

小学校指導法科目「理科教育研究」の内容改善に向けての基礎研究

—生命・地球の学習指導に必要な教員養成の在り方—

○吉田 安規良, 杉尾 幸司, 松田 伸也

○YOSHIDA Akira, SUGIO Koji, MATSUDA Shinya
琉球大学教育学部

【キーワード】 小学校, 理科, 教員養成, 生物, 地学, 観察, 実験

1. はじめに

小学校では、観察、実験、ものづくり、栽培、飼育を行いながら理科の授業を展開することが求められる。しかし、理科の指導に苦手意識を持っている小学校教員は多い。

そこで筆者の1人は観察、実験などを取り入れた理科授業ができる小学校教員を養成するため、小学校教諭1種免許取得の必修科目“理科教育研究”（教職科目、理科の指導法科目）の中で、「物質・エネルギー」に関する教材実験を体験しながら理科の授業づくりに必要な事項を学ぶ実践をした。受講学生には負担感があるものの、授業評価は全ての観点で4.5点を超えた（5段階評価）。受講学生の各単元の指導の自信度の自己評価（5段階評価）は、受講前が平均2.9点で自信があるとは言えない状況だったが、受講後には3.9点まで上昇した。この実践は、小学校教員志望の学生が十分に満足したと評価でき、大学での教員養成という限られた時間で教員としての最小限の資質能力の保証につながることが期待できる¹⁾。

しかし、小学校の理科では「生命・地球」も学習する。最低限度の時間・単位数の中で観察、実験などを取り入れた授業ができる小学校教員養成には「生命・地球」についても実践を通じた検証が必要である。「生命・地球」で扱われる内容には天候や時期への配慮や、継続的な観察が必要なものもあり、半期2単位程度の必修1科目の中にその全てを取り入れることはできない。そこで、理科教育研究のさらなる内容改善に取りかかる前に、現在の教育内容での受講前後での自信度の変容を調べた。本稿では、2012年度後学期の実践と受講学生の自信度の変化を報告する。

2. 実践内容

理科教育研究は、主として3年次学生を対象と

した半期2単位（180分/回）の科目で、1個学期に2クラス提供されている。生物〔生命〕と地学〔地球〕に関する内容を4回ずつ、残りは物理・化学〔物質・エネルギー〕に関連した内容が提供され、授業初回では講義全体のガイダンスとともに理科教育の目的・目標、教育課程と指導案についても講義する。今回の実践では、計65名（2年次5名、3年次55名、4年次5名）が受講した。

生物分野〔生命〕に関する実践の概要

① ヨウ素デンプン反応を利用した実験

第6学年の「植物の養分と水の通り道」の単位では、「植物の葉に日光が当たるとでんぷんができること」を学習する。第5学年「植物の発芽、成長、結実」の単位でもヨウ素デンプン反応が用いられている。そこで、葉のデンプンを検出する実験で、教科書等でも紹介されている「アルコール脱色法」と「たたき染め・漂白法」を試み、それぞれの方法について確認するとともにその特徴について比較考察した。

材料は、沖縄の小学校の校内で容易に採集できる「ガジュマル（木本）」と「シロノセンダングサ（草本）」の葉を使用し、クチクラ層が発達している樹木とあまり発達していない草の両方を使用することで、ヨウ素デンプン反応を確認する際の利用のしやすさ等についても比較考察した。

② 光学顕微鏡を使用した植物の観察

第5学年の「植物の発芽、成長、結実」や「動物の誕生」の単位、第6学年の「植物の養分と水の通り道」の単位等では、植物体や微小な生物等について光学顕微鏡を適切に操作して観察する。そこで、光学顕微鏡の基本的操作を確認し、植物の観察（シロノセンダングサとガジュマルの葉の表面に塗った木工用ボンドをセロハンテープで剥がし取ってプレパラートを作成する「接着レプリ

方法」を用いた気孔の観察)を通して顕微鏡操作の習熟を図った。

③ 実体顕微鏡を使用した昆虫の体の観察

第3学年の「昆虫と植物」「身近な自然の観察」や第4学年の「季節と生物」の単位では、身近な昆虫や植物の体のつくりを調べる際に、直接観察することに加え、細かい部分を拡大する虫眼鏡や携帯型の顕微鏡などを使用する。この単位で使用する顕微鏡は、対象物の表面をそのままの状態では拡大できる実体顕微鏡を想定している。そこで、この実験では実体顕微鏡の基本的操作を確認し、昆虫(コウシュンシロアリ)の観察を通して実体顕微鏡の操作の習熟を図った。

