

## 大阪大学理学部の低学年教育



下田 正\*

Curriculum for Undergraduate Students at Faculty of Science, Osaka University

### 1. はじめに

「将来使わないことを全員が学ぶ必要はない」、  
「個性に応じた多様な学び方が望ましい」といった  
教育観が目につくようになって久しい。このような  
考え方が、2002年度より実施された新学習指導要領  
として制度化された。新しい指導要領では、「ゆとり  
教育」をキーワードとして、小学校で学んでいた  
多くの基本的な事項が中学校に、中学校でのそれら  
が高等学校の選択科目に移行された。二次方程式の  
解の公式が「その後の人生で使わない人が大多数だ  
から」という理由で選択科目に移行されたことに示  
されるように、平方完成させることにより解を求め  
ることができるという合理的な考え方に感動するこ  
とよりも「実用」に重点を置いているのが新学習指  
導要領であると思われる。また、ますます盛んにな  
っている多様な大学入試の方式は、早くから文系・理  
系の選択を迫り、「入試に必要なものだけ勉強する」  
という風潮を助長してきた。

大阪大学理学部では、自然科学の幅広い分野に関  
心を持たない学生が目立つようになり、大学院での  
教育・研究を進める際に支障を来しているという声  
が教員の間で10年位前からあがり始めた。優れた素  
質を持っていながら、自分が学んでいる、あるいは  
研究している事は自然科学の中でどのように位置づ

けられるのかという視点を欠いた学生の割合が増え  
ている状況は、視野の広い人材を育てるといふ理学  
部の教育理念を達成することを、ますます困難にし  
てきた。そこで、学部低学年において理学の広い分  
野を見渡せる、「理学リテラシー」とでも呼ぶべき、  
最低限の基礎学力を保障するカリキュラム作りが平  
成11年より始まった。そして、2年前に実施に移さ  
れたのが「理学ミニマムカリキュラム」である。そ  
の概要は大阪大学・大学教育実践センター長、高杉  
英一先生が本誌で紹介されている<sup>[1]</sup>。本稿では、  
「自分の専門とは直接関係しない」分野の実験を全  
員に強制的に学ばせる、「自然科学実験」という科  
目を通じて、このカリキュラムが具体的にどのよう  
に行われ、学生達からどのような評価を得ているの  
かを紹介する。理学部の教育が「ゆとり教育」とは  
全く異なったものを目指していることを理解して頂  
ければ幸いである。

### 2. 「自然科学実験」とは

数学、物理、化学、生物、地学の基本的実験を全  
員が履修するのが「自然科学実験1」である。理学  
部1年生約240名は、数学、物理、化学の実験を各  
6回、生物、地学の実験を各3回履修する(総計24  
回)。多くの学生は、高等学校において自ら手を下  
す実験を全く経験していない。物理という科目自体  
を学んでいない学生が約60名、生物に至っては約  
180名に達する。地学は大多数が未履修である。こ  
れは高等学校で理科を2科目しか選択できない今の  
制度のゆえであろう。

「自然科学実験1」の目指すのは、自然や数理の  
世界に自ら働きかける喜びを味わうことと、同時に  
履修する実験に関連した講義科目(数学、物理、化  
学、生物：以上必修科目と、地学：選択科目)の学  
習意欲を高め、理解を助けることにある。講義科目



\* Tadashi SHIMODA  
1952年5月生  
1980年京都大学大学院理学研究科物理  
理学第二専攻博士課程退学  
現在、大阪大学大学院理学研究科物  
理学専攻、教授、博士(理学)、原子  
核物理学  
TEL 06-6850-5744  
FAX 06-6850-5764  
E-Mail shimoda@phys.sci.  
osaka-u.ac.jp

では、物理と生物では高等学校の履修歴に配慮したクラス編成を行ったが、「自然科学実験1」は全員が同じテーマの実験を行う。そこで、各実験テーマは、基礎知識や経験を必要とせず、きわめて入門的で実験の目的が明確なものを新しく用意した(表1、

表 1

自然科学実験1 数学のテーマ

1. 簡単な微分方程式
2. 自然科学からのモデル
3. 1, 2 階の定数係数線形微分方程式(斉次, 非斉次)と重ね合わせの原理
4. 1 次変換
5. 2 次形式を通して行列の対角化を学ぶ
6. 2 変数極値問題

自然科学実験1 物理のテーマ

1. 力学：抵抗のある粘性媒質中での物体の落下速度の測定
2. 熱力学：気体媒質での音速の測定 I (基礎的技術の習得)
3. 熱力学：気体媒質での音速の測定 II (様々な条件下での測定)
4. 力学：様々な振動の観測(連成振動や共振り振り子など)
5. 電磁気学：電磁誘導現象の観測
6. 放射線測定：霧箱を自作し放射線を観測。  
放射線検出器を用いて放射線の性質を調べる。

