

# 小学校教員養成における理科指導の授業設計と実践（1）

— 小学校教員を志望する学生を対象とした「素朴概念」の実態調査 —

## A Science Class Designed for Improving Students in an Elementary School Teacher Training Course (1)

-Research on the Native Concept of Students in an Elementary School Teacher Training Course-

鹿江宏明・鈴木盛久

Hiroaki KANOE and Morihisa SUZUKI

キーワード：理科 I・素朴概念・小学校教員養成・科学教育・理科教育

### 1. 目的

小学校理科における学習において、児童が学習前から保持している科学的に精緻化されていない知識や概念、見方・考え方などの「素朴概念」を指導者が把握することは、理科授業を立案する上で極めて重要である。一般に、これらの概念は頑強・堅固であり、その後の理科学習において学習者が納得し、誤った知識や概念の修正を自ら図らない限り、理科学習後も残ったり、予期しない方法で影響したりするといわれている。このように、小学生が生活経験から獲得している知識や概念は、理科授業で科学的な概念を構築し思考力を高めていく上で無視することができない。

特に、これらの既有知識や概念について小学校教員を志す学生に把握させ、児童が無理なく納得できる理科学習を立案・指導できるようにすることは、教員養成における重要な責務である。一方、小学校教員を志す学生自身が、小学校の頃に獲得していた素朴概念を現在も保持し、そのことが理科教育における教員養成に支障を及ぼしていることも堀ほか（1998）により報告されている。

本研究は、小学校教員養成における理科教育指導のあり方について、授業モデルを立案し実践することを目的としている。初年次となる本稿では、これら素朴概念について堀ほか（1998）が小学生を対象に実施した調査事例と先行研究をもとに、小学校教員を志す学生にも同様の調査を実施し、両者の結果を比較検討すること、及び、学生自身が現在も保持している素朴概念を明らかにし、理科教育指導の改善を図る視点を明らかにすることを研究の目的としている。

### 2. 方法

#### 調査対象及び調査方法

比治山大学現代文化学部子ども発達教育学科の専門科目「理科 I」を履修する学生 57 名（2 年次生、男 29 名、女 28 名）を調査対象者とし、2014 年 7 月 4 日（金）、及び 7 月 11 日（金）（欠席 3 名）の 2 回に分け、授業中に実施した。調査に際しては、調査内容、目的、及びデータの取り扱いについて説明した上で、履修学生に協力を依頼した。

#### 質問紙の構成

本研究では、堀（1998）が提案している調査項目と選択肢を用いて実施した。各項目は物理・化学・生物・地学の各分野 2～4 項目から構成し、次に示す問 1～問 10 の内容を調査対象とした。

- (1) 物理分野 問 1：乾電池と豆電球の接続（6 件法、自由記述）、問 2：気体の温度と粒子（6 件法、自由記述）、問 3：ブランコの周期（7 件法、自由記述）

- (2) 化学分野 問 4:水溶液の溶質粒子の大きさ(6 件法, 自由記述), 問 5:ろうそくの燃焼(4 件法, 自由記述)
- (3) 生物分野 問 6:カブトムシの胸(7 件法, 自由記述), 問 7:メダカの発生(5 件法, 自由記述), 問 8:植物の生長と質量(5 件法, 自由記述)
- (4) 地学分野 問 9:流水のはたらき(7 件法, 自由記述), 問 10:月の満ち欠け(6 件法, 自由記述)

### 3. 結果と考察

本研究では, 対象学生から得られた回答について, 堀(1998)による小学生を対象とした調査結果と比較することにより, 検討を試みた。

#### (1) 物理分野

##### 問 1: 乾電池と豆電球の接続

図 1 のように, 乾電池と豆電球の接続について 6 通り提示し, 回答を求めたところ, 図 2 の結果となった。最も多い③を選択した学生が示す理由としては, 「ガラスは電気を通さないから」「豆電球が電気を通すのは一番下の部分だから」が多くみられた。堀(1998)は, 小学 3 年生が③を選択する理由として「線が豆電球の下についているから」「なんとなく」が多いと指摘している。また, 堀は国立大学教育学部小学校教員養成課程を対象とした調査結果についても示しているが, その結果は今回の調査結果とほぼ同じ傾向である。したがって, 小学校教員を志す国立大学教育学部学生と, 今回調査対象とした小学校教員を志す学生との間には, 大きな相違が見られないといえる。

