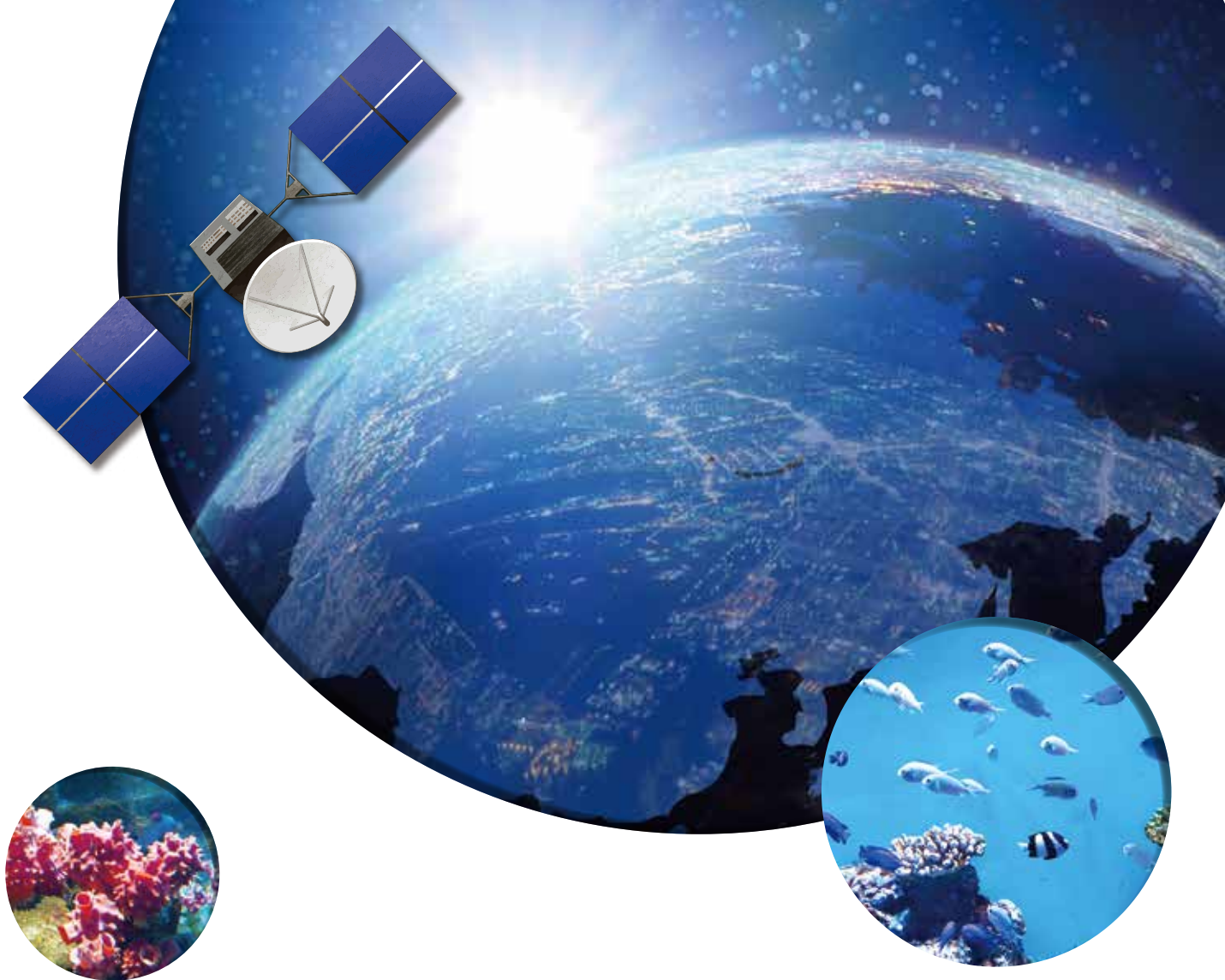




平成29年度
「教員の養成・採用・研修の一体的改革推進事業」

——— 成果報告書 ———

サイエンスシャトル プログラム

理科の教育内容・方法を統合した教員養成



国立大学法人
宮城教育大学
平成30年3月



研究組織

見上一幸	(宮城教育大学・学長)	調査研究代表者・全体の統括
田幡憲一	(宮城教育大学・教授)	調査研究の担当及びまとめ
池山 剛	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
内山哲治	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
笠井香代子	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
川村寿郎	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
猿渡英之	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
菅原 敏	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
高田淑子	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
出口竜作	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
西山正吾	(宮城教育大学・准教授)	調査研究担当者
福田善之	(宮城教育大学・教授)	調査研究担当者
棟方有宗	(宮城教育大学・准教授)	調査研究担当者
三品佳子	(宮城教育大学・助手)	調査研究担当者
渡辺 尚	(宮城教育大学・准教授)	調査研究担当者
(調査研究担当者は 50 音順)		

目 次

宮城教育大学理科教育講座における教科教育担当者と教科専門担当者の協働による 理論と実践の往還を促す教師教育ー背景、実践、省察、提案ー

田幡 憲一（宮城教育大学教職大学院）	1
I 理科教育講座における教科教育と教科専門の協働の背景	2
II 学部教育における教科専門担当者と教科教育担当者の協働とその評価	6
III 教職大学院における教科専門担当者と教科教育担当者の協働	13
IV 理科に係る教科専門担当者と教科教育担当者の協働による、6年間を通じた教員養成のモデル	19

【実践報告】

「理科教材実践研究 B」報告 物理分野	西山 正吾（宮城教育大学）	21
「理科教材実践研究 B」報告 「溶けているもの」と「溶けていないもの」に分けてみよう	池山 剛（宮城教育大学）	23
「理科教材実践研究 B」報告 水溶液には金属を変化させる性質があるのだろうか	池山 剛（宮城教育大学）	25
「理科教材実践研究 B」地学分野教材研究報告・・教室内の実験と自然界のスケールと	高田 淑子（宮城教育大学）	27
「理科教育実践研究 A・B」報告	渡辺 尚（宮城教育大学）	29
「理科教育実践研究における物理班の模擬授業」報告	福田 善之（宮城教育大学）	31
「理科教育実践研究 A・B（地学分野）」報告	菅原 敏（宮城教育大学）	35
「平成29年度臨床教育研究」報告	渡辺 尚・棟方 有宗・高田 淑子（宮城教育大学）	38
平成29年度第7回 FD 研修会 教科専門と教科教育の協働を考える	田幡 憲一（宮城教育大学教職大学院）	41

【アンケート】

平成29年理科教材実践研究 A 受講者アンケート結果	43
平成29年理科教材実践研究 B 受講者アンケート結果	46
卒業を前にした4年次学生へのアンケート	50

宮城教育大学理科教育講座における教科教育担当者と教科
専門担当者の協働による理論と実践の往還を促す教師教育
ー背景、実践、省察、提案ー

田幡憲一（宮城教育大学教職大学院）

I 理科教育講座における教科教育と教科専門の協働の背景

1 理論と実践の往還を目指してきた宮城教育大学

宮城教育大学は、1965 年 4 月に東北大学教育学部から分離独立して設置された大学である。幼稚園、小、中、高等学校、特別支援学校の教員を常勤、非常勤の教員として雇用したり、宮城県内の教員を主たる対象とする現職教育講座を開設するなど、教育の現場との交流を大切にしてきた大学である。

宮城教育大学大学院教育学研究科修士課程は 1988 年に設置された。そのカリキュラムの特徴に「臨床教育研究」と呼ばれる授業がある。「教科専門教官と教職専門教官の協同によって、学校教育における各教科の教材研究を行なうこと」を目標とし「実践研究を重視したものである（1）。大学で検討した授業を学校現場で実践し、その記録を大学に戻って振り返るという、理論と実践の往還による優れた授業の創出を目指したものである。けれども、大学教員や大学に派遣されてきた学生の、個人的な伝手をたよって実践校を捜すという探すという弱点があり、所期の方針どおりの内容を継続的に運用することは難しかった。

理科教育専修も、毎年臨床教育研究（平成 19 年度までの授業科目名は「臨床教育研究 D」、それ以後は「臨床教育研究 E」）を出講してきた。当初は理科の教科教育担当教員が担当する授業であったが、平成 20 年度以後は教科教育と教科専門がして出講している。理科が出講する臨床教育研究は授業の設置当初から現在にいたるまで「大学で検討した授業を学校現場で実践し、その記録を大学に戻って振り返る」という、所期に本学が企図した形を保持して出講している。①教科専門を含めて、理科教育講座に教育現場と親しい関係にある教員が多かったこと、②継続的に大学院学生が入学してきたために教員間での授業に関わるコンセプトの共通理解や実践校との関係が継続しやすかったこと、などがその要因と考えられる。

なお、平成 29 年度に理科教育専攻が出講した「臨床教育研究」は、本冊子の「実践報告」に掲載した渡辺、棟方、高田の報告を参照されたい。

2 フレンドシップ事業（理科）・・教科専門教員と教科教育教員の協働の展開

フレンドシップ事業とは、国立の教員養成大学・学部 zu 所属する学生に対して教育実習以外にも児童・生徒との触れあう機会をつくることを目的に、平成 9 年度から文部（科学）省が教員養成学部フレンドシップ事業等推進経費を配分して実施を勧奨した事業である。平成 17 年の国立大学の法人化後は文部科学省からの特別な予算は配分されなくなったが、宮城教育大学に配分された運

営費交付金を活用して平成 20 年度まで継続して実施した。

予算配分を受けるにあたっては、授業の一部として実施し単位化することや、事後に評価のためのシンポジウムを開催することなど、文部（科学）省からの多くのオプションがついた事業である。

宮城教育大学理科教育講座では、①教員を志す学生の実践的指導力の涵養、②理科離れの傾向の著しい中学生に理科実験を通じて理科学習の楽しさを体験させるという目的で実施した。

内容は、夏休みに中学生を対象とした理科実験を学生が指導することである。単発の理科おもしろ実験ではなく、1 日を中学生を大学の理科実験室に招待し、5～6 時間のストーリーのある、つまり問題追求型の時間を中学生に過ごさせるよう指導した。

平成 9 年度には年度途中の採択であったため、物理学、化学、生物学、地学の各分野のⅡと付した実験、理科教育演習 B、理系演習のそれぞれの科目の一部として実施し、準備も夏休みの直前に行ったため、内容も教員がてこ入れした部分が台であった。平成 10 年度からは理科教育演習 B の全体をフレンドシップ事業（理科）の準備と実施に宛て、理科各分野の教科専門を担当する教員と教科教育を担当する教員が計 8 人程度で指導した。前期に出講した理科教育演習 B の授業の中で学生は、理科実験の検討やストーリーづくりに苦労していた。液体窒素でカチンカチンに凍結させたバナナで釘を板に打つなど、子どもの興味を引きそうな単発の理科実験はたやすく見つかるが、5 時間程度の問を追究する活動を構想することは学生にとって相当にハードルが高い活動である。オリジナルな授業をつくる難しさを感じる場面である。事後の学生からのアンケートから、「大きな学びになったが、二度やりたいとは思わない」という本音がしばしば浮かんできた。一方で、大学を休みがちな学生でもこの授業だけはほとんど休まないという現象もしばしば見られた。教員と学生の間、学生と学生の上に緊迫感の漂う授業だった。理科教育演習 B は必修科目ではなかったため受講学生数が不安定であり、「大変だ」という噂が後輩に流れたのか、だんだん受講学生が減ってきた。そのために実施する理科実験のコースの数が 4 コース～2 コースの間で変動し、安定しなかった。

一方、教員の間では評価が高く多くの学生に履修させたいと考えるようになった。

平成 12 年の教育職員免許法改正で、「総合演習」が必修となった。宮城教育大学では平成 14 年度から 3 年生に総合演習を履修させることとした。

総合演習は、環境や福祉、国際などのような、現代的課題を学生に考えさせることを主旨とした授業である。宮城教育大学理科教育講座では、「理科離れ」を現代的な課題として捉えた。現在では 1000 兆を超えたとされる国家財政の

赤字を抱え、人口減少の傾向が止まらないわが国では、A I やロボットなどの科学技術によって生産性を向上させるとともに、健康に働ける寿命を伸長し、防災技術の向上により安全・安心に社会に参加する環境をつくるなど、科学技術の振興は国民の幸せな将来のために大きな意義がある。一方で国際的な学力調査で理科に対する日本の子どもたちの意識の低さは再三指摘されてきた。子どもの理科離れは、今もわが国が向きあわなければならない現代的課題である。

理科教育講座が出講する「総合演習 6」は、学校教育教員養成課程の理科教育専攻学生と生涯教育総合課程（いわゆるゼロ免課程）の自然環境専攻学生のうちの教員免許取得希望者を対象とした。必修化して受講学生も出講体制もプログラムも固まった。

「40 人前後の学生を、物理学、化学、生物学、地学各分野の教科専門担当者が各 2 名、理科教育担当者が 1 名の計 9 名が前期を通じて指導し、班に分かれた学生が物理学、化学、生物学、地学の 4 コースの実験プログラムを作成して、夏休みの 2 日間理科実験教室を指導する。」というものである。

それなりに中学生も集めなければならなかったが、実施の当初から続けてきた中学校を巡って希望生徒を集めていただくようお願いしたり、団地を巡って各戸にチラシを入れるなどの情宣活動の結果、仙台市内中学校の理科担当の先生方には少しは知られる活動ともなった。夏休みの課題のひとつとして生徒に提案してもらえるなど、ある程度の人数を安定して集められるようになった。

