

# 探究を通した深い学びを導く理科教師の 教材知・学習知に関する研究 2:

教員養成段階の大学生が考える教材研究と学習構想

渡 邊 重 義

## Research on teaching material knowledge and learning knowledge of science teachers for leading deep learning through inquiry 2:

Description of a study of subject-matter and lesson planning by university students in  
teacher training

Shigeyoshi Watanabe

(Received September 30, 2022)

Teaching material knowledge and learning knowledge possessed by university student during and after taking a course of Teaching Method of Secondary School Science II were investigated. After showing examples of study of subject-matter, the university students described their lesson plan. Compared to the initial stage of teacher training, they were able to design learning that incorporated learners' activities and thoughts. Next, after presenting a lesson plan, they were asked to explain the study of subject-matter to practice according to the plan. After analyzing their reports, about half of them emphasized that the teacher's deep understanding of the learning content was important as study of subject-matter. On the other hand, about 60% of them were able to explain the study of subject-matter related to learning process and methods. It was suggested that they were able to connect and explain teaching material knowledge and learning knowledge by presenting examples of study of subject-matter and lesson plan.

**Key words:** teaching material knowledge, learning knowledge, inquiry, science teacher training

### I. はじめに

探究を通した深い学びは、探究的な学びの枠組みに学習者を導くだけでは成立しない。教師が探究の対象となる自然の事象を教材として捉え、教材として必要となる知見（教材知）を熟知し、それを探究の場の設定、探究の方法、学習者への指導・支援へと反映させるような準備が必要となる。また、探究のプロセスに関係する学び方についての知見（学習知）を熟知し、教材の特性と擦り合わせるなかで、適した学習方法を取り入れた授業構想を行う必要がある。探究的な学びでは、最終的には学習者が主体的に進めていくことを目指すことになるが、自立した探究的な学びは、教師が意図的に教育課程を構想し、学習者が探究の方法や探究の構造について段階的に学ぶことで成立する。

探究的な学びをプロデュースするための理科教師の

資質・能力は、教員養成と教員研修を通して育成される（図1）。教員養成では、理科教育の理論と実践について学ぶことになるが、その初期段階では小・中・高校で受けてきた理科学習の経験が、大学生の理科の授業観や学習観に強く影響していると推察される。

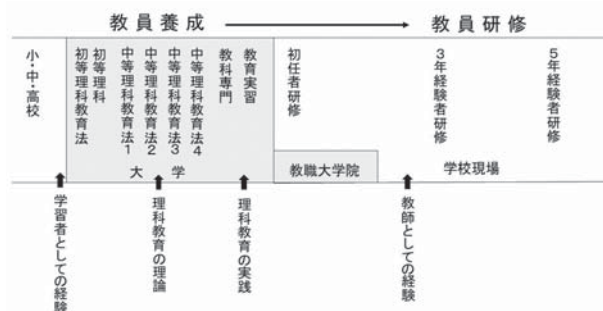


図1 理科の教員養成から教員研修への展開

渡邊（2021）は、理科の内容・教材に関する知識を「教材知」、理科の学習に関する知識を「学習知」

と定義し、理科教員にとって必要な資質・能力に関連させて、教員養成の初期段階における大学生 (n=162) の「教材知」「学習知」について実態調査を行った。その結果、約 60% の大学生が「教師が説明して生徒が理解する」という授業観をもっていること、「教材」「学習」「探究」という用語は資質・能力の説明においてほとんど用いられないことを明らかにした。この結果は、大学生が児童・生徒であったときの経験が反映したものと見なされる。また、教員養成として講義を受講し、学習についての理論を学んだ段階では、直前に学んだ用語を用いて学習者が主体的に学ぶ方法を説明することはできていたが、その「学習知」を「教材知」に結び付けるような視点をもつ大学生は稀であった。そこで、渡邊 (2022) は、教員養成において講義の受講がさらに進化した段階において、具体的な教材についての学習を題材とした場合の「教材知」「学習知」について調査を行った。「水圧」「浮力」の学習を成立させるために必要となる教材に関する知識について説明を求めた結果、大学生 (n=51) は①「水圧」「浮力」についての基本的な知識 (63%)、②「水圧」「浮力」が関係する日常の事象や場面に関する知識 (55%)、③「水圧」「浮力」に関する学習のつながりに関する知識 (31%)、④「水圧」「浮力」を学習するための教材の準備/教具の使用法/実験方法の適切性に関する知識 (24%) を記述し、その中には課題設定の工夫や生徒の疑問や意見の予想など「学習知」につながる記載も見られるようになった。