本調査で大学生が③を選択した理由として, 導体・不導体などの理由が記述されているものの, 豆電球内の電流の通り道が理解されていないことは明らかである。現行の小学校理科教科書では, 図 3 のように豆電球やソケットのしく

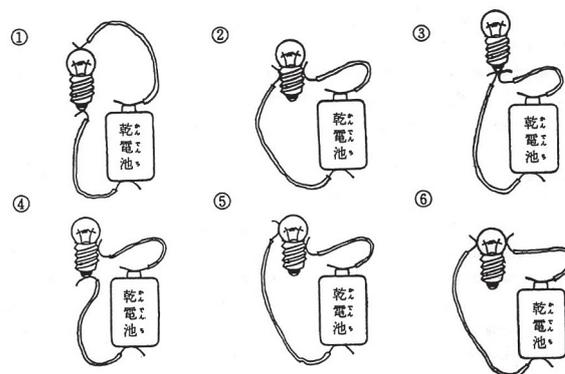


図 1 問 1: 正しい乾電池と豆電球の接続

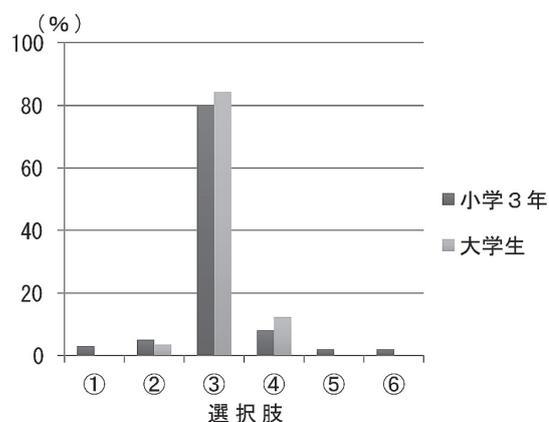


図 2 「問 1」の調査結果

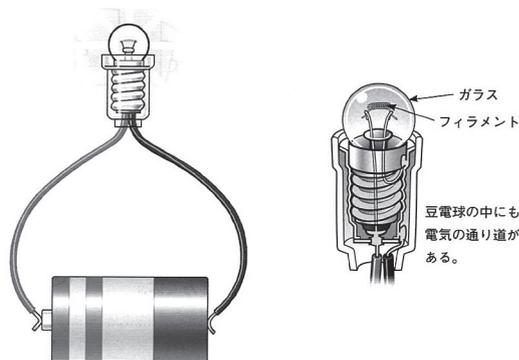


図 3 小学校理科教科書(新興出版社啓林館 3 年)における記述と学習活動



みが示され、続いてソケットを用いず豆電球、一本の導線、乾電池のみで回路を作成する学習活動が紹介されているが、本調査結果はこの活動の重要性を裏付けているともいえる。

問2：気体の温度と粒子

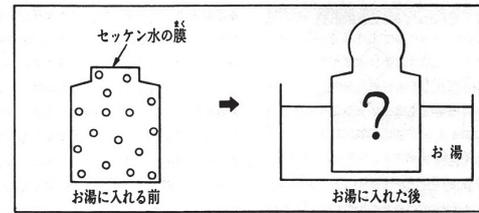
この調査項目は、1983年に実施された第2回国際理科教育調査をもとに堀（1998）が作成したものである。図4のように、空気の温度上昇による膨張を粒子でどのように説明するかについて5通り提示し、回答を求めたところ、図5の結果となった。大学生の回答は①と⑤がほぼ同じであり、①を回答した学生が選択した理由は「熱によりあたためられた空気が膨張したから」であるが、⑤を回答した学生も「熱によりあたためられた空気が膨張した」が多い。このことから、学生は空気が膨張することについて理解はしているものの、粒子モデルを用いて膨張を表現することについては正しく認識できていない学生が半数以上いる。

