

# 「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」授業実践報告 —研究の成果を教員養成教育に生かす—

秋重幸邦\*

Yukikuni AKISHIGE

A Practical Report on "Study on Teaching Contents of Science I (Materials and Environmental Science)"  
—How Do We Use the Result of Research Effectively in Education for Teacher Training?—

## 1. はじめに

自然環境教育専攻の2年生（後期）に行っている「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」の授業内容を紹介する。物理学と化学の教科専門（教科内容学<sup>1</sup>）の教員2人で本授業を担当しており、中学校の教科書をテキストにして授業を進め、教材作製を最終的な目標にしている点に特色がある。その中で、著者が担当する部分について、私見を交えながら紹介する。総合大学の教員養成学部において、物理学担当の教科専門の教師として、また物性物理学や物理教育・エネルギー教育を専門に研究している研究者として、その研究成果を教員養成教育にいかんにか反映させていくかで試行錯誤している姿を紹介できればと思う。

以下、本報告は、自然環境教育専攻のカリキュラム構造、「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」のシラバス、平成20年度版新学習指導要領による変化、授業実践事例、学生の作った教材、と続く。

## 2. 自然環境教育専攻のカリキュラム構造

自然環境教育講座は中・高の理科教員の養成を目的とする専攻で、授業科目は、卒業研究を除けば次の5つに分類される：①物質環境科学、②生命地球科学、③理科教育学、④理科内容構成研究、⑤総合科学演習。①の物質環境科学には、免許法の「物理学」、「物理学実験」、「化学」、「化学実験」に対応する授業科目が入り、②の生命地球科学には免許法の「生物学」、「生物学実験」、「地学」、「地学実験」の授業科目が入っている。これは学習指導要領にある理科のA区分・第1分野（物理・化学領域、「エネルギー」と「粒子」）とB区分・第2分野（生物・地学領域、「生命」と「地球」）を念頭に、①と②に区分したものである。③の理科教育学は、免許法の「各教科の指導法（中等）」に対応している。④と⑤は、免許法の「教科又は教職」に関する科目として取り扱われている。

本報告で扱う④の理科内容構成研究には、「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」、「理科内容構成研究Ⅱ（生命地球科学）」、「理科内容構成研究Ⅲ（総合）」の3つの授業が、それぞれ2単位として、開講されている。

3年後期にある教育実習Ⅳ（本実習）への接続を意識し、Ⅰは2年後期、ⅡとⅢは3年前期に開講される。Ⅰにおいては、物理学と化学の教科専門の担当者2人が、7回ずつ講義し、最後の15回目に学生が自作の教材を発表する。当初は、教科専門と教科教育学の教員の連携のもとで、授業が運営されていたが、授業負担の問題もあり、次第に教科専門の教員だけの担当となり、現在に至っている。

免許法の「物理学」に対応する①の授業においては、中学校で取り扱われる物理学分野の基礎的な事項を教授している。理学部や一般教養の「物理学」との違いは、当たり前のことではあるが、受講対象が100%教員を目指す学生であることを想定して授業が行われることにある。科学の基礎となる物理学であるので、事象をモデル化し数学的に記述し、数値として結果を得ることは当然として、その結果や解答までのプロセスを、言葉としてどのように子どもたちに伝えるかを重視している。また、子どもたちの疑問に対応できるよう、身近な自然現象や電化製品などの基礎にある物理についても、積極的に触れている。従って、物理学を体系立てて講義しているわけではない。

一方、「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」の中では、より教育現場に近い形で授業が行われる。テキストとして、附属学校で使用している東京書籍の中学校理科の教科書「新しい科学<sup>2</sup>」を利用する。受講生には、テキストを購入させ、毎回の授業に必ず持参させている。ここでは、物理の考え方や内容を教科書や教材を使って、子供にどう伝えるかが重要となる。