因みに参加中学生数（2 日間の延べ人数）は総合演習の始まった平成 14 年度がピークの 172 名を数えた。急増した履修学生が 4 コースの理科実験を 2 日間にわたって指導するに足る人数を集めるために、集める側も気合いがはいったことだろう。

この活動の中でオリジナルな教材も開発された。ウシの眼球は中学校、高等学校の理科で広く使われてきた解剖のための教材であったが、牛海綿状脳症の心配から使われなくなった。平成 17 年度実施のフレンドシップ事業（理科）の A コース” eye 眼球博”では、魚類の専門家である棟方の指導もあり、マグロの眼球を教材として活用した。また、色素増感型の太陽電池を中学生に作成させるなど新しい教材を活用したプログラムも実施された。

先にも述べたようにフレンドシップ事業は、評価のためのシンポジウムを開催することが義務づけられている。そのプログラムは、①学生の実践報告、②自由討論、③ご後援をいただいた仙台市教育委員会、宮城県教育委員会からの評価、附属学校教員による評価などである。加えて平成 9 年度から平成 16 年度までは外部識者による講演をプログラムに入れた。

講演の内容は理科教育や自然科学に関わるものである。「理論と実践の往還」を目指すためには、学生が教材研究や授業づくりの達人とともに学術の多様な

最先端に触れる機会もまた必要だと考えたからである。

「科学」は学習研究社から 1946 年～ 2010 年まで発行された小学生向けの科学雑誌である。書籍型の容器を開くとガラスの壁の向こうにアリの巣が観察できる「科学」の付録を覚えている方も多いただろう。平成 13 年度にお呼びした湯元博文氏（学習研究社）は子どもの科学への興味をかき立てた様々な「科学」の付録づくりの工夫や、「アイデア壁」、「原価の壁」、「安全性の壁」の 3 つの壁を突破しなければ商品にならないこと、など多くの啓示に富んだ講演を行っていただいた。また、平成 14 年度にお呼びしてニュートリノ天文学についてわかりやすくお話いただいた中畑雅行氏とは、平成 17 年度、18 年度に本学が採択された教員養成 GP の活動の中で、スーパーカミオカンデ見学を行った際に再度お世話になった。ニュートリノがスーパーカミオカンデの大水槽に到着するとチェレンコフ光を発生し、大水槽の壁にびっしりと埋め込まれた光電子増倍管がその光を捉えてニュートリノが飛来した方向を示す。平成 17 年度はスーパーカミオカンデの光電子増倍管が大量に破損した事故の修復中の見学であった。水を抜いた大水槽の底まで学生とともに降りて見学をさせていただいた。光電子増倍管の破損によって散らばったガラスの破片を、中畑氏が大水槽の底で掃除機をかけて取り除いている姿が印象的であった。平成 28 年に「ニュートリノ振動、それによるニュートリノ質量の発見」によって梶田隆章氏がノーベル賞を受賞したが、中畑氏はその授賞式に同行した共同研究者である。

現在理科教育講座には 15 名の教員が在籍しているが、そのうち 11 名がフレンドシップ事業（理科）を担当した経験がある。残りの 4 名はフレンドシップ事業が終了した平成 20 年度以後に本学の教員となった者である。理科に係る教科教育担当者と教科専門担当者の協働を協働を基軸として実施した本プロジェクトの基盤であった。

Ⅱ 学部教育における教科専門担当者と教科教育担当者の協働とその評価

1 宮城教育大学の理論と実践の往還を企図した教員養成カリキュラム

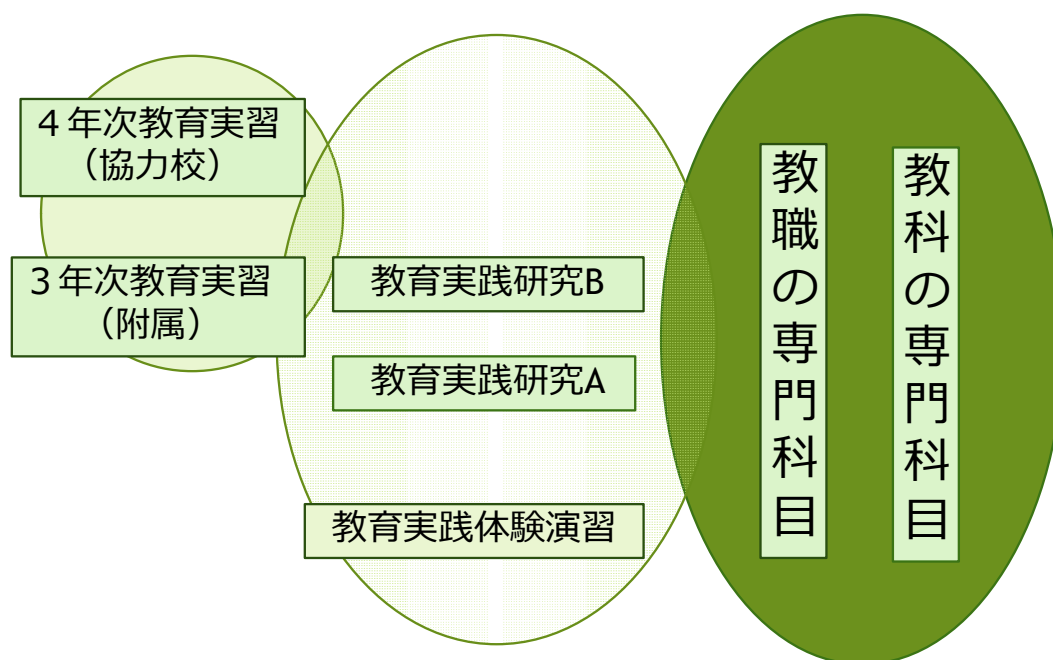


図1 本学カリキュラムの概念図（教育実習とそれに直接関連した科目群の部分）

本学のカリキュラムの特徴のひとつに、「教育実習とそれと直接関連した科目群」がある。大学での理論的な学修と教育実習を繋ぐことにより、教育実習を教員養成カリキュラムに有効に組み込むことを目的としている。この科目群は、本学の教員養成課程のすべてのコース、専攻において1年次の教育実践体験演習から4年次教育実習まで段階的に積み上げられている。

2 理科コースにおける「教育実習とそれと直接関連した科目群」の内容

(1) 理科教育実践体験演習（初等）

入学したての1年次前期の授業である。

①大学での学修の基礎を培うとともに、②教員の立場から教育を考えることをトレーニングすることを目的としている。理科の教科専門教員1名と教科教育1名が担当する授業であり、前者の目的は教科専門が後者の目的は教科教育が主として担当するが、基本的にチームティーチングで指導している。

大学での学修の基礎として、図書館が指導する「資料の探し方講座」に引率して、本学が所蔵する資料探索の方法や、過去の新聞記事の資料を探索する方

法などに参加する、理科実験を行わせた後に実験レポートの書き方を指導している。

教員の立場から教育を考えることを目的に、附属小学校において同校教員による授業を観察させている。一般的には学生は、自分が興味をもったかどうか、自分が理解できたかどうかで授業を評価する。教員としての授業の観点、評価の指標を持っていないからである。附属小学校教員に準備してもらった指導案をもとに、授業の目的や工夫について説明している。また、この観察と平行して授業が一般的には「導入」、「展開」、「まとめ」で構成されること、指導案という書式にまとめて示されること、授業の課題を端的に表現することばをしばしば「発問」と言い、発問の吟味には時間をかけること、などを説明する。附属小学校における授業観察後には学生をグループにわけて指導略案を作成させ、模擬授業を実施させている。学生のレポートには、授業づくりの難しさに気づいたことがしばしば示され、所期の目的を達成しているように思う。

（２）理科教材実践研究Ａ、Ｂ

２年次生（理科教材実践研究Ａ）、３年次生（理科教材実践研究Ｂ）を対象とした授業である。３年次教育実習の準備のための授業である。①それまでの大学での学修を活かして教材研究を行うことにより、理論的な学修を実践に活かす能力を涵養すること、②異学年である２年生、３年生が協働して授業研究を行う場面を一部につくることにより、校内研究に積極的にかかわる能力の育成を目指している。日本の誇る Lesson Study の伝統を継承する能力をはぐくむこと、を目的としているのである。このために、一部の授業を２、３年次生が合同で受講する。

教科専門担当教員４名（物理、化学、生物、地学）、教科教育担当教員１名の計５名で、理科教材実践研究Ａ、理科教材実践研究Ｂの双方を指導する。

受講者数はそれぞれ、理科コース学生２、３年次生学生２０人程度である。

教科の専門性をもって小学校教科書を読むと、紙背に異なる風景が見えてくる。たとえば「てこがつり合う」と「てこが水平につり合う」ことは微妙に異なる。「支点からの距離×力の大きさが、てこの右腕と左腕で等しいときに、てこは水平に釣り合う。」とするのが小学校の学習である。一方傾いて静止していてもてこはつり合っているが、説明には高校物理の知識が必要である。小学校６年生理科では LED が教材として使われる。LED はダイオードの一種であり、豆電球と異なり電流は一方向にしか流れない。この理由や、LED に光を照射すると電流が流れることなどは大学の理工系の学部で学修する内容である。自主教材を作成するときの安全性の確保など、教育方法論だけではいかんともしがたい部分が多々ある。教材作成に教科の専門性が必須の所以である。

さて、理科教材実践研究 A、B は前期月曜 1 限に開講される授業である。A は 2 年次、B は 3 年次に履修するようカリキュラムは設計されている。表 1 に

表 1 理科教材実践研究 A、B シラバス

回数	理科教材実践研究 A（前期月曜 1 限） 2 年次学生	理科教材実践研究 B（前期月曜 1 限） 3 年次学生
1	オリエンテーション	
2	授業と指導案（3 年生には復習を兼ねて）	
3～7	教材研究、授業構成、指導案作成	教材研究、授業構成、指導案作成
8, 9	3 年生指導案検討会	
10	3 年次教育実習観察	
11, 12	3 年生模擬授業（2 年生スーパーバイザー）	
13	2 年生指導案検討会	
14	2 年生模擬授業（3 年生スーパーバイザー）	
15	まとめ	

示したシラバスのうち、指導案検討会や模擬授業（事後検討を含む）などは 2、3 年次学生が合同の授業となる。

なお、中等教育教員養成課程理科教育専攻でも同趣旨の授業が理科教育実践研究 A、B という授業科目名で出講されており、その内容は本冊子「実践報告」の渡辺の報告、福田の報告、菅原の報告に記されている。

1) 理科教材実践研究 A

受講生は理科コース 2 年次学生である。1 年次に履修する実践体験演習では指導略案を作成させたが、ここでは単元観、児童観、指導観を含めた指導案作成の上、模擬授業をさせている。学生を 5 名ずつのグループに分け、同じ単元の授業を教科教育担当教員が指導している。

模擬授業に際しては、授業者のグループの他の2年次学生を児童役とし、3年次学生をスーパーバイザーとしている。児童役の学生には、児童として自分の情動や理解を客観的観察しつつ、その情動や理解に応じてふるまうよう要求している。スーパーバイザー役の学生には、児童役と教師役の学生の間を観察し授業の評価すべき点と改善すべき点、及び改善の提案をするよう要求している。また、3年次学生が模擬授業を行う際にスーパーバイザー役を務めさせるとともに、3年次学生の指導案検討会や模擬授業の事後検討のときには意見を表明する機会を与えている。

理科コース学生の3年次実習は附属小学校で実施するが、6月に履修する班と9月に履修する班に分かれている。3年次教育実習の観察は、理科コース学生のうち6月に履修する者の研究授業を観察する。2年次学生の3年次教育実習への問題意識を寛容するとともに、9月の班に振り分けられた3年次学生には教育実習履修のための自覚を促すことを企図している。

2) 理科教材実践研究B

2年次と異なり、学生を2～3名の少人数グループに分けて授業づくりをさせている。この際に主として教材研究を教科専門担当教員が指導している。電磁石の芯とすべく、「透磁率が高い」金属を検索するなど教科専門の力を活かした教材研究を学生が行なうよう指導している。

3年次となると作成する指導案も2年次よりも精緻になってきており、また、2年次学生の指導案検討会の際に3年次学生が教育実習の体験を踏まえた意見が出されるなど、段階的な学修の中で学生の成長が観察できる。

3 学部教育における教科専門担当教員と教科教育担当教員の協働の評価・・・学生のアンケートより

表2は理科教材実践研究A（2年次）、B受講者（3年次）を対象としたアンケートの回答である。回答者数は2年次学生が19人中18人、3年次学生が22人中21人であった。いずれも強くそう思うを5、まったくそう思わないを1としたときの数値を尋ねたものである。

「イメージした授業を指導案に書き込む能力」、「児童、生徒の活動をイメージする能力」には肯定的な意見が強く、また3年次学生にその傾向が強い。「大学の専門科目を授業研究に活用する能力」については特に2年次生に自信が無い様子が感じられる（表2）。「段階的な教育方法の学修」についてはかなり強い肯定的な評価が得られている（表3）。