一方、堀（1998）が指摘する小学6年の回答としては④が最も多く、その理由として「空気はあたたかくなると上にあがる」「上にあがらないとふくらまない」など、熱による空気の上昇をあげている。大学生の回答でもこの考えは①と⑤の次に多い回答であることから、素朴概念として根強く残っていることが推測される。

問3：ブランコの周期

図6のように、ブランコの条件と周期について7通り提示し、回答を求めたところ、図7の結果となった。大学生が多く回答した④や③は、ひもの長さが短い選択肢である。また④と③ではブランコの重量が異なり、④を選択した学生理由として「ひもが短い方が速く、二人乗りの方がより早く着くため」とあることなどから、大学生は「ひもが短い」方がブランコの周期が短く、また「重量が重い」方がブランコの周期が短いと認識している。

一方、この単元を学習する前の小学4年の回答は堀（1998）によると④、③の順であることから、この単元における素朴概念は学習の前後で変容がみられず、そのまま定着している、もしくは、振り子で



お湯に入れる前のビンの中には、上の図のように小さな空気の粒が入っているとすると、シャボン玉がふくらんだ時、ビンの中の空気の粒はどんなふうになっていると思いますか？ 次の①～⑥の中から選んでください。また、それを選んだわけも答えてください。

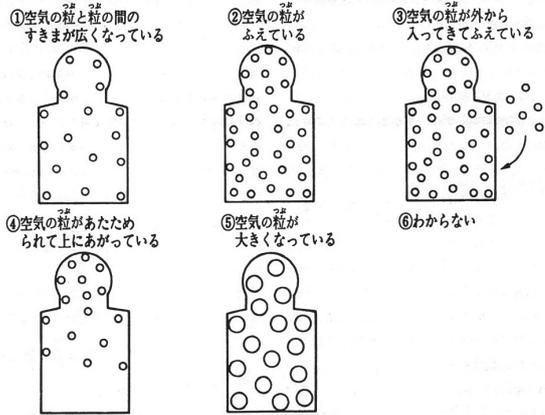


図4 問2：気体の温度と粒子

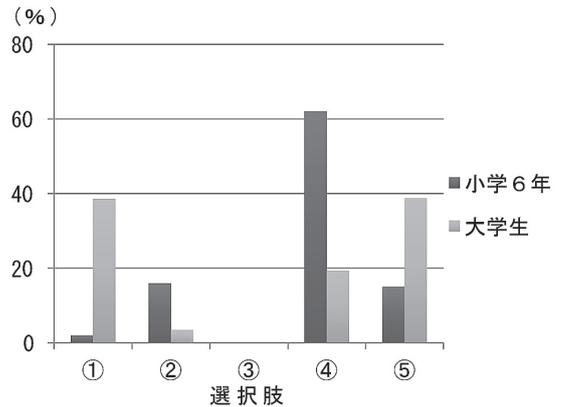


図5 「問2」の調査結果

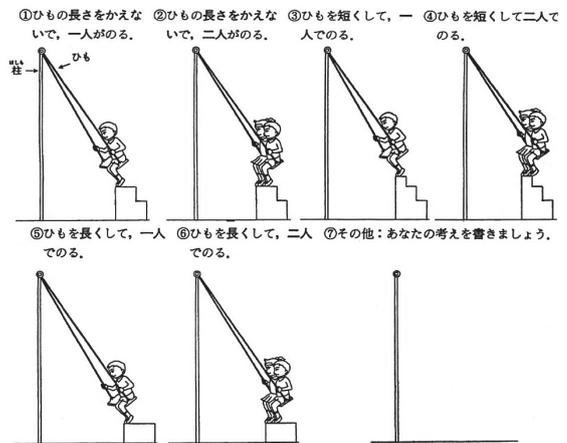


図6 問3：ブランコの周期

学習した単元の内容が、身近な生活場面である「ブランコ」に活用できていないこと、などの課題がうかがえる。

