

# 概念変化研究の展望

## —科学的概念の獲得を促す介入方法の検討—

教育内容開発コース 石 橋 優 美

Effects of Intervention on Conceptual Change: A Review

Yumi ISHIBASHI

Learners correlate their acquired knowledge with their daily life and construct their naive concept. Learners' naive concepts on biology, physics and other subjects have been revealed in the fields of studies on teaching and learning, and studies on science education. The interventional strategies to have learners acquire scientific conceptions have been proposed. This study reviews and organizes the published literature concerning the interventional strategies which goals are for the learners to acquire and understand various scientific conceptions. Some of the remaining tasks at their previous studies were discussed in this paper.

### 目 次

- 1 はじめに
    - A 教授・学習の分野における介入研究
    - B 理科教育の分野における介入研究
    - C 認知発達分野における介入研究
  - 2 概念変化に関する研究課題
    - A 介入によって獲得されたもの
    - B 介入方法の検討
    - C 介入過程の検討
- 引用文献

#### 1 はじめに

学習者は日常生活のなかでの様々な経験から知識を得ており、各領域での知識量は増大していく。それと同時に、それらの知識を関連づけ素朴概念を構築している。これまで生物学、物理学、天文学などの各領域に関して、子どもが形成している素朴概念や概念変化（知識の再構造化）のプロセスが明らかにされてきた（Carey, 1985；Clement, 1982；Vosniadou & Brewer, 1992）。また、教授・学習の分野や理科教育の分野では、学習者に概念変化を生じさせ、科学的概念を獲得させるための介入方法が提案されてきた。本稿では、科学的概念の獲得、理解を目的とした介入方法に関する最近の研究を概観し、整理する。そしてそれらの先

行研究に残された課題について考察する。

#### A 教授・学習の分野における介入研究

教授・学習の分野における研究の多くでは、素朴概念は誤概念ととらえられている。素朴概念とは、生活世界の中で獲得された、生活世界での出来事を説明する際に整合的に用いることができる概念である。また誤概念とは、一般的に受け入れられている科学的概念からみた「誤った」概念のことである（田中, 2008）。田中（2008）によれば、誤概念、素朴概念について「再び使用されることがないように働きかけるのが教育の目的であり、誤概念・素朴概念の保持やリバウンドは極力防ぎたいことがらである」としている。教授・学習の分野における研究では、科学的概念の獲得、理解を促すために、学習者の考えが誤っていることを提示し、それを自覚させ、正しい知識を教授するという介入方法がとられてきた（e.g., 伏見・岩崎, 1990；進藤, 1995）。しかし、それでは十分な効果がみられないことが示され、新たな方法が提案されてきた（e.g., 麻柄, 1990；田島・茂呂, 2006；高垣, 2001）。

麻柄（1990）は、子どもが日常生活のなかで獲得した知識は、計画的、体系的に学習されるわけではないため、誤ったものであることが多いとしている。学校教育ではこのような知識の存在を前提とした教授活動がされてこなかったことを課題に挙げ、学習者の誤っ

た知識を正しい知識へ組み替えるための方法を提案している。正しい知識（ルール）と学習者の誤った知識（既有知識）との間の矛盾を小さくするために、正しい知識を示すことに加え、学習者の誤った知識を適切に位置づける説明（学習者の「言い分」にも理があることを認める）を与える介入である。ここでは、生物の概念を扱い、「球根を植える植物やイモを植える植物にはたねはできない」という学習者の誤った知識を組み替えることを目的としている。大学生を対象に、学習セッションで、チューリップの品種の説明と種子植物一般に種ができることの説明が与えられる群（統制群）と、それに加えて、チューリップにたねはできるが球根を植える説明が与えられる群（実験群）を設けている。実験1において、学習セッションの一週間後に実施された事後テストでは、学習セッションで用いられたチューリップと、通常球根が植えらるヒヤシンスについては、たねができると正しく答えた大学生が実験群において統制群より多かった。しかし、イモ自体を植えるジャガイモや、アサガオなどのたねができることがわかりやすい植物については差がみられなかった。さらに、実験2において、学習セッション直後に実施された事後テストでは、チューリップについて正答者が実験群において統制群より多くみられた。また、実験1, 2において、実験群のほうが統制群よりも説明文を面白いと評定する者が多かった。ここでは、誤った知識を適切に位置づける説明が加えられると認知的葛藤（自分の知識に不整合のあることに気づくこと（波多野・稲垣, 2006））がそれほど大きくならなかったために学習が促進されたと考察している。教示で扱った植物については、日常生活の事実に基づいて学習者の疑問を解消することが、誤った知識から正しい知識へ修正するためには有効であることが示された。しかし、他の植物への般化がみられていないこと、介入前後の思考の変化過程については十分に検討されていないことが課題として残る。

