmag	*[A-Z*-] Reference flag for Hpmag	(H48)
302-306	F5.2	mag	Hpmax	? Hpmag at maximum (5th percentile)	(H49)
308-312	F5.2	mag	HPmin	? Hpmag at minimum (95th percentile)	(H50)
314-320	F7.2	d	Period	? Variability period (days)	(H51)
322	A1	---	HvarType	*[CDMPRU]? variability type	(H52)
324	A1	---	moreVar	*[12] Additional data about variability	(H53)
326	A1	---	morePhoto	[ABC] Light curve Annex	(H54)
328-337	A10	---	CCDM	CCDM identifier	(H55)
339	A1	---	n_CCDM	*[HIM] Historical status flag	(H56)
341-342	I2	---	Nsys	? Number of entries with same CCDM	(H57)
344-345	I2	---	Ncomp	? Number of components in this entry	(H58)
347	A1	---	MultFlag	*[CGOVX] Double/Multiple Systems flag	(H59)
349	A1	---	Source	*[PFILS] Astrometric source flag	(H60)
351	A1	---	Qual	*[ABCDs] Solution quality	(H61)
353-354	A2	---	m_HIP	Component identifiers	(H62)
356-358	I3	deg	theta	? Position angle between components	(H63)
360-366	F7.3	arcsec	rho	? Angular separation between components	(H64)
368-372	F5.3	arcsec	e_rho	? Standard error on rho	(H65)
374-378	F5.2	mag	dHp	? Magnitude difference of components	(H66)



380-383	F4.2	mag	e_dHp	? Standard error on dHp	(H67)
385	A1	---	Survey	[S] Flag indicating a Survey Star	(H68)
387	A1	---	Chart	*[DG] Identification Chart	(H69)
389	A1	---	Notes	*[DGPWXYZ] Existence of notes	(H70)
391-396	I6	---	HD	[I/359083]? HD number <III/135>	(H71)
398-407	A10	---	BD	Bonner DM <I/119>, <I/122>	(H72)
409-418	A10	---	CoD	Cordoba Durchmusterung (DM) <I/114>	(H73)
420-429	A10	---	CPD	Cape Photographic DM <I/108>	(H74)
431-434	F4.2	mag	(V-I)red	V-I used for reductions	(H75)
436-447	A12	---	SpType	Spectral type	(H76)
449	A1	---	r_SpType	*[1234GKSX]? Source of spectral type	(H77)

Note on RAhms, DEdms, RAdeg, DEdeg: right ascension and declination are expressed for epoch J1991.25 (JD2448349.0625 (TT)) in the ICRS (International Celestial Reference System, consistent with J2000) reference system.

There are 263 cases where these fields are missing (no astrometric solution could be found)

Note on VarFlag: the values are

1: < 0.06mag ; 2: 0.06-0.6mag ; 3: >0.6mag

Note on r\_Vmag: the source is

G = ground-based, H=HIP, T=Tycho

Note on AstroRef: this flag indicates that the astrometric parameters in H3-4 and H8-30 refer to:

A to Z: the letter indicates the component of a double or multiple system

\*: the photocentre of a double or multiple system

+: the centre of mass

Note on F2: values exceeding +3 indicate a bad fit to the data.

Note on m\_BTmag: this flag indicates the component or combined photometry:

A to Z : the letter indicates the component measured in Tycho

(non-single star)

\* : the photometry refers to all components of the HIPPARCOS entry

- : single-pointing triple or quadruple system

Note on r\_V-I: the origin of the V-I colour, in summary:

'A' for an observation of V-I in Cousins' system;

'B' to 'K' when V-I derived from measurements in other bands/photoelectric systems

'L' to 'P' when V-I derived from HIPPARCOS and Star Mapper photometry

'Q' for long-period variables

'R' to 'T' when colours are unknown

Note on Hpmag, e\_Hpmag:

the HIPPARCOS magnitude could not be determined for 14 stars.

Note on m\_Hpmag: this flag indicates for double or multiple entries:

A to Z : the letter indicates the specified component measured

\* : combined Hpmag of a double system, corrected for attenuation

- : combined Hpmag of a multiple system, not corrected for attenuation

Note on HvarType: HIPPARCOS-defined type of variability (a blank entry signifies that the entry could not be classified as variable or constant):

C : no variability detected ("constant")

D : duplicity-induced variability

M : possibly micro-variable (amplitude < 0.03mag)

P : periodic variable

R : V-I colour index was revised due to variability analysis

U : unsolved variable which does not fall in the other categories

Note on moreVar: more data about periodic variability are provided

Note on n\_CCDM: the flag takes the following values:

H : determined multiple by HIPPARCOS, previously unknown

I : system previously identified as multiple in HIC <I/196> (annex1)

M : miscellaneous (system identified after publication of HIC)

Note on MultFlag: indicates that further details are given in the Double and Multiple Systems Annex:

C : solutions for the components

G : acceleration or higher order terms

O : orbital solutions

V : variability-induced movers (apparent motion arises from variability)

X : stochastic solution (probably astrometric binaries with short period)

Note on Source: qualifies the source of the astrometric parameters H8-30 with a 'C' in MultFlag:

P : primary target of a 2- or 3-pointing system

F : secondary or tertiary of a 2- or 3-pointing 'fixed' system  
(common parallax and proper motions)

I : secondary or tertiary of a 2- or 3-pointing 'independent' system  
(no constraints on parallax or proper motions)

L : secondary or tertiary of a 2- or 3-pointing 'linear' system  
(common parallax)

S : astrometric parameters from 'single-star merging' process.

Note on Qual: Reliability of the double or multiple star solution:

A=good, B=fair, C=poor, D=uncertain, S=suspected non-single

Note on Chart: the chart was produced:

D : from the STScI Digitized Sky Survey

G : from the Guide Star Catalog

Note on Notes: the flag has the following meaning:

D : double and multiple systems note only (note in hd\_notes.dat file)

G : general note only (note in hg\_notes.dat file)

P : photometric notes only (note in hp\_notes.dat file)

W : D + P

X : D + G

Y : G + P

Z : D + G + P

Note on r\_SpType: the flag indicates the source, as:

1 : Michigan catalogue for the HD stars, vol. 1 (Houk+, 1975) <III/31>

2 : Michigan catalogue for the HD stars, vol. 2 (Houk, 1978) <III/51>

3 : Michigan Catalogue for the HD stars, vol. 3 (Houk, 1982) <III/80>

4 : Michigan Catalogue for the HD stars, vol. 4 (Houk+, 1988) <III/133>

G : updated after publication of the HIC <I/196>

K : General Catalog of Variable Stars, 4th Ed. (Kholopov+ 1988) <II/139>

S : SIMBAD data-base <<http://cdsweb.u-strasbg.fr/Simbad.html>>

X : Miscellaneous

A blank entry has no corresponding information.

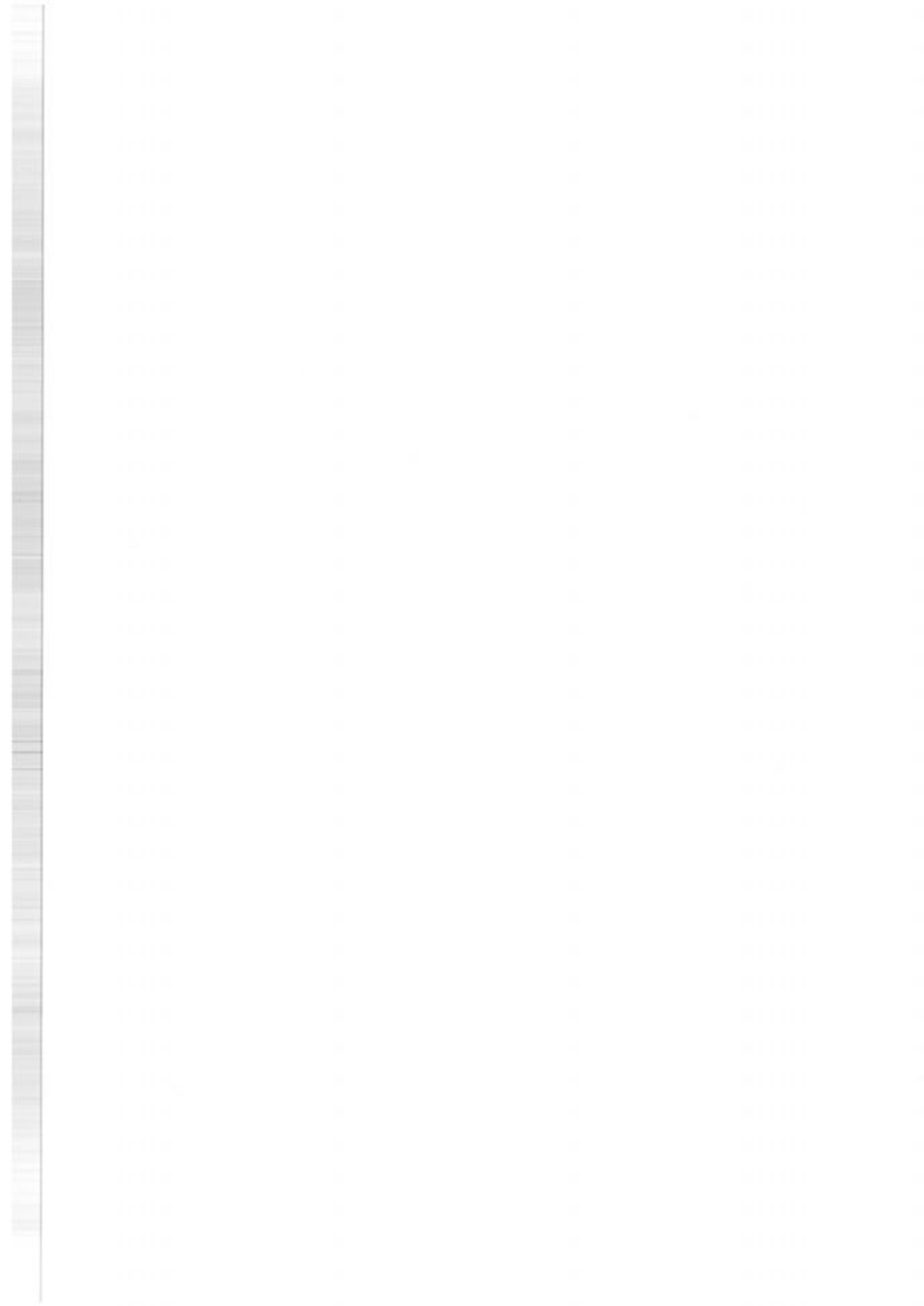
---

# A H-R Diagram With the HIPPARCOS Satellite Data Using “The Generic Mapping Tools.”

OKAMOTO Yoshio

A new H-R diagram using most precise stellar parallax data compiled from the European HIPPARCOS satellite observatory was developed for K-12 education particularly for astronomical study. All data and tools are freely downloadable through the Internet as open resources. At the same time, our developed scripts and figures are freely available on our web site as open sources too. Whole making processes are combined into several scripts which can run on general Unix platforms including Linux or MacOS-X operation systems. The diagram is suitable for astronomy class in a high school level particularly in the study of origin and evolution of stars. Moreover, the measurement of stellar parallax based on triangulation is the most important observation in Astronomy, also the concept of “distance ladder” is a fundamental principle which dominates the sun nearer stars to the far horizon of our universe, so the students can study not only the H-R diagram itself but also the essential tactics of Astronomy through this new tool. The similar processes described here enable us to make other educational tools such as seismology or climate changes analysis, employing similar open resources on the Internet.

Key Words : H-R diagram, HIPPARCOS satellite, annual parallax, distance ladder, stellar evolution





# 身近な実験器具を用いた大気圧機関模型の製作

ひろ せ あき ひろ  
廣 瀬 明 浩

抄録：身近な実験器具を用いて、17世紀にトマス・セーヴァリが開発した揚水ポンプの模型を製作した。このポンプは水蒸気の膨張・凝縮を利用し、大気圧に仕事をさせる。教材として作製した模型はフラスコや電熱線を利用したもので、構造が分かり易く、定性的な観察だけでなく定量的な学習にも適したものである。

キーワード：大気圧機関、トマス・セーヴァリ、蒸気機関、エネルギー教材、物理教材、物理教育、理科教育、新指導要領

## 1. はじめに

身近な実験器具を用いて、17世紀に開発された大気圧機関であるセーヴァリポンプの模型を製作した。この模型の運転効率は0.01%程度と非常に低く、運転状況の変化によって容易に変化する。本稿では、その製作過程と運転特性について報告する。

教材としての大気圧機関は熱源と機関部が分離されているため構造がわかりやすく、そのしくみやはたらきを観察するだけでなく定量的な学習が可能であり、仕事と仕事率、仕事とエネルギーの関連、エネルギー変換のしくみ、熱効率の測定などエネルギーに関する基礎的諸概念の学習や応用的思考を行うのに適している。また熱効率は非常に悪いが、その技術は現在の自動車エンジンに代表される内燃機関の土台となっており、科学技術の発達過程やエネルギーと環境に関わる教材や、実社会との関連から理科学習の意義を実感させる教材として可能性をもつ。

なお本模型は、平成18年度内地研修制度を利用し、筆者が大阪教育大学教育学研究科在籍中に鈴木康文教授のご指導のもと作製した。

## 2. 大気圧機関とは

大気圧機関は、容器に閉じこめられた高温の水蒸気が冷却・凝縮する際に、大気圧と容器内圧との圧力差を利用して、熱エネルギーを力学的エネルギーに変換する装置である。機関外部にある熱源で加熱した水蒸気を、機関内部で冷却・凝縮させることにより力学的エネルギーを得るので、大気圧機関は蒸気機関の一種と見なされる。蒸気機関は高温・高圧の水蒸気が膨張することによって仕事をするのに対し、大気圧機関は高温の水蒸気の冷却・凝縮によって生じる負圧のため大気圧が仕事をする。

17世紀には大気圧が発見され、ピストン下部に真空をつくり大気圧に仕事をさせることによって熱エネルギーを力学的エネルギーに変換して利用するための研究が始まった。当時、機械化を最も必要としたのは鉱工業における揚水技術であった。イギリスでは燃料や

建築材あるいは農耕地としての森林伐採が進み、もはや木材に頼ることができないほど森林が荒廃した。そのため石炭の活発な採掘が進められたが、地下水の湧出が激しく人間や動物の力では坑内にたまる水をくみ出すことができない状況になった<sup>1)</sup>。またイギリスには多くの錫鉱山があり、ここでも揚水技術の機械化が求められた。錫は鉱脈が垂直層をなすため坑道に傾斜をつけて自然排水させることができず、揚水技術の機械化は炭坑よりも切実であった<sup>1)</sup>。

この課題を解決しようとした人たちの中に、軍事技術者のトマス・セーヴァリ(1650頃～1715)がいた。セーヴァリが発明した揚水機(以下セーヴァリポンプ)を図1<sup>3)</sup>に示す。ボイラの加熱によって水蒸気を発生させ、その水蒸気をタンクに導く。タンク内に水蒸気が充満し、タンクの温度が十分に高くなったところで水蒸気の供給を絶ち、同時にタンクに冷水を浴びせることによって冷却する。タンク内の水蒸気が急冷により凝結し、内部は急激に減圧する。地下に伸びている吸水管の栓を開放すると、大気圧によって地下にたまった水がタンク内に押し上げられる。タンク内にふたたび水蒸気を導くと、水蒸気の圧力によりタンク内にたまった水を排水管を通してより上方へと押し上げることが可能である。大気圧による揚水高には理論的な限界があるのに対して、水蒸気圧を利用した揚水高には限界はないので、排水管を長くし



図1 セーヴァリポンプ  
ダンネマン大自然科学史6を加筆修正

高圧の水蒸気を利用してできるだけ高所へ揚水しようとした。実際に8～10気圧の水蒸気を使用したとの記述もある。そのため、装置の構造が水蒸気圧に耐えられないための爆発事故が頻発した。爆発事故を防ぐには低圧で運転する以外に方法はなく、そのためには鉱山内で数台のセーヴァリポンプを組み合わせる必要があった。セーヴァリポンプの設置と維持には巨額の費用が必要であったので、商業的には成功しなかった<sup>2)</sup>。しかも外燃機関であることに加えて、タンク全体を冷却し大量の熱を放散させて連続運転を可能にしているという構造から、熱効率は0.3%<sup>4)</sup>とときわめて低いものである。

### 3. セーヴァリ揚水機関模型の製作

#### (1) 装置の概要

セーヴァリ揚水機関模型の全体図を図2に示す。本装置は、タンクA内にある水をより高所に設置したタンクBにくみ上げる機能を有する。まずボイラーにより水を加熱沸騰させ、高温の水蒸気を発生させる。水の加熱には電熱線を用い、単巻き可変変圧器によってボイラーの出力を制御する。発生した水蒸気は給気管を通して貯水タンクに導かれ、排水

管を通して外部へ放出される。この間に貯水タンクはおよそ100℃にまで熱せられ、内部に高温の水蒸気が充満する。貯水タンクへの水蒸気の供給を止めると、自然放熱により貯水タンク内が減圧する。この効果により、タンクAから吸水管を通して、水が貯水タンク内へ押し上げられる。適量が吸水された時点で吸水を止め、ボイラーからの水蒸気を貯水タンクに通じると、水蒸気の圧力によって貯水タンク内の水はタンクBへと押し出される。また操作中の破裂事故を防止するため、給気管の途中に安全弁を取り付けた。

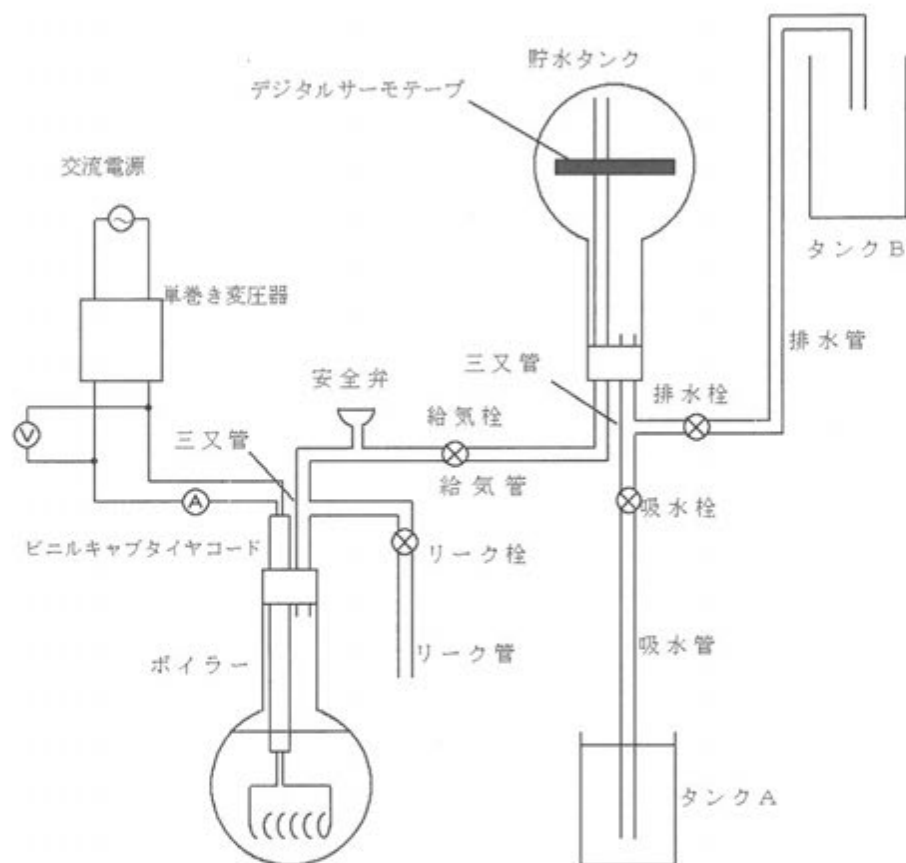


図2

## (2) 製作についての詳細

ボイラーの容器には500mlの平底フラスコを用いた。100V-400Wのニクロム線を熱源とし、ボイラー内の水を沸騰させるようにした。ニクロム線に流す電流は、単巻き可変変圧器で制御した。ニクロム線と導線として用いたビニルキャブタイヤコードの接続には、差し込み型ピン端子を利用しており、単巻き可変変圧器を用いない場合には消費電力の異なるニクロム線に付け替えて運転した。

発生した水蒸気は、フラスコからゴム栓に接続された三又管さらにはゴム管を利用した給気管を通して、貯水タンクに導かれる。三又管にはゴム管を利用したリーク管が接続さ

れており、リーク栓の開閉によってボイラーの内圧を適正に保つようにした。給気栓およびリーク栓には、操作しやすいよう目玉クリップを利用した。

貯水タンクは1000mlの丸底フラスコを利用した。ゴム栓には給気管の延長であるガラス管と三又管を接続した。三又管には吸水管と排水管を接続した。吸水管および排水管は、貯水タンクの冷却減圧時に大気圧によって変形しないよう、ナイロンワイヤ入りホースを利用した。また、吸水栓および排水栓には樹脂製活栓を利用した。貯水タンク側面にデジタルサーモテープ（以下 サーモテープ）を貼付し、貯水タンクの温度変化を観測できるようにした。

安全弁には川上<sup>5)</sup>が考案したものを利用した。

### (3) セーヴァリ揚水機関模型の運転方法

実物のセーヴァリ揚水機関では、熱源に石炭を用いていた。当時の技術では、石炭の燃焼を細かく制御することは不可能であったので、本装置においても運転中の電力制御を行わないこととした。このためタンクAから貯水タンクへの給水過程では、水蒸気の供給が不要であるのでボイラーで発生した高温の水蒸気を、リーク管を通して外部へ放出する必要がある。以下に、運転操作の手順を述べる。