## (2) 化学分野

### 問4：水溶液の溶質粒子の大きさ

図8のように、食塩水を濾過したときの濾液について6通り提示し、回答を求めたところ、図9の結果となった。大学生が最も多く回答した⑤について、おもな理由として「ろ紙により食塩が少し減ったから」とあることなどから、水溶液中の溶質は濾過により濾紙に残ると考えていることがわかる。また、堀ら(1996)が示した小学5年の回答と比較すると、正答である③を回答したのは大学生がほとんどであることから、学習前の児童の素朴概念は「溶質の方が濾紙の目よりも大きい」と考えられる。また、②の「濾液は水だけ」と認識している大学生が2割いることや、⑤を回答する大学生も多くいることなどから、「溶質の方が濾紙の目よりも大きい」と考える素朴概念が大学生にも根強いといえる。

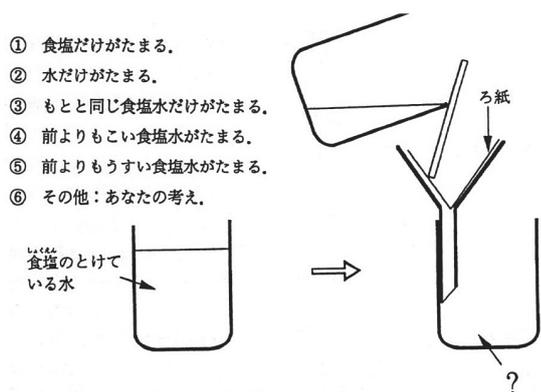


図8 問4：水溶液の溶質粒子の大きさ

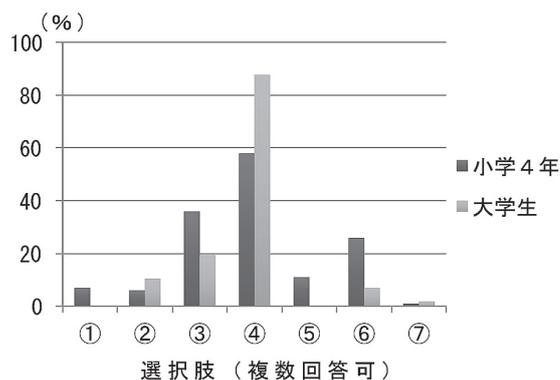


図7 「問3」の調査結果

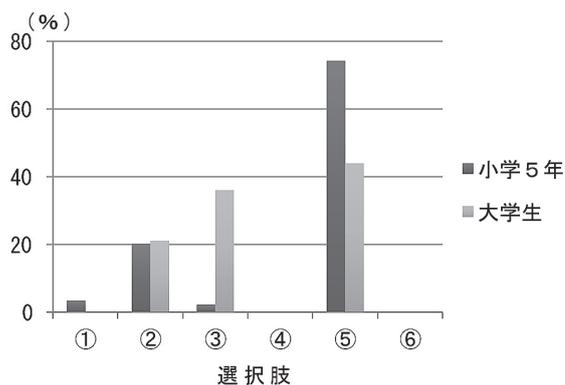
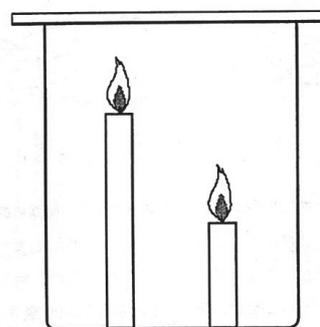


図9 「問4」の調査結果

### 問5：ろうそくの燃焼

図10のように、密閉した容器内で長いろうそくと短いろうそくを燃焼させたとき、どちらのろうそくが早く消えるかについて4通り提示し、回答を求めたところ、図11の結果となった。大学生が最も多く回答した②について、その理由に注目すると、「酸素がなくなるから」「酸素は空気とほぼ同じ重さだから」など、酸素の減少を原因として回答している。それに対し、正答の①を選択した学生は、その理由を「あたためられた二酸化炭素が上昇し、長い方のろうそくを消す」と回答している。また、③を選択した大学生は、その理由について「燃焼で発生した二酸化炭素が下方からたまるため、短い方のろ



