

地学教育

第65巻 第1号(通巻 第334号)

2012年1月

目 次

教育実践論文

非理科系の小学校教員志望学生に対する試行授業

一月の観察, 太陽エネルギー, 光の性質, 浮力を題材にして—

..... 下井倉ともみ・土橋一仁…(1~15)

資料

フィンランドの小学校・中学校・高等学校の理科教育現場を視察して

—フィンランドの地学教育の現状—

..... 柊原礼士・矢澤和明・馬場 新・谷口真也…(17~25)

特別寄稿

「生命を守る」理科教育に向けての提言 池田幸夫…(27~28)

学会記事 (29~37)

日 本 地 学 教 育 学 会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

役員選挙に関する公示

平成 24 年 3 月 1 日

正会員および学生会員 各位

日本地学教育学会
選挙管理委員会
松森靖夫

役員候補者の推薦について

「役員選挙についての細則」に基づいて、平成 24 年度年度役員（会長、評議員、および監事）の選挙を行います。ついては細則により会長および評議員候補者の推薦をお願いいたします。

[参考] 役員選挙についての細則（抜粋）

4. 会長候補者の推薦は、正会員 5 名の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が 4 月 1 日から 4 月 25 日（消印有効）までに選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。
 5. 評議員候補者の推薦は、正会員および学生会員 3 名以上の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が 4 月 1 日から 4 月 25 日（消印有効）までに選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。
 6. 監事候補者の推薦は、常務委員会が行う。
-
- 1) 平成 23 年度で任期の切れる会長（再選を認められている）：牧野泰彦
 - 2) 平成 23 年度で任期の切れる副会長（会則第 11 条第 2 項：会長が評議員の中から指名する；評議員として再選を認められている）：馬場勝良
 - 3) 平成 23 年度で任期の切れる評議員（再選を認められている）
北海道・東北地区：中村泰久
関東地区：渋谷 紘・米澤正弘・松森靖夫
中部地区：藤岡達也
近畿地区：澁江靖弘
中国・四国地区：秦 明德
九州・沖縄地区：三次徳二
会長指名：馬場勝良・五島政一・松川正樹・宮下 治・岡本弥彦
 - 4) 平成 24 年度ないし平成 25 年度まで任期のある評議員（推薦しても無効）
北海道・東北地区：茂庭隆彦・木下 温
関東地区：山本和彦・相原延光・荒井 豊・円城寺守・小尾 靖・濱田浩美
中部地区：遠西昭寿・熊野善介
近畿地区：廣木義久・戸倉則正
中国・四国地区：野瀬重人・林 武広
九州・沖縄地区：湊 啓輔・八田明夫
会長指名：林 慶一・加藤圭司・青野宏美・高橋 修・荻原 彰・伊藤 孝・宮脇亮介・名越利幸

平成 24 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 66 回全国大会 岩手大会（第一次案内）

日本地学教育学会会長 牧野泰彦
全国大会実行委員長（岩手大学） 名越利幸

大会テーマ：東日本大震災から地学教育は何を学ぶか
主 催：日本地学教育学会

共催(予定)：岩手県科学教育連合会，岩手県高等学校理科教育研究会理科部会，岩手県教育委員会，盛岡市教育委員会，岩手県地学教育研究会，岩手大学

後援(予定)：文部科学省，全国連合小学校長会，全日本中学校長会，全国高等学校長会，日本教育研究連合会，日本理科教育協会，日本私立中学高等学校連合会，(財)全国高等学校文化連盟自然科学専門部，日本理科教育学会

会 場：岩手大学教育学部北桐ホール及び G1 大，G2 大教室ほか

期 日：8 月 4 日(土)～6 日(月)

8 月 4 日(土)

午前：開会行事，学会賞・学術奨励賞授賞式，総会，記念講演（東日本大震災関連）

午後：研究発表，ジュニアセッション及びポスターセッション

夕方懇親会（大学内「インシーズン」）

8 月 5 日(日)

午前：研究発表，シンポジウム（東日本大震災関連）

午後：研究発表，閉会行事

8 月 5 日(日)～6 日(月)：野外見学会（閉会行事後出発，翌日 16 時頃盛岡駅解散予定）

A コース：沿岸地域方面（1 泊 2 日）詳細未定

B コース：岩手山方面（1 泊 2 日）詳細未定

大会参加要項

1. 各種申込み期限

参加申込み期限当日まで可

巡検・懇親会申込み 7 月 2 日(月)まで，ただし定員に達した場合は受付を終了する。

発表申込み期限 6 月 3 日(日)

発表予稿集期限 7 月 2 日(日)

申込方法：上記申込みは，すべて大会 HP（準備中）から申込む。

2. 大会参加費，懇親会費，巡検参加費

大会参加費 4,000 円，ただし 7 月 3 日以降は 4,500 円，大学生・院生（現職教員を除く）は 2,500 円，ただし 7 月 2 日以降は 3,000 円
ジュニアセッション（ポスター）で発表する生徒及び引率教員については無料

懇親会費 4,000 円

巡検参加費 後日連絡

振込み口座番号 準備中

研究発表募集要項

1. 発表形式口頭及びポスターセッション

分科会は 3 会場を予定していますが，申込みの状況によって変更することもあります。

2. 発表時間

口頭発表の場合は，質疑を含め 15 分（発表 12 分，質疑 3 分を予定），ポスター発表の場合は，コアタイム 1 時間を予定。

3. 使用機器 プロジェクター，パソコン

パソコンはできるだけご自分でご用意ください。

4. 原稿の形式と送付方法

大会 HP に掲載する書式に従い，大会 HP（準備中）上から投稿してください。

大会事務局

〒020-8550 岩手県盛岡市上田三丁目 18 番 33 号

岩手大学教育学部理科教育科

実行委員長：名越利幸，事務局長：小野寺弘幸
（岩手県立宮古水産高校）

Tel. 019-621-6547

メールアドレス

nagoshi@iwate-u.ac.jp （委員長）

onodera-hiroyuki@myf-h.iwate-ed.jp

（事務局長）

HP アドレス（準備中，3 月中旬以降に開設）

非理科系の小学校教員志望学生に対する試行授業

一月の観察, 太陽エネルギー, 光の性質, 浮力を題材にして—

Experimental Lesson in Science Education for Undergraduate
Students at Faculty of Elementary Education

下井倉ともみ^{*1}・土橋一仁^{*1}

Tomomi SHIMOIKURA and Kazuhito DOBASHI

Abstract: When teaching science at elementary schools, teachers are expected to have not only plain knowledge but also practical skills to carry out experiments, though many of them don't have enough opportunities to practice scientific experiments when they were students. In this paper, we report results of lessons for undergraduate students at Faculty of Elementary Education at Tokyo Gakugei University to acquire such skills through simple experiments for some specific themes of science. Our lessons consist of (1) instruction by lectures, (2) hands-on training of experiments, and (3) understanding of the results by lectures and discussion. As a result, the students acquired the sufficient understanding and skills necessary to teach scientific experiments, indicating that such lessons are useful to improve their ability. However, most of them are not confident to teach science at elementary school even after the lessons. This is because they cannot spare enough time to study science itself as much as students majoring in science. This is a general problem for students at Faculty of Elementary Education in Japan, and a curriculum for a long-term training is needed to improve their confidence.

Key words: science education, elementary school, useful activity, questionnaire

1. はじめに

「理科離れ」は、今や聞き慣れた言葉となっている。この原因を特定することは難しいが、児童にとって教員は最も身近な指導者であり、教える側の教員の指導力が児童の理科に対する興味・理解の度合いに大きく影響することは、言うまでもない。例えば、教員自身が自然科学を学ぶ意義を知らなければ、理科を学ぶ真の楽しさを児童に積極的に伝えることは困難である。

小学校の理科教育は、「児童が自然に親しみ、目的意識をもって観察・実験を行うことにより、科学的に調べる能力や態度を育て、科学的な見方や考え方を養

う」ことがねらいである(文部科学省, 2008)。しかし、観察や実験に苦手意識をもつ教員は、それらを取り入れた授業実践を苦手と感じ、避ける傾向がある(例えば、西野ほか, 2009)。また、学級担任として理科を教える教員の半数以上が、理科の指導を苦手もしくはやや苦手と感じているという調査結果がある(科学技術振興機構, 2008: 平成20年度小学校理科教育実態調査。http://rikashien.jst.go.jp/elementary/cpse_report_004.pdf)。適切な観察・実験を授業で取り扱わなければ、児童の理科への興味・理解は、自ずと不十分なものになってしまうであろう。

自然に親しむためには、児童の自然に対する「関心

^{*} 東京学芸大学

2011年4月26日受付 2012年1月20日受理

や意欲を高めつつ、そこから問題意識を醸成するように意図的な活動を工夫する」ことが求められている(文部科学省, 2008)。そのためには、教員自身が基礎的な科学知識はもちろんのこと、自ら観察・実験の経験やその方法を身に付けている必要がある。さらに、得られた結果を科学的に考察する力を備えているべきである。科学的な考察力がなければ、理科を学ぶ意義についても十分に理解できないであろう。

昨今では、「青少年のための科学の祭典」に代表されるように、全国的な規模で科学の普及に関するさまざまな事業が行われている(例えば、青少年のための科学の祭典, <http://www.kagakunosaiten.jp/site.php>)。これには、大型研究機関によるパブリックアウトリーチ活動も含まれる(西浦ほか, 2007; 瀧崎ほか, 2009; 下井倉ほか, 2010)。また、インターネットの普及などにより、小学校理科に関する観察・実験の方法についての情報も取得しやすくなった(例えば、日本放送協会, 2011: NHK デジタル教材, <http://www.nhk.or.jp/school/clip.html>)。児童が楽しいと感じる理科授業の進め方を探求すること、また、観察・実験によって児童の興味をひくことの重要性は、一般的に広く受け入れられている。その重要性自体は、必ずしも否定されるものではない。しかし、あたかも「マジック・ショー」のように観察・実験を楽しむこと自体を、学校教育における理科授業の最終目標としてはならない。教員が、見た目の面白い科学現象を例示するのみで終わってしまえば、それは児童にとっては学習ではなく一過性の娯楽に過ぎない。これでは、理科指導はおろか、楽しさの先にある探究心・研究心を児童にもたせることは困難である。

日本の将来の理科教育を担う教育学部の学生らには、広く自然科学を学習し、理科のさまざまな原理や、その具体的な観察・実験方法を身に付けてから、学校教育の現場へ巣立っていった欲しいと考える。しかし、日本の大学では、教育学部の特に小学校教員養成課程は文系に位置づけられている。そのような学生の理科の観察・実験の機会は、理系学部の学生と比較すると圧倒的に少なく、理科を学ぶ意義を考える機会もほとんど皆無である。また、小学校教員養成課程の学生は高等学校在学時にも文系に属していた者が多く、大学で自然科学をさらに深く学ぶために必要な理科や数学の基礎知識が入学当初から不足している傾向にある(例えば、土橋・下井倉, 2010)。また、理科を専門としていない教員志望の学生の理科の知識の欠

如については、海外でも問題視されている(Prather et al., 2005)。このような状況にある学生にとって、大学で理科の基礎を学び、さらにその観察・実験法を習得することは容易ではないと思われる。

以上のことから、小学校教員志望学生を対象とした教育学部での理科教育に関する授業では、観察・実験法の指導のみならず、学生に理科の基礎知識をしっかり理解させる必要がある。特に、国語や社会選修といった理科選修以外の学生(以後、非理科学生)に対しては、高校レベルの理科の基礎事項の教授も併せて行う必要があると考えられる。過去の研究では、実験の積み重ねは学生の理科指導の自信の向上に効果がある(例えば、大橋, 2006)との報告がある一方で、実験を多く体験させても、授業前後で学生の理科に対する苦手意識は大きく変化せず、理科指導の自信がついたのは全体の4割にとどまっているとの報告もある(川村ほか, 2010)。川村ほか(2010)のアンケート結果からは、実験の経験を積んだ後でも自信がもてないのは、実験の背景にある基礎知識の不足に大きな原因があることがわかる。

そこで、本研究では、小学校教員志望の非理科学生を対象に、小学校理科で扱う項目を多く含むテーマを四つ選び、関連する理科の基礎知識を重点的に教えた後、具体的な観察や実験を行う授業実践を行った。この実践の目的は、小学校で理科の授業を円滑に行うために必要な基礎知識や技能を、非理科学生に効率よく習得させ、理科の授業を行うことへの自信をつけるための授業方法を模索することである。

本研究では、まず、受講生の理科授業に対する意識と問題点を明らかにするための事前調査を行った。これを第2章に示す。その結果を受け、考案した授業実践の内容を第3章で述べる。第4章では、授業実践の結果およびその解析法について述べる。また、小学校で理科を教える自信の変化を調べるために、授業実践の初回と最終回にアンケート調査を行った。これらの結果について、第5章で紹介する。第6章では、本授業実践の具体的な教育効果と、問題点について考察する。本論文のまとめを、第7章に示す。

2. 理科に対する意識調査と教える自信

受講生の理科に対する意識と将来小学校で理科を教える自信についての調査を、初回授業時(2010年4月)に実施した。事前調査の質問およびその結果を、図1に示す。回答者は、初回授業時の受講生55名で