- ①ボイラーの電熱線に100Vの交流電圧を加え、内部の水を加熱する。加熱中はボイラー内部の水蒸気を外へ逃がすためと不必要な熱が貯水タンクへ通じないようにするため、給気栓を閉鎖しリーク栓を開放する。この状態で、吸水栓と排水栓の開閉は任意でよい。
- ②ボイラー内部の水が沸騰を始めたなら給気栓と排水栓を開放し、リーク栓と吸水栓を閉鎖する。これによって高温の水蒸気が貯水タンクに活発に供給される。この操作を給気操作、この過程を給気過程と呼ぶ。
- ③貯水タンクに貼り付けられたサーモテープに注目し、サーモテープが100℃を示したら、リーク栓と吸水栓を開放し、給気栓と排水栓を閉鎖する。貯水タンクが冷却減圧され、タンクAから貯水タンクへ大気圧のはたらきによって水が押し上げられる。この操作を吸水操作、この過程を吸水過程と呼ぶ。
- ④貯水タンク内の指示された位置まで吸水が行われたら、給気栓と排水栓を開放し、リーク栓と吸水栓を閉鎖する。貯水タンク内の水が、ボイラーからの水蒸気圧によってタンクBへ押し上げられ排水する。この操作を排水操作、この過程を排水過程と呼ぶ。
- ⑤すべての運転が終了したあとあるいはいったん休止する場合は、逆流防止のためリーク栓を開放する。

各栓の操作をまとめると表1のようになる。

表1：運転中の各栓の操作（○：開放 ×：閉鎖 △：任意）

	加熱中	給気中	吸水中	排水中
給気栓	×	○	×	○
リーク栓	○	×	○	×
吸水栓	△	×	○	×
排水栓	△	○	×	○

#### 4. セーヴァリ揚水機関模型の運転特性

##### (1) 運転効率

本装置の運転により、ボイラーの電熱線から発生する熱エネルギーが、水の位置エネルギーに変換される。このエネルギー変換の過程で多くの熱損失を生じ、電熱線からの熱エネルギーが水の位置エネルギーに変換される割合は、非常に小さい。また装置の運転状況の変化に伴って、エネルギー変換の効率は容易に変化する。以上のことから、本装置の運転特性をエネルギーの変換効率（以下運転効率）によって評価することにする。

運転効率は次の式で計算される。

$$\text{運転効率} [\%] = \frac{\text{水が得た位置エネルギー} [J]}{\text{電熱線から発生した熱量} [J]} \times 100$$

なお電熱線に電流を流した時間は、給気過程において貯水タンクに貼付したデジタルサーモテープが50℃を表示したときから、排水過程の完了時までとした。代表的な測定結果を表2に示す。①は今回の測定で得た運転効率の平均的な値であり、②、③はそれぞれ最高値と最低値を記録したときの測定結果である。

表2：代表的な測定結果

	電流	電圧	運転時間	揚水質量	揚水高さ	水温	運転効率
①	4.0 A	82 V	317秒	1.0 kg	0.75m	12.5℃	0.0074%
②	4.0 A	82 V	182秒	1.0 kg	0.75m	62.0℃	0.012%
③	4.0 A	82 V	112秒	0.15kg	0.75m	12.3℃	0.0030%

##### (2) 電熱線の消費電力による運転効率の変化

揚水質量が0.5kg程度になるように吸水栓の開閉を行い、電熱線の消費電力の変化による運転効率の変化を測定した。揚水質量の変動は $0.49 \pm 0.03$ kgであった。測定結果を図3に示す。

消費電力が200 [W] から400 [W] にかけて運転効率が急激に向上し、400 [W] のあたりでピークに達する。そのあと消費電力を上げるとわずかではあるが運転効率は低下している。また、消費電力が200 [W] に満たない場合、排水ができず運転できないことがわかった。

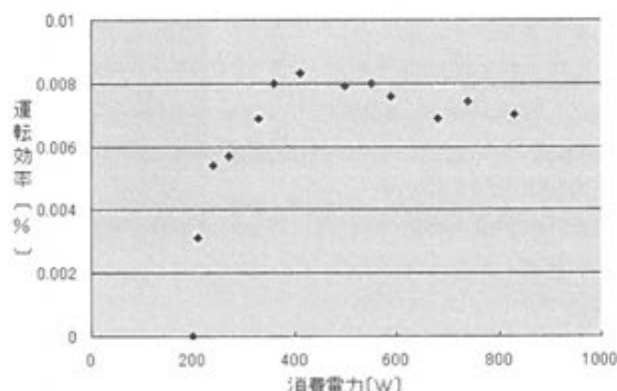


図3 消費電力による運転効率の変化



### (3) 揚水質量による運転効率の変化

貯水タンクにたまった水は、ボイラーで発生させた水蒸気の圧力によってタンクBへ排水される。このとき水蒸気を持つ熱の一部は、ガラス管を通して貯水タンク内の水に奪われる。また貯水タンクに流入した水蒸気のもつ熱も、タンク内の水の一部が吸収される。したがって排水過程においてボイラーからの水蒸気を持つ熱が貯水タンク内の水に奪われる量は、貯水タンク内の水が多いほど大きくなり、これによって運転効率が低下することを予測した。

このことを検証するため  
に電熱線の消費電力を330  
〔W〕（4.0A、82V）に設  
定し、揚水質量による運転  
効率の変化を測定した。測  
定結果を図4に示す。予測  
に反して、揚水質量の増加  
に伴い、運転効率はよくな  
っている。また揚水質量が  
0.7kgを超えると、運転効率  
は0.07～0.08%の範囲であ  
まり変化が見られない。

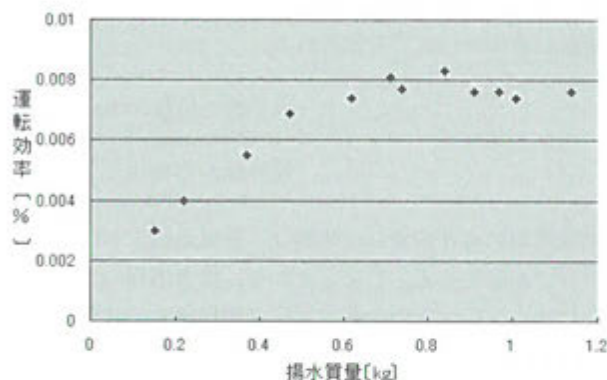


図4 揚水質量による運転効率の変化

### (4) 水温による運転効率の変化

3-3) で述べたように、排水過程において水蒸気を持つ熱が貯水タンク内の水に奪われることが、運転効率を低下させる一因である。このことを検証するために、水の温度を変化させたときの運転効率の変化を測定した。水温の変化には恒温槽を用い、運転中のタンクAの水温が一定になるようにした。また、電熱線の消費電力は330〔W〕（4.0A、82V）に設定し、揚水質量が1kgになるように吸水栓の開閉操作を行った。揚水質量は、 $0.98 \pm 0.06$ kgであった。

測定結果を図5に示す。  
予想通り、水温上昇に伴っ  
て運転効率が上昇すること  
が確認できた。3-1) の  
結果とあわせて考えると、  
本装置を室温で運転した場  
合の運転効率は、0.01%程  
度であるといえる。

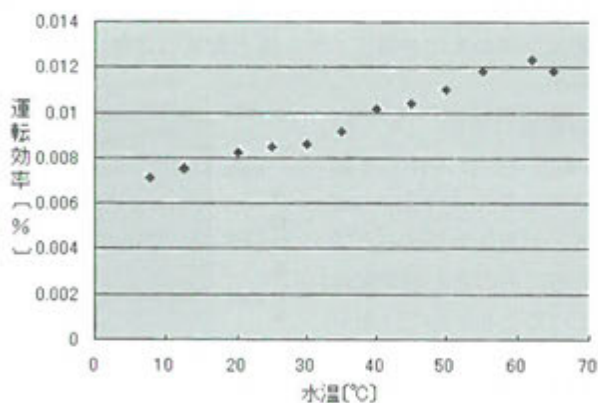


図5 水温による運転効率の変化

## 5. 運転特性に関する考察

まずはじめに、消費電力による運転効率の変化について検討する。揚水質量が一定であるので、運転効率は運転時間によると考えた。消費電力による運転時間の変化を図6に示す。消費電力が200 [W] ~ 400 [W] にかけては運転時間の短縮率が消費電力の増加率より大きく、運転効率の向上として反映されている。400 [W] を超えると運転時間の短縮率が急激に減少している。消費電力が増加すると水蒸気の発生量も増加し、排水時間は確実に短縮される。しかし吸水過程は大気圧によってなされる仕事なので、揚水質量が一定ならば、吸水に要する時間は消費電力にはよらずほぼ一定である。したがって消費電力の増加によって運転時間が短縮されても、全運転時間に対する吸水時間の占める割合が大きくなるので、運転時間の短縮が消費電力の増加を相殺できなくなり、運転効率の低下をまねいていると考えられる。図7から消費電力が400 [W] を超えると消費電力量がやや増加していることがわかる。また、消費電力が200 [W] よりも小さいと運転が成立しない。これは電熱線からの発熱量が少ないため水蒸気の発生量が少なくなり、排水過程に必要な水蒸気の圧力を確保することができず、発生した水蒸気のほとんどすべてが貯水タンクへ達するまであるいは達してから凝結したことが原因と考えられる。しかしこれは、タンク容積や各タンクをつなぐゴム管の長さや太さ、あるいは装置全体の断熱性能の違いによって変化することが予想できる。

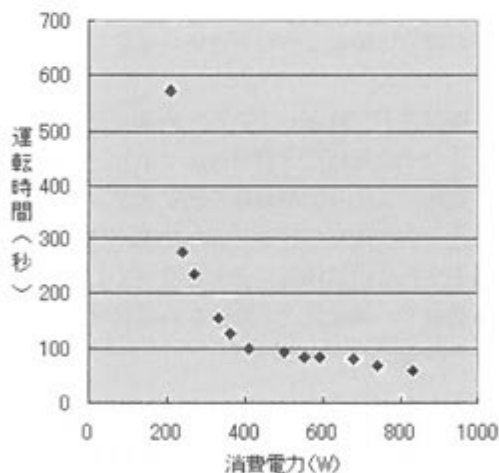


図6 運転時間の変化

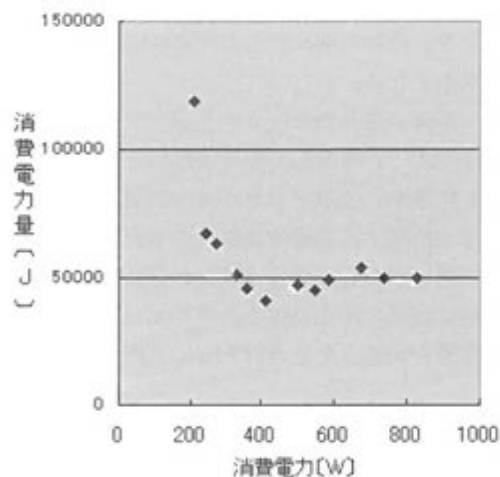


図7 消費電力量の変化

次に揚水質量による運転効率の変化について検討する。3-(3) で述べたように、揚水質量が大きいほど運転効率は低下すると予想したが、結果は逆になった。揚水質量の違いによる、運転時間、運転前後でのタンクAとタンクBの水温差、および水の吸熱率それぞれの変化を表3に示す。水の吸熱率とは、運転に要した全電力量に対して揚水された水の得た熱量が占める割合を百分率で表したものである。揚水質量の増加率に比して運転時間の増加率が小さいことがわかる。またタンク内の水温の変化および3-(4) の測定結果から、水蒸気の熱は貯水タンク内の水に奪われており、それによる熱損失は明らかに存在す

る。しかし水の吸熱率の変化は揚水質量の変化に比べて小さい。これらのことから、本装置の排水過程における熱損失は、水蒸気の熱が貯水タンク内の水に奪われるよりも、貯水タンク内上部にできる空間からタンク外部への熱の放出の方が、割合として大きいことが予想できる。貯水タンクの形状から、揚水質量が0.6kgを超えると上部空間の体積は急激に減少するので、図4のような結果が現れたと考えられる。

表3：運転時間とタンク内水温および水の吸熱率の違い

揚水質量	運転時間	タンク内水温の差	水の吸熱率
0.15kg	112秒	17.5℃	30%
0.84kg	228秒	10.0℃	47%

## 6. おわりに

平成24年度完全実施の学習指導要領では、理科の授業時間数を増加させたいという中で、反復学習による基礎・基本のさらなる充実、思考力・表現力育成のための観察・実験レポートの作成や論述を十分に指導することとされている。中学校理科の第1分野では、「エネルギー」、「粒子」を柱とした系統的な学習指導が求められる。特に科学に関する基本的概念の一層の定着を目指すだけでなく、科学技術と人間、エネルギーと環境など総合的な見方を育てる学習になるよう内容を構成することになる。また、理科を学ぶことの意義や有用性を実感させるために、実社会・実生活と理科との関連を重視する内容を取り入れることや、持続可能な社会の構築に向けたエネルギーと環境に関わる内容を充実させることが求められる。

本稿で述べたセーヴァリポンプ模型は、熱源と機関部が分離されているため構造がわかりやすく、そのしくみやはたらきを観察するだけでなく定量的な学習が可能であり、仕事と仕事率、仕事とエネルギーの関連、エネルギー変換のしくみ、熱効率の測定などエネルギーに関する基礎的諸概念の学習や応用的思考を行うのに適している。また熱効率は非常に悪いが、その技術は現在の自動車エンジンに代表される内燃機関の土台となっており、科学技術の発達過程やエネルギーと環境に関わる教材や、実社会との関連から理科学習の意義を実感させる教材として可能性をもつと考えられる。

### 〈参考文献・URL〉

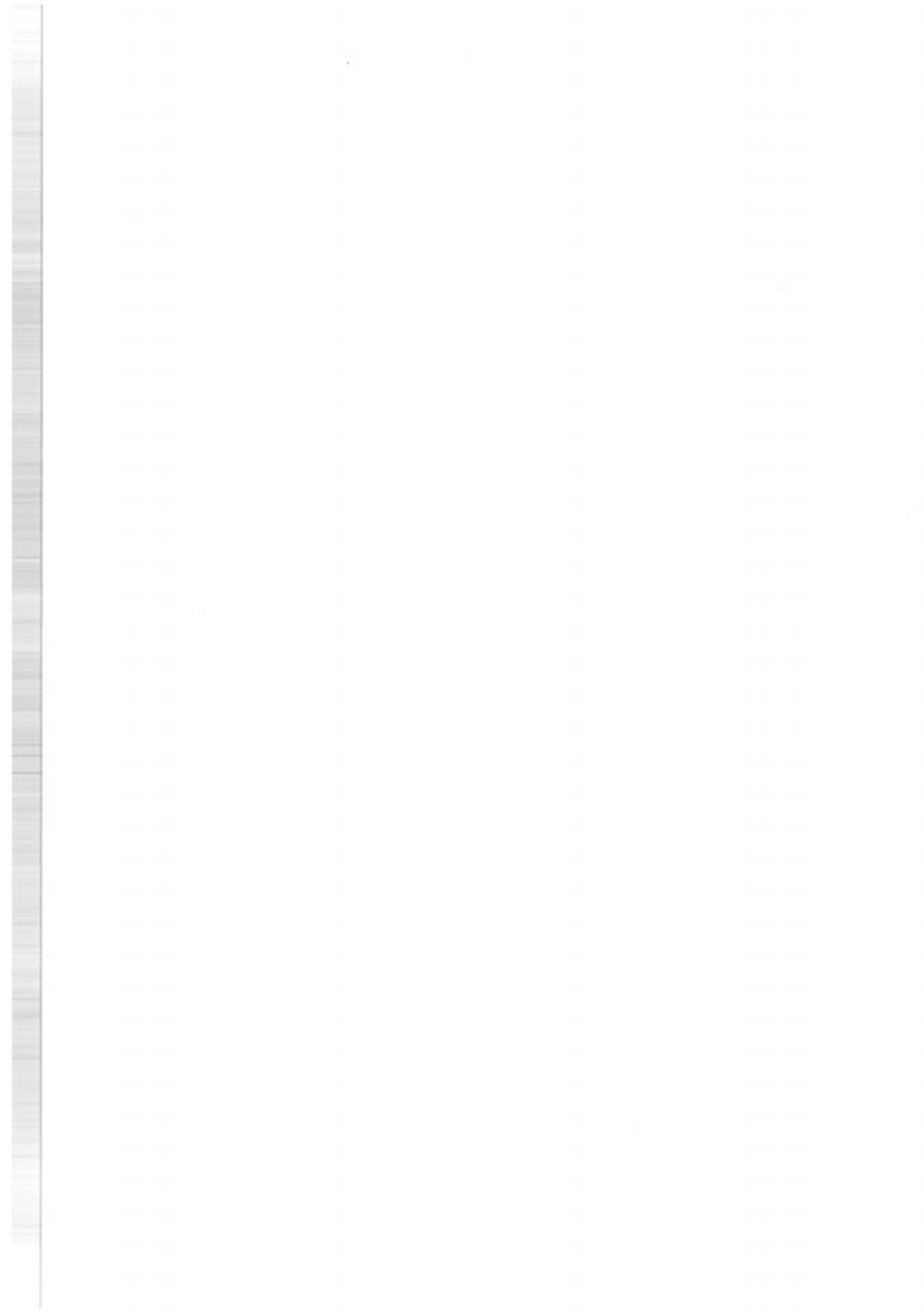
- 1) 玉置正美 蒸気機関発達略史(3) 亜細亜大学経済学紀要 2(1) 1976.10pp81-82
- 2) 玉置正美 蒸気機関発達略史(3) 亜細亜大学経済学紀要 2(1) 1976.10p86
- 3) ダンネマン大自然科学史 6 pp73-74
- 4) <http://www.isc.meiji.ac.jp/~sano/htst/Theory-of-Technology/social-selection-of-technology02.html>
- 5) 川上晃、西岡正泰 ニューコメン大気圧機関の実動模型の改良と熱効率の測定 物理教育Vol.49、 No.4 2001 pp358-363

# The Model of the Atmospheric Engine Made in Simple Experimental Instruments

HIROSE Akihiro

The model of the pump which Thomas Savery produced in 17th century made in simple experimental instruments. In the mechanism of the pump the atmospheric pressure does the work proceeded from the expansion and the condensation of steam. The structure of the pump is simple, so it is suitable for not only observation but also measurement of energy.

**Key Words** : atmospheric engine, Thomas Savery, Steam engine, teaching materials of energy, teaching materials of physics, physics education, science education, new program





# 学校設定科目「生命論（環境）」

— 3年間の実践を踏まえて —

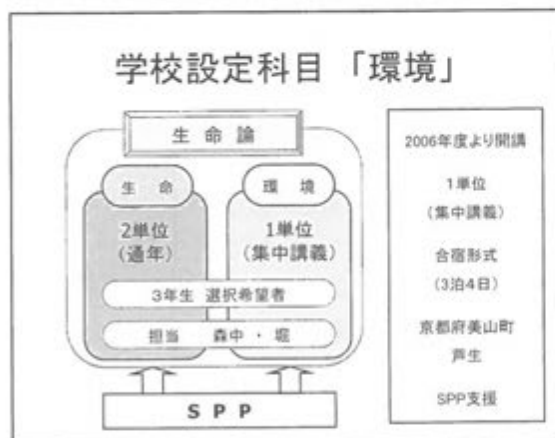
もり なか とし ゆき  
森 中 敏 行

抄録：本校では、2006年度より、『環境』をテーマとして、高校三年生を対象に夏季集中講座（1単位）を開講している。関西で有数の原生林である京都大学フィールド科学教育研究センター森林ステーション芦生研究林をフィールドに、夏期休暇中に3泊4日のプログラムを実施している。自然豊かな原生林を体感するプログラムと研究者や地元の方々の講義を基盤に、生徒が互いに「自然と人間の関わり」について議論するものである。この「生命論（環境）」の実践内容と今後の課題について報告する。

キーワード：環境教育、エコツーリズム、生物教育、学校設定科目

## 1. はじめに

本校では、2003年度より、学校設定科目「生命論」を高校三年生で選択科目（2単位）として開講した。この科目は、『生命』をテーマに、外部講師による講義と実習をもとに、議論を通して生命観の育成を育むことを目的に実践してきた（2007-生命論（生命）」の取り組み）。さらに2006年度より、『環境』をテーマにした夏季集中講座（高校三年生選択・1単位）を開講した。そこで、先行実施していた『生命』を「生命論（生命）」、『環境』を「生命論（環境）」と位置づけている。ここでは、「生命論（環境）」について3年間の実践報告と今後の課題について扱う。



## 2. 生命論（環境）の目的

環境問題が叫ばれ続けて、かなりの月日が経った。現在、小・中・高を通して、幅広く実践されてきている。その実践内容は多岐に渡っている。では、環境教育とは何をめざすのか。簡潔には、「持続可能な社会を担う人の育成」である。その目標への具体的なアプ

ローチは、1975年のベオグラード宣言および1997年のトビリシ宣言で示されている。これらが世界の環境教育の基本的概念となっている。

- (1) 関心：社会集団と個人が、環境全体及び環境問題に対する感受性や関心を獲得することを助ける。
- (2) 知識：社会集団と個人が、環境及びそれにもなう問題の中でさまざまな経験を得ること、そして環境及びそれにもなう問題について基礎的な知識を獲得することを助ける。
- (3) 態度：社会集団と個人が、環境の改善や保護に積極的に参加する動機、環境への感性、価値観を獲得することを助ける。
- (4) 技能：社会集団と個人が、環境問題を確認したり、解決する技能を獲得することを助ける。
- (5) 参加：環境問題の解決に向けたあらゆる活動に積極的に関与できる機会を、社会集団と個人に提供する。

なお、ベオグラード宣言では、上の(1)～(5)に「評価能力」を加えた6項目を環境教育・環境学習の目標としているが、トビリシ宣言では、「評価能力」は(4)の「技能」に含めている。

また日本においても、これらの枠組みが規範となっており、『環境基本計画—環境の世紀への道しるべ—』(平成12年)では、「環境教育・環境学習は、各主体の環境に対する共通の理解を深め、意識を向上させ、問題解決能力を育成し、各主体の取組の基礎と動機を形成することにより、各主体の行動への環境配慮の織り込みを促進する」となっている。