自然科学実験1 化学のテーマ

1. せっけんの合成
2. 昆布からヨウ素をとりだす
3. 中和滴定
4. 食物からの色素抽出と分離
5. 金属イオンの分離・検出
6. ステアリン酸の単分子膜

自然科学実験1 生物のテーマ

1. 光学顕微鏡の仕組み  
ミクロの観察手段としての顕微鏡の原理を理解する。
2. マウスの解剖  
マウスを解剖して、生命現象を支える内臓諸器官とその連係を観察し、ヒトを含む哺乳類の体制を理解する。
3. 生物の生き方の多様性  
キャンパス内の池のプランクトンや周辺の植物の観察を通して、身近な自然に注意を払う目を養う。

自然科学実験1 地学のテーマ

1. 野外調査(地質)  
浅海や河口付近で堆積した地層と古環境の復元、深海底で堆積した岩石と沈み込み帯近辺の岩石、活断層と地形、地形図と地質図について知る。
2. 地震探査  
人工地震による地下構造の調査、地震波の特性とコンピュータを用いたデータの処理、地震と断層、惑星の内部構造の決定について知る。
3. 偏光顕微鏡  
鉱物の光学的性質、岩石の組織と履歴、鉱物の観察から温度圧力条件を見積もる。

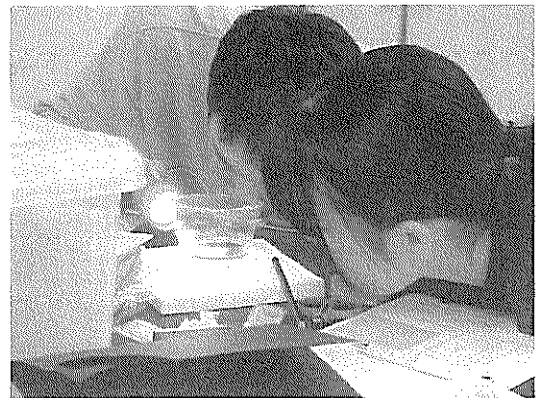


図1 自然科学実験1 物理：霧箱を作ってα線の軌跡を観測。軌跡の長さからα粒子のエネルギーを見積もる。

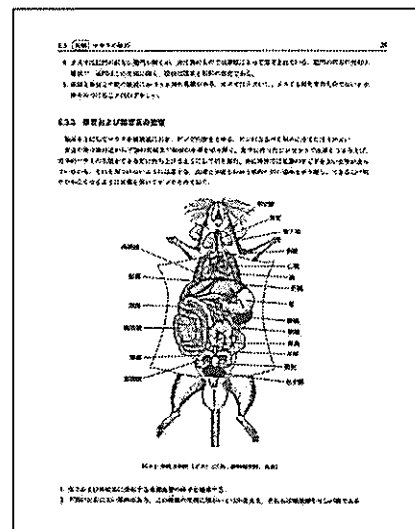


図2 自然科学実験1 生物：テキストの1ページ(マウスの解剖)。

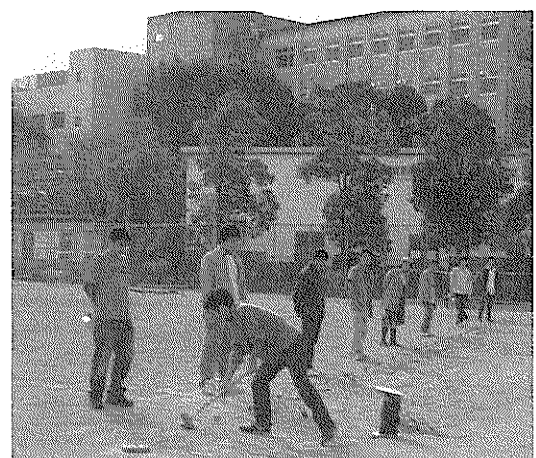


図3 自然科学実験1 地学：地面をハンマーで叩いて人工地震を発生させ、一列に配置した24個の地震計で地震波の到達時間を測定。地震波の不連続面が地下数メートルの位置にあることを確認。

図1, 2, 3参照). すべてのテーマでわかりやすい独自のテキストを用意し, 異なった学科の学生が助け合えるような班編成を行うなどの工夫を行った. また, 大学院生によるティーチング・アシスタント(TA)を多数配置し, 学生が教員やTAと常にコミュニケーションを取りながら実験を行えるよう配慮した. なお, 実験の際の安全への心構えを学ぶ「防災概論」を, 実験を開始する前の必修科目として新しく開講した. 学生アンケートを見ると, 実演やビデオによって「自分がしっかりしなければ」という実感を持つと同時に実験への期待が高まったと感想を述べる学生が多い.