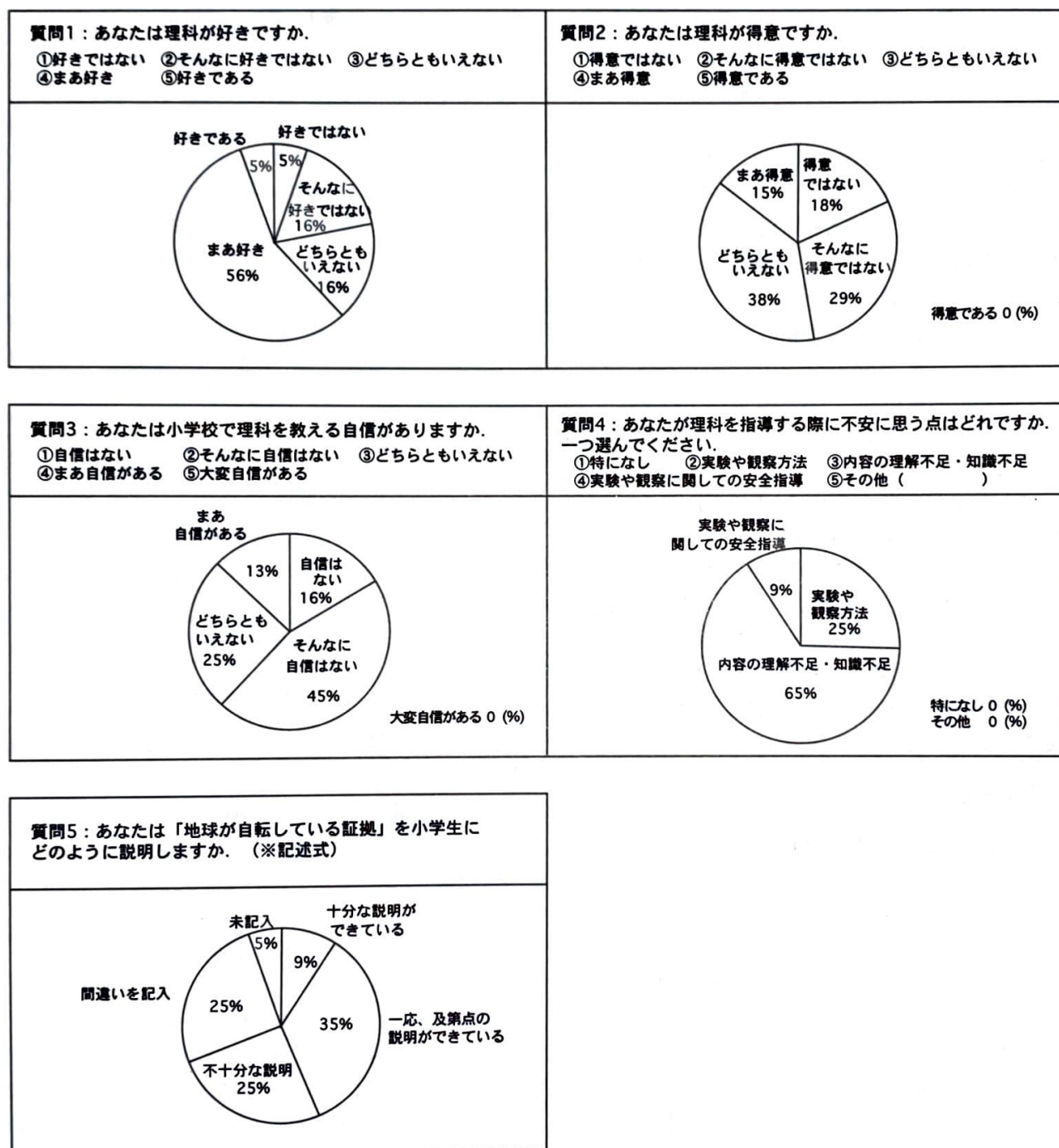


図1 事前調査の結果。回答者数は55名である。

ある。

「理科が好きかどうか」という質問1については、「まあ好き」もしくは「好きである」との回答が60%を超えた。「理科が得意かどうか」の質問2には、「得意である」とした回答者は一人もいなかった。質問3の「小学校で理科を教える自信度」についても、「たいへん自信がある」と回答した者は一人もおらず、61%が「そんなに自信はない」もしくは「自信はな

い」と回答した。質問4で指導に関してどこに不安を感じているのか調べると、「内容の理解不足・知識不足」と回答した者が最も多く、65%となった。

最後の「あなたは『地球が自転している証拠』を小学生にどのように説明しますか」という質問5では、受講生自身が知っている身近な自然現象を、児童にわかりやすく伝える力がどの程度あるかを調査した。回答の結果を、①未記入、②「雲の様子に変化するか

ら」などの間違いを記入、③「昼と夜があるから」など、一文を記入したのみの極めて不十分な説明しかなくされていない、④一応、及第点の説明ができていない、⑤模型を用いた具体的な授業展開を示すなど、十分な説明ができていない、という五つに分類した。結果は④の割合が最も多い。しかし、その一方で、約50%の受講生が①～③に分類される結果となり、十分な説明ができない受講生も多いことがわかった。特に①・②に分類された受講生（全体の30%）は、地球が自転している証拠を彼ら自身が知らない（あるいは思いつかない）のかもしれない。

以上の事前調査から、本授業実践の受講生は、「得意と言えるほどではないが、約60%の受講生は理科が好きである。しかし、教える自信のある者は約10%にとどまる。自信をもてない理由としては、約60%の受講生が内容の理解不足・知識不足を挙げている。また、約50%の受講生は、身近な自然現象について児童に説明することができない。」ということがわかった。つまり、理科そのものに苦手意識をもっているわけではなく、理科を指導することに不安を抱えているのである。不安の主な原因は、理解不足・知識不足である。

3. 授業の手順

(1) 授業および受講生の概要

本授業実践は、東京学芸大学の「理科研究」の授業を利用して、2010年春学期（4月～7月）に行った。この授業は、初等教育教員養成課程の小学校教員養成および特別支援教育教員養成課程の小免コースの非理科学生を対象とした、免許法上の教科に関する科目（小学校の教科に関する必修科目）である。受講生の概要を表1に示す。3年生対象の授業ではあるが、実際には2・4年生の受講生もいた。また、受講生の中には、中等教育教員養成課程の学生も二人いた。授業では、筆者のうちの一人（下井倉）が講師を担当し、講義や実習を含めた授業全般の指導を行った。

(2) 授業の流れ

本授業実践では、身近な現象の中から、小学校学習指導要領（理科）で扱う項目を多く含む①月の観察、②太陽エネルギー、③光の性質、④浮力の4テーマを扱った。授業内容や学習指導要領との関連などを、表2に示す。④の「浮力」自体は、小学校理科では直接扱わないが、小学校3学年の「ものの重さ」と小学校4学年の「空気と水の性質」との関連は深い。この

表1 受講生の概要

課程	選修/専攻	(人)
初等教育教員養成課程	社会選修	22
	国語選修	14
	音楽選修	5
	家庭選修	4
	幼児教育選修	4
	学校心理選修	3
	数学選修	2
	美術選修	2
	学校教育選修	1
中等教育教員養成課程	音楽専攻	1
	英語専攻	1
特別支援教育教員養成課程	発達障害教育専攻	1
計		60

学年	(人)
2年生	20
3年生	34
4年生	6
計	60

実践では、質量、体積、密度など、これらの学習項目との関連についても講義した。

第2章で述べたとおり、事前調査の結果から、受講生が教える自信をもてない主な理由は、理解不足・知識不足であることがわかっていった。この結果を踏まえ、実践では、四つのテーマごとに次の手順で授業を構成した。(i)最初に事前指導として週90分1コマの授業（＝1時限）を1週分もしくは2週分を行い、つづいて、(ii)観察・実験を取り入れた実習を行い、最後に、(iii)試験・レポートを含む事後指導を行った。テーマごとに用いた授業時間数は2～3時限分である。

(i)の事前指導の講義内容には、小学校理科の単元そのものに限ったものだけではなく、必要に応じて高校・大学レベルの範囲も含ませた。これは、教える側として各テーマの原理を理解するために必要な最低限の知識（表2の「内容」の欄の太字で記述した事項）を習得させるためである。表3に、指導時の留意点と受講生の反応を示す。また、講義には、テーマに関連した問題を計算させる演習も取り入れた。講義に続く(ii)の実習では、四つのテーマごとに製作した教材や実験器（後述）を利用した観察・実験を表4のワークシートに沿って行わせ、知識の理解を深めさせた。さらに、得られた結果に対する考察および結論を導き出

表2 授業内容

①月の観察

目的：身近な材料で「月の模型」を製作させ、その教材を用いて学生の空間認識を高めさせる。

空間的に認識しにくい天文現象を、観察・実験を通して理解させる。

授業時間数	項目	内容	学習指導要領との関連
1 時限	事前試験	月の満ち欠けについての理解の度合を調査。	「月と星（小4）」
	月の満ち欠けに関する講義	惑星・衛星の定義、公転・自転、赤道座標や黄道座標等の天球座標、及び、太陽・地球・月の位置関係について解説した後、月の満ち欠けについて講義する。	「月と太陽（小6）」
2 時限	実 習	月のモデル製作及びそれを用いた実習。	
	考 察	実習の結果をまとめ、受講生自身に小学校での授業案を作成させる。	
	事後試験	理解の上達度を調査。	

②太陽エネルギー

目的：水温の上昇から熱エネルギーを求めさせる実験を通して、太陽エネルギーや熱伝導等を理解させる。実験データから太陽定数を求めさせる。

授業時間数	項目	内容	学習指導要領との関連
1 時限	事前試験	太陽や1日の気温の変化についての理解の度合を調査。	「太陽と地面の様子（小3）」
	熱・エネルギーに関する講義1	仕事・熱・エネルギー・比熱の定義について解説する。	「天気の様子（小4）」 「天気の変化（小5）」
2 時限	熱・エネルギーに関する講義2	太陽放射・太陽定数について解説した後、太陽放射を起源とする自然現象（季節、気象）、及び、1日の気温の変化について講義する。	
3 時限	実 習	水温の上昇度を測定し太陽定数を求める（2人1組）。測定結果から、地表面にやってくる太陽放射のエネルギーの量を求めさせる。	
	考 察	実習の結果をまとめ、受講生自身に小学校での授業案を作成させる。	
	事後試験	理解の上達度を調査。	

す過程までを体験させるようにした。(iii)の事後指導で試験とレポートを課したのは、学習した知識を定着させるためである。また、本授業実践による教育効果を調査するため、各テーマについて事前試験を行い、その正答率を事後試験のものと比較できるようにした。

(3) 実習内容およびその材料

テーマごとの実習内容およびその材料を、表5に示す。受講生が将来教員になったとき、この授業実践を参考にして小学校で理科の実験・観察を行えるよう、本研究で用いた教材や実験器の製作には以下の4点に

留意した。

- 身近で安価な材料を使う
- 短時間の工作で製作できるようにする
- 構造が単純で、原理がわかりやすい実験器を製作する
- 受講生が自ら発展させる余地を残す

4. 授業実践の効果

理解度の上達を見るために、各テーマでの初回授業時と最終回授業時に、それぞれ事前試験と事後試験を行った。また、授業実践の効果を測るため、事前・事

表2 つづき

③光の性質

目的：光の性質について理解させる。「簡易カメラ」を製作させ、凸レンズの性質等を調べる。実験結果から、実像・虚像のでき方やその規則性を見出させる。ものづくり、もしくは実験を取り入れた光学に関する授業を考案させる。

授業時間数	項目	内容	学習指導要領との関連
1 時限	事前試験	光の性質についての理解の度合を調査。	「光の性質（小3）」
	幾何光学に関する講義	スネルの法則、幾何光学に関するガウスの定理を解説した後、光とレンズの性質について講義する。	
2 時限	実 習	簡易カメラの製作及びそれを用いた実習。凸レンズによる実像を観察し、ガウスの定理に従って、その位置や大きさを調べさせる。	
	考 察	実習の結果をまとめ、受講生自身に小学校での授業案を作成させる。	
	事後試験	理解の上達度を調査。	

④浮力

目的：科学おもちゃ「浮沈子」を製作させ、浮力について理解させる。さらに、小学校理科の授業での活用法について検討させる。

授業時間数	項目	内容	学習指導要領との関連
1 時限	事前試験	体積、密度などについての理解の度合を調査。	「物と重さ（小3）」 「空気と水の性質（小4）」
	浮力に関する講義	質量・体積・密度について解説した後、アルキメデスの原理とパスカルの原理を説明する。	
2 時限	実 習	浮沈子製作及びそれを用いた実習。浮沈子の観察と、浮き沈みする理由を考察させる。	
	考 察	実習の結果をまとめ、受講生自身に小学校での授業案を作成させる。	
	事後試験	理解の上達度を調査。	

後試験の結果をもとに統計分析を行った。さらに、実習時には課題（表4のワークシート）を出題し、レポート形式で解答させ、考察力の習得の有無を調査した。

(1) 事前・事後試験の結果

事前試験と事後試験に用いた問題を、表6に示す。事前試験では、受講生を無作為にグループ1とグループ2に分け、グループ1には試験問題Aを、グループ2には試験問題Bを解かせた。A、Bともに設問は4問であり、15分程度で行った。設問内容は各テーマに関するもので、ほとんどが中学校レベルの基礎的な知識を問うものである。難易度は、Aに比べてBを高く設定した。事後試験では、AとBを合わせた問題（全8問）を全受講生に解かせ、グループ1のBの正答率と、グループ2のAの正答率を集計した。

