

## 理科教員養成課程の学習方法・カリキュラムについての研究Ⅱ

五十嵐 敏文（代表者）<sup>2)</sup>

鎌田 正裕<sup>1)</sup> 新田 英雄<sup>1)</sup> 藤田留三丸<sup>2)</sup> 羽仁 克嘉<sup>2)</sup> 安西 優也<sup>5)</sup> 加藤 康孝<sup>6)</sup> 吉金 佳能<sup>7)</sup>

岡田 仁<sup>3)</sup> 宮崎 達朗<sup>3)</sup> 浅羽 宏<sup>4)</sup> 岩藤 英司<sup>4)</sup> 川角 博<sup>4)</sup> 小境久美子<sup>4)</sup> 小林 雅之<sup>4)</sup>

坂井 英夫<sup>4)</sup> 須藤 俊文<sup>4)</sup> 田中 義洋<sup>4)</sup> 宮城 政昭<sup>4)</sup>

1) 東京学芸大学

2) 東京学芸大学附属世田谷小学校

3) 東京学芸大学附属世田谷中学校

4) 東京学芸大学附属高等学校

5) 青梅市立若草小学校

6) 品川区立宮前小学校

7) 宝仙学園小学校

### 目 次

1. はじめに—研究の目的—	2
2. 研究の背景	2
3. 研究の内容	3
4. 研究の計画	3
5. 研究の実際	4
5.1 附属世田谷小学校	4
5.2 附属世田谷中学校	7
5.3 附属高等学校	11
6. 成果と課題	20

# 理科教員養成課程の学習方法・カリキュラムについての研究Ⅱ

五十嵐 敏文（代表者）<sup>2)</sup>

鎌田 正裕<sup>1)</sup> 新田 英雄<sup>1)</sup> 藤田留三丸<sup>2)</sup> 羽仁 克嘉<sup>2)</sup> 安西 優也<sup>5)</sup> 加藤 康孝<sup>6)</sup> 吉金 佳能<sup>7)</sup>

岡田 仁<sup>3)</sup> 宮崎 達朗<sup>3)</sup> 浅羽 宏<sup>4)</sup> 岩藤 英司<sup>4)</sup> 川角 博<sup>4)</sup> 小境久美子<sup>4)</sup> 小林 雅之<sup>4)</sup>

坂井 英夫<sup>4)</sup> 須藤 俊文<sup>4)</sup> 田中 義洋<sup>4)</sup> 宮城 政昭<sup>4)</sup>

1) 東京学芸大学

2) 東京学芸大学附属世田谷小学校

3) 東京学芸大学附属世田谷中学校

4) 東京学芸大学附属高等学校

5) 青梅市立若草小学校

6) 品川区立宮前小学校

7) 宝仙学園小学校

## 1. はじめに—研究の目的—

本研究は、理科教員養成課程における専門科目の学習方法・カリキュラムについて具体的に研究し実践することを目的とする。

理科の教師として教壇に立つ以上、高等学校までの履修状況や、生徒実験の経験の有無にバラつきがある状況を考慮しても、「専門分野ではないからわからない」は許されない。通常、教育実習をする中で、多くの学生は、小学校・中学校・高校時代に教わっていなかった（気づいていなかった）その授業・学習の深みや背景を学ぶ。大学で事前に実習に必要とされる理科教育法や専門科目を履修済みであっても、教えようと思うと、分かっていたつもりで分かっていたことの多さに気づき、愕然とする。教育実習での学習密度は非常に高い。我々は昨年度の研究の成果と課題を踏まえたうえで、この必然性をはっきりしている学習方法を、教育実習前に学部の講義でもできないのだろうか、またその際に、附属学校の教員が何か力になることはないのだろうかと考えた。今年度は、その具体的な研究や方法について探してみたい。

## 2. 研究の背景

教員養成系大学の質的評価を高めるためには、優れた教員を世に多数送り出すことである。これは本学にとっても、学生にとっても望まれることである。優れた教員を育てるために、充実した教育実習が必要である。この教育実習を有意義なものとするためには、その前後での学部教育そのものについての在り方やカリキュラムを、研究し直してみる必要がある。

理科を専攻とする学生の実態はというと、指導要領に載っている実験ですら経験がなかったり、経験があったとしても演示実験だけであつたりと、十分な経験や学習をしてきたとはいえない。また、学部の授業においても時間数の制限などが影響し、教員として教壇に立つために必要な実験・観察を学生は十分にできていない現実がある。そこで、教育実習生を受け入れ指導する附属学校の教員として、実習期間中だけではなく実習前にも何かできることはないのだろうかと考えた。

### 3. 研究の内容

生徒・児童が行う実験を、教育実習が始まってから初めて予備実験などで経験したという学生がいることがアンケート結果から見えてきた。しかし、教育実習の期間は限られているため、ゆとりをもって予備実験や、実験準備を行えるとは限らない。また、実験中に生徒や児童に適切な支援・配慮ができるようにするためにも、まずは学生自身が実験を通して児童や生徒に身につけさせたいことは何なのかなど、実験結果だけではなく実験の意義についても見出しておくことができればならない。

そこで、具体的には、

- ・小学校・中学校・高等学校や大学との教育実習に関する情報交換
- ・理科を専攻する教育実習生にとって、授業で行う際に最も必要な実験・観察の検討
- ・附属学校教員による、実験・観察に関わる講義を大学にて行う

実験をするための準備や実験の目的を、講義を通して学生に学ばせる。そのために実験を主とするものを小・中・高で一つずつ、また、観察を主とするものを同じく一つずつ精選する。実験と観察とで一つずつの内容ではあるが、一つのものをまずはしっかりと身につけることにより、他の実験や観察でも応用できるはずである。

このような教育学部の独自性を出した専門科目の学習方法やカリキュラムについて提案・実践をしていくことで、教員養成という使命に対し、附属学校ならではの貢献をしていきたい。

### 4. 研究の計画

○平成22年4月1日～1月

- ・小中高間や大学との教育実習に関する情報交換
- ・大学の講義で行う内容（実験・観察）の精選
- ・附属学校教員による大学での講義
- ・実習生の実態把握のための事前・事後アンケートの実施

#### 第1回目 講義

日 時：平成22年7月21日（水）

講 義：教育実習事前事後指導

学 生：A類理科生

指導者：東京学芸大学附属世田谷小学校教員

#### 第2回目 講義

日 時：平成22年11月26日（金）

講 義：中等理科教育法

学 生：B類理科 F類学生

指導者：東京学芸大学附属世田谷中学校教員

#### 第3回目 講義

日 時：平成22年1月28日（金）

講 義：中等理科教育法

学 生：B類理科 F類学生

指導者：東京学芸大学附属高等学校教員

○平成22年11月～平成23年1月31日

まとめ、報告書の作成・提出

○平成23年2月～平成23年3月31日

次年度への継続・発展

## 5. 研究の実際

### 5. 1. 附属世田谷小学校

#### 5. 1. 1. 昨年度のアンケート結果及び、教育実習を振り返って

小学校理科における実験・観察は多くの学生が経験していることが分かったが、中学校・高校理科における実験・観察になると極端に減っていることが今回のアンケートにより見て取れる。A類の学生とはいえ、中学と高校の免許を取るものも多く、実習では生徒に教えることになる。これらのことを考えると、大学の講義でできるだけ多くの実験・観察を経験することが、更に充実した教育実習にするためにも大切になってくるのではないだろうか考えた。

また、教育実習からは、教科書や指導書を熟読せず、教科書には載っていない教材で授業を行いたいと考え教材研究だけに重きを置こうとする学生の姿や、教科書の内容を教えようとする知識だけに重きを置こうとする学生の姿、指導案を作成することができない学生の姿など、いくつかの課題が見られた。教材研究を行ったり、知識を子どもたちに定着させたりすることは大切なことではあるが、理科における大きな目標である「科学的な見方、考え方を育てる」ことまで意識できていないことが指導案から見えてきた。