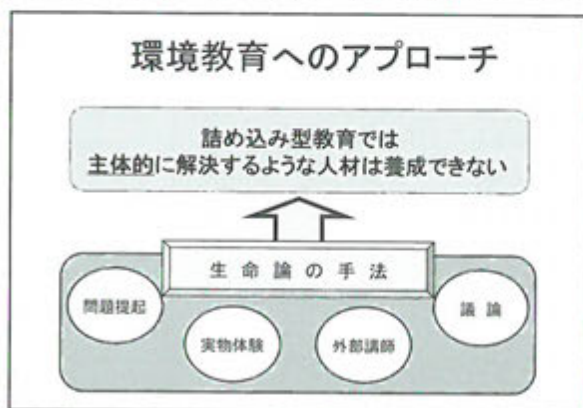
一般的には、環境教育・環境学習の目標は「関心」・「理解」・「問題解決能力」(態度と技能)・「行動」(参加)の4項目とされている。

環境教育の最終段階は、各個人の行動力であり、この能力は、一方的な押しつけでは育成できず、自己決定能力の上に立脚した生徒個々の意識改革が必要である。

また、環境問題は、人間生活に密着しているため、さまざまな問題が複雑に絡み合っており、立場ごとに主張が異なる。そのために、幅広い視野をもち、他者と議論し、異なる立場を理解できるコミュニケーション能力が必要である。さらに、生物間や生物と無機的環境との相互作用に対する科学的な知識が必要である。加えて、自然の減少に伴い、自然環境下での原体験が乏しい生徒にとっては致命的であり、自然の厳しさやすばらしさを体験を通して感じとる必要がある。

そこで、上で述べた能力

- ① 自然の厳しさやすばらしさを感じる体験
- ② 自然環境に対する科学的な知識の習得
- ③ 主体的に課題を見出し、自己の問題として、解決に取り組む姿勢の習得



④ 他者と議論し、異なる立場を理解できるコミュニケーション能力の育成

⑤ 自己決定能力と行動力の育成

をめざした環境教育プログラムを開発・実践してきた。

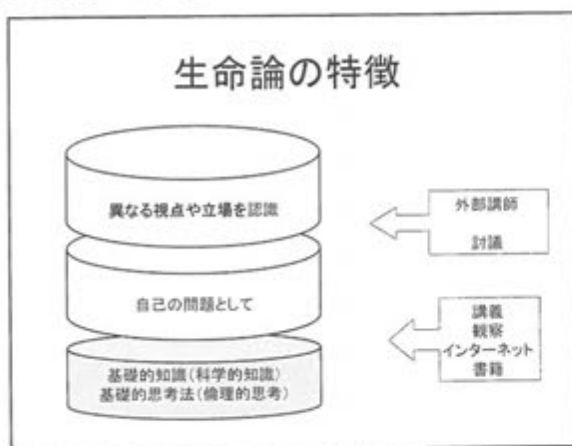
一方、本校では、2003年度より、「生命論（環境）」に先駆けて「生命論（生命）」を高校三年生で授業実践してきた。この授業は、多くの外部講師（医師・看護師・助産師・生物学者・倫理学者・法学者）にお越し頂き、講義だけではなく生徒たちと議論をして頂く。さらに命を実感できるように生徒たちが飼育・妊娠させたマウスを解剖し、母体や胎児を観察する解剖学実習を行う。さらに自分たちの

問題と感じられるよう具体的な課題を設定し、習得した基礎的な科学的・社会的な知識に基づいて自己の意見をまとめた上で、グループ討議を行う。最終的には、公開の報告会で発表し、講師からコメントをいただく授業を展開してきた。生徒たちも主体的・意欲的に取り組み、評価も高い。この「生命論（生命）」の授業形態が、環境教育にも有効であると考えた（2007年度「生命論（生命）」の取り組み）。

生命論（環境）のフィールドは、京都府南丹後市美山町とその最深部にある京都大学芦生研究林（京都大学フィールド科学教育センター森林ステーション芦生研究林）を利用していただいている。

その理由は主に以下の7点である。

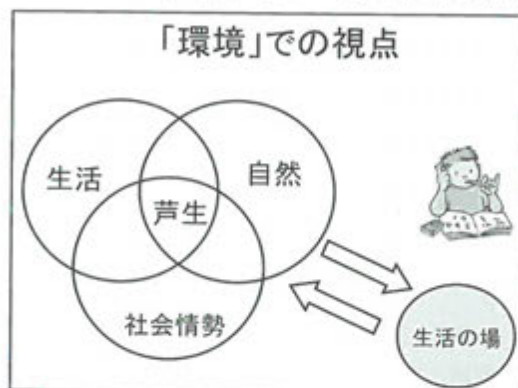
- ① 広大な全面積（約4,200ha）の約半分は、地上権の設定以降、人手が加えられていない天然林である。この天然林の中には、森林の成立以降、大きな人為が殆ど加わっていないと考えられる原生的な部分も含まれており、植物や動物相が豊かである。また気候区分では日本海型と太平洋型の移行帯に位置し、植生区分の上からも暖温帯林と冷温帯林の移行帯に当たるため、植物が多様である。著名な分類学者の中井猛之進博士が「植物ヲ學ブモノハ一度ハ京大ノ芦生演習林ヲ見ルベシ」（1941）と書いた森林である。
- ② 麓には古くからの集落があり、地上権の設定以前は木地師や炭焼き、狩猟など原生林から自然の恵みを受けながら生活が行われてきた場所である。
- ③ 高度経済成長や木炭から石油へのエネルギー革命、外材の輸入などにより、集落の過疎化が進み、経済が窮乏状態にあった。その時期に、電力会社からの揚水式ダムの申し出があり、村を二分する闘争が起った。しかし電力事情も変化し、この問題は白紙撤回されており、問題は終結している。
- ④ 現在でも過疎化は深刻な問題であり、その対応として、自然を活用したさまざまな村おこしの取り組みが実行されている。
- ⑤ 豊かな自然が残されている原生林ではあるが、近年、シカ害やナラ枯れにより、日々変貌しており、里の生活にも影響を及ぼしている。



- ⑥ 研究林は地元からの99年間の借用地であり2020年がその期限である。地元と京都大学との今後数年間の協議により、この豊かな自然の行方が決定される。
- ⑦ 芦生研究林の天然林部分は現在、鳥獣保護区に指定されているが、シカ害の拡大とともに更新を望まない地元住民も多く、害獣と保護の問題が生じている。

このように、複雑に入り組んだ様々な問題を抱えている美山・芦生研究林をフィールドに、生物学者や経済学者さらに地元で生活されている方、都会からこの地に惹かれて移住された方、行政関係者などを講師として、「自然と人間の関わり」をテーマに生徒たちが互いに議論するプログラムを実施してきた。

離れた美山・芦生をフィールドに設定することで、自分を客観的な立場におくことが可能となり、さらに客観的視点から芦生を見つめたことが、自分の生活空間や生活様式を見つめ直すことにつながると考える。



### 3. プログラムの流れ (2007年度の実施内容)

#### 1) 事前学習

- 5月 事前学習 (1) 「生命論 (環境)」のねらい、事前レポート課題提示
- 7月6日 事前学習 (2) 「自然への視点」(植物遷移と生態系のつながり) 講義
- 7月10日 事前学習 (3) 「コンセプトマップについて」講義 (大学院生の指導)

#### 2) 現地学習

日程 2007年8月1日(水)～4日(土) 3泊4日

プログラム 別表の通り

参加者 三年生：生命論(環境)選択者(13名)・二年生：参加希望者(3名)  
アシスタント：大学生[本校卒業生](2名)および大学院生(3名)  
引率教員(1名)

実施場所 京都府南丹市美山町芦生 京都大学芦生研究林およびその周辺

参加費 3万3000円

#### 3) 事後学習

- 8月20日 事後学習 (1)  
まとめ・発表準備
- 8月28日 事後学習 (2)  
まとめ・発表準備
- 8月30日 展示発表 (文化祭展示)
- 12月上旬 事後学習 (3) 発表準備
- 12月15日 最終報告会



月日	時間	プログラム
	講師・内容	
8/1	13:00～15:00	講義Ⅰ：茅葺屋根の保存と村づくり
	講師：茅葺の里保存会会長 中野忠樹氏 国の伝統的建造物保存群 茅葺屋根の村「北村の里」をガイド（講師）のもと見学し、茅葺屋根の保存を村全体として取り組んできた経緯、また北村の歴史や過去、現在の生活に触れ、日本的な暮らしあり方を考えた。	
	15:30～17:00	フィールドワークⅠ：川の生き物観察
	講師：NPO 芦生自然学校理事長 井栗秀直氏 由良川源流を観察すると共に、溪流内に入り、水生生物の調査観察を行った。水生生物は水系の環境指標生物として用いられており、水質調査等の環境測定法についても指導いただいた。また森林と溪流の水生生物との関連性についても観察を行った。ここでの実習は、8月3日に実施するより源流に近い櫃倉谷での調査の予行的な意味もあり、これらのデータを比較することで、自然と人の生活の関連性も認識させた。	
	19:00～20:00	講義Ⅱ：過疎と村おこし -地場産業による村づくりから-
講師：NPO 芦生自然学校理事長 井栗秀直氏 戦後のエネルギー革命、林業の衰退により過疎が進む山村の暮らしのなか、集落全体で起こし、全国を先駆ける山村の事業のモデルケースともいわれた山菜加工の事業「なめこ生産組合（現・(有)芦生の里）」から山村の歴史、現状、苦悩、また可能性を知り、そのあり方を考え、討議した。		
21:00～23:00	コンセプトマップ作成	
指導：大学院生・大学生		
8/2	9:30～10:30	講義Ⅲ：芦生の自然
	講師：京都大学芦生研究林林長 芝正巳氏 川の源流域が原生的自然で鼓されている西日本でも希少な芦生の森について、森林生態、植物生態、動物生態、気候帯などの観点から森の多様性や自然の仕組みを学ぶ。またナラ枯れ病やシカ害について、環境の変動から引き起こされる問題についても触れ、自然生態系のバランスについて考えてみる。	
10:30～15:00	フィールドワークⅡ：芦生の森 上谷トレッキング	
講師：NPO 芦生自然学校理事長 井栗秀直氏 原生林内を案内いただき、事前に講義で解説いただいた内容について、実際に現地を確認しながら、自然観察を行う。自然と切り離された都会で生活する生徒たちにとって、自然の中に身を委ねる体験を通して、自然を身近に感じるだけでなく、自然への怖れや驚異、すばらしさを感じさせたい。また日本に残された原生林での植生についても観察する。とくに芦生独特の地形から生じた固有種について解説いただく。		



月日	時間	プログラム
	講師・内容	
8/2	19:00～21:00	講義Ⅳ：芦生の森をめぐる環境 —ダム問題にゆれる過疎の村、森を生かす—
	講師：NPO 芦生自然学校理事長 井栗秀直氏 ・ 南丹市市議 高野氏 芦生の森をめぐるのは昭和 40 年代からダム開発計画が持ち上がり、「保護」か「開発」かをめぐり美山町の住民、都市住民の間で大きく揺れ動いてきた。その背景として過疎に悩む村の状況があったこと、森を守ることを目指して「芦生の自然を守り生かす会」や「京都大学芦生ゼミ」が活動してきたこと、また現在、その残された自然を生かして「NPO 法人芦生自然学校」の活動などを知り、自然を守ることの厳しさ、大切さについて考えてみる。	
	21:00～23:00	コンセプトマップ作成
	指導：大学院生・大学生	
8/3	9:30～15:00	フィールドワークⅢ：リポートレッキング「櫃倉谷」
	講師：NPO 芦生自然学校理事・田舎舎代表 藤原啓氏 ダム建設予定地であった原生的な美しい溪谷の中を足元を濡らしながら進む。核心部では 3m～最大 15m 程度の滝が連続し、服のまま泳いで進む淵やシャワークライミングを体験する。人工的な施設にはない開放感、爽快感また冒険心を刺激するスリルを体感する。その途中で、水中を観察し、水生昆虫や魚類などの生態調査や植生などの自然観察も行う。天然の渓流魚の掴み取りにもチャレンジする。「自然が豊か」とはどういうことか身をもって体感するとともに、その自然との関わり方を模索する。	
	16:00～19:00	フィールドワークⅣ：生命を食す(鶏の解体)
	講師：NPO 芦生自然学校理事・田舎舎代表 藤原啓氏 田舎ではかつて日常であったニワトリを解体し、食する体験を通して、生徒達が暮らす都会と田舎の関連性を、「食」から見つめ直す。経済性だけでなく、安全性などが保障される必要があり、そのためには田舎の環境がどのように保つべきかを考えさせる。	
	19:00～20:00	講義Ⅴ：山村の農業・都市との交流について —観光農園での取組みから—
講師：江和ランド代表・芦生の自然を守り生かす会事務局長 大野安彦氏 観光農園を自らが開設して十数年の取り組みを通して現在の都市の暮らし、そして山村の暮らしについてお話をしてもらおう。農業、林業、狩猟といった山村の根幹に関わる産業の厳しい現状を学ぶだけでなく、決して失われてはならない本来の日本的な営みの大切さを知る。また新しい可能性に向かうチャレンジ精神の大切さを感じる。		
20:00～21:00	講義Ⅵ：芦生の自然/爬虫類について	
講師：京都大学理学研究科准教授 森哲氏 ハ虫類の研究者である森氏に、芦生におけるハ虫類の多様性について講義いただき、また生物学者の視点から多様性の重要さと、ヒトと自然の関わり方について提言いただく。		

月日	時間	プログラム
	講師・内容	
8/3	21:00～23:00	コンセプトマップ作成
	指導：大学院生・大学生	
8/4	9:00～12:00	講義Ⅶ：まとめ・発表
	講師：NPO 芦生自然学校理事長 井栗秀直氏 江和ランド代表・芦生の自然を守り生かす会事務局長 大野安彦氏 NPO 芦生自然学校スタッフ 鹿取悦子氏 3泊4日の現地研修のまとめとして、グループごとに実施内容を整理し、まとめる。その後、いかに環境と関わるべきかを班ごとに討議し、最後に発表を行う。その後、各自のレポート課題を設定する。講師には、発表後に助言・指導を行っていただき、生徒の視野をより広げさせ、さまざまな現地研修の統合化を図る。	

#### <事前レポート>

事前学習の一つとして、以下の2つの課題について、個人レポートを課した。

「とちの森の啓示」をプリント配布し、その要約をさせた。

「芦生の森から」を読ませ、感想文を書かせた。

#### <事後レポート>

現地学習から各自が興味を抱いたテーマに基づき、個人レポートを課した。

そのテーマは以下の通りである。

- ・～グリーンツーリズム～
- ・江和ランドにみる新しいグリーン・ツーリズム
- ・エコツーリズムについて
- ・地産地消 ～食と地域とのかかわり～
- ・一鳥の解体より 屠畜について
- ・環境問題とは何か
- ・日本の歴史が息づく町
- ・村おこしとHPの利用
- ・都会と田舎
- ・環境倫理から見る、倫理学の現状
- ・森林破壊と生態系への影響
- ・芦生での食事から学ぶこと

またこれらの事前学習および現地学習の成果は、文化祭（8月）および最終報告会（12月）で、発表した。

<文化祭（8月）>



現地での活動内容を、模造紙にまとめ、保護者や本校生徒および一般参加者に紹介した。

<最終報告会（12月）>



現地学習で得られた内容をもとに、班ごとにテーマを設定し、事後に行った研究内容の発表を行った。この報告会も、一般公開で実施し、保護者や本校生徒、さらに一般の方な

ど多く参加いただいた。また、指導講師として、大阪教育大学理科教育環境教育専攻の石川聡子先生にご出席いただき、発表後に講評していただいた。

各班の発表内容は、以下の通りである（当日の発表要旨より）。

① 「環境という授業」

私たちは「環境」という授業の一環で実習に行きました。その概要と、そのときに活躍したコンセプトマップの説明をします。

② 芦生の生態系

芦生では昔から森林を守りながら生かす生活を続けてきました。しかし、オオカミの絶滅によりシカが増えすぎて、芦生の生態系は少しずつではあるが崩れてきてしまいました。

③ 芦生ダム建設問題を考える

今から数十年前、ダム建設の話が持ち上がりました。なぜダムが必要とされたのか、どのように芦生を守ったのか。さまざまな視点からこの問題をとらえ、現代の問題点をも探してみたい。

④ 村と都会の未来予想図

グリーンツーリズムとは、農村漁村地域において、自然・文化・人々との交流を楽しむ滞在型の余暇活動です。普段自分達が触れることのない問題について詳しく説明します。

⑤ 屠畜の真実 ～屠り屋本舗～

現代社会に生きる我々は自分自身が食している肉が、動物を殺してできているという事実から遠ざかっている。その事実を我々は伝えたい！目をそむけてはならない……刮目せよ！！

⑥ 美山町「過疎と村おこし」

現在日本のいたるところでおこっている過疎化の現象の実態を紹介し、芦生の過疎化の実態とその対策である村おこしの取り組みと他地域の取り組み例を発表します。

<成果報告書>

最後に、これらの学習内容をまとめた『2007 年度学校設定科目「生命論（環境）の取り組み』』を作成し、ご協力いただきました講師の先生方、参加生徒だけでなく、お問い合わせいただきました方々にも、配布した。

#### 4. 実施後の生徒感想

夏休み補講期間の幾度かの事前学習を経て、私たちは芦生にいった。芦生では本当にいろいろな体験をした。とても速い流れの川での魚とり、壮大な原生林でのフィールドワーク、命綱一本を頼りに登った滝登り…すべてが都会で生まれ育った私には新鮮だった。あんなに自然をじかで感じたことは、これまでなかった。芦生の自然やかやぶきの風景は何かしらの懐かしさを覚えた。それは、たぶん芦生が昔の日本の風景をそのまま保存しているからだろうと思った。毎日満員電車に乗ってもまれ、コンクリートの立ち並ぶ都会に出、日が沈んだことも、風などの外界のものすべてを感じられない塾にこもり、一日が終わってしまう私に、芦生の自然は大事なことを教えてくれたような気がした。つまり、芦生の自然は風があんなに気持ちいいこと、星があんなに綺麗なこと、食事があんなにおいしいことをおしえてくれたのである。本当に芦生に住んでいる人がうらやましく思った。



しかし、これは一時滞在の観光客の目から見た視線に過ぎないと、私は講義から知った。都会の重圧から離れ、一見のんびりしたように見えるこの田舎は、深刻な過疎化を抱えていたのである。田舎の子供は学校から帰ったら、TVゲームに明け暮れるのではなく川にゆったりしているんだらうなどと思っていたが、過疎化により小学校が一つだけになってしまい、地元の子供達は、学校の行き帰りのバスだけでかなりの時間がかかるから川で遊ぶことがないという。私はこの話を聞いたときショックを受けた。過疎は経済影響だけでなく、小さい子供たちにも影響を及ぼしているなんて…。私にとって単なる教科書ワードである「過疎」が身近に感じた。

その深刻な過疎化に対し、芦生の人々が行っている対策の一つとして、観光業があるが、交通が整備されたり、都会の人が来ることによる経済効果が期待されるという半面、ごみの増加や自然破壊がおきてしまっているらしい。交通が整備されればされるほど、人々は気軽に来る。そうすると芦生の自然に対する価値が落ちてしまうというジレンマに陥っている。自然ブームは、都会の人の身勝手さ—田舎は都会の人のリフレッシュ場という都会人のエゴの上に成り立っていると気づいた。田舎と都会は相互に影響し合っている存在しているのだから、田舎の過疎は、田舎の人が単独で取り組んで解決するのではなく都会の人と田舎の人が一緒に取り組んでこそはじめて解決されるのだと思った。私達も真剣に考えなければいけないのだと思った。

田舎での生活の大変さは過疎だけではなく、自分たちの食料を自分たちで用意しなければいけないということだ。私は普段誰かが育てた野菜、誰かがおろした肉を買ってきてそれを当たり前のように食べている。しかし、実際には苦勞して一生懸命家畜や野菜を育ててくれているのがいるのだ。あまり人のしたがない家畜解体をしてくれている人がいるのだ。とあらためて感じた。鶏肉の解体を自分たちですると聞いたとき、私は正直「え～見たくないな…。怖い。もう鳥がたべられへんようだったらどうしよう」と思っていた。しかし、実際鳥の解体をしてみると自然とできたし、逆に鳥に「ありがとう。いただきます」って感じたし、とてもおいしかった。「かわいそう」という感覚よりは「ありがとう」という気持ちにあふれていた。それと、いつも私が知らないところで鳥を育てている人、鳥を解体してくれている人にも感謝したいと思った。一つの生命が消え、自分の中に入っていく…食物連鎖に組み込まれた、生態系のなかに存在している人間なのだと感じた。

芦生での体験を通して、人間は自然（地球環境）のなかに生きる生物の一員にすぎないんだと体感した。壮大な自然を支配するなんて到底無理だ。そんな自然を私たちが破壊していつているというのはとてもかなしいこと、おろかなことではないか。確かに、芦生の山では増えすぎた鹿による環境破壊も著しい。しかし、これも元をたせば人間の狼狽りが原因だ。人間はちっぽけな存在に過ぎない、しかし、地球に住む生物の一員として、人間の環境ではなく、地球の環境を守っていく必要があると思う。自己を超越した視点に自らを設定できるのは人間だけだから、人間がちゃんと環境を人間の立場を脱却した地球環境として捉え、環境問題に取り組んでいかなければいけないと思った。

私は環境をとって本当によかったと思った。自分の身の回りの環境をじっくり見つめなおせた。本当の事を言うと、夏休みの合宿4日というのは、受験生の私にとっては不安で不安でたまらないものであった。しかし、この合宿では机に向かうだけじゃ得られない大事なものを本当の意味で『体験』した。また、みんなとの対話を通して相手のこともたく



さん知れた。本当にいろいろな収穫があった。最高の高校最後の宿泊行事だった。

## 5. 「生命論（環境）」の誕生

10年前（1998年）に、大阪府生物教育研究会が主催する生物部合同合宿が、芦生で開催され本校生物部も参加させていただいた。引率していた私は、そのとき初めて京都大学芦生演習林（現在は、京都大学フィールド科学教育センター森林ステーション芦生研究林に改名）の原生林に足を踏み入れ、自然の豊かさに圧倒された。その折、宿舎の管理人であった井栗秀直さんから、ダム建設と演習林存続の問題を立ち話程度にお聞きした。