難易度の異なる2種類の問題A・Bを用意したのは、授業実践前の時点で受講生が各テーマに対してどの程度の知識をもっているのか不明であったためと、事前・事後試験でグループ1・2の異なる問題に対する正答率を比較することにより、授業実践の教育効果を測るためである。つまり、受講生が初めて接する問題の正答率の変化を、授業実践の前後で調査するのである。

テーマごとの正答率を、事前試験と事後試験で比較した結果を図2に示す。授業実践による教育効果を見るために、図では、事前試験についてはグループ1のAに対する正答率とグループ2のBに対する正答率を表示し、事後試験についてはグループ1のBに対する正答率とグループ2のAに対する正答率を表示してある。

表3 指導時の留意点と受講生の反応

	指導時の留意点	受講生の反応
①月の観察	太陽・地球・月の位置関係を理解していない受講生がいることが分かったので、月は地球の衛星であるというレベルから解説した。月の満ち欠けの原理について、月の観察方法も含めて指導した。	授業前には月の満ち欠けについて誤った理解を持つ受講生も多かったが、授業後にほぼ全員が基本的な原理（太陽・地球・月の位置関係等）を理解した。毎日、月を観察することでも満ち欠けが理解出来ることに気付いたとの感想もあった。
	惑星・衛星の定義、赤道座標・黄道座標等の天球座標の定義を説明した。また、準惑星についても解説した。	ほぼ全員が素直に理解した。
	実習により、満ち欠けの原理について空間認識とともに理解出来るように指導した。	月の満ち欠けと、南中時刻との関係等が理解出来るようになった。
②太陽エネルギー	気温の測定法及び温度計の使用方法を指導した。また、仕事・熱・エネルギー等についても定義から講義した。	ほぼ全員が素直に理解した。
	化学エネルギー、重力エネルギー等を仮定して太陽の全放射エネルギーを求めさせる演習を行った。	計算式が出ると、理解出来なくなる受講生が多かった。太陽の全放射エネルギー（ $4 \times 10^{26} \text{ W}$ ）については、値が大き過ぎて身近なものに例えられず、実感がわかないという感想もあった。
	実習により、地表面にやってくる太陽放射エネルギーの量を求めさせ、演習時との比較を行わせた。	ジュールとカロリーの単位変換が上手く出来ない受講生も多かったが、実習を通して、ほぼ全員が理解した。
③光の性質	レンズの特性について講義しつつ、スネルの法則や幾何光学に関するガウスの定理を説明した。素元波をもとに、スネルの法則を導かせた。	スネルの法則を導く過程で、三角関数の計算が満足に出来ない受講生も多いことが分かった。ガウスの定理については、ほぼ全員が素直に理解した。
	実習により、レンズの特性や、カメラの原理を理解出来るよう指導した。	ほぼ全員が素直に理解し、カメラの中の実像の大きさを求める等、ガウスの定理を用いた基本的な計算方法を身につけた。
④浮力	体積や密度等の基本的な物理量の説明をした後、パスカルの原理・アルキメデスの原理を講義した。	物理分野が得意ではないため、パスカルの原理の理解が出来ないという受講生もいた。
	実習時には、パスカルの原理を理解させるために、プラスチックの実験用注射器内に水を封入し、外圧による空気の泡の形の変化を見せた。	ほぼ全員が素直に理解した。今まで物理分野に苦手意識が強かったが、実習により、パスカルの原理を理解出来たとの声もあった。

図2を見ると、事前試験の段階で全テーマともAの正答率は80%を超えており、事後試験でも高い正答率が維持されている。つまり、受講生にはA程度の簡単な問題を解く知識は元々備わっており、Aの正答率のわずかな変化から本授業実践の教育効果を測ることはできない。一方、Bの正答率は、「光の性質」に関する問題以外は、事前試験の段階ではかなり低い。最も正答率が低いのは「月の観察」のテーマのBで(21%)、この問題では全4問をすべて正解できた

者はいなかった。事後試験の結果を見ると、全テーマでBの正答率が大幅に改善されており、「月の観察」の問題でも約60%の正答率が得られた。以下の統計分析からもわかるように、このBの正答率の変化は、本授業実践による教育効果であるといえる。

(2) 統計分析

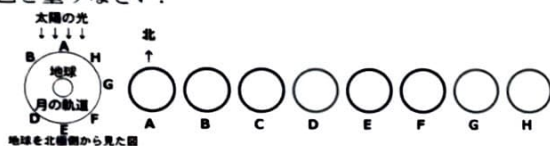
上の(1)で述べた本授業実践の効果の有意性を調べるために、問題Bの正答率の変化について統計分析を行った。標本集団は以下のI・IIとし、2標本Kol-

表4 ワークシート

①月の観察

【実習】 次の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 月のモデルを製作せよ。
- (2) 月の満ち欠けの周期を通じて、天球上を動いて見える月の大きさがあまり変わらないことから推測されることは何か。
- (3) 月の公転周期と自転周期がほぼ同じであることは、どのような事実から分かるか、簡単に述べよ。
- (4) 下の図のA～Hの位置に月があるとき、地球から見たらそれぞれどんな形に見えるか、下の図の円に色を塗りなさい。



- (5) 天文分野は広大な空間における自然事象を扱うが、観察・実験が困難で内容の理解が深まりにくい。このことを踏まえ、小学生を対象とした「月の満ち欠け」の授業を組立てよ。自身の工夫点も明示せよ。

②太陽エネルギー

【実習】 次の(1)～(8)に答えよ。

- (1) 水温を気温と同じくらいにしておく。この水を黒い画用紙で覆った試験管に15ml 入れる。試験管の側面が太陽光線に垂直になるようにして、測定を開始する。
- (2) 測定開始後、1分ごとに水温を読み取り、20分間測定して表に記録する。この時、測定の度に試験管の角度と方向を調整し、常に試験管の側面が太陽の方を向くようにする。
- (3) (2)の表をもとにして時間-温度のグラフを描け。
- (4) グラフが直線的に変化している部分をとって定規で直線を引き、1分間に平均何℃水温が上昇したかを求めよ。
- (5) 水の比熱は1 cal/g/℃である。水温の上昇量と水の質量から、試験管の水が得た熱エネルギーを計算せよ。
- (6) 太陽光を受けている水の断面積と(5)を用いて太陽光から変換された熱エネルギーは1秒・1 m²当たり何J(ジュール)か計算せよ。
- (7) (6)で求めた値は、太陽定数の何%か。
- (8) (6)で求めた値が太陽定数と異なる理由を考察せよ。

③光の性質

【実習】 次の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 簡易カメラを製作せよ。
- (2) レンズとスクリーンの距離を変えて、スクリーンにできる像を観察せよ。
- (3) 物体の距離とスクリーンに映る像の位置の関係を考察せよ。
- (4) なぜ像が映るのか考察せよ。
- (5) 今回の実験を踏まえ、小学生を対象としたものづくり、もしくは実験を取り入れた光学に関する授業を組立てよ。

④浮力

【実習】 次の(1)～(5)に答えよ。

- (1) ペットボトルへかける力によって魚が浮き沈みする浮沈子を製作せよ。
- (2) 浮沈子がどんなものであるか、どのような現象が観察されるかを図と文章で解説せよ。
- (3) 浮沈子が浮き沈みする理由を解説せよ。ただし、キーワードとして「パスカルの原理」、「アルキメデスの原理」、および「浮力」の3つを必ず含め、これらに関する解説も行ふこと。
- (4) 浮沈子の浮き沈みのバランスについて、考察せよ。
- (5) 浮沈子を活用した小学校理科の授業を組立てよ。

mogorov-Smirnov 検定 (以後、KS 検定) によって統計分析を行った。

I グループ2の事前試験Bの結果

II グループ1の事後試験Bの結果

2標本KS検定は、2組の集団が同じ分布から採られたものであるか否かを判断するための検定法である(例えば、Press et al., 2007)。まず、テーマごとにI・IIの二つの標本集団を作った。そして、この二つの標本集団について、それぞれ累積確率分布曲線S(I)とS'(II)を作り、その差の絶対値の最大値D(2標本の

違いを示す統計量)を求めた。次に、Dの有意性を確かめるために、乱数を用いたモンテカルロシミュレーションを行った。テーマごとに、IとIIの合計数をランダムにIの人数とIIの人数の二つの集団に分け、同様のKS検定を1,000回行い、各回で得られた統計量Dの平均値D'と、その標準偏差S_{D'}を求めた。得られたD、D'、S_{D'}の値から、2標本の有意差について判断するための値を、 $\sigma = |D - D'| / S_{D'}$ として計算した。全テーマの結果を表7に示す。一般的に、Dが正規分布に従っていると仮定した場合、約95%の

表5 授業テーマごとの実習内容およびその材料

授業テーマ 実習	材 料	教具・実験器
①月の観察 立体月齢早見盤の製作 ⁽¹⁾	発泡スチロール球 (直径=30mm) 油性マジック (黒, 黄) 厚紙(B5), ゼムクリップ, 画鋸	発泡スチロール (球の半分を黄色と黒色で塗り分ける) を月に見立て, 月の満ち欠けを調べる. その後, その日の月の形が分かる月齢早見盤を作る.
②太陽エネルギー 太陽定数の測定	試験管(15ml) 温度計 色画用紙 (黒, 50×100mm)	黒い画用紙で覆った試験管に水を入れ, 太陽光にあてて水温の上昇を測定させる.
③光の性質 簡易カメラの製作 ⁽²⁾	色画用紙 (黒, B4) 薬包紙 牛乳パック ⁽⁴⁾ レンズ ⁽⁴⁾	箱 (色画用紙) に凸レンズを取り付け, 内箱 (牛乳パック) に薬包紙を貼り, 外の景色を映し出す.
④浮力 浮沈子の製作 ⁽³⁾	魚型しょう油入れ ナット(M5) 炭酸用ペットボトル(500ml) ⁽⁴⁾	水を入れたペットボトルを握ると中の「浮き」が沈み, 手を離すと浮かぶ科学おもちゃを作る.

(1) 難波 (2000)

(2) 長谷川 (1996)

(3) 愛知・岐阜・三重物理サークル (1988)

(4) 牛乳パック等の物品については, 受講生に準備させた.

検出が $\sigma < 2$ の範囲にある (例えば, Bevington and Robinson, 2003). ここでは, $\sigma \geq 2$ 以上である場合に, 有意な差があると判断することにする.

表7からわかるように, テーマ「月の観察」については $\sigma = 2.81$ であり, I・IIの二つの標本集団には有意な差がある. つまり, 授業実践により, 正答率が有意に上昇したといえる. 「太陽エネルギー」と「浮力」についても, 授業実践の効果があつたと判断することができる. 「光の性質」については $\sigma = 0.91$ であり, 授業実践の効果は有意であるとはいえない. これは, 受講生にとって, このテーマの問題Bが元々簡単であり, 事前試験の段階で正答率が75% (図2) と高かったため, 事後試験での正答率 (87%) とあまり差が出ないことに原因があると考えられる. このテーマ

に関する授業実践の教育効果をより適切に定量するためには, 問題Bをもっと難しいものにすることがあると思われる.

