

## 理系教科における教科内容構成研究の現状と課題

塚田真也\*, 泉 誠\*, 大谷修司\*, 柿澤亮平\*,  
栢野彰秀\*, 辻本 彰\*, 橋爪一治\*, 長谷川裕之\*

Shinya TSUKADA, Makoto IDZUMI, Shuji OHTANI, Ryohei KAKIZAWA,  
Akihide KAYANO, Akira TSUJIMOTO, Kazuharu HASHITSUME, and Hiroyuki HASEGAWA  
Present Situation and Problems of Study on Teaching Contents of Science and Mathematics

### ABSTRACT

諸科学の専門研究に足場を置いて教育内容の体系的な開発を行う理系教科の教科内容学において、島根大学教育学部では算数内容構成研究や初等理科内容構成研究といった小学校教員養成のための授業や、数理基礎教育内容構成研究や中等理科内容構成研究といった中学校教員養成のための授業が開設されている。本稿では、理系教科である算数科・数学、理科、技術科を担当している各専門家がそれぞれの授業に対する現状と課題に言及する。

【キーワード：理数系科目、教員養成、教科内容構成研究】

「教科専門科目」と「教科の指導法に関する科目」の中間として位置づけられて2004年にスタートした島根大学教育学部の教科内容構成研究は、学問領域とそれぞれの教科の関係を念頭に置きながら教材研究や模擬授業、教科に関する発表を行う形に落ち着いてきているように思われる。本稿では、理系教科における教科内容構成研究の現状と課題についてそれぞれの担当者が言及する。

小学校算数科からは「算数科内容構成研究」の比と割合の理解（泉）について紹介する。「1）指導要領の算数科の内容についてその概要を理解し、2）算数科の各学習内容に対する数学的な理解を深め、3）学習者の反応を想定しながら、教材を分析すること、を通して、小学校算数科の学習内容についての理解を深める」という授業のねらいに対して、受講生が学習者となり教科書を読み込むことで、小学校学習指導要領の算数科の内容についてその概要を理解させ、どのような授業をすべきか受講生に考えさせたという事例を紹介する。数学からは、「数理基礎教育内容構成研究」の解析分野（柿澤）について紹介する。「自らが選んだ分野を深く学び、教科に対する知識・見識を高めるとともに、学んできたことを整理要約して人に話し、人の学んできたことの話聞くなど、教科に関する対話力を養う。」という授業のねらいのもと、輪講形式の授業を行って解析学の内容理解を図っている。受講生に発表用ノート・発表準備用ノートを使い分けさせるなど、授業者の工夫もみられている。

理科（物理学：塚田，化学：長谷川，生物学：大谷，地学：辻本，理科教育学：栢野）では、「初等理科内容構成研究」について物理学・化学・生物学・地学それぞれの教科に関する専門家と理科教育学の専門家が協力して小学校教員養成のために行っている授業を紹介する。この授業全体としてのねらいは、「小学校理科の取り扱い教材と関連した内容について、教材の背後にある科学

的概念や科学的方法、及び教材内容構成の原理を深く理解するとともに、教材分析や授業開発に必要となる知識・技能を修得することをめざす」とあり、それぞれの担当時間（3時間～4.5時間）で小中学校のつながりや実験・観察法、基礎概念の習得を目指して教育現場（教科書や学習指導要領）に合わせながら授業をデザインしている。物理学や化学では基本概念の定着を主としているのに対して、生物学では観察・実験法の習得に力を入れている。一方、地学は学生にとってもっともマイナーな科目であり導入から説明している。そして、理科教育学では、教科書を用いて「探究の流れ」や「準備を含めてどう実験を実行するか」「実験結果を表す」といった理科の授業に不可欠な事項を教えている。本授業は、理科の入門として丁寧で望ましいものであるが、授業内容には受講生が大学入学までに身につけておくべき事柄も多くみられる。理科の大きな特徴として、複雑な自然を相手にすることや観察・実験が授業に含まれる。本講義だけでは十分な知識・技能を習得することは難しく、「教科内容に対する理解」や「観察・実験の知識・技能」を如何に定着させていけるかという共通した課題がある。

技術科（橋爪）は、「技術科内容構成研究（木材加工）」について紹介する。教育と技術を客観的に記述している高度な書籍として教科書を位置づけ、本授業における教科書分析の重要性に言及している。さらに、受講生に改善点を議論させて、教科の専門性の養成を図っている。教科書の内容が改定のために最新のテクノロジーに置き換わる技術科教科書の特徴にも触れている。

それぞれの授業である程度の成果が得られた一方、多くの授業において、受講生が教科内容や授業に必要な知識・技能が不十分であることを課題で述べていることは、一考の価値がある。