そこで本研究では、教員養成における理科教育に関する学びがさらに進化した段階において、具体的な学習構想や教材研究に関する大学生の説明の記述を分析して、「教材知」「学習知」の変容を明らかにした。

## II. 研究の方法

熊本大学において開講されている中等理科教育法Ⅱ (授業は筆者が 15 回中の 13 回を担当) の 2021 年度の受講者 57 名 (教育学部: 14 名, 理学部: 43 名) を調査対象とした。教育学部の受講生の大半は中学校教員養成課程の大学生であるが、小学校教員養成課程の学生で中学校や高等学校の理科の免許取得を希望する大学生も含まれている。理学部の受講生は、中学校または高等学校の理科の教員免許の取得を希望する大学生である。中等理科教育法Ⅱは 2 学年の後期に開講している科目で、受講者は 2 学年の前期に中等理科教育法Ⅰを受講している。

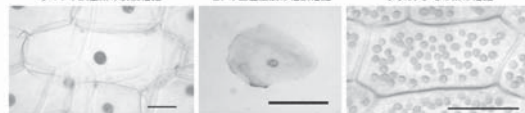
中等理科教育法Ⅱは理科教育の概論を取り扱った中等理科教育法Ⅰを発展させて、理科教育実践について教材論および学習論の観点から理解を深め、教材研究

や授業構想に関する技術を習得することを目標としている。15 回の講義の前半は理科の各領域 (物理/化学/生物/地学) の教材研究をテーマにして、その視点と方法を解説している。後半は理科の授業設計のプロセスに沿って理科学習を構想するときの視点と方法を解説し、学習指導案の作成へと展開させている。2021 年度の中理科教育法Ⅱは新型コロナウイルス感染症対策のため、遠隔授業 (オンデマンド型) で実施した。受講生は e ラーニングで授業資料を視聴し、授業内容に関する課題に取り組み、その解答やレポートをオンラインで提出した。

第 7 回の講義 (生物の教材研究 1) は、「どのように学習の文脈をつくるのか?」というサブテーマを掲げて、中学 2 年「生物の体と細胞」の学習展開を考案するための教材研究を取り上げている (図 2)。講義の終了後、「タマネギの鱗片葉、ヒトの口腔上皮の粘膜、オオカナダモの葉の 3 種類の細胞を観察した後、あなたはどのように結果から考察の学習を行いますか、今回の講義で取り上げた視点を生かしながら、あなたの考える学習の展開を説明しなさい」という課題を提示し、オンライン入力による解答を求めた。

細胞の観察では、比較することが鍵になります。

タマネギ鱗片葉の表皮細胞      ヒトの口腔上皮の粘膜細胞      オオカナダモの葉の細胞



これらの細胞を観察して、スケッチで記録して終了ではありません。その特徴を言葉で表現する必要があります。→ 何が特徴かは比べることで見えてきます。

オオカナダモの葉を染色液 (酢酸オルセン) で染めると、核があることはわかりますが、葉緑体はわかりにくくなります。

あなたは上記のような細胞を観察して、どのような構造を見つけることができますか?

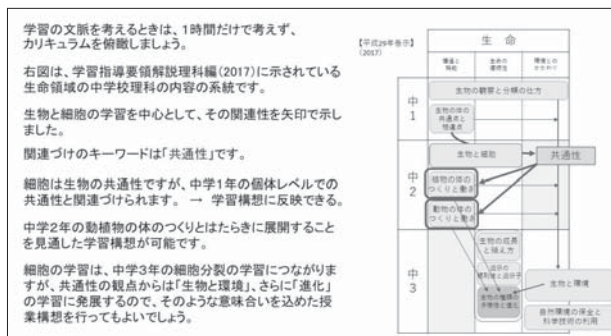


図 2 第 7 回 (生物の教材研究 1) の講義の提示資料の一部

中等理科教育法Ⅱの最終回の講義である第 15 回では、理科の学習指導案の作成方法を解説している (図 3)。講義の終了後に中学 3 年「化学変化とイオン」の学習指導案を提示し、「この学習指導案を作成するため、および指導案に沿って実践するために必要な教材研究の内容を説明しなさい」という課題を提示し、レ