このような入門的実験を1年間経験した後に, もう少し実験をやりたいという学生のために, 2年生前期に「自然科学実験2」を選択科目として用意した. そこでは, 物理, 化学, 生物, 地学の少し専門的な実験を各6回履修する. 多くの学生は自分の専門分野の実験と他分野の実験の二つを履修する(総計12回).

このカリキュラムが学生にどう評価されるかをモニターするために, カリキュラム実施初年度(平成15年度)には学期途中と学期末に学生アンケートを行い, 問題点の把握と迅速な改善に努めた. 最も懸念されたのが, 生物実験の「マウスの解剖」であったが, 「このような経験はもう二度としないだろうから, やってみて良かった」という感想が多く聞かれた反面, 拒否反応を示す学生が10数名いた. 「自分は数学科なのになぜ解剖を強制するのか」, 「生命を冒瀆している」といった意見である. これらの学生には「解剖を通じて何を学んで欲しいのか」を教員が語りかけ, 説得に努めた. こうして1名以外は解剖に取り組んだ. 最後まで応じなかった学生には別のテーマを用意した.

2年目には, 新入生ガイダンスにおいて「理学ミニマムカリキュラム」の意義をより丁寧に解説した. さらに, 学年途中で, 1年生全員と教員が参加するシンポジウム, 「理学部コア科目の期待と問題点」を行った. まず, 自然科学の基礎を広く学ぶことの意義を説く講演を行い, 「理学ミニマムカリキュラム」を解説するパンフレットと学生アンケートの全ての結果を載せた冊子を配布し, 学生と教員がカリキュラムの具体的内容を議論をする「コア科目にもの申す!」を行った. 2年目には, 先輩から働きかけが

あったのか, 教員との交流のおかげなのか, 解剖を拒否する学生はいなかった.

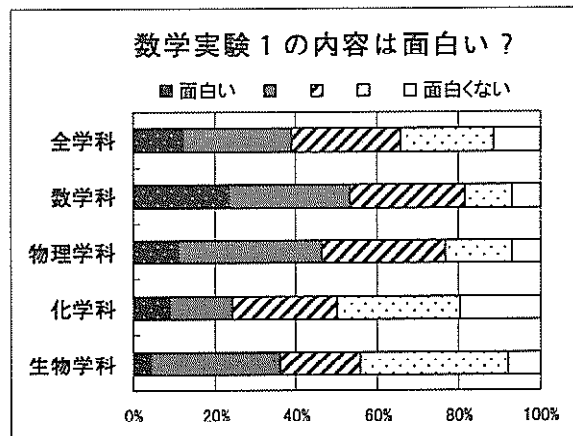


図4 自然科学実験1 数学の内容は面白いか?

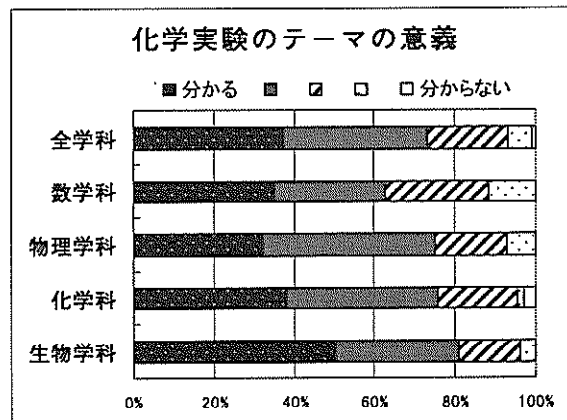


図5 自然科学実験1 化学のテーマの意義は理解出来る

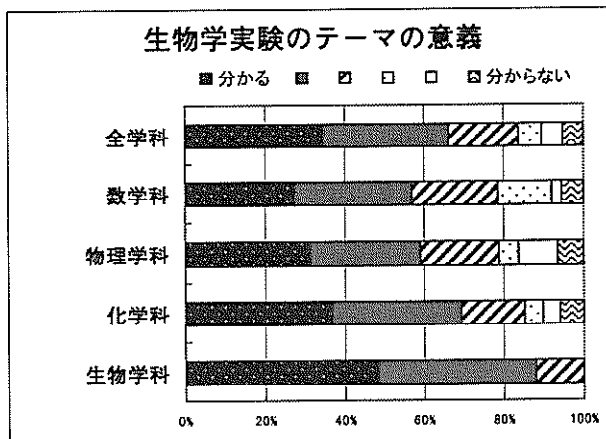


図6 自然科学実験1 生物のテーマの意義は理解出来るか?

