

全国学力・学習状況調査を用いた
A 大学学校教育学部理科教育専修生の理科の学力調査

Academic Survey in Science for Pre-service Teachers
of Science Education Course in a University for Teacher Training
Using Problems from the National School Achievement

寺 島 幸 生

TERASHIMA Yukio

鳴門教育大学学校教育研究紀要

第 30 号

Bulletin of Center for Collaboration in Community
Naruto University of Education
No.30, Feb., 2016

全国学力・学習状況調査を用いた A大学学校教育学部理科教育専修生の理科の学力調査

Academic Survey in Science for Pre-service Teachers of Science Education Course in a University for Teacher Training Using Problems from the National School Achievement Tests

寺島 幸生*

*〒772-8502 鳴門市鳴門町高島字中島748番地 鳴門教育大学
TERASHIMA Yukio ** Naruto University of Education
748 Nakajima, Takashima, Naruto-cho, Naruto-shi, 772-8502, Japan

抄録：全国学力・学習状況調査の中学校理科の問題を用いて、A大学学校教育学部理科専修生を対象に理科の学力調査を試行した。その結果、中学生が苦手な問題を依然苦手とし、特に地層に関する地学の問題や電気に関する物理の問題が苦手であるが、化学は比較的得意であること等が示唆された。また、記述して説明する能力が中学生よりも大きく向上している可能性が示唆された。この背景として、高校での履修科目や大学の教科専門教育が関係していると考えられる。今後の理科教育の改善を図るためには、理科教員志望学生の学力実態と理科教員養成の問題点や成果に関する情報を全国的に共有していくことが重要である。

キーワード：理科の学力、教員養成、中学校、全国学力・学習状況調査

Abstract : We conducted an evaluation of academic ability in science among undergraduates of science education course in a university for teacher training using problems of the national school achievement tests. Based on the results, we found the following trends in their academic abilities: The students and lower secondary school students shared some common weaknesses, and especially the college students were poor at some earth science problems about strata and physics problems about electricity but proficient in chemistry. Moreover, they implied significantly higher achievement in descriptive expression than junior high school students. These academic characteristics can be rooted in their subjects of study at upper secondary school and their specialized studies of subjects in teacher education. It is important for improving science education to share information about academic characteristics of pre-service teachers and problems and results in teacher training with nationwide universities of teacher education.

Keywords : Academic ability in science, teacher training, lower secondary school, the national school achievement tests

I. 研究の背景と目的

全国学力・学習状況調査は、全国の児童・生徒の学力や学習状況を把握・分析してこれまでの成果と課題を検証し、今後の教育活動の改善を図ること等を目的に、平成19年度より実施されている。平成24年度には、国語、算数・数学に加えて理科の調査も実施され、児童・生徒の全体的状況として、習得した知識を活用することに課題があると指摘された（文部科学省・国立教育政策研究所、2012）。平成27年度にも、2回目の理科の調査が実施された。指摘された課題の解決には、理科の指導改善

が重要であり、現職教員はもちろん、将来教師となる教員志望大学生の理科の専門性と指導力の向上が必要である。教師の指導力が、彼らの学力に依存すると仮定すると、理科の指導改善の実現には、教師自身の理科の学力の向上が前提となる。

大学生の学力低下や新任教員の教科指導力不足が問題視され、近年いくつかの教員養成系大学・学部生を対象とした理科に関する学力調査や意識調査が実施されている。正元ら（2008）は、ある大学の教育学部の小学校教員養成課程2年次生を対象に独自の問題を用いた学力調査を実施し、この大学生では物理、地学領域の理解度が

低く、この結果が高校理科の履修状況に依存している可能性を指摘して、大学教育での苦手領域の重点的補充の重要性を主張した。渡邊(2013)は、同大学小学校教員養成課程の学生の理科に対する意識調査を実施した。その結果、理科の知識不足への不安などを理由に、理科授業を担当することを敬遠したい学生が半数を超えていることを報告し、理科に対する不安や苦手意識を払拭していくことが教員養成において重要であると指摘した。また、寺本(2013)は、教員養成系学部2年次生を対象に、全国学力・学習状況調査の小学校理科の問題を用いた学力調査を実施し、この学生が全国の小学生と同様に、活用面で特に「構想」や「改善」に関して課題があることを報告した。以上のように、小学校教員養成課程での理科の学力調査や意識調査は、多様に展開されつつある。

一方、中学校理科教員養成課程での学力調査は、個々の大学・学部・専修では対象学生が少なく統計的に有意な資料が得難いこともあり、あまり実施されていない。最近、吉田(2014)は琉球大学の教育学部、理学部の学生35名に、2012年度全国学力・学習状況調査の中学校理科の問題を解答させ、その大学生と全国中学生の間には、設問別正答率において強い正の相関があり、中学理科教員志望学生も中学生が苦手な問題を依然苦手とする傾向にあることを指摘した。しかし、中学校教員養成課程での理科の学力調査は依然少なく、中学理科教員志望学生の理科の学力を客観的に評価する材料は不足している。全国一斉の学力調査は現実的に不可能であるため、小規模でも各大学で学力調査を実施して結果を報告・共有し合い、各大学の中学理科教員志望学生に共通する学力上の課題や、教員養成の諸問題を明らかにすることが重要である。