- ① 長いほうが先に消える。
- ② 両方とも同じに消える。
- ③ 短いほうが先に消える。
- ④ どうなるかわからない。

図10 問5：ろうそくの燃焼

うそくから消える」と回答している。このことから①や③を回答した大学生は、二酸化炭素に注目していることがわかる。

この実験は、実際に小・中学校では実施されていない実験であるが、二酸化炭素や酸素の性質、及び温度による気体の密度は既習事項である。学生にとって、これらの既習事項を用いた「活用」が難しいことが、本調査項目から推察される。

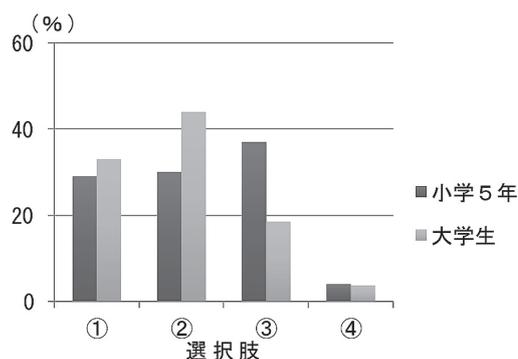


図11 「問5」の調査結果

### (3) 生物分野

#### 問6：カブトムシの胸

図12のように、カブトムシの胸について、その部位を8通り提示し、回答を求めたところ、図13の結果となった。大学生が最も多く回答した②の選択理由としては「くびれたところまでが頭で、その下に胸と腹がある」「人間と同じように各部分がある」などがあげられている。これらの理由は、堀（1998）が調査した小学校3年生が②を回答する理由とも一致しており、大学生は胸の定義である「あしが3対6本ある」ことを既習しているにもかかわらず、学習による素朴概念の変容がなく、人間の身体の区分からくるアナロジーをもとに定着させていると考えられる。

昆虫の胸部は前胸・中胸・後胸の3部に分かれているが、このことを昆虫の部位の定義に含めて学習すれば、甲虫類のからだのつくりを適切に理解しやすいと考える。また、多くの大学生が甲虫類や蝶類の幼虫に「頭・胸・腹の区別はない」と考えており、幼虫のからだのつくりについても教材として取り上げ学習させる必要があると考える。

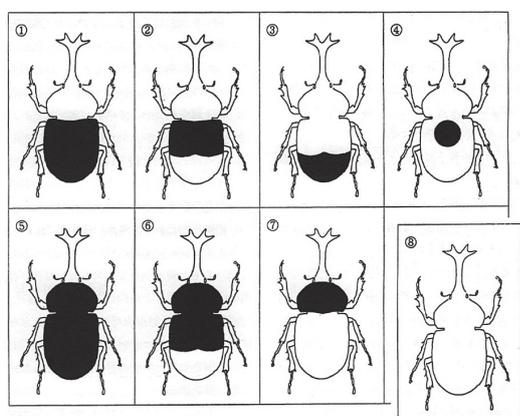


図12 問6：カブトムシの胸

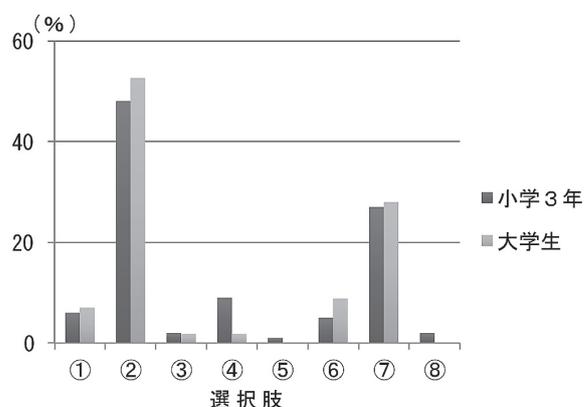


図13 「問6」の調査結果

#### 問7：メダカの発生

図14のように、メダカの発生について5通り提示し、回答を求めたところ、図15の結果となった。正答率は6割であり、他の調査項目よりも比較的高い結果となった。一方、大学生の誤答で最も多く回答があった②の選択理由としては、「メダカが生まれた後に卵の殻がなかったから」「卵全体がからだをつくるから」などがみられた。松森（1994）は、小学生が誤答としてあげる③の理由として、ヒトの発生をメダカに当てはめて「人間の子どもは一部ずつできていくからメダカもそうだと思う」と考えていると指摘している。このことから、大学生がヒトの例をもとにアナロジーを深めていることが推測される。