その後、個人的には、芦生演習林に年に一度程度は訪ねていたが、生物部の合宿では芦生をフィールドにすることはなく、京都府竹野海岸・和歌山県白浜海岸・岐阜県郡上八幡・長野県戸隠高原・長野県榑池高原等で実施し、時が経過した。

2005年度の夏に、たまたま生物部の合宿地として芦生を選んだ。10年前と同じ宿舎に宿泊し、その管理人は同じく井栗秀直さんであった。現地の京都大学演習林公認ガイドさんに案内を願い、10年ぶりに演習林の最奥部である原生林に踏み込んだ。（この原生林への入山は、教育および研究目的のみ許可されており、個人的に訪ねていても原生林には近づくことはできない。）原生林との10年後の再会に、当時の自然の豊かさに圧倒された感動を生徒にも味わってもらえることを期待していたが、その景観は大きく変貌しており落胆せざるをえなかった。もちろん関西では貴重な原生林であることには変わりなく、数百年単位の巨木が現存してはいるが、下草はすべて鹿害によって食いつぶされ、林床が明るくなってしまっていた。



同じ場所を撮影したもの（左：1998年11月、右：2005年4月） 撮影MURAO Yoshihiko氏

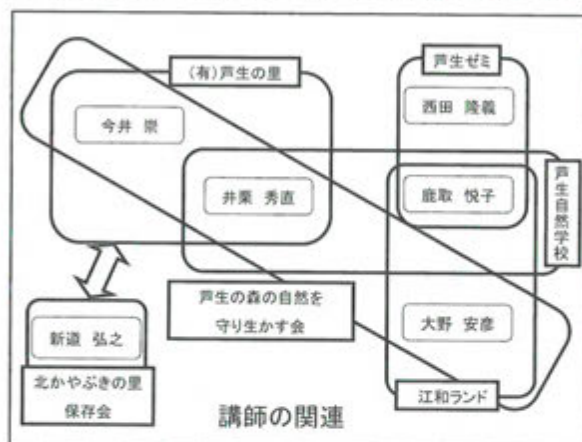
その後、宿舎で、10年前にお聞きしたダム建設と演習林存続の問題の経過などに加え、芦生での現地の方々の生活のようすなどを詳細にお話いただいた。そのお話を伺いながら、私は、これはすばらしい教材になると直感的に確信した。

当時、学校設定科目「生命論」は（生命）のみを実践しており、外部講師による実習と講義、さらに討論が生徒の生命観の育成や意識改革に極めて有効であり、また生徒にもとても好評であった。この実践経験から、（生命）と同じ手法で、芦生をフィールドに環境をテーマとして素晴らしいプログラムが展開できると確信した。しかし、最大の問題点は、現地講師であり、私にはまったく人脈がなく、さらにこのプログラムの成功の鍵は講師である。そこで、井栗秀直さんに、授業のイメージを伝えたとこ、可能であり現地講師の

確保を承諾いただいた。

芦生では、過疎化やダム建設の問題が生じており、これらの問題に対して、人的ネットワークが既に形成されていた。さらに井栗秀直さんのお父様である井栗登さんがその組織の中心で活躍されておられ、井栗秀直さんも傍でその活動を見ておられた。加えて、京都大学の演習林であったため、芦生ゼミを代表とする大学関係者による組織も形成されており、井栗さんが管理する宿泊施設を利用されていた。さらに、井栗さんは、都会の子どもを対象に芦生の自然のすばらしさを体験させようと NPO 法人芦生自然学校を設立されていた。芦生の人々は、過疎化対策として、さまざまな村おこしのための組織を立ち上げ、活動を展開しておられた。またその人的ネットワークが極めて密であること。さらに幸運であったことは、それらの組織の交わりの中心的立場の井栗秀直さんと出会え、支援いただけたことである。

そこで、生命論（生命）を一緒に担当していた堀一人先生に、芦生での内容を相談し、次年度（2006 年度）から実施することになった。



## 6. 「生命論（環境）」の変遷

### 1) 一年目（2006 年度）

2006 年度は、選択者が 4 名、引率教員 2 名、さらに TA 1 名の体制で試験的な実施となった。講師陣は、すべてこちらの意向を受けて、井栗秀直さんが個人的に集めていただいた。

プログラムは、次の通りである。

	午前 (9:00-12:00)	午後 (13:00-16:00)	夜 (19:00-21:30)	夜間
7/23	移 動	フィールドワーク I 芦生の自然 西田講師 (原生林観察: 下谷・上谷)		キャンプ
24	フィールドワーク II 芦生の自然 西田講師 (原生林観察)	フィールドワーク III 川の生き物 井栗講師	講義 I 芦生の歴史 今井講師	
25	フィールドワーク IV 茅葺きの里見学 新道講師	講義 II 芦生の生態系 (害獣) 大野・鹿取講師	講義 III 過疎とダム 井栗講師	
26	まとめ	移動 (バス)		

講師 西田隆義氏：京都大学農学部助手 新道弘之氏：茅葺きの里保存会会長  
 井栗秀直氏：NPO 芦生自然学校理事長 大野安彦氏：江和ランド代表  
 今井 崇氏：(有)芦生の里スタッフ 鹿取悦子氏：NPO 芦生自然学校スタッフ  
 初年度の実施で現れた問題点は、次の2点であった。

- ① 教員側が目的を持って各プログラムを設定しているが、生徒側ではプログラムを消化するだけで統合化されない。
- ② 原体験が乏しい生徒にとっては、より多くの体験的プログラムの導入が必要である。  
 また、TA として参加いただいた大学生の山本美佳さん（大阪大学人間科学部3年生；本校卒業生で生命論（生命）の修得者）にとってもとても有意義であったと評価いただいた。

## 2) 二年目（2007年度）

一年目の反省をふまえて、2007年度は、以下のように改善を加えて実施した。参加者は、先に述べた通り、高三生命論（環境）選択者（13名）・高二参加希望者（3名）、TA 大学生[本校卒業生]（2名）および大学院生（3名）、引率教員1名と大幅に参加者が増えた。

①のプログラム統合については、

- 1) 大阪教育大学教育理科教育講座環境教育教室の石川聡子先生に、相談に伺った。そこで、コンセプトマップを生徒に作成させることが統合化に有効であることを示唆いただき、また TA として大学院生3名（宮田愛さん、竹丸智之さん、中川泰輔さん）に事前指導および現地学習でコンセプトマップの指導を頂いた。

毎晩、講義終了後、グループに分かれて、その日の学習内容を振り返り、キーワードを選び、それらの単語の関連付けるプログラムを取り入れた。

	午前(9:00-12:00)	午後(13:00-16:00)		夜(19:00-21:30)		
8/1	移動 貸切バス	講義Ⅰ かやぶきの里 中野講師	フィールドワークⅠ 川の生き物観察 井栗講師	講義Ⅱ 過疎と村おこし 井栗講師	コン セ プ ト マ ッ プ 作 成	
2	講義Ⅲ 芦生の自然 芝講師	フィールドワークⅡ 原生林自然観察(上谷) 井栗講師		講義Ⅳ 芦生の森をめぐる環境 井栗講師		
3	フィールドワークⅢ リポートレッキング 「櫃倉谷」藤原講師	フィールドワークⅣ 生命を食す(鶏の解体) 藤原講師		講義Ⅴ 山村の農業・ 都市との交流 大野講師		講義Ⅵ 芦生の自然・ 爬虫類 森講師
4	講義Ⅶ まとめ・発表	移動 貸切バス				

網かけをしたところは、新しく取り入れたプログラム。

- 2) 現地での実習や講義がスムーズに受け入れ消化し、統合されやすいように事前指導をしっかりと行った。具体的には、「とちの森の啓示」および「芦生の森から」を読み、要約と感想を事前レポートとして課した。

- 3) 一年目は、私と井栗さんでのプログラムを企画し、井栗さんの個人的なつながりで講師を選定いただいたが、本年度は、NPO 芦生自然学校が組織として対応いただき、事前の打ち合わせも NPO 芦生自然学校スタッフと行った。さらにプログラムの立案も、スタッフとメールでのやり取りの後に決定した。そのため、よりまとまったプログラムとなった。

②の体験プログラムについては、

上記の①3) で記したように、NPO 芦生自然学校が組織として取り組んでいただいたことで、体験的なプログラムの充実が図れた。新たに取り入れた体験プログラムは、櫃倉谷のリバートレッキングとニワトリの解体である。いずれも生徒には好評であった。

一方、2006 年度は、原生林内でのキャンプを実施したが、原体験としてはとても魅力的なプログラムであったが、体力的な消耗が大きく、後日まで影響があったため 2007 年度は取りやめた。

### 実施後の評価

- 1) 連携先機関との連携：現地の NPO 芦生自然学校の全面的な協力で実施したが、この成果はとても大きかった。既に社会教育の立場からさまざまなプログラムを展開されており、こちらの目的に即した有効なプログラムの提案をいただいた。また NPO にとっても、学校教育に携わる機会は少なく、成果は大きかったと評価いただいた。社会教育と学校教育で立場は異なるが、互いに有効活用できることが十分にわかった。
- 2) 取組内容：プログラム終了後にグループ単位でのプログラムの統合化を図る目的で取り入れたコンセプトマップ作成は、十分に成果が得られたが、時間がかかるという課題も判明した。コンセプトマップの作成は、議論が白熱し、連日午前 1 時頃までに及んだ。プログラムにおいても、より多くの視点をとの思いで組み込んだが、盛りだくさん過ぎ、精選の必要を感じた。
- 3) 実施体制：NPO との実施体制はとても有効で効果的であった。また、大阪教育大学との連携では、プログラムの統合化の目的で取り入れたコンセプトマップは有効であったが、一方、大学生や大学院生の役割を詳細には明確化する必要性を感じた。
- 4) 情報公開：文化祭での授業内容の展示と最終報告会を行ったが、参加生徒にとっては、プログラム内容を振り返り、見つめ直す良い機会となった。また、いずれも保護者や生徒へ公開で実施したことにより、プログラム内容を知っていただく良い機会となった。とくに参加した生徒の保護者に、その内容を十分に理解していただき、高い評価を得ることができたことは、とても有意義であった。
- 5) 全体的な評価：事前学習・現地での体験学習や現地の方々やその場をフィールドにしておられる研究者からの直接的な講義、さらに、これらを元に現地でのグループ討議、加えて、日常生活に戻ってからの報告会を通しての振り返りと、内容的にもとても有意義で、高校生にとってはとても貴重な体験であったと評価している。NPO 芦生自然学校や大阪教育大学の全面的な支援も、充実したプログラムには欠くことができなかった。

一方、コンセプトマップ作成過程で、生徒間の議論は行われたが、講義内容の整理であり、本質的な「自然と人間のかかわり」については時間的な制約もあり、ほとんど行うことができなかった。また、プログラムの過密さや大学院生・大学生のサポート面での打ち合わせの荒さなどの課題も残った。

### 3) 三年目 (2008 年度)

事前学習、現地学習、事後学習、報告会等、概ね二年目 (2007 年) のものを踏襲して実施した。参加者は、高三生命論 (環境) 選択者 (9 名)・高二参加希望者 (4 名)、TA 大学生 [本校卒業生] (2 名) および大学院生 (2 名)、引率教員 1 名で、2007 年と同様に、2 年生の希望者も同行した。

	午前 (9:00-12:00)	午後 (13:00-16:00)		夜 (19:00-21:30)	
8/8	移動 貸切バス	講義Ⅰ 芦生の自然 芝講師	フィールドワークⅠ 川の生き物観察 井栗講師	講義Ⅱ 過疎と村おこし 井栗講師	コ ン セ プ ト マ ッ プ 作 成
9	フィールドワークⅡ 原生林自然観察 (上谷) 井栗講師		講義Ⅲ かやぶきの里 中野講師	講義Ⅳ 害獣について 大野講師	
10	フィールドワークⅢ リポートレッキング 「檀倉谷」藤原講師		フィールドワークⅣ 生命を食す (鶏の解体) 藤原講師	講義Ⅴ 山村の農業・都市との交流 大野講師	
11	講義Ⅵ まとめ・発表		移動 貸切バス		

現地でのプログラムもほとんど 2007 年と同様であったが、過密さを和らげるため、3 日目の夜の講義を 1 つ削減した。さらに、本質的な議論が展開できるように、4 日目の講義Ⅵでは、「田舎は必要か」とのテーマに沿って、グループ討論、さらにそれを踏まえて全体討論を行った。できれば、毎晩、その日の学習内容に沿ったテーマで議論できればよいが、プログラムの統合化のためには、コンセプトマップを外すことは難しい。

またもう一つの課題であった、大学院生・大学生のサポート面での打ち合わせについては、事前に十分なすり合わせをすることができず、困惑をさせてしまい、次年度以降の課題として残ったままである。加えて、高校三年生の参加者も 2007 年度は 13 名であったが、2008 年度は 9 名と減少してしまった。生徒の感想にあるように、三年生の夏の実施では精神的な余裕がなく、多くの参加者を望むことは難しく、時期の検討も必要かもしれない。



## 現地研修の様子

### 講義Ⅰ 茅葺屋根の保存と村づくり

北村資料館

講師：中野忠樹氏



### フィールドワークⅠ 川の生き物観察

江和ランド周辺

講師：井栗秀直氏



### 講義Ⅱ 過疎と村おこし

江和ランド

講師：井栗秀直氏



講義Ⅲ 芦生の自然

京都大学芦生研究林

講師：芝正巳氏



フィールドワークⅡ 芦生の森 上谷トレッキング

京都大学芦生研究林（上谷）

講師：芝正巳氏・井栗秀直氏



講義Ⅳ 芦生の森をめぐる環境（ダム問題にゆれる過疎の村、森を守り生かすとは）

江和ランド 講師：大野安彦氏・井栗秀直氏・高野氏（元南丹市市会議員）



フィールドワークⅢ

リパトレッキング「櫃倉谷」

講師：藤原啓氏



フィールドワークⅣ 生命を食す

江和ランド

講師：藤原啓氏



講義Ⅴ 山村の農業・都市との交流について

—観光農園からの取り組みから—

江和ランド

講師：大野安彦氏



講義Ⅵ 芦生の自然 —ハ虫類について—

江和ランド

講師：森 哲氏



コンセプトマップの作成

江和ランド

指導：大学院生・大学生



講義Ⅶ まとめ

コンセプトマップ 発表会

江和ランド





## 7. 他校での実施可能性の検討

2008年は、大阪府高等学校生物教育研究会創立60周年であり、私が初めて芦生を訪ねたのが10年前に実施された創立50周年記念行事としての大阪府高等学校生物部合同合宿であった。そこで、50周年同様に、大阪府高等学校生物部を対象に芦生での合同合宿を実施した。

基本的な形態は、本校での実施内容と同じであるが、日程が2泊3日と短く、事前学習や事後学習が困難であるため、体験を重視したプログラムにした。

日 時：平成20年7月27日（日）～29日（火）

活動拠点：京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林

参加校：大阪府立高津高等学校（教員1 TA3 生徒8）

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎（教員1 生徒5）

大阪府立生野高等学校（教員2 生徒2）

大阪府立芥川高等学校（教員1 生徒1）

	教員	TA	生徒	計
男性	4	0 (2)	10	14 (2)
女性	1	1	6	8
計	5	1 (2)	16	22 (2)

( ) は1日目のみの参加者数

### プログラム

	午前 (9:00-12:00)	午後 (13:00-16:00)		夜 (19:00-21:30)
7/27	移動 貸切バス	由良川での 生物観察	クラブ交流会	川の生物の同定
28	フィールドワークⅢ リポートレッキング 「櫃倉谷」 藤原講師	フィールドワークⅣ 生命を食す（鶏の解体） 藤原講師		講演 ①芦生の暮らし ②グリーンツーリズム 大野講師・井栗講師
29	原生林での自然観察 夏原講師	移動 貸切バス		

講師：夏原由博氏（京都大学大学院地球環境学学）



リポートレッキング



講義（井栗講師）



また 2008 年 11 月 23 日に行われた大阪府生徒生物研究発表会（大阪府高等学校生物教育研究会主催）で活動報告を行った。

事前学習を充分に行わずに、主に体験が中心のプログラムであったが、参加した生徒は、自然を満喫すると共に、環境の変化を実感することができたようであった。

リポートレッキングを行った 7 月 22 日は、神戸で鉄砲水が発生した日であった。序々に水かさが増し、色も濁りを帯びていた。そのため、最後の滝の登頂は断念し、引き返すこととなった（前ページの写真）。鹿害により下草が食べられ、露出した表土が雨で流されることにより、濁流が生じる。また足首程度の水位でも、進むことや体を保持することが困難であることを体験し、自然への畏敬の念を抱くことができた。

一方、プログラムの統合化のためのコンセプトマップの作成や議論は行わなかった。さらに講義も短時間であったため、都会人の立場から脱却できず、旅人に終始してしまったのではないかと懸念する。

また、複数校の参加であったため、時間的な調節が困難で、事前や事後の学習時間を十分に確保できなかった。しかし、TA として参加いただいた大学生（高津高校生物部 OB）がとても懇切でいねいに指導をしてくれて、発表会での活動報告が可能となった。

いずれにせよやはり、体験だけに終わらせないためには、プログラムの統合化や講義、議論が必要であると感じた。時間を調整して十分な事前学習を行い、支援いただける TA（大学生が望ましい）が確保できるならば、本校の形態で充分実践は可能であると思われる。

また参加した 4 校の生徒達の意欲や能力が高かったことも大きな要因であることも事実ではあるが、より体験を重視したプログラム設定にすれば、すべての高校生に有意義な企画になると確信している。

## 8. 最後に

平成 8 年 10 月、埼玉県秩父で一週間、文部省主催の環境教育担当教員講習会に参加した。その内容は、環境教育や開発教育の講義やネイチャーゲームなどであった。その 1 つにグループ単位でエコツアーを企画するプログラムがあった。白神山地や屋久島へのツアーなどが企画されたが、私のグループでは長良川の源流から河口までのツアーをプレゼンテーションした。講師は、「エコツアーでは現地の自然だけではなく、その土地の人々との関係が必要不可欠である。」と講評された。当時、その意味が理解できず、第三者の旅行者として、自然と自分の関係でしか捕らえることができなかった。しかし、考えてみれば、地球上で人間の営みの影響を受けない自然はなく、南極でさえオゾン層の問題が生じている。さらに、その関係は自分と大きくかけ離れたものではなく、日常使用している冷蔵庫である。また地球温暖化についてもクーラーや自動車など日常生活と密接に関連している。

芦生に惹きつけられたきっかけは、豊かな自然が現存する原生林であった。しかし、そこには、人々の営みがあった。その営みを垣間見ることで、私は、以前の講師の言葉がすんなりと受け入れ、その重大さに気づくことができた。

生徒には芦生の自然の神秘さや驚異を肌で感じる体験と、その自然と関わりながら生活をされている方々の生きざまを感じ、自分自身の生きざまを見つめ直す経験を目的に実施

した。これはまさに、私自身が芦生を通して、この「生命論（環境）」を企画・立案する過程で学ばせていただいた内容であった。

このプログラムは、高校生を対象とした学習プログラムであり、今年で3年目の実施であるが、毎回、私自身がさまざまな影響を受け、感動を与えてもらっている。教員である私が学ばせてもらっているプログラムであり、それ故に、若くて感受性が豊かな大学生や高校生にとっては、とても有意義なプログラムであると自己評価している。

私は、以前から「環境教育」に関心があり、教師になった最大の理由であった。生物の授業において、環境問題を題材としてその原因やメカニズムを理解するための科学的な知識を伝えたり、レイチェルカーソンの「沈黙の春」などを課題図書としてレポートを課すなどの実践を行ってきた。知識不足が環境問題の最大の原因であり、知識習得こそが持続可能な社会への日々の実行につながると認識していた。しかし、実践に対して、その教育的効果はさほど実感を得られなかった。今振り返ると、心や体で感じるものはなかった。原体験が乏しい現在の高校生にとっては、なおさらのことであったのだろう。

一方、芦生でのプログラムは、まず体や心で感じる実体験をととても大切にしている。それらの体験と事前準備や現地での講義によって注入される知識とが融合することで、とても大きな効果が生まれているのであろう。

また今後解決すべき問題点も多い。

- 1) 生徒間での議論で、互いに認識し合い、より自分自身を深めることも狙っていたが、なかなか議論の時間を捻出することは困難であった。
- 2) プログラムが過密であり、取捨選択する必要があるが、いずれも捨てるがたく、また日程を拡大することも困難である。
- 3) 高校三年生を対象としているため、夏期の集中講義では、希望者が少なく、2006年度は4名、2007年度は13名、2008年度は9名である。高校二年生の希望者も同行を認めているが、自分の価値観を見返すには、やはり高校三年生での実施が望ましい。また、本校だけに限らず、他校生の参加も検討するべきであると考えている。
- 4) 参加費として3万3000円（2007年度）を徴収し、すべて宿泊費と食費に消えてしまう。講師の謝礼や装備のレンタル費、バス借り上げ費は、SPP（サイエンスパートナーシップ）からの支援で、また大学院生の費用は大阪教育大学研究プロジェクト経費で、大学生の費用は本校の支援で、また教員の費用と報告書作成費は「確かな学力育成のための実践研究事業」から支援していただき実施した。

さらにプログラムの企画立案段階での費用は、科学研究費補助金（奨励研究）や財団法人青松会からの研究助成で行ってきた。

次年度以降も継続的に実施するためには、これらの経費の捻出も大きな課題である。

- 5) 現地学習においては、井栗さんを中心とするNPO 芦生自然学校や田歌舎の方々の献身的な尽力により、運営できている。これらの方々への謝礼は、SPPから支給されているが、極めて少額で、ほとんどボランティア的であり、継続的に実施するには、それなりの対価をお支払いすべきであるがその財源も大きな課題である。