表2 1年次から2年次、3年次と向上していると思うか

1) イメージした授業を指導案に書き込む能力						
	5	4	4	2	1	無回答
2年次	4	5	8	0	0	1
3年次	4	14	3	0	0	0
2) 大学の専門科目を授業研究に活用する能力						
	5	4	3	2	1	無回答
2年次	2	3	9	4	0	1
3年次	2	8	10	1	0	0
3) 児童、生徒の活動をイメージする能力						
	5	4	3	2	1	無回答
2年次	5	7	3	2	0	1
3年次	7	9	5	0	0	0

表3 段階的な教育方法の学修の有効性について

	5	4	3	2	1	無回答
2年次	14	3	0	1	0	0
3年次	13	8	0	0	0	0

表4 異学年の学生同士の協働について（模擬授業検討）

1) 2年生は3年生に率直な意見が言えた						
	5	4	3	2	1	無回答
2年次	5	5	2	5	1	1
3年次	1	7	9	3	0	0
2) 3年生は2年生に経験を踏まえた助言ができた						
	5	4	3	2	1	無回答
2年次	0	1	2	3	4	9
3年次	3	12	5	1	0	0

けれども、異学年の協働についてはあまり肯定的な評価が得られなかった（表4）。模擬授業の事後指導において、2、3年次生にお互いに対する評価を発言させたのであるが、お互いの意見交換の成果についてはやや否定的な評価が多かった。

いずれにしても同学年同士の協働についてもあまり肯定的な評価が得られていないので、工夫が必要な点である。

この傾向は、卒業を前にした教職実践演習の履修者に対する4年間を振り返

って回答を求めたアンケートでも傾向が同じである。

以上のアンケートと教員による学生の観察から、教育実習とそれに直接関連した科目群の出講によって、授業を設計し指導案を作成する能力はついているが、異年齢の協働については工夫が必要であることが示された。

Ⅲ 教職大学院における教科専門担当者と教科教育担当者の協働

1 「ユニット」における教科教育担当者と教科専門担当者の協働

宮城教育大学教職大学院は、修士課程を担当する教員が学生指導する二つの機会を設けている。ひとつは「教科領域専門バックグラウンド科目群」である。8単位を選択必修としているが、教科や領域の専門性の高い授業を講じている。もうひとつは、学生の研究を「ユニット」と呼ばれる教員集団によって指導をしている。「ユニット」における学生の指導に最終的に責任を持つ「ユニット長」は教職大学院専任虚位運であるが、ユニットを構成する教員のひとりとして修士課程担当教員を入れることができるのである。

表5に、理科教育を専門領域とする田幡がユニット長を務めたユニットに自然科学に専門性を持つ教員が参加した研究課題名を示す。

表5 自然科学を専門領域に持つ教員と田幡との協働

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・自然の事物現象について科学的に探究できる生徒の育成－手作りスピーカーを通して（平成24年度修了）・簡易バタフライガーデンの教育利用に関する検討－バタフライガーデン学校キット（BGSK）の開発と活用・普及を目指して（平成25年度修了）・海洋生物を用いた教材開発（平成27年度修了）・高校物理における科学的思考力を含む探究授業の検討－ニュートン力学から特殊相対性理論への接続を通して（平成29年度修了）・放射線教育の現状課題に対応した教育方法の研究（平成29年度修了）・中学校理科における分子構造の取り扱いの検討－酒石酸の教材化を考える（平成30年度修了予定） |
|--|

以下にの実践を例に挙げ学生の活動とその指導について記す。

例1 海洋生物を用いた教材開発

気仙沼市の小学校教員による海洋生物を用いた教材開発を題目とする研究の

指導に際し、発生生物学者である出口竜作教授をユニット構成員とした。

東日本大震災の被災地である気仙沼市の養殖漁業における、主要な産物のひとつであるマボヤを理科や総合的な学習の時間の教材とする研究である。マボヤの解剖や卵と精子の観察、さらには授精卵や泳動する幼生（オタマジヤクシ幼生）の観察などを盛り込んだ授業プログラムを作成した。このプログラムの作成にあたり、出口教授は発生生物学を学生に講ずるとともに、ホヤの専門家である東北大学浅虫海洋生物学教育研究センターの熊野岳教授を学生に紹介した。学生は同センターに出向いてホヤの発生について学修し、鋼材研究を深めた。教職大学院の実習の一環として行った、原籍校におけるマボヤを用いた公開授業研究会において、熊野教授は気仙沼市にてホヤに関する講演を行った。

例2 高校物理における科学的思考力を育む探究授業の検討

ストレートマスター学生の研究課題である。高校物理の教科書には、エネルギーと質量が等価であることを示す $E = MC^2$ という式が掲載されているが、その導出の過程は記されていない。この他にも高校物理の教科書には結果だけを記した式が散見される。緻密な論理の展開を重んじる物理学のおもしろさを伝えるために、高校数学を使ってこれらの公式にせまる教材を作成することを目的とした。

理論物理学の展開が入ってくるため、「ユニット長」の田幡は学生の式の展開に追いついて行けない。そこで物理学担当の内山哲治教授を「ユニット」の構成員とした。内山教授は数式の展開を指導する他、本学学生を対象とした指導の機会を学生に与えた。学生はこのような環境の中で研究を進め、いくつかの教材を作成した¹⁾。特に $E = MC^2$ を導出する特殊相対性理論を理解する教材を用いた授業をふたつの高校で実践し、生徒達からの高い支持を得た。

例3 中学校理科における分子構造の取り扱いの検討

小、中学校では物質は粒の集まりでできていると子どもたちに教える。中学校では粒はやがて分子や原子という言葉に置き換わる。

教科書ではしばしば丸い粒として表現される。本研究の目的は、粒にも多様な形があることを理解させることを目標とした教材と発見学習を加味した授業プランを作成することである。ストレートマスター学生が現在取り組んでいる。

酒石酸ナトリウムアンモニウムの結晶には、左手と右手のように前後が逆転した2種類の結晶がみられる。パスツールが発見したもので、鏡の像のような関係にあるので鏡像異性体と呼ばれる。酒石酸ナトリウムアンモニウムは分子すなわち粒の形が左手と右手のような関係にある。

鏡像異性体の関係にある D 型と L 型の酒石酸カリウムアンモニウムの結晶

を観察するなかから、「粒にはそれぞれ形がある」という概念を子どもたちに形成させる授業プログラムを構想している。この研究を行う学生指導のため、化学担当する笠井香代子教授を「ユニット」構成員とした。現在は、学生に結晶化を指導しているが、結晶した後にはX線解析などの技術を用いて確かにD型、L型の酒石酸カリウムアンモニウムであることを確認した上で、この結晶を活用する授業プログラムを作成するつもりである。

小学校や中学校の教材であっても、地域の自然や産業など、オリジナルな教材を作成しようとすればしばしば教科の専門性の裏打ちが必要となる。また、2年目には原籍校に戻る現職教員学生は、1年目にある程度のスピードをもって研究を進めなければならず、教科に関する高い専門性を持った教員の指導は大きな支援となる。さらに、教科専門担当者が参加する国内外の専門家集団のネットワークを活用した支援が得られれば、その効果はさらに大きくなる。

2 スペースラボにおける教科教育担当者と教科専門担当者の協働

理科教育講座の数名の教科専門担当者が中心となって、仙台市天文台と本学との間の連携に関する覚え書きに基づいて、理科実験教室を開催してきている。主として小、中学生を対象として学生が理科実験を指導する。児童・生徒に理科学習の楽しさを体感させるとともに、学生の指導力向上を目指す活動である。

平成23年の東日本大震災以降、教育の復興に資するため、気仙沼市でも気仙沼市教育委員会と協働してスペースラボという名称で同様な理科実験教室を実施してきている。この中に教職大学院学生が指導する実験教室も含まれている。教職大学院学生は教科教育担当者の指導下であり、直接には教科専門担当者の指導を受けることはないが、枠組みが教科専門担当者と教科教育担当者の協働でつくられ、その中で学生教育を行ったものである。

気仙沼市では、霧箱を用いた放射線の観察と蜂蜜に含まれる花粉の観察を行った。また、仙台市科学館と連携して蜂蜜の含まれる花粉の観察の指導を教職大学院学生にさせた。これらの活動に際してはアンケートを作成させて事後にはその分析をさせるなどの教育を行った。

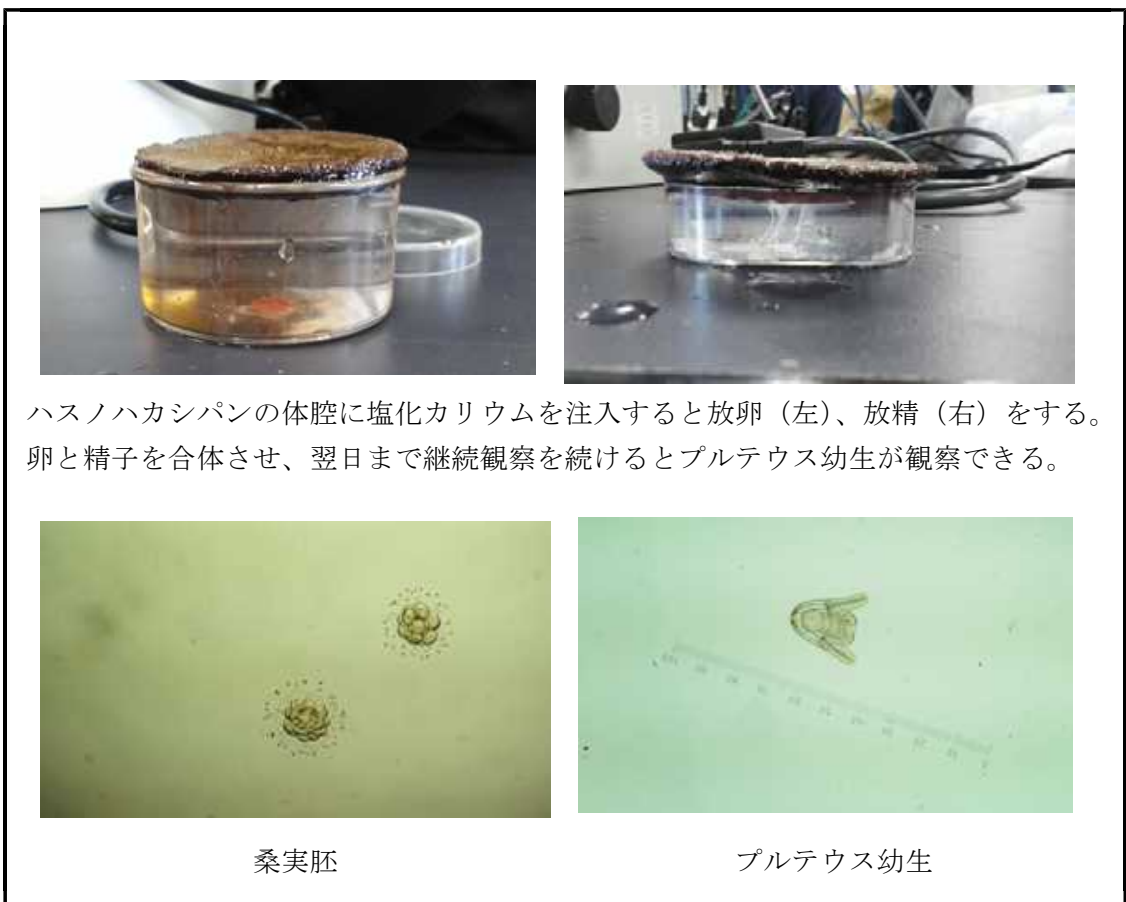
3 東北大学浅虫海洋生物学教育研究センターでの実習

教職大学院の授業（「実践適応と評価分析論」）の一環として、学生を浅虫海洋生物学教育研究センターに引率し、実習を体験させたものである。海の生物を観察することについては、整った設備を擁するセンターである。宿泊施設を利用した3泊4日（平成29年9月25日～9月28日）の、海産生物の観察、採集や採集した生物の発生の実験などがその内容である。



図2 貝（コガモガイ、クサイロアオガイ等）の発生実験

貝の発生の実験は海岸での採集（左）から始まる。（写真は工藤修由さん提供。）



ハスノハカシパンの体腔に塩化カリウムを注入すると放卵（左）、放精（右）をする。卵と精子を合体させ、翌日まで継続観察を続けるとプルテウス幼生が観察できる。

桑実胚

プルテウス幼生

図3 ハスノハカシパンの発生実験

ハスノハカシパンは浅虫海洋生物学教育研究センター近くの海岸で採集したものである。ハスノハカシパンはウニの仲間であるがムラサキウニなどと異なり、ハスノハカシパンの胚は透明性が高く細胞の様子が観察しやすい。近くで採集することができればすぐれた教材である。（写真は工藤修由さん提供。）

3泊4日の実習の後に意識をアンケート調査をすると、概して生物を学ぼうとする意欲や生物を採集・飼育したいという意欲が高まっている。また、教科書の写真や図でしか見られない生物のなりわいが、解像度の高い顕微鏡の美しい像として観察できる、観察、採集から実験へと連続する活動により、教材の収集から教材研究へとつながる学修になっている、などの効果があり、理科教員を目指す学生には効果的な教育である。

表6 浅虫海洋生物学教育研究センターでの実習内容

9月25日	宮城教育大学から浅虫海洋生物学教育センターへ移動。到着後、イシダタミ（巻き貝の一種）の採集と、殻の中のカイヤドリヒラムシの観察。
9月26日	近くの海岸でハスノハカシパンの採集。近隣の島にわたり磯採集。ユウレイホヤの授精と発生の観察。最近の発生学についての講義
9月27日	ハスノハカシパンの採集と授精と発生の観察 コガモガイ、クサイロアオガイ等の採集と、授精と発生の観察
9月28日	ハスノハカシパン、コガモガイ、クサイロアオガイ等の発生の継続観察。浅虫海洋生物学教育研究センターから宮城教育大学への移動。