A大学においても、理科教員志望学生の理科の学力および理科の専門教育には、何らかの課題があると予想される。しかし現時点では、将来理科教師になるにあたり、どのような学力上の課題があり、その解決に向けて在学中にどのような能力を習得すべきか、学生本人、指導する教員共に十分理解できているとは言い難い。この課題は、多くの教員養成系大学・学部にも共通する課題と考えられる。

一般に、学力には多様な側面があり、ただ1つの調査で全ての学力を多面的に評価することはできない。全国学力・学習状況調査では、中学校理科の学力調査の基本方針として、主に「知識」に関する問題では、「基礎的・基本的な知識・技能」を、主に「活用」に関する問題では、「知識・技能を活用して、課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等」を調査することと明記されている(国立教育政策研究所,2012)。また、後者は、「科学的な思考・表現」の観点から評価され、その評価の主な視点として、適用、分析・解釈、構想、検討・改善が

挙げられている。また問題は、物理、化学、生物、地学の4領域、思考・表現、技能、知識・理解の3観点、選択、短答、記述の3形式から成っている。この学力調査では上述の各能力を領域、観点、問題形式の各面から正答数(率)によって数値化し、その結果を理科の学力と見なして評価している。

本研究では、この調査で評価可能な学力に焦点を絞り、A大学で理科を専修とする学生を対象に理科の学力調査を試みる。この目的は、中学生と同一問題を解答させることで、この大学生の学力の一端を把握し、どのような中学理科教員を今後どう養成すべきか考えるための資料を得ることである。本稿では、その調査結果を報告し、この大学生の学力の特徴と教科専門教育の課題について、当該学生への質問紙調査や教科専門授業担当教員へのインタビュー調査の結果を踏まえて考察する。

II. 調査方法

2013年度後期11月、A大学学校教育学部理科教育コース開講の「中等理科教育論I」を受講する同学部2年次生16名(以下、A大生)を対象に学力調査を試行した。当科目は、中学、高校の理科の教員免許取得に必修の教職に関する科目で、主に中学校理科教員を志望する学生が履修している。調査問題には、平成24年度全国学力・学習状況調査(以下、本調査)で使用された中学3年生対象の理科の学力問題(国立教育政策研究所,2012)を用いた。調査の実施は予告せずに行い、開始直前に当該問題の解答経験の有無を口頭で質問し、学生の挙手によって当該学生に解答経験がないことを確認した。本調査と同じ書式の問題・解答両用紙を配布し、本調査と同様45分間の解答時間後に解答用紙を回収した。本調査の解説資料(国立教育政策研究所,2012)や報告書(文部科学省・国立教育政策研究所,2012)に基づいて、各問題の正誤を点検、集計し、正答率を算出した。本調査と同様、正答数(全26問)の度数分布および平均値、標準偏差、中央値、最頻値をそれぞれ求めた。また、全体での平均正答率(%)に加えて、主に知識を問うA問題とその活用に関するB問題(A、B)、物理、化学、生物、地学の各領域(物、化、生、地)、思考・表現、技能、知識・理解の各観点(思・表、技、知・理)、選択、短答、記述の各形式(選、短、記)に分類して、それぞれの正答率を算出した。A大生の項目別正答率に対しては、被験者が少ないことを考慮して、正規性や等分散性を前提としないノンパラメトリックなKruskal-Wallis検定による多重比較を行った。

学力調査の約5か月後、当該学生に対して高校での履修科目や現在の得意領域を問う質問紙調査を実施し、12名から回答を得た。質問紙には、高校当時の理科の科目

(旧課程)「理科総合 A, B, 物理 I, II, 化学 I, II, 生物 I, II, 地学 I, II, その他」から、実際に履修した科目を全て選ぶ選択式の質問を設けた。また、大学2年次現在で、一番得意と感じる領域を「物理, 化学, 生物, 地学」から1つ選ぶ選択式の質問を設けた。続いて、各学生に今回の学力調査の結果概要を添付した採点済み答案用紙を返却し、「自身の理科の学力について感じることを」を自由記述式で問う質問紙調査を行った。

このA大生に対する教科専門教育の内容について調査するため、該当科目のシラバスを参照するとともに、当該教科専門授業担当教員に以下の要領でインタビュー調査を行って、授業の概要や感じる問題点を聞き取った。今回の学力調査時点で被験学生が履修済(2年前期末まで)の必修10科目のうち、表4に示す8科目計6名の教員から回答を得た。インタビューは、各担当教員と調査者(著者)が1対1の対面式で10~20分間実施し、調査者の筆記によって回答内容を記録した。インタビューのはじめで実際の授業の概要について聞き取り、各科目でシラバスと授業の各内容が概ね一致していることを確認した。続いて、今回の学力調査問題を各教員に提示し、各設問に関する内容の授業での取り扱いや、担当教員が感じる学生の理解度や弱点、教育上の課題等について、非指示的に質問した。

III. 学力調査の結果

1. 正答数の度数分布

学力調査におけるA大生と全国中学生(国公立含む)の正答数の度数分布を比較して図1に示す。A大生の平均正答数(正答率)は、22.6問(87.0%)であり、中学生の13.6問(52.1%)に比べて9問(34.9ポイント)高かった。A大生の正答数は、19~25問の範囲に標準偏差±2.1で分布し、中学生の場合(0~26問, ±5.4)と比べて幅の狭い度数分布を示した。A大生の中央値、最頻値は共に23問で、18問以下および全問正解者はいな