以上のように、今後の実施においてさまざまな問題点が山積しているが、是非、今後とも継続的に実施したいと考えている。

以下は、TAとして2008年度に参加してくれた山本拓弥君（京都大学理学部1年生：2007年度は生徒として参加）の感想からの抜粋である。

……全体的な感想を言えば、この環境合宿をただの『リレー講義付き自然体験』にしてしまっただけなのではないということを感じた。まだまだ、始まって年が浅いプログラムであり、発展途中だが、ものすごい可能性を感じた。

芦生の原生林というフィールドに、人のネットワーク、そして期待するのは附高生のポテンシャル。現地での時間的制約こそ厳しいものの、無限の可能性が広がっているような気がする。……

私はこの「生命論（環境）」をクラブ活動での指導と対比させて構想してきた。実績のあるクラブでは、直接指導を行っているのは、クラブのOBである。そこで、高校三年次に「生命（環境）」に参加した生徒が、大学生となってTAとして参加する（上記の山本君のように）。ありがたいことに、参加した生徒の多くは、大学生になったら再度参加したいと申し出てくれる。この点だけでも、生徒達が得たものが大きいことが伺える。

TAとして参加し、高校生達と一緒にプログラムを体験し、議論に参加しながら、指導というよりむしろ共に学び共に成長するといった方がふさわしい。まさに私自身、教員でありながら共に学ばせてもらっており、毎年、違う視点を与えてもらっている。そして重要なことは、プログラム立案から実施までも、TA達が教員や現地講師と議論して作り上げていく。その循環をとぎれることなく続けていきたいと夢を抱いている。そしてさらに築いた人的ネットワークが、環境問題で社会に貢献できる団体に発展すれば素晴らしい。学校教育が学校教育で閉ざしている必然性はないと考える。この「生命論（環境）」が高校生だけでなく、大学生や社会人の研修の場となりうると考えている。

本プログラムは芦生以外のフィールドでの実施は困難であると思われる。豊かな自然が現存していることは大きな条件であるが、それ以上に、地元の方々が、真摯に過疎と向かい合い、自然を生かし育てる営みをしておられること、そしてそのためにいくつもの組織を立ち上げ運営され、それらの組織が密接に関連していることがとても重要な条件であった。さらに幸運であったことは、それらの組織の中心的存在である井栗秀直さんと出会えたこと。加えて、井栗さんをはじめとする地元の方々が、このプログラムに賛同いただき、献身的に関わっていただいていることである。これらの条件の1つでも欠落しておれば、今回のプログラムは成立しなかった。改めて、お礼申し上げます。

また、本プログラムの実施にあたり、下記の通り、さまざまな組織から助成をいただいた。重ねて、感謝申し上げます。

## 9. 謝辞

本プログラムの実施にあたり、献身的にサポートいただいた井栗秀直氏をはじめとするNPO 芦生自然学校の皆様、講師をお引き受けいただいた先生方、指導・助言をいただきました大阪教育大学石川聡子先生、TAとして参加してくれた大学院生・大学生にお礼申し上げます。

なお本プログラムは以下の研究助成をいただき実施しました。重ねてお礼申し上げます。

- 2006年度 科学研究費補助金(奨励研究)  
「専門家との議論を通して学ぶ環境教育プログラムの開発」
- 2006年度 SPP(サイエンスパートナーシッププロジェクト)講座型学習活動  
「環境論」 一体験と議論を通して自然との関わりを見つめ直すー 講A学660
- 2006年度 研究助成 財団法人青松会 「環境教育の教材化とその実践」
- 2006～2008年度 確かな学力育成のための実践研究事業 文部科学省
- 2007年度 SPP講座型学習活動「環境論」講A学2126
- 2007年度 研究プロジェクト経費大阪教育大学  
「環境教育フィールドワーク・リーダーのスキル・アップー附高天王寺との連携ー」  
代表 石川聡子先生(大阪教育大学理科教育)
- 2007年度 研究助成 財団法人青松会 「環境教育の実践とその評価」
- 2008年度 研究助成 財団法人青松会  
「附属天王寺型環境教育の公立高校での実践の可能性」
- 2008年度 SPP講座型学習活動「環境論」講A学84065

## 10. 参考文献

- 京都大学芦生ゼミ(1991)「トチの森の啓示」5版
- 鈴木元 編(2004)「芦生の森から」改訂版 かもがわ出版
- 森中敏行(2008)「2007年度 生命論(環境)の取り組み」
- 森中敏行・宮川康(2008)「2007年度 生命論(生命)の取り組み」

## School Setting Subject

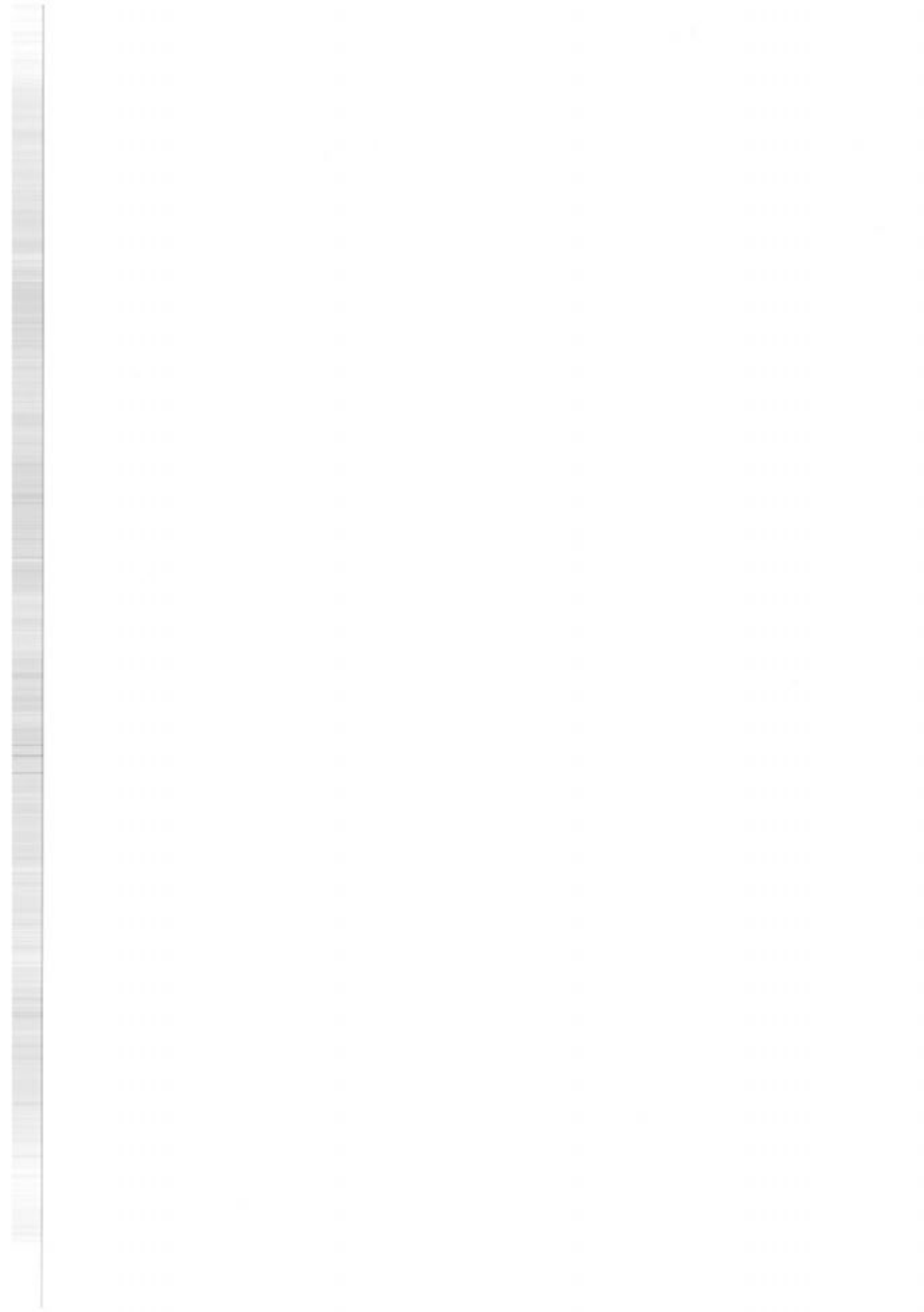
### “Theory of Life (Environment) ”

MORINAKA Toshiyuki

We have been offering summer intensive course (one credit) on the theme of “environment” for third-year high school students since 2006. We have been providing a four-day three-night program during summer vacation in Field Science Education and Research Center Kyoto University Ashiu Forest Research Station, one of the major old growth forests in Kansai region. In this course, students discuss “relationship between nature and human” each other based on the program experiencing old growth forest richly endowed with nature and lectures of researchers and local residents. We will report practical detail of this “theory of life (environment) ” and future challenges.

Key Words : Environmental education, Eco-tourism, Biological sciences education,  
School setting subject





# 美術館鑑賞をもとにしたテキスト作り

## — 附属天王寺中学校美術科の実践を通して —

しゅ とう とも こ  
首 藤 友 子

抄録：小学生向けの教科書を作成することを前提に、美術館での鑑賞で、これまで以上に鑑賞、表現、美術教育に関心を持つようになり、教育の幅が広がる。

キーワード：鑑賞教育、鑑賞体験の言語化、大学との連携、表現活動

### 1. はじめに

本校では、積極的に美術館や博物館に足をはこぶという興味を高めるための鑑賞教育の在り方を模索し、生徒の鑑賞能力にあわせたカリキュラムの研究をすすめている。

本校の生徒は附属中学校ということもあり、教育熱心な家庭が多く、知的好奇心の高い生徒も多い。にもかかわらず、一昨年に行った中1、中2対象のアンケートにより家庭で美術館に行ったことがない生徒が半数以上であることがわかってきた。そのため、少しでも「美術館や博物館が身近に感じられる」という学習目的を軸に、その年度に開催された展覧会の作品を題材とした鑑賞教育を取り入れた系統的なカリキュラムの構築を進めている。

### 2. 中学2年生の鑑賞教育

2年生では、実際に美術館や博物館でのアート鑑賞をもとに学習活動の展開をしている。美術館や博物館での鑑賞の授業展開は、教科担任制の中学校では難しい面がある。また、総合学習等で、一斉に美術館に行かせることができても、美術科として学習のねらいが達成できるとは限らない。そのため、長期休業(夏休み)を利用した美術館鑑賞を中心とした事前、事後の学習活動を展開することにした。

確かに美術館や博物館で鑑賞することだけでも意義は大きいものがある。美術作品を見ることで、色彩や形などの造形要素から受ける印象や空間から受け取る感覚とともに、興味を持って作者に関する知識や時代背景など知ることにもつながっていく。本物を見せ、本物に触れ本物を知ることの大切さは美術科教育にとって不可欠なものである。が、「見る」「知る」だけでなく、その鑑賞体験で自分へインプットされた情報や素直な感情や思いを、いかにアウトプットさせるかを前提とした学習を設定することで、鑑賞体験に幅を持たせることができる。今後の学習活動にどう結びつけるのかを明確にすることで、より学習のねらいが鮮明になり、事前学習も美術館や博物館に行くための指導だけでなく、鑑賞させ

た後の学習展開を考慮したものが設定できる。

そこで、鑑賞させた後の学習展開として次にあげる三通りを考えた。

① 文章化させる

レポートや感想文などを通して鑑賞作品に対しての学習を深め、鑑賞に対しての分析をし、自分の鑑賞体験をまとめることでアート作品やアート鑑賞への関心を高めさせる。

② 伝達させる

プレゼンや壁新聞などの発表を通して鑑賞してきたことを発表し、自分の鑑賞体験を通しての感動や感想を伝えることで、自分の鑑賞体験を深めさせる。

③ 表現させる

鑑賞作品の模写・スケッチをする、またその作品を参考にしながら自己表現させることで、鑑賞作品の創造的な表現の工夫などの理解を深めさせる。

設定した三通りのどの学習でも美術鑑賞に対しての関心を高め、自分の鑑賞体験を整理・分析することはできる。しかし、今後の学習にどれだけ活用できるかを考えるとどれをとっても不十分である。

例えば、生徒が自分の鑑賞体験を文章化することは、教師に対しての鑑賞体験の証拠を示すものであり、「評価をしてもらう」ために記述されたものでしかない。中には「見た」ということだけで終わってしまう場合もあり、アート作品やアート鑑賞への関心を高めさせるというねらいからは程遠いものになってしまいがちである。

また、プレゼンや壁新聞などを通して伝達させても、対象は同じ課題を受けているクラスメートや、教師でしかない。

鑑賞体験をそのまま表現につなげるということは難しいものがあり、アート作品の模写やスケッチをさせても、中学生の発達段階ではその意義を理解できるほど専門的な知識もスキルもないため、ただ絵を写しているだけの生徒も少なくない。もちろん、鑑賞体験がその後の表現活動に影響を与えるにちがいないが、これは長いスパンで見た学習の中で現れるものであり、鑑賞体験後の具体的な学習活動としての展開は難しい。

中学生の発達段階では、アート作品に対して好き嫌いや興味だけでは学習としては物足りなく感じる。かといって美術に対しての専門的な知識や教養が充実しているわけでもないため、専門的な学習の展開も無理がある。また、漠然とアート作品を見せても、個人の鑑賞に対する意識に差があるため、学習成果にも大きな差がでてくる。

では、鑑賞後の学習活動をどうするべきか。前述の三通りの学習展開を全て含めた「文章化してまとめ、伝達のための表現をする。」ということを考え、美術館で鑑賞してきたアート作品をもとに、「小学生向けのアート鑑賞のためのテキスト」の制作することにした。このように、具体的な第三者を想定したアウトプットを前提としたことで、生徒に鑑賞する段階で、鑑賞体験をもとにした伝達デザインの表現という目的意識を持たせ、鑑賞体験を広げることを行なった。

表現「小学生向けのアートブック」制作のための鑑賞となると、鑑賞するポイントが明確になり、具体化する。確かにこうすることによって、事後の学習活動に対して具体的な

プランニングも立てやすくなる。

ただ、テキストをつくることがメインの学習となりすぎると、鑑賞は制作のための準備であると考えられるようになり、鑑賞の基本であるアートを楽しみ、感動し共感することが希薄になる。そこで、ひとつのことに焦点を当てて「この目的のためにここを見てきなさい。」という指導を全面的に出さず、美術作品から受ける素直な感情や感覚も大切に鑑賞をすることを促し、「自分の鑑賞体験から受ける感覚や感情をベースに、これからの学習も意識しながらアート作品を鑑賞する。」というふたつの観点を目標とした。

### 3. 授業展開

4人1組のグループ編成を組み、美術館鑑賞、レポート作成、さらにテキスト制作まで、部分的に大阪教育大学大学院美術教育専攻の院生によるサポートを受けながら授業をすすめた。学習のねらいとおおまかな流れを説明し、美術館や博物館、ギャラリーの展覧会を紹介した後、場所の選択と日程調整をした。院生の〈鑑賞体験・芸術体験の言語化〉のデモンストレーション授業のあと、美術館の同行や、まとめの相談にのってもらうなど、中学生と院生がどう関わるか、検討した。

#### (1) 授業計画

授 業 計 画		時間	
1次	これからの授業の流れ説明 グループ分け	1	
授業の流れをおおまかに説明した後、4人1組のグループを編成した。グループは各クラスで自由に組ませた。また、大学院の授業とタイアップすることを伝えた。			
2次	夏休みの美術館・博物館・ギャラリー鑑賞の紹介と説明	1	資料2
パワーポイントによる美術館の紹介。最初は自分たちで夏休みに調べさせて自由に行かせようかと考えたが、図録の購入がテキストづくりに必要なのである程度絞った。			
3次	サポート院生紹介 ・院生によるプレゼンテーション 「このアート、ここがすごいねんで」	1	資料3
〈鑑賞体験・芸術体験の言語化〉のデモンストレーションの授業での、院生のパフォーマンスに圧倒された感じであった。院生がローテーションを組み、1クラス4パターンの内容を見せた。大学院生が作成した中学生向けテキストを見て興味を持った生徒が多く、テキスト作成の参考になった。			
4次	夏休みの計画表提出(行先の決定) レポートの書き方説明(夏休み課題)	1	
計画は行先と日程をグループで調整させた。クラブ活動の予定がある程度わかる夏休み直前の授業に計画を持ってきた。学校全体に教科としての課題を連絡してクラブや補習から考慮してもらっていることを伝えた。			

5次	中学生のアート鑑賞体験（実際にアートを観る） レポート作成	夏期 休業中	
各グループともスムーズに鑑賞したようである。4人で行くというのが生徒にとってはよかったようである。テキストをつくるということでパンフレット収集や写真撮影をしているグループもいた。			
6次	テキスト作成	6	
8つ切り画用紙に4人で共同制作 <準備物> ○小学校の教科書（参考にするため） ○テキストに使う作品の写真など <ul style="list-style-type: none"> <li>・パンフレット（生徒がもってきている）から</li> <li>・行った展覧会の図録から…カラーコピー</li> </ul> （行った展覧会の図録を教師が購入したり、生徒に頼んで購入し手用意） <ul style="list-style-type: none"> <li>・写真（許可を得て展覧会でとってきたもの）</li> </ul> ○色画用紙、トータルカラー（学校で用意）あとの材料は生徒が用意 ○文章はパソコンで作成（教室にパソコン1台とプリンター設置） 1グループ1枚を制作するということがあったが、同じ時間で8枚制作したグループや、テキストに登場させるキャラクターを考えるのに時間がかかったグループもあった。共同制作なので、制作までの企画立案に時間がかかった。			
7次	発表	2	
1グループ7分程度で、できあがったテキストを使って発表する。テキストを使って作業をしたグループもあった。しっかり計画をたてさせることが大切である。			

## (2) 大学院生によるデモンストレーションの授業展開

大阪教育大学の佐藤賢司先生と協議し、美術教育講座の大学院生による中学生に対して、<鑑賞体験・芸術体験の言語化>のデモンストレーションの授業展開を計画していただき「このアート、ここがすごいねんで」のテーマのもとにパフォーマンスを行なっていただいた。

自分が鑑賞で感じ取った素直な感情や思いを、「好き」「きれい」「きれいな」などという感覚的な受け止めだけでなく、その+αとして小学生にいかにかうまく自分たちが鑑賞したアート作品の魅力や感動を伝えるかということを意識する。その上で、アート作品から何を感じ取るのか、考えたその魅力は何だと考えたかを意識させることを、大学院生の授業を通して獲得させることにした。教師の指導は、極めて合理的であり、最短としての要点を絞ることで学習内容は整理され理解しやすく目標は明確になる。しかし、それだけだと今回のようにひとつの鑑賞体験に複合的な目的を設定し、鑑賞での個人の感覚や感情をベースにしながら、事後の学習活動に結びつけるには適切ではない。その点、例えば絵画のマチエールの特集であったり、彫塑の横顔を集めたものであったりと様々なバリエーションに富



んだ大学院生のパフォーマンスは、中学生の美術鑑賞への興味を高め、自分たちが見つけたお薦めのアート作品を小学生向けテキストとして制作するモチベーションを高めることができた。大学院生のパフォーマンスを見て自分が気に入ったものをしっかり持っておかないと小学生に対してお薦めのアート作品のテキストは作られないと感じたとレポートに記述した生徒もいた。

ふたつの観点を目標とし、鑑賞後の「小学生向けのアートブック」制作は知らせるだけで詳しい説明は控えたが、どの作品が魅力的かを考えて、気に入った作品の特徴と面白さをまとめて伝えてくれる、大学院生のパフォーマンスを通して自分たちも、同じ様に美術館や博物館で見たお気に入りのアート作品を小学生に紹介するのだと感じてくれ、十分なテクニカルタームの提供となった。

《大学院生の授業を受ける生徒》



(3) テキスト作成のキーポイント

大学院生が中学生のために制作してくれたテキストが、中学生が小学生のために制作するテキストと同じ意味を持つことを知らせることは大きな意義があると考え、大学院と中学校でのテキスト制作のキーポイントを統一した。

○ 何を観るか

- 情報収集 …… どんなアート作品を観るか  
美術館やギャラリーなどでどんな展覧会が行われているか
- 選択 …… 限られた時期の中で目的に合った展覧会の選択  
鑑賞した作品の中でテキストとして伝えたい作品の選択  
グループによる美術館・ギャラリーでの鑑賞

○ 「魅力」の創出

- なぜそれが「いい」のか …… 感覚的なものから分析発展  
伝達に向けての作品の分析
- どうアピールするか …… その魅力を伝えるには

鑑賞したアート作品をもとにレポート作成

○ どう伝えるのか

- 伝え方を考える …… 魅力あるデザイン・魅力ある内容

- 伝える対象に寄り添う伝え方を考える。  
対象への意識  
すぐれたテキスト …… 対象に向くテキスト  
アートに興味を持つテキスト

#### テキスト制作の内容・レイアウト検討

同じキーポイントで制作したテキストであるが、大学院生と中学生では随分と差がある。大阪教育大学美術教育講座、佐藤賢司準教授は、大阪教育大学『教科教育学論集No.7』で大学院生はテキストを制作するにあたり、『これは、大学院生にとって、始めは存外に難しい作業であったようだ。彼らの多くが美術の専門であるためか、個人的な見解ではなく美術史的な意味での説明や価値付けから離れられない。そして、そのため勢い専門的な用語で対象を説明しようとしてしまう。「かみくだけない」のだ。』と記述されている。

その点、中学生はあまり気負いもなく楽しんで制作することができた。自分たちより下の学年が対象ということもあり制作に対して張り切っている姿も見られた。低学年（1、2年生）中学年（3、4年生）高学年（5、6年生）と対象を3通りにし、A組は低学年を、B組は中学年を、C組は高学年をD組はそれぞれグループで対象を分け制作させたが、気にすることは小学生が習得している漢字ぐらいであとは和気藹々と制作できた。楽しむあまり、テキストという事を忘れ個人的な趣味に走るグループもあった。