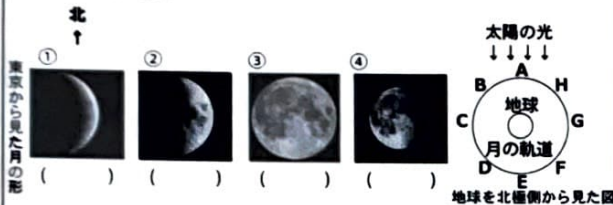
(3) 観察・実験を含む実習の結果

実習は各テーマとも1時間半程度で行った. 表4の課題に沿って各自で進めさせ, 最終的にレポート形式でまとめさせた. 提出されたレポートを, 「観察・実験の方法を習得しているか」と「結果を科学的に考察することができているか」という二つの観点から評価した. 結果を表8に示す. 「観察・実験の方法を習得しているか」の観点については, テーマごの実験器を製作できたか, また, 「太陽エネルギー」がテーマの場合は, 課題を順序だてて解くことができたかを, 可否の判定基準とした. これについては, 全受講生が

表6 事前・事後の筆記試験

①月の観察

A. 東京から見た月の形が次の①～④の時に、地球を北極側から見ると月はその位置にあるか。A～Hから選び、()内に記号で答えよ。



B. 東京から見た月について、次の問いに答えよ。

- ① 上弦の月が南中するのは何時ごろか。
- ② 太陽がしずんだときに真南の空に見える月の形を描け。
- ③ 正午ごろ、西の空に見ることができる月の形を描け。
- ④ 午前8時ごろにのぼってくる月の形を描け。

②太陽エネルギー

A. 次の問いに答えよ。

- ① 気温を適切に測るためには、どのような場所で測ればよいのか、その条件を2つ述べよ。
- ② 東京で、1日の中で気温が最高になるのは何時頃か。
- ③ 次の自然現象の中で、太陽光と最も関係ないものを2つ選べ。
(ア) オーロラ (イ) 風 (ウ) 雨 (エ) 地震 (オ) 噴火
- ④ 地球に入射する太陽光の全てが地表まで到達しない理由を述べよ。

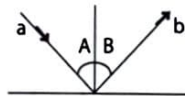
B. 次の問いに答えよ。

- ① 太陽のエネルギーは何という反応で発生するか。
- ② 上の①の反応は、太陽のどの部分で起きているか。
- ③ 太陽の表面にある黒い斑点は何と呼ばれているか。
- ④ この黒い斑点の温度はどれくらいか。

③光の性質

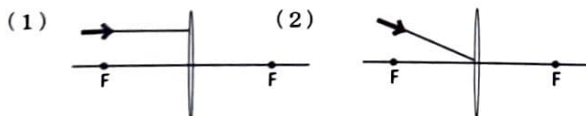
A. 右の図は、鏡に光が当たってはね返るようすを表している。次の問いに答えなさい。

- ① 下線部の光の性質を何というか。
- ② 図の角度Aを何というか。
- ③ 図の角度Bを何というか。
- ④ 角度Aと角度Bの間にはどのような関係があるか。

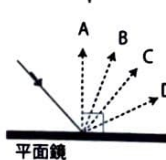


B. 次の問いに答えよ。

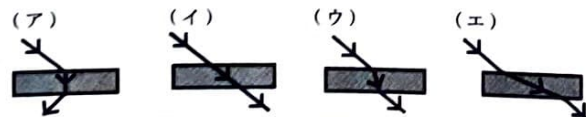
① 次の(1)(2)について凸レンズを進む光の進む道すじを完成させよ。ただし、Fは焦点を表している。



② 右の図で、平面鏡に入射した光の反射光の道すじを最もよく表しているのはどれか。A～Dから1つ選び、記号で答えよ。



③ 下の図は、空気中からガラス板に斜めに入射した光が、ガラス板を通過するときの道すじを示したものである。正しいものを(ア)～(エ)の中から1つ選び、記号で答えよ。



④浮力

A. 体積と重さの関係が右の表のようにになっている物体A～Cがある。これらの物体を使って浮力を調べる実験を行った。次の問いにそれぞれ記号で答えよ。ただし、水1cm³の重さは1gとする。

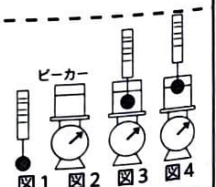
物体	A	B	C
体積 (cm ³)	20	50	40
重さ (g)	40	50	10

① 物体A～Cの1cm³あたりの重さの関係は次のうちどれか。ただし、A>B=Cは、Aが最も重く、BとCは同じ重さになっていることを表す。

- (ア) A>B>C (イ) A=B>C (ウ) A>B=C
(エ) C>A>B (オ) C>B>A (カ) B=C>A
- ② 物体A～Cの1gあたりの体積はどのようにになっているか。
(ア) A>B>C (イ) A=B>C (ウ) A>B=C
(エ) C>A>B (オ) C>B>A (カ) B=C>A
- ③ 物体Aを水の中に入れるとどうなるか。
(ア) 水面に浮かぶ。 (イ) 水中に静止する。 (ウ) 底にしずむ。
- ④ 物体Bを水の中に入れるとどうなるか。
(ア) 水面に浮かぶ。 (イ) 水中に静止する。 (ウ) 底にしずむ。

B. 体積が30cm³の物体を糸でつるし、

図1のように重さをはかると、ばねはかりは50gを示した。次の問いに答えよ。ただし、水1cm³の重さは1gとし、糸の重さは考えない。



- ① 図2のように、100gのビーカーに水を200cm³入れた。このとき台はかりは何gを示すか。
- ② この物体を図3のように水中に入れた。ばねはかりは何gを示すか。
- ③ 図3のとき、台はかりが示す値は何gか。
- ④ 図4のように、物体の体積の半分が水面に出るようにしたとき、ばねはかりの示す値は何gになるか。

合格基準に達した。「結果を科学的に考察することができているか」の観点については、レポートを a: 十分な考察ができている, b: 十分ではないが考察できている, c: 考察が不十分である, d: 間違いを記入している, という四つに分類し, a と b を合格とした。「太陽エネルギー」に関しては全員が合格した。その

他のテーマについても, ほとんどの受講生が合格基準に達した。考察が不十分と判定した人数が最も多かったテーマは, 「光の性質」であった。間違いと判定した受講生がいたテーマは, 「浮力」のみであった。これは, 浮沈子が沈む理由について, 「圧力で浮沈子内に水が入り重くなるので沈む」という回答をした者を間違いと判定したものである。

後日, 不合格と判定した受講生にその理由を口頭で説明したところ, 全員が自分の間違いに気づき, すぐに正しい理解を得ることができた。

5. 理科に対する意識の変化と教える自信

この授業実践を通して受講生の意識がどのように変化したか, また, 小学校で理科を教える自信に関する授業実践の効果を調べるため, 受講生に対して, 最終回授業時(2010年7月)に事後調査を実施した。なお, 事前調査と事後調査では, 回答者が若干名異なる。これは東京学芸大学の履修登録方法によるもので, 初回授業時に本授業を受講した学生と, 最終的に履修登録をした学生が完全に一致するわけではないためである。回答者は, 最終回授業時の受講生 54 名である。具体的な質問およびその結果を図3に示す。

質問1の「授業の難易度」については, 「易しかった」および「少し易しかった」への回答者はいない。「まあ難しかった」と「たいへん難しかった」とした回答が78%を占めた。質問2の「受講後の理科に対する興味・関心」については, 興味・関心を「たいへんもった」と「少しもった」を合わせて89%の回答を得た。一方, 将来, 小学校で理科を教える自信度(質問3)については, 「たいへん自信がある」と回答した者はいなかった。「そんなに自信はない」または「自信はない」との回答者が63%となった。この質問

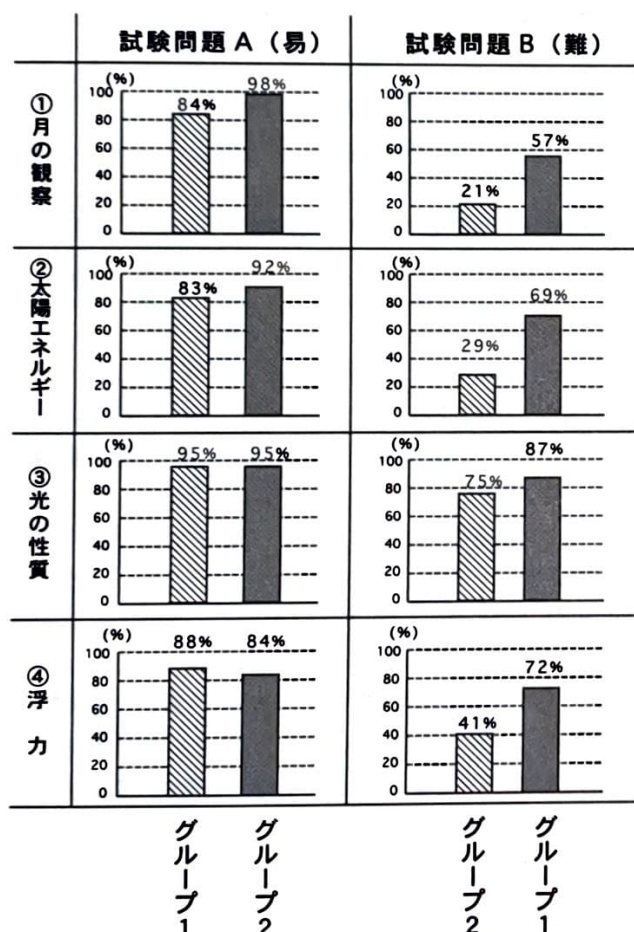


図2 テーマごとの正答率。回答者数は各試験で異なるが45～60名の範囲である。

▨ 授業実践前, ■ 授業実践後

表7 問題Bの正答率についての2標本Kolmogorov-Smirnov検定の結果

テーマ	S_D'	D	D'	判断値 σ $ D-D' /S_D'$	授業前後での正答率 の上昇の有意性
①月の観察	0.075	0.382	0.172	2.81	○
②太陽エネルギー	0.081	0.770	0.161	7.54	○
③光の性質	0.051	0.131	0.084	0.92	×
④浮力	0.076	0.474	0.154	4.23	○

Dは2標本の違いを示す統計量である。D'は2標本の合計数をランダムに2集団に分けてKolmogorov-Smirnov検定を1,000回行い, 各回で得られた統計量の平均値であり, S_D' はその標準偏差である。

表8 課題(ワークシート)のチェックポイントと結果
(表中単位:人)

テーマ (受講者数)	①月の観察 (52)	②太陽エネルギー ⁽¹⁾ (50)	③光の性質 (48)	④浮力 (47)
観察・実験の方法を 習得しているか	52	50	48	47
結果を科学的に考察 することができてい るか ⁽²⁾	a:17 b:32	a:50 b:0	a:11 b:39	a:10 b:32
	c:3 d:0	c:0 d:0	c:8 d:0	c:2 d:3

(1) 太陽エネルギーのテーマは、二人一組で作業させた。

(2) a:十分な考察ができている, b:十分ではないが考察ができている, c:考察が不十分である,

d:間違いを記入している

は、事前調査でも設けたものである(図1, 事前調査の質問3)。「たいへん自信がある」または「まあ自信がある」という回答の割合は初回の授業時に比べて増えなかった。つまり、本授業で取り扱った四つのテーマについては基礎知識や観察・実験方法をかなり習得したにもかかわらず、受講生の「理科を教える自信」を改善することはできなかった。その原因と改善方法については、次章で考察する。

質問4.5では、授業で取り扱ったテーマについて、関心がもてたもの、難しいと感じたものについて、それぞれ尋ねた。また、選んだ理由について記述させた。その結果を、質問ごとに以下に示す。

質問4: この授業を受講して関心がもてたテーマは何でしたか。また、その理由も簡単に書いてください。(※記述式)

「月の観察」を選んだ回答者が最も多かった。「光の性質」について選んだ回答者はいなかった。「月の観察」に関心をもてた理由としては、「月について身近に考えられるようになった」等の回答があった。また、「動画などの視聴覚教材により空間的理解が進んだ、自分も活用したい」との記述があった。その他のテーマを選んだ理由としては、それぞれ、次のような記述が見られた。「太陽エネルギー: 物理分野に苦手意識が強かったが、実際に実験を通して楽しく理解することができた」、「浮力: 手軽にでき、かつ面白い、原理が理解しやすい」。

質問5: この授業を受講して難しかったテーマは何でしたか。また、その理由も簡単に書いてください。(※記述式)

「太陽エネルギー」を選んだ回答者が最も多かった。その理由としては、計算への抵抗を挙げた者がほとんどであった。具体的には、「楽しいと感じたが計算がたいへんだった」、「計算式が多く、理解しづらい」、「途中までは理解できるのだが、難解な式や説明が出てくるとわからなくなる」といった記述が多数あった。それ以外のテーマについては、「浮力: 一つひとつの原理はわかるのに説明するとなると混乱してしまう」、「光の性質: レンズに苦手意識がある(幾何光学がわからない)」、「月の観察: 月の満ち欠けなど上手くイメージできない」といったものが挙げられた。また、「テーマ全般: 物理分野に苦手意識があるから」との回答も複数挙げられた。

6. 考 察

(1) 授業実践の効果と計算に対する苦手意識

本授業実践では、(i)1週分もしくは2週分の時間をかけて必要な基礎知識を講義し、(ii)観察・実験の実習を通して知識の理解を深め、(iii)試験やレポートによる知識の定着を測る、という手順で各テーマの授業を行った。その結果、授業で扱った四つすべてのテーマについて、授業実践前では正答率の低かった試験問題Bも授業実践後には全体的に正答率が上がり(図2)、項目①、②、④ではその統計的な有意性も確認できた(表7)。各テーマの基礎知識を十分習得させることができたと言える。また、実験・観察によって得られた結果を科学的に考察することができているかの評価でも、全テーマについて8割以上の受講生が合格基準に達した(表8)。以上のことから、本実践