ポートで解答の提出を求めた。



図3 第15回(学習指導案の作成)の講義の提示資料の一部

第7回の教材研究に関連させた学習展開についての記述から「学習知」の視点を、第15回の学習指導案の展開に沿った実践のための教材研究についての記述から「教材知」の視点を抽出し、それぞれの特徴を分析した。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 観察結果を考察するための学習構想

中学2年「生物の体と細胞」の学習において、3種類の細胞を観察した後の結果から考察の展開について大学生に説明を求めた。解答があった52名(教育学部:14名, 理学部:38名)の説明は、平均270字(最多:1,307字, 最小:35字)で記述されていた。記述内容を分析した結果、学習構想についての説明は、学習の捉え方の違いによって以下の3種類に分類することができた。

##### ①学習者の活動や思考の流れが提示された記述

細胞を観察した結果を考察する展開の説明なので、学習者を主語とした学習活動や思考の流れが記述されることが期待された。解答例1は、明記されていないが、「生徒」が主語になるよう説明であり、「スケッチする」「観察する」「表現する」「認識する」「考える」「考察する」「説明し合う」など具体的な学習活動や思考が記述されていた。解答例2では、文章は教師の行為を説明しているが、「細胞を描く」「予想する」など学習者の具体的な活動が取り上げられていた。このよう

な説明は、全体の71%(教育学部:100%, 理学部:61%)で確認された。大学生の解答の中には、生徒の主体的な学びを重視し、疑問を導くような展開を説明するものもあった(解答例3)。

##### 解答例1(教育学部)(以下、解答例の傍点は筆者による)

まず、顕微鏡で見た3種類の細胞をスケッチすることによって細胞を細部まで観察する。そのうえで、それぞれ結果を言葉で表現し、3種類の細胞の特徴や共通の構造、違いを認識する。そして、細胞の種類や細胞を採った部位の役割を考えながら、その特徴や違いの意味を個人とグループで考察してもらう。グループでは他の生徒と考察した結果を説明し合い考えを比較できるようにする。

##### 解答例2(理学部)

(略) まず、観察をする前にイラストで2つの細胞を描いてもらい、箇条書きでどのような違いがあるか予想してもらう。(略) 観察の後、予想したものと同じ用紙にイラストを描いてもらって、違いも箇条書きしてもらい、予想と結果がどう違っていたかなども確認する。(略)

##### 解答例3(理学部)

(略) 生徒が自身で特徴を見つけて欲しいので、その手助けとしてそれぞれを比較させるところから始めると良いと考える。(略) 細胞の学習が進んでいくと、我々の体は細胞の集合であることがわかる。そこで、それぞれの細胞が別々の役割を果たしているのになぜ一つの「自分」という人間を構成しているのか、そしてどこまでが「自分」であるのかという疑問を浮かべることができるようになる。(略)

##### ②教材の解説や考察の過程の説明が中心の記述

観察結果から考察の展開の説明する場合、3種類の細胞の特徴や、細胞の何と何を比較して、そこからどのような結論が導けるのかという過程が解説されていることもあった。解答例4では、「考察を立てる」と学習者が主語になる文にはなっているが、文章の前半は植物細胞の特徴、後半は考察の過程の解説になっていた。解答例5でも、「比較する」「相違点を考察する」という学習者が主語になるような表現がみられた。しかし、文章はタマネギの鱗片葉の表皮細胞、オカナダモの葉の細胞、ヒトの口腔上皮粘膜細胞の解説と考察の過程の説明である。これらの例のように、教材解説や考察の過程の説明が中心となった記述は、全体の15%(教育学部:0%, 理学部:21%)でみられた。



## 解答例4 (理学部)

3つの細胞のうち、玉ねぎの鱗片葉とオオカナダモの葉の2つは細胞と細胞の境目がはっきりしている。この2種類に共通しているのは2つとも植物ということであり、植物は細胞の境目がはっきりしているのではないかという考察を立てることが出来る。(略)

## 解答例5 (理学部)

まずは、動物と植物という視点で三者を比較する。タマネギとオオカナダモの細胞は他の細胞と密に接しており、細長い形状をしている。それに比べ、ヒトの口腔上皮の粘膜細胞はやや丸みを帯びた形をしている。次に植物同士で相違点を考察する。タマネギ鱗片葉の表皮細胞には、光合成に必要な葉緑体が観察できなかったことから、タマネギは鱗片葉の表皮細胞で光合成を殆ど、もしくは全く行わない。(略)