#### （4）評価

評価は、レポートと制作中の活動、テキストのデザインを中心に行った。

##### ○レポート

###### 評価の観点

自分の鑑賞体験がしっかりまとめられていて、選んだアート作品の小学生に伝えるポイントが明確に示されているか。

##### ○テキスト

###### 評価の観点

- ① 内容 … 対象に考えたわかりやすい内容になっているか。
- ② デザイン … 魅力的なデザインやレイアウトが考えられているか。
- ③ 色彩 … 内容やデザインを考えて効果的な色彩を使っているか。
- ④ 全体 … テキストとしての全体の完成度

##### ○制作中の活動状況

活動時の生徒の評価をこまめに行い、それに加え、その時間の内容をコメントとして書かせたものとグループ内での相互評価のアンケート、役割分担などの評価を行った。グループ内での相互評価は予想よりも自分たちの学習活動の分析ができていて、中心になっている生徒に対して高い評価がみられ教師の毎時間の評価とあまり差がなかった。

個人として評価する部分とグループで評価する部分をきっちり設定し、その評価規

準を事前に生徒に明確しておく。特に、夏期休業中のグループ活動に関してはグループとしての評価ではなく個人としての評価が望ましい。評価に関しては、これからも研究・改善をすすめていく必要がある。

#### (5) これからの授業計画

2007年度は実施初年度であり、大学院の授業との連携や中学校での学習活動全般に関して手探りでの実践であり反省点も多かった。が、見方を変えると何もないところからのスタートということで、教師の指導のねらいや思いを授業の中で生徒にぶつけることができた。例えば、鑑賞のための表現か、表現のための鑑賞かなどのねらいの設定から模索・検討し、院生の授業もそのねらいの中に組み入れることができた。

2年目の2008年度の授業計画も前年度と同じ流れですすめた。反省点を踏まえて改善され授業がスムーズに運ぶという利点はある、また、昨年度制作したテキストや原画が存在する。導入でそれを見せると生徒たちは「テキストを制作するために美術館に行く。」という「この目的のために何を見ようか。」という流れになりになるのは必然的であり、ねらいも表現のための鑑賞という傾向が強くなってしまったため、せっかく美術館に行ってもアートを楽しみ、感動し共感することがより希薄になるのではないかと懸念したが、反対に目的意識が明確になることで鑑賞への意欲は高まった。また、昨年度制作のテキストや原画の存在が、次年度のテキスト制作にどのような影響を及ぼすのか、例えば、模倣による独創性の欠如など不安な要素もあったが、結果として企画立案に大きく役立ち、生徒たちにさらなる高いレベルへの挑戦が見られた。

## 4. 生徒の作品から

### (1) テキスト

テキスト制作に関しては、様々な工夫が見られ、紹介したい作品は多い。材料の工夫ではレースを貼りつけたもの、手でもんだトータルカラーを貼り付け和紙のような効果をだしたもの、マーブリングした紙などがあった。タイトル文字のデザインも独自のレタリング、パソコンでの打ち出したもの、紙に穴をあけて文字をつくったもの、反転などいろいろであった。パソコンで打ち出した文字もそれだけを貼るのではなくいろいろと手を加えたものが多かった。

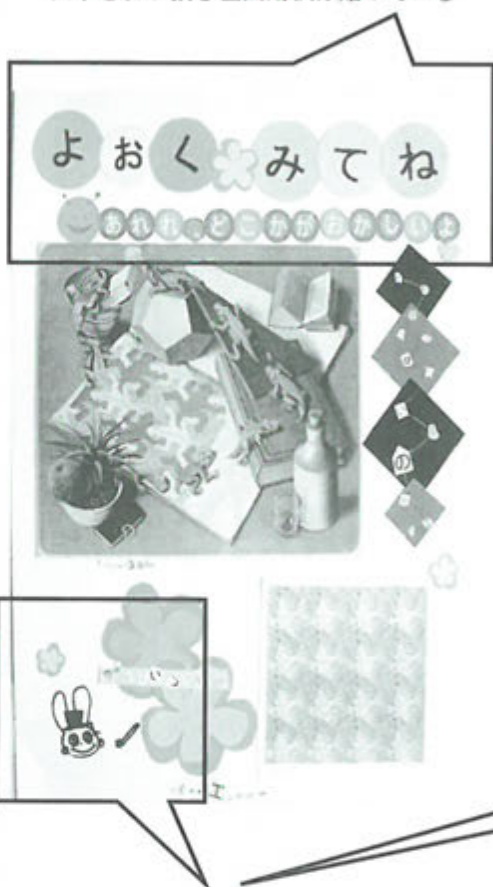
内容も予想以上に考えられていた。楽しみながらアート作品に親しむことができるようにいろいろな工夫が見られた。テキストを用いて、知識や情報を得るだけでなくゲームや遊びを通してアート作品に親しむというプログラムが多く、パズルやクイズ、間違い探しのようなものもあった。素直な気持ちでアート作品と向き合い、楽しんでアート鑑賞やテキスト制作に取り組んだ成果がでていた。また、4人のグループ制作ということもあり、アート作品を通して様々なギャラリートークの展開があったことも制作に対してのモチベーションの高まりにつながった。

制作に使用するアート作品については、美術館で鑑賞したお勧めのアート作品を図録から選びカラーコピーした。

低学年対象に制作されたテキスト

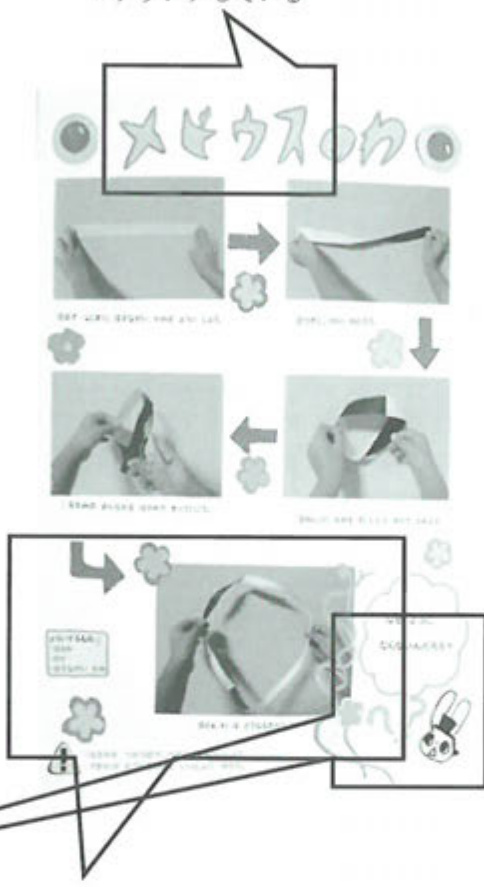
《エッシャーの作品をもとに制作したテキストの見開きページ》

パソコンで打ちだしたゴシック体の文字を切り抜き色画用紙は貼っている



ナビゲーターのキャラクターがデザインされている。

こちらは自分たちでレタリングしている



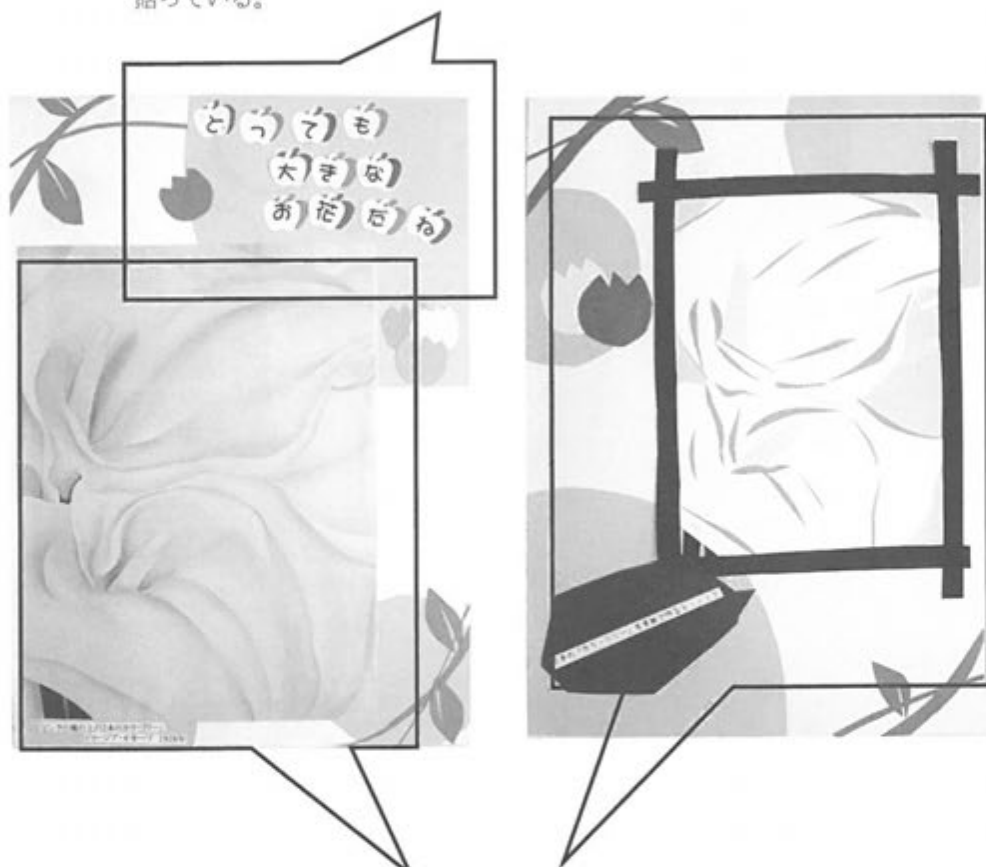
これらの写真はグループのひとりが妹をモデルに撮影している。

かなり手の込んだ作業もあったが、グループで楽しみながら制作することができた。また、エッシャーがモチーフとして好んだメビウスの輪の紹介では、モデルを使い作成の方法を示した。このテキストを使って、エッシャーの作品を鑑賞してから、メビウスの輪を作成する授業展開ができる。

中学年対象に制作されたテキスト

《ジョージア・オキーフの作品を色紙でつくってみようと促した見開きページ》

タイトルはパソコンで打ちだした文字をパンチングし  
同じようにパンチングしたトータルカラーと重ねて  
貼っている。



左は図録のコピー。右はその作品をもとに実際に色紙でつくったもの。  
資料はカラーではないのでわかりにくいですが、バックのデザインを統一し  
ているため、つくってみようかなという感じにさせる。

このグループは、8枚のテキストを制作した。絵を紹介するだけでなく、テキストにポ  
ケットをつくりパズルにしたり、顔を描き入れさせようとしたり、小学生が遊びを通して  
鑑賞体験できるよう様々な内容が考えられていた。



《顔を描いてみよう 見開きのページ》



《パズルをしてみよう 見開きのページ》

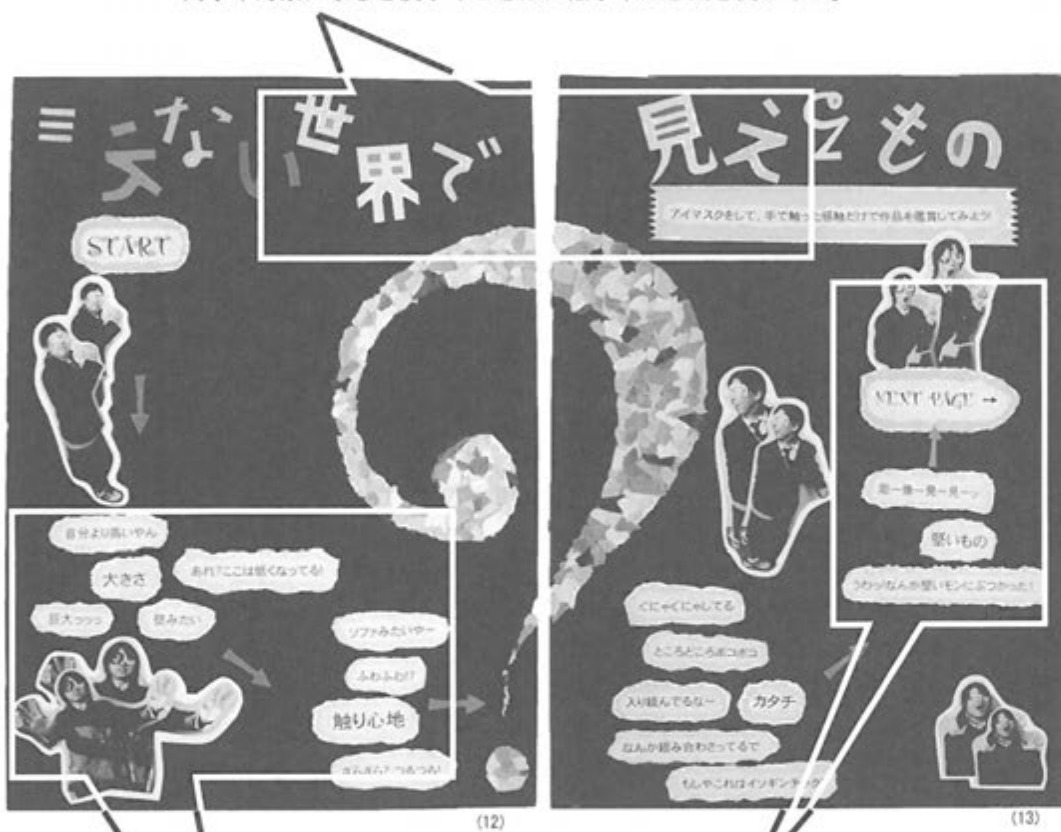
ポケットには切り抜かれた部分のピースが入っている。



高学年対象に制作されたテキスト

《自分の美術館での鑑賞体験の紹介をもとに制作した見開き4ページのテキスト》

トータルカラーで切り抜き文字は反転させたりしてデザインされている。  
高学年対象になると漢字やことばに低学年ほど気を使わない。



今回のナビゲーターは美術館で鑑賞の時にもらってきた  
アイマスクをつけた自分たちの写真を撮りそれを使った。

自分たちが、アイマスクをつけ作品を手で触って鑑賞したことの驚きと  
手の触覚による鑑賞を伝えることで追体験してほしいというねらいでテ  
キストがつくられている。

実際の美術館での様子と各自の感想を掲載してある。アート鑑賞というと、視覚を通し  
ての鑑賞体験が中心となるが、触覚による鑑賞体験を紹介している。自分たちが美術館で  
体験したサプライズも伝えたいと工夫されている。

## 5. つながる鑑賞体験

### (1) 鑑賞体験の言語化

新学習指導要領では、鑑賞教育に関し、現行のアート作品を通して「味わう、関心を高める、理解を深める」という表現から「説明し語り合う、自分の価値意識をもって批評しあう」という鑑賞体験を言語化するということが明示された。では、今まで鑑賞体験の言語化がされていなかったかというところではない。授業で制作された作品の批評や、鑑賞体験に対してのレポート作成やワークシートの記入がなされてきた。が、作品の批評やレポート作成やワークシートの記入にみられる鑑賞体験の言語化は、その単元のまとめとなる場合が多く、以後の具体的な学習活動につながることはなかった。美術の専門でない大部分の中学生は鑑賞体験の記述や言語化を通して自分の体験の再確認や、他者との共有、追体験をすることで、その後の学習に活かそうとしても、つながることなくそこでとぎれてしまう。そのため、指導者側が意図して言語化された鑑賞体験を次の具体的な学習へとつなげる必要があるのではないかと考える。

今回の鑑賞体験から「小学生向けのアート鑑賞のためのテキスト」の制作につなげる学習では、教育活動の様々な場面で鑑賞体験の言語化が見られた。

#### ① 美術館や博物館での鑑賞体験

ひとりで鑑賞するのではなく、グループで行くため自然とギャラリートークが生じる。また、レポート作成のためメモをとったりグループで打ち合わせをしたり、テキストに使うための作品の選択など相談することになる。

#### ② レポート作成

自身の鑑賞体験の確認を行うとともに、グループでのレポート作成時には他者の意見を聞くことで鑑賞の共有、追体験ができる。

#### ③ テキスト制作のためのアート作品の選出

図録を見ながらテキストに使うアート作品を選ぶための相談することで、美術館や博物館での鑑賞体験を振り返り、図録による詳しい資料をもとに美術館や博物館で当日できなかったギャラリートークを展開することになる。

#### ④ テキスト制作

デザインを考える際、形や色彩など考えるため、その作品の持つ美術的要素を分析・考慮しながら相談することになる。

#### ⑤ テキストを使っでの発表

制作したテキストをもとに説明し合い批評し合うことで、作品に対する見方や感じ方を広げることができる。また、テキストに使われているアート作品の魅力を紹介することで、伝達するための鑑賞体験の言語化がなされる。

#### ⑥ 大学院生の鑑賞体験・芸術体験の言語化の授業

大学院生が制作したテキストを見るだけでも自分独自の作品の見方や鑑賞の仕方について学ぶことが多い。しかも紙媒体で伝えるだけではなく、大学院生の行うパフォーマンスを見て自分が見つけたアート作品の魅力を伝える難しさと楽しさを感じることができる。

学校現場では、表現に時間を費やしがちであり、鑑賞と表現のリンクがうまくされていないことが多くみられる。そのため鑑賞に充てる授業時数を十分確保することが困難である。テキスト制作では、デザインの表現をしながら鑑賞体験を深めることができた。

お互い感覚的なものを出し合い、作品の分析を行い、魅力あるデザインや内容を検討した。また、選択されたアート作品の知識も得なければならなかったため、制作中に何度も図録を見るのが繰り返された。図録は単に選んだアート作品のカラーコピーを取るためのものと購入したが、繰り返し見る生徒が多く、他のグループが購入した自分たちが行っていない美術館や博物館の図録にも興味を持った。

このように、制作中のグループでの話し合いの内容だけをとってもギャラリートークが深まった。鑑賞体験をもとにして表現する学習活動の中に多様な発展性を臨むことができると授業をしていて手応えを感じることができた。

## (2) テキストを使用した小学校での授業

テキストを使用して小学校で授業する機会はないかと考え、大阪教育大学付属天王寺小学校で大学院生による授業をさせていただいた。制作したテキストを使用して授業を行うことで、この学習の成果と課題がわかってくる。最初は小学校の先生にお願いするつもりでいたが、大学院生が授業で指導案を作成し授業を行った。

2年生3クラス、4年生1クラス、5年生1クラスと制作した3冊のテキストを使用して授業が行われた。はじめての試みで、指導案に目を通したもののどんな授業になるのか全く予想がつかなかったが本校の生徒が制作した「小学生向けのアートブック」がテキストとしてどのように活用されるのかという思いで授業を見させていただいた。小学生に慣れ親しんでいない大学院生の児童とのやりとりで戸惑う場面や授業の不慣れさからくる発問などの不十分さも見られたが、小学生対象ということで、児童の興味関心を引こうとする授業内容の工夫が見られた。

実際の授業でテキストとしての活用性の有無が顕著にわかり、多くの反省点と課題を残した。「小学生向けのアートブック」制作を指導するにあたって、小学生の発達段階や小学校の図画工作の学習指導案も熟知する必要がある。今回はテキストを使ってどんな授業をするかという授業展開であったが、次はテキストをどれだけ使って授業をするか（どれだけ多くテキストを用いて授業ができるか。）という授業展開を大学院と連携して考えていきたい。

小学校での授業の報告は制作した中学生の励みになり、次年度の生徒の制作に対するモチベーションを高められる。「小学生向けのアートブック」を媒体にして多様な角度からひとつの学習活動に対して分析、研究することができる。

このように、美術館鑑賞をベースにした学習から、いろいろな学習につなげていくことができる。

# Creation of Original Textbook Based on Student' Gallery Appreciation

SHUTOU Tomoko

Students become interested in art education, expression on results of their workshops etc. . . . more than before, after studying to make art textbook of the primary school which was based on Art Appreciation and Gallery visits.