4 教職大学院における教科専門担当者と教科教育担当者の協働の評価

小学校や中学校の教員であっても、理科に係る地域教材や、探究的な教材など、新たな教材の開発を試みると、自然科学の成果を踏まえた高度な検討が必要となる。学生が合成した結晶が本当に酒石酸かどうかを決定する際にはX線回折を行うことが必要である。三陸海岸の特産であるホヤの教材化するにあっても、バタフライガーデンの設置にあたっては、専門家の支援は必要であった。新たな教材をつくるという課題を追究する学生には、教科専門担当教員も教科教育担当教員もより高度な専門性を駆使した支援が必要となる。

教職大学院において学習指導の検討を行う際には教科専門担当教員の支援は必須である。更に、研究者には勤務先の異なる同業者との交流が日常的にある。学会の他が、出身研究室・学科などの同窓生、元の勤務先などである。これらのネットワークを活用させてもらえれば、さらに高度な検討が可能になる。

一方、教職大学院学生の指導は教職大学院選任教員が一義的には行うべきものであるが、選任教員数の限られた教職大学院に多様な分野の専門家が配置されることはない。教職大学院選任教員である教科教育担当者の学生指導に、教科専門担当者が協働するという形態が最も可能性が高い。この際、立場が違う教員の協働という問題が残る。このような協働を担当者同士が違和感なく行う組織的な仕組みとともに、学生の指導責任は基本的には教職大学院選任教員が持ち、依頼内容を明確して教科専門担当教員の支援を仰ぐなどの配慮が少なくとも協働の初めには必要である。

IV 理科に係る教科専門担当者と教科教育担当者の協働による、6年間を通じた教員養成のモデル

学部での教材研究は教科書に掲載された教材の取り扱いが主体となるが、大学院段階では地域教材や新素材などをオリジナリティーの高い授業をつくることが目的となる。このために、対象とする子どもの学生にかかわらず、高度な教科の専門性に裏打ちされた教材研究が必要となることも多々ある。直感的には大学院段階では実践の比重が大きくなるように考えられるが、必ずしもそうではない。また理論的な学修の色彩が強まるわけでも、実践的な学修が強まるわけでもなく、理論と実践を往還する学修の比重が強まるということである。

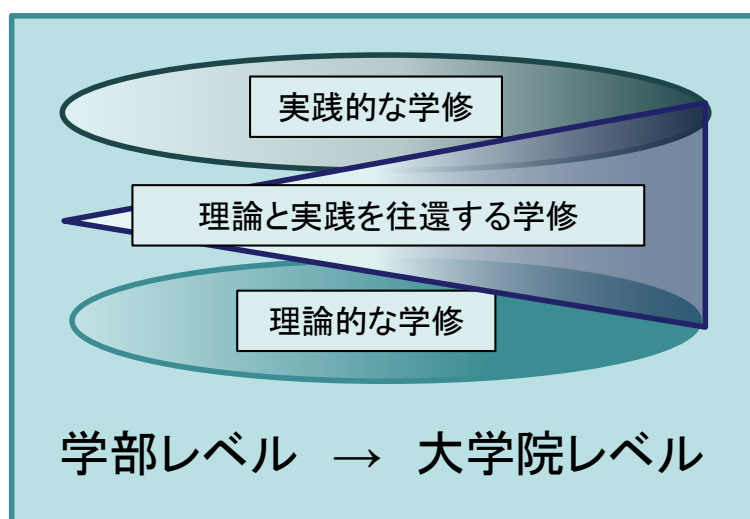


図4 学年進行にともなう理論と実践の往還の実践の概念図

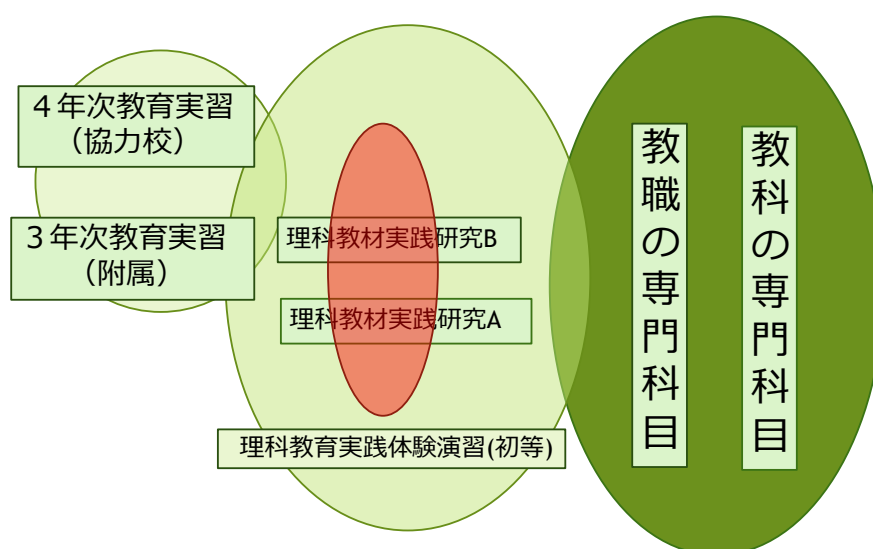


図5 学部段階でのカリキュラムモデル

学部段階では、教科教職の専門的な学修を背景とした、①1年次から4年次まで段階的にアレンジされた学校等での実践的な学修、②段階的にアレンジされた理論と実践を往還する学修(図5赤色の部分)が、学生の授業を設計し実践する能力の育成に有効であることがわかった。

このうち、理論と実践を往還する科目は、教科教育担当者と教科専門担当者の協働で行なうことが、本研究の提案である。

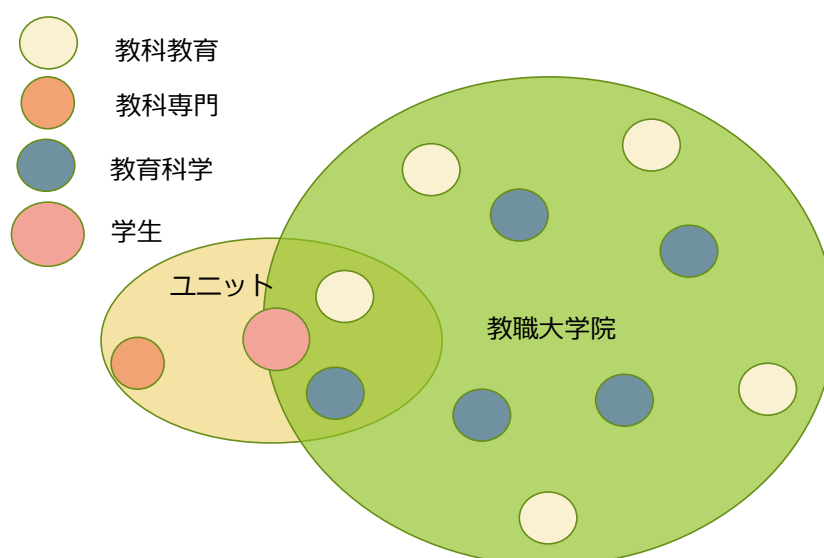


図6 教職大学院学生の研究指導を支援する教科教育と教職専門の協働体制

大学院レベルでも本学修士課程の授業で展開している「臨床教育研究」や本研究で実践をした「スペースラボ」のように、教科教育と教科専門の協働を定式化してカリキュラムに取り込むこともあり得る。

もっとも効果的でありダイナミックな協働は、学生の課題追究を支援するときに見られる。課題によっては研究者の伝手をたどって外部の研究機関等を巻き込むこともあり得る。支援の内容も支援する教員も時間の中で変化していく性質を持つため、予めシラバスを示すような定式化した授業には向かない。ここでは指導体制を検討した。

教科専門に係る教員は必ずしも教職大学院専任教員が適するとは限らない。むしろ多様な人材による支援を期待するためには、ひろく学部の教員が教職大学院に関われるような仕組みが必要である。

実践報告

「理科教材実践研究 B」 報告 物理分野

西山正吾（宮城教育大学）

理科教材実践研究は、大学 3 年次の教育実習(小学校)を目標にした、授業づくりや教材の初歩的な研究方法について学ぶ講義である。平成 29 年度の物理分野は、2 つのグループに分かれて行われた。グループ A は小学校 5 年生の「振り子」を、グループ B は同じく 5 年生の「電磁石」を題材に、研究を行った。

グループ A は、「振り子の往復に要する時間は何で決まるのか」を調べるための実験に着目した。これは、「往復時間は振り子の長さだけで決まり、重りの質量や振幅では変わらない」という事実を導くための実験である。この事実に到達するためには、あるひとつの条件だけを変え、その他の条件は変えない、という実験が必要である。例えば振り子の長さと振幅は変えず、重りの質量だけを変えた時、往復時間はどうなるのかを測定する。

学生は、このような実験の条件設定を、生徒自ら考案するための授業を立案した。まず前時に、往復時間は何によって変わるのか、生徒に予想させる。その予想に従い、どのような実験をすればその予想が確かめられるのか、生徒に考えさせようとした。また授業中にグループワークの時間を設定し、グループごとに実験方法を決定させようと考えた。

これらは、アクティブラーニングの視点を取り入れた授業の提案である。実験方法を生徒に考案させることで、「主体的に」学ぶ時間を設ける。次にグループごとの話し合いにより、「対話的に」学ぶ。次の時間に、生徒自身が考案した方法で実験をすることで、振り子についてより「深い」学びを得られるように考えられている。実験の立案過程は、必ずしも教師の考える方向に進むとは限らないが、ワークシートを有効に使うことで、一定の方向性を持たせるよう工夫を行なった。

グループ B は、「コイルの中に鉄以外のものを入れると、電磁石の強さはどう変わるのか」を授業の問いとした。乾電池の数や導線の巻き数によって、電磁石の強さが変わることは、教科書や指導要領に記載されている。しかし電磁石の芯によって強さが変わる、という記述はない。グループ B の学生は発展的な授業をしたいと考え、芯の素材による電磁石の強さの変化に着目した。

この授業は、前時までの実験を通して、導線の巻き数や乾電池数による強さの変化を理解したことを前提としている。単元の最初に、電磁石を用いた簡単な実験を行う。電流を流すことで、電磁石が磁石となることを確認する。次に、巻き数や乾電池数によって電磁石の強さが変化することを、実験を通して学ぶ。ここまでは、一般的な授業内容である。

学生が考案した授業では、これまでに用いた実験道具を前にして、さらに何かを変えることで電磁石を強くできるか？と生徒に問いかける。これまでの実験では、単に数(巻き数、乾電池数)を増やす、という実験であった。そのため、芯の素材を変える、という発想が生徒から生まれるかどうか定かではない。この発想がでるならば、電池の大きさを変える、導線の素材を変える、といった意見が先にでるかもしれない。しかしあえて芯という、電磁石の根幹となる部分に着目させる実験を行いたいと考えた。

この授業の実験のために、4種類の素材でできた芯を用意した。鉄、アルミニウム、銅、割り箸である。これらは3年生の電気や磁石の実験でも提示されている素材である。身近な金属としてアルミニウムと銅を、金属以外の素材として木を取り上げ、実験を行うこととした。これらの中で電磁石して働くのは鉄だけである。この実験を通して、芯の素材によって電磁石の働きが変わること、磁石の実験と同様、鉄は他の金属とは異なる性質を持っていることなどを、生徒に理解してもらうよう考えた。

グループA、B、どちらも、発展的な内容を含んだ授業に挑戦した。グループAは、条件をひとつだけ変えて比較する、という実験の大事な基本を、生徒自ら気づくような授業にチャレンジした。またグループBは研究を通して、なぜ鉄が特別なのか、磁性とは何か、透磁率とは何か、などを学ぶ必要があった。磁石は、小学校で用いられる教材でありながら、学問的には非常に奥深い物質である。このような点でも、学生にとって良い学びの機会となった。

「理科教材実践研究 B」 報告

「溶けているもの」と「溶けていないもの」に分けてみよう

池山 剛（宮城教育大学）

担当学生：佐々木瑛菜、佐藤史弥、志賀千紘

1. ねらい

単元「もののとけ方」（小学校第 5 学年）の導入部分の授業を作ることとし、本時のねらいを、「ものが水に溶ける様子を観察し、ものの溶け方について興味・関心をもたせ、『ものが溶ける』という概念はどのようなことであるかを理解させる。」とした。

当初、単元の第 1 時間目を想定し、課題を「『ものが水に溶ける』とは、どのようなことなのだろうか」として考え始めた。導入では子どもたちが目で見てはっきりとわかるものを提示したいと考え、水に入れる溶質として身近なもの 4 種を検討した。

その結果、食塩をティーバッグに入れ、水の中に下げると、ティーバッグからもやもやと溶けだし、ティーバッグの中味は無くなることが観察できた。しかし、ビーカーやコップなどの浅い容器では、もやもやが底に沈んでたまり、「全体に広がる」という理解をさまたげると感じられた。2L のペットボトルや 1m のアクリルパイプなどを用いると、もやもやは下にたまらず、途中で見えなくなることが分かった。この時点で教科書（東京書籍）がペットボトルを用いている理由を正しく理解できたといえる。