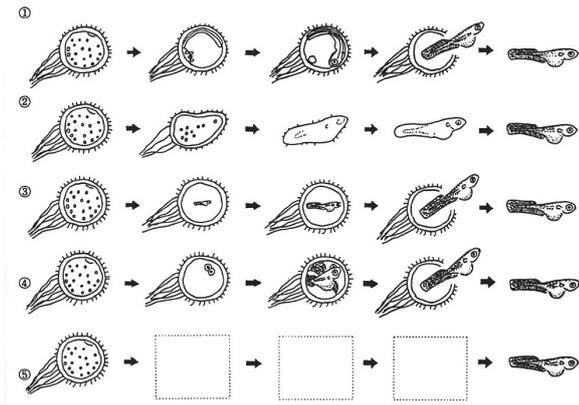


図 14 問 7 : メダカの発生

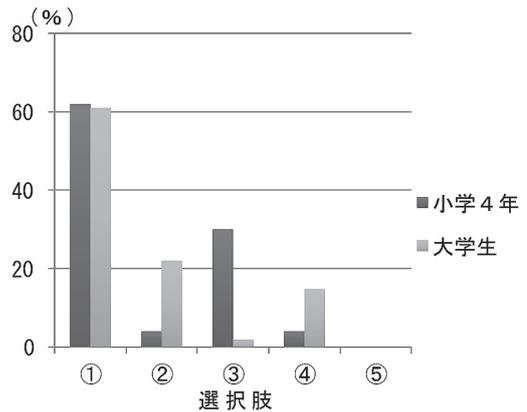


図 15 「問 7」の調査結果

問 8 : 植物の生長と質量

図 16 のように、鉢植えの植物の生長とそれに伴う全体の質量について 5 通り提示し、回答を求めたところ、図 17 の結果となった。正答率は 9 割以上であり、問題はないように感じられるが、松森ら (1996) によれば、小学校 5 年の調査でも正答率は 8 割以上である。しかしながらその理由をたずねると、視覚的な植物の生長によるものが中心であり、光合成による有機物の生産に起因すると考えていない。児童が納得する論理や思考の過程についても注目する必要がある。