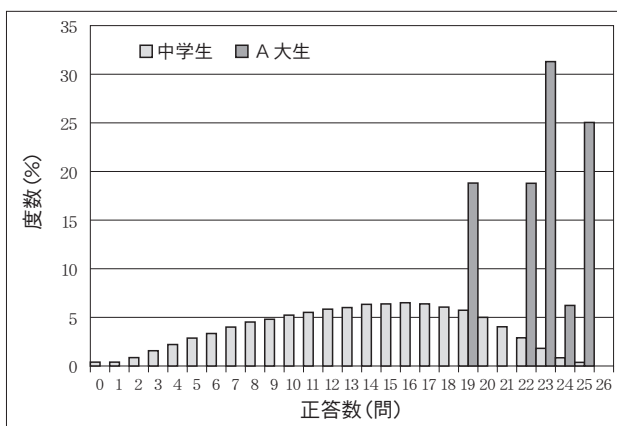


図1. A大生と中学生の正答数度数分布

かった。

2. 問題・領域・観点・形式別の正答率と正答率差

A・B問題, 各領域, 各観点, 各形式におけるA大生と中学生の正答率と両者の差を表1に示す。A大生のA, B問題の正答率は各々91.3%, 84.8%であり, 両差の間には有意差が認められた($\chi^2=3.94, df=1, p<.05$)。領域別では, 化学の正答率が96.9%と最も高く, 生物86.5%, 物理85.9%と続いて, 地学が80.2%と最も低く, 化学と地学の間には有意差が検出された。($\chi^2=14.98, df=3, p<.01$)。一方, 中学生では, 化学, 地学, 生物, 物理の順で正答率が高かった。観点別では, 思考・表現が84.8%, 技能が92.2%, 知識・理解90.6%であり, 思考・表現と技能の間に有意差が検出された($\chi^2=8.35, df=2, p<.05$)。形式別では, 選択式90.6%, 短答式86.8%, 記述式80.0%であり, 項目間に有意差は認められなかった($\chi^2=5.32, df=2, p>.05$)。以上の結果から, このA大生の学力の特徴として, 化学を得意とする一方で, 地学が苦手であることが示唆された。また, 中学生と類似して, A問題よりも主に活用に関するB問題を, 技能よりも思考・表現に関する問題を, それぞれ苦手とする傾向が見られた。

A大生の正答率から中学生の正答率を差し引いた値を正答率差として算出した。A, B問題の正答率差はそれぞれ34.0, 35.9ポイントであった。領域別正答率差では, 物理が38.8ポイントと最も大きく, 化学38.4ポイント, 生物34.6ポイントと続いて, 地学が27.4ポイントと最も小さかった。観点別正答率差では, 知識・理解が38.4ポイント, 思考・表現35.9ポイント, 技能27.4ポイントとなった。問題形式別正答率差では, 記述式が46.8ポイントと最も大きく, 短答式36.3ポイント, 選択式29.3ポイントと続いた。記述式の正答率差は全項目中で最も大きく, 唯一40ポイントを超えた。A大生と中学生との間には, 記述して説明する能力に大きな差がある可能

表1 A大生, 中学生の項目別正答率とその差

問題分類	正答率 (%)		差
	A大生	中学生	
全体	87.0	52.1	34.9
A問題	*91.3	57.3	34.0
B問題	*84.8	48.9	35.9
物理	85.9	47.1	38.8
化学	**96.9	58.5	38.4
生物	86.5	51.9	34.6
地学	**80.2	52.8	27.4
思考・表現	*84.8	48.9	35.9
技能	*92.2	64.8	27.4
知識・理解	90.6	52.2	38.4
選択	90.6	61.3	29.3
短答	86.8	50.5	36.3
記述	80.0	33.2	46.8

** ; $p<.01$, * $p<.05$, 他は有意差なし

性が示唆された。

3. 設問別の正答率

A大生、中学生の各設問別正答率と両者の正答率差を表2に示す。A大生全員が正解した問題(正答率100%)が計10問あった。A大生と中学生の正答率差が大きい上位5問は、問題1-(5)、2-(2)、3-(3)、4-(4)、(6)であり、いずれも50ポイントを超えた。一方、正答率差が小さい下位5問は、1-(4)、2-(3)Y、3-(1)、(2)、(6)であり、すべてその差は20ポイント以内であった。設問別正答率における相関関係を調べたところ、A大生と中学生の間のPearsonの相関係数は、0.704であり、琉球大学生の場合(吉田, 2014)に類似して、両者の間には強い相関が見られた。A大生(Y)と中学生(X)の正答率の相関($Y = 0.510X + 60.7$)を図2に示す。全体として、中学生が苦手な問題をA大生も苦手とする傾向が見られた。各設問を、その正答率がA大生、中学生それぞれの平均正答率以上か未満かで4区分した。具体的には、I)正答率がA大生、中学生共に平均正答率以上の問題には、1-(1)、(3)、2-(3)X、(3)Y、2-(4)、(5)、3-(1)、(5)、4-(2)、(5)和宏、(5)望の11問、II)正答率がA大生では平均以上だが、中学生では平均より低い問題に1-(5)、2-(1)、4-(1)、(3)、(4)、(6)の6問、III)正答率がA大生、中学生共に平均正答率より低い問題に1-(2)、(6)、2-(2)、(6)、3-(2)、(3)、(4)の7問、IV)正答率がA大生では平均より低く、中学生では平均以上の問題に1-(4)、3-(6)の2問がそれぞれ分類された。地学領域の6問中、3-(2)、(3)、(4)の3問がIII類に、3-(6)がIV類に属