そこで今年度の「教育実習事前事後指導」では、「科学的なものの見方、考え方を育てる授業」を学生自身が意識し構想していけるようになることをねらいとすることにした。

#### 5. 1. 2. 教育実習事前事後指導

A類理科の学生を対象とした「教育実習事前事後指導」では、昨年度のアンケート結果及び、教育実習を振り返り、次のようなねらいを設定し講義を行った。

##### ねらい

- 「科学的なものの見方、考え方を育てる授業」を学生自身が意識し構想していけるようになること
- 実際に小学校で行う実験を体験しながら、「教師は何を準備し、何を教えるのか」「子どもたちは授業を通して何を学んでいくのか」を考える。

##### 展開

#### 1. はじめに その1 「今回の講義のめあてを知る」

- ・実習での授業作りにおけるヒントを得る

#### 2. はじめに その2 「講義の流れを知る」

- ・附属世田谷小学校の様子（DVD） ・小学校理科について
- ・実験を通して、理科の授業について考える ・実習に向けて

#### 3. 附属世田谷小学校の様子

【1年間の学校生活】 ・行事 ・授業 ・授業研究 ・生活 等

#### 4. 小学校理科について その①

- ・理科における目標（学習指導要領より）

「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」

#### 5. 小学校理科について その②

- ・観察、実験の重視 「可能な限り体験できるようにする」 例 一人一鉢、一人一実験  
グループ実験（役割分担） 等
- ・問題解決学習 「低学年においては科学的な見方、考え方の基礎を養う（問題解決学習の体験）」

#### 6. 今回の実験内容について知る

- ・第5学年「ふりこのきまり」

・主な学習問題【ふりこの長さを変えると・・・】【おもりの重さを変えると・・・】

【振れ幅を変えると・・・】←今回の実験

・実験の進め方 ①本時の学習目標を考えワークシートに記入

②長さ1mのふりこを作る。おもりはアクリル球を利用する。

③10往復する時間を5回計測する。

④結果をワークシートに記入する。

⑤結果から結論を見出し、ワークシートに記入する。

#### 7. 今回の実験について考察する

・結果について【小学校の実験においては、予想外の結果が出ることが多々ある。】

・結論について【結果から結論を導き出す際に、教科書通りにはいかない場合もある】

#### 8. 授業を構想する際のポイント その①

・予備実験の実施←重要【安全であるか】【児童に操作できるか】

【実験結果がしっかりと出るか（児童が理解できるか）】

・目標の明確化 ・表やグラフの活用

#### 9. 授業を構想する際のポイント その②

・授業は次の二つから成り立っている【自然事象を学ぶ（内容）】【自然事象から学ぶ（心情・能力）】

#### 10. 授業を構想する際のポイント その③

・各学年の重点をおいて育成すべき問題解決の能力

【第3学年：比較】【第4学年：関係付け】【第5学年：条件制御】【第6学年：推論】

※これらの力を身につけさせるため、教師が日々意識しながら授業を行っていくことが大切。

#### 11. 授業を構想する際のポイント その④

・子どもの姿から授業を創る【これまでの学習履歴】【クラスの人数】【子どもの実態】等

・指導案、板書計画の作成は授業者のため【授業に見通しと責任をもつために】

### 5. 1. 3. 教育実習事前事後指導を振り返る

今回の対象学生は、9月からの教育実習を控えていた。そのため、例年教育実習が始まってから話すことを、1ヶ月以上早く話したり体験させたりすることができた。学生達は直前に実習を控えているためもあり、真剣な眼差しで講義に臨んでいた。また、講義が終わった後に、学生達が直接質問に来る姿も見られた。普段、なかなか接することがない附属学校の教員と実習前にこのような形で接することができたことは、大きな成果であると考えられる。今回の教育実習事前事後指導は、実習が始まるまでの1ヶ月あまりの時間を、見通しをもって大切に活用できる機会になったはずである。

### 5. 1. 4. 教育実習中の学生が作成した指導案

次	時	学習のねらい	○学習活動（・詳細な活動） ☆期待する児童の反応	○支援 □留意点 ◎評価	資料、準備
のはたらき	2	電磁石のはたらきを調べる方法を、その条件を考慮して考え、実験することができる。	○電磁石のはたらき「電磁石の強さを調べよう」 ・電磁石のはたらきを調べる実験の方法について話し合う ・電磁石がクリップを引きつける様子や、電流を流したり切ったりしたときのクリップの引きつけられる様子を調べる ・工作用紙上で、電磁石を遠くから方位磁針に近づける。磁針の振れ始める位置に印をつけ、電磁石と方位磁針の距離を調べる ・結果を考察する ＊電磁石は電流を流したときに磁石になる	□乾電池をコイルにつないだままにすると、コイルが熱くなる。回路はこまめに切らせる。 ○児童に「もっとたくさんクリップをつけたい」とか「もっと遠くから磁針がふれ	電磁石 乾電池 スイッチ 導線 クリップ 方位磁針 工作用紙

図 1-1

<b>1. 単元名</b> ：えれきてるⅢ（電流のはたらき） <b>2. 本時の目標</b> ・回路のしくみを理解する。 ・条件制御の意味、理由を理解する。 ・電磁石の強さと電流の強さが関係していることを、実験を通して理解する。 <b>3. 本時の学習(2 時間目/全 12 時間)</b>			
時間	指導事項	学習活動（生徒の活動）	指導上の注意点（教師の活動）
導入			

図 1-2

条件制御や推論など理科の学習を通して身につけさせたいスキルが、指導案に表現されるようになってきた。

## 5. 1. 5. 教育実習事後アンケート結果

### 【教育実習で学べたことはありますか】

- ・子どもの学習状況によって内容や方法を変えていくことの必要性を学んだ。大学では子どもの実態が想像でしかなかったため。
- ・実験結果のまとめが、思っていた以上に困難であることを学んだ。
- ・児童の実態を考えながら授業設計することの大切さを学んだ。授業参観や休み時間から見立てが生まれた。
- ・発問の明確、本質に近いおもしろさが必要であることを学んだ。授業実践を通して、児童がいかに学びを楽しみにしているかが分かった。

### 【教育実習をして、不足していたと感じた内容は何ですか】

- ・専門知識 ・教え方の技術 ・本時の授業展開の基本的な方法 ・実験指導の技術 ・教科書の理解
- ・評価の理解 ・教えるべき本質的な理解 等が多かった。その中でも、
- ・教えるべき本質的なねらいの理解が特に多く、学生達は本時の中で知識だけではなく、他にも大切なことがあることに気付いたようである。何を重きに置くのかなど、教育実習事前事後指導で学んだことを、教育実習を通して実際に実感したようである。

【教育実習後に大学であると良いと思われる授業は何ですか】

- ・小学校で行う実験を実際にやってみる授業
- ・実験器具を研究する授業 等

学生達は教育実習を通して、実際に子どもたちに実験をさせる難しさや、予備知識・予備実験の大切さを感じ取ることができたようである。小学校内容の実験であっても、実習前ではもてなかった視点をもって実際に実験を自分自身が行うことにより、得られるものがあると考えているようである。

5. 1. 6. 教育実習を振り返る

【実習生の実態】

- ・実習が始まる前から指導案を作成し、メールにて提出する学生が多い。
- ・教材研究をしっかり行うことができる。
- ・授業の準備も時間をかけて行う。
- ・小学校の内容であるため、自分の専門外（物,化,生,地）であっても、必要最低限の知識は得ている。
- ・実験,観察の充実など、理想の理科授業を自分なりにもっている学生が多い。
- ・授業の振り返りに謙虚な姿勢で臨み、次回の授業に役立てようとする。
- ・理科の学習を通して身につけさせたい問題解決スキル（比較,条件制御等）を意識して、授業構想及び実践をできた学生が、今年度は数名見られた。事前事後の成果であると考えられる。