④ 人体解剖図の作成を通じた

人体の構造と仕組みに関する学習

第4学年の「人の体のつくりと運動」では、骨と筋肉の働きについて、第6学年「人の体のつくりと働き」の単位では、呼吸、消化、排出及び循環などの器官(肺、胃、小腸、大腸、肝臓、腎臓、心臓など)の働きを学ぶ。ここでは、人及び他の動物を観察したり資料を活用したりして、呼吸・消化・排出及び循環の働きを調べ、人及び動物の体のつくりと働きをとらえるようにすることが求められている。

そこで、紙に印刷された内臓の型紙を切り抜いて台紙に貼り、色を塗って人体解剖図を組み立てる「人体解剖図(京都パスカル)」を使用したドライラボ的な作業を通して、人体の構造と仕組みについて学習した。

地学分野[地球]に関する実践の概要

天体の見える位置は刻々と変化し、その変化の規則性は、暦と時刻決定の基礎である。この「天体の見かけの運動」を児童に理解させることは難しく、受講学生の多くも正しい概念をもっていない。そこで、恒星の位置・時刻・日付の3者に対応関係があり、時刻と日付が決まれば星の位置が決まり(星座早見)、星の位置と時刻が決まれば日付が決まり(暦)、星の位置と日付が決まれば時刻が決まる(時計)ことを具体的な観察課題を通して理解させたいと考えた。

天体の学習では、具体的な問題を提示し、それを実際の観察で確認していくことが望ましいが、講義時間は日中であり、沖縄は1年を通じて雨天・曇天の日が多いため、実際の夜空の観察結果に大きく依拠することは非現実的である。また、提示すべき課題には、長期の観察や地理的広範囲での観察が必要なものがある。そこで必要な観察事項

を天球儀から読み取ることとした。これは天球儀や星座早見盤が効果的な教具であることを理解させる意味もある。

使用した天球儀は、透明な模型天球の中に方位が示された地平面があり、観察地点の緯度に合わせて極軸の傾きを調整することができる。また、この透明天球には、緯線と経線がそれぞれ 10° と1時の間隔で示してある。日時の決定は、星座早見と同様に模型天球本体に記された日付めもりと、天球とは別に固定された時刻めもりを合わせる方式である。

天球儀は2~3人で1台使用し、討論しながら共同で課題に取り組ませた。作業課題の具体的内容は、既報²⁾を踏襲しつつも時代の変化に対応するため細かな作業を少し増やした。

① 天球概念の把握と季節の星座

(天球の日周運動と太陽の年周運動)の理解

天球儀の使用法、特に太陽が透明天球上で黄色の帯線(黄道)で示されている意味について説明し、天球儀がプラネタリウムの原型であり、現実の星空を指し示すことを強調した。主な課題は、北緯 35° における春夏秋冬(4/15・7/15・10/15・1/15)21時の識別しやすい星座の位置とそのみかけの移動経路の確認、春分・夏至・秋分・冬至の太陽の出没と南中時刻の読み取り、毎月1日の太陽とシリウスの南中時刻と高度の確認と1太陽日からの1恒星日の長さの算出である。

② 緯度による天体の見え方の違いと惑星が

天球儀・星座早見に示されていない理由

ベルリン(北緯 53°)、トロント(北緯 63°)、ナルビク(北緯 70°)、北極点(北緯 90°)での春分・夏至・秋分・冬至の太陽の出没時刻と南中時刻を読み取ることを通して、緯度が異なれば同じ天体のみかけの運動経路が異なること、太陽がどのような位置に見えることが白夜や極夜であるかを確認した。また、緯度ごとの北斗七星のみかけの動きを確認し、周極星と出没星の概念を把握した。

次に、天体の位置の示し方(地平座標と赤道座標)を説明し、いくつかの1等星の赤緯・赤経を読み取った。その後、1ヶ月おきの木星と10日おきの火星の位置(赤緯・赤経の数値)を直交座標の緯線・経線図中にプロットさせ、それぞれの2年分の位置変化経路の曲線を描かせた。

③ 星座早見の使い方と緯度で異なる地平線

各人に1個の星座早見を持たせ、受講学生に第1回目の授業で取り組んだ季節の星座と太陽の出没時刻などの課題に取り組ませた。次に経度差の

影響を補正するめもりを使って、明石・納沙布岬・与那国島での南中時刻のずれを確かめた。最後に星座早見の地平線が少しゆがんだ卵形になる理由を把握するため以下の作業をした。