\* 島根大学学術研究院教育学系

## 算数科内容構成研究：比と割合の理解

### (1) 授業の概要

【開設時期】1年後期（初等系専攻生対象）、2年前期（中等系専攻生対象） 【単位数】2

【必修・選択】選択必修 【担当回数】3

#### 【ねらいと達成目標】

この授業は小学校算数科の学習内容についての理解を深めることを目的としている。達成目標として次の3つを設定している。1) 小学校学習指導要領の算数科の内容について、その概要を理解している、2) 算数科の各学習内容について、数学的に理解している、3) 学習者の反応を想定しながら、教材を分析することができる。

初等教育開発専攻の学生にとって算数の内容そのものを講義において学習する機会はこの授業しかなく、その意味で算数科に関する科目の中で最も基礎となる授業科目である。これにつづく「算数科教育法概説」では、この授業で学んだ内容をもとに算数科教育についての具体的な理解を深めていくことになる。また、初等教育開発以外の専攻の学生にとっても、算数の内容に関する講義はこの授業だけである。(以上はシラバスをもとにした。シラバス執筆者は御園真史)

私が担当したのは全15回のうちの3回分で、テーマは「比と割合の理解」であった。比、割合というのは、多くの子供にとって、よく分からない概念なのだという。それならばということで、初心に帰って、教科書の該当箇所を読み込むことから始めることにした。教科書を読んで、その説明にしたがって新しく習う概念を理解し自分のものにするを試みる。はたしてどうなったか。

### (2) 授業の進め方

授業では、「割合」、「単位量あたりの大きさ」、「比とその利用」の3つの単元について、毎回、教科書の該当箇所全部（単元末問題を除く）のコピーを配布した。（教科書は、啓林館、わくわく算数、平成24年度用を用いた。上記の単元は5年下と6年上にある。）はじめの20分の時間を使って、教科書を読み込んでもらう。「自分がこの単元を授業するつもりで読むこと。小学生はこの新しい概念に授業ではここで初めて出会うのだということを念頭に置くこと。気づいたことは何でも余白に書くこと。どんどん書き込んでよい。」とだけはじめに言っておく。その後、学生に、気づいたこと、疑問に思ったことなどを、言ってもらう。私はそれを黒板に書く。一通り言ってもらった後、学生が気づいてない点でとくとりあげたいものがあれば教員の私が付け加える。次に、出された疑問、意見、感想を一つずつ取り上げ、それについてコメントしたり、一緒に考えたり、さらに意見を求める作業をする。残り30分になったら、私ならこのように説明するという一案を提示する。最後に、学生に、今日の授業で気づいたこと、考えさせられたこと、得た

ことなどを書いて提出してもらおう。これで授業は終わり。提出されたものにはすべて目を通し、必要なら次回にコメントする。

### (3) 授業実践事例

感じをつかんでもらうために、教科書の記述をいくつか抜き出してみる。「ある量をもとにして、くらべる量がもとにする量の何倍にあたるかを表した数を、割合といいます。」「希望者の割合が1.8ということは、定員を1としたとき、希望者が1.8の大きさにあたるということです。」「火おこし（教室；泉が補った。以下同）では、定員を1とすると、希望者の割合はいくらですか」「運動クラブの（5年生の）人数は、5年生全体の人数の何倍ですか。」「す30mL、サラダ油50mLを混ぜて、ドレッシングをつくりました。どのような割合で混ぜたといえよですか。」「すの量とサラダ油の量の割合を、30：50のように表します。このように表した割合を、すの量とサラダ油の量の比といいます。」「 $30 \div 50 = 3/5$  この $3/5$ を、30：50の比の値といいます。」「a：bの比の値は、 $a \div b$ で求められます。」

### (4) 課題

受講したほとんどの学生にとって、小学校の算数の教科書を読むのは、自身が小学生のとき以来のことであった。そして今回大学生になって読んでみて、ほぼ全員が、教科書の記述が難しい、分かりづらいと感じた。これは教員の私も同様であった。はたしてこんな記述で小学生に分かるのだろうか。

私たちにそのような感じさせた要因の一つは、すべては説明しないという教科書の姿勢（方針）にある。教科書はすべてを説明し尽くさず、子供たちには自ら気づくことを求め、授業をする者にはそれぞれが考えて説明や工夫をすることを求めているようである。

しかし、もう一つのもっと深刻な要因は、教科書に曖昧な記述や語の矛盾した使用が見受けられることであった。これは今回学生たちも、自身で教科書を読んでみて、皆で感想や疑問を出し合い共有したことで、気づいたことであった。はじめて出会う新しい概念の説明のところで、このような慎重さに欠ける記述が見受けられたことには少なからぬショックを受けたが、しかし一方で、小学生相手に「大人の文章」で記述するのは、もっと極端な場合、水も漏らさぬ厳密さで記述するのは、発達段階を考慮に入れない馬鹿げたことである。そんなことはすべきでない。

授業は成功したように思う。授業者は教科書を材料にして自らいろいろ考えて自分の授業をつくっていかなくてはならないのだ、ということに学生自らが気づいたことが、この3回の授業の一番の収穫であったのではないかと、私は考えている。