表2 A大生、中学生の設問別正答率とその差

問題番号	類型	領域	観点	形式	正答率(%)		
					A大生	中学生	差
1-(1)	A	生	知・理	短	100.0	56.8	43.2
1-(2)	B	生	思・表	記	75.0	38.5	36.5
1-(3)	A	生	知・理	選	100.0	70.8	29.2
1-(4)	B	生	思・表	選	81.3	66.6	14.7
1-(5)	B	生	思・表	選	93.8	43.3	50.5
1-(6)	B	生	思・表	短	68.8	35.1	33.7
2-(1)	A	物	技	短	93.8	45.4	48.4
2-(2)	B	物	思・表	記	62.5	7.8	54.7
2-(3)X	B	物	思・表	短	100.0	55.5	44.5
2-(3)Y	B	物	思・表	短	100.0	84.8	15.2
2-(4)	B	物	思・表	選	100.0	72.9	27.1
2-(5)	B	物	思・表	記	87.5	60.0	27.5
2-(6)	A	物	知・理	短	56.3	11.5	44.8
3-(1)	A	地	技	選	100.0	87.3	12.7
3-(2)	B	地	思・表	選	43.8	31.5	12.3
3-(3)	B	地	思・表	記	75.0	11.3	63.7
3-(4)	B	地	思・表	選	81.3	49.6	31.7
3-(5)	A	地	知・理	選	100.0	62.9	37.1
3-(6)	A	地	技	短	81.3	74.4	6.8
4-(1)	A	化	技	短	93.8	52.0	41.8
4-(2)	B	化	思・表	選	93.8	62.6	31.2
4-(3)	A	物	知・理	短	87.5	38.6	48.9
4-(4)	B	化	思・表	記	100.0	48.3	51.7
4-(5)和宏	A	化	知・理	選	100.0	72.8	27.2
4-(5)望	B	化	思・表	選	93.8	69.5	24.3
4-(6)	B	化	思・表	選	100.0	45.5	54.5
平均					87.0	52.1	34.9

網掛け部、下線部は、それぞれ正答率差上位、下位5問

している。一方、III、IV類に属する化学の問題はなかった。III類に分類された地学の問題3-(2)のA大生の正答率43.8%は、唯一50%を下回り、設問中で最も低い。また、物理の問題2-(2)、(6)は、A大生、中学生共に苦手な問題であることが示唆される。A大生で平均正答率を下回った9問中1-(2)、(6)、2-(2)、(6)、3-(2)、(3)の6問は、琉球大学生も平均正答率を下回った(吉田, 2014)。以下では、各類型の代表的な問題についてA大生の解答傾向を分析し、この大学生の学力の特徴を整理して、その背景について考察する。

IV. 考察

1. 各類型の主な問題の解答分析

I類の問題2-3(Y)は、A大生、中学生共に正答率が高い問題である。豆電球とLEDの消費電力の比較から、省エネ効果を考察し、LED電球の方が、白熱電球よりも省エネ効果が「高い(大きい、優れている)」ことを答える問題で、正答率はA大生100%、中学生84.8%と非常に高い。本調査の結果分析(国立教育政策研究所, 2012)からも指摘されているが、実験結果を日常の事例に適用して、消費電力から省エネ効果の優劣を判断する能力は、中学生からA大生に至るまで十分備わっていると言える。

II類の問題4-(4)は、正答率がA大生では100%と高く、中学生では48.3%と低い。「いくらでも食塩水を濃くできるわけではない」という他者の考えの科学的根拠として、「物質の溶解度には限界があり、それ以上溶質を加えても溶け残ること(飽和状態となること)」を答える問題である。半数以上の中学生が上記の根拠を説明する