これを踏まえて、模擬授業では、これに続く第 2 時間目の内容として、「『溶けているもの』と『溶けていないもの』に分けてみよう」を課題に設定することとした。

2. 議論した点

溶けているか否かの判断基準をどのように子どもたちに教えるかについて多くの議論を行った。例えば沈殿を除いた後、液を蒸発させて何も残らないことを確認することにより「溶けていない」ことを示す方法もあるが、ここでは「濁っている状態」と「有色透明」の違いを理解するという、目で見て判断する方法を選んだ。

学生は化学実験で、濁りが生じることは沈殿が生じることと同じであると学習したことを思い出していた。この段階で、粒子は、その大きさと同程度の波長の光を散乱すること、簡単なイオンや分子の大きさは、可視光の波長に比べてはるかに小さく、可視光を散乱しないこと、すなわち溶液になれば「透明」になること、しかし光の吸収を可視光の領域に有する場合には色を持つことなどの説明を補足した。

3. 採用した手順

「粒が目に見えないくらい小さくなること」を溶けているか否かの判断基準とする。

（1）まず、水に入れる前の粒をルーペで確認する。

（2）その後、水に入れてかき混ぜた液をシャーレに取り、黒い紙の上において再度ルーペで粒を確認する。

（3）この比較により、水に入れる前後で変化のない小麦粉や片栗粉は溶けていない状態、水に入れると粒が見えなくなったコーヒーシュガーは、（色がついているが）溶けている状態と判断させる。

4. 指導案

主な指導の流れ	予想される子どもの姿	指導上の配慮事項
1. 前時の復習	・もやもやしてた ・粒が目に見えなくなるんだよね ・透き通って見えたね	・前時で学習したことを振り返り、ものが水に「溶ける」ことを確認する。
「溶けているもの」と「溶けていないもの」に分けてみよう		
2. 予想させる 「色や粒の大きさを見て予想してみよう」	・料理でよく塩を溶かすよ ・コーヒーには砂糖を溶かすよね ・小麦粉は細かいし、溶けるかもしれないな！ ・砂って溶けるの？	・日常生活での経験、前時で学習したことを踏まえ、水に溶けるものと溶けないものを予想させる。
3. 実験をさせる	・食塩の粒が見えなくなった。 ・コーヒーシュガーの粒も見えなくなったけど、水の色が変わったよ ・小麦粉は真っ白になった ・下に沈んでいるね	・4種類全て虫眼鏡で確認し一つ一つが粒でできていると認識させる。 ・それぞれの粒を水の入ったビーカーに入れてかき混ぜ、溶ける様子や溶液の色の変化を観察させる。班ごとに結果と気付いたことをワークシートに記入させ、ものが水に「溶けた」「溶けていない」を判断させる。
4. 実験結果について話し合わせる	・塩は粒が見えなくなり、透き通っているから溶けたよね ・コーヒーシュガーは色が付いたけれど透き通って見えるから溶けていると思う ・色がついているから溶けていないんじゃないかな ・小麦粉は全体に白く広がったからとけたんじゃないか	・結果を班ごとに発表させ、黒板にまとめる。前時学習した物が水に溶ける概念を踏まえ話し合いを進める。 ・その後ものが水に溶けている溶液と溶けていない溶液を判断するために、それぞれの溶液を少量シャーレにとり、虫眼鏡で観察させる。食塩やコーヒーシュガーでは、初めに虫眼鏡で観察したような粒は見られないが、小麦粉や砂では粒が残っていることから実験結果をまとめる。
5. まとめさせる	・虫眼鏡で見ると小麦粉は粒が残っているのがわかるね ・塩とコーヒーシュガーは粒が見えないね ・塩とコーヒーシュガーは粒がなくなり、透き通っているから溶けているね ・小麦粉は粒が残っているから溶けていないね	・コーヒーシュガーの溶液と小麦粉の溶液を比較させ、溶液に色がついても透き通って見えることもあることを説明する。

「理科教材実践研究 B」 報告

水溶液には金属を変化させる性質があるのだろうか

池山 剛（宮城教育大学）

担当学生：滝澤和輝、山形瑞季

1. ねらい

単元「水溶液の性質とはたらき」（小学校第6学年）の中の「金属に酸性の水溶液を注ぐと金属はどうなるのかを考え、実験を通して水溶液には金属を変化させるものがあることを学ぶ」という部分を模擬授業で扱うこととした。

上野の西郷隆盛像の当初のきれいな状態の写真と現在の酸性雨により白い線が見える状態の写真を並べて示し、「水溶液には金属を変化させるはたらきがあるのだろうか」と問題意識・課題を持たせる導入は、特に導入の部分を大事にしたいという学生たちの考えにもとづいている。

2. 議論した点

実験によってこの課題を追及させたいのであるが、金属として何を用いるかが、学生たちの最も悩み、議論したところである。

ある程度一般性をもたせて「金属を」というために、複数の金属でその変化を確認させたい。しかも身近なものが望ましいと考え、一つは鉄に決まる。

もう一つの金属の候補は、身近さでいうとアルミニウムである。鉄とアルミニウムはスチール缶とアルミ缶として日常よく目にするし、アルミニウム箔も身近である。実際、教科書でもスチールウールとアルミニウム箔について、薄い塩酸で泡を出しているところと溶けて金属がなくなったところの写真を並べて示している（東京書籍）。

しかし、実際にアルミニウム箔で実験すると、塩酸に入れてから泡が出始めるまでの時間が長く、20分程度かかることがわかった。

これは決してアルミニウム箔の表面が加工されているわけではなく、アルミニウムの表面には強固な酸化被膜が形成されるためであることを教員からは説明した。これを速める方法としては、一度塩酸などに入れるか、または金属片の表面をあらかじめ紙やすりで磨くなどして表面の酸化被膜を除いておき、再び酸化被膜がでないうちに実験をすることが考えられる。

今回試したところ、磨いたアルミニウムでは塩酸に入れてから反応が始まるまでの時間は3分程度に短縮される。しかし、事前にかかる手間と、それでも開始後3分ほどとはいえ待つことの必要なアルミニウムを用いるのが良いか、それとも身近とは言えない金属ではあるが、塩酸に入れば即座に反応を開始するマグネシウムを用いるのが良いのか、について議論を行った。

3. 採用した手順

（1）マグネシウムを塩酸に入れて溶けるところを演示実験で示す。

（2）スチールウールとアルミニウム箔（事前に表面を塩酸に溶かした後、洗浄したもの）について炭酸水と塩酸に溶けるか各班で実験させる。

4. 指導案

	主な指導の流れ	予想される子どもの姿	指導上の配慮事項
導入	1. 前回までの復習 2. 本時の問題提起 (上野西郷像泣いてる?)	・リトマス紙を使って調べたね ・蒸発させたら違いがわかったね ・白い線は何だろう? 汚れかな? ・この像は何でできているかな? ・金属が雨で溶けるなんてあり得るかな? 僕よく雨に濡れてるよ ・酸性雨ってニュースで聞いた! 色んなものを溶かしちゃうって ・長い間雨風にさらされて汚れちゃっただけじゃないかな?	・水溶液の違い、酸性・塩基性等前時までの学習を確認する ・酸性雨によって溶けた銅像の写真を見せ、「水溶液には金属を変化させる働きがあるのだろうか」と興味を持たせる ・変化という言葉を引き出すためきれいな状態の写真も提示 ・ヒントが書かれているため、児童には教科書を開かせない
展開	水溶液には金属を変化させるはたらきがあるのだろうか 3. 予想させる 4. 演示実験する 5. 実験させる	・炭酸水は飲めるし安全だから金属は溶けないんじゃないかな? ・塩酸は強そう。どっちも溶ける? ・金属は硬いから溶けないよ ・金属から細かい泡がたくさん出ているね ・塩酸に入れたアルミニウムとスチールウールからは泡が出ているね ・炭酸水に入れた方は最初泡が出ていたけど少し経つと収まった ・塩酸は徐々に泡が増えてきた ・炭酸水に入れたスチールウールにも泡がついていたけど、塩酸の方はスチールウールから泡が出ているよ ・金属は小さくなったけど減った金属はどこに行ったのかな? 水の中に溶けたのかな?	・酸性の水溶液を注ぐと金属は変化するか、班で予想を話し合わせノートに記入させる ・予想を黒板に書出しまとめる ・金属も溶けるのではないかという考えを引き出す ・溶ける様子がわかり易いマグネシウムを塩酸に入れて演示 ・アルミニウム、スチールウール、塩酸、炭酸水を用いる ・アルミニウムは事前に一度反応させておく(反応開始を速める為) ・塩酸 2 本、炭酸水 2 本の試験管を用意、各々一方にアルミニウム、他方にスチールウールを加え観察 ・気泡の出どころに着目させる ・ワークシートに結果を記入させる ・物質の取扱い、近くで火を使わない、保護眼鏡使用等確認
まとめ	6. 結果について話し合わせる 7. まとめさせる	・炭酸水に溶けず塩酸に溶けたよ ・予想通り炭酸水は金属を溶かさなかったね ・炭酸水も泡は出たけれど金属から出ているわけではなかったね ・溶けた金属はなくなったの? ・泡が出ていたから気体になった? ・溶けた金属を取り出すことはできるのかな?	・各班の結果を黒板の表に書く ・予想との異同を確認 ・炭酸水に金属が溶けるという班は気泡の出所を確認させる ・「水溶液には金属を変化させるものもある」とまとめる。 ・「溶けた金属を取り出すことができるのか」という次回につながる問題意識を持たせる。

「理科教材実践研究 B」 地学分野教材研究報告・・

教室内の実験と自然界のスケールと

高田淑子（宮城教育大学）

地震・火山列島である日本に生活する我々にとって、こどもの頃から、自然と向き合い共生して生活できる、地学的な物事の見方、見識を養うことは非常に重要である。また、高等学校における低い地学履修率から鑑みても、小・中学校における地学分野の学習が、防災国家日本の礎を担うと言っても過言ではない。

地学の分野は、地球や宇宙といった空間的・時間的スケールの大きい事象を、学校、特に、教室という狭い空間で、かつ、授業という限られた時間内に学習しなければならないことから、観察や実験が限られ、模擬実験（シミュレーション）による理解等、学校の授業内で自然現象を五感でじかに確認することが難しい分野である。学校の管理が厳格化する中で、ますます、この傾向は強まっている。教員は、自分の体験したことは容易に指導できるが、その反対も然りである。いかに、教員になる前に自然体験を積ませるかが、その後の理科指導に大きく影響を与える。また、教員になってからも、教師の力量、たゆまぬ研修が必要となる分野であるが、小学校教員のようにすべての教科を担当せねばならぬ教員にとっては、かなりのハードルでもある。

以上のことから、今回の教材検討においては、できる限り頭から考えるのではなく、手足を動かし、対象に触れ体験し、実験することを重視して指導することを心がけて学生と向き合った。本年度、地学分野の学習単元を希望する学生 2 班は、表 1 に掲げる学習単元について学習指導案の検討・作成、ならびに、授業実践の探求を選択した。

表 1 理科地学分野の学習指導案検討

番号	学習単元		指導案作成者
	学年	単元	
①	第 4 学年	「自然のなかの水のすがた」	阿部莉香子、海老名健将、郷内康平
②	第 6 学年	「大地のつくり」	早坂美里、芳野敬愛、米田雄人

① 第 4 学年「自然のなかの水のすがた」

本単元は、第 3 学年の「太陽と地面のようす」や第 4 学年の「水のすがたと温度」を既習事項として、これらの応用として自然界の水の変化を考えるものである。

第 3 学年の「太陽と地面のようす」では、日なたと日かげの地面を観察し、地面の温かさに違いがあることを体感している。3 学年の体験が、地面にある水たまりがなくなるとはどういうことかという本単元につながる。また、本単元直前に学習する「水のすがたと温度」において水の相変化を学習することから、水が、気化して水蒸気に変化することを理解している。この実験室で学んだ相変化を、身の回りの現象、自然現象としてどのように見られるかを実践的に考え展開する単元でもあり、時間的スケールが長く、取り扱いが難しい単元ともいえる。

学生らは、本単元を 4 時間で学習する指導計画を立て、第一時「身のまわりの水はどこにいくのか」を主に取り上げ、学習指導案を検討した。本時では、水たまりのある校庭と水たまりがない校庭の写真と、濡れた雑巾が乾くことから、水はどこ

にいくのか？という発問により、授業を始め、実験として、教科書にも記載されているビーカーに入った水が時間の経過により少なくなることを観察させ、同様の原理として水は沸騰せずとも蒸発して、水たまりや雑巾が乾くという結論に導きたいと考えた。

事前に実施した予備実験では、1週間後にも封印していないビーカーの水の水位に変化は見られず、期待した結果が得られていなかった。これらの原因として、設置場所が日陰であったこと、気温の変化が少ない室内に設置したことなどを挙げ、熟考なしの実験はかえって児童に混乱を与えることを身に染みて体験したようであり、この体験は重要である。実際の成功を見ぬまま、授業実践をしたことは残念であるが、丁寧に実験の手順を踏み、条件を整えることが大事であることを体験することは、このような実践で失敗して初めて理解できるものであると考える。

本単元は、第5学年の気象の分野につながっていくことから、学習過程がひとつひとつ積み重ねであることを学生らが理解して単元を進めた点は良かった。このように、大観した視点をもって授業を進めることは教員になった時に求められる力量であろう。