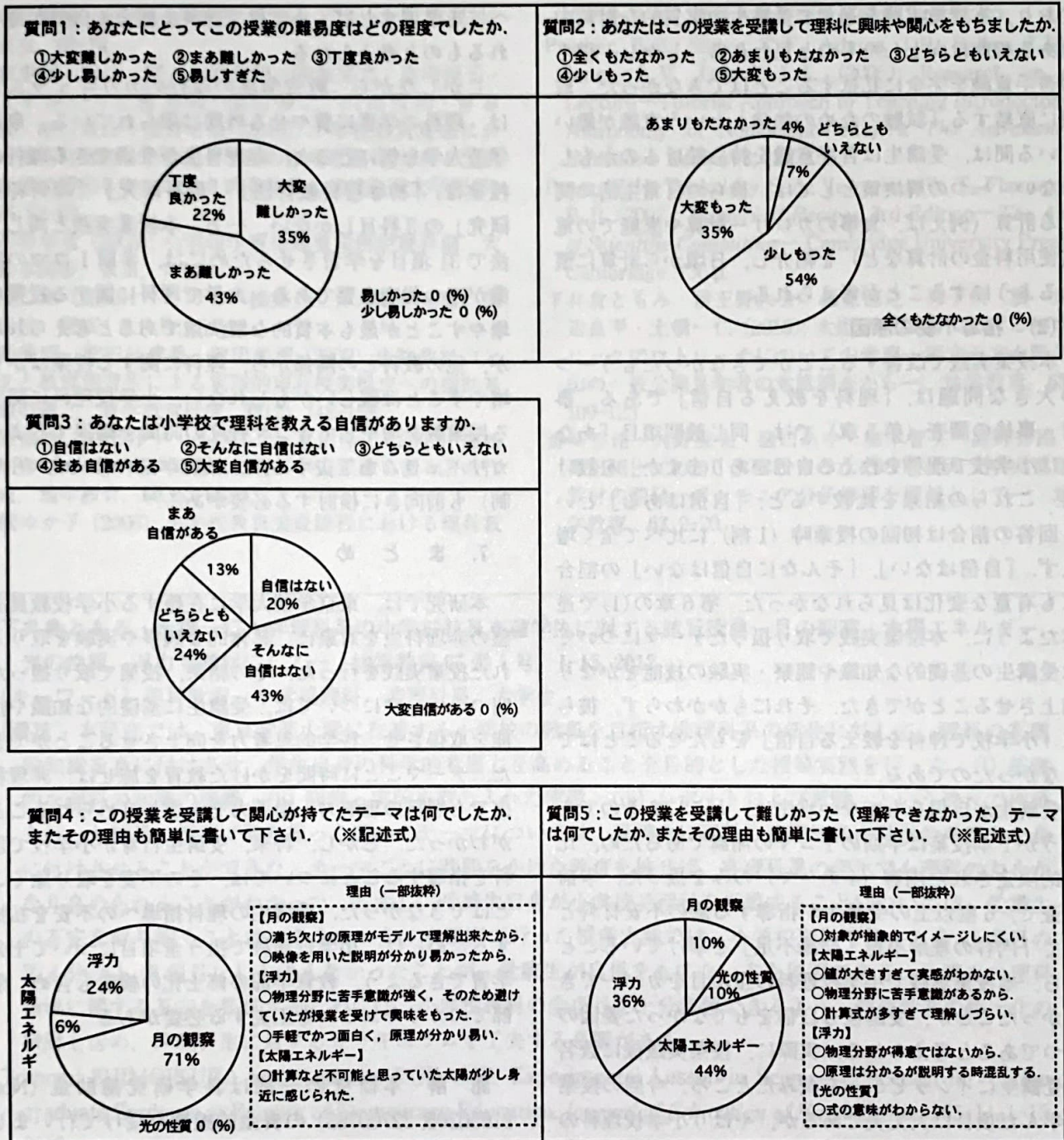


図3 事後調査の結果。回答者数は54名である。

で試行した授業方法でテーマごとに時間をかけた教育を施せば、非理科生でも理科の理解力や考察力をかなり高められることがわかった。

一方、非理科生が抱える問題のうち、本授業実践ではあまり改善することができなかったものもある。その一つは、事後調査の質問5（図3）で受講生が「難しい」と感じた理由として挙げている計算（あるいは数式）に対する苦手意識である。理科に関する多くの

計算は、実際には簡単な四則演算でできるものが多い。このことを受講生に認識させつつ、多くの問題を解かせて計算に慣れさせることが、最も単純で効果的な解決策であると思われる。本実践でも、太陽定数の推定など、授業中に多くの計算問題を課した。また、単位の変換を要する比較的複雑なものについては、板書で受講生と答え合わせをするなどの取り組みも積極的に行った。その成果は事後試験の高い正答率に現れ

ており、本授業実践を通して受講生の実質的な計算力はある程度は向上したと思われる。しかし、彼らの苦手意識を完全に払拭することはできなかった。成績に直結する「試験のための勉強」という意識が働いている間は、受講生は苦手意識を持ち続けるのかもしれない。一つの解決策としては、彼らの日常生活に関する計算（例えば、食事のカロリー計算や家庭での電気使用料金の計算など）を紹介し、日頃から計算に慣れるようにすることが考えられる。

(2) 指導不安の原因

本授業実践で改善することができなかったもう一つの大きな問題は、「理科を教える自信」である。事前・事後の調査（第5章）では、同じ設問項目「あなたは小学校で理科を教える自信がありますか」を設けた。これらの結果を比較すると、「自信はある」という回答の割合は初回の授業時（1割）に比べて全く増えず、「自信はない」、「そんなに自信はない」の割合にも有意な変化は見られなかった。第6章の(1)で述べたように、本授業実践で取り扱ったテーマについては受講生の基礎的な知識や観察・実験の技能をかなり向上させることができた。それにもかかわらず、彼らに「小学校で理科を教える自信」をもたせることはできなかったのである。

受講生が自信をもてない理由は、どこにあるのだろうか？本授業は半期の1コマの開講であるため、比較的限定された内容（4テーマ）のみを扱った。事前調査で、6割以上の受講生が指導する際の不安材料として「内容の理解不足・知識不足」を挙げていることから、本授業実践で小学校理科の全項目をカバーできなかったことが、受講後も自信をもてなかった要因の一つであると考えられる。実際に、授業実践後に数名の受講生にインタビューを試みたところ、今回の授業で学んだ項目は大丈夫であるが、やはり小学校理科の全項目を学んだわけではないことが、自信をもてない主な理由であることがわかった。

小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2008）によれば、小学校理科で扱う学習内容は、全部で31項目に細分される。表2に示すように、本授業実践の四つのテーマには、このうちの約4分の1にあたる8項目が取り入れられていた。非理科生に「大学で理科をしっかり学んだ、小学校で教える自信がついた」と感じさせるためには、31項目中の8項目の学習では足りないということである。したがって、単純に考えれば、本実践で試行した授業方法で31項目す

べてを学習すれば、小学校で理科を教える自信が得られるものと考えられる。

しかしながら、教育学部の現行のカリキュラムでは、理科の学習に費やせる時間は限られている。東京学芸大学を例にとると、非理科生が受講できる理科の授業は、「初等理科教育法」・「理科研究」・「理科特別研究」の3科目しかない。一方、本授業実践と同じ方法で31項目を学習させるためには、半期1コマの授業が四つ程度必要である。大学で理科に関する授業を増やすことが最も本質的な解決策であると考えられるが、他の教科との関係から、理科に関する授業ばかり増やすことは難しいかもしれない。小学校理科に関する授業数を増やして4コマ程度の時間を確保するようカリキュラムを工夫するか、教育学部の修士化（6年制）も前向きに検討する必要がある。

7. ま と め

本研究では、東京学芸大学に在籍する小学校教員志望の非理科生を対象に、具体的な観察や実験を取り入れた授業実践を行った。その結果、授業で取り扱った四つのテーマについては、受講生に基礎的な知識や技能を取得させ、科学的思考力を向上させることができた。テーマごとに時間をかけた教育を施せば、非理科生でも理科の理解力・指導力をかなり高められることがわかった。しかし、将来、受講生自身が小学校で理科を指導することについては、その不安を取り除くことはできなかった。受講生の理科指導への不安を払拭するためには、小学校理科で扱う全項目について十分学習できるよう、教育学部の修士化の検討も含め、学部でのカリキュラムを工夫する必要がある。

謝 辞 本研究の一部は科学研究補助金 (Nos. 21650205, 22700785) の資金的援助を受けて行いました。ここに感謝いたします。

引用文献

- 愛知・岐阜物理サークル編著 (1988): いきいき物理わくわく実験。新生出版、東京、102 p.
- Bevington, P. R, Robinson, D. K. (2003): *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*, 3rd Edition. McGraw-Hill Higher Education, New York, 251 p.
- 土橋一仁・下井倉ともみ (2010): 東京学芸大学理科1年生の数学力に関する調査。東京学芸大学紀要自然科学系, 62, 39-48.

- 長谷川智子 (1996): ものづくりハンドブック 4. 仮説社, 東京, 66-74.
- 川村寿郎・池山 剛・石澤公明・猿渡英之・高田淑子・玉木洋一・千葉芳明・福田善之・内山哲治・菅原敏・出口竜作・棟方有宗 (2010): 小学校教員養成における理科実験の悉皆化と学生の履修意識-履修歴と受講意識に関するアンケート調査結果. 宮城教育大学紀要, **45**, 53-62.
- 文部科学省 (2008): 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 東京, 7-14.
- 難波二郎 (2000): 「たのしい授業」立体月齢早見盤. 仮説社, 東京, 9月号, 56p.
- 西野秀昭・前田紗綾香・前田美穂 (2009): 生物教材バンクと教育実習生による実践的理科授業構成への援助基盤の確立. 科学教育研究, **33**(2), 148-158.
- 西浦慎悟・中田好一・三戸洋之・宮田隆士 (2007): 高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成. 地学教育, **60**, 53-66.
- 大橋ゆか子 (2006): 小学校教員養成課程における理科教育のあり方 I. 文教大学教育学部紀要, **40**, 75-80.
- Prather, E. E., Slater, T. F., Adams, J. P., Bailey, J. M., Jones, L. V., Dostal, J. A. (2005): Research on a Lecture—Tutorial Approach to Teaching Introductory Astronomy for Non-Science Majors. *The Astronomy Education Review*, **3**, 122-136.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P. (2007): *Numerical Recipes*, 3rd Edition—*The Art of Scientific Computing*—Cambridge University Press, Cambridge, 736 p.
- 下井倉ともみ・伊王野大介・篠原徳之・御子柴 廣・川辺良平・土橋一仁 (2010): 大型研究機関におけるパブリックアウトリーチについての考察—国立天文台野辺山の一般公開見学者の意識調査から—, 地学教育, **63**, 109-123.
- 濤崎智佳・久野成夫・樋口あや・梅本智文・高野秀路・澤田剛士 (2009): 学部教育のための電波天文学実習用教材の開発—アンモニア分子輝線を題材として—, 地学教育, **62**, 9-20.

下井倉ともみ・土橋一仁：非理科系の小学校教員志望学生に対する試行授業一月の観察，太陽エネルギー，光の性質，浮力を題材にして— 地学教育 **65** 巻1号，1-15, 2012

〔キーワード〕理科教育，小学校理科，非理科系，大学生

〔要旨〕本研究では，東京学芸大学に在籍する小学校の教員を目指す非理科系の学生に対して，理科の基礎的知識を身に付けさせ，学生自身の科学的考察力を高めることを目的とした授業実践を行った．(i) 基礎的な理科の知識の講義，(ii) 観察・実験を取り入れた実習，(iii) レポートおよび試験，という流れで授業を行った結果，授業で取り扱った四つのテーマについては，受講生に理科の基礎知識や科学的考察力を身に付けさせることができた．テーマごとに時間をかけた教育を施せば，非理科系の学生でも理科の力をかなり高められることがわかった．しかし，受講生自身が小学校で理科を指導することについては，受講生の不安を取り除くことはできなかった．本研究で行った授業実践では，小学校理科で教える全31項目の約4分の1(8項目)しか扱えなかったことが，受講生が自信をもてない主な原因である．受講生の理科指導に関する不安を払拭するためには，小学校理科の全項目を十分学習できるよう，教育学部の修士化の検討も含め，非理科生に対するカリキュラムを工夫する必要がある．

Tomomi SHIMOIKURA and Kazuhito DOBASHI: Experimental Lesson in Science Education for Undergraduate Students at Faculty of Elementary Education. *Journal of Education of Earth Science*, **65**(1), 1-15, 2012

資料

フィンランドの小学校・中学校・高等学校の 理科教育現場を視察して

—フィンランドの地学教育の現状—

Science Lessons in Elementary and Secondary Schools in Finland

柊原礼士*・矢澤和明**・馬場 新**・谷口真也**

Reiji KUKIHARA, Kazuaki YAZAWA, Arata BABA and Shinya TANIGUCHI

Key words: Finland, science education, elementary school, secondary school, high school

1. はじめに

近年フィンランドの教育への関心が高まっている。フィンランド教育が注目されたきっかけは、OECD (経済協力開発機構) が実施した PISA (Programme for International Student Assessment; 国際学習到達度調査) で、学力が世界トップクラスに達したためである。PISA は 2000 年から 3 年ごとに行われ、数学的リテラシーや読解力などのいくつかの分野において学力が調査されるが、その分野は毎回同じとは限らない (表 1: PISA の結果まとめ 2000~2009)。表 1 に示されるとおり、日本は第 1 回の 2000 年の時点では数学的リテラシーで 1 位になるなど好成績を収めていたが、2003 年の第 2 回では読解力がベスト 10 落ちするなど、順位が下がった。それに対してフィンランドは 4 分野の中 2 分野が 1 位、残りの 2 分野も 2 位で好成績を収め、日本を含めた世界から注目を集めることとなった。そのため、日本からフィンランドへ教育現場の視察や研修者が増加し、フィンランドの教育事情や教育法を紹介する論文や書籍が多く出版されるようになった (例えば、鈴木編, 2007; 福田, 2007; 藤田, 2009)。

筆者の一人の矢澤はフィンランド第 3 の都市であるトゥルク市の中学校と高等学校で、2011 年 4 月から 1 年間、定期的に理科の授業や実験などを担当しながら、フィンランドの教育に携わる機会を得た。そこで、ほかの 3 者も 2011 年 9 月 1 日から 8 日まで、