（泉 誠）

## 数理基礎教育内容構成研究：解析学分野

### (1) 授業の概要

- 【開設時期】 3年通年      【単位数】 4
- 【必修・選択】 必修      【担当回数】 30
- 【ねらいと達成目標】

中学校学習指導要領（平成29年3月公示）、高等学校学習指導要領（平成30年3月公示）で示された数学科の内容において、解析学に関するものは次の表のとおりである。単元としては、関数（比例、反比例、一次関数、二次関数、指数関数・対数関数、三角関数）と極限（微分・積分の考え、極限、微分法、積分法）に関するものがほとんどであるが、確率（多数の観察や多数回の試行によって得られる確率、場合の数を基にして得られる確率、場合の数と確率）に関するものも含まれる。

表1 解析学の内容（中学校）

| 領域     | 単元                                     |
|--------|--|
| 数と式    | 平方根                                    |
| 図形     | 三平方の定理                                 |
| 関数     | 比例、反比例、一次関数、関数 $y = ax^2$              |
| データの活用 | 多数の観察や多数回の試行によって得られる確率、場合の数を基にして得られる確率 |

表2 解析学の内容（高等学校）

| 科目  | 単元                      |
|-----|-------------------------|
| 数学Ⅰ | 二次関数                    |
| 数学Ⅱ | 指数関数・対数関数、三角関数、微分・積分の考え |
| 数学Ⅲ | 極限、微分法、積分法              |
| 数学A | 場合の数と確率                 |

この授業では、生徒が何をどのように考えたかを理解してその良さを肯定したり、生徒が何をどのように考えているかを理解してその学びを支援したりできるようになることをねらいとして、履修者が公理主義に基づく現代数学の観点から解析学などの内容を理解する。

### (2) 授業の進め方

履修者の興味に応じて数学書を選書し、その内容などについて輪講する。数学の輪講とは、あらかじめ指定された数学書の内容について数人で順番に発表する学習形式のことである。発表者は、個々の数学的な記法・論法が適切なかを説明したり、複数の定義・命題たちに共通する概念が何なのかを説明したりしなければならない。そのため、数学の講義は内容を復習できれば十分であったが、数学の輪講は内容を自習することが必要となる。数学の講義や他の履修者を発表の参考にするのはもちろんのこと、内容を自習できるようになるためにも、毎回の輪講を活用して数学への取り組み方や数学の見方を試行錯誤していくことが達成目標へと繋がる。

### (3) 授業実践事例

この授業において、過去5年間の授業実践事例は次の表のとおりである。分野としては、基礎解析学（実解析学、フーリエ解析学、関数解析学）と数理解析学（常微分方程式論、偏微分方程式論）に関するものがほとんどであるが、確率論に関するものも授業実践した。

表3 授業実践事例（過去5年間）

| 年度   | 事例  |
|------|---|
| 平成25 | $L^p$ Spaces and Fourier Analysis   |
| 平成26 | The Perron Method<br>Applications of the strong maximum principle   |
| 平成27 | 不開講   |
| 平成28 | The Banach Fixed-Point Theorem and Its Applications<br>The Structure of Finite-Dimensional Normed Spaces<br>Convergence of Fourier Series |
| 平成29 | Probability Theory : Independence and Strong Law<br>Theory of Integration<br>Theorems on Ordinary Differential Equations                  |

どの事例でも、履修者が個々の数学的な記法・論法が適切なのかを見る局所的な思考を意識して繰り返すことが重要となる。その上で、発表者はまず局所的な思考をするたびに、その内容を発表を準備するためのノートに自分の言葉で書く。ここで、内容を納得するための思考をするのはもちろんのこと、内容を補完するための思考もすることが必要となる。さらに、複数の定義・命題たちに共通する概念を考えてから、内容を発表するためのノートに書く。局所的な観点だけでなく大域的な観点からも説明できるか否かは、輪講の質を大きく左右する。最後に、各定義・各命題の説明方法を検討してから、各定義・各命題の説明に対して時間配分する。その際、他の履修者からあらゆる質疑をされても、それら全てに回答できるように説明方法を検討して発表に臨む。

毎回の輪講では、担当教員だけでなく他の履修者からも発表者へ口頭試問する。質疑としては、個々の数学的な記法・論法は適切なのかを問うものと複数の定義・命題たちに共通する概念は何なのかを問うものがほとんどであるが、必要に応じて担当教員から助言する。

### (4) 課題

履修者がねらいと達成目標を数学科教育学へ活用するために、この授業（理論）と学校教育実習Ⅳ（実践）の往還をどのように意識して指導するかが課題である。他の実践として、公立学校での授業観察・協議を企画したこともあるので、今後も継続したい。（柿澤亮平）