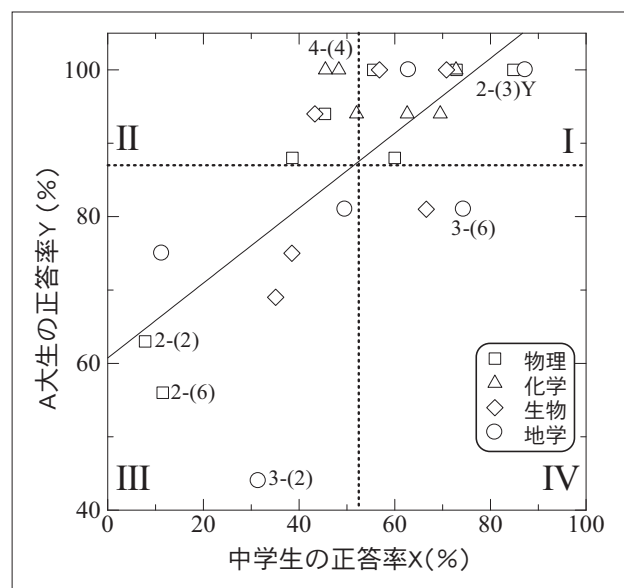


図2. A大生と中学生の設問別正答数の相関
縦横の点線はそれぞれ中学生、A大生の平均正答率、実線は両者の相関直線、本稿で取り扱う問題には問題番号を付している

能力に課題があると指摘されているが（文部科学省，国立教育政策研究所，2012），A大生は，この能力を既に習得していると言える。

図3に示すⅢ類の問題3-(2)は，正答率がA大生，中学生共に低い。観察地の図と観察結果から地層の広がり方について分析して解釈し，この地層が「ウ 東より西」の方が低くなっていることを答える問題である。A大生の正答率は43.8%（7人）と半数に満たず，中学生の31.5%からの正答率差も12.3ポイントと小さい。「エ 西より東」の誤答が，中学生32.0%，A大生50%（8人）と共に最も多く，両者で同じ誤解をする傾向が見られた。「ア 北より南」と誤答したA大生は1人だった。問題文と図から，観察地の地層を奥行も含めて空間的に正しくイメージできると，例えば露頭c以外の露頭に共通して見られる凝灰岩層が紙面奥（東）から手前（西）に向かって下がっていること，つまり「ウ 東より西」の方が低くなっていることが分かる。A大生と中学生に共通して，「ア，イ」よりも「エ」の誤答が多いことから，紙面上で地層の状態を平面的（左右）にイメージできても，奥行きを含めて立体的に地層の傾きをイメージすることに課題があると言える。

問題2-(2)は，抵抗の直列および並列つなぎに関する知識に基づいて，「豆電球とLEDに同じ電圧を加えるために（それらを）並列につなぐ」という正しい実験方法を説明する物理領域の問題である。中学生の正答率は7.8%と極めて低く，A大生の正答率62.5%は問題3-(2)，2-(6)に次いで低い。A大生では，「同じ電流を流すために並列につないで」の誤答が31%（5人）と最も多く，中学生も同類の誤答が58.4%と最も多い。このことから，中学生に限らず，並列接続した各抵抗に等しい電圧が加わることを正しく理解せず，むしろ並列接続した各抵抗

に等しい電流が流れると誤解しているA大生も多いと予想される。また，電流と電圧の物理的意味を混同して誤解している可能性もある。以上のことから，A大生においても，抵抗の接続方法と電圧，電流の関係を正しく理解し，その知識を活用して妥当な実験方法を検討，改善する能力に課題があると言える。

問題2-(6)は，60Wの白熱電球と9WのLED電球を各1時間の使用するとき消費する電力量の差をkJ単位で， $[(60 - 9)W \times (60 \times 60) s = 183600 J = 183.6kJ]$ と計算し，その計算式と答えを記述する問題である。中学生の正答率は11.5%と極めて低く，A大生の正答率も56.3%と問題3-(2)に次いで低い。中学生では無解答が39.7%と最も多く，A大生では無解答3人に続いて，kJに換算せずJ単位の解答，1時間を秒換算せずに時間単位で計算した解答，同様に分単位で計算した解答，その他が各1人ずつ見られた。以上のことから，A大生も中学生同様に，電力量の定義を正しく理解してエネルギーに換算することに課題があると言える。

Ⅳ類の問題3-(6)は，生物を起源とした堆積岩である石灰岩を見分ける方法として，石灰石にうすい塩酸をかけると「二酸化炭素」が発生することを答える問題である。地学領域に分類されるが化学にも関連する問題である。正答率は，中学生74.4%に対し，A大生81.3%であり，正答率差は全設問中で最も小さい。A大生の誤答は全て「水素」であった。石灰石に希塩酸を反応させると二酸化炭素が発生することは，中学校理科で学習するが，一部のA大生は，この知識を岩石の見分け方に適用できなかったと考えられる。

2. A大生の学習経験と教科専門教育の課題

一般に，中学生と大学生の間の主な学習経験の違いとして，高校での学習，大学受験，大学での専門教育があげられる。これらの学習経験が中学以降の理科の学力形成に寄与し，大学生と中学生の間の学力の違いを生じさせていると考えられる。

今回の学力調査の結果から，A大生の学力の主な特徴として，1) 中学生が苦手な問題を依然苦手とし，特に地層に関する地学の問題や電気に関する物理の問題が苦手である一方，化学は比較的得意であること，2) 記述して説明する能力が中学生よりも大きく向上している可能性があること等が示唆された。

特徴1)については，高校での履修科目や大学での教科専門教育が主に影響していると考えられる。質問紙調査の結果，高校理科の履修科目については，「I」「II」を付した両科目共に，化学，物理，生物，地学の順で履修者が多く，回答した12名全員が「化学I」を，そのうち11名が「化学II」まで履修していた。一方，「地学I」を履修したのは1名のみで，「地学II」まで履修した

その後，露頭の観察を行いました。図3は，図1の矢印で示した向きに観察したそれぞれの露頭の様子を表したものです。

図3

二人は観察した結果をもとに，次のように考察しました。

考察1 観察した露頭の様子から，これらの地層は **C** の方が低くなっています。

(2) 上の彩さんの考察の **C** に入る正しいものを，下のアからエまでの中から1つ選びなさい。

ア 北より南 イ 南より北 ウ 東より西 エ 西より東

図3. A大生，中学生共に低正答率の問題3-(2)

学生はいなかった。また、地学の基礎的内容を一部含む「理科総合B」を履修した学生は2名で、物理、化学の基礎的内容で構成される「理科総合A」を履修した8名に比べて少なかった。このことから、この計3名を除く9名のA大生は、高校の理科の授業で地学を学ぶ機会が全くなかったと言える。今回の学力調査でのA大生の正答率は、地学が最も低く、大学在学中である現在、地学が一番得意と回答したA大生は0人だった。