田島・茂呂（2006）は、学習者が日常経験で学習する知識（日常経験知）には科学的概念と矛盾する意味をもつものも少なくないと述べている。学習者が科学的概念を教授されたあとも、日常経験知に基づいた概念（素朴概念）を主張し続けることに着目し、概念的理解に至る学習者と至らない学習者との違いを、日常経験知をどのように関連づけるのかという視点で検討している。具体的には、電気単元を学習した中学生を対象に、科学的概念（電流保存概念「電流は電池のプラス極からマイナス極に向かって流れ、途中の電球を

通過後も減少することなく、回路内を一定量で流れ続ける」）を支持する者には日常経験知（「豆電球やモーターなどで電気エネルギーを使えば電池の性能は劣化する」）に基づいた情報を、素朴概念（「電球やモーターで電流は消費され、電池のプラス極から出ていく電流よりマイナス極に帰っていく電流の方が少なくなる」）を支持する者には科学的概念に基づいた情報を提示して、その矛盾関係の解消を目指した説明を求める半構造化面接を実施している。ここでは、概念的理解の達成を、矛盾関係を解消する説明が行えることとしている。介入の結果、科学的概念を支持し、矛盾を解消した者には、論理的な解釈によって両者の矛盾情報を統合するような説明が、矛盾を解消できなかった者には、日常経験知を無視するような説明がみられた。素朴概念を支持し、矛盾を解消できなかった者には、科学的概念と日常経験知を適用する文脈を分離させるような説明がみられた。ここでは、素朴概念をもっている学習者が、提示された科学的概念をどのように扱うのかを発話内容から明らかにしている。しかし、そもそも概念的理解の達成という点で、学習者が電流保存概念を理解しているということがどのような思考状態であるかが示されておらず、矛盾の解消・不解消ということと電流保存概念を理解しているということとの関係が考察されていない。

麻柄（1990）や田島・茂呂（2006）が扱った概念は生物概念や物理概念などの理科の領域であるが、数学の概念を扱った研究には高垣（2001）がある。

高垣（2001）は、学習者のもつ日常的経験から得た概念「プリコンセプション」は、従来の教育方法では科学的概念に変容させがたいほど強固であるため、学校の授業で科学的概念が教えられる時に障害になり得るものであるとしている。そこでプリコンセプションを科学的概念に変容させるために、日常的表象のレベルにおいて両者を関連づけ、プリコンセプションと科学的概念の両者の間の認知的葛藤を解消する方法を行っている。具体的には、プリコンセプションが生じた根本である、日常的表象のレベルにおいて暗黙的に使われている経験や既有知識にはたらきかける介入である。ここでは「高さ」の概念を扱い、平面図形の高さの概念に関する内容が未習である小学校5年生を対象に、数学的な事例を用いる「図的表象」のレベルにおいて、高さのプリコンセプションを数学的な高さの概念と関連づける教授法と、身長計の高さの測り方の操作という「日常的表象」のレベルにおいて、高さのプリコンセプションを数学的な高さの概念と関連づけ