【課題】

- ・授業後の振り返りでは、基本的な指導技術（話し方,聞き方,関心・意欲の高め方等）に課題を感じている学生が多い。
- ・他校の実践をモデルにし指導案作成に取り組んでいる学生がいたが、ただ真似をすれば良いというスタンスの学生も見られたので、もっと教科書や指導書を熟読してほしいと感じた。
- ・実験を通して知識を獲得させたいと思い授業設計をしてはいるが、実際は、実験結果がばらけてしまうことにより、知識を教え込んでしまっている授業が多い。臨機応変さがあるともっと良い。
- ・鉄芯の意味が分かっていなかったなど、電磁石の基本的な知識がない学生が見られた。小学校の内容であっても、やはり、物理分野は苦手としている学生がいるようである。

5. 1. 7. 考察

小学校では、事前事後で教育実習前に大学にて授業を行うことができたため、こちらが意図していた「授業は知識だけを伝達するものではなく、問題解決能力を育てることに力を入れている」という思いが伝わっていたようである。確実に、事前事後の成果は出ているが、やはり一回の講義だけでは足りないのではないかと考えられる。現場と、学生との接点を増やすことによって、さらなる成果が期待できると考える。

（文責 附属世田谷小 五十嵐 敏文）

5. 2. 附属世田谷中学校

5. 2. 1. ねらい

(1) 教育実習前の下調べの仕方

教育実地研究のオリエンテーションは実習の2ヶ月前くらいに行われ、授業をする単元の割り当てが決まるのがふつうである。そのとき、どのような下調べをしたらよいか分からず、教科書を読む程度で実習に臨んでしまう学生も多いと予想される。そこで、本講義では、まず、オリエンテーションの後の下調べをどのようにしていったらよいかを、中学2年生の1小単元「いろいろな動物」を例にして、具体的に考えさせる。

(2) 教材をどう使うか

ここでは、具体的な教材を与え、それを使って授業をどのように組み立てるかを考えさせる。具体的な教材

としては、いろいろな脊椎動物の頭骨標本を用いた。

### 5. 2. 2. 選んだ小単元・教材について

(1) 例とした単元は現行の学習指導要領の中学 2 年第 2 分野の「動物の生活と種類」のうちの「動物の仲間」である。この小単元は脊椎動物を生活場所や体のつくりから分類することが主な内容である。無脊椎動物については現行の学習指導要領では存在を示す程度となっている。この単元は観察・実験が組みにくく、知識の羅列に終わりやすい単元である。資料としては啓林館の中学校理科の教科書、「未来へ広がるサイエンス」2 分野（上）

の p.95～1043 単元「動物のくらしとなかま」の 1 章「いろいろな動物」を用いた。

(2) 教材の例として用いた頭骨標本は本校で集めたものの一部とコヨーテ、ブタ、カンガルー、ウシ、ワニ、サメに附属高校からお借りしたツキノワグマ、イノシシ、ホンシュウジカの頭骨標本を加えた。それと草食の爬虫類としてイグアナの頭骨の写真も加えた。これを食性と分類群（綱）毎に整理すると次のようになる。

- 肉食の哺乳類：コヨーテ      ○雑食の哺乳類：ツキノワグマ、イノシシ、ブタ
- 草食の哺乳類：ウシ、カンガルー      ○肉食の爬虫類：ワニ      ○草食の爬虫類：イグアナ
- 肉食の魚類：サメ

### 5. 2. 3. 講義の内容・記録

東京学芸大学 2 年生の理科教育法（平田昭雄先生担当、受講者 60 名弱）の 1 コマ 90 分の中で行った。

(1) 課題 1：中学校理科第 2 分野の教科書（啓林館）の小単元「いろいろな動物」を例として、次の事を考えてみましょう。

#### ① 育てたい（育てられる）力は？

学生からの発言やワークシートの記述には主に次のようなものがあつた。

- ・動物の特徴の知識・興味・関心      ・法則性を見つける力
- ・自然・生命を大切にしようとする心      ・進化の予測
- ・身近な動物がどんなものか知ろうとする態度      ・動物についての知識
- ・分類する力      ・考察力・観察力
- ・共通点・相違点を見つける力

解説としては、現行、新両方の学習指導要領のこの単元の目標を紹介した後、こちらで用意した育てたい力の例をあげた。その例は次の通りである。

- ・観察・比較することにより、共通点・相違点を見出す力      ・分類する力      ・法則性を見出す力
- ほぼ同じことを発言した学生もいた。

#### ② 教えるポイントは？

学生たちから出た考えの主なものは次の通りである。

- ・進化をからめた動物の特徴      ・動物の環境への適応      ・動物の分類の仕方
- ・各動物の違い、なぜ違うか      ・肉食・草食のちがい      ・脊椎動物・無脊椎動物のちがい
- ・生きるための工夫      ・水中から陸上への進化

こちらで用意した教えるポイントの例は次の通りであつた。

- ・動物には脊椎動物と無脊椎動物がいる。
- ・魚類、両生類、は虫類、鳥類、ほ乳類それぞれの特徴と生活のしかた（生活に適応した特徴を持っている。）
- ・無脊椎動物の存在      ・動物は水中から陸上へと進化していった。      ・肉食獣と草食獣のちがい

③ 深めておきたい知識や集めたい資料・物などは？（10を知って1を教えよう。）

学生から出た主な意見は以下の通りである。

- ・教科書に無い写真
- ・卵生・胎生のメリット・デメリット
- ・無脊椎動物はどのように分類できるか。
- ・恒温動物が体温を保つ仕組み
- ・教科書に載っていない知識
- ・身近な動物の体の仕組みを深める。
- ・日常では見られない映像
- ・人についての基本的知識
- ・動物についての高校以上の知識
- ・タイムリーな知識
- ・専門書
- ・動物の内部の知識
- ・実物（剥製・皮膚・毛・骨・卵など）・模型
- ・対照実験を行う理由
- ・背骨の役割と背骨を持つ理由
- ・恒温動物・変温動物と皮膚の関係
- ・水に溶けている酸素の量

こちらで用意した例は深めておきたい知識や集めたい資料・物など以下のとおりである。

- ・学術的な知識
- ・面白い話題、例外的なもの、意外な事実、（例：卵を産むほ乳類、陸に卵を産むカエル）
- ・具体的な数値、使える画像、映像など
- ・実物・模型・標本など

その他に以下のように参考にできるもの、教材の探し場所を紹介した。

参考にできるもの

中高の資料集、高校の教科書、大学の教科書、参考書、専門書、観察・実験のしかたの本、インターネット（注意して使う）、大学での自分の専門分野、博物館に行ってみる。

おすすめ：国立科学博物館、目黒寄生虫館、電気の資料館、神奈川県立生命の星地球博物館など

教材の探し場所

博物館、道ばた、旅行先（おみやげ店含む）、ペットショップ、東急ハンズなど、その他あらゆる場所

(2) 課題2：ツキノワグマ、イノシシ、ホンシュウジカ、コヨーテ、ブタ、カンガルー、ウシ、サメ、ワニ、イグアナ（写真）頭骨（特に歯）の観察・比較からわかることは？

学生からは次のような考えが出た。

- ・草食か肉食か
- ・魚類爬虫類は鋭い歯が多い
- ・進化に伴う歯の発達
- ・哺乳類は平らな歯がある。すりつぶせる。消化が速い。
- ・ブタとイノシシは似ている。
- ・頭の高さから体の大きさが推測できる。
- ・爬虫類は肉食と草食で歯が似ている。
- ・哺乳類に比べて、魚類・爬虫類は細かく鋭い歯を多数持つ。
- ・サメは予備の歯が多数ある。