表3は、A大生の教科専門教育のカリキュラムを示したものである。入学直後の1年前期には、「物理学の基礎」など高校までの基礎的内容を補う基礎科目4科目（各1単位）が開講されている。しかし、これらの科目は教員免許の取得や卒業要件に該当しない自由選択科目であるため、履修者は一部の希望者のみである。その後、必修科目として1年後期に「中等理科」4領域の講義（各1単位）と「地学実験Ⅰ（含野外実習）・Ⅱ」（各1単位）を、2年前期に「物理学Ⅰ」、「生物学Ⅰ」の各講義（各2単位）と「化学実験Ⅰ・Ⅱ」（各1単位）を履修する。今回の学力調査時点（2年前期末まで）の履修済必修科目の単位数は、物理、化学、生物、地学とも各3単位であり、領域間で大きな偏りはない。一方、物理で重要な電磁気学の内容は、「中等理科」で簡単に触れられた後、その後は3年後期の「物理学Ⅱ」まで学習場がない。地学では、「中等理科」は天体に関する内容のみで、化石や地層について詳しく学ぶ「地学Ⅰ」は履修途中、野外の地層を詳しく観察する「地学巡検」は履修前であった。現行のA大学の中学校理科教員養成における教育課程で

は、科目や単位数の面では4領域が概ね均等に編成されている。しかし、授業の内容面では、中学校理科の指導に必須の内容を全て網羅することが難しいことが、後述する教員配置の状況や授業担当教員へのインタビュー調査の結果から示唆される。A大学学校教育学部の理科教員養成課程では、物理・化学・生物・地学の各領域を専門とする専任教員が3名ずつ計12名配置されている。例えば地学では、岩石学、古生物学および地球生物学をそれぞれ専門とする教員であるため、気象学や天文学について深い指導ができない。生物では、動物に関する細胞生物学、進化生態学、動物行動学をそれぞれ専門とする教員であるため、植物について詳しい専任教員はいない。天体分野と植物分野については、それぞれ非常勤講師が担当する「中等理科（地学分野）」と「生物学Ⅰ」の中で指導している。

インタビュー調査で得られた専門科目授業担当教員の回答を表4に示す。中等理科（物理、化学、生物の各分野）を担当する教員A、B、Cの3名は、授業時数の制約により中学、高校の全内容を網羅することは難しいと指摘している。「中等理科（物理分野）」、「物理学Ⅰ」を担当する教員Aは、学生の数学的素養が不十分であると感じており、その補強を課題としている。「生物学Ⅰ」を担当する教員Dは、学生は学習した花のつくりの知識を他の植物に適用して理解しようとするのが苦手だと感じている。「地学実験Ⅰ・Ⅱ」の担当教員E、Fは、高校で地学を履修した学生がほとんどいない現状や授業時数の制約を踏まえて、地層に対する観察眼を十分に養うこ

表3 A大生の教科専門教育のカリキュラム（科目名と主な授業内容）

学年	学期	教科に関する科目 [単位数] (網掛け科目: 全員必修科目, *: 非常勤講師担当科目)			
		物理学分野	化学分野	生物学分野	地学分野
1年	前期	物理学の基礎[1]	化学の基礎[1]	生物学の基礎[1]	地学の基礎[1]
	後期	中等理科(物理)[1] 音・光、力、電気、磁気、熱・エネルギー	中等理科(化学)[1] 相変化、溶液、電気化学	中等理科(生物学)[1] 遺伝、生殖、発生、恒常性	*中等理科(地学)[1] 天体(太陽・地球・月) 地学実験Ⅰ(含野外実習)[1] 岩石調査、観察 地学実験Ⅱ [1] 薄片試料作製と顕微鏡観察
2年	前期	物理学Ⅰ [2] 力学	化学実験Ⅰ [1] 実験法、電気分解、中和熱 化学実験Ⅱ [1] 有機反応	*生物学Ⅰ [2] 植物学、遺伝、生殖	
	後期	物理学実験Ⅰ [1] 実験法、V-I特性、波の干渉 物理学実験Ⅱ [1] 熱・光学・力学的各測定	化学Ⅰ [2] 基礎化学、無機化学		地学Ⅰ [2] 古生物学(化石、地層)
3年	前期			生物学実験Ⅰ [1] 顕微鏡用法、動植物観察 生物学実験Ⅱ [1] 微生物観察、呼吸、光合成、酵素反応	地学Ⅱ [2] 学生の希望に基づく内容
	後期	物理学Ⅱ [2] 電磁気学	化学Ⅱ [2] 有機化学	生物学Ⅱ [2] 進化学、生態学	地学巡検(集中)[1] 地層野外観察
4年	前期	物理学Ⅲ [2] 熱力学、統計力学		生物学Ⅲ [2] 動物行動学	地学Ⅲ [2] 気象、物質循環
	後期		化学Ⅲ [2] 物理化学		

とができていないと指摘している。

A大生、中学生共に正答率が低かった地学の問題3 – (2)においては、地層を空間的に正しく認識する必要があり、野外で実際の地層を観察した経験量が大きく影響すると考えられる。一般に中学校では、地理、安全上の理由や授業時数の制約等により、理科の授業で地層の野外観察を行うことは難しい。A大生は、「地学実験 I (含野外実習)」で大学周辺の地層観察を行っているが、担当教員が指摘したように実際の地層を野外で観察する経験は依然乏しく、地層を立体的に認識する能力は未熟だと言える。