る教授法を行い、それらの比較検討を行っている。その結果、日常的表象レベルでの教授法によって、高さのプリコンセプションの変容がみられた。高さの概念が未習の学習者に、日常経験である身長計の測定方法という操作によって数学的な高さの概念を教示することの効果が、児童の高さについての表現方略の変換をみることによって示されている。しかし、ここでの教授法は一方的に実験者が児童に説明を行うというもので、教授セッションでの児童の思考過程が検討されていないため、事前から事後にかけて正答者数が増加したのは児童が教示内容を単に再生したためとも考えられる。事後で正答した者の発話事例が一部示されているが、その発話内容からも教授法の効果について疑問が残る。

以上のように、麻柄（1990）以降、誤概念、誤った素朴概念をもつ学習者に対して単に正しい科学的概念を提示するのみの介入方法では十分な概念変化や概念的理解の促進がみられないことを問題視し、科学的概念を提示することに加えて、学習者のもつ誤概念や素朴概念と、科学的概念との間の矛盾を小さくする介入が試みられてきた。

## B 理科教育の分野における介入研究

理科教育の分野においても、学習者が既習の内容について誤概念をもっていることや、その誤概念が修正されにくいことが指摘されてきた（e.g., 正田・松本, 1999; 加藤, 2006, 2007）。学習者の既存の概念をいかに科学的概念へと変化させていくかは、理科学習において重要な課題とされている（甲斐・森本, 2008）。

理科教育の実践の一つとして、科学的概念の知識体系に基づいて子どもの考え方と反する事象を示し、問題を解決する学習が行われている。このような学習において、反証事例は子どもの持っている素朴概念を科学的概念へと変容させていくうえで有効な要因の一つとされてきた。

加藤（2006）は、理科の授業において、反証事例と学習者の概念変化との関係を検討している。小学校4年生の理科「空気のかさと温度」の単元で教師が反証事例を扱うことが多い「空気の膨張」の授業において、子どもが行う反証事例実験と、子どもの科学的概念の形成との関わりを明らかにしている。具体的には、まず教師が、シャボン玉が膨らむ理由を問い、子どもは予想を立てる。その予想を確かめるために、同じ考えをもつ子どもとグループになり、実験計画を立て実施する。子どもは始めの実験結果を受けてさらに追加の

実験を行い、それらの実験結果をまとめて、空気の膨張について考えをまとめるといった授業であった。ノートの記述と音声データから、誤った素朴概念から科学的概念に変化した子どもは、予想（素朴概念）を確かめる実験結果から、自分の素朴概念に対してモニタリングを行い、そこで素朴概念と実験結果との矛盾に気づき、それを確かめる実験（反証事例実験）を行っていることを報告している。さらに、理科の指導方法として子どもがこの矛盾に気づくためには、実験活動を行う前には、子どもに自らの素朴概念と科学的概念を、実験活動中には、自らの素朴概念と反証事例の実験で得られた結果を対比させ、自分の考えを明確にさせることを提案している。ただし、実験場面における子どもの考えや教師とのやりとりについて、一部の子どもの事例を紹介しているのみである。そのため、子どもが追加の実験を行うに至る過程、素朴概念から科学的概念へ変化した過程が十分に検討されていない。また、変化の重要な要因がグループでのやりとりや教師の発言に存在していた可能性も考えられる点で、検討の余地が多く残されている。

植松（2008）は、学習者が学校の授業で教師や教科書から正しい情報を受け取ることで誤概念が修正されても、授業後の日常生活を再び経験することによって誤概念がリバウンド（復活）する危険性を指摘している。リバウンドが起こるのは、学習者にとって過去の経験や誤概念と科学的な情報が対立的に位置づいているため、いったん学習者が自分の誤りに気づき、誤概念が修正されても、再度過去の経験に関する情報に接すると誤概念のほうを正しいと思うしまうためであるとしている。そこで学習者の誤概念を修正しかつリバウンドすることを防ぐための教授方略について検討することを目的とし、学習者に過去の経験と科学的な情報の各々の妥当な範囲を明示する介入を実施している。具体的には、大学生を対象に、光合成に関する誤概念を修正することを目的とし、過去経験の妥当性を制限する情報と科学的な情報の両方が載せられた教材を読む実験群と、過去経験や誤概念の妥当性に関する情報は載せられておらず、科学的な情報のみの教材を読む統制群を設けた。その前後では、植物の光合成について正誤の判断を求めるテストと、ジャガイモの栄養の生成過程についての記述テストを実施した（事前、事後1）。さらに、事後1の後に、光合成に関する過去経験を想起させる情報を与え、事前・事後1と同じテストを再度実施した（事後2）。実験群の教材の目的は、学習者のなかで科学的情報と対立的に位置づいている