② 第6学年「大地のつくり」

第5学年で「流れる水のはたらき」の単元において学習した、「流水により、地面が浸食され、運搬され、堆積する」、すなわち、「水の力により大地が形成される」という概念を踏まえ、本単元では、第5学年で学習した内容を、自然界の大きなスケールに適用して思考を発展させ、流水や火山により地層が形成され、それが累積して大地が形成されるということに理解をつなげる。そして、これらは、中学校第一学年の「大地の変化」へつながり、地震・火山その他の自然現象の理解へとつながるものである。

学生らは、本単元を6時で指導する計画を立て、第5時目の「流れる水のはたらきによる地層のでき方を調べよう」を主に取り上げて学習指導案を検討した。

ここで取り扱う実験は、ペットボトルの中に様々な場所で採取した土を入れて水で満たし、沈殿速度の違いから礫・砂・泥の順番に層をなして堆積する級化成層の様子を観察するもので、海底で長い年月をかけて礫・砂・泥がまとまりをもって堆積して地層が形成されるさまを実験室内のビーカーサイズで再現したものである。級化成層は、地層の上下、すなわち、堆積の新旧が分かる他、堆積環境も示すものであるが、そこまで思考を巡らして指導するのは困難である。これらは、実際の地層を観察することで補うべきものであるが、実際の授業においては写真等にとって代わられているのが現実であろう。

実験自体は、学生らは、大学の地学実験の授業において、既により大型の装置で体験済みであり、彼らにとっては、逆に、さほど困難を伴うものではなかったと思われる。予備実験では、大学構内のいくつかの地点から砂を集めて、沈殿するまでの時間と級化成層がきれいに再現されるかという2点で素材を吟味し、観察しやすいように、できるだけ凹凸のない形の炭酸用のペットボトルの利用を検討した。当初、堆積に時間がかかるかと思われたが、1時の授業内で予想から実験、まとめまでを完結できることがわかり、指導案作成に予備実験が大きく役立っていた。

以上、地学の実験という観点では、スモールスケールの実験と自然界の大きく長期的なスケールとの橋渡しを丁寧に行うことが地学分野の実践には欠かせないことが垣間みられる。

「理科教育実践研究A・B」報告

渡辺 尚（宮城教育大学）

理科教育実践教育研究A・Bは、理科の授業記録，授業参観，教材のバック・グラウンドにふれて，理科の授業づくりの基礎を学ぶことを主眼にした模擬授業実践を行う講義であり、概ね以下のように活動が実践された。

- 1 回目 イン트로ダクション・班分け
- 2 回目 班活動，グループ・テーマ検討
- 3 回目 3年生・指導案作成等，2年生向け指導案作成指導
- 4 回目 指導案作成等（教材内容の検討・実習担当候補選出）
- 5 回目 指導案作成等（全員がグループ毎に指導案を作成して提出等）
- 6 回目 各グループによる2・3年生の指導案の発表会（全体）
- 7 回目 指導案にそった教材研究
- 8 回目 指導案にそった教材研究
- 9 回目 2年生模擬授業（2グループ）ならびに検討会（2・3年合同）①
A班（地学班）とC班（物理班）（研究授業の検討会）
- 10 回目 2年生模擬授業（2グループ）ならびに検討会（2・3年合同）②
B班（生物班）とD班（化学班）（研究授業の検討会）
- 11 回目 3年生模擬授業（2グループ）ならびに検討会（2・3年合同）①
A班（化学班）とC班（生物班）（研究授業の検討会）
- 12 回目 3年生模擬授業（2グループ）ならびに検討会（2・3年合同）②
B班（物理班）とD班（地学班）（研究授業の検討会）
- 13 回目 模擬授業の講評と振り返り会
- 14 回目 附属中教育実習「前半8月23日～9月6日」の授業参観
- 15 回目 附属中教育実習「後半9月7日～20日」の授業参観

この実習では、物化生地4分野にほぼ均等に分散所属し、模擬授業を構築する。そのための立案・設計を2年生と3年生が別々のテーマで模索し実践を行い検討を重ねるというもので、今年度は8つのテーマ（物化生地それぞれ2テーマ）で4回に渡り行われた。今年度は、大学院生が取り組んでいる臨床教育研究の透明骨格標本を使用した教材での授業構築を2年生が提案するなど、力のこもった模擬授業も見られた。



図1 「音の性質」を課題に教材を検討する2年生物理班



図2 「花の咲かない植物」を課題に教材を検討する3年生生物班

「理科教育実践研究における物理班の模擬授業」報告

福田善之（宮城教育大学）

1. はじめに

平成 29 年度の理科教育実践研究 A・B の模擬授業が、6 月 12 日から 7 月 3 日まで 4 週間にわたって行われた。例年通り、2 年生と 3 年生が独立して模擬授業の内容を立案し、指導案を作製する手順で行われた。但し、今年度は 2 年生が先に模擬授業を行うことになり、3 年生の授業を参考にすることができた。それでも、各学年の受講生は、自分たちの行う授業作りに熱心に取り組んでいた。

まず、模擬授業を行う内容の検討を各学年で検討した。3 年生は昨年度に上級生の模擬授業を見ているため、比較的スムーズに単元が決まるものと考えられたが、実は意外に迷っているようであった。そこで、3 年生にはいくつかの候補を与えた。一つは昨年の「音」に関する単元を発展させる案、もう一つは力学に関する案であった。彼らに与えたヒントはエネルギーに関することであり、「氷の上で車が走っていて、ブレーキを踏んで止まろうとしているとき、タイヤをロックさせる時とさせない時では、どちらが早く止まる？」という質問であった。3 年生は免許を持っている学生が多いことから、簡単に答えを出していたが、「何故、そうだと思う？」と尋ねると、理屈は理解していないようであった。これは、動摩擦力和静止摩擦力の違いであり、当然静止摩擦力のほうが一般的に大きいのだが、面白いのはタイヤをロックさせる方が静止摩擦力を利用していると勘違いすることである。それに気づかされた 3 年生は中学校第 3 学年の「力学的エネルギーの保存」を取り上げ、模擬授業内容の検討に入った。

一方、2 年生は初めての模擬授業なので、全くどの単元を選んで良いのか迷っているようであった。そこで、昨年の 2 年生（今年度の 3 年生）が取り組んだ「音」に関する模擬授業の内容を伝えた。昨年度の 2 年生の模擬授業は「音の伝わり方」に着目し、教科書の内容に沿って進めた結果、音が板で遮断されて伝わらないこと、真空では音が聞こえないことを演示実験で示すなど、無難な内容であったものの、発展的な内容までは踏み込めなかった。そこで、2 年生は中学校第 2 学年の「音の世界」を取り上げ、より発展的な内容を取り入れることに着目し検討に入った。

2. 2 年生の模擬授業

2 年生が選んだ「音の世界」は、中学校で初めて触れる単元であり、音の性質を理解することが容易ではないことに着目し、教科書で一般的に利用されているオシロスコープを用いず、コンピュータに市販のマイクを取り付け、無償のソフトウエ

アである AudioXplore を用いて可視化させ、更に高低の異なる音を発信させる教材モノコードを自作し、振動数や振幅を理解させることを考案した。

平成 29 年 6 月 12 日に模擬授業が行われた。導入では音を出しているものが振動していることを生徒役の学生に確認させるため、たたいた音叉を持たせて振動していることを理解させた。教科書では水面に音叉を触れさせて、波が水面上を伝わる様子を観察させる方法が記載されている。

次の展開では、自作したモノコードを用いて、弦を弾く強さで音の大きさが変わることを、弦の張りの強さや太さで音の高さが変わることを観察させた（図 1）。モノコードの弦を張るために砂を入れた袋を準備していたが、水を入れたペットボトルの方が、中学生には準備しやすいのではないかと考えられた。



図 1 モノコードによる音の観察

最後のまとめでは、演示実験として音源としてブザー音を発生させる無償のソフトウェアを用い、AudioXplore を用いて音の大きさや高低を可視化させて、生徒役に観測させた（図 2）。事前に配布したワークシートに観測した波形を描かせ、波形の周期から振動数を求めさせていた。



図 2 コンピュータを用いた音の波形観測

初めての模擬授業としては、モノコードを教材として自作し、また無償のソフトウェアを用いるなど挑戦的な内容であった。更に、波形から振動数を求めさせることなどの発展的な内容も含んでいた。但し、波の説明やワークシートには、教科書には出てこない「波長」の言葉が用いられており、波形の説明では周期と混同して

使われてしまった。AudioXplore はオシロスコープと同じように横軸が時間であるため、周期を説明しなければいけないのだが、学生たちは混乱してしまい、周期と振動数の関係を生徒役に説明できていなかったのが残念である。

3. 3年生の模擬授業

続いて、平成 29 年 7 月 3 日に 3 年生の模擬授業が行われた。3 年生は、位置エネルギーと運動エネルギーの和が保存される「力学的エネルギーの保存」を実験で観測し、データを定量化させることにより力学的エネルギーの保存を理解することを目指した。教科書では、高い位置ほど位置エネルギーが大きく、速い運動であるほど運動エネルギーが大きいことは記しているが、それぞれがどのような関係にあるかは記載がないのである。そこで、高さを変えた位置から物体を落下させて速さを観測させ、関係性をグラフ化させることにした。

導入では、位置エネルギーと運動エネルギーの復習とそれらの和を力学的エネルギーであることを説明し、「高さと言速さの関係を表したグラフがどれになるか」生徒役の学生に予想させた。



図 3 振り子を使った高さと言速さの関係を測定する実験と使用したビースピ

次の展開では、「高さと言速さはどのような関係になっているのか」を課題として、高さを変えて振り子のおもりを放し、最下点の速さを測定する実験を生徒役に行わせた。ここで、一般的に速さを観測するときに用いる紙テープと記録タイマーは使用せず、非接触型の簡易速度測定器「ビースピ」を用いた（図 3）。

事前に配布したワークシートには、高さの項目に対して、観測した速さと速さの 2 乗を計算させて記入させる表とグラフが記載されていた。ビースピは裏返して使用するため、測定毎に取り上げて数値を読まなければならないため、ビースピを設置する位置に目印をして置かせたが、振り子のおもりは、高さを計る治具は準備してあるものの、離す位置を固定せず生徒役に目視で合わせたため、うまくビースピの測定点上を通過しない事例が数多く見受けられた。

最後のまとめで、各班に高さと言速さの関係を発表させたところ、速さも速さの2乗も高さと言比例するようなグラフを示した。これは、高さがもう1点低いデータを取らないと、明確に2次関数として認識できないことが判明したのである。明らかな準備不足であり残念である。

4. 模擬授業を通して

今年度の模擬授業を通して、2年生については自作のモノコードを使用し、オシロスコープなどの高価な機材を使用しなくても、無償のソフトウェアを用いればパソコンで表示できることなど、学校現場でも十分使用できる教材になり得ることを感じるこことができた。

一方、3年生が用いたビースピは一つの価格が数千円なので、学校現場でも使用するのは比較的簡単なように思えるが、速度が変化する場合や連続観測など、台数が必要になる場合は使用が難しいかもしれない。その点、紙テープと記録タイマーは、摩擦の問題は存在するが比較的安価に導入できると思われる。更に、力学的エネルギーの保存のより高さと言速さの関係を導きだし理解させることは発展的内容と言えるが、もう一步発展させて、力学的エネルギーの保存自体を理解させることもできるのではないかと思われた。

5. おわりに

本授業の責任者である理科教育の渡辺尚先生、化学の猿渡英之先生、生物の出口竜作先生、地学の菅原敏先生には、たくさんのご指導を頂きました。

「理科教育実践研究A・B（地学分野）」報告

菅原 敏（宮城教育大学）

地学分野では、海陸風（実践研究A）と雲のでき方（実践研究B）を題材として選び、簡単な実験を通してその仕組みを理解させる授業を実施することが実践の主なねらいであった。いずれも教科書の気象分野に記載されている内容である。一般に、実際の様々な気象現象の空間スケールは数キロ～数千キロであり、本来のものと同一規模で実験を行うことは不可能である。仙台平野で発生する海陸風の代表的な水平スケールは大まかに言って10km程度であり、また、上昇気流によって積乱雲などが発生するときの鉛直方向の高さのスケールはやはり数キロ～10km程度といえる。室内の机上においてそれらを模した実験を行う場合、空間スケールは1万分の1以下になるであろう。そのような実験は一般にモデル実験と呼ばれることが多いが、これらの海陸風や雲のでき方の実験も、そのようなモデル実験の一種であると言える。したがって、実際に大気中で起こっている複雑な現象のメカニズムを、大胆に単純化し、最も基本となる仕組みが理解できるような実験が求められる。