## 初等理科内容構成研究：理科教育学分野

### (1) 授業の概要

【開設時期】 2年前期 【単位数】 2

【必修・選択】 選択必修 【担当回数】 2

【ねらいと達成目標】

#### ◎ ねらい

小学校理科教科書に記載された学習内容を適切に読み取り、それを子どもに授業するためにはどのような学習方法をとればよいかについて分かり、将来小学校の教壇に立ったとき、理科の授業を構成し、実践するための基礎的な知識とスキルをつけることをねらいとする。

#### ◎ 達成目標

##### ・ 1 時限目

- ・ 小学校第3学年の小単元「風のはたらき」の学習内容が分かる。
- ・ 「探究の流れ」の意味内容が分かる。
- ・ 小学校第3学年の学年目標が分かる。
- ・ 「風のはたらき」を調べる実験に必要な器具や用具が準備できる。
- ・ 「風のはたらき」を調べる実験が正確にできる。
- ・ 実験結果が正確に表現できる。
- ・ 多数の実験結果に共通する点を見いだすことができる。

##### ・ 2 時限目

- ・ 小学校第4学年の小単元「水をあたためたときの変化」の学習内容が分かる。
- ・ 小学校第4学年の学年目標が分かる。
- ・ 「水をあたためたときの変化」を調べる実験に必要な器具や用具が準備できる。
- ・ 「水をあたためたときの変化」を調べる実験が正確にできる。
- ・ 実験結果が正確に表現できる。
- ・ 実験結果をグラフに表すことができる。
- ・ グラフから読み取れることを根拠を持って表現できる。

### (2) 授業の進め方

#### ◎ 第1時限目

1. 理科の授業をするために必要な書籍
2. 小学校学習指導要領と同解説理科編及び、教科書の関連
3. 小学校理科の内容構成の4領域
4. 教科書に記載された「風のはたらき」の学習内容の理解
5. 実験器具・道具の洗い出し
6. 実験及び実験結果の記述

7. 実験結果の解釈（多数の実験結果に共通する点の見だし）

8. 第3学年の学年目標を知る

9. 教科書に記載された探究の流れを知る

10. 考察の視点の明確化と実験結果の解釈

11. 課題と結論の理解

#### ◎ 第2時限目

1. 教科書に記載された「水をあたためたときの変化」の学習内容の理解（探究の流れとともに）

2. 探究の流れ

3. 第4学年の学年目標を知る

4. 実験器具・道具の洗い出し

6. 実験及び実験結果の記述

7. 実験結果をグラフに表す

8. グラフの読み取り（実験で変える変数、伴って変わる変数の見だし、根拠とともに）

9. 課題と結論の理解

10. 温度計の選び方、水がわきたつ温度を100℃に近づける工夫

#### (3) 授業実践事例

授業のねらいに基づき、授業の進め方に記載された順で学生が達成目標に到達するように授業を展開している。授業の際には一方的に知識を注入するような講義は行っていない。受講学生と対話をしながら授業を進めている。

実験で使う器具や道具については、学生に見えないようにして教科書を見ながら何が必要か考えさせている。このとき、電気器具であれば延長コード、床にビニールテープで印をつけるとすれば、はさみを用意しなければならないことに気づかせるよう配慮している。

代表者の学生に実験を行わせ、残った学生はそれを見学させている。

#### (4) 成果と課題

##### ◎ 成果

本科目は、本来教科専門の教員が中心になってそのあり方を考える科目である。しかし、自然環境教育講座では、教科教育の教員も本科目に積極的に関わって、質の高い小学校教員の養成をめざしている。

##### ◎ 教員が有する課題

・ 理科の学習が行われる第3～6学年の学習内容のうち、2つの学年しか取り上げて授業できていない。

##### ◎ 学生が有する課題

・ 教科内容の理解に極めて大きな課題がある。

・ 観察・実験に対する知識・技能に極めて大きな課題がある。

(栢野彰秀)

## 初等理科内容構成研究：物理学分野

### (1) 授業の概要

【開設時期】2年前期 【単位数】2  
 【必修・選択】選択必修 【担当回数】2  
 【ねらいと達成目標】

理科では、小中学校を通して様々な自然の事物・現象を対象にして、科学的な見方や考え方を養う。その科学的な見方や考え方の視点として、4本の柱が学習指導要領では設定されている。物理分野に対応するのが「エネルギー」で、表1にあるように風や光、磁力、電気、物体の運動を扱う。例えば小学校第3学年では、太陽の光や影を観察して温度を測る実験や、車を工作で作って風やゴムで動かす実験、乾電池を使って電球を光らせる実験を行う。どれも生活する上では個々の現象として認識されるが、「エネルギー」という視点で観るとそれぞれの現象を簡潔な論理構造で扱うことができる。また、中学校の学習内容を表2に載せる。小学校・中学校の内容はそれぞれ一貫しており、教壇に立つものはそれぞれの学習内容を念頭において授業をする必要性が示唆される。