## ③教師による説明や指導として記述

①のように学習活動を取り上げた説明や、②のように考察の過程の説明であっても、教師が指示したり、説明したりするような展開で授業構想を記述している例もあった。解答例6は、生徒がミクロな世界を想像しにくいという前提の中で、教師が細胞、組織、器官のつながりや物理や化学のミクロな視点との関連づけを説明するという教師主導の展開を記述していた。教材についての解釈は深められているが、それが学習者主体の学びにつながられてはいない。解答例7は、「話を展開する」という記述が繰り返し用いられていて、教師が説明して生徒が理解するという授業観が維持されていることが示唆された。このような教師主導の授業観が表現されている説明は、全体の13% (教育学部: 0%, 理学部: 18%) でみられた。

## 解答例6 (理学部)

(略) 細胞は普段の私たちの生活では見えないミクロな世界であるので想像するのが難しい生徒も多くいると考えられるので、細胞から組織になり、器官になる流れをより分かりやすく説明する必要がある。この授業よりも先に、イオンの分野を学習している場合、物質が原子や分子の集合体であるといったミクロなものから組成されていることをリンクしながら説明してもいいと思われる。学習していなかった場合、積み木など集まることで大きなものを作る様子を再現してもいいかもしれない。

## 解答例7 (理学部)

タマネギとオオカナダモの比較から植物同士でも部位によって異なることから、組織・器官といった風に話を展開し、植物と

動物の細胞の比較から動物と植物の相違点、共通点に注目させて話を展開していく。

学習活動に注目して、大学生が説明した結果から考察までの展開を分析すると、細胞の観察結果を比較して(37%, 記述していた解答の割合)、共通点(42%)や相違点または違い(62%)から、その理由を考察する(38%)という流れで説明されていることが多かった。大学生は、課題に取り組む直前に細胞の観察を取り上げた講義資料を閲覧したと考えられるため、そこで取り上げていた「比較」「共通点・相違点」「機能と構造」の視点が解答に反映していたと推察される。しかし、学習展開の説明の詳細をみると、「考察させる上では、まずは相違点、そして共通点というような流れで考えさせる(教育学部)」のように共通点・相違点の注目する順序を考えたり、「細胞のつくりによって生物の体のつくりが異なることを知り、そこから植物、動物の体のつくりと働きという学習へと展開する(教育学部)」のように細胞の構造を生物の体の構造と機能に展開させるような流れを提示したりする例もあり、講義で扱った資料の内容を解釈して、教材の特性を学習展開に反映させている大学生もいることがわかった。また、解答例3でも示されているが、「共通性に着目して考察を行うことができるように、生徒にどこの違いを見るべきかを考えてもらおう(教育学部)」の説明には、教師が説明して理解させるのではなく、学習者が自ら考えて学ぶという授業観が現れている。教師主導の授業観が維持されていることを示す③のような説明がある一方で、学習者主体の授業観が学習構想において表現されるようになったことがわかる。

教材研究に関する学習後に、それに関する学習展開を説明させた結果、約70%の大学生は、学習者の活動や思考を取り入れた説明を行っていたが、学習活動の内容に注目すると、「表現」または「記述」(10%)、「発表」(4%)、「話し合い」(21%)のような学習者が思考した結果を表出する活動はあまり取り上げられていなかった。学習者の主体的な学びを導き、学習者の学びを評価するためには、口頭あるいは文章で考えを表現する場の設定、表現のためのツールや表現方法についての知見、対話的な学びの方法など、学習についての具体的な知識が必要になる。具体的な教材と関連づけた学習展開の説明において、「学習知」の学びを深めていくことが求められるであろう。

## 2. 学習構想を実践するための教材研究

中学3年「化学変化とイオン」の化学電池の学習を取り上げた学習指導案を大学生に提示し、この学習計画で実践を行うときに必要となる教材研究についての

説明を求めた。学習指導案は、現職の中学校教員が作成したものであり、金属板の組み合わせを亜鉛－銅からマグネシウム－亜鉛に変えることで極性についての理解を深めること、イオンモデルを使って結果の説明ができることを本時の目標にしていた。教師が独自に考案した学習展開であるため、教材研究の必要性を認識しやすい学習構想と言える。解答があった 50 名(教育学部：12 名、理学部：38 名)の説明は、平均 328 字(最多：1,439 字、最小：33 字)で記述されていた。記述内容を分析した結果、必要とを感じる教材研究の内容から、大学生の説明を以下のように分類することができた。なお、解答の説明には複数の要素が含まれているため、一つの解答が複数の分類群に属していることがある。