こちらとしてとらえて欲しかった事項は以下の通りである。

- ・哺乳類の歯は肉食、草食で歯の形が違っている。
- ・哺乳類の歯は門歯、犬歯、臼歯の区別がある。（分化している。）
- ・魚類、爬虫類の歯は、すべてが尖った形をしていて、門歯、犬歯、臼歯の分化は見られない。
- ・爬虫類では肉食でも草食でも歯の形あまり変わらない。

以上のことから爬虫類は草食でも食物をすりつぶすことはできないが、草食の哺乳類は草をすりつぶして食べられるので、消化が速くなり、恒温動物であることとの関連まで論じられるとよいと期待していたが、近いところまで考えを巡らせている学生がいたことは素晴らしいと思った。

(3) 課題3：どんな授業を展開できるか。

自分ならどの頭骨を用いて、どんな手順で授業をすることができるか。

その授業で生徒にはどんな事（知識）を獲得し、どんな能力が身に付くか。

学生が考えた授業例としてオーソドックスなものは、ウシとコヨーテの頭骨を比べ、肉食と草食の違いを考える。というものである。哺乳類では草食、肉食で歯の形に違いが見られるが、爬虫類ではそれが見られないことをとらえた学生はほとんどいなかった。草食動物と肉食動物の違いを考えるのにウシとワニ、ウシとサメといった無理のある比較を行う授業案を考えている学生もいた。しかし、こちらの段取りが悪く、後半は時間もかなり押して、十分に考える時間をとることができなかったので、無理もないことだと反省している。

こちらでも授業例を考え、プリントとして配布した。概要は以下の通りである。

いろいろな動物の頭骨を用いた授業例

時間 50分

目的 哺乳類の中の草食動物と肉食動物の歯の違いがわかる。

哺乳類と爬虫類の歯の違いが分かる。

授業のながれ

導入 種名を伏せた頭骨標本を観察させ、何の骨が当てさせる。

観察する頭骨標本：ウシ、ブタ、コヨーテ、カンガルー、ワニ、イグアナ（写真）

展開 ① 哺乳類の草食動物と肉食動物の歯の違いを調べる。観察・発表・解説

観察する頭骨標本：カンガルー、コヨーテ

② 哺乳類の歯と爬虫類の歯を比べてみよう。 10分

イグアナの頭骨の写真を見せて、その歯とウシの歯とを比べ、特徴の違いを見つける。

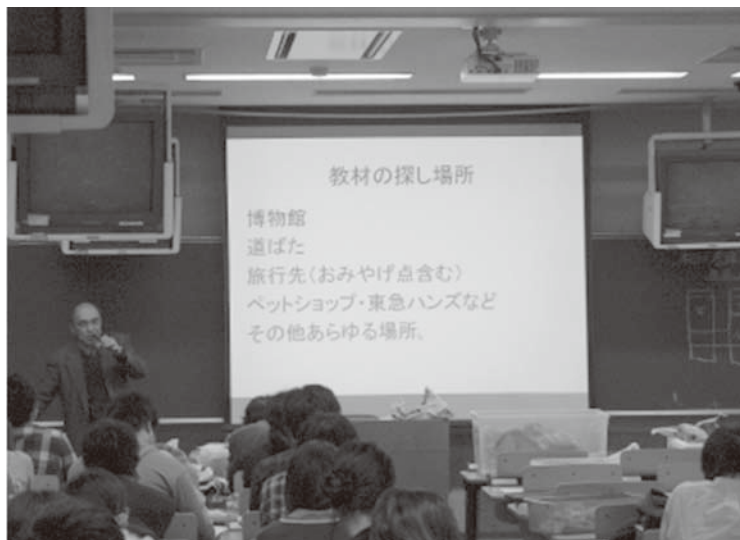
ウシの歯、特に臼歯は平らで食物をすりつぶせる。

イグアナの歯、尖った細かい歯で、かみ切ることはできてもすりつぶすことはできなそう。

解説：哺乳類は発達した歯で食物をすりつぶし効率よく消化することで、体温を維持できるようになった。しかし、哺乳類は爬虫類の約10倍の食物を食べることが必要になった。

## 5. 2. 4 講義での様子

ほとんどの学生が真面目に取り組んでいたが、生物以外を専攻としている学生も多くいたので、題材については多少戸惑っている学生もいるように見えた。講義室は観察・実験を行う部屋ではなかったので、頭骨の観察の時の移動に時間がかかったせいもあり、講義の後半は端折った形になってしまった。



## 5. 2. 5. 授業後のアンケート結果から（回答者46名）

設問1. この講義は教育実習を受けるに当たって、役に立つと思いますか。

①おおいにそう思う。25名 ②そう思う。21名 ③あまりそう思わない。0名 ④そう思わない。0名

以上のような結果になったが、ワークシートと一体になった記名のアンケートで、全員が提出したわけではないので、割り引いて考える必要があるが、概ね役に立ったという評価であった。

設問2. この講義で参考になったと思うことを箇条書きにしてください。

「観察・考察を通して知識を理解するプロセス。」「下調べの仕方を具体的に学べた。」「10を知って1を教える。教えたいポイントを絞ること。」「教師が興味を持って教えるとよく伝わる。」「教材は道端にもある。」などの記述が多くあり、こちらの意図は概ね伝わったものと予測できる。

設問3. この講義の内容の他に教育実習前に学んでおきたい事があったら書いて下さい。

まずは、授業の流れを考えると、気を配ること。単元ははじめの導入の授業の仕方。ワークシートの作り方、板書の仕方、話し方、板書とパワーポイントの長所・短所。授業の流れを作るポイントなど、授業に関することが多かった。次に今回は生物領域に関する話だったので、物理、化学、地学の領域の話も聞きたいというのが多かった。そして、どういうことに生徒が興味を持っているか。生徒の授業風景・実態。実際の授業を見ておきたい等、生徒の実態・様子を知りたいというものも多かった。また、中高理科の復習。理科全般の基本的知識。指導要領を読み、育てたい力、付けたい知識理解を深める等の記述も多くあり、「教育実習前によく勉強しておこう。」という気持ちを少しは喚起できたものと思っている。そして最後に、実習生の生活はどんなものなのか。なぜ、実習生は忙しいか等の記述がいくつかあり、教育実習生の生活がどんなものか大学2年の段階では想像しにくいことが伺えた。

これらの記述は今後の大学生の指導を考えると参考になると思われる。

設問4. この講義の感想を書いて下さい。

次の例のように良いことを書いてくれた学生がほとんどでありがたいことであるが、「時間の使い方が難しかった。」と暗にこの講義の段取りの悪い部分があったことを示唆したものも1件あった。正直な感想であると思う。以下にこの講義の意図をよく理解してくれたであろう学生の感想の例を紹介する。

「自分がおもしろいと思いながら生徒に教えるということの大切さを改めて感じました。1を教えるためには10も100も知っているべきであることを再認識でき、今の自分の知識では「教える」まで到達しないと自覚しました。残りの大学生活で知を深め、また、知りたい、楽しいという気持ちを忘れないようにしようと思います。ありがとうございました。」

（文責 附属世田谷中学校 岡田 仁）

## 5. 3. 附属高等学校

ここでは、附属高等学校を代表して、物理教育の分野についての研究結果を述べる。

### 5. 3. 1. 現状の分析 一教育実習生に見る理科教育の観点から見た問題点一

昨年度の附属学校研究紀要「教育実習を基軸とした理科教員養成課程の学習方法・カリキュラムの研究I」の中で、特に教育学部の学生として解決すべき問題点として、高等学校から次の3つを示した。

- ① 高校で行われるべき観察・実験を経験していない。
- ② 高校で指導すべき内容についての知識、理解が不足している。
- ③ 科学的なものの見方、考え方を育てようとする授業になっていない。