まず天球儀を北緯 35° に設定し、秋分点（赤経 12 時）が南中した状態で、赤経 12 時の経線（秋分点からの時角 0° の線）から、赤経 0 時の経線（秋分点からの時角 180° の線）まで、1 時 (15°) ごとの各経線と地平線とが交わる各点の赤緯を読み取った。次に、星座早見の赤緯・赤経めもりを確認し、星座早見に用いられている星図盤の赤緯・赤経の示し方を説明した後、主な恒星の赤緯・赤経の数値を提示し、それらの恒星の星図上の位置を確認した。続いて 10° ごとの緯線が天の北極を中心とした等間隔の同心円、1 時ごとの経線が天の北極からの 15° 間隔の放射状の直線として描かれた緯線・経線図を提示し、前述の結果をこの図にプロットさせ、それらの点をなめらかな曲線で結ばせた。その後、得られた曲線が星座早見の地平線であることを説明し、さらに同様の作業をさせ、北緯 25° 、 55° の地平線を描かせた。

最後に学習の集大成として、受講生各人の出身地に適合した星座早見を作成させた。主な作業はマスク円盤の描画と作成である。その時刻めもりには、その地点と明石との経度の差による天体の南中時刻のズレの補正処置を求めた。地平線作図のため、緯度ごとの正確な計算値を提供した。

④ 身近な自然の観察

—森林の外観とバードウォッチング—

かつて、本学キャンパスおよび近隣地域には新第三系島尻層群の良好な露頭が見られたので、学内・近隣の露頭で層理や小断層を観察していた。現在はそれらの露頭は植生やコンクリート壁に覆われている。それにつれて冬季には学内の池に大型の鳥類が飛来するようになり、巡検の重点が地層から鳥類の観察に移行している（雨天時や夏季は、サンゴ礁の生物起源の砂を観察し、九州以北の海浜砂との違いを把握させている）。今回は、キャンパス内のダム池と周辺斜面の動植物の観察を行った。受講学生には、口径 5 cm・7 倍の双眼鏡、口径 5 cm・12 倍の双眼鏡、口径 6 cm・20~60 倍のフィールドスコープのいずれかを持たせた。

構内道路周辺の木立で、メジロ、ヒヨドリ、イソヒヨドリ、キジバトを、シロハラ池の周辺でハクセキレイ、バン、コサギ、アオサギ、ゴイサギを、池の中でカイツブリ、小型のカモの仲間、ウの仲間を見ることができた。またアオサギを観察しながら、獣脚類恐竜と鳥類の類縁関係を解説し

た。池周辺の高木は常緑樹が多いことを説明し、真っ赤に紅葉したハゼノキを観察した。

3. 調査

受講学生が、自信をもって各単元を指導できるようになったかどうかを調べるため、受講前後の各段階で「生命・地球」の各単元での主要な観察・実験教材の準備・指導に関する技能・知識についての自信度を 5 段階評価（5、自信がある～1、自信がない）で自己評価してもらい（わからない・判断できない場合は 0 を記入させた）、その評価理由を可能な範囲で回答させた。

同様に、理科の授業実践に必要なと思われる「A 考えさせる授業」「B 実生活との関わり」「C 興味・関心を高めるための工夫」「D 理科の専門知識」「E 実物を用いた観察・実験」「F 安全」、「G わかりやすい授業」の 8 項目を 5 段階評価で調査した。調査は、小学校教員全般に必要なという重要度と、回答者自身が理科の授業の中に取り入れることへの自信度の変容について行った。その際、自信度については質問内容をより具体化・細分化し、「a₁ 考えさせる場面を取り入れることができる」「a₂ 身近な現象について考える姿勢を身につけさせる授業ができる」「b₁ 理科は日常生活に役立っていることを実感させることができる」「b₂ 日常生活と学習内容を関連づけることができる」「c₁ 児童の興味・関心を引き出すことができる」「c₂ 児童に驚きを与えることができる」「d₁ 幅広い知識を使って授業を展開できる」「d₂ 理論をごまかさずに教えられる」「e 観察・実験が行える」「f 安全に観察・実験が行える」「g 解説では、図や絵（図解なども）を用いることができる」で調査した。

4. 結果

受講前後に行った調査の有効回答数は 61 名（男性 17 名、女性 44 名；中高理科免許同時取得希望者 1 名、小学校教科に関する科目「自然科学概論」受講済の者 26 名、理科に関する科目が理科教育研究だけの者 34 名）であり、全て 0 や無回答を除いて集計、分析した。

各単元の指導の自信度の変化

各単元の指導の自信度の全体の平均は受講前後で 3.3→3.5 と受講後に上昇した。

そこで、単元×理科教育研究以外の理科に関する科目の履修状況（以下、履修状況）×受講前後の三要因混合計画で分散分析した。その結果、単元×受講前後の交互作用 ($F_{(15, 906)}=3.71$, $p=0.000<0.01$) と履修状況の主効果 ($F_{(1, 906)}=38.28$,