（1）海陸風の実験

海陸風の原理は熱による大気の大気対流である。対流に関係したモデル実験では、小さなスケールでも大きな現象と同じような流体（空気や水）の大気対流を起こすことが比較的容易であることから、非常に多くの実践例がある。したがって、様々な情報を調べることで、同様の教材を参考にすることができ、また、教科書にも実験の例が載っている。当初の段階では、学生は、教科書に載っている実験方法を踏襲することを検討した。その例では、人工光源を利用して日射を模し、日中の日射による地表面加熱をも再現するような実験になっていた。そのような場合には、通常、光源自体の加熱の影響を避けるため、作業流体の外部（ここでは上側）から強い光を当てる必要があるため、流体を入れる容器の製作が必要となり、やや難しくなる。この授業で利用できる予算や機材の制限も考慮し、光源によって地表面加熱を再現することは困難と判断された。したがって、海陸風の原因となる陸面と海面の加熱や冷却は、実際のメカニズムとは切り離して、再現する系外で準備することになった。すなわち、日中の日射による陸面の加熱はヒーターで砂を暖めることで、また、夜間の陸面の冷却は砂を冷凍庫で冷やしておくことで対応することになった。この方法では、海陸風の起こる仕組みの中で、その原因となる地表面の加熱と冷却がモデル実験に含まれていないため、海陸風の仕組みの中で「どの部分を理解させたいか」ということを明確にする必要がある。この場合には、海と陸の比熱の違いや、同じ日射のエネルギーに対する海面と陸面の温度上昇の違い、といった部分は大胆に省略され、地表面温度の高低差によって大気がどのように運動するか、という部分のみを理解させる実験となる。海陸風に伴う大気の動きに重点が置かれているため、この実験では流体の動きを可視化することが重要となる。この点では、学生の創意工夫が比較的良好に見られた。線香の煙で空気の流れを可視化するにあたって、観察しやすくするために、容器の内面を黒色にしたり、側面からLEDライトを照射したりするなど、工夫を凝らした点は評価できる。模擬授業では、「海陸風が昼と夜で吹き方が違うのはなぜか」という点を課題に設定して行われた。

はじめに、「大陸(砂)の方があたたかく、海洋(水)の方が冷たい。線香の煙は海洋(水)の方から大陸(砂)の方に流れていく。」ということを確認し、さらに「夜の状態なので海洋(水)の方があたたかく、大陸(砂)の方が冷たい。線香の煙は大陸(砂)の方から海洋(砂)の方に流れていく。」という逆の現象に気付かせる指導内容であった。前者の海風の演示実験の結果から、後者の陸風を予想し生徒役に発表してもらうという授業の展開が予定されていたが、模擬授業ではその流れは不十分であった。また、この実験では簡略化されている日射による地表面の加熱や比熱の違いに関する原理について、口頭により補足して理解させる予定であったが、模擬授業ではその部分が抜け落ちてしまったため、海陸風の仕組みを理解させるための授業としては多くの課題を残した。

(2) 雲のでき方の実験

実際の気中では、様々な要因によって空気中の水蒸気の凝結が起こるが、一般的な仕組みとして、空気の上昇運動に伴う断熱膨張によって水蒸気の凝結が起こることで雲が発生すると考えて支障はなく、中学校の教科書においても同様に扱われている。したがって、「雲のでき方の実験」とは、それらの一連のメカニズムの全てまたは一部を模したモデル実験であるといえる。このとき、考えられる過程として大別すると、空気に含まれる水蒸気と凝結核、空気の上昇、高さによる気圧の変化、空気の膨張と温度変化、水蒸気の飽和と凝結、などが考えられる。この中で、大気の組成や状態変化に関係したプロセスは現象の空間スケールに依存せずに再現できるが、空気の運動や気圧の分布に関するプロセスは机上のスケールで再現することが難しい。したがって、「雲のでき方」と一言でいっても、どの部分のメカニズムをモデル化しているのか、また、どの部分は実際とは異なる、あるいは省略されているのか、ということを確認しておく必要がある。学生の指導計画には2種類の実験が含まれ、その一方はペットボトルを用いた実験であり、他方はガラスフラスコを用いた実験である。いずれも、雲を作る実験としては極めて一般的な実験である。両者の実験の原理はほぼ同じであるが、後者では断熱膨張における気温の低下を比較的容易に計測できる。どちらの場合にも、断熱膨張は実際とは異なる方法で起きており、ペットボトルでは踏みつけて圧縮された空気が容器の変形によって瞬間的に膨張することで、また、フラスコではピストンで排気することで起こされている。したがって、これらのプロセスが実際の気中の何に相当するのか、ということは生徒には分かりにくい。特に、ペットボトルの実験では、はじめに踏みつけて空気を圧縮する、という本来の仕組みとは無関係なプロセスが加わるため、生徒の理解を妨げる要因になりかねない。その意味では、フラスコの減圧は空気塊の上昇と気圧低下を模しているものとして、説明も容易であり、理解されやすいであろう。ペットボトルを用いた実験は、安価で多くの数を準備することが可能であり、生徒が自ら行うことができる実験である点は優れているが、余分なプロセスについて誤解を与えないように理解させることに注意が必要となる。模擬授業では、この点に配慮して、ワークシートに、自然界における空気の上昇と、実験で潰れたペットボトルが元の形に戻る状態とが対応していることを模式図で示した。また、雲のでき方のメカニズムをフローチャートで示し、穴埋めの問題形式にして生徒に問うなどの工夫が見られた。また、用意されたワークシートでは、雲の発生につながる飽和水蒸気量や露点に関する復習内容が含まれていた点も評価できる。後半のフラスコを用いた実験では、フラ

スコ内の気温の変化を明示することが最も重要なポイントであったが、温度計の表示器が小さく見にくかったので、より分かりやすい演示の工夫が求められる。



写真1 雲のでき方の模擬授業のなかで、ペットボトルを踏みつけている様子。

「平成 29 年度臨床教育研究」報告

渡辺 尚 棟方有宗 高田淑子（宮城教育大学）

臨床教育研究においては、この３年間試行錯誤を重ね、学部教育を踏まえ一歩先を見据えたチャレンジングな臨床授業を行っている。今年度は、新しい試みとして、仙台市天文台と本学との連携企画であるスペースラボへの参加、日本生物教育学会における研究発表（発表者棟方准教授・臨床教育研究参加者連名発表）があり、本受託事業を利用した物品の購入など、支援を受けることができ有難いことであった。

臨床教育の内容としては、無脊椎動物から脊椎動物へ生物が進化する過程に重要なヤツメウナギの透明骨格標本を使用した教材作りと授業実践を行うことができた。

① ペースラボへの参加と授業実践

本学理科専修（修士課程２年生２名、１年生６名）の８名による小中学生への授業実践が８月６日（日）に行うことができた。Ｍ２の２名が主授業者となり、Ｍ１の６名が授業補助者となって児童生徒２３名に対してヤツメウナギを中心に据えた透明骨格標本を使った授業を行った。ここでは、保護者１３名が見守る中、授業が行われたらが保護者の方も興味津々の様子であり、教室脇に授業で使い終わった標本をまじまじと見学する姿が印象的であった。





ヤツメウナギ（上）とヤマメ（下）

②仙台市立南光台中学校における授業実践

ここ3年継続して南光台中学校にお願いし実現している臨床教育の授業実践であるが、本年も11月22日に1年生2クラスにおいて実施された。

授業クラスをレギュラーで担当する遠藤教諭も本物の透明骨格標本を使用する授業は初めてであったようで、生徒とともに好評を博した。

③日本生物教育学会における研究発表

本年臨床研究教育の成果を、2018年1月6～8日に熊本大学にて開催された第102回日本生物教育学会全国大会で、本臨床教育研究担当の棟方准教授によって報告された。生物教材としての透明骨格標本の活用法について、進化の過程と結び付けた新たな教材としての発表が行われた。

教科専門と教科教育の協働を考える

教職大学院 田幡 憲一

平成 30 年 2 月 27 日（火）、理科実験棟 2 階多目的実験室にて FD フォーラム「教科専門と教科教育の協働を考える」が開催されました。参加者は本学の教職員等 21 名でした。

このフォーラムは、平成 29 年度の文部科学省委託事業「教員の養成・採用・研修の一体的改革推進事業」として宮城教育大学が採択された「サイエンスシャトルプログラムー理科の教育内容・方法を統合した教員養成」の一環として、開催されたものです。

プログラムの概要を表 1 に示します。

石澤理事からの挨拶の後、田幡が「教科教育と教科専門の協働を考える」と題した講演を行ないました。

本学の臨床教育研究や、「フレンドシップ事業（理科）」と名付けた平成 9 年から平成 20 年まで実施した事業の中で、本学の理科教育講座教員には教科教育と教科専門の協働の歴史をつくってきたことや、それを踏まえて平成 19 年度からのカリキュラムにおける実践体験演習、実践研究 A、B の授業を教科教育と教科専門の TT で行なってきたことなどを説明しました。また、教職大学院においても、課題追究に理科の教科専門を担当する教員が指導教員団の一人として指導を行なうなど、理科の教科専門を担当する教員が多彩な形で教職大学院学生の学修を支援していることを紹介しました。

アンケート調査や実態の分析から、①現在の本学の教育実習と直接関連した科目群の運営は教科教育と教科専門の協働のモデルとなり得ること、②学生達は特に学年を超えた協働が不得意なので今後工夫が必要なこと、③教職大学院学生を教科専門の教員が支援する場合には、教職大学院の専任教員としてではなく、外部から指導教員団の一人として指導するなどのモデルが考えられると結論づけました。

その後、指定討論者の佐藤崇之氏（弘前大学教育学部准教授）から、教育学部 3 年生全員が通年で毎週火曜日に学校体験を行なう「Tuesday 実習」が行なわれていること、「Tuesday 実習」の引率を教科専門科目担当者も行なっていることなど、学校における体験的な活動の指導に教科専門科目担当教

員も関わっていることが、宮城教育大学と比較しながら紹介されました。

あまり時間が無く、自由討論が活発化しなかったのは残念ですが、所謂「有識者会議報告書」を読むと教科教育と教科専門の協働は喫緊の課題のようですので、本学でもさらに改革の議論の中で考えを深めていくことが必要だと思います。

表 1 プログラム

10 時～10 時 10 分	挨拶 石澤公明（宮城教育大学理事・副学長）
10 時 10 分～10 時 50 分	講演 「教科教育と教科専門の協働を考える」 田幡憲一（宮城教育大学教職大学院教授）
10 時 50 分～11 時 10 分	指定討論 佐藤崇之（弘前大学教育学部准教授）
11 時 10 分～11 時 30 分	自由討論

アンケート

平成 29 年理科教材実践研究 A 受講者アンケート結果（平成 29 年 7 月 24 日）

1 履修者 2 年次 19 名、(回答者 2 年次 18 名)

2 段階的な教育の方法の学修について

「実践体験演習」、「実践研究 A」、「実践研究 B」と連なる授業の中で、授業づくりについて段階的に学ぶとともに、1 年時には附属小学校の先生の師範授業を見学し、2（3）年次には 3 年次小学校実習を観察しました。

（1）このような体験の積み重ねは、授業のつくり方を学ぶ上で有効だと思いますか？
「強くそう思う」を 5、「まったくそう思わない」を 1 として、5 段階評価をしてください。

（1・・・0 名、2・・・1 名、3・・・0 名、4・・・3 名、5・・・14 名、無回答・・・0 名）

（2）（1）の理由を教えてください。

・自分が教育を目指す上でそのような機会がないと実際の現場を見ることがなくなる上にイメージしづらいため ・現場に出てからはじめてうまうまいくことは少ないと思う。段階的に経験を積むことで現場に出てから、生かせる考える。 ・実際目指すべき目標とそれにいたる過程が明確にわかる授業内容と感じたから。 ・児童の様子がわかるから。 ・実際の授業を見ることが大切だと思うから。 ・イメージしやすくなる ・どれだけ教室で授業の作り方について学んでも現場を見ないとわからないようなこともあるから ・実際の授業をつくる上で、具体的なイメージをつかむことができるから。 ・だんだんと内容が細かくなっていて成長できると思った。 ・学年を経て、学んだ知識をアウトプットする場が与えられることでより学びが深まると思うから。 ・徐々に自分の教師像を固めていくようにすることができるため。 ・資料を見て研究するよりも実際に授業を見た方がつくり方を考える上で有効であると思うから。 ・実際に授業を行う基本的な方針や考え方を学ぶことができたため。 ・実際に模擬授業、ふり返り、教科の学習を行うので、かなり実践的な授業づくりが学べるから

ー以上 5 と回答した者ー

・具体的な指導の仕方が分かることで、有意義な授業の方法が分かる。 ・見て真似することが大事だから。

ー以上 4 と回答した者ー

・最終的な授業発表の見学をしても、授業のつくり方はわからないから。
 ー以上2と回答した者ー

(3) あなたは1年次から2年次、2年次から3年次と以下のことがらは向上していると思いますか? 「強くそう思う」を5 「まったくそう思わない」を1として、5段階で評価してください。

1) 指導案の書式に関する知識

(1・・・0名、2・・・0名、3・・・0名、4・・・7名、5・・・10名、無回答・・・1名)

2) イメージした授業を指導案に書き込む能力について

(1・・・0名、2・・・0名、3・・・8名、4・・・5名、5・・・4名、無回答・・・1名)

3) 大学の専門科目の知識を授業研究に活用する能力について

(1・・・0名、2・・・4名、3・・・9名、4・・・2名、5・・・2名、無回答・・・1名)

4) 児童生徒の活動をイメージする能力について

(1・・・0名、2・・・2名、3・・・3名、4・・・7名、5・・・5名、無回答・・・1名)

5) 授業の展開を総合的にイメージする能力について

(1・・・0名、2・・・2名、3・・・1名、4・・・10名、5・・・4名、無回答・・・1名)

4 学生どうしの協働について

異年齢の集団が協働して指導案について検討することは、公立学校等の授業研究会でもしばしば見られることです。理科教材実践研究A、Bでは指導案の検討を協働で行うことを体験しました。