この問題点は、今年度も改善されていない（昨年度附属学校研究紀要参照）。昨年度の研究紀要同様に、教育実習後の事後アンケートの記述の一部を、以下に示す。

4 教育実習以前にこんな授業が大学で行われていたら良かったと思う内容があれば、書いて下さい。例を以下に示します。参考にして考えて下さい。

①高校教科書の内容を大学レベルから徹底的に分析理解する。 ②そこで教えようとしている本質的なねらいは何かを、とことん追求する。 ③生徒実験を様々な角度から具体的に分析する。 ④生徒実験を体験する、開発する。 ⑤演示実験を体験する、開発する。 ⑥教授法の実践的な研究、体験 ⑦生徒の誤理解を研究する。 ⑧プリントの実践の開発 ⑨最先端科学の理解 ⑩板書技術の向上 ⑪ I T 機器の活用

①②は特に行っておきたかったものだと感じた。また、板書技術の向上を図る授業があればぜひ受講したい。せっかくの教育大学なので授業展開と授業内容をからめてもっと講義を行ってほしい。

授業としては存在するが、物理学実験の内容をもっと意味のあるものにすべきだと思う。機械の使用法や考察などすべてを生徒に任せすぎていて物理学実験で何かを学べたという気がしない。

6 教育実習で学べたことはありますか。

①無い ②有り→具体的な内容と理由

実際に授業を行う事で大学の講義や模擬授業では学べない集団に教える難しさや授業展開、時間配分、生徒への配慮、見せ方、説明の仕方などを学ぶことができた。単に指導案を書いていただけではその難しさや感覚を理解することはできなかつただろう。授業の説明の仕方に関して学べたことを考えていくときがないが、基本に立ち戻って、基礎実習を終えて一番自分のためになったものを見ると、『物理の楽しさを知ることができたこと』だと思う。いままで正直物理を楽しんでいたことがなかったし、問題を解ければいいとさえ思っていた。しかし、附属高校で実際に実物を見たり、実験してみたり、その内容と身の回りにあるものとの関係性を知ることで心底楽しいと感ずることができたし、本気で物理の教師を目指そうという気持ちになった。教員を目指すには自分自身がその教科の楽しさを分かっている必要はないとおもうし、その楽しさを伝えたいと思える。今回の実習で得たものは自分の今後に大きな影響を及ぼしてくれると思う。

### 5. 3. 2. 理科教員として必要な資質・能力とは何か

授業は二層構造の中で実施されている。一層は、知識、技術、技能といった直接的な能力の獲得である。もう一層は、精神や哲学といった価値観に関わる部分の変容や育成をもたらす活動である。この価値観を育てることは、教育する側（教師、学校、保護者、地域社会、教育委員会、国など）が期待する行動のできる生徒に育てることである。

教員養成は、この二層構造をもった授業を自ら企画し、実践できる能力を育てることである。このためには、教員養成において知識、技術、技能を教授できる能力を育てるとともに、なぜその教科を学ぶのか、その教科の学習によりどのような行動ができる生徒を育てたいのかといった、教科教育の本質的価値観を育てるカリキュラムが必要である。

本校の教育実習生を見ていると、知識、技術、技能の不足はもちろんだが、なぜ物理を教えるのかについては、ほとんど希薄といえる。もちろん、物理の授業に関わる知識、技術、技能を持たずして、物理を通して価値観の変容をもたらす、物理を学んだことの価値が生きる行動力を生徒に育てることなどできはしない。これら二層の獲得には、両方が必要なのである。

#### (1) 生徒に育てるべき資質は何か

現代の理科教育において生徒に育てるべき資質について、以下に私見を述べる。

- ① 科学的なものの見方考え方を身につける。
- ② 事実を正確にとらえる。
- ③ 現象を定量的に捉える。
- ④ 事実に基づき、論理的整合性のある結論を導き出せる。
- ⑤ 推論により得られた結論と現実の結果との評価が適切にできる。
- ⑥ 新聞を科学的に読める
- ⑦ 科学の成果を理解できる
- ⑧ 科学技術開発の当事者になろうとする
- ⑨ 科学技術政策を評価できる
- ⑩ 消費者として、商品の安全、環境負荷などについて評価できる
- ⑪ インターネットなどに氾濫する情報を科学的に評価し、行動できる

これらを身につけるためには、基盤となる科学・技術の知識はもちろん必要であり、その知識を身につける過程で、見方・考え方を身につけていく。教育は、期待する価値観を育て、その価値観に基づいて行動できる人間を育てることが目的である。これにより、その人が自立して生きていける。

## (2) 学習指導要領の目標から

物理の教員養成で何ができるようになるべきなのかは、国の立場で言えば、学習指導要領の目標を実現できる能力・価値観を身につけることである。学習指導要領の目標から共通するキーワードをあげてみる。

- ① 自然の事物・現象に対する関心や探究心を高める
- ② 目的意識をもって観察、実験などを行う
- ③ 科学的に探究する能力と態度を育てる
- ④ 自然の事物・現象についての理解を深める
- ⑤ 科学的な自然観を育成する
- ⑥ 科学的なものの見方・考え方を育てる
- ⑦ 物理学の基本的な概念や原理・法則を理解させる
- ⑧ 日常生活や社会との関連を図る

これが実現されるような、教員養成教育がなされているのか、実現できていないとしたらどうすべきかの検証が必要である。少なくとも、先に述べたように、教育実習生に関しては不足を感じている。

ところで、上記①～⑧を解決するにしても、以下のような疑問は残る。

- a 高校生に「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高める」ためにはどうしたらよいのか。そもそも「自然の事物・現象に対する関心」とは何か。「自然の事物・現象に対する探究心」とはなにか。
- b 「目的意識をもって観察、実験などを行わせる」このためにはどうしたらよいのか。そもそも、どんな観察実験があり、それをどのように実施するのか。
- c 「科学的に探究する能力と態度を育てる」このためにはどうしたらよいのか。そもそも「科学的に探究する能力と態度」とは具体的にどんなものなのか。
- d 「科学的な自然観」とは何か。
- e 「科学的な見方や考え方」とはなにか。どのようにしたらこれを育てることができるのか。そのためには、どんな理科教員養成教育が必要なのか。

### (3) 国立教育政策研究所の評価規準より

理科教員免許を与える要件は、理科教育ができることである。ところで、理科教育ができるとは何か。それは、先生自身の科学的な能力に加えて、これを生徒に伝え育てることができる、その教育過程や成果を評価できることであろう（もちろん評価により改善につなげる能力も必要である）。項目にすれば以下のようなものであろうか。

- ① 自ら科学的なものの見方・考え方ができる。
- ② 児童・生徒に科学的なものの見方・考え方を育てることができる。
- ③ 児童・生徒の科学的なものの見方・考え方を評価できる。
- ④ 自ら科学に関する知識を十分に獲得している。
- ⑤ 児童・生徒に科学に関する知識を分かりやすく教授できる。
- ⑥ 生徒が獲得した科学に関する知識を評価できる。
- ⑦ 進歩する科学に関して、自ら新鮮な意識で学習を維持できる。

国立教育政策研究所が示している高校理科の評価規準からも、理科教員養成に必要な要件をうかがうことができる。評価規準を先生自ら持っていること、生徒に伝えられること、それを評価できることが必要な理科教員の要件でもある（もちろん評価により改善につなげる能力も同様に必要である）。評価規準を満たす「先生自身の科学的な能力」、「生徒に科学的な能力を育てる能力」、「教育を評価・改善できる能力」が身につくようなカリキュラムを作ればよい。ただし、ここで事前に解決しておかなければいけないのは、評価規準にある次の各項目とは、具体的に何か、どうやったらその能力を身につけることができるのかを示す必要があるだろう。