#### ①学習内容に関する情報収集と教師の知識理解

課題として提示した学習指導案は中学 3 年「化学変化とイオン」であるため、高等学校で理科を学び、大学の専門科目で化学を学んでいる大学生にとっては基礎的な内容に相当すると考えられる。しかし、教科書に記載された説明事項の記憶や演習問題を解くような理科の学びに馴染んでいた場合、学習指導案のような展開を具体的にイメージできない可能性がある。その希薄なイメージを明確にするために、教材研究が必要になると感じる大学生もいたのではないかと推察される。渡邊(2021)は、教員養成初期段階の大学生に対して、「浮力」を説明する自信について調査したところ、教育学部では「自信がある/少し自信がある」<「自信がない/少し自信がない」で、理学部では「自信がある/少し自信がある」>「自信がない/少し自信がない」という結果になったことを報告している。また、渡邊(2022)によると、教員養成が進行した段階の大学生に対して、「水圧」「浮力」の学習が成立するために必要な教材に関する知識を調査した結果、大学生が解答した知識は「水圧」「浮力」に関する基本的な知識：63%、「水圧」「浮力」が関係する日常の事象に関する知識：55%、「水圧」「浮力」に関する学習のつながりに関する知識：31%、「水圧」「浮力」を学習するための教材・教具・実験方法に関する知識：24%であった。

本研究の調査では、教師が化学変化、イオン、化学電池等に関する基本的な情報を収集すること、それらに関する理解を深めておくことが教材研究として必要と解答した大学生は 54% (教育学部：33%、理学部 61%)であった。本研究の調査対象は、渡邊(2022)の調査対象と同じであり、渡邊(2021)の調査対象とも重なっている。教員養成の講義の受講段階、学習内容の領域(物理領域/化学領域)、調査における質問の方法が異なるため単純な比較はできないが、「水

圧」「浮力」について教育学部では説明に自信がない大学生が多く、理学部では説明に自信がある大学生が多かったにも関わらず、「化学電池」の学習については理学部の大学生の方が、学習内容をよく理解するための教材研究が必要と解答する割合が高かった。その理由として、理学部の大学生には教師が説明するという授業観があつて、間違つたことは言えない、あるいはわかりやすく説明しなければいけないという意識が強かつたのではないかと推察される。

解答例 8 は、理解が必要と考えた項目を列記したものであり、学習指導案で取り上げた化学電池の学習に関連した項目が抽出されている。金属のイオン化傾向やイオンのモデルを用いた説明など学習指導案が扱った学習内容だけに限定されず、関連する知識を広く取り上げている点が特徴的である。解答例 9 は、上述した「教師が説明するという授業観」が現れている記述である。授業で取り上げる事象について、教師が深く理解することは必要であるが、それが学習者に対する説明だけではなく、学習者自身が理由を考えるための指導・支援に必要と考えるように、大学生の授業観を変容させる必要がある。解答例 10 は、教材研究の対象として教科書を取り上げている。教科書の展開を学習のひな形とするような授業観が垣間見えるが、内容の理解だけでなく、目標や課題の設定について確認する必要があると記述している点は、後述する学習展開や学習方法に関連させた教材研究に相当する。

---

#### 解答例 8 (教育学部)

水溶液と電流、水溶液の中で起こる化学変化、イオンと原子の成り立ち、電解質の水溶液の中の金属板と電流、電池の中で起こる変化についての知識や仕組みを研究し理解する必要がある。(略)

---

---

#### 解答例 9 (理学部)

化学電池についての学習を深めておく必要がある。その際に、Mg-Zn や Mg-Cu の化学電池はどちらが陰極でどちらが陽極かどうか、またそれはなぜなのかを生徒たちに説明できるように押さえておくべきである。イオン化傾向について、生徒たちに説明できるように理解を深める必要がある。

---

---

#### 解答例 10 (理学部)

教科書にてこの学習指導案で扱おうとする単元がどのように扱われているか確認する必要がある。具体的には教科書の構成や、目標、課題の設定の仕方、具体的な例や実験の内容などである。