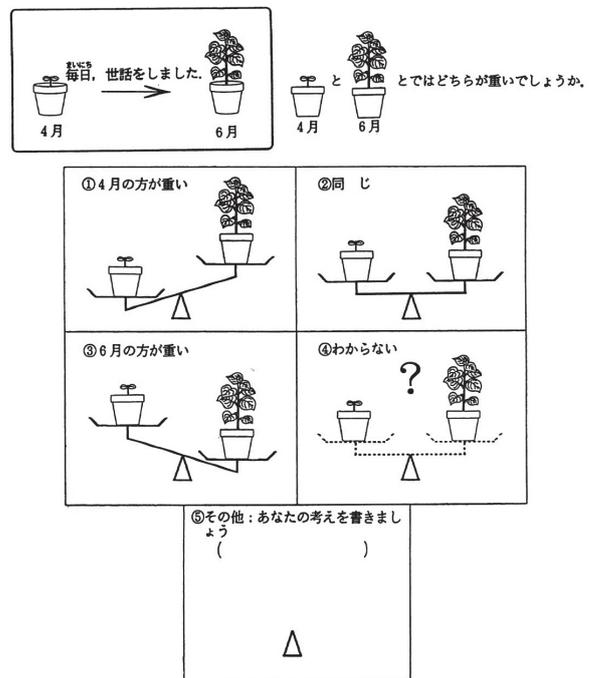


図 16 問 8 : 植物の生長と質量

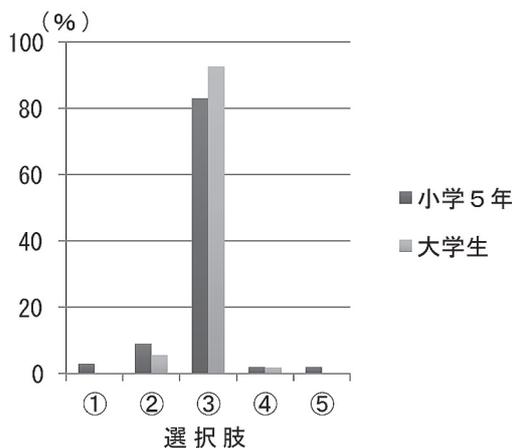


図 17 「問 8」の調査結果

(4) 地学分野

問 9 : 流水のはたらき

図 18 のように、流水のはたらきによる河床の断面について 7 通り提示し、回答を求めたところ、図 19 の結果となった。正答率は 6 割であり、他の調査項目よりも比較的高い結果となった。一方、大学生の誤答で最も多く回答があった④の選択理由としては、「曲がる内側の方が水の流れが速く、底をけずる力が大きいから」「川の外側ほど遠心力でけずられて、川幅が広がるために外側が浅い」

などがみられた。堀(1998)は小学4年で④を回答した児童の理由について、前者はトラック競技で内側の方が速いことのアナロジー、後者はイスの回転などによる遠心力のアナロジーであると指摘しているが、大学生の理由にもこれらの内容が散見される。

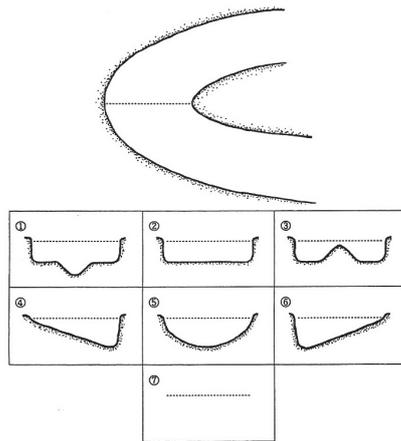


図 18 問 9：流水のはたらき

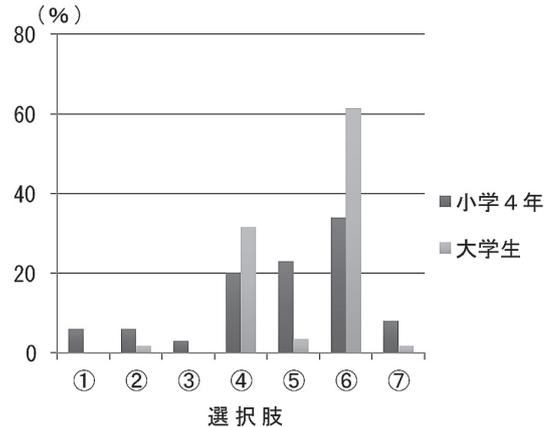


図 19 「問 9」の調査結果

問 10：月の満ち欠け

図 20 のように、三日月について反対側から見たときの様子を 6 通り提示し、回答を求めたところ、図 21 の結果となった。正答率は 46%であり、小学4年の 11%から大きく伸びている。この問題は、立体図形に当たった光の影を把握するとともに、異なる視点から立体図形を把握することが求められている。したがって、発達により伸長する空間認識力が大きく影響すると考えられる。

大学生の誤答で多かった②の選択理由としては、「どこから見ても同じ」「光が当たる角度は変わらない」など、球体に光が当たったときの反射部分と影の関係が把握できていない学生が多く見られる。

一方、小学4年生の誤答で多かった②の選択理由として松森(1996)は、「三日月は1つなので、うらから見てもかわらない」などのように、月そのものが形を変えて「三日月」になっていると指摘している。球体に当たった光の反射と影について、時間をかけた丁寧な学習が必要であるといえる。

(問題) 三日月をうらから見ると、どのように見えるでしょうか。①から⑤の中からえらびなさい。  
もし、①から⑤の中に、あなたの考えがない時は、あなたの考えを⑥に書いてください。