## 3. 「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」のシラバス

シラバスには、授業の目的を、「中学校理科第一分野（物理・化学）の教科書・指導要領の内容をより深く理解することを授業の目的とする。そのために、教科書、実験法、教材について知識として学ぶだけでなく、創造的な活動ができるために必要な基礎的技量を修得する」と記述している。達成目標として、「教科書・指導要領の内容を正しく理解できている。実験を進める上での基礎知識、安全知識が備わっている。身近な材料を用いて教材を作ることができる」の3点を挙げている。授業は、中学校の理科の教科書の単元に準じ、身のまわりの現象、

\* 島根大学教育学部自然環境教育講座

身のまわりの物質、電流、化学変化と原子・分子、運動と力、エネルギー、科学技術と人間、と続き最後に、教材発表会が行われる。発表会では、作製した教材をテーマに、各自15分程度の口頭発表を行ない、質問に答える。

#### 4. 平成20年度版新学習指導要領による変化

平成24年度から本格実施となる新学習指導要領<sup>3</sup>によると、中学校理科では授業時間が290時間から385時間と33%も増加し、内容的にも物理分野では、力とばねの伸び、質量と重さの違い、水圧・浮力、電力量・熱量、交流、力の合成・分解、仕事率、熱の伝わり方、エネルギー変換の効率、放射線などが、新たに追加された。従って、「理科内容構成研究Ⅰ」の授業においても、これら新たに追加された内容に配慮しながら、授業を行っている。特に今年度は、制度の変更に伴う過渡期であり、若干の混乱も生じている。現時点（平成23年度後期）では、学生が来年の教育実習で使う新指導要領対応の教科書を、本屋から購入することができず、新しい教科書をテキストとして使用できないでいる。本来ならば、この授業で、附属中学で使用している教科書を初めて手にし、次年度の教育実習への準備を始めていくのであるが、今年度はそれができていない。

新指導要領<sup>3</sup>では、30年ぶりに、中学校で放射線を取り扱うことになった。特に今年度は、3月11日の福島原発事故のこともあり、最初の授業の時に、放射線の人体への影響も含め、原子力発電や放射線に関する講義を行った。

#### 5. 授業実践事例

昨年、東京書籍の平成22年度の教科書<sup>2</sup>を用いて行った授業を振り返りながら、授業実践の特色的な事例を4つ取り上げ、研究によって獲得した知識や技能を、どう教育に反映させるかで、試行錯誤している姿を紹介する。1)「新しい科学1分野上」の見開きの1-5頁に、雪の研究で有名な北海道大学理学部の中谷宇吉郎先生の探究の足跡が紹介されている。そこには、科学を行う上での基本的な姿勢が述べられており、理科の教員養成においても重要な内容である。科学の方法論として、①疑問を持つことが研究の第一歩、②調べたいことを決め、それに関する情報を集める、③仮説を持ち観察・実験の計画を立てる、④観察・実験を通して調べたことについて結果（データ）を得る、⑤結果を考察し発表すると、記されている。また、数々の雪の写真とともに、世界最初の人工雪製造装置が紹介されている。

著者は、島根大学に赴任する前、中谷宇吉郎先生の流れをくむ北海道大学理学部物理学部の結晶物性研究室で助手として勤務していた。雪や氷の話、結晶の話など、自分の専門的な知識や経験に裏付けられた内容を土台に、理科を教える者の心構えを語っている。教材として、結晶育成装置<sup>4</sup>やペットボトルで作った人工雪製造装置<sup>5</sup>に

ついて紹介している。

2) 単元「身のまわりの現象」には、光の世界、音の世界、色々な力の世界があり、物理分野の光、音、力学が取り扱われる。内容的にはすでに「物理学実験」で行った実験などであり、学生にも分かりやすいところでもある。発展的な学習のところに超音波の事が記されていて、超音波検出器でオーディオの音を聞く、コウモリやイルカのひそひそ話、眼鏡の洗浄機、魚群探知機、超音波エコーによる診断などが紹介されている。また、母親の胎内にいる胎児の様子が超音波画像として載せられている。