本授業では、小学校の教科書を「エネルギー」という視点で見直すことで、「子どもが自然の事物・現象について親しみながら実感を伴った理解を図り、科学的思考を習得する支援を行える能力の養成」をねらいとする。履修者が自然の簡潔な論理構造を理解して、自然と子どもとの出会わせ方（実験・観察）を自ら工夫できるようになることが達成目標である。新たな視点で教科書を見直すことで、教科書や学習指導要領をより深く理解できるようになると信じている。

表1 小学校のエネルギーを柱とした内容の構成

| 学年 | 内容                  |
|----|---------------------|
| 3  | 風とゴムの力、光と音、磁石、電気    |
| 4  | 電流（乾電池）             |
| 5  | 振り子の運動、電磁石          |
| 6  | てこの規則性、電気の利用（発電、変換） |

表2 中学校のエネルギーを柱とした内容の構成

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 | 力と圧力、光と音              |
| 2 | 電流・電圧、電磁石             |
| 3 | 運動の規則性、力学的エネルギー、エネルギー |
| 5 | 振り子の運動、電磁石            |
| 6 | てこの規則性、電気の利用（発電、変換）   |

### (2) 授業の進め方

「エネルギーの定義」と「エネルギーの性質」を紹介し、小学校の教科書をそれらの視点から見直す内容の講義をプリント・板書を中心に進める。また、演示実験も行う。

プリントでは、履修者の考えを書かせるように記述欄を多く設けている。論理的な思考ができていないのか、確認しながら学べるように、板書はプリントに直接書き込むように指導する。各授業の最後にはアンケートを提出させた。

### (3) 授業実践事例

「エネルギーの定義」について、「仕事をする能力」と厳密に定義している。「仕事」「力」とそれに伴う説明を加える。特にここでは、1Nの力、1Jの仕事の大きさを実感させるために、100gのペットボトルを5本用意して履修者に回した。手で支える力が1N・手でペットボトルを1m持ち上げた時の仕事が1Jに対応するからだ。多少回りくどい説明になるが、9割の学生が理解できたと授業アンケートに書いている。「エネルギーの性質」に関して、エネルギーは形態を変える際に保存されることとエネルギーの質が落ちることを説明している。これら一連の実験や観測事実のみに基づいており経験則である点を様々な例を示しながら説明した。

続いて、「エネルギーの定義」と「エネルギーの性質」を基礎として教科書を見直して、それぞれの単元・活動がエネルギーをどう捉えるか・エネルギーがどう変換されるか・エネルギーをどう利用するか等の3つの視点で構成されていることを履修者に見出させた。例えば、小学校第6学年の電気で走る車では、手回し発電機で仕事を電気エネルギーに変換してコンデンサに蓄える。そして、その電気エネルギーは車を動かす仕事に変換され、最終的にはタイヤや地面・モータを温める熱へと変換されていくことを、図1の自作教材を用いながら演示実験した。エネルギー変換をするたびに、エネルギーが再利用しにくくことを示すことでエネルギー問題へと話を繋げた。

身近なエネルギーの計算演習として、電気料金の請求書を基に、電力や電力量・電気料金の計算を行った。電子レンジ600Wで60s使ったときの電気料金を求める計算は、kWhとJの単位変換に多くの支援を要した。



図1 身近な材料で作ったコンデンサカー。

### (4) 課題

アンケートでは、「演習問題の計算が苦手・分からない」といった記述が2割あった。計算というより物理量の理解ができていないことが原因であることが分かった。身近にある単位をそのまま受け入れず理解しようとする姿勢を学部の中で育くめるよう、他の授業とも連携を図りたい。また、物理分野は、理科における基礎を扱っているという特徴があり、エネルギーの視点で化学・生物・地学分野も観るような、理科の中の分野間連携の必要性も感じている。

(塚田真也)

## 初等理科内容構成研究：化学分野

### (1) 授業の概要

【開設時期】 2年前期 【単位数】 2

【必修・選択】 選択必修 【担当回数】 2

【ねらいと達成目標】

本講義のねらいは小学校理科の取り扱い教材と関連した内容について、教材の背後にある科学的概念や科学的方法、及び教材内容構成の原理を深く理解するとともに、教材分析や授業開発に必要な知識・技能を修得することを目指している。カリキュラム上の位置づけでは、小学校教師に必要な初等理科の内容理解の基盤をつくるための科目とされている。指導法に関する「初等理科教育法概説」と併せて履修することで小学校教師に必要な初等理科の内容理解の基盤をつくることができ、さらに副専攻(深化型)「基礎学力探求セミナー(理科)」へ発展している。

本授業では、小学校学習指導要領における「物質・エネルギー」のテーマから、化学分野の実験課題に関連する基礎知識と実験のポイントを中心に解説した。

### (2) 授業の進め方

全体の授業内容としては、具体的には次のテーマ内容を取り扱った。

- ・テーマ1：小学校理科教材の内容構成
- ・テーマ2：「物質・エネルギー」の内容理解
- ・テーマ3：「生命・地球」の内容理解
- ・テーマ4：教材分析や授業開発に向けて
- ・振り返りとまとめ ・試験