- a 科学的態度を身に付けている
- b 科学的に判断する
- c 自然の事物・現象を科学的に探究する方法を身に付け、自らの考えを的確に表現する
- d 基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている

#### 5. 3. 3. 理科教員として必要な資質・能力をいかにして育てるか

まずは、大くくりの学習方法について述べる。

##### (1) 理科教師の卵に「科学的なものの見かた考え方」を育てるために

- ① 基本となる生徒実験すべてについて、これを行う必然性をみんなで考えさせる。つまり、目的意識を学生に明確にさせ、これをいかに生徒の中に芽生えさせて実験に持ち込めるようにするのか。
- ② 基本となる生徒実験を通して、どのような展開をしたら探究的となり、科学的な見かた考え方を育てることができるのか、議論させる。
- ③ 以上に基づき、学生すべてが授業を計画・実施する。この実験データも各自で取り、これを自ら分析し、そこから何が言えるのか、言えないのかをまとめ、模擬授業に使う。

##### (2) 理科教師の卵に「専門科目の知識・理解」を高めるために

各学習単元で最も伝えたいことは何かを、毎回発表し議論する。知識・理解にとどまらず、科学的なものの見かた考え方とどう関わっているのか。

具体的な現象、観察物、測定データなどに基づいて議論させたい。

学習単元を支えるさらに高度な科学的知識・理解の背景には何があるのかを、同時に学び、示す。

- ① 上記実験を実施しながら、分からないことを見つけ、これを自ら調べ、発表していく。
- ② 担当科目の教科書を読んで、学習の流れの分析をする。
- ③ 担当科目の教科書から、分からないことを見つけ、これを自ら調べ、発表していく。

### (3) 大学カリキュラム上の「教科に関する科目」として

教員養成を「教科に関する科目」「教職に関する科目」の 2 本柱として捉えたとき、具体的に何をどれに該当するとして扱うかは、今後の研究課題である。しかし、あえて対応させてみる。

先に述べた「2 理科教員として必要な資質・能力とは何か」の「(2) 学習指導要領の目標から」の④⑤⑥⑦を教科教育の一環としてできるのではないかと。ただし、教育学部以外（例えば理学部）でこれらを行う場合には、そのままでも、何らかの読み替えを可能とできると思われる。ただ、教育に関わらなくても、「先端技術と経済」、「科学技術と外交」や「自然科学的世界観概論」に相当する講座は、狭小な視野の理科系人間としないためにも必要ではあろう。

中学、高校の教員養成は、現行通り教育学部以外（工学部、農学部、理学部など）でも可能とすることが望ましい。様々なタイプの教員が居た方が健全であろうし、教え方が多少うまくなくても、専門教科に秀でた教員は必要である。

⑥については、物理でいえば、解析力学、相対性理論、統計熱力学、電磁気学、量子力学、物性論といった内容で対応できる。これらは、教育学部では多少圧縮したものでもよいかもしれない。

④⑤については、「自然科学的世界観概論」といったもので、自然界に関する総合的・科学的な見方を扱う。

⑦については、「科学技術と人間」として、科学・技術が人間生活にどう関わっているのか、それが環境とどう関わってきているのかなどについて扱う。「先端技術と経済」、「科学技術と外交」、「人間と環境」といった内容も含む。

### (4) 大学カリキュラム上の「教職に関する科目」として

同様に、「2 理科教員として必要な資質・能力とは何か」の「(2) 学習指導要領の目標から」の①②③は、理系学部ならば、その学習過程で自然に学び身につけているのではないかとと思われるが、あえて教育の立場で学びなおさせてはどうだろうか。教育学部でも①②③の姿勢は、専門教科の学習過程で身につけているのかもしれないが、やはり、「科学の方法」を生徒に教えるという立場から学びなおしたい。

①③に関しては、「課題研究」的な活動を通して、中高生がやるくらいの自由研究のような程度のテーマで研究・分析、ゼミ、発表などにより育てることができるかもしれない。

②については、「生徒実験研究」として、教科書などにある実験を自ら企画・準備・実施するなどして理解を深める。特に、これまでの日本の高校物理では、実験・観察に基づく学習活動があまり行われておらず、本来の自然科学の学習になっていない点を解決しなければならない。そのような高校物理しか学んでこなかった学生には、指導要領で「観察・実験に基づいて…」とあっても、具体的にどのようにしたら良いのか分かっていないのではないかと。自分の授業の雛形は、自分が高校生で受けた授業なのだろうから、どこかで、この負の連鎖を断ち切る必要がある。このためには、「観察・実験に基づく物理の授業」を経験し、「科学の方法」を教員養成課程で学んでもらうしかあるまい。

①、②、③を総合的に扱い、授業実践につながる「実践的科学の方法」の学習を「課題研究」「生徒実験研究」とも関連させて実施する。ここでは、高校での講義や実験、演習問題の解法全体の流れも含んだ中で、どのような科学的なものの見方・考え方を身につけさせようとしているのかを実践的に学んでいく。

このほかに、授業を分析・評価する能力、授業をひとつのまとまりとして実践できる能力、高校生に分かるように分かりやすく表現し、説明できる能力、新聞の科学記事を読み高校生に説明できる能力、科学・技術と生活との関連を伝える能力、教科書の内容、背景を理解し説明できる能力、受験問題の背景や解答を説明できる能力など、他にもいろいろあるだろう。

### 5. 3. 4. 中等理科教育法 I での授業実践

次年度に中学校や高等学校で教育実習を控えている学生（主に 2 年生）に対して、2011 年 1 月 28 日に川角

が授業実践をした。平田昭雄先生には授業を1コマいただき、深く感謝いたしております。

受講者：2年生57名 授業題目：「科学的なものの見方考え方を育てる理科の授業をするために」

## (1) 概要とねらい

授業は、大きく3つから構成した（実際には、1つが1コマ分くらいの内容なので、十分な扱いとはいえない）。このうち、次の①②に関しては、事前に課題を与えておいた。

- ① 学生による、今年度センター試験（別紙pdf）の解答・解説、これに基づく議論と講評をする。

【ねらい】 問題が解けることと教えることができることの格差を認識し、教えるために深く学ぶ必要性を理解し、学習方法の改善につなげる。

- ② ボールの跳ね返り実験をし、分析する。実験後、どんな実験をやりどんなことがわかったか、これから何を学ばせることができるかなどを議論し、講評する。

【ねらい】 理科教育における観察・実験を何のために行い、何を伝えるかを考えさせる。また、探究的な実験とはどんなものを体験する。

- ③ 科学的なものの見方、考え方を育てる授業について、教育実習で扱う単位を中心に本校での具体的な授業例などについて、講義し、意見交換をする。

【ねらい】 科学的なものの見方・考え方を育てる授業とは、どうあるべきかについて考えるとともに、理科教員として学んでいく姿勢を育てる。

## (2) 授業内容：センター試験の解答・解説

講義室前方に座った学生は、ノートに宿題をしていた。予定通り力学的エネルギー保存則を使って、 $\theta = 90^\circ$ における速さから正解にいたった。しかし、この問題がはらんでいる「問題点」には、誰も気づかなかった。答えを出すことが目的になっているからである。この問題は、グラフを選ぶ問題となっているが、物理的イメージからはグラフを選ぶことは困難である。しかし、 $\theta = 90^\circ$ における速さとして正しいものは1つしかなく、正解は容易に選べる。グラフを選ぶためには、三角関数の半角の公式（数学Ⅱの範囲）を使うことになる。実は、この問題は容易に解答を得られるが、問うているのは物理のセンスではないのである。グラフの形を先に気にした生徒には不利になりかねない問題なのである。物理を教えるものとしては、この点にまで気づくべきである。