(1) 班ごとに分かれて指導案を協働して作成することについて、以下の1)～5)のことからについて、「強くそう思う」を5、「まったくそうは思わない」を1として、5段階で評価してください。また6)には、なにか気がついたことがあったら記入してください。

1) みんな応分に関与した。

(1・・・2名、2・・・5名、3・・・8名、4・・・2名、5・・・0名、無回答・・・1名)

2) 効率的だった

(1・・・4名、2・・・7名、3・・・4名、4・・・1名、5・・・1名、無回答・・・1名)

3) 自分の意見を聞いてもらえた

(1・・・0名、2・・・1名、3・・・7名、4・・・9名、5・・・0名、無回答・・・1名)

4) いいものができたと思う

(1・・・2名、2・・・3名、3・・・6名、4・・・5名、5・・・1名、無回答・・・1名)

5) 楽しかった

(1・・・3名、2・・・4名、3・・・4名、4・・・4名、5・・・2名、無回答・・・1名)

(2) 模擬授業の検討会では学年を超えた交流を行いました。以下の1)～5)のこと
がらについて、「強くそう思う」を5、「まったくそうは思わない」を1として、5段階で
評価してください。また6)には、なにか気がついたことがあったら記入してください。

1) 2年生は3年生に対して率直な意見を言えた。

(1・・・1名、2・・・5名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・5名、無回答・・・1名)

2) 3年生は2年生に対して、自分の経験を踏まえた助言ができた。

(1・・・0名、2・・・1名、3・・・2名、4・・・3名、5・・・4名、無回答・・・9名)

3) 模擬授業班、児童役、スーパバイザー役の学生はそれぞれ真剣に参加した。

(1・・・0名、2・・・1名、3・・・3名、4・・・5名、5・・・9名、無回答・・・1名)

4) 模擬授業班、児童役、スーパバイザー役の学生はそれぞれの役割を意識して参加した。

(1・・・0名、2・・・2名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・9名、無回答・・・1名)

5) 楽しかった

(1・・・1名、2・・・3名、3・・・5名、4・・・4名、5・・・5名、無回答・・・1名)

平成 29 年理科教材実践研究 B 受講者アンケート結果

1 履修者 3 年次 22 名 回答者数 21 名、アンケートは 7 月に採取した。

3 年次学生の半数は 6 月に半数は 8 ～ 9 月に附属小学校で実習を行うため、アンケート採取時には実習を行った学生と行っていない学生がいる。それぞれについて整理した。

2 段階的な教育の方法の学修について

「実践体験演習」、「実践研究 A」、「実践研究 B」と連なる授業の中で、授業づくりについて段階的に学ぶとともに、1 年時には附属小学校の先生の師範授業を見学し、2（3）年次には 3 年次小学校実習を観察しました。

（1）このような体験の積み重ねは、授業のつくり方を学ぶ上で有効だと思いますか？
「強くそう思う」を 5、「まったくそう思わない」を 1 として、5 段階評価をしてください。

実習前	1・・・0 名、2・・・0 名、3・・・0 名、4・・・4 名、5・・・7 名、無回答・・・0 名
実習後	1・・・0 名、2・・・0 名、3・・・0 名、4・・・4 名、5・・・6 名、無回答・・・0 名
合計	1・・・0 名、2・・・0 名、3・・・0 名、4・・・8 名、5・・・13 名、無回答・・・0 名

（2） （1）の理由を教えてください。

実 習 前	・児童の実態をつかむことで、授業をつくる際のイメージが広がり、発問の仕方やそれに対する返答、時間配分を考えながら授業をつくれるから。 ・実践体験演習等の授業で指導案や模擬授業を初めて体験してから見学を行うことで自己評価ができ改善点が見つかると思うから。 ・学習する上で自らの知識、考え方が変わってくるのでそれに合わせて現場の様子を見ることは有意義 ・授業をつくる経験を積める上に、様々な人とのやり取りを行えるから。 ・段階的に授業づくりを学ぶことで徐々に授業づくりを自分のこととして捉えられるようになると思うから。 ・協力しながら授業を考えたり他学年の模擬授業を見て授業づくりの参考にすることができたから。 ・少しずつ教育実習に向けて意識をもっていけるため。授業に関する知識・経験を得ることができるため。 【以上（1）の回答を「5」とした者の理由】 ・あくまで模擬授業の範囲をこえて、実際の現場にふれることは授業づくりの明確な参考になるから。 ・授業づくりのやり方や、授業展開のビジョンのもち方などは経験の積み重ねやある授業を見ることで得られるものが多いと考えるため ・実際に子どもを前にしないと分からないこともあるが、何もしないより良いから ・多くの授業を見ることで新しい発見がある。
-------------	---

	【以上（１）の回答を「４」とした者の理由】
実 習 後	・実際に自分で学校や授業の様子をみてみないとより具体的に教員の仕事内容や役割をイメージできないから。 ・実践を身をもってかんじることができるため。 ・１年生から実習に向けて段階的に授業のつくり方を学ぶことで難しさを経験し、次はどうすればよいかを考え直せるから。 ・現場の空気を感じることで実際に授業をするときのイメージができたから。 ・いきなり教育実習に放り出されても、とまどってしまうから。 ・一気にやらないで少しずつ行うことによって徐々に成長していくと思うから。 【以上（１）の回答を「５」とした者の理由】 ・段階的に学ぶことで、自分の中で生まれる課題や疑問も段階的に解決することができるから。一気に課題が生まれても解決の手立てが見つからないし、一気に課題解決しても身につかない。 ・自分の成長の程度によって、授業を見てわからうことや思うことも違うし、学べることも変わってくるから。 ・つくり方を学ぶことはできる。 ・授業づくりや指導案作成の基礎を学習することができるため。 【以上（１）の回答を「４」とした者の理由】

（３）あなたは１年次から２年次、２年次から３年次と以下のことがらは向上していると思いますか？「強くそう思う」を５「まったくそう思わない」を１として、５段階で評価してください。

１）指導案の書式に関する知識

実習前 １・・・０名、２・・・０名、３・・・１名、４・・・６名、５・・・４名、無回答・・・０名
 実習後 １・・・０名、２・・・０名、３・・・０名、４・・・３名、５・・・７名、無回答・・・０名
 合計 １・・・０名、２・・・０名、３・・・１名、４・・・９名、５・・・１１名、無回答・・・０名

２）イメージした授業を指導案に書き込む能力について

実習前 １・・・０名、２・・・０名、３・・・１名、４・・・７名、５・・・３名、無回答・・・０名
 実習後 １・・・０名、２・・・０名、３・・・２名、４・・・７名、５・・・１名、無回答・・・０名
 合計 １・・・０名、２・・・０名、３・・・３名、４・・・１４名、５・・・４名、無回答・・・０名

３）大学の専門科目の知識を授業研究に活用する能力について

実習前 １・・・０名、２・・・０名、３・・・６名、４・・・５名、５・・・０名、無回答・・・０名
 実習後 １・・・０名、２・・・１名、３・・・４名、４・・・３名、５・・・２名、無回答・・・０名
 合計 １・・・０名、２・・・１名、３・・・１０名、４・・・８名、５・・・２名、無回答・・・０名

4) 児童生徒の活動をイメージする能力について

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・5名、4・・・4名、5・・・2名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・2名、3・・・2名、4・・・1名、5・・・5名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・2名、3・・・7名、4・・・5名、5・・・7名、無回答・・・0名

5) 授業の展開を総合的にイメージする能力について

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・3名、4・・・5名、5・・・3名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・0名、3・・・2名、4・・・4名、5・・・4名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・0名、3・・・5名、4・・・9名、5・・・7名、無回答・・・0名

4 学生どうしの協働について

異年齢の集団が協働して指導案について検討することは、公立学校等の授業研究会でもしばしば見られることです。理科教材実践研究A、Bでは指導案の検討を協働で行うことを体験しました。

(1) 班ごとに分かれて指導案を協働して作成することについて、以下の1)～5)のことがらについて、「強くそう思う」を5、「まったくそうは思わない」を1として、5段階で評価してください。また6)には、なにか気がついたことがあったら記入してください。

1) みんな応分に関与した。

実習前 1・・・0名、2・・・1名、3・・・4名、4・・・2名、5・・・4名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・1名、3・・・1名、4・・・6名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・2名、3・・・5名、4・・・8名、5・・・6名、無回答・・・0名

2) 効率的だった

実習前 1・・・0名、2・・・1名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・3名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・2名、3・・・3名、4・・・3名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・3名、3・・・5名、4・・・8名、5・・・5名、無回答・・・0名

3) 自分の意見を聞いてもらえた

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・2名、4・・・4名、5・・・5名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・0名、3・・・4名、4・・・3名、5・・・3名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・0名、3・・・6名、4・・・7名、5・・・8名、無回答・・・0名

4) いいものができたと思う

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・4名、4・・・6名、5・・・1名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・1名、3・・・5名、4・・・4名、5・・・0名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・1名、3・・・9名、4・・・10名、5・・・1名、無回答・・・0名

5) 楽しかった

実習前 1・・・0名、2・・・1名、3・・・3名、4・・・7名、5・・・0名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・1名、3・・・3名、4・・・4名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・2名、3・・・6名、4・・・11名、5・・・2名、無回答・・・0名

(2) 模擬授業の検討会では学年を超えた交流を行いました。以下の1)～5)のこと
がらについて、「強くそう思う」を5、「まったくそうは思わない」を1として、5段階で
評価してください。また6)には、なにか気がついたことがあったら記入してください。

1) 2年生は3年生に対して率直な意見を言えた。

実習前 1・・・0名、2・・・2名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・1名、無回答・・・1名
実習後 1・・・0名、2・・・1名、3・・・7名、4・・・2名、5・・・0名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・3名、3・・・9名、4・・・7名、5・・・1名、無回答・・・1名

2) 3年生は2年生に対して、自分の経験を踏まえた助言ができた。

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・2名、4・・・8名、5・・・1名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・1名、3・・・3名、4・・・4名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・1名、3・・・5名、4・・・12名、5・・・3名、無回答・・・0名

3) 模擬授業班、児童役、スーパバイザー役の学生はそれぞれ真剣に参加した。

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・1名、4・・・8名、5・・・2名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・0名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・3名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・0名、3・・・3名、4・・・13名、5・・・5名、無回答・・・0名

4) 模擬授業班、児童役、スーパバイザー役の学生はそれぞれの役割を意識して参加した。

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・1名、4・・・8名、5・・・2名、無回答・・・0名
実習後 1・・・0名、2・・・0名、3・・・3名、4・・・5名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・0名、3・・・4名、4・・・13名、5・・・4名、無回答・・・0名

5) 楽しかった

実習前 1・・・0名、2・・・0名、3・・・2名、4・・・5名、5・・・2名、無回答・・・2名
実習後 1・・・0名、2・・・0名、3・・・4名、4・・・4名、5・・・2名、無回答・・・0名
合計 1・・・0名、2・・・0名、3・・・6名、4・・・9名、5・・・4名、無回答・・・2名

卒業を前にした4年次学生へのアンケート

- ・対象は理科コース4年次学生19名（回答者19名、回答率100％）であった。
- ・平成30年1月にアンケート用紙を配付し、同年2月までの間に回収した。
- ・1～3年次の授業、「理科教育実践体験演習（初等）」、「理科教材実践研究A」、「理科教材実践研究B」を振り返っての意見を聴取したものである。
- ・すべての項目で、1）十分達成できた、2）達成できた、3）達成できなかった、4）全然達成できなかったの中から1つ選んで回答させた。

1 1年次教職実践体験演習を振り返って

教員としての視点で考えるきっかけとする、大学での授業への問題意識を醸成する、という目的は達成できたか？

1）8名、2）11名、3）0名、4）0名、無回答0名

2 2年次理科教材実践研究Aを振り返って

（1）専門科目を活かした教材研究、授業づくりの基本を学ぶ、という目的は達成できたか？

1）6名、2）12名、3）1名、4）0名、無回答0名

（2）同学年、異学年の協働という目的は達成できたか？

1）8名、2）9名、3）2名、4）0名、無回答0名

（3）3年次教育実習への問題意識を醸成する、という目的は達成できたか？

1）6名、2）11名、3）2名、4）0名、無回答0名

3 3年次理科教材実践研究Bを振り返って

(1) 専門科目を活かした教材研究、授業づくりの基本を学ぶ、という目的は達成できたか？

1) 8名、2) 9名、3) 1名、4) 0名、無回答1名

(2) 同学年、異学年の協働という目的は達成できたか？

1) 4名、2) 7名、3) 6名、4) 1名、無回答1名

平成 29 年度「教員の養成・採用・研修の一体的改革推進事業」成果報告書

サイエンスシャトルプログラム

理科の教育内容・方法を統合した教員養成

発行年月日：平成 30 年 3 月 30 日

編 集：田 幡 憲 一

発 行：宮城教育大学

980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 149

本事業報告書は、文部科学省の初等中等教育等振興事業委託費による委託事業として、宮城教育大学が実施した平成 29 年度「教員の養成・採用・研修の一体的改革推進事業」の成果をとりまとめたものです。

本報告書にかかる、著作権者の許諾が必要な複製、転載、引用等につきましては文部科学省の承認手続きが必要です。



平成29年度
「教員の養成・採用・研修の一体的改革推進事業」

—— 成果報告書 ——

サイエンスシャトル プログラム

理科の教育内容・方法を統合した教員養成