この中から本講義ではテーマ2のうち、「物質の多様性と同一性」及び「物質の変化と質量保存」の内容を中心に採り上げた。

### (3) 授業実践事例

#### 1) 導入

本講義では、最初に小学校学習指導要領の内容について解説を行った。なかでも「科学的な見方や考え方を養う」ことについて触れ、災害時の事例等を交え、客観的事実から論理的に考えることで、事実を的確に認識出来るようになるということ、また我が国ではそれが不得意な国民が多く、初等教育時から科学的な見方や考え方を養っておくことが極めて重要であることを解説した。このことから初等教育を担う人材にも科学的知識の向上が求められているということを教示した。

次に小学校学習指導要領における内容区分「A 物質・エネルギー」の指導内容について、特に「粒子」といった科学の基本的な見方や概念と教科内容の構成との関係について俯瞰し、各論については次項目で解説した。

#### 2) 初等教育での実験課題の解説

##### ○金属・水・空気と温度(4年生)

「水の体積と温度」、「金属の体積と温度」、「空気の体積と温度」、そして「水の三態変化」について、物質の

三態の観点から解説を行った。3つの状態それぞれについて、構成する原子や分子の運動エネルギーと温度の関係、及び原子や分子相互の位置関係考えた後、固体から気体までの状態変化をグラフで表し、状態変化の名称とその際の構成原子・構成分子の状態について解説した。

##### ○物の溶け方(5年生)

「物が物質に溶ける量の限度」、「物が水に溶ける量の変化」、「重さの保存」について「溶解」という観点から解説を行った。まず溶液の濃度を表す方法について、基本となる質量(重量)パーセント濃度をおさらいし、更に化学的に重要なモル濃度についても解説した。ここで物質量(モル)の概念が必要となるが、高校化学を履修していない学生もいるため、この概念について解説を加えた。既習の学生にとっても良い復習となったとの感想が見られ、学習効果があったものと思われる。

##### ○水溶液の性質(6年生)

「酸性、アルカリ性、中性」、「気体が溶けている水溶液」、「金属を変化させる水溶液」について教科書の内容を一例として紹介した。

#### 3) 先端科学技術の紹介による興味喚起

科学に対する興味を喚起するとともに、理科の教育に役立つ知識を習得することを目的に、先端科学技術の一例としてナノスケールの世界を見る技術について紹介を行った。髪の毛のサイズから分子のサイズまで、形や大きさについて電子顕微鏡像を用いて紹介した後、ナノスケールの世界を見る技術として、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡の原理や仕組みについて解説した。授業アンケートからも関心が深まった旨の回答も見られ、一定の効果があったと考えられる。

#### 4) 理科実験に必要な演習・試験

5年生の「物の溶け方」を考える場合や実験を行う際に必要となる「濃度」について、演習問題を用いて実際に計算を行った。この際、実験室の試薬を実際に薄めて用いる場合を想定するなど、実態に即した形の演習問題を作成し、知識や経験が将来役立つよう配慮した。また、演習と類似した問題を試験でも再確認させ、確実な習得を目指した。

#### (4) 課題

授業アンケートや試験結果から、教科内容に関する知識が不足していると考えられ、自身で理科実験を行うことが困難であると予想される学生が少なからず見られた。また、教科内容以前に、初等教育に携わる学生自身が「科学的な見方や考え方を養う」必要性があると改めて感じられた。ただ、先端科学の話題など、科学に興味を示す学生もまた少なからずいることから、現状のカリキュラムだけでなく、十分な講義や実習を行うことで知識や能力を向上させることが可能だと考えられる。

(長谷川裕之)

## 初等理科内容構成研究：生物学分野

### (1) 授業の概要

【開設時期】2年前期 【単位数】2  
【必修・選択】選択必修 【担当回数】2  
【ねらいと達成目標】

初等理科内容構成研究での生物分野の授業回数は2回であり、その中で小学校で扱われる生物分野全体を概説することは難しい。少しでも教科内容に踏み込んだ授業をするために、2回の授業で小学校5年生の単元「魚の誕生」を取り上げ、学習指導要領での取扱の変遷、教科書の内容、メダカの飼育の仕方、観察の仕方、自然保護のあり方について講義を行った。ねらいは、「魚の誕生」のように特定の単元について教科書分析、教材研究ができ、児童に教科書に沿った内容で観察・実験をさせることができるようになることである。

### (2) 授業の進め方

学生の座席は前列から順に指定しているため、名簿で学生の名前もわかり、授業者にとっては授業をしやすい環境であった。授業は主にパワーポイントを用いたが、その内容は印刷してして受講者全員に配付した。板書を実施しないと学生がノートを取らない傾向があり、重要な点は板書を行った。また、できるだけ学生の意見を聞くようにしながら授業を進めた。2時間目はパワーポイントと板書に加え、メダカの成体、卵を講義室に持ち込み、顕微鏡と実体顕微鏡を用いて卵や尾びれの血流の観察などを行った。各授業の最後に授業者の授業と学生自身の取り組み状況を評価するためのミニッツペーパーを提出させた。