続いて、音波の干渉問題について解答・解説してもらった。音波の山と谷が重なり合っているP点での音の強さについて問う問題である。これは、水波と同じように扱い、変位が消える点として理解し、正解にいたった。おそらく出題者の意図通りであろう。ここでの「問題点」はやや込みっている。この実験の波動の情報は、次の3つの形で示されている。「山と谷の重なりを示す平面図」、「時間経過に伴う圧力変化のグラフ」、「音が強く聞こえたり弱く聞こえたりした」である。この問題も、水波と同じと考えた生徒は、容易に正解にたどり着く。しかし、音波における「山、谷」とは何か、山、谷と圧力変化の関係はどうなるべきか、山、谷と音の強弱はどんな関係にあるのかなど、物理現象としての音波の干渉を理解しようとした生徒は、混乱し、正解までに時間を要したであろう。学生の解答・解説には、そのような捉え方は一切なく、答えを出しただけのことであり、深い意味で本当に理解しているのかどうかかなり怪しい。



このような内容について、もっと十分に受講生と議論すべきであったが、時間の都合で以下のようにまとめた。

- ① 答えを説明するためには、相当な背景を理解しておく必要がある
- ② 教えるために学びましょう
- ③ 答えが出せた、合っていた と 分かっているのは次元が違う
- ④ 教えることができるかどうかは、さらに異次元だ

### (3) ボールの跳ね返り実験

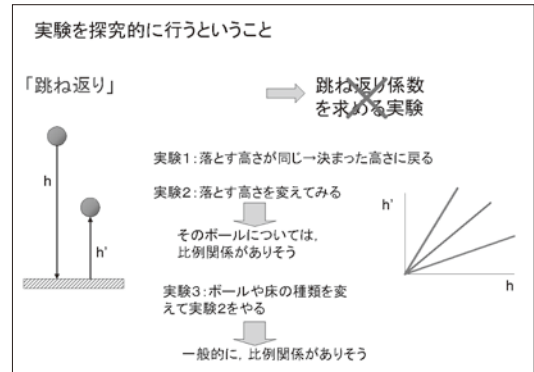
4 人程度で 1 班を作らせた。事前に伝えておいたせいか、滞りなく班作りができた（実際には、班作りをいかにするかも大切な学習ではあるが、ここでは省略した）。ただし、この時点でも遅刻してくる者が少なからずいたのは残念であった。  
【実験概要】 初めの高さ $h$ と床で跳ね上がった高さ $h'$ について調べる。これに先立ち、宿題として「この実験方法・手順、ボールの跳ね返り実験で何を伝えたいか、その目的を考えてくる。」を伝えておいた。

実験後、どんなことがわかったかを問うて見ると、「初めの高さと跳ね上がった高さが比例している」「跳ね返り係数が0.8くらいであると分かった」という回答であった。

ここから何を学ぶべきであろうか。

#### ① 探究的な実験とすべき

この実験は、多くの場合「ボールの跳ね返り係数を測定する実験」となっている。つまり、ある値を求めるだけ、あるいは検証しようとする実験である。しかし、そもそも跳ね返り係数の正体は不明であり、床との跳ね返り係数から何が分かるのかも不明である。同じ実験でも、目的を「跳ね返りの法則性を探る実験」とすれば、探究的となる（右図）。これをさらに次のように拡張していけば、跳ね返り係数の意味が分かってくる。



低い位置から投げ下ろしても同じ効果が得られるから→跳ね上がる現象に関して、元の高さは直接には関係ないはず→衝突直前直後の速さが重要→床が衝突の際に上下すると、はねかえりに影響する→肝心なのは、衝突時の相対速度の比が一定となっていること→衝突で跳ね返り係数を使ってよいらしい

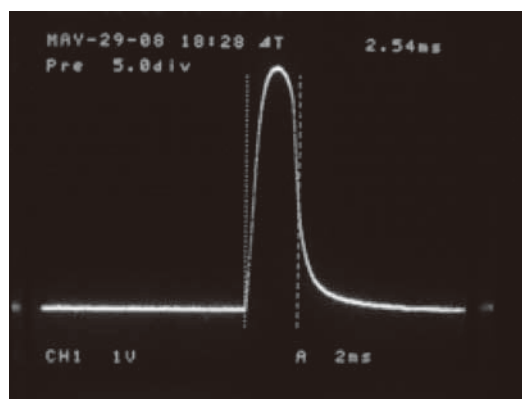
#### ② さらに調べたい

この実験から、相対速度の比がなぜかほぼ一定値になるらしいことを、信じられるようになった。しかし、なぜそのようになるのかは、不明である。これについては、自ら仮説を立てて実験をしたり、連続体力学、物性論などについて学んだりして、理解を深めていくべきだろう。それは、大学の授業として置かれているかどうかではなく、必要なことならば自ら学ぶべきことである。つまり、跳ね返りについて教えようとする過程を、より深い内容を自ら学ぶきっかけとするべきなのである。

#### ③ この実験の条件は適切か

ところで、床での跳ね返り係数を高校生として学んだとき、違和感を覚えなかっただろうか。一つは、動くことのない床との跳ね返り係数に何の意味があるのか、そもそも同じものとして扱ってよいのか。もう一つは、衝突の最中に重力という外力が働いていても、同じように使ってよいのか、である。

ここでは、後者について考えさせた。外力は当然跳ね返りに影響を及ぼす。跳ね返り係数は、運動量保存とともに使うことが多い。運動量保存は、作用・反作用の法則そのものであるから、外力がはたらいてはいけい。つまり、床との跳ね返り現象を扱うためには、重力による影響が無視できるほど小さいことを生徒に示すべきである。このために、本校では、スーパーボールが床と衝突している時間を実験で示し、その影響量が無視できることを具体的に示している。右図の結果では、衝突時間は2.5ms程度で、これから得られる



重力による力積は、衝突による力積の1000分の1以下であることが示せる（この計算過程自体も、立派な演習になる）。

このように、その現象を教科書的に見ることなく、そこで実際に起こっていることをあらかじめ評価したうえで、授業に臨むべきなのである。物理は、実際の現象を解き明かそうとする学問であり、演習問題として作られたものではない。

#### (4) 生徒実験を分析しながら進める物理の学習

この表題の授業を、全ての単元でしなければならないとは考えていない。2年生の必修物理では、このようなスタイルの授業を受けていく中で、全ての生徒に科学的なものの見方・考え方を身につけさせたい。科学の方法を身につけていれば、その先で理論を中心とする展開となっても、自ら得た実験データではなくても、与えられた具体的なデータに基づいた科学的判断は可能となる（3年生の選択物理は、ある程度この傾向にある）。

ところで、なぜ実験を中心とした授業をするのだろうか。以下のような意見がある。

- ・理解が早いから
- ・定着が良いから
- ・面白いから
- ・生徒が勉強するから
- ・生徒も先生も楽だから
- ・受験に有利になるから

私に言わせれば、どれでもない。観察・実験をしなければ「理科」ではないからである。自然科学は、対象である自然界の観察・実験から始まる。自然現象から問題意識をもち、その仕組みを探り、その結果が正しいかどうかを再度自然界に問う。科学的な知識以外にも、技能や技術、科学の方法の獲得が科学教育の大きな目標である。したがって、探究的な生徒実験が理科教育として必要なのである。それは、難しいし楽ではない。

自然界の仕組みを合理的に解釈しようとするのが「自然科学」である。自然界の仕組みを理解するには、自然界にアプローチする必要がある。そうしてこそ、初めて解決すべき問題点に気づくことができる。このとき、自然界の現象に見出される法則性に、ある程度の見通しがもてる素地は必要である。

ところで、生徒実験に重きを置きすぎるのもよくない。生徒実験は必要だが十分ではないからだ。たった1回の生徒実験から、法則性を見出し、これを確信することなどできない。物理法則を理解し、確信するには実際の現象に適用し、うまく現象を説明できるらしいと思える必要がある。実際には、生徒が学んでいる物理法則の多くは、長い年月を経て厳しい検証に耐えてきているものである。だから、認めることができる。