Key Words : art appreciation , original text book , gallery visits



# 本校の研究体験旅行について

## — その歴史と課題 —

とみ た だい すけ  
富 田 大 介

抄録：本校で行っている「研究体験旅行」は、旧来の修学旅行を改善することから生まれてきた。まずはその修学旅行の変遷を概観し、本校としてその旅行の中で何を大切に、それがどのように体験旅行に引き継がれたかを検証したい。また現在行われている「研究体験旅行」の問題点をできるだけ網羅的に列挙し、今後の検討の材料とする。

キーワード：修学旅行、研究体験旅行

本校では現在「研究体験旅行」という名称で、第2学年秋に行き先を道東と、道央、沖縄の3方面に分け、15名ほどの教員を配置し、生徒に研究・体験をさせるということを目的として宿泊行事をおこなっている。この長期宿泊旅行が現在のような形態になってから10年以上経過した。ここでは現在の研究体験旅行の母体となった修学旅行がどのようなものであったか、どのような理念を持ち、何を大切にしてきたかを振り返り、現在行われている研究体験旅行では、何が改善されているのかを整理、検討し今後の在り方を探る場としたい。なおこの考察は、2008年秋の50回全附属高等学校部会研究大会で発表したものを元としている。

### 【1】 修学旅行の変遷

今まで行われてきた修学旅行を実施時期、学年、日数で分けると以下の表のようになる。

	実施期生	実施学年	時期	日数	行き先
1	1～4	2	夏期休暇中	12日	全道
2	5～8	2	5月末	12日	東北、全道
3	9～13	2	6月中旬	10日	全道
4	14～22	2	5月末	8日	東北、道南
5	23～32	3	5月末	9日	道東
6	33～37	2	10月上旬	8日	道東
7	38～40	2	10月上旬	7日	道東
8	41～	2	10月上旬	6日	2～3方面

1～7が従来の修学旅行であり、以下の3点を目的として行われてきた。

- 1 大自然に親しむこと、
- 2 集団生活を通じて友情を深め望ましい人間関係・自主性及び責任感の育成をはかる
- 3 日常生活にはない風物に接し、人生経験を豊かにする

そして表の8が現在行われている研究体験旅行にあたる。ここでは研究体験旅行の原型となっていた修学旅行が、どのような形で行われてきたのかを概観する。

#### 1) 1期～4期

7月末から8月上旬にかけて。「日本海」を使って函館に入り、洞爺湖、昭和新山、登別、白老、札幌、層雲峡、阿寒湖、摩周湖、美幌峠、原生花園をまわるコース。

修学旅行の目的をふまえ、大阪とは気候、風物とも違っており、大自然があり、さらに国境を感じることができるということで、北海道が選定された。道内での滞在は7日間程度。

#### 2) 5期～8期

5月末から6月中旬。コースとしては上記とほぼ同じではあるが、東北十和田湖が旅程に加えられ、その地まで普通列車で27時間かけてゆき、3日目からは1のコースに戻っている。

#### 3) 9期～13期

日数が12日間から10日間と短縮された。新幹線と寝台車を使用したため。

#### 4) 14期～22期

前半が東北、後半が道南に限定され、道東がコースから外された。またはじめて本格的な自由散策が加えられる。これは 1 旅費の高騰、 2 コースの観光地化、 3 観光中心方式への反省、等を考慮した上での変更。

- ・ 17期生の場合 (⇒: 列車、もしくは船移動 →: バス移動)

初日	夕	新大阪駅集合	⇒	東京	⇒	上野	⇒	(北星)盛岡	(車中泊)
2日目		盛岡	→	八幡平	→	十和田湖畔			(十和田湖畔)
3日目		十和田湖遊覧船	→	奥入瀬溪流	→	十和田高原			(十和田高原)
4日目		青森	⇒	函館山	→	大沼公園	→	洞爺湖	(洞爺湖)
5日目		定山溪	→	札幌(自由時間、4時間)	→	支笏湖			(支笏湖)
6日目		支笏湖中心の自由散策プラン(恵庭岳、キリング、牧場訪問等)							(支笏湖)
7日目		昭和新山	→	函館	⇒	青森	⇒	(ゆうづる)上野	(車中泊)
8日目		早朝上野	⇒	新大阪					昼解散

#### 5) 23期～32期

ここで実施時期が2年春から3年春に変更された。職員会議で修学旅行のあり方について大きな議論となり、修学旅行を廃止するという方向も検討された。生徒は自主性・社会

性も未発達であり、全体として幼稚化していて修学旅行を楽しむには十分成長しておらず、修学旅行を行う価値がないという意見であった。色々検討され、結果としては実施時期を2年春から、自治会行事を経験し終えた3年春に変更することが提案された。また行き先も東北・道南からより自然が残されている道東に変更し、養老牛を中心とした修学旅行が計画された。

計画では養老牛を中心とした選択プラン（教員の方があらかじめ設定しているコース）が2日もうけられ、網走では自由コースが設定された。

#### ・32期生の場合

初日 昼 新大阪集合 ⇒ 東京 ⇒ 上野 ⇒ (北斗星1・3号) 千歳 (車中泊)  
2日目 千歳 ⇒ 釧路 ⇒ 養老牛温泉 (養老牛)  
3日目 選択プラン (納沙布、霧多布、摩周湖、ファームステイ等) (養老牛)  
4日目 同上 (阿寒湖、釧路湿原、トドワラ等) (養老牛)  
5日目 養老牛 → 知床峠 → ウトロ → 原生花園 → 網走 (網走)  
6日目 網走を中心とした自由コース (イクリング、網走、サロマ湖、浜小清水) (網走)  
7日目 網走 → サロマ湖 → 石北峠 → 層雲峡 (層雲峡)  
8日目 層雲峡 → 旭川 ⇒ 札幌 ⇒ 函館 ⇒ (日本海) 大阪へ (車中泊)  
9日目 午前 大阪解散

\*31期では青函連絡船廃止にともない、仙台から苫小牧まで航路を利用した。

32期以降は青函トンネルを利用して北海道に渡っている。

#### 6) 33期～37期

昭和63年7月20日の職員会議で1年生学年団から33期生修学旅行の2年秋への変更が提案された。大きな変更であるので「行事検討委員会」を設置し、委員会で数回議論された後、再度職員会議に“2年秋への変更”が提案された。いくつかの疑問は出されたものの、最終的には会議で承認され、2年秋の修学旅行が始まった。3年春ではやはり受験への抵抗があった。32期の場合も事前に2名が不参加を事前に宣言しており、結果として5名の不参加となっていた。

旅程はほとんど変わらないが、網走から直行で大阪に向かっており、1日短縮されている。

#### ・33期生の場合

初日 昼 新大阪 ⇒ 東京・上野 ⇒ (寝台特急) 千歳 (車中泊)  
2日目 千歳 ⇒ (あおぞら) 釧路 → 夕、中標津・養老牛 (養老牛)  
3日目 選択プラン (養老牛)  
4日目 同上 (養老牛)  
5日目 養老牛 → 知床峠 → ウトロ → 原生花園 → 網走 (網走)  
6日目 網走を中心とした自由プラン (網走)  
7日目 網走 → 北見 → 銀河流星の滝 → 旭川 ⇒ 札幌 ⇒ 上野(車中泊)  
8日目 上野 ⇒ 東京 ⇒ 新大阪 夕解散

\* 37期の担任団からはより新しい修学旅行を目指して、平成4年6月にモンゴルへの修学旅行が提案された。ただし、あまりに時期尚早とのことで会議では否決された。よって従来と同じ枠組みの修学旅行となった。一方、生徒により主体的に活動させるため、養老牛の教師主導の選択プランを生徒自らが決定する自由プランとし、学校手配のバスだけの移動ではなく、自分たちで行動させることにした。そのことが次の38期生のプランに結びつく。

#### 7) 38期～40期

38期生では養老牛でさらに1泊多くとり、養老牛を3連泊から4連泊とし、また従来の選択プランから、より自由度の高い生徒主導の自由プランとした。またそれまで養老牛から網走までを1日を使った全体研修(上記の5日目)としていたが、それを網走の自由プランに当てた。選択プランや全体研修を、グループを中心とした自由プランにしたことは、生徒により主体的に行動する機会を与えた。生徒の満足度も上がったようだ。

もうひとつの大きな変更点は帰路における飛行機の使用である。そのため最終日にも網走半日自由プランが組み込まれ、さらに日数も1日短縮されることとなった。

修学旅行の行き帰りに制服ではなく、自由服の着用を認めたのも38期からであった。

##### ・38期生の場合

初日	昼	新大阪	⇒	東京・上野	⇒	(寝台特急)千歳	(車中泊)
2日目		千歳	⇒	(あおぞら)釧路	⇒	夕刻、中標津・養老牛	(養老牛)
3日目		養老牛温泉	を中心とした自由プラン				(養老牛)
4日目		同上					(養老牛)
5日目		同上					(養老牛)
6日目		養老牛温泉	⇒	網走	午後網走	を中心とした自由プラン	(網走)
7日目		午前網走	を中心とした自由プラン	昼	女満別空港	⇒	関西空港

#### 【Ⅱ】新しい修学旅行、研究体験旅行への取り組み — 委員会の活動を中心に

上記のように従来の修学旅行において、その行動単位や交通手段に改良が加えられている中で、修学旅行委員会が設置され、根本的な見直しが行われた。特に37期学年団が提案し、否決されたモンゴルへの修学旅行の提案が旅行委員会設置の大きなきっかけとなった。その旅行委員会の活動を中心に修学旅行、体験旅行を検討する。

##### 1) 平成4年度

平成4年度、修学旅行検討委員会が設置され、新しい修学旅行への模索が始まった。その中では現行の修学旅行での問題点として、

- 1 生徒の幼稚化によって、生徒と教員の双方にとって楽しいものではなくなってきた。
- 2 移動の時間が多く、ゆとりがない。費用が割高に感じられる。
- 3 修学旅行の形態のマンネリ化。
- 4 集団で行く旅行形態の意義を中心とした見直し必要。

5 附中での基地方式の修学旅行と比較した場合の、生徒の充実感のなさ。  
を指摘している。そこで「従来の修学旅行を目的別に小集団で旅行する宿泊行事に変更する」方向で検討を始めた。

## 2) 平成5年度

行き先を再検討し、以下のような案が出された。

- 1 道東の自然探索
- 2 道北の自然散策
- 3 東北の国文学、民俗学探究
- 4 屋久島の生態研究
- 5 沖縄の平和教育
- 6 琵琶湖の水環境
- 7 韓国の歴史文化
- 8 インドネシアのアジア体験

行き先だけでなく、そこで何を研修させるのかということもかなり意識していた。次年度に6, 7以外を下見することが決定した。

## 3) 平成6年度

研修旅行の特徴として

- 1 生徒と教員とが一つの目的意識を持って共同で作り上げていくもの。
- 2 生徒の興味関心に少しでも対応する複数のコースを設定する。
- 3 180人の集団の中では埋没してしまったりはみ出してしまった生徒も、小さい集団の中では生きてくる可能性がある。
- 4 物見遊山的な主体性のない、また自主性のない旅行ではなくなる。

を上げ、また問題点として

- 1 小集団になるため、費用がかかりすぎるのではないか。
- 2 行き先の人数と生徒の希望とのアンバランスの調整をどのようにするのか。

を指摘している。そしてインドネシア、屋久島、沖縄、道東、道北の下見を実施した上で、以下のプランを平成7年1月24日に提案した。

### [コース]

	行き先	募集人数	日数	費用	付き添い教員数
1	インドネシア	30～50	5～6日	12万円	3名
2	沖縄	15～30	5～6日	12万円	2名
3	道東	45～90	5～6日	13万円	3名
4	道北	30～45	5～6日	13万円	2名

### [コース決定方式]

入学時に研修旅行オリエンテーションのあと、第2希望までコースの希望を聞く。  
募集人員をオーバーした場合は第2希望にまわる。

### [実施時期]

平成7年度入学生（第40期生）高2の10月上旬。

### [付き添い教員]

4コース×2～3人＝10人程度の教員が付き添う。生徒15人につき教員一人の割合で、そのうち担当学年である2年生の担任はそれぞれのコースを分担する。



## [研修]

事前研修として1年次より始め、事後報告書を作成すること。

上記の提案の2週間後にコースは3コースに変更、付添教員数も以下のように再提案された。実施も41期生からとなり、平成7年度は教員の事前研修に当てられた。

- |   |                |            |
|---|----------------|------------|
| 1 | インドネシア         | (付添教員数 4名) |
| 2 | 沖縄             | (付添教員数 3名) |
| 3 | 北海道(道東、もしくは道北) | (付添教員数 3名) |

そして、平成8年4月に41期生が入学し、新しい研究体験旅行が始動しはじめた。

## 【Ⅲ】新しい研究体験旅行の実際、及び研修について

研究体験旅行とは、目的地を選択し、そのうえで自ら研究テーマを設定し、その目的地を旅行することを通して、主体的に様々な研究活動に取り組み、かつ体験活動を行うところにその意義がある。そのため旅行先では物見遊山に終わるのではなく、設定したテーマをもって調査活動し、そして旅行終了後、その成果を報告書としてまとめていくことになる。この第1学年から第2学年末にかけての一連の活動を研究体験旅行(EDCAN)と呼んでいる。それは「文化、芸術、自然の存在とその発見」の英文である The Existence and Discovery of Culture, Art and Nature の頭文字をとって名付けられた。ここでは最初に体験旅行が行われた41期生のものと、比較的最近行われた50期のものとを概観する。

### A 41期生の研究体験旅行

初年度の研究・体験旅行実施要項では目的として次のように定めている。

- 1 事前研修の成果を直接確認することで、自主的研究の完成を目指す。
- 2 現地での体験を通じて、国際化・情報化・多様化の進む社会を生きる主体的な態度や能力を育成する。
- 3 多様な文化に触れ、互いの違いを実感することで、より深い文化への理解を促すとともに、国際社会における日本の立場を意識させる。

特に3はインドネシアという本校初の海外コースを強く意識した目的となっている。日程は10月3日(金)から8日(水)の5泊6日

#### 1) 3方面の旅程

<北海道> 参加者 男子 65名 女子37名 計102名

付添 5名(内1人養護教諭) \*は教師が提示した選択コース

- |     |                               |            |
|-----|-------------------------------|------------|
| 初日  | 午前 関空 ⇒ 女満別空港 → 養老牛           | (養老牛泊)     |
| 2日目 | *キャンプ(達古武湖)、*阿寒、*釧路、自転車       | (養老牛、キャンプ) |
| 3日目 | *キャンプ、*知床、*阿寒、自転車             | (養老牛)      |
| 4日目 | ファームステイ、阿寒、*屈斜路摩周、*釧路、牧場、宿舎周辺 |            |

(養老牛、ファームステイ)

- 5日目 ファームステイ、\*知床、\*釧路、牧場、宿舎周辺、カヌー (養老牛)  
6日目 養老牛温泉 → 美幌峠 → 女満別空港 → 関空

<沖縄> 参加者 男子 22名 女子 5名 計27名 付添 3名  
初日 午前 関空 → 那覇空港→糸数壕→平和の礎→ひめゆりの塔→琉球の館  
(那覇泊)

2日目 選択研修 サイクリング、知念海洋センター、玉泉洞、釣り、バスコース  
(那覇泊)

3日目 首里城 →那覇空港→石垣空港→石垣港→西表大原港→宿舎 (西表泊)

4日目 ダイビング・裏内川エコツアー (西表泊)

5日目 ビナイサーラの滝、仲間川遊覧・由布島、バスコース (西表泊)

6日目 西表 → 竹富島 → 石垣島 → 石垣空港 → 関西空港

<インドネシア> 参加者 男子 7名 女子 43名 計50名 付添 4名  
初日 午前関空⇒ジャカルタ⇒ジョグジャカルタ→宿舎 (ジョグジャ泊)

2日目 ボロボドゥール遺跡→プランバナ遺跡、野外劇場観劇→宿舎 (ジョグジャ泊)

3日目 午前 ムハマディ第一高校と交流会  
午後 選択コース (ジャワ原人発掘現場、美術館・パティック等)

4日目 午前 伝統芸術学校  
午後 芸術学校・カリウラン高原・王宮 タインド洋 (ジョグジャ泊)

5日目 午前 ソアト博物館 午後 プリンパジ市場散策 (交流班) ジョグジャカルタ  
⇒ ジャカルタ (機内泊)

6日目 ⇒ 午前 関空  
(但し最終的にはフライトの関係で最終日にバリで一泊することになった。)

## 2) 事前研修

### 1年次

- 5月28日 オリエンテーション 研究体験旅行の趣旨説明  
10月30日 コース別説明会  
11月11日 コース決定  
26日 コース別説明会 研修の進め方の説明  
12月13日 事前研修説明会 グループ分けと課題の提示  
1月14日 コース別研修Ⅰ 歴史について  
2月4日 コース別研修Ⅱ 文化について  
18日 コース別研修Ⅲ 自然について  
3月10日 コース別講演会 外部講師による講演会

### 2年次

- 4月21日 テーマ決定、委員決定  
6月23日 日程の検討

7月15日	研修内容、日程の検討
夏期休暇	グループごとに研修
9月22日	葉完成
9月29日	最終チェック

3) 総括では ① 事前研修の質と量の見直し、② 生徒のコースを選択する際の情報を多くする必要性、③ また1年次事前研修におけるコース別研修Ⅰ～Ⅲについては動機付けが浅く深まりがなかった、とまとめている。附高祭との関わりについては、「本年度は附高祭がなかったので、準備に時間がさけた。また旅行委員と附高祭の実行委員とが重なると過大な負担になるので、重ならない工夫が必要であろうし、いろんな生徒がそれぞれの場で活躍できる集団に成長させる必要がある。」と述べており、また付添教員の人数不足、教員の役割分担の明確化、保護者との連携等を指摘している。

その後インドネシアコースについては、政情不安のため、平成10年度(42期生)は中止となった。それにともないインドネシアコースの生徒は道東と沖縄に振り分けられた。インドネシアコースは平成11年度(43期生)にバリ島を目的地として再度コースに加わった。文化的にも国際化という観点からも有意義な研修と体験が行われていたが、そのコースも平成13年(45期生)を最後に、テロ等の恐れから当分の間凍結することになった。以降平成14年、15年と沖縄、道東の2コースで運営してきた。しかし人数と宿舍の問題や多様性を求めるという本来の主旨から、やはり3方面が必要であると考え、平成16年度(48期生)から道央コースが設定され、3コースとして再開した。その間、第3のコースとして中国も検討され、下見も行われたが実現には至らなかった。

## B 50期生(平成18年度)の研究体験旅行

### 目的

- 1 事前研修の成果を直接確認することで、自主的研究の完成を目指す。
- 2 現地での体験を通じて、国際化・情報化・多様化の進む社会を生きる主体的な態度や能力を育成する。
- 3 多様な文化に触れ、互いの違いを実感することで、より深い文化への理解を促す。

### 1) 3方面の旅

<道東> 参加者 男子46名 女子38名 計84名 付添7名(内1名養護教諭)  
 初日 午前 関空 ⇒ 女満別空港 → 北方民族博物館 (網走泊)  
 2日目 知床分宿、知床、上湧別、 (網走・知床)  
 3日目 知床分宿、阿寒湖、屈斜路湖、 夜 星空観察 (養老牛)  
 4日目 根室分宿、ファームステイ、釧路、屈斜路湖、 (養老牛、根室、ファームステイ)  
 5日目 根室分宿、ファームステイ、釧路、屈斜路・阿寒、忠類川 (養老牛)  
 6日目 養老牛温泉 → 美幌峠 → 女満別空港 ⇒ 関空

<沖縄> 参加者 男子19名 女子25名 計44名 付添 4名

- 初日 午前 関空⇒那覇空港→ガマ→平和の礎→ひめゆりの塔→国際通り自由夕食  
(那覇泊)
- 2日目 選択研修 ナイフ、釣り、バスコース等 (那覇泊)
- 3日目 首里城→那覇空港→石垣空港石垣港→西表大原港→宿舎 講習会 (西表泊)
- 4日目 午前 ダイビングバスコース  
午後 ダイビング、その他 (西表泊)
- 5日目 午前 ダイビング その他、  
午後 ダイビング、その他 終日エコツアー (西表泊)
- 6日目 西表 → 竹富島 → 石垣島 → 石垣空港 ⇒ 関西空港

<道央> 参加者 男子16名 女子19名 計35名 付添 4名

- 初日 午前 関空⇒旭川→旭山動物園→宿舎 夜写真撮影講習会 (大雪山泊)
- 2日目 旭岳姿見の池 → キャンプ、宿舎周辺散策 (大雪山、キャンプ)
- 3日目 キャンプ、ナイフ等 (大雪山泊)
- 4日目 グループ別研修 (富良野泊)
- 5日目 富良野自然塾、ボタ山・夕張鹿鳴館見学、夕張石炭歴史村 (夕張市泊)
- 6日目 炭坑住宅見学 → ふるさとサケ館見学 → 新千歳空港 ⇒ 関空

## 2) 事前研修

### 1年次

- 10月24日 保護者会での説明
- 11月25日 生徒向け説明会 (例年よりかなり遅かった)
- 12月5日 希望コースの調査用紙提出 (道東97人、道央9人、沖縄60人)
- 12月22日 コースの決定 以降コース別の活動
- 1月20日 具体的な旅程の説明と活動内容についての説明
- 1月25日 テーマの決定と準備
- 2月1日 全体研修(自然)
- 2月8日 全体研修(文化)
- 2月15日 全体研修(歴史)
- 3月13日 沖縄方面 「GAMA 月桃の花」  
北海道方面「アイヌ文化」 居壁 太(いかべ ふとし)氏 講演会

### 2年次

- 4月14日 旅行委員選出
- 4月21日 研究班決定

以降できるだけ週一回の活動を確保し、各班の研究テーマ等を検討し、各班の行動を調整しながら、事前研修、現地での行動を決定していった。これ以降はコースや担当者によって進行の仕方は異なる。しかしおおむね以下のように進行することが多い。

- |    |             |     |         |
|----|-------------|-----|---------|
| 5月 | 研究テーマの決定    | 6月  | 各班の行動調整 |
| 7月 | 担当教諭との打ち合わせ | 8月  | 班ごとに研修  |
| 9月 | 細部調整、葉作成    | 10月 | 研究体験旅行  |



11月 報告書作成  
1月 原稿提出

12月 担当教諭との打ち合わせ  
3月 学年報告会

#### 【IV】考察 あるべき研究体験旅行とは

##### 1) 3コース分割について

当初研究体験旅行は、生徒の「旅行は盛り上がらねば」、という意識に対抗して検討された側面を持つ。そのため「従来の修学旅行を目的別に小集団で旅行する宿泊行事に変更する」方向で検討し、最終的にコースを3方向に分割し、生徒を40名～80名の3グループに分けた。このことは現状をみるならば成功しているように思う。以前は常に廃止、もしくは新しい修学旅行を模索してきたのだが、この数年はその声も大きくはなく、また3コースを廃止して学年全体で行う修学旅行スタイルに戻すとの声はほとんど聞かれない。確かに160名という集団はなかなか個別には対応しづらく、コースに分けたほうがいろいろな状況に対応しやすいし、目も行き届く。また付き添い教員も以前の修学旅行の場合、学年団5名、管理職1名、学年外2名、養護教諭もしくは看護師1名の9名であることが多く、生徒18名に教員1名の割合であったが、3コースの場合教員は15名、また各コースに看護師がつくため、大人は計18名となり生徒9名に1人、つまり以前の2倍の教員を配置していることになる。その分だけ手厚い対応ができているといえよう。

最初の体験旅行の予定では付き添い教員を全体で10名と考えていたようだ。だが道東での活動内容は生徒の活動をできる限り保証するものとなっており、コース参加人数がよほど変化しない限り、また活動を制限しない限り、付添い人数を現状以下に減らすことは考えにくい。また沖縄での安全対策、道央でのキャンプ活動の保証を考えるならば参加人数にもよるが両コースとも40名ほどであれば4名が妥当であろう。

一方で4コースとすることは可能であろうか。各コースの担当を担任団が担うとすれば、担任は4名であり、その中に自治会担当も必要であるので、3名のコース担当しか出せない。また新しい適切な魅力のあるコースを作ること、また4コースでの人数の調整の難しさを考えるならば、現在の3コースは妥当ではないか。ただコース担当を担任外でまかない、適切なコースを設定できるならば4コース X 40名 教員付添、16名ということも考えられるかも知れない。