---

## ②観察実験に関する教材研究

提示した学習指導案には、マグネシウムと亜鉛を電極に用いた化学電池の実験が取り上げられているが、詳しい実験方法などの情報は記述されていない。化学電池の実験は使用する教具や薬品、実験方法が複雑ではないため、どのような実験が行われているのかをイメージすることは容易であったと考えられる。しかし、銅と亜鉛の組み合わせではなく、マグネシウムと亜鉛の電極を用いた実験は一般的ではないため、大学生の半数以上（全体 52%，教育学部：92%，理学部：39%）が学習指導案で提示された実験に関する教材研究が必要と考えていた。

解答例 11 は、実験の器具や方法だけでなく、実験の目的や予想・考察など、実験を学習の流れの中で捉えて必要な教材研究を考えることができています。観察実験に関する教材研究が技能面だけに限定されない見解は、「教材知」の幅広い捉え方につながる。解答例 12 では、予備実験から教材研究が始まっている。中等理科教育法Ⅱでは、教材研究に関する導入の授業において予備実験の重要性を解説している。また、マグネシウムと亜鉛の電極を組み合わせたときの反応は教師にとっても未知であるため、解答例 12 を記述した大学生は予備実験を重視したのではないかと考えられる。解答例 13 も予備実験を取り上げているが、学習者の立場で実験を吟味すること、授業時間を考えたときの実験に要する時間を検討することを指摘している点は、学習展開と授業実践を結び付けてイメージできていることを示唆する。

## 解答例 11（理学部）

この学習では実験を行うため、用いる器具や実験方法、目的や予想、考察、何に注目して行うのかについてなどの実験の教材研究が主になってくると考えられる。（略）

## 解答例 12（理学部）

まず Mg-Cu、Zn-Cu の組み合わせの化学電池をつくり、実際に電流を流してみる。次に、Mg と Zn を用いた化学電池をつくり、実際に電流を流してみる。（略）

## 解答例 13（教育学部）

実験を先に一度行っておき、実験が危険ではないか、生徒が行っても簡単に成功できるかどうか、指導案に記載してある時間内で余裕を持って終わるかどうかを確認する。（略）

## ③授業構想や学習方法に関連させた教材研究

大学生の教材知の調査において、学習指導案を提示して、学習構想と授業実践に必要な教材研究を質問したため、大学生の多くが授業構想や学習方法と関連させて教材研究を記述することができていた（全体 64%，教育学部：83%，理学部：58%）。

解答例 14 は、教材研究を理科教育の目標と関連づけた記述であり、本時の目標を達成するために授業構想が行われるという流れを把握した説明になっている。学習指導案の作成を取り上げた講義のあとのレポートであったため、授業構想の方略が教材研究に関連づけて説明された例とも見なされる。解答例 15 も授業構想と関連させた記述であり、学ぶことを焦点化するとき、教材と照らし合わせて学習する知識の取捨選択を行うという点は、教材研究についての見解が広がっていることを示す。

## 解答例 14（理学部）

（略）教材研究では子どもたちにどのようなことを考えさせ、どのような力（関心意欲態度、思考や表現、知識理解、実験的技能など）を身に付けさせたいのかを、生徒を中心に考えていくことが必要である。（略）

## 解答例 15（教育学部）

生徒にとってどの知識を教えるべきなのかを取捨選択し、この授業を通して生徒にどのようなことを学んで欲しいのかというのを教材と照らし合わせながら明確化する。（略）

解答例 16 は、内容に関する学習者の理解度を評価し、それを元にして学習者の疑問や個人差への対応を行うような教材研究を取り上げている。この例のように、解答の記述中に「生徒」という用語を用いていた大学生は 62%であり、生徒が主語になる学習展開の説明や、生徒の学びを指導・支援するための教材研究の必要性を記述することができるようになっていた。

## 解答例 16（理学部）

単元の内容に対する理解度を事前に確認テストや前時での生徒の反応から測り、想定される疑問や学習が苦手な生徒が理解しやすい振り返りの内容を用意しておく。（略）

提示した学習指導案は、生徒が微視的な視点からイオンのモデルを使用して化学電池の極性を説明できることを目標とした授業展開を示している。学習指導案を読み解いた大学生は、「微視的」「イオン」「モデル」という用語を用いて、教材研究の内容を説明していた。解答例 17 は目に見えない粒子が関係する現象である