トゥルク市の小・中・高の主に理科を中心とした授業の視察を行った。本論文では、フィンランドの小・中・高校での理科授業の例を報告する。そしてこの視察により得られたフィンランドの教育や、それを取り巻く環境についての知見を示し考察する。

2. フィンランドとトゥルク市およびその基本的な教育システムについて

フィンランド共和国は北欧諸国の一つであり、スカンジナビア半島の付け根に位置し、東でロシアに隣接する (図 1)。面積は 33 万 8 千平方 km で日本よりやや狭く、国土のほとんどが平坦で森林と湖におおわれている。総人口が 530 万人ほどで、非常に広々とした印象を受ける。公用語はフィンランド語とスウェーデン語であるが、国民のほぼ全員が流暢に英語を話すことができる。トゥルク市は南西部に位置し、首都ヘルシンキからフィンランド国鉄 (VR) の特急で 2 時間ほど要する。人口は 17 万人ほどの、港湾都市である。

フィンランドの教育システムや理科のカリキュラムについては、鈴木編 (2007) に詳しい内容が紹介されている。ここでは簡単に紹介するにとどめる。義務教育は、7 歳から 16 歳までの 9 年間で、無償である。それ以前に 1 年間のプレスクールも存在するが、国民全員が通うわけではない。義務教育が終了すると高等学校または職業教育に進むことができる。高等学校に入るための試験はなく、入学は義務教育の最終年の成績で選抜される。ただし、9 年生時の成績がふるわ

* 慶應義塾幼稚舎 ** 慶應義塾普通部

2012 年 1 月 10 日受付 2012 年 1 月 20 日受理

ず、希望どおりの進路が取れない場合はさらに1年留年することができる。留年を選択した生徒はこの1年で希望の進路に進むために必要な学習をしたり、あるいは進路そのものを再検討したりすることができる。

また、フィンランドの教育の特徴の一つに、特別支援授業や、補習など、学習に困難のある生徒への支援の手厚さがある。

表1 PISA2000～2009における平均得点上位10カ国の比較

2000年(32カ国)

数学的リテラシー		読解力		科学的リテラシー	
1 日本	557	1 フィンランド	546	1 韓国	552
2 韓国	547	2 カナダ	534	2 日本	550
3 ニュージーランド	537	3 ニュージーランド	529	3 フィンランド	538
4 フィンランド	536	4 オーストラリア	528	4 イギリス	532
5 オーストラリア	533	5 アイルランド	527	5 カナダ	529
5 カナダ	533	6 韓国	525	6 ニュージーランド	528
7 スイス	529	7 イギリス	523	6 オーストラリア	528
8 イギリス	529	8 日本	522	8 オーストラリア	519
9 ベルギー	520	9 スウェーデン	516	9 アイルランド	513
10 フランス	517	10 オーストリア	507	10 スウェーデン	512

2003年(41の国と地域)

数学的リテラシー		読解力		科学的リテラシー		問題解決能力	
1 香港	550	1 フィンランド	543	1 フィンランド	548	1 韓国	550
2 フィンランド	544	2 韓国	534	1 日本	548	2 フィンランド	548
3 韓国	542	3 カナダ	528	3 香港	539	2 香港	548
4 オランダ	538	4 オーストラリア	525	4 韓国	538	4 日本	547
5 リヒテンシュタイン	536	4 リヒテンシュタイン	525	5 リヒテンシュタイン	525	5 ニュージーランド	533
6 日本	534	6 ニュージーランド	522	5 オーストラリア	525	6 マカオ	532
7 カナダ	532	7 アイルランド	515	7 マカオ	525	7 オーストラリア	530
8 ベルギー	529	8 スウェーデン	514	8 オランダ	524	8 リヒテンシュタイン	529
9 マカオ	527	9 オランダ	513	9 チェコ	523	8 カナダ	529
9 スイス	527	10 香港	510	10 ニュージーランド	521	10 ベルギー	525

2006年(56の国と地域)

数学的リテラシー		読解力		科学的リテラシー	
1 台湾	549	1 韓国	556	1 フィンランド	563
2 フィンランド	548	2 フィンランド	547	2 香港	542
3 香港	547	3 香港	536	3 カナダ	534
3 韓国	547	4 カナダ	527	4 台湾	532
5 オランダ	531	5 ニュージーランド	521	5 エストニア	531
6 スイス	530	6 アイルランド	517	5 日本	531
7 カナダ	527	7 オーストラリア	513	7 ニュージーランド	530
8 マカオ	525	8 リヒテンシュタイン	510	8 オーストラリア	527
8 リヒテンシュタイン	525	9 ポーランド	508	9 オランダ	525
10 日本	523	10 スウェーデン	507	10 リヒテンシュタイン	522

2009年(65の国と地域 ただしデジタル読解力は19の国と地域)

数学的リテラシー		読解力		科学的リテラシー		デジタル読解力	
1 上海	600	1 上海	556	1 上海	575	1 韓国	568
2 シンガポール	562	2 韓国	539	2 フィンランド	554	2 ニュージーランド	537
3 香港	555	3 フィンランド	536	3 香港	549	3 オーストラリア	537
4 韓国	546	4 香港	533	4 シンガポール	542	4 日本	519
5 台湾	543	5 シンガポール	526	5 日本	539	5 香港	515
6 フィンランド	541	6 カナダ	524	6 韓国	538	6 アイスランド	512
7 リヒテンシュタイン	536	7 ニュージーランド	521	7 ニュージーランド	532	7 スウェーデン	510
8 スイス	534	8 日本	520	8 カナダ	529	8 アイルランド	509
9 日本	529	9 オーストリア	515	9 エストニア	528	9 ベルギー	507
10 カナダ	527	10 オランダ	508	10 オーストリア	527	10 ノルウェー	500

データは文部科学省ホームページ「OECD 生徒の学習到達度調査 ～2009年調査国際結果の要約～」
(http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/12/07/1284443_01.pdf)に基づく。

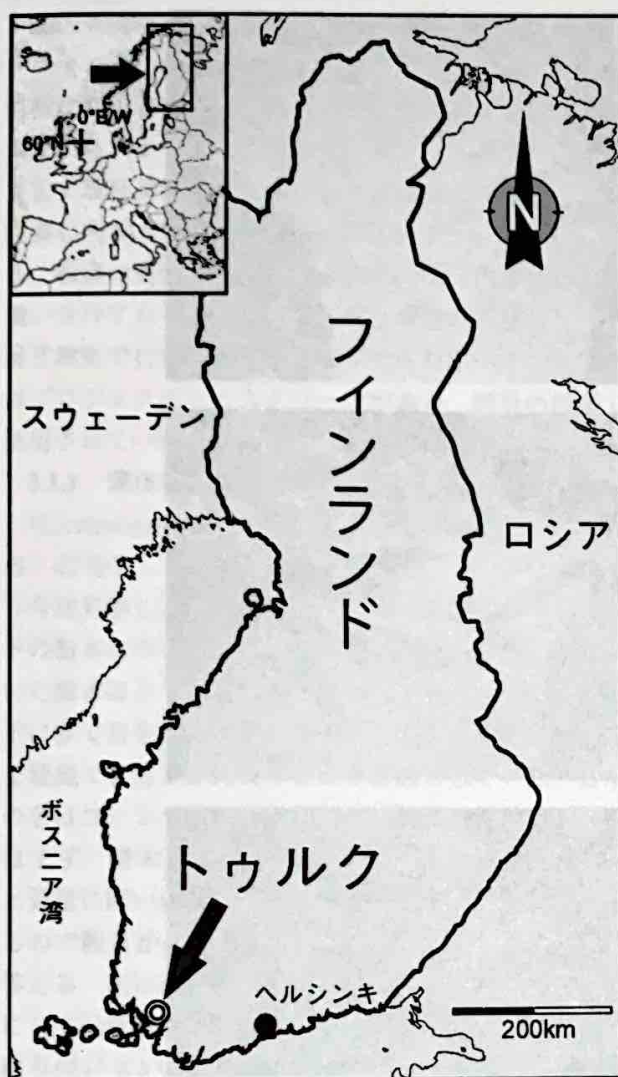


図1 フィンランドとトゥルクの位置を示す図。

3. 視察した学校と視察スケジュールおよび各学年の授業の内容

今回私たちはトゥルク市内の公立校の Puolalan Koulu (小学校) と Luostarivuoren Koulu ja Lukio (中学校・高等学校) で行われる理科の授業を中心に見学した。表2にそれぞれの授業内容を示す。なお、フィンランドの義務教育課程は日本と同じく7歳から15歳までであるが、そこには日本で言うところの小学校・中学校の区別はなく、どちらも Koulu と呼ばれる。ただし、特に都市部では、運営上小学校部分と中学校部分で校舎が分かれていることが多い。高校は Lukio である。ここでは便宜的に日本のシステムに合わせ、Koulu の7~9年生を中学校1~3年生と呼称する。今回私たちが訪問した中学校部分は高校と建物を共有しており、教員の一部は両校の授業を掛け持ちもしている。これは、トゥルク市中心部に位置するこの中学校へ通う生徒が増加したことで教室が不足したため、中学校と高等学校が一貫教育をしているわけではない。

Puolalan Koulu (小学校) は義務教育であるが、フィンランド語と英語・スウェーデン語・ロシア語によるバイリンガルコースや音楽コースが設置されており、これらのコースを希望する生徒に対して入学選抜を行っている。また、Luostarivuoren Koulu ja Lukio (中学校・高校) の高校のほうはフィンランド屈指の高いレベルの高校で、同じ敷地内にある中学校のほうからここへ進学する率は、年によって変動はあるが、およそ2~3割であるという。

表2 見学を行った各授業の内容

小学校	学年	1	5	6
	科目名	環境科学 (Environmental Science)	生物 (Biology)	物理 (Physics)
	人数	25名	29名	17名
	時間	45分	45分	45分
	言語	フィンランド語(一部英語)	フィンランド語	フィンランド語・板書の一部は英語
中学校	テーマ	フィンランドの樹木・針葉樹と広葉樹	植物のからだのつくり	地球上の水循環
	学年	1	2	3
	科目名	生物 (Biology)	化学 (Chemistry)	生物 (Biology)
	人数	21名	7名	24名
	時間	45*2分(10分の休憩あり)	45分	45分 * 2(10分の休憩あり)
高校	言語	フィンランド語	フィンランド語	フィンランド語
	テーマ	フィンランドの水辺の植生	イオンが関係する化学反応	ヒトの消化器系と呼吸器系
	学年	2~3		
	科目名	化学 (Chemistry)		
	人数	24名		
	時間	75分		
	言語	フィンランド語		
	テーマ	水溶液の浸透圧と溶解度		

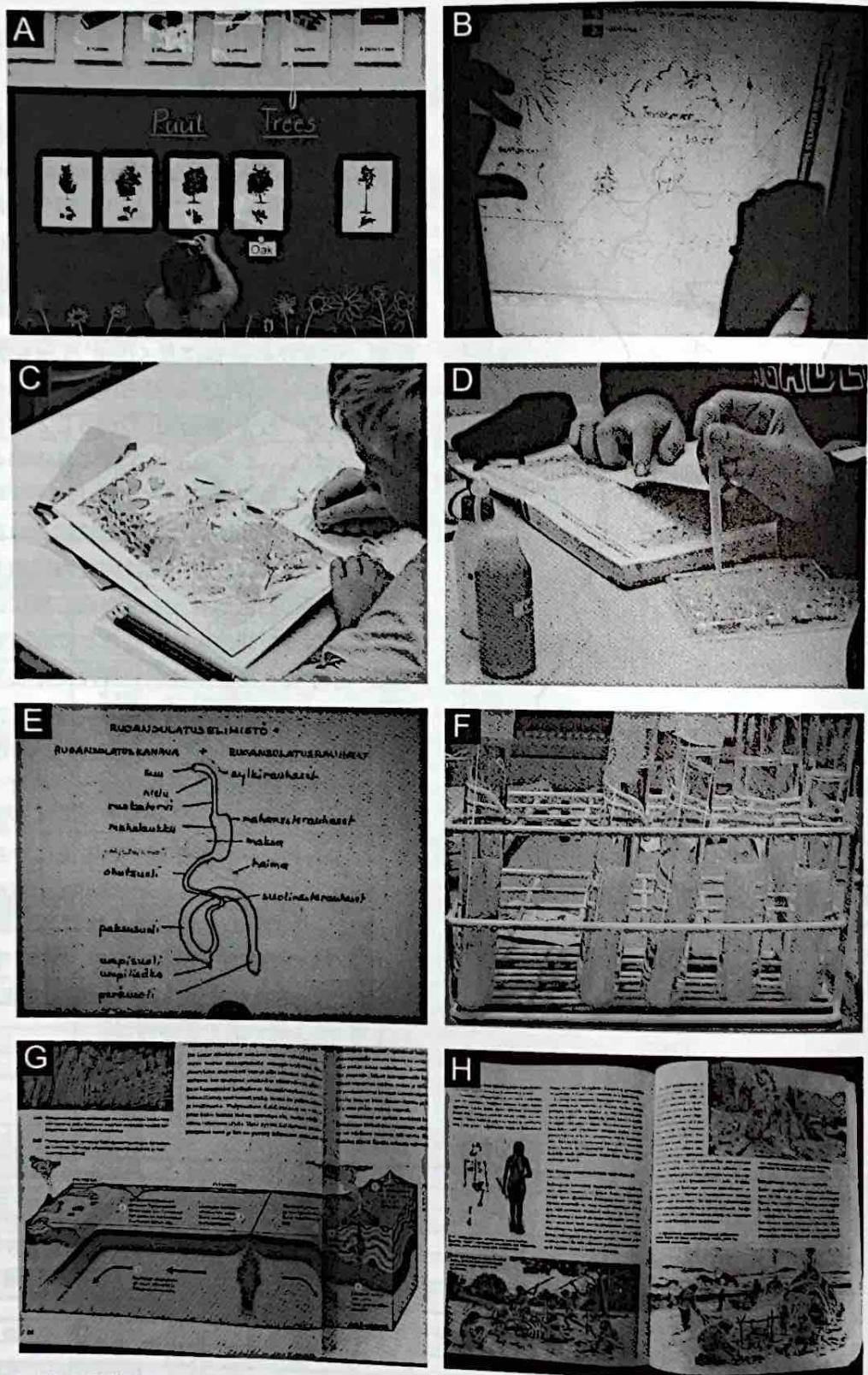


図2 フィンランドの理科教育の様子

A: 小学1年生の環境科学の授業の様子。黒板に「木」という意味のフィンランド語 (puut) と英語 (trees) が併記されている。B: 水循環の模式図を示す OHP シートの空欄に直接生徒が答えを書き込む様子。C: 教科書の図を応を見る実験の様子。E: 消化器系を解説する図。OHP 以外にはパワーポイントや YouTube など利用されている例。H: 中学3年生の生物学の教科書「人類」のヒトの進化に関する内容。