### 3. 学生の受け止め

「自然科学実験1」を履修した学生がこの経験をどのように評価しているのかを図4から図6に示す。どの実験に対しても「おもしろい」、「実験のテーマの意義がよくわかる」といったきわめて高い評価であった。数学科の学生ですら生物学実験の意義を肯定的に捉えている割合が高いことは特筆されるべきであろう。

「マウスの解剖」についてももう少し細かく見てみよう。アンケートでは自由記入もさせているが、学生たちはきわめて饒舌に思いを語っている。アンケートをとる際に私たちが繰り返し語ったように、自分たちの声がカリキュラムに反映するという実感を持っているからだと思う。「マウスの解剖」に関する自由記入の例として、いくつかを紹介しよう。

○マウスの体のシステムのあまりの複雑さに感動した。そして生命とはいったい何なんだろうという不思議な思いが浮かんだ。ロボットなどの仕組みなども、かなり複雑であると思うが、マウスの複雑さにはとうてい及ばないと思う。なぜならロボットは一度壊れても元に戻すことは可能だが、今日私が解剖したマウスは二度と元に戻し復元することが出来ない。人間にしても、いや人間だけでなく全ての生き物は一度死んでしまうと二度と生き返ることは出来ない。だからこそ命は貴重で、人間が価値に重きを置くものだと思った。人間的な身勝手な考えであるが、今日私はマウス一匹の死により、生命の複雑さを知り、シュバイツァーのいう「生命の畏敬」というものを感じ、とても貴重な授業を受けれたと思った。だからこそこのマウスの死に、イミは人間的な観点からすればあったのだと思う。(物理学科・男子)

○筋肉を切って内臓が現れた時、沢山の臓器がとてもきれいに配置されていると思った。順番に取り出していくと、どんどん臓器が出てきて、私はもうきれいに元に戻すことが出来ないし、あんなに上手く配置されているのは本当にすごいと思った。大きさは全然違うけれども、私たち人間の体も同じなんだと思うと不思議な感じがした。もう一度解剖したいとは思わないけれど、今回初めて解剖して図説で見ていたようなものを直接見ることが出来て良かったと思う。(化学科・女子)

○マウス一匹殺してしまう実験なので、真剣にやらなければいけないと思い、手が震えて緊張した。あと、腹の中が沢山の臓器ですぎ間なく詰まっていた、生物が生きている事のすごさを感じた。実験前はやりたくないとはばかり思っていたけど、先生のいったとおりのいい経験が出来たと思う。(数学科・男子)

○マウスの解剖をする前には、数学科なのになぜこんな事をしなければいけないのか、と思っていたが、解剖をやってみると今までは写真や模型でしか見たことがなかった臓器や、その配置を自分の目で見ることが出来たのでとてもよい経験になったと思います。(数学科・男子)

このように「始めは嫌だったけれど、やってみて生命の尊厳を理解できた」という意見が非常に多い。「いやなことはやらなくて良い」という選択科目であれば、ほとんどの学生は一生経験することのないであろう。しかし、必ずしも肯定的な意見ばかりではない。以下の例を見ていただきたい。

○実験をやる前も思っていたが、やってみて改めて思った。この実験にはどういう意味があるのだろうか。確かに本を見たりするよりは、よりよく体の構造や生々しさがわかる。それと同時に、自分は動物を「無益に」殺した気がしてくる。この経験がいったいどのようにして還元されてくるのだろうか。自分は生物学科なので将来の研究に役立つと言えばそれまでかも知れないが、研究などは自己満足な面も持ち合わせている。その研究が、1つの命に代える内容だろうかと言えば、ほとんどはそうは思えない。ましてや実験中に笑ったりしながら実験しているような他学科には、「自分は動物を殺している」という自覚もないように見える。あったとしても、それについて何も考えていないように見える。こんな事をされる為に生まれてくる動物などはいない。結論として、学科合同の生物実験はただの猟奇殺害としか思えなかった。(生物学科・男子)