ために、イオン化傾向の違いを視覚的に確認するための教材研究の必要性について言及している。解答例 18 では、粒子モデルを用いた図をグループで用いて学び合うことで、学習者が微視的な視点から化学電池のしくみを理解できることが述べられている。教材研究として、学習者の表現方法に着目できていることがわかる。さらに解答例 19 では、教材研究の対象として、学習者が結果を記録するための表が取り上げられ、考察の学習展開を具体化するなかでイオン模型の使用が検討されている。学習の文脈の中で教材研究を考えることで、教材についての見方が広がっていることが示唆される。

---

#### 解答例 17 (教育学部)

(略) また、イオン化傾向を視覚的に確認できるようにするための教材研究が必要である。(略)

---

---

#### 解答例 18 (理学部)

(略) 加えて、教材の中で電子やイオンといった粒子を使用した図は、各班で考察し結果を発表する際に粒子モデルによる図を描くことができ、微視的な視点からそのしくみを理解できるようになるために役立つ。

---

---

#### 解答例 19 (教育学部)

(略) このように実践した実験とその結果を整理するために、生徒が金属板の組み合わせと判明した極性、測定した数値を書き込む表を作成したり、考察のイオン模型を準備したりすることが求められる。

---

#### ④教材開発を取り入れた教材研究

学習の目標を達成するため、教師が教材を独自に開発することも教材研究の一つである。教材開発では、教科書等に記載していない材料の使用、教具の作製、オリジナルな実験方法の考案などが行われるが、教材や学習に対する教師の理解が深まらないと、教材開発の視点と方法を明確にすることは容易ではない。教員養成段階の大学生にとっては、教科書に記載されているような標準的な学習展開をひな形として、それを実践につなげるための教材研究や学習構想を考えることに終始することが多いであろう。本研究における調査では、学習指導案で学習展開が示されているため、教材開発的な視点が記述されていた解答は少なく、全体の 18% (教育学部: 33%, 理学部: 13%) であった。教材開発の内容は、実験の動画を撮影した教材、ワークシートや情報提示用のスライド作成などであったが、意見共有をするための教具や方法に関する教材開

発 (解答例 20) や、学習指導案では提示されていない電流計を用いた方法の提案 (回答例 21) もあった。

---

#### 解答例 20 (理学部)

(略) 付箋を使って班員個人の意見を集める、あらかじめ図を描いたミニホワイトボードに書き込むなど、どのような形態で個人または班の意見を共有するのかを考える。

---

---

#### 解答例 21 (理学部)

(略) これには、例えば電流計を用いる方法がある。電流計を導線につなぐことによって、数値として電流を計るほか、電流の向きを確かめるためにも利用することができる。(略)

---

以上の①～④の教材研究の内容は、教員養成学部のである教育学部と、開放制の教員養成を行っている理学部の両方の大学生に共通してみられるものであったが、解答した大学生の割合で比べると差が確認された。前述したように①の教材研究については、理学部の大学生の方がより多く記述していた。②③④については、教育学部の大学生の方が理学部の大学生よりも記述した割合が高かった。教育学部では主として小・中学校の教員を目指す大学生が多く、理学部では高等学校理科のみの免許の取得を希望する大学生が多いことが、このような違いの原因になっていると推察される。また、教職や教科教育については共通の科目が提供されているが、初等教育に関連した科目を履修することもある教員養成に特化したカリキュラムと、教科専門については理学部の科目の読み替えもあるような教員養成が付加されるカリキュラムとの違いが影響している可能性もある。

#### IV. おわりに

本研究では、中等理科教育法Ⅱを履修中および履修後の大学生の「教材知」「学習知」を調べた。教材研究の視点と方法を履修中の大学生に対して、その教材研究の具体例を示したあとで学習展開の構想を説明させた結果、教員養成の初期の段階に比べると、学習者の学習活動や思考を取り入れた学習展開を記述できるようになっていた。また、講義で取り上げた教材研究の視点を学習展開に取り入れることもできていた。しかし、学習者の思考の活性化や表出に関する具体的な方策を指摘できている大学生は稀であった。学習指導案の作成方法を履修した後の大学生に対して、学習指導案で具体的な学習展開を提示したあとに、その学習展開で授業を構想・実践するために必要な教材研究の説明を求めた結果、約半数の大学生は教師が学習内容