以上の考察から、A大学の教科専門教育は、高校ではほとんど学習していない地学の内容を重点的に補ったり、苦手とする物理の電気分野を克服したりできる構成とは言い難い。A大生が地層や電気の問題を苦手とすることには、このような背景が影響していると推察される。

学力調査後に実施した「自身の理科の学力について感じる事」について問う質問紙調査で得られた学生の回答を表5に示す。回答した学生全員が、自身の学力について何らかの課題を感じていると言える。例えば、学生 e, f, g, j は、程度の差はあるが理科に関する知識や学力の不足を自省している。学生 d は、高校で未履修の科目に関する学習の必要性を感じ、学生 k は領域による学力の偏りを感じている。また、学生 c, h, l は、高校段階までの知識や学力が大学在学中に低下していることを不安に感じている。以上の結果から、専門科目授業担当教員の指摘だけでなく、学生自身も理科の学力、特に各領域の知識の習得や定着に関して課題を感じていると考えられる。

記述して説明する能力が中学生よりも高い可能性に関しては、大学でのレポート作成の経験が影響していると考えられる。各学生は既修の「地学実験 I・II」及び「化学実験 I・II」において、実験テーマ毎にレポートを作成している。特に、「化学実験 I」では、教員 B の回答 (表 4) にあるように、担当教員が対面式でレポート指導を行っており、学力調査時点で履修中の「物理学実験 I」でも、繰り返しレポートを修正、再提出させる添削指導を行っている。このため、このA大生は中学生よりも実験方法、結果および考察を記述して説明すると

表 5 学力調査後に実施した「自身の理科の学力について感じる事」を問う質問紙調査に対するA大生の回答

学生	回答内容 (自由記述)
a	このままの学力では教員になれないと思う。理科の知識でも他の学生に比べてまだまだ負けていると思う部分があるから。
b	専門科目である理科の成績が一番悪い。内容が難しいということも理由として考えられるが、もう少し理科の先生になるという自覚をもって、勉強しなければならないと思う。
c	高校までの知識をアウトプットすることが減ったため、抜けていっているように感じる。
d	高校では2科目しかやっていないけど、大学では4科目全部やらなといけなくて勉強しないとと思う。
e	専門的な知識がほとんどない。
f	知識が少ない。
g	自分の学力の低さを感じている。微分法を用いた実験のデータ算出や物化生地に関する単純な知識量も持つべき力には到底及んでいないと考えている。
h	授業、実験が終わると、知識がどんどん抜け落ちていく。計算問題はできると思うが、原理を言葉で説明することがその場でばつとできるとは思えない。
i	知識面はともかく、理科における思考面はそれなりにしているはずである (うまく表現することに難があるが…)
j	広い範囲の知識が欲しい。 浅い内容でないと広い範囲を学習できない。
k	(領域によって) 偏りがあるなあと思う。
l	高校卒業時の学力が最も高かったように感じる。

表 4 教科専門科目担当教員に対するインタビュー調査の結果

授業科目 [担当教員]	担当教員の回答 (要約)
中等理科 (物理分野) [A]	抵抗の接続や電力量の計算など (設問 ④) はできて当然で特段取りあげてはいない。中学校の内容が定着していることを前提に、エネルギー分野の単元に沿って説明している。学生は数学的な素養があまり身に付いていないので、最低限必要な数学の基礎をまず押さえ、計算は少なくして概念的な話を中心に話している。例えば電気分野なら、クーロンの法則とガウスの法則、オームの法則とキルヒホッフの法則など、法則の関連性を重視している。1単位分 (約7回) しか授業がないので、高校の内容まで含めて網羅するのは難しい。
中等理科 (化学分野) [B]	高校レベル+αの化学を想定している。この問題 (設問 ④) の内容を特に意識してはやっていない。学生は高校であまり実験をしていない感じなので、できるだけ毎回演示実験を取り入れるようにはしているが、そうすると各内容に触れる時間はなかなか確保できない。学生が苦手と感じるのは、%濃度やモル濃度などの濃度換算や溶解度の温度変化、例えば再結晶で析出する溶質量などの計算。
中等理科 (生物分野) [C]	この問題 (設問 ④) に関しては、植物のつくりについて簡単な花式図に触れている。あとは減数分裂や重複受精などに触れている。できるだけ基本的な内容を網羅するようにはしているが、時間と教員の専門分野の制約でできない内容も多い。今の生物関係の授業で抜けてしまっているのは免疫に関する内容。今の内容で時間的には精一杯。授業で全てカバーするのは不可能、それよりも学生が自分で学習するのを促すことが大事。
物理学 I [A]	簡単な微積分や微分方程式にも触れている。慣性・粘性抵抗、ケプラーの法則や角運動量も説明する。重点を置いているのは、エネルギーが中学校でも内容の柱となっているので、仕事とエネルギー、保存力とポテンシャルエネルギーなど、エネルギーをあらわに扱う項目。講義形式で進めているが、問題演習の時間を毎回とっている。本来は学生が自主的に演習に取り組むべきだが、数学的素養が身に付いていないので、期末試験前にも問題演習の時間を確保している。例年 15~16 人程度が履修するが、十分理解できているのは 2~3 人程度。
生物学 I [D]	この問題 (設問 ④) に関しては、第 4~6 週の「植物の組織と器官」の中で花のつくりについて簡単に触れているが、扱うのはアブラナなど典型的なものだけ。学生を見てみると、学習した種についてはだいたいわかっているが、少し違うものや例外的なものは理解できていない。
化学実験 I [B]	実験の内容は主に電気分解と中和熱測定。重視してやっているのはレポート指導。学生と対面式でグループ別にレポートの添削を行っている。はじめのうちは、学生はなかなかレポートを書けないが、対面式で添削を繰り返すうちに、少しずつだが論理的に書けるようになる感じがする。
地学実験 I (野外実習) 地学実験 II [E, F]	学生の状況はこの問題 (設問 ④) に直接つながるレベル (地層の傾斜や重なり) には至っていない。地学を高校で履修している学生がほとんどいないから仕方がない。大学周辺で地層観察をさせるが、できて 1, 2 回。詳細な観察ができるようにするには時間が全然足りないのが現状。自分が地図上でどこにいるか、よくわかっていない学生も多いので、まずは地形図の見方や方位磁針の使い方から教えている。少し詳しく見られるのは 3 年後期の地学巡検ぐらい。こちらは 1 泊 2 日ぐらいの集中講義で野外観察に行く。