$p=0.000<0.01$) にそれぞれ有意差が見られた。受講前後とも関連科目履修済学生の方が自己評価は高かった。「昆虫と植物」「身近な自然の観察」「太陽と地面の様子」「月と星」「土地のつくりと変化」「月と太陽」の各単元で受講後が有意に高かった。

同様に、単元×性別×受講前後の三要因混合計画で分散分析した結果、二次の交互作用に有意差が見られた ($F_{(15, 896)}=1.82, p=0.028<0.05$)。性別に着目して二次の交互作用を分析した結果、女性では単元×受講前後の交互作用が有意であり ($F_{(15, 660)}=3.33, p=0.000<0.01$)、「昆虫と植物」「身近な自然の観察」「太陽と地面の様子」「月と星」「天気の変化」「月と太陽」の各単元で受講後が有意に高い結果を示した。

理科授業に必要な項目の認識の変化

理科授業に必要な項目の重要度の全体の平均は、受講前後とも 4.6 であった。項目×履修状況×受講前後の三要因混合計画で分散分析したところ、項目 ($F_{(6, 348)}=10.57, p=0.000<0.01$) と履修状況 ($F_{(1, 348)}=6.46, p=0.011<0.05$) の主効果にそれぞれ有意差が見られ、関連科目履修済学生の方が重要視した項目が多かった。項目×性別×受講前後の三要因混合計画の分散分析では、項目の主効果に有意差が見られた ($F_{(6, 348)}=7.58, p=0.000<0.01$)。項目別に比較すると「D 理科の専門知識」よりも他の項目が重視されていた。

一方、各人の自信度の全体の平均は、受講前後で 2.9→3.5 となった。項目×履修状況×受講前後の三要因混合計画で分散分析した結果、履修状況×受講前後の交互作用 ($F_{(1, 613)}=3.98, p=0.046<0.05$) と項目の主効果 ($F_{(10, 613)}=18.80, p=0.000<0.01$) にそれぞれ有意差が見られた。特に「理科の専門知識」は受講後でも 3 を下回った。項目×性別×受講前後の三要因混合計画での分散分析では、項目×性別の交互作用 ($F_{(10, 613)}=1.96, p=0.035<0.05$) と受講前後の主効果 ($F_{(1, 613)}=174.95, p=0.000<0.01$) に有意差が見られた。「g 解説では、図や絵(図解なども)を用いることができる」は女性のほうが高かったが、「b₁ 理科は日常生活に役立っていることを実感させることができる」「c₂ 児童に驚きを与えることができる」「d₁ 幅広い知識を使って授業を展開できる」「d₂ 理論をごまかさずに教えられる」「e 観察・実験が行える」では男性のほうが高かった。

5. 考察

理科教育研究の受講によって、「生命・地球」に関する各単元の指導の自信度は上昇したものの、

「物質・エネルギー」に関する各単元での実践に比べてその変化は小さい。受講前段階から苦手意識があまり見られないことを踏まえると、強い自信につながったとはいえない。単元別に見ると実践内容と関連する単元の中には自信度が上昇しているものがあるが、人体関連の単元のように顕著な変化が見られないものもある。一方、小学校教員の多数を占める女性³⁾で顕著な結果が得られたことは、“教師の理科嫌い”対策にもつながる。理科に関する他科目が履修済みであることと理科教育研究の受講が各単元の指導の自信に結びつくことから、「小学校理科に関する科目」とのつながりを強め、学生が学ぶべき内容についての質的・量的保証の検討が今後の課題となる。

理科授業に必要な項目への認識は理科教育研究の受講によって大きな変化をせず、どれも重要だという認識をしている。その中でも「理科の専門知識」よりも授業そのものの展開や実践に必要な教育方法的な部分を学生は重要視している。受講学生自身の自信度は受講後に上昇したが、知識面での自信のなさが目立つ。

今後はこの結果を生かして大学での教員養成という限られた時間の中で何をどのように、どこまで身につけさせるのかについて意識しながら理科教育研究の内容改善を進める。

謝辞・附記

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金若手研究 (A) 21683009 の助成事業であるとともに琉球大学教育学部理科教育講座の Faculty Development 活動の一環である。

引用・参考文献、注釈

- 1) Yoshida, A.: “Undergraduate Program to Teach Physics and Chemistry in the Elementary Schools: An Educational Activity “Science Education Study” with Observations and Experiments”, 理科教育学研究, 53 (3), pp. 497-521, 2013
- 2) 江尻有郷ほか:「小学校教員免許科目『理科教育研究』カリキュラムの改善」, 琉球大学教育学部紀要, 55, pp. 175-206, 1999
- 3) 文部科学省:「学校教員統計調査-平成 22 年度(確定値) 結果の概要-学校教員統計調査 2 調査結果の概要」, http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2012/03/27/1319074_5_1.pdf, 2012 (2013 年 4 月現在)