##### 2) コースによる特徴、問題点

道東は修学旅行での経験もあり、ノウハウも蓄積されているのだが、人数も多く、また活動可能な日が、つまり生徒が考えなければならない日が4日フルに取れるため、最もコントロールが難しいコースとなる。他のコースのように全体研修的な企画や教師主導の魅力ある選択企画を検討するほうが、生徒も道東での活動が考えやすくなるかもしれない。ただ【1】でふれたように、修学旅行は全体企画や選択企画から自由プランに進化してきた。よって単に以前の形態に戻るだけでは問題は解決しないだろう。

沖縄コースはマイナーな変更はあるものの、基本的に大枠は変わっていない。沖縄本島では1日、西表では2日のフリーな日があるが、西表での活動は多くの生徒がダイビング



とエコツアーを選ぶため、道東に比べるとのならば選択肢は多くない（かといって満足度が決して低いわけではない。）教員にとってはダイビングなどの安全性に気を配る必要があるが、安定・成熟したコースといえよう。

道央は本年度で5年目を迎えた。当初なかなか人が集まらず、担当者は旭山動物園やキャンプなどを取り込むなど多くの工夫をしてきたコースである。現在は生徒の選択者も増え、安定したコースになりつつある。ただ工夫をしすぎると次は生徒の自由な活動を保証する日が少なくなってしまうのが問題点である。

一方以前あった海外のコースも再検討するべき時が来ているのではないか。確かに道央も1つのコースとして成熟しつつあるが、やはり地域的に道東と道央では重なることが多い。海外では不確定要素も多くいろいろな心配をしなければならないし、近年はサーチャージなどという問題もあるが、多様性を保証するという視点から考えるならば海外も常に頭の中に入れておくべきであろう。学校交流などを通じて生徒に多くのことを感じ取らせる機会を持っておきたい。

### 3) 研究内容と事前研修について、そして教員体制について

研究体験旅行とは、目的地を選択し、そのうえで自ら研究テーマを設定し、その目的地を旅行することを通して、主体的に様々な活動に取り組み、かつ体験活動を行うところにその意義がある。そのため旅行先では物見遊山に終わるのではなく、設定したテーマをもって調査活動し、そして旅行終了後、その成果を報告書としてまとめていくことになるのであるから、どのようなテーマを選定し、どのようにまとめているのか、が研究体験旅行の成否に直結する。

事前研修は1年次では、時期は多少違うものの、ほぼ同じ形式で行われている。1年の後半は生徒に調べさせ、発表させることになる。よってそれ以前に教員側がどのような情報をどれほど与えて、生徒の動機づけを行うのが重要になる。ここで学年ごとに研修内容はうまく引き継ぎが行われる必要がある。

一方2年次においては生徒の活動を考えながら、具体的に旅程を組んでいく必要もあり、なかなか研究に取り組みさせることができない。またコース担当者も生徒の人数が少なくても、作業内容は学年全体で行っていたときとほとんど変わらないため、常に作業に追われ、結果として研究テーマにまで力がまわらず、生徒任せになってしまうことが多い。さらに研究班の教員担当者を決めるのも夏休み前になることが多く、多くの場合1学期期末の前後に担当者と生徒とが最初に顔を合わせるようになる。結果として研究担当教員の事前指導が、終業式終了後の時間を利用した指導と2学期始業式後の指導だけで終わってしまうことも多い。

生徒に研究をさせるのならば、生徒にいかにもその気にならせるのか、その動機付けが最も重要である。そのためのノウハウを私たちは蓄積し、持たなければならない。現状では学年の学年3名のコース担当者は多くの場合、行事として本番を運営していくことで精魂尽き果ててしまうことが多いのではないかと。

この研究体験旅行が始まったときは、教員全員を3コースに分け、それぞれ沖縄チーム、

道東チーム、インドネシアチームとし、運営もこのチームが主体となっておこなうこととなっていた（そのため学年担任の負担はほとんどないといわれていた。実際はそうはならなかったが）。少なくとも研修活動は、このチーム制をとり、このチームの長が中心となっておこなうことはどうだろうか。またテーマ設定についても担任ではなく、このチームが行うことによって、毎年の経験が蓄積されていくだろうし、担任の負担は軽減する。何よりもテーマの継続性が期待できるし、現地との連携もよりスムーズになろう。またより早い研究班の担当者の決定にもつながるだろう。

また各コースの主担者も学年からではなく、このチームから出すことも考えられる。当初、修学旅行委員会が説明していたように、自治会活動は担任団が指導し、体験旅行はこのチームが指導することも1つのありかたであろう。以前の修学旅行の時代は、第2学年には生指の主担者と旅行の主担者との二人が多忙を極めていたが、他の二人の担任は比較的負担も軽く、主担者のサポートにまわることができた。しかし現在は生指の主担者と体験旅行の主担者3名、つまり担任はすべて大きな仕事を抱え込んでおり、以前のように他の担任をサポートする体制にはなっていない。よりよい体験旅行、また本校の特徴である自治会活動の改善のためにも、2年担任団の負担軽減は検討されなければならない。

#### 4) 生徒の研究テーマについて

本年度で研究体験旅行も、道央は5回、道東、沖縄については12回を数えた。研究テーマも時々素晴らしいテーマが生徒によって発掘されるが、ほぼ網羅されたのではないか。研究テーマといっても大学の論文ではない。少し視点を変えるだけで、生徒は目的地で新しい発見ができるであろう。またテーマを学年を超えて継続することにより、1つの研究の質を高めることになる。テーマについては教員の方でバリエーションにとんだ魅力のあるものを多く用意しておく必要がある。

たとえば50期生の道央コースでは、次ページのようにテーマを教員側から提示し、原則選択とした。テーマをこのように提示することにより、道央ではどのようなテーマ設定が可能なのか、あらかじめ予測できるであろうし、意味のないテーマ設定を防ぐことができよう。また教師の指導もやりやすくなる。このことは新しいテーマ設定を拒むものではない。この枠に収まらないものは、個別に対応すればいい。このような提示は無駄な時間をなくし、研究の質を高めることに大いに役に立つ。どのようなテーマ一覧を持ち得るかが教員集団の力量である。

研究は単独のものではなく、グループで取り組むこととしている。単独で行った方が緊張感もあり、中学での自由研究のようにより質的に高いものが生まれるかもしれない。ただ160のテーマを30名弱の教員が関与するのは、一人の教員が5つ以上のテーマを指導しなければならず、かなりの負担増になる。よって今のグループ制でおこなうしかないように思う。ただグループとなったときには中心的に活動する生徒と傍観する生徒にわかれてしまう。そこをうまく指導しなければならない。昨今大学との連携が言われているが、このテーマ研究で大学との連携を考え、生徒に緊張感を持たせると同時に研究の質の向上を目指すことも考えられる。

教員提示のテーマ	生徒設定のテーマ
大雪山系の自然（ナキウサギなど）	
十勝岳と火山火災	
アイヌ文化 （民族音楽・口承文芸・文様・織物）	貴師團が学ぶアイヌ音楽
三浦綾子の世界（氷点をたづねて）	
旭山動物園	日本一の before and after（旭山動物園） 旭山動物園
美瑛と前田真三の世界	道央の風情 — 美の追求 美瑛の風景画
ラベンダーと富良野	ファーム富田のラベンダー
夕張炭坑と北海道の歴史	
EDCAN道央のすすめ（ガイドビデオ）	EDCAN道央のすすめ（ビデオ作成） 北の国から

#### 5) 生徒の自治会活動と関係について

当初から自治会活動との関連は心配された。特に附高祭は9月上旬に行われており、その準備で6月から7月まで、2年生は中心学年として附高祭に大きくかかわる。また夏休みもその準備に追われ、本番以降の9月中旬はその疲れで生徒はぐったりしている時期である。その時に体験旅行の準備はピークを迎える。

体験旅行の時期としては3コース同時に行くのであれば、北海道という行き先を考えるとこれ以上寒くなる時期には移せないし、また6月は教育実習や附高祭の準備段階の大切な時期にあたり、ここで体験旅行を持ってこることもできない。よって今のような行事の中で旅行を実施するとすれば10月上旬以外に考えにくく、体験旅行と自治会行事は何らかの方法で棲み分けるしかない。

その一つの方法は生徒の係を重複させないことである。ただ実際には重複していることがきわめて多い。もう一つ考えられることは活動時間を分けることではないか。つまり放課後は附高祭の活動時間とし、体験旅行は授業時間内に限定するのだ。たとえば月曜の7限目を体験旅行の時間と設定し、その時間だけですべてを行うことは考えられないだろうか。7限目としたのは、他の教師も一斉に生徒に関われるためである。

#### 6) 旅行中の本校での授業の問題

体験旅行では約半数の15名程度の職員が1週間付き添う。その分だけ手厚い対応ができるのだが、一方で学校では1年と3年の授業で多くの課題学習が出てしまうことになる。そのため、10月末に行っている遠足をこの時期に行うこと、また学年全体でできる行事を考えこの時期に行うこと等、何らかの対策は不可欠である。

#### 7) 体験旅行としての側面

研究をさせるのだ、ということが目的の1で述べられているように、この研究体験旅行の最初の発想であった。ただその一方で旧来の修学旅行で大切にしてきた「体験」も現旅

行では引き継いでおり、そのことが目的の2となって継承されている。その場で何を感じさせるのか、実際にはこの体験こそが生徒が持ちかえる最も大切なものなのかも知れない。そのために教員が何を体験させたいのか、を明確に持ち、研究とともにそれを実現していくための事前指導、事後指導を考えなければならない。また現在の目的地もその体験にふさわしいものなのかどうか検討されなければならないだろう。

## 【V】まとめ

研究体験旅行では、研究を大きな柱としている。ところがその集大成である報告書を見る限り、研究に値するものがどれほどあるのだろうか。もちろん4ページにまとめなければならず、十分な報告ができないのはわかるが、あまりにもインターネットからの貼り付けで終わっているような安易な報告が多すぎるのではないか。

研究体験旅行は本校では総合学習の柱であり、その報告書がそれまでの研究の結晶であるはずなのだが、それがお粗末であり、満足のいくものになっていない。それはこの旅行の総括が常に本番の旅行のありかただけで終わっている教員の姿勢にも原因がある。私たち教員はその評価も含めてこの研究体験旅行が総合学習の一環であることを認識し、その視点から見直すことが必要ではないか。

そして学年主導ではなく、旅行委員会主導の体験旅行に移行していくことが、旅行のこれからのあり方にとっても、またより充実した報告書を作成するためにも、さらに本校の柱の一つである自治会行事を充実させるためにも必要であると考えます。

## 資料 報告書における生徒の「研究テーマ一覧」

### <道東方面>

#### 49期生：22件

自然・地理（8件）：鮭釣り、地理実習、バードウォッチャー、北海道の鮭、魚類生態学、生物の調査、深海魚、道東の旅

文化・歴史（3件）：アイヌの世界観、アイヌの衣服、考え方の違いについて

社会・産業（11件）：土産物に対する意識調査、北海道のお土産、ファームステイ、ミルクについて、市場の違いについて、ミルクロードの旅[2]、乳製品[3]、酪農家に嫁ぐ、

#### 50期生：20件

自然・地理（7件）：鹿と羊、知床水系、動植物、知床の自然、温泉[2]、鮭

文化・歴史（3件）：北方領土問題について、民族衣装、店の名前の由来、

社会・産業（10件）：サンマについて、ファームステイ[2]、乳製品について[2]、

釧網本線、お土産物、農家の嫁になろう、いろいろな食べ物、道産子、

#### 51期生：21件

自然・地理（8件）：釧路湿原の植物、温泉の水質地質、川湯温泉について、

きれいな水・水質調査、外来生物、サカナ、昆布、鮭釣り、

文化・歴史（4件）：北方領土、ムックリについて、歌と映像、感覚の違いについて

社会・産業（8件）：ファームステイ、花咲ガニ、食品と安全（標津の鮭から）、



ジャガイモ、酪農家の実情、酪農について、食べ物、漁業と流通、

その他（1件）重力

<道央方面>

49期： 9件

自然・地理（3件）観光マップ[2]、道央の紹介

文化・歴史（2件）写真と俳句、氷点と北の国から、

社会・産業（4件）ラベンダー、牧場について、じゃがバター、動物園

50期： 8件

自然・地理（2件）道央を撮影する、美瑛の風景、

文化・歴史（3件）アイヌ音楽、ガイドビデオ、北の国から、

社会・産業（3件）旭山動物園[2]、ラベンダー、

51期： 11件

自然・地理（2件）美瑛の風景、大雪の自然

文化・歴史（4件）チーズ、アイヌ文化、北の国から、風景写真と音楽、

社会・産業（5件）動物園、夕張炭坑、鮭、温泉、鮭料理

<沖縄方面>

49期： 10件

自然・地理（1件）植物果物、

文化・歴史（6件）豚肉の調理、信仰、三線、沖縄豆腐、シーサー、沖縄の魅力、

社会・産業（3件）琉球ガラス、米軍基地、漁業

50期： 11件

自然・地理（4件）昆虫、砂浜の砂、干潟の生活環境、貝

文化・歴史（5件）観光、グスクの石垣、食文化、島唄と戦争、シーサー

社会・産業（2件）サカナ、琉球ガラス、

51期： 9件

自然・地理（1件）沖縄のビーチ、

文化・歴史（2件）シーサー[2]、

社会・産業（6件）美ら海水族館[2]、琉球漆器、国際通り、伊江島のバイオマスエタノール、物価の比較

## 参考文献

学校行事編成の一断面 — 修学旅行の検討を中心として —

第20回 全附属高等学校部会研究大会研究収録 1978

修学旅行 — 第三年次実施について —

第23回 全附属高等学校部会研究大会研究収録 1981

修学旅行 第三報

第31回 全附属高等学校部会研究大会研究収録 1989

合宿訓練・修学旅行

本校研究収録第38集 平成7年度



# The School Excursion of Our School

: Its History and Problems

TOMITA Daisuke

Our school excursion started from the first establishment of our school. And our school changed the framework of the excursion about 10 years ago. We call the new excursion EDCAN, which stands for Existence and Discovery of Cultures, Arts and Nature. Our school has experienced new excursions more than ten times and it is high time we should sum up what we did so that we can create a better one.

This article consists of five parts. In the Part 1, I give quick glances at the history of our school excursions from the beginning. Through this, I would like to clarify the purposes of the excursion and the problems our school had at that time. Part 2 shows how we build up new framework, EDCAN, of the school excursion. Part 3 explains the present EDCAN and problems it has now. In the Part 4, I picked up several important points which I believe are effective to upgrade the excursions.

## あとがき

### 1. 2008年度の動向

今年度の研究部は校内研修会を新しく提案し、2度（5月と2月）実施した。従来は、教師が個々に散発的に行っていたものを全体で取り組んでみたのである。とくに2月の校内研修会は、教育研究会直前ということもあり、実施までにさまざまな困難があった。来年度は、校内研修会の実施形態および日程を工夫して、より実施しやすい方向で企画・提案していくことが重要となろう。

### 2. 第55回教育研究会に関して

耐震補強工事のために、2007年度の教育研究会は延期されたので、2008年度は2年ぶりの開催（2009年2月21日・土曜日）となった。全体テーマは「新学習指導要領に向けての学びの形」とし、発表教科の概要は以下のとおりであった。参加者は、322人。

#### 国語

研究主題 「読み」の力を育てる授業について

授業Ⅰ 中3 「故郷」を読み、味わう

谷 周平

授業Ⅱ 高Ⅰ 大阪の文学を読む

宮川 康

指導講師 大阪教育大学准教授

土山 和久 先生

司 会 本校教諭

琢磨 昌一

発 表 本校教諭

谷 周平・宮川 康

#### 社会

研究主題 いま、求められる法教育とは

授業Ⅰ 中3 紛争はどのように解決されるのか

西野 直美

授業Ⅱ 高Ⅰ 法的紛争解決の方法を学ぶ

甲山 和美

指導講師 福井大学地域科学部准教授

橋本 康弘 先生

協議参加 大阪弁護士会法教育委員会副委員長

下川 和男 先生

立命館宇治中・高等学校教諭

杉浦 真理 先生

司 会 花園大学文学部教授

奥山 研司 先生

発 表 本校教諭

西野 直美・甲山 和美

#### 数学

研究主題 活用力を育てる授業

授業Ⅰ 中2 資料の整理

溝内 浩三

授業Ⅱ 高Ⅰ 数学による人形作り

大石 明德

指導講師 関西国際大学教授

柳本 哲 先生

大阪教育大学教授

鈴木 正彦 先生

司 会 本校教諭

吉村 昇

発 表 本校教諭

溝内 浩三・大石 明德

## 理科

研究主題 天文分野の新しい教材

授業Ⅰ 中3 太陽系スケールの教材化 久留飛 航平

授業Ⅱ 高Ⅱ 月と火星のクレータを巡って

—その背景と授業計画— 岡本 義雄

指導講師 大阪教育大学教授  
大阪府教育センター

定金 晃三 先生

半田 孝 先生

司 会 交野市立第二中学校

竹浦 史郎 先生

発 表 本校教諭

久留飛 航平・岡本 義雄

## 英語

研究主題 音声を核にして、四領域のバランスを考慮した授業

授業Ⅰ 中2 自己発信のための基礎・基本 寺井 由美子

授業Ⅱ 高Ⅱ 英語教材再利用（リサイクル）方 伊藤 洋一

指導講師 京都外国語大学教授

鈴木 寿一 先生

司 会 本校教諭

金井 友厚

発 表 本校教諭

寺井 由美子・伊藤 洋一

## 技術・家庭

研究主題 新しい指導要領に向けた教育の試行～食と農の問題に関わって～

授業Ⅰ 中2 食料自給率の視点からの栽培

～種子管理の重要性を考える～

上田 学

授業Ⅱ 中1 食生活の課題 ～私の好きな献立～

良 千恵子

パネルディスカッション：「食と農の問題に関わって」

～浪速の伝統野菜の復活に見る食と農の問題～

パネリスト 大阪府環境農林水産総合研究所

山崎 基嘉 先生

赤松種苗株式会社

松下 康宏 先生

NPO法人浪速魚菜の会

笹井 良隆 先生

大阪教育大学教授

中田 忍 先生

本校教諭

良 千恵子

コーディネーター 本校教諭

上田 学

## 講演

「現場」の教育論

神戸女学院大学教授

内田 樹 先生

(記：富田大介・笹川裕史)

<b>国語科 「読む力」を育てる授業</b>		原田 英光	OTC医薬品を用いた教材の開発
榎本 陽子	書くことで深める読み	森井 辰典	ビオトープを利用した実験教材の開発
谷 周平	能動的に学習できる生徒を育てる授業作り	森中 敏行	環境教育の教材開発と実践
松尾 澄英	解釈共同体を生かした文学の読み	<b>音楽科 幅広い音楽体験を通し、技術の向上と共に愛好する心を養う</b>	
琢磨 昌一	異年齢集団の読書	高橋 真由子	(中) 体全体を使う発声法と変声期の克服について (高) 知識、技術、感性の結びつきによる芸術性豊かな表現について
藤本 一栄	作品背景をも考え、感じて読みを深める	<b>美術科 発達段階を基にした題材の設定</b>	
宮川 康	大阪の文学を読む	首藤 友子	美術館鑑賞をもとにした表現教育
<b>社会科 中高連携の上に立った6年間のカリキュラムの開発</b>		<b>保健体育科 多様なアプローチによる保健体育科教育の実践</b>	
川地 秀治	資料を活用した授業	武井 浩平	体育授業にアダプテッドスポーツを取り入れる試み
西野 直美	視聴覚教材を活用した授業	松田 光弘	IT機器を活用した実践授業
元山 順子	考える地理の授業、自ら学ぶ課題の研究	鎌田 剛史	IT機器を活用した授業について
生川 年雄	歴史認識を深める資料の活用	川井 悦子	生涯にわたる豊かなスポーツライフを目指した保健体育教育のありかたについて
甲山 和美	「市民感覚」を育てる法教育の検討	森田 裕介	視覚教材を活用した授業の組み立て
笹川 裕史	“20世紀史”の試み	<b>養護科 中高一貫における生徒の健康教育</b>	
山田 時比古	地形図学習と校外学習のコラボレーション	舛谷 田津子	よりよい健康診断と情報管理の仕方について -6年間を見通して-
<b>数学科 教材の精選</b>		増田 寛子	よりよい健康診断と情報管理の仕方について -6年間を見通して-
竹歳 賢一	基礎・基本を育む数学教材の開発	<b>技術・家庭科 新しい指導要領に向けた教育の試行</b>	
溝内 浩三	活用力を育てる授業	上田 学	食糧自給率の視点からの栽培の授業
吉村 昇	基礎・基本を育む数学教材の開発	良 千恵子	小中高における教材の扱い方
岩瀬 謙一	結び目の数学の教材化 —教育実践を通しての体系化—	<b>英語科 音声を核にして、四領域のバランスを考慮した授業</b>	
大石 明德	価値実現型教育内容の構築	寺井 由美子	自己発信のための基礎・基本
澤田 耕治	普通の授業の中での取り組みを考える	永田 忍	コミュニケーション活動における自己表現の促進について
藤田 幸久	授業における取り組みを記録する工夫	金井 友厚	ALTとの効果的なチームティーチングの構築を求めて
<b>理科 小中学校教員向け理科実験基礎講座の実施と、実践上の問題点の分析</b>		伊藤 洋一	教材を再利用するための工夫
久留飛 航平	ものづくりを通じた実体化を取り入れた授業の開発	紀岡 龍一	聴解力向上
滋野 正和	より確実に取り組める2分野、実験観察教材の研究	鈴木 理恵	コア理論とMI理論(多重知能理論)を活用した語彙指導
廣瀬 明浩	大気圧機関の教材化	富田 大介	生徒に文章を書かせることについて
井上 広文	実験記録のとり方についての研究	日根野 敬也	ディクテーションとオーバーラッピングの効用について
岡本 義雄	クレーター分布に関する教材開発		

## 研究集録 第51集

平成21年3月23日印刷

平成21年3月27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 高橋 誠

印刷所 株式会社 ヒカリプランニング