3.1 小学校の理科授業

フィンランドでは、小学校5年生から日本の中学・高校における「物理」や「化学」のように科目が分かれている。小学1年生から4年生までは、「環境科学」として理科が教えられる。教材は教科書に加えて、教科書に付属するワークブックがあり、活用されている。教室は通常の教室と実験室を授業の内容に応じて使い分けており、今回見学した小学校の授業はすべて通常教室で行われていた。見学できたすべての教室にはプロジェクターとスクリーンがあり、理科の授業で活用されていた。

3.1.1 環境科学

(Environmental Science, 小学1年生・1クラス 25名・45分)

今回見学した小学校では、この時間は、フィンランドの樹木についての学習が行われていた。教えられていた樹木はシラカバやカシ、カエデなど、フィンランドに多く自生する落葉広葉樹が主で、葉と樹形から種を認識できるようになることを目的としていた。樹木の名はフィンランド語と英語で勉強させていた。教員はまず、樹木と葉の写真を提示し、「この木は何？」と児童に問いかける。するとわかる子どもが挙手するので教員が当てると、「〇〇」とフィンランド語で答える。次に教員が「英語では？」と聞くので、同様にして児童が英名を答え、その名前のカードを黒板に貼り付けていた(図2A)。ただし、これはフィンランドのスタンダードではなく、Puolalan Koulu(小学校)ではフィンランド語と英語を併用する特別クラスが編成されており、見学したクラスもこれに該当するため、2言語で教えていた。通常はフィンランド語のみで授業することのほうが多い。ひと通りの樹木の名前を覚える学習の後、教員はマツの樹形と葉の写真に注目させ、マツとマツ以外の樹木の違いとして、葉の形に言及した。広葉(leaves)と針葉(needles)という言葉が英語で教え、その違いを「冬に葉が落ちるかどうかな」と解説した。正確には広葉樹でも冬に葉を落とさない常緑のものもあるが、フィンランドの緯度では広葉樹はすべて落葉する(八杉ほか編, 1996)のでこのようにシンプルに教えたのであろう。最後に樹木の塗り絵を配布し、教科書を見ながら色鉛筆で色を塗る作業が5〜10分ほど行われた。

3.1.2 生物

(Biology, 小学5年生・1クラス 29名・45分)

この授業で学ぶ内容はフィンランドに自生する植物

の種類である。教員自らが森で採取したさまざまな植物をOHPで映し出し、児童にその名前をフィンランド語で答えさせていた。OHPの映写台に置かれたのは実物の植物であったため、スクリーンに映し出されたのは植物の影のみであった。今回は前回の復習であったらしく、影だけを見て児童は次々と挙手し、答えていた。その後教員は本授業のメインテーマとして「植物のからだのつくり」を挙げ、児童にOHPに映し出されたさまざまな植物がランダムに配布された。児童はそれらを手に取り、ルーペや虫メガネで観察した。教員から特に観察すべき点は示されず、また、児童はメモやスケッチをすることなく、ただ、ひたすら観察するだけであった。

3.1.3 物理

(Physics, 小学6年生・1クラス 17名・45分)

物理の授業では地球上における水の循環が扱われていた。まず、水の循環の様子を表した図がOHPシートに示され、キーワード部分が空欄になっていた。教員は挙手した児童から何人かを選び、OHPシートの空欄に答えを書き入れさせた(図2B)。つづいて、その水循環を再現する蒸発実験の説明がなされた。この実験は教科書に詳細な説明があり、塩水を蒸発させてできた水蒸気を冷やすと純水が集められるというものである。教員は実際の装置を見せながらこれに関する三つの設問(1. 塩水はどうなるか仮説をたてなさい 2. 氷は何のためにある? 3. 氷を置く位置によって実験結果の違いは生じるか?)をOHPで示し、その答えを児童に二人一組で考えさせた。授業はここまでで時間切れとなり、三つの設問への解答を考えることは宿題となった。

実験装置や実験材料はそろっていたのに教員はそれを見せるだけで、実際に実験を行うまでに至らなかったことが気になったので、担当教員に質問した。すると彼は、「私はこの実験をやるのは初めて。予備実験はやっていない。うまくいくかどうかわからないし、時間がかかりそうだったから今日はここまでにした。」と答えた。そこで、次の時間に実験結果を子どもに見せるのかと問うと、「それはわからない。うまくいったら見せるだろう。もちろん、実験の主旨や、根本的な原理、うまくいった場合の結果については次の時間にきちんと教える。」という回答を得た。

3.2 中学校の理科授業

日本の中学校に相当する学年になると、2コマ連続で同じ科目を学ぶ時間割になることがある。また、教

室には実験器具をしまう棚、水道、ドラフトは設置されていたが、各机は耐火性ではなく、それぞれに水道やガス栓などの設備もないため、日本の理科室と比較するとやや貧弱な印象を受けた。

3.2.1 生物

(Biology, 中学1年生・1クラス21名・45分×2)

内容はフィンランドの水辺を中心とした植生の学習であった。教員は最初に OHP で図を見せながら解説する。これだけで前半の45分のほとんどを費やした。その間生徒はだまって聞くだけで、ノートやメモを取る様子はあまり見られなかった。その後、教科書を見ながら教科書付属のワークブックの問題をこなした。内容は提示された図の植物の名前を教科書で調べながら記入し、また白黒の植物の絵に教科書の見本を見ながら色を塗るというものであった(図2C)。これは小学1年生の環境科学の授業内容に極めて似ていたが、内容はより難易度の高いものであった。最後の15分で、筆者の一人の柊原が教員の求めに対して日本の自然についての話を行った。

東日本大震災が3月に起こったこともあり、液状化現象の説明と、地震と火山、そしてプレートテクトニクスを絡めて日本列島の成り立ちとその特徴について英語で説明した。

3.2.2 化学

(Chemistry, 中学2年生・1クラス7名・45分)

このクラスは他の生徒とのコミュニケーションに問題があるアスペルガー症候群の生徒のために編成された特別編成の少人数クラスで、生徒の内訳はアスペルガー症候群の生徒が4名、健常者が3名であった。最初に宿題の確認として、元素の周期表がプロジェクターで表示され、1・2・17・18族の元素の最外殻電子数が確認された。宿題の確認後、イオン結合のしくみについて解説された。いくつかの発問がなされ、生徒が挙手して答えていたが、そのほとんどに一人の生徒が答えていた。解説後、実験を行った。硫酸銅、ヨウ化ナトリウム、塩化バリウム、水酸化ナトリウムの各水溶液を入れた点滴ボトルが配られ、それらを12穴プレートの中で1対1で混合して液体の様子がどう変化するかを確認させた(図2D)。実験自体は非常に手早く行われ、生徒達は実験結果を視認するだけで特にノートやレポートなどの記録を取ることはなかった。そしてそのまま授業時間が過ぎ、特にまとめなどをすることもなく授業は終了となった。アスペルガー症候群の生徒を中心とした特別編成のクラスで

あったが、特に通常のクラスとの雰囲気の違いは感じられなかった。ほかにも英語の授業で集中力が続かない問題を抱える生徒を中心に編成されたクラスを見学したが、授業内容についていくことを放棄したり、集中できずにいる生徒がいたりするなかで、教員は何とか彼らの集中力を維持させるためにテンポよく働きかけるように気を配っていたようであった。学校として、さまざまな生徒に一番合った進め方をできるように取り出し学習を行う配慮をしていると考えられる。

3.2.3 生物

(Biology, 中学3年生・1クラス22名・45分×2)

学習内容は人体の消化器系および呼吸器系についてであった。最初に宿題を簡単に確認し、次に消化器の簡単な手描きの図が OHP で表示され、生徒はそれをノートに描き写した(図2E)。大体の生徒がそれを終えた頃、教員は図について解説していった。その間は他の授業同様、生徒は黙って解説を聞き続け、特にノートを取ることはない。解説が終わると、教員は生徒に当該の内容について教科書を黙読させ、そのまま最初の1時間目が終了した。2時間目は呼吸器系についてであった。今度は呼吸器系の図が印刷されたワークシートが配布された。まず解説があり、その後生徒は教科書を見ながらワークシートの空欄を埋めていく。同時に肺活量を測定する器具がクラス内に回され、肺活量の男女別のデータが前方の白板に集計された。集計後、教員は理科室内の冷凍庫からブタの肺を出して解凍し、理科室内を巡回して生徒に観察させた。冷凍庫内にはほかにも肝臓などのブタの臓器が冷凍されていた。ブタを用いるのは最も入手しやすいからとのこと。最後にワークシートの解答を OHP に映しだし、白板に集計された肺活量のデータについて総括し、授業は終了となった。

3.3 高等学校の理科授業

高校では授業時間が1時間当たり75分である。フィンランドの高校は単位制で、単位の取得の自由度が高いようである。そのため、一つの授業に複数の学年が混在することがある。

3.3.1 化学

(Chemistry, 高校2-3年・1クラス24名・75分)

私たちが見学したこの高校は中学と同居しているため、設備は中学と共用で、一部の教員も共通している。この授業の教員は、中学2年の化学も担当していた。授業内容は浸透圧と食塩の溶解度の実験が同時に行われていた。浸透圧の実験は4人一組の班でジャガ

イモを指定の大きさに角切りにし、それを食塩水につける。食塩水の濃度は班によって決められているので、実験結果は班ごとに持ち寄ってまとめることになる。食塩水の濃度がジャガイモより低ければジャガイモは膨張し、高ければ収縮し、同じならば大きさは変わらない(図2F)。結果が出るには時間がかかるため、その間を利用して食塩の溶解度の実験が行われた。これも内容はシンプルで、用意された食塩の飽和水溶液を一定量採り、水分を蒸発させて残った食塩の重量を量るものである。日本の理科室のように実験机にガス栓が設置されていないため、ガスバーナーはカセットタンク式のブタンガスのバーナーであった。待ち時間に行う実験であり、すぐに終わってしまうため、残りの30分程度、生徒たちはおしゃべりや自習など、思い思いに過ごしていた。この様子は日本ならば高校というよりも大学の授業を想起した。最後に浸透圧の実験の結果を確認し、終了となった。ほかの小中の授業と同様に、実験結果をノートやレポートにまとめることはなかった。

3.4 補習と特別支援授業について

今回補習授業の様子を見学することはできなかったが、内容についての話を聞くことができたので以下に紹介する。

Luostarivuoren Koulu(中学校)での補習は、各教員の判断で学習内容を十分理解できていない生徒を放課後に呼び出す形で実施される。いわゆる居残り授業の形式である。フィンランド語、英語、数学、科学の小テストのあと、結果が著しく悪い場合に、テスト結果を返却しながらその生徒に指定の時間にくるよう指示する。この指示に強制力はないが、生徒はできるだけ都合をつけて参加することが求められているそうである。教員は補習に対する追加の給与が支払われることはなく、完全にボランティアである。参加人数は数人、時間も10~20分程度が多い。実施状況は教員によって異なり、頻繁に実施する教員もいれば、全く実施しない教員もいる。内容は教員と生徒との間で問答形式で要点を確認することが主で、ノートを取らせたりすることはほとんどない。これは、ノートを書くことに時間を取られて思考を止めてしまうより、問答で常に思考を促すことができるからとのことである。特に、補習を要するような成績の悪い生徒は、概して要領よくノートをまとめながら話を聞くことが難しいため、この形式をとるとのことである。

一方、特別支援授業は母国語・英語・数学について

は、学期末試験の評価が10段階で4または5の生徒を強制的に集めて行われる。補習とは異なり、この授業のために専門の教員が雇われ、個別の生徒の時間割に追加する形で、非常に少人数の授業が行われる。内容も個別に異なり、主に問題演習をしながら、基礎的な考え方のトレーニングを繰り返す。