について深く理解することを教材研究として重視していた。その一方で、約 60%の大学生は、授業構想や学習方法に関連づけた教材研究を説明できるようにになっていた。

本研究における調査では、教材と学習を関連づけて学習展開や教材研究を説明することを促している。その記述から「教材知」「学習知」を抽出することを試みているが、具体的な教材研究や学習指導案を提示することによって、「教材知」と「学習知」が結び付くような大学生の説明を引き出すことができたのではないかと推察される。学習展開での説明では、「生徒」が主語になって「比較する」「認識する」「考察する」等の学習の行為が記述されている例が多かった。教材研究の説明では、学習目標を達成するため、あるいは学習者の理解を導くための教材研究や教材開発を記述することができていた。しかし、教師主導の授業観が維持されていること示すような解答もあったため、「教材知」や「学習知」の偏りが懸念される。特に学習者の表現（考えの表出）や交流（考えの練り上げ）に関する「学習知」については、学習の文脈において「表現」「交流」の意義を理解し、具体的な方策について学ぶ必要があると考えられる。

萩原と平賀（2011）は、長期間の学校現場への参加が、大学生の能力観の多様化や深化につながったことを指摘している。本研究の結果は、座学として理論的な講義を受講したときの大学生の「教材知」「学習知」を調査したもので、教育実習等で授業を担当する経験をしたあとの「教材知」「学習知」についてさらに調査を行う必要がある。磯崎ら（2007）は、中学校理科教師の教材化に関する知識を Shulman（1987）が提示した教材化の過程に沿って分析し、①準備過程、②表象過程、③選択過程、④適合、仕立て過程のうち、②～④で「生徒の学習状況の把握」と「教授方略の選択」が行われていることを指摘している。学習者の学びの評価は、実際に学習者に対峙して必要性を実感するものであり、その観点が「教材知」「学習知」に影響を及ぼすことが予想される。大学生が意図的に授業構想と教材化を行うなかで、「教材知」「学習知」がどのように活用され、具体化されるのかを分析する必要がある。さらに「深い学び」を目指した探究を導くためには、理科の学習を探究として計画し、実践する必要がある。中学校学習指導要領解説理科編（文部科学

省 2018）には探究の過程のイメージが示されているが、問題解決学習との違いは明瞭ではなく、探究的な学びとしての真髄を理解するのは容易ではない。また、土佐（2017）が中学校理科教員に対して実施した調査結果によると、日本の教員は米国の教員に比べて授業中、生徒の探究的な活動を助けたり、質問に答えたりすることを躊躇する傾向にあることが指摘されている。探究的な学びの実現に必要な「教材知」「学習知」だけでなく、教師の探究的な学びについての理解や、探究に対する態度についても検証しなければならない。

## 付 記

本研究は、日本理科教育学会第 72 回全国大会（旭川大会）の口頭発表が基になった報告である。また、本研究は科学研究費助成事業「探究を通した深い学びのための理科教師の教材知と学習知に関する研究」（課題番号 20K03233）の助成を受けて実施した。

## 文 献

- 萩原彰，平賀伸夫（2011）理科教師の能力についての大学生の考え方の変容に関する研究，理科教育学研究，52(2)，47-54.
- 磯崎哲夫，米田典生，中條和光，磯崎尚子，平野俊英，丹沢哲郎（2007）教師のもつ教材化の知識に関する理論的・実証的研究－中学校理科教師の場合－，科学教育研究，31(4)，195-209.
- 文部科学省（2018）中学校学習指導要領解説理科編，学校図書，p.9.
- Shulman, L.S.（1987）Knowledge and teaching: Foundations of the new reform, Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.
- 土佐幸子（2017）日本の中学校理科授業は米国の授業よりも探究的か？－中学校理科教員の意識調査の日米比較－，理科教育学研究，58(1)，41-53.
- 渡邊重義（2021）探究を通した深い学びを導く理科教師の教材知・学習知に関する研究 1：教員養成における大学生の実態調査，熊本大学教育学部紀要，第 70 号，229-236.
- 渡邊重義（2022）探究を通した深い学びのための理科教師の教材知と学習知 2－理科教員を目指す学生が求める教材についての知識－，一般社団法人日本理科教育学会九州支部大会発表論文集，第 48 巻，9-12.