### (3) 授業実践事例

#### 1) 教科書の内容と学習指導要領の関連

メダカが扱われている単元「魚の誕生」は、平成元年までは、「人の誕生」とあわせて両方を学習することになっていたが、平成10年の改定で、教育内容の厳選と基礎・基本の徹底が行われ、「魚の誕生」と「人の誕生」は選択性となった。平成20年の学習指導要領の改定では、平成元年と同様に「人の誕生」と「魚の誕生」の両方を学習するように改められた。メダカの餌としての水中微小生物の観察は平成元年実施、平成10年削除、平成20年実施と、「魚の誕生」と同様に改定が行われた。このように教科書の内容は学習指導要領によって大きく変わるので学生に現在だけでなく、過去の学習指導要領を熟読し、内容の変遷についても把握しておくことの重要性を指摘した。

#### 2) メダカの現状と自然保護

メダカは絶滅危惧Ⅱ類に指定され、全国的に個体群が減少している。水田の改修などでメダカが生息しにくくなったことを写真を見せながら解説した。採集するにあたっては、地域の分布状況を調べた上で、多く生息している場所があれば、飼育可能な少数に限り採集し飼育することを勧めた。教科書では手に入りやすさからヒメダカを用いているが、できるだけ現地に出かけメダカの生息環境を知ることの大切さも伝えた。続いて、松江市近郊でのメダカの現状、メダカの雄雌の見分け方、メダカの遺伝的多様性、最近メダカは2種に分けられてい

ること等を講義した。メダカの個体群は山陰と山陽でも遺伝的特性が異なっており、それぞれが長い時間をかけて分化してきたものであること、安易な放流は遺伝的多様性を損なうこと、飼育下では少ない親から大量の子どもが生まれており、それを放流することは遺伝的な多様性が低く、環境の変化に弱いこと、一端飼育した個体は放流はしてはならないこと、最後まで責任をもって飼育することなどを指摘した。

ミニッツペーパーでは、「魚の誕生」について学習指導要領の変遷が学べたこと、メダカは身近な魚と思っていたが、講義を通じて自分が知らなかったことが多く学べ、メダカひとつをとっても知っておくことがたくさんあること、採集と飼育は責任をも放流してはいけないことを記述した学生が多く認められた。

#### 3) メダカの採集、飼育、観察の仕方

この単元では、メダカを健康に飼育・繁殖させることができ、顕微鏡観察の仕方等も習熟しておく必要がある。メダカの飼育方法については以下の内容を概説した。扱いやすい水槽の大きさは幅が30-35cmで、底には砂利を引いた方が水が汚れにくい。また、オオカナダモを入れておくことメダカの排泄物が分解された栄養塩類を用いて光合成を行うため、酸素の供給もでき、富栄養化を抑えることができる。水槽は教室の直射日光が当たらない明るいところに置くと良い。メダカは水温が約20℃になる5月~10月にかけて産卵を行う。卵は直径が約1mmであり、手で触っても潰れない程度に硬く、雄雌を同時に飼育すると受精卵であることが多く、発生の様子も観察しやすい。

今回の授業は通常の講義室のため、顕微鏡1台、実体顕微鏡1台持ち込み、観察には筆者が飼育しているメダカを用いた。メダカの雄と雌を小型の観察容器にいれ、特に尻びれと背びれに注目して区別を行った。生物学実験室のメダカが産卵していたので、顕微鏡で受精卵の心臓が動き、血液が循環していることを観察した。成体の尾びれの血流はメダカをチャック付きビニール袋に入れて観察した。

学生達は実際にメダカに触れ受精卵や血流の観察が良い経験となったこと、同じことを子どもに体験させたいなどをミニッツペーパーに記した学生が多く、実物を用いた2回目の授業は1回目より効果的であったと考えられた。

#### (4) 課題

初等理科内容構成研究で2単位だけでも、小学校の免許がとれる実態があり、現状では生物分野は2回に限定される。実物を見ることの大切さを学生がミニッツペーパーに記述していたが、卒業要件として新たに理科実験を課すことは現実的に難しい。これまでも1000時間体験学習活動の環境寺子屋を活用して、初等教育開発専攻等の学生にプログラムを提供してきたが、ここでも参加者が少ない現状がある。今後は、より魅力あるプログラムを提供し参加者を増やしていくことが課題である。

(大谷修司)