著者は、超音波の発生機や検出器に使用されている圧電体（強誘電体）材料の専門家であり、鉛フリーの圧電体の開発を行ってきた<sup>6</sup>。圧電体とは、たたく（歪む）と電気が発生し、逆に電気をかけると伸びたり縮んだりする物質であり、他にも、ライター、エプソンプリンターのノズルヘッド、加速度センサー、デジカメの手ぶれ防止、圧電トランス、圧電モーターなどにたくさん使用されている。授業では、電子機器から取り外した部品などを見せながら説明している。圧電体でマイクを作ったり、圧電体でダイオードを光らせたりして、教材としても使用している<sup>7</sup>。

3) 単元「エネルギー」には、物理分野や化学分野で扱うエネルギーが記述されている。化学変化とエネルギーのところでは、酸化・還元反応について教えるが、現代の溶鉱炉での製鉄と対比しつつ、たたら製鉄が紹介されている。教科書に取り上げられているたたら製鉄の写真は、地元島根県雲南市で毎年冬に行われる日刀保たたらである。

著者は、エネルギー環境教育の一環として、たたら製鉄の教材開発を行ってきた<sup>8</sup>。雲南市吉田町の「鉄の未来科学館」から砂鉄を購入し、電子レンジや七輪でたたら製鉄を行った。また、安来市の「和鋼博物館」で行われた「古代たたら操業」には学生とともに参加した。最近では、島根大学特定研究「たたら製鉄におけるナノテクノロジーの結晶学的解明」にも参加しており、これらの成果を授業に反映させている。たたらは地元の特筆すべき教材である。酸化・還元反応だけでなく、たたらを通して環境のことや歴史のことなどに、思いを広げてほしいと思っている。

4) 単元「科学技術と人間」では、エネルギー資源の利用や科学技術の進歩と人間生活が取り扱われており、最先端の科学技術が盛りだくさん紹介されている。内容は、原子力・火力・水力発電、新エネルギー（風力、太陽光、バイオマス、水素エネルギー）、効果的なエネルギーの利用（節電、循環型社会）、情報・通信（光通信、携帯電話、記憶媒体、SUICA、ETC）、新素材と生活（超伝導物質、炭素繊維、ナノテクノロジー、導電性高分子、セラミックス、形状記憶合金、人工関節、有機EL、カーボンナノチューブ、フラーレン）と多岐にわたる。それらの基礎にある物理や化学について話したら、時間がいくらあっても足りない。

特に、この分野は著者の専門性とも密接に関係してお

り、最先端の技術の動向なども含め、教えることができる。発電の原理を教える教材として著者が開発し島根電工から発売となった風力発電型電磁誘導実験装置「ウインディー」<sup>9,10</sup>やホームページでの理科教材紹介に関する研究<sup>11</sup>を、授業で紹介している。

## 6. 学生の作った教材

平成20年と21年の授業で、学生が作った教材の題名を、下記に示す。教材には子どもの興味をそそるような名前を付けるように、指導している。

- のぞき眼鏡1号：ピンホールカメラ
- 雪だるまダニエル君：水蒸気が水滴へ
- Mr.ビーン：手作りギター（図1）
- 私だけのアジサイを作ろう：PH指示薬を作る
- 密度の違いを実感：浮沈子
- 身の回りのもので作る熱気球
- 簡易光ファイバー：流れる水の利用
- 怪力くん3号：モーターを用いたリフト
- 回れくるくるへびくん：声の振動の利用
- 空気砲
- のぞき眼鏡2号：潜望鏡
- ナガレえもん：コイルと磁石で動く
- スマートになっちゃう、ゆで玉子（図2）
- 混酸21号 ニトロ化君：爆発