① 何も見えない。 	② おなじ形に見える。 
③ まわりだけが明るく見える。 	④ すこしだけ欠けた満月に見える。 
⑤ 満月に見える。 	⑥ その他 (あなたの考えを書きましょう)

図 20 問 10：月の満ち欠け

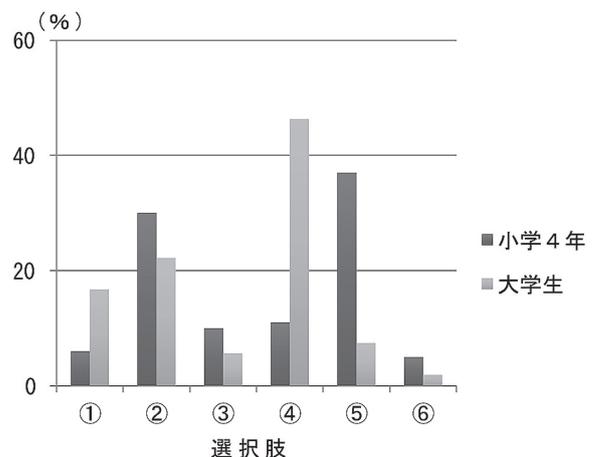


図 21 「問 10」の調査結果

#### 4. おわりに

大学生を対象とした素朴概念に関するこれまでの調査結果より、小学校教員を志望する学生がもっている素朴概念には重大な課題があることが明らかとなった。また、これらの課題は他大学の学生の結果にも同様にみられることから、学生の学力にかかわらず広く各大学で散見されることが推測される。

今回の調査結果より、学生にとって、1) これまで受けてきた理科授業により自らの素朴概念を変容させることができなかつたこと、2) その理由として、これまで受けてきた理科授業で科学的に思考し納得するまでに至らず、自然事象を「暗記」してきたこと、3) 生活経験と理科学習との関連づけが弱く、別々のものと認知してきたこと、などの背景が推測される。これらの課題について、今後調査を重ね、精緻化するとともに、学生自身が「納得」し自己の「概念」を変容・再構築できる理科授業を実践することが必要である。

小学校教員を志望する学生は、一般に高等学校で物理・化学・生物・地学の履修が少なく、ほとんどの学生が「文系」として自認している。換言すれば、理科が決して得意ではない学生であるからこそ、大学の理科授業で「なぜ理科が苦手なのか」「どうして自分の知識や概念は間違っているのか」を省察し、素朴概念に気づき変容させる学習を重ねることにより、自然科学や自然事象を自らの言葉で児童に伝えることができる教員になることが期待できると考える。

#### 引用・参考文献

- 堀 哲夫編著「問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー 素朴概念をふまえて」明治図書、1998
- 堀 哲夫・松森靖夫・兵田清彦「溶解概念の理解に関する基礎的研究」山梨大学教育学部研究報告、第二分冊、自然科学系 47, pp.57-65, 1996
- 石浦章一・鎌田正裕他「わくわく理科3」文部科学省検定教科書、新興出版社啓林館、2014
- 国立教育研究所編「第2回国際理科教育調査報告書 -国内結果の概要-」国立教育研究所紀要第111集, p.217, 1985
- 松森靖夫「授業前の子ども達が抱くメダカの発生に関する素朴概念について」日本生物教育学会、生物教育, Vol.34, No.4, pp.328-334, 1994
- 松森靖夫・堀 哲夫・城内優子「子どもが抱いている植物の成長要因に関する実証的研究」日本理科教育学会研究紀要 Vol.36, No.2, pp.33-44, 1996
- 松森靖夫「月の裏側に関する子どもの認識状態の分析」日本地学教育学会「地学教育」Vol.49, No.5, pp.177-185, 1996
- R. オズボーン・P. フライバーグ編「子ども達は科学理論をいかに構成するか -理科の学習論-」東洋館出版社, p.24, 1988
- 高野圭世・堀 哲夫・平田邦男「粒子概念の理解に関する研究 -『空気の温度による体積変化』を事例にして-」日本理科教育学会研究紀要, Vol.32, No.2, pp.91-100, 1991