私が言う観察・実験に基づく理科教育をまとめてみると、以下ようになる。

- ・法則の発見ではない
- ・法則の検証でもない
- ・具体的な観測に基づき、自然界を合理的に説明する方法を自ら納得していく活動である

繰り返しになるが、授業は常に次のような二層構造をしている。

- ・知識、技術、技能などの具体項目を伝える。

- ・この具体的項目の学習を通して、科学的な考え方、精神、哲学、価値観を育て、これに基づき行動できる人間を育てる。

## (5) 定常波に至る一連の授業 ―その流れとねらい―

ここでは、教育実習の該当単元について解説し、一緒に考えさせた。この分野で私が教えたいことは、次の二つであり、その大きな流れを右に示す。

- ① 波動を拡張解釈していく過程とその考え方
- ② 気柱の定常波という眼に「見えない」現象を実験事実と論理で「見る」という科学の方法と考え方

この波動の学習指導で、毎年教育実習生の理解に関して気にかかることがある。一つ目は、「重ね合わせの原理」の理解

である。実習生は、これを波動に普遍的で重要な性質だと思っているようである。このため、任意の形状の力学波（媒質の変位を扱う波）の重ね合わせの作図を平気で行わせてしまう。これは、波動と重ね合わせの原理の理解不足によるものであろう。この部分は、大学生の物理の理解としてはかなり基本的な学習であらう。大学で波動の授業をとっているのかどうかは知らないが、波動の基礎について勉強しておくべきことである。

二つ目は、弦を伝わる速さの式を教えたがののだが、それを自分で示すことができた学生は、過去に皆無なことである。教えたいのに、結果だけ知っているというのでは情けない。それは、科学的態度ではない。

三つ目は、弦にできる定常波の実験の際に、スピーカーから振動を与えて定常波を作ることに違和感を覚えないことである。導入では、多くの場合弦楽器の話から入る。ギターを弾くと、ある特定の振動数の音が聞こえる。このとき、弦には定常波ができている。しかし、その振動数を弦に与えてはいない。弦を弾いただけである。つまり、弦を弾いたときにできる定常波と外部から振動を与えて共振したときにできる定常波が同じ（高調波成分についてはここでは言わないことにする）であることを示すべきである。弦を弾いたり弦に振動を与えたりすると、どのような過程で定常波ができ、その振動数がどのようにして決定されるのか、について事前に十分に勉強しておくべきである。

4 つ目は、気柱内の定常波の説明にいきなり横波風の図を描き始めるが、気柱内の振動のイメージは理解していないことである。「気柱内に定常波ができていることを生徒に確信させる」ことを最終目標としているにもかかわらず、なぜか教科書的な作図を疑問も持たずに描いてしまう。音波という現象そのものや共鳴とは何かの理解が足りないのである。

教育実習で扱うべき担当分野は、実習の 2 ヶ月以上前に分かっており、教科書で10ページ余りに過ぎない。これを教えるために、波動論や、音響学、楽器の科学などについて学んでおくべきである。たとえそれが、授業そのものに使うことがなくても、物理の教師としての必要なバックグラウンドである。教育学部の学生としては、教えるためにそのバックグラウンドとなっている高度な学問を学ぶという学び方があるに違いない。教育実習は、学びを広げるチャンスなのである。必然性のある学びは、真の学力となる。

## 5. 3. 5 理科教員養成カリキュラムをどうするか

文部科学省、国立教育政策研究所では、平成22年度より「理科の指導力向上に向けた教員養成に関する研究」を始めている。この研究の趣旨は、「理科に係る教員の指導力向上、魅力ある授業づくりのため、教員（とりわけ初任者）に必要とされる指導力について検討し、その養成に向けた大学の教職課程におけるカリキュラムの研究を行う。」である。附属学校理科世田谷地区のプロジェクト研究は、この研究に 1 年先駆けて実施してきた。また、広島大学教育学部をはじめ、いくつかの教員養成系大学、学部で理科教員養成カリキュラムの改革が行われつつある。

## 波動のはじめから気柱振動まで

- 1 波動とは：振動の伝播…これを拡張して行く
- 2 縦波への拡張
- 3 重ね合わせの原理：線形波と重ね合わせ
- 4 直線上の反射：固定端と自由端
- 5 弦の振動
- 6 気柱の振動…

これを目指して  
流れを構築

眼に見えない空気の棒  
に、定常波ができている  
ことを確信させたい

私がここで提案しようとしていることは、次の大きく二つである。

- ① 科学的なものの見方・考え方を生徒に身につけることができる学生を育てるカリキュラム、授業が必要である。教育実習生を見ている限り、この教育は不十分である。
- ② 高校教科書の内容を徹底的に深化する形で、高度な科学的な内容の学習につなげていく。

教育実習生を見る限り、高校生に教える内容についての背景となる知識、理解があまりにも浅薄である。教えるべき内容と大学で学んできたはずの高度な知識が、有機的につながっていないと思われる。あるいは、そもそも学んでいない（大学で教えているかどうかではない、学んでいるかどうかである）。もちろん、このような方法ばかりをとってはられないのだろうが、教科書の内容（もちろん実験も含む）についてならば、理学部や工学部、農学部等の学生には負けないといえる力を身につけさせたい。生徒に理科教育でどのような資質・能力を育てようとしているか、このためにはどのような理科教員を育てるべきかをさらに研究して、理科教員養成カリキュラムを検討する必要がある。これに関連して「理科の指導力向上に向けた教員養成に関する研究」に提案している項目だけを以下に示す。

- ・高校生に科学に対する興味・関心や探究心を高める
- ・高校生に対して科学に関する教授をするに足る知識理解を獲得する
- ・科学的なものの見方考え方を獲得する
- ・授業をひとつのまとまりとして実践できる能力を育てる
- ・授業を分析・評価する能力を身につける
- ・分かりやすく表現し、説明する能力の獲得
- ・新聞などの情報を理解し、説明できる
- ・インターネットなどの情報を評価できる
- ・教科書の内容、背景を理解し説明できる
- ・実験を企画し実施し、評価できる

現在人類が直面している地球規模の問題の解決には、知的総合力を持ったリーダーと、科学的理解に基づいて行動できる市民が必要である。これを支えるために私たちが育てようとしているのは、世界の現状を分析的に捉え、未来を推測できる高度な専門性と、予測不能な問題にも柔軟に対応できる豊かな教養、他人を思いやる感受性を身につけた生徒である。このような生徒の育成のために、理科教育はきわめて重要な役割を果たす。したがって、その理科教育をになう優れた教員を養成することは、未来の地球にとってもきわめて重要な課題といえる。

（文責 附属高等学校 物理 川角 博）

## 6. 成果と課題

われわれが実践したことを、少なくとも東京学芸大学が単発ではなく、恒常的なカリキュラム化していくこと、さらには、国内の教員養成系大学のカリキュラム見本になること、さらには、日本から世界へ、カリキュラム見本として発信していくことが大切である。

教員養成系大学のカリキュラムとして、専門基礎的な実験ではなく、小中高でやる実験を実践的に研究するような大学の授業が必要ではないだろうか。教員養成系ならではの実験の授業が必要であろう。

また、大学に入学する学生が、高校で物化生地の4つを履修してくることは現実的には期待できない。しかし、教員になる以上、物化生地の4つを履修していなくても、教員として対応できるように、大学がすべきである。そうなるようなカリキュラムが、教員養成系大学には求められるはずである。

もし可能ならば、大学の1コマの講座を附属学校教員が実践する授業として設置することにより、現場での授業実践に裏打ちされた内容を、学生に提供できるはずである。

（文責 附属世田谷小学校 五十嵐 敏文）