いう経験を重ねている。また、実験科目以外でも、大学生がレポートを作成する機会が多い。この学習経験を通して、A大生は記述して説明する能力が中学生よりも大きく向上している可能性が高いと考えられる。

V. まとめと今後の課題・展望

全国学力・学習状況調査の問題を用いて、理科を専修とするA大生の学力調査を試行した。本稿では、その調査結果および学生、専門科目担当教員の意見等に基づいて、A大生の学力の特徴が高校や大学での学習経験に関係する可能性を指摘し、A大学の理科の専門教育が抱える課題について考察した。今後はより計画的に学力調査を継続実施して十分な被験者数を確保し、統計的に信ぴょう性の高い情報を得ることが必要である。

今回評価した学力が、教師の指導力の基盤になると仮定すると、中学校理科の内容を不備なく指導できる教師を養成するには、大学での教科専門教育の内容を改善する必要がある。平成27年度から、高校生の多くが基礎の附した理科の科目を3科目履修して大学に進学している。物理基礎、化学基礎、生物基礎を履修して、地学を一切学ばないのであれば、高校での地学の学習経験不足は解消されない。一方、大学で中・高一種の理科の教員免許を取得するには、教科に関する科目20単位以上が必修だが、各領域当たり最低5単位、科目数では各3科目程度でしかない。予算の制約上、非常勤講師を含めて教員数を増やすことは難しく、これより大幅に授業数を増やすことは教員の大幅な負担なしには現実に困難である。大学4年間の専門教育で高校の未履修科目の内容を補い、さらに全領域で高い学力と優れた指導力を備えた教師を養成するためには解決すべき課題が多くある。A大学では、教員の専門分野に基づいて担当科目や授業内容を決めてきたが、今後は授業の順序や内容を教員間で協議してより系統的で不備のないものに改善することが求められる。同様の学力調査を実施した吉田(2014)も、授業数を増やすことは容易ではなく、既存科目間の連携の必要性を指摘している。今後は、例えば新入生対象に今回のような学力調査を実施し、その結果を踏まえて中学校理科の全領域を網羅する教育水準を保ちながら、学生の学力課題にも対応していくことも重要であろう。

一方、学力調査の対象を理科専修以外の大学生にも拡げ、教員志望大学生の学力を専修教科間や志望校種間で比較してより詳細に調査することも必要である。小学生の全国学力・学習状況調査の問題を用いた学力評価を、小学校教員を志望する大学生を対象に行うことを計画している。さらに、大学生が自身の学力を省察できるよう、学力調査の詳細な分析結果を個人票として各学生に返却することを計画している。大学生が自らの学力上の課題

を把握し、在学中にどのような能力を習得すべきか知ることができれば、学修意欲の向上も期待される。今後の理科教育の改善を図るためには、理科教員志望学生の学力を把握する取組を通して、学生がどのように自らの学びや資質・能力を向上しているかを全国で情報共有しながら、理科の教員養成の成果と今後の課題を明らかにすることが必要である。さらに、その調査結果を教員研修や実際の教育活動等に活用し、児童・生徒へと還元していくことが重要である。

謝辞

本調査に御協力いただいたA大学理科教育コースの学生及び教員各位に深く感謝致します。

引用文献

- 国立教育政策研究所(2012)「平成24年度 全国学力・学習状況調査解説資料 中学校 理科」, p.6.
- 正元和盛, 林英一, 田中均, 島田秀昭(2008)「教育学部2年生の理科学力調査の分析と小・中学生の理科理解度の比較」『熊本大学教育学部紀要, 自然科学』第57号, pp.1-6.
- 文部科学省・国立教育政策研究所(2012)「平成24年度 全国学力・学習状況調査【中学校】報告書」, p.19.
- 寺本貴啓(2013)「小学校理科における大学生の「活用する」力の実態の関する一考察-全国学力・学習状況調査の結果から考える教員養成のありかた-」『日本理科教育学会第63回全国大会北海道大会論文集』p.353.
- 渡邊重義(2013)「理科を学び続ける小学校教員の養成を目指して-観察・実験の体験と理科授業観の変容-」『理科の教育』第62巻, 第10号(通巻735号), pp.667-670.
- 吉田安規良(2014)「全国学力学習状況調査を利用した中学校理科教員志望の大学生の理科の学力調査-琉球大学を例に-」『理科教育学研究』第55巻, 第1号, pp.131-138.