このような否定的見解でも、全面否定している訳ではなく、解剖の意味を真面目に問うている。学科混成のクラス(60名×4クラス)で様々な授業を受け

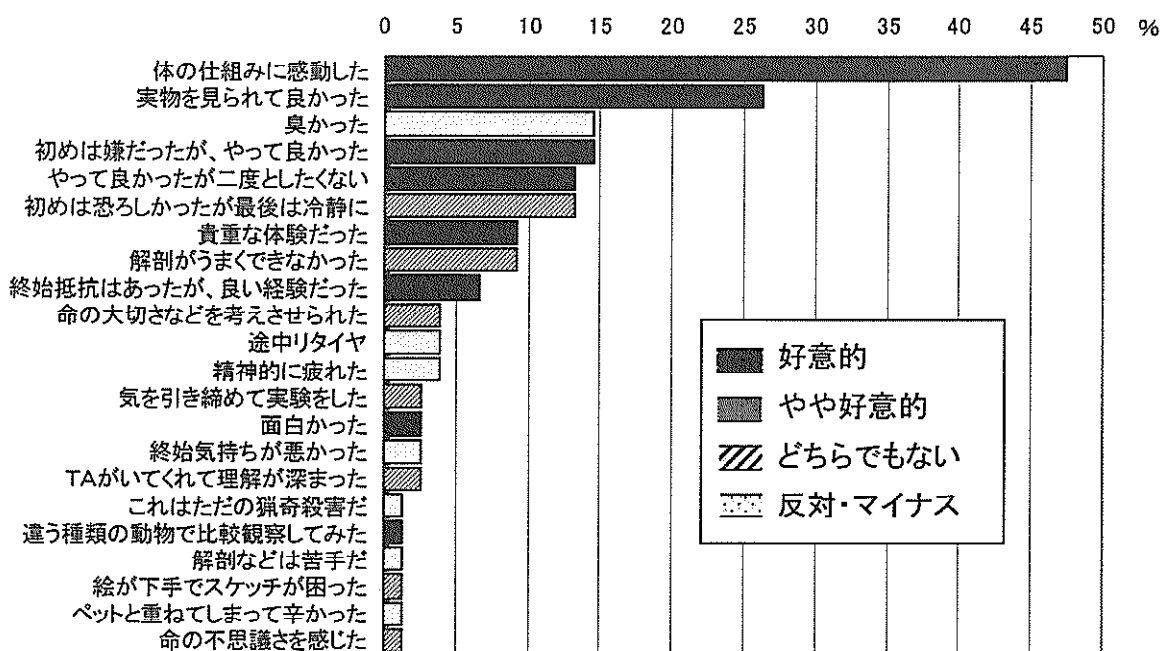


図7 自然科学実験1 生物を履修した後の感想

る中で、様々な学科の学生同士で議論を行って欲しいと願う。解剖に関するアンケート結果をグラフに表したものを図7に示す。「臭かった」という感想に注目していただきたい。ほとんど臭いのしない肉や魚に慣れ、「清潔好き」の学生達は強烈な印象を得たのではなからうか。

次に、私たちが予測していなかった学生の反応を紹介しよう。物理学実験での話である。粘性流体中で鉄の小球を落下させ、落下速度がどのように位置によって変化するかを測定する実験では、実験データから粘性係数を求める際に二次方程式を解かなければならない。当然、方程式の係数は小数や指数を含むものであるが、方程式の係数は整数であると思いこんでいる学生はとまどった。ある生物学科の学生は「高校で物理をとっていないのにこんな難しいことをやらせるなんてひどい」と抗議してきた。生物学科の大学入試合格点は高く、中学生程度の数学が出来ないとは思えないが、「自分の専門ではない」との思いこみが難しく感じさせたのであろう。担当教員が丁寧に解説し、ペアを組んでいた物理学科の学生が「俺が教えるから」と言ってくれて、くだんの学生は納得したが、専門の壁という意識を崩すのは容易ではないことを実感させられる場面であった。

#### 4. まとめ

大阪大学理学部の「理学ミニマムカリキュラム」は、高等学校までに「学ぶ機会を奪われた」学生達が「直接専門に関係しないことを学ぶ意義」に気づき、能動的学習(learn から study)へ飛躍することを狙っている。理学基礎の全分野を強制することをとらえて、「阪大の教育は反ゆとり教育ですね」と言われるが、決してそうではない。内容は極めて基礎的なものに限られており、専門教育が遅れるのではないかと心配する意見もある。しかし、1年次から研究室に入り、人間としての教員とふれ合いながら、学生がやりたいと思えばいくらでも高度な専門に触れさせる「木曜企画」などを通じて、「真のゆとり教育」を目指している。そういう意味で、括弧付き「反ゆとり教育」なのである。

最後に、この教育改革は理学部の多くの教員の方々の努力の結果であることを強調したい。解剖のアンケートを実施し、まとめられた堀内眞理先生に感謝します。

[1] 高杉英一 『定食方式』と『カフェテリア方式』のカリキュラム, 生産と技術, 第57巻, 第1号 p.60 (2005)