## 7. まとめ

「理科内容構成研究Ⅰ（物質環境科学）」について、授業内容を紹介してきた。当初は新しい授業に戸惑いつつも、中学校の教科書の内容を基に教えることや、教材作製を最終的なゴールにするなどのことを決めて、複数の教員で授業を行ってきた。この授業を担当することで、中学校の教育内容について、以前より深く勉強するようになり、中学校の教科書の良さも分かってきた。高校では、物理と化学は別物として扱われている。大学の物理学や化学の免許法該当科目の授業では、それぞれの基礎を教えることで、ほとんどの時間を費やし、現代の高度な科学技術の面白さを学生に伝えることができないでいた。しかし、中学校の教科書は、内容は薄いが広範であり、第1分野のくくりで物理と化学が渾然と記述してある。著者が専門としている物性物理学はまさに物理と化学に依拠した学問である。中学校の教科書をテキストとして教えることで、専門の研究成果をより多く伝えることができたことは、予想外の結果である。一方、学生は、教育実習に行く前に教科書を読み、その中に記述してある内容の豊富さに圧倒される。どんな教材であれ、手作りで作製することの困難さに気づく。これらだけをとって見ても、双方にとって、十分意味のある授業に思える。

## 参考文献

1. 樋口聡, 「教科「内容学」の図式的展望」, 広島大学教育学部紀要, 第2部, 36, 201 - 211, (1987).
2. 「新編新しい科学1上, 下」, 三浦登他著, 東京書籍, (2007).
3. 「中学校学習指導要領解説理科編 平成20年9月」, 文部科学省, 大日本図書, (2008).
4. 増田史朗, 秋重幸邦, 「結晶育成用保温水槽」, 応用物理教育, 21, 27 - 32, (1997).
5. 太田二郎, 秋重幸邦, 「ペットボトルの中に雪や雲をつくろう」, 青少年のための科学の祭典島根大会, 実験解説書, 38, (2000).
6. 「鉛フリーなりラクサー強誘電体および巨大圧電物質の開発と物性解明」, 科学研究費補助金研究成果報告書（基盤研究(B)）, 課題番号14340094）, 秋重幸邦, 重松宏武著, 1 - 105, (2005).
7. 秋重幸邦, 高橋泰道, 寺本祐二, 「手作りスピーカーとマイク」, 第1回リフレッシュ理科教室（応用物理学会中国四国支部）- のぞいてみよう光と音の不思議な世界 -, 実験解説書, 40 - 49, (1998).
8. 「山陰の地域に根ざしたエネルギー環境教育に関する実践的研究」, 山陰エネルギー環境研究会編, 秋重幸邦他著, 1 - 346, (2008).
9. 福田豊, 秋重幸邦, 「環境・エネルギー教育のための発電と電磁誘導に関する教材」, 応用物理教育, 26, 9 - 14, (2002).
10. 福田豊, 秋重幸邦, 「「ウインディー」を用いたエネルギー環境教育のための授業実践」, 島根大学教育臨床総合研究, 5, 79 - 86, (2006).
11. 釜田美紗子, 秋重幸邦, 「理科教師・理科教育のためのホームページづくりに関する研究—結晶育成デジタル教材—」, 島根大学教育臨床総合研究, 3, 35 - 44, (2004).

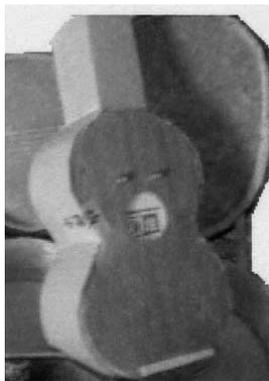


図1. Mr.ビーン：手作りギター。小山くん作，2008年。

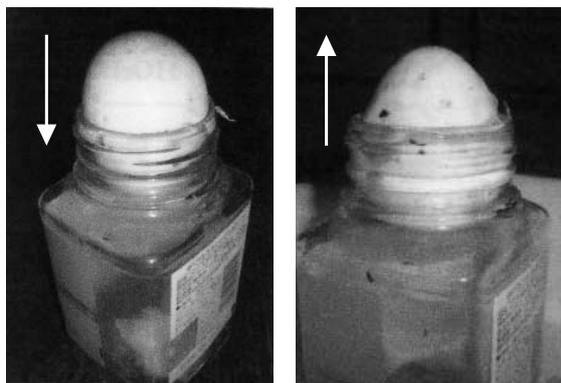


図2. スマートになっちゃう，ゆで玉子：(左)瓶の中で紙を燃やす，玉子は吸い込まれる。(右)お湯で温める，玉子は瓶の外へでる。細田さん作，2009年。