補習や特別支援授業に対するイメージも、日本と比較してそれほどネガティブなものではなく、それもまた権利としてとらえられているようである。

4. フィンランドの地学教育について

フィンランドの義務教育段階の理科では、地学的内容が教えられるのは主に7年生と9年生のときである。しかし、「地学」として独立しておらず、地学は「生物地理学」の中の1要素として教えられる。地学的内容は主に冬季に教えられる。逆に生物学的要素は夏季が主になる。これはフィンランドが高緯度にあるため、生物が観察できる季節が夏の短い期間に限られるという環境に起因している。今回の視察では、残念ながら季節的な問題により、フィンランドの地学教育を見学することができなかった。そのため、Luostarivuoren Koulu(中学校)で生物と地学を教えており、今回の見学では中1と中3の生物を担当しているAri Kalske先生から7・9年生の生物地理学の教科書の提供を受け、さらにフィンランドの地学教育について、インタビューを行った。

Luostarivuoren Koulu(中学校)の7年生の生物地理学の授業では、OTAVA社のKM Amerikka(アメリカ)と称する教科書を用いている。この教科書では北南米アメリカ大陸の地理や自然だけでなく、風土や文化も学べる。地学的要素としては、アメリカ大陸の成り立ちと関連してプレートテクトニクスやそれに伴う地震や火山についての記述がある(図2G)。主な部分はこれだけで、残りはアメリカの生物や文化の紹介するのみである。9年生では同じOTAVA社のKM Suomi(スオミはフィンランド語でフィンランドのこと)と称する教科書が用いられ、フィンランドの生物地理学的成り立ちについて包括的に学ぶ。地学的要素として国土の成り立ちや気候の特性についての解説(氷河など)が含まれる。また、生物の進化については9年生時に学ぶが、教科書が異なり、OTAVA社のKOULUN BIOLOGIA IHMINEN(学校の生物学人類)でヒト全般について学ぶなかに、すべての生物の進化についての内容がある(図2H)。

フィンランドの高校において地学はより専門化してくるが、やはり教科書は地学として独立していない。高校の教科書 WSOY 社の Globus (地球) では、地球内部の構造や水の 3 作用、気候等の高度な地学的内容が扱われ、同時に世界各地の気候や自然環境、産業の地理学的要素も多く含む。フィンランドの理科教育では地学を、生物や地理の一部ととらえているようである。

Ari 先生によると、7・9 年生の地学教育の内容はほとんど机上で知識として学ばれるもので、屋外に出たり、専用の実験器具やデモ用の教材を用いたりすることはない。フィンランドは冬が長く厳しいため、地学的内容を扱う冬季に野外実習に行くことは難しく、夏季に生物の観察などをする際に岩石についても軽く触れる程度である。見学した学校には理科の資料室があり、岩石標本も所蔵しているが、その質・量ともにレベルの高いものではなかった。教室での授業では、教科書が重要視され、それに教員の解説や、必要に応じてプロジェクターを用いて標本やインターネットなどによる資料を見せていくというのが一般的であり、これは実際に見学した他の授業と同様である。

以上をまとめると、フィンランドの地学教育はほとんど間接経験によって構成されていると考えられる。これは、外に出られる期間の少なさの地理的・気候的要因と、日常で触れることの多い生物・化学的内容を優先する傾向に起因していると思われる。

5. ま と め

今回のフィンランドの理科教育の視察を通して分かったことは、そこには「フィンランドメソッド」としての新機な教育法はほとんど見られず、ただひたすら教科書を読み、授業を聞き、考え、問題を解きながら身につける、昔ながらの堅実なやり方があるのみであった。教科書を重視し、その内容に対応したワークブックを活用し、エッセイ主体である試験の前には内容を自分のものとするために教科書をしっかりと読み込むことを奨励するその指導法は、一見かつて日本で行われた「つめこみ教育」に近いものを感じさせる。しかし、日本の理科教育と明確に異なるのは、その教育の目的が概念や知識の単なる暗記ではなく、教員と児童生徒が問答を繰り返しながら、学んでいるものの本質を明確にし、それを理科に限らない他の内容に応用させる方法を導き出させることにあることである。新しい知識・概念を児童・生徒のなかに一方的に放り

込むことは、単なる断片的な知識の蓄積にしかならず、新たな概念の形成やその長期的記憶につながりにくい。そこで、新知識を授けると同時にそれらと既存の知識とのつながりを意識させるような問答を通して、彼らのなかにある既存の知識・概念を彼ら自身によってさらに発達させるように指導がなされている。今回見学した中には、中 1・3 の生物のように授業が一見対話型ではないものも見受けられた。しかし、教科書を読みながら整理した用語の理解を進めてさせており、新知識を既知の知識や概念と関係づけて学習し、新たな概念を発達させていく目的は果たされていた。このような目的故に、フィンランドの児童・生徒は細かな用語や公式の暗記はほとんど求められず、その代わりにそのような用語の概念や公式を使った計算方法の習得が求められる。さらに試験ではそれを十分に説明しなければならない字数無制限の問題が必ず出題される。この課題をクリアするためには相当な教科書の読み込みが求められるという点で、「つめこみ教育」とは大きく異なる。フィンランドがこのような授業の進め方を可能にしているのは、必要に応じた柔軟な少人数のクラス編成と、自主学習可能なように作られた教科書の内容である。この点において、日本の理科教育が参考にできるであろう。

さらに、日本とフィンランドの理科教育の大きな違いの原因として、国土の成り立ちと文化を反映した自然および自然観の違いも挙げられる。

フィンランドでは自然は厳しいが豊かでもある。人びとは夏になると皆森に繰り出して多種多様なベリー類やキノコなどを採ったり、郊外の湖のそばに建てられたサマーハウスで過ごしたりする。冬はほとんど屋内に閉じ込められてしまうので、短い間に彼らは夏や秋の自然を思い切り楽しむ。国土が南北に細長く人口の多い日本と比較すると、フィンランドの 530 万の人口の多くは比較的温暖で湖水の多い南に集中しているため、このような伝統や自然観はほぼすべての国民で共有できる。そのような伝統的な生き方のなかで、彼らは自然に接し、樹木やキノコの名前を覚えていく。見学した小学 1 年生の生物の授業で、動植物の名前や分類がかなり高度なレベルで教えられていたのは、このような側面から、小学 1 年生の児童でもそのような知識を常識としてある程度知っていたためであろう。このように、フィンランドの理科教育には、身近な自然に対する意識が高く、それを愛するフィンランドの文化が根底にあると考えられる。その結果、理科の学

習の内容は実践的・実学的で身近なものを出発点としていたり、関連したりしていることが多い。日本でも国内の自然に即した内容も教えられているが、日本は南北に長く、亜寒帯から亜熱帯まであり、ほぼ単一の自然観を共有できるフィンランドと同様に進めることはできず、どうしても実学と言うよりは理論的な内容に終始してしまう傾向にある。

フィンランドの理科教育は、国全体の社会システムに支えられた高い教員の質と、充実した教科書、生徒の学習に対するさまざまな学習支援、そして国全体で共有される自然観に即した総合的かつ実学的な内容に特徴づけられると考えられる。

日本とフィンランドとは、自然的な国の成り立ちも、社会的・教育的背景も全く異なる。そのため、地学教育・理科教育を含めて、日本の教育へフィンランドの教育法をそのまま導入することは難しい。しかし、フィンランドの教育の成功とその理由を探ることは、日本の社会・教育システムに即したより効果的な教育法を探る手がかりにはなるであろう。

謝 辞 視察にあたって、多大なご協力をいただ

き、われわれの数多くの質問にも快くお答えいただいた Puolalan Koulu と Luostarivuoren Koulu ja Lukio の先生方に深く感謝申し上げます。本研究の実施にあたって文部科学省「環境のための地球規模の学習および観測プログラム（グローブ）推進事業」と平成 23 年度慶應義塾学事振興基金共同研究「一貫校連携の理科教育の試みとフィンランド科学教育の比較検討と連携」、そして平成 22 年度福澤基金「英語圏の国の中等教育における理科授業・カリキュラムの調査研究とその実践」の研究補助を受けた。

引用文献

- 藤田りか子 (2009): 知識ゼロからのフィンランド教育。幻冬舎, 東京, 158 p.
 福田誠治 (2007): 競争しても学力行き止まり イギリス教育の失敗とフィンランドの成功。朝日新聞出版, 東京, 251 p.
 鈴木 誠(編著) (2007): フィンランドの理科教育 高度な学びと教員養成。明石書房, 東京, 211 p.
 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆(編) (1996): 岩波生物学辞典第 4 版。岩波書店, 東京, 2027 p.

柊原礼士・矢澤和明・馬場 新・谷口真也：フィンランドの小学校・中学校・高等学校の理科教育現場を視察して—フィンランドの地学教育の現状— 地学教育 65 巻 1 号；17-25, 2012

〔キーワード〕 フィンランド, 理科教育, 小学校, 中学校, 高等学校

〔要旨〕 フィンランドの小学校・中学校・高等学校の理科教育の視察を行った。その結果、フィンランドの理科教育は、国全体で共有される自然観に即した総合的かつ実学的な内容に特徴づけられ、地学教育は主に間接経験を介して教えられることがわかった。また、これは国全体の社会システムに支えられた高い教員の質と、充実した教科書、生徒の学習に対する多くの支援に支えられていることがわかった。

Reiji KUKIHARA, Kazuaki YAZAWA, Arata BABA and Shinya TANIGUCHI: Science Lessons in Elementary and Secondary Schools in Finland. *Journal of Education of Earth Science*, 65(1), 17-25, 2012

「生命を守る」理科教育に向けての提言

池田 幸夫*

2011年3月11日に発生した東日本太平洋沖地震によって、東日本は未曾有の大災害に見舞われた。死者・行方不明者数は19,369人(警察庁, 平成23年12月7日)にも及び、その多くは津波による犠牲者であると考えられている。

突発的に起こる地震の揺れと違って、津波は必ず大地震の後に起こる現象であり、避難するための時間はあったはずである。それにもかかわらず、これほど多くの人々が命を落としたのはなぜか、地震や津波を正しく理解しておれば、これほどの人命が失われることはなかったのではないか。地震や津波は地学分野の学習内容であるとすれば、私たちにはこれまでの理科教育を冷静に反省する責任があるのではないだろうか。

このような問題意識に立って、まず学習指導要領を見ると、新たな問題が見えてくる。現行の高校理科教育の目標は次のようになっている。

自然に対する関心や探求心を高め、観察・実験などを行い、科学的に探求する能力と態度を育てるとともに、自然の事物現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。

このように、理科教育は自然の事物現象を理解して科学的な能力や態度、および科学的な見方・考え方を養うことを目標としており「生命を守る」ことは直接的な目標とはなっていないのである。

震災後の平成23年7月に文部科学省は東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議¹⁾を立ち上げて、学校の防災教育のあり方について検討を始めた。9月に発表された「中間とりまとめ」には、自然災害に関する知識の習得、その知識に基づいた判断と迅速な行動の必要性が提言されている。それを実現するためには理科の目標の再検討は必要であろう。

次に、現在の学校現場に目を向けると、この提言とは逆向きの動きが見られる。たとえば、山口県教育委員会は、新教育課程への移行に伴ってすべての県立高校で「地学」を開設しないことになっている。地学を廃止することは、地震や津波、集中豪雨、地球温暖化など、社会的関心の高い自然環境や災害を高校ではほとんど学習しないことになり、生徒が学びたいと思っても学ぶことができなくなるのである。さらに、新たに地学教員を採用しなくなれば、次世代の地学教育を担う若手の教員がいなくなって「生命を守る」という有識者会議の提言を実現することにも支障が出る可能性がある。もし、地学廃止の流れが全国的に広がることになれば、地学教育の衰退への懸念とともに、防災教育の推進にも大きな障害となるであろう。

東日本大震災で示されたように、人的被害を大きくした原因の一つに、地震や津波に対する国民の知識理解が十分ではなかったことが考えられている。もしそうであれば、私たちは「生命を守る」教育の実現に向けて理科教育を改革していかなければならない。

その具体的な方法として、高校理科に「自然環境と災害(仮称)」という2単位必修の新科目を新設して、すべての高校生に履修させることを提案したい。必修化することによって、すべての高校生が自然環境や災害に関する基本的な知識を学ぶことができるようになり、防災に対する国民全体の意識を底上げすることが期待できるからである。地震や津波・火山活動・台風・集中豪雨・オゾン層・地球温暖化・酸性雨・放射線・生物の多様性・感染症などは、私たちの生活や生命に関わる身近な自然現象である。これらの自然現象を学習内容とすれば、生徒にとっては理科を学習する目標が明確になり、かつ学習と生活の関係を実感しやすくなり、理科離れに対する効果も期待できるであろう。

教育課程の次の改訂は、2020年頃である。次期教

* 広島修道大学人文学部

育課程でこの試案を実現するためには、早急に必要な資料を集めて議論を尽くしたうえで、地学教育学会として文部科学省や中央教育審議会等に働きかけていかなければならない。残された時間はそれほど多くない

ので、この提言がきっかけとなって会員間の議論が活発に行われることになれば、私にとってこれほど喜ばしいことはない。