## 技術科内容構成研究（木材加工）

### （1）授業の概要

【開設時期】 2年後期      【単位数】 2  
 【必修・選択】 選択      【担当回数】 15  
 【ねらいと達成目標】

小中高等学校の授業で、最も使用頻度の高い教材は教科書である。教科書は、指導内容がわかりやすいばかりでなく、正確にしかも限られた誌面を駆使して効果的に表現されている。教科書を用いれば、学習指導要領が必要十分に指導できるし、興味関心を高めたり、思考を発展させたりすることもできる。このため、教科書はシビアに吟味されて作成されている。もちろん検定を経なければならない点も、その一翼を担っている。教科書は、その内容が客観的に正しくなければならない。つまり、教科教育の面からと、教科専門の面からとの要求が高い次元で融合したものである。このため、教科書を分析することは、本学部の特徴である内容構成研究にとってふさわしいと考える。

ところで、技術の教科書には他教科の教科書と異なる点がある。技術分野の教科書は、教科の性格上、数学や理科などと違い、普遍的な事実の掲載や問題と解法だけでなく、時代とともに変化する技術（テクノロジー）や、制約条件が異なれば解が変わるという最適解の考え方、さらに手工具操作技能等、人が生活する上で重要なさまざまな要素が盛り込まれている。

そこで、技術の内容構成研究（木材加工）では、教科書の分析を中心として行った。授業のねらいは、教科書をクリティカルにみることによって、学生の専門性を高めるとともに、よりよい指導法を身につけさせることである。

このため、達成目標は、教科書の記述が、客観的事実として成立していることを文献等に照らして確かめること。さらに、教科書を今以上にわかりやすい内容とするための新たな提案ができることである。

### （2）授業の進め方

本授業では、中学校技術・家庭科技術分野の教科書の記述を、最新の研究成果に基づいて検討する。記載された図表や記述と近年の研究成果の間に齟齬がないか、もっとわかりやすくするためにはどうすればよいかなど、受講者である学生が教科書を批判的（クリティカル）思考に基づき考察する。さらに、教科書の記載に追加する、もっと効果をあげる内容がないか否かなどを、関係する文献等の根拠に基づき検討する。仮に、教科書に新たに追加した方がよい内容があれば、教科書の改善案を検討する。これらの作業を通して、最も教育効果のある指導法を考案し、それを実践できるようになることが本授業の最大の狙いである。

### （3）授業実践例－「木材の切断」

授業実践例として、内容A「材料と加工に関する技術」の中から、木材の切断技能に関する部分を検討した場面を示す。まず、学生に確認させた、木材切断技能に関する記述を表1に示す。

表1 木材切断技能に関する記述

| 項目             | 東京書籍 | 開隆堂 |
|----------------|------|-----|
| 材料の固定方法        | ○    | ○   |
| 切りはじめの補助       | ○    | ○   |
| のこぎりの角度        | ○    | ○   |
| 姿勢と持ち方         | ○    | ○   |
| 力の入れ方と挽く速さ     | △    | △   |
| 刃渡りの使い方        | ○    | ○   |
| 切りおわりの対処       | ○    | ○   |
| 両手引き、片手引きの使い分け |      | ○   |

次に、指導するに当たって教科書の記述が優れている部分を協議した。その後、木材切断技能について、文献や最新の知見に基づき、①教科書に記述を追加することで教育効果が高まる事項、②教科書の記述を変更することで教育効果が高まる事項などを協議した。表2に協議内容の例を示す。

表2 教科書確認後の協議内容

（例）手工具による切削の切り始めについて  
 ○部品加工を効率よく行うには、手間のかかる切削作業を減らすよう、けがき線通りに切断することが重要だ。  
 ○けがき線通りに手工具（のこぎり）で切断するには、なるべくけがき線からずれないように水平、垂直方向ともにまっすぐ切断する精度が要求される。これには、その発端となる切り始めが重要だ。  
 ○切りはじめをうまく行うには、けがき線を、切断箇所を取り囲むよう板材のすべての面にけがき線しておくべきだ。  
 ○そして、切断部分とけがき線を見比べながら切断するのがよい。  
 ○しかし、普通に構えた立ち位置で切断しようとする奥側の木端面の切断線は見えない。  
 ○必ず、意図的に奥側の切断線が見える立ち位置に立つべきだ。そして、奥の木端面のけがき線と、板の平面のけがき線の両方を同時または交互に見ながら、線の少しだけ外側を切断すると、切断がうまくいくため、その後、最低限の切削量で、部品加工ができる。

これらについて、まず文献と教科書の相違の有無を確認し、教科書の記述への修正案を検討させた。その結果、複数の修正案が提案された。

### （4）課題

教科書は、紙面の都合で記述量に制限があることも理解しなければならない。また、教科書批判に終始しては本授業の達成目標が担保できない。教科書を用いながらも、補足すべきだと教師が判断したことは、教材を開発したり、他の資料を用いたりできる教師の力量を持つことが重要であると考えられる。これには、教師自身が、木工技能を身につけなければならない。

指導すべきことを、教育効果が最大となる指導法で指導できるようになることを期待して、本授業をはじめとする教員養成科目の授業を行っている。（橋爪一治）