過去の経験や誤概念の妥当性を制限することであった。正誤判断テストにおいて、事前から事後1にかけて誤概念反応数が減少した者に限定した分析では、誤概念がリバウンドした者の人数は実験群のほうが統制群に比べて少なかった。また記述テストでは、統制群においてリバウンドした者が多いという結果が示されている。この教授方略によって、学習者は過去経験と科学的な情報との相対的な関係を学んだことによってリバウンドが生じなかったと推察されている。しかし、課題内容やそこでの記述例から、単に対象者が教材の内容を再生した可能性も考えられる。また、対象者が科学的な情報と自分の経験をどのように関連づけているのかについては検討されていない点で課題が残されている。

理科教育の分野において多くの研究では、学習者の素朴概念は科学的概念とは独立に形成されるものであり、学習者のもつ知識が再構造化されるためには、学習者自身が自らの素朴概念を認識すること、科学的概念との矛盾を認識することが必要であることが報告されている(e.g., 正田・松本, 1999; 加藤, 2007; 清水・山浦, 2006)。加藤(2006)や植松(2008)など理科教育の分野における介入研究は、学習者が事実と自分の考えとの矛盾に気づくこと、自分の経験や誤概念を科学的な情報に意図的に位置づけることの必要性を示唆している点で教授・学習の分野における研究(麻柄, 1990; 田島・茂呂, 2006; 高垣, 2001)と同様である。

一方で、一部の理科教育では、問題となっている現象を学習者にとって既知である日常的事象と関係づける介入を試みているものもある(e.g., 益田, 2006; 益田・森本, 2000)。

益田(2006)は、これまでの理科教育で行われてきた実験事実をみせて納得させようとする授業では、学習者が科学的概念を理解することが難しいことを指摘している。ここでは、中学校理科の単元「電流とその利用」の授業において、学習者にある科学的概念の理解を促すため、学習者の実態に基づき既有知識を用いることで科学的に類推させようとしている。電流は不可視であるが、水の流れについては直感的であるものの学習者はある程度の知識を獲得している。そこで中学生が水流モデルと電流回路をどのような類似性に基づいて類推するかに着目し、科学的な類推が行われるための方略を検討した。電流と電圧を自分なりのモデルで表現するよう求めたところ、循環する系に関係づけて電流と電圧をたどる者と、各要素を別々にたどる者がみられた。前者の中学生は後者の中学生に比

べ、電流と電圧のほかに電源の存在にも着目しており、さらに各要素の特徴だけでなく要素間の関係に基づいた類推を行いモデルを描いていた。またそのような中学生は水流モデルから電流回路を科学的に解釈していた。後者の中学生を対象に、電圧・電流・抵抗・導線・電源といった回路を構成する要素の関係に着目することを促しながら、モデルづくりを支援するコミュニケーション活動を行った結果、水流モデルから電流回路を科学的に解釈できるようになったことが報告されている。各中学生に自らが描いたモデルについて説明を求める面接調査を行っている点、各要素を別々にとらえていた中学生の理解がコミュニケーション活動によってどのように変化したかを多角的に検討している点は、理科教育の分野における他の介入研究にはほとんどみられない点である。ただし、コミュニケーション活動のどのような要因が変化をもたらしたのかについては検討されていない点で検討の余地がある。

また、藤井(2008)の実践報告では、理科の授業において、学習者が既習の知識や経験から得た知識と、新たな観察事実を関係づけ、科学的概念を獲得していく過程を授業実践のなかで見いだしている。小学校5年生の理科の単元「植物の発芽と成長」を扱った授業の中で、「何もしていないのに山の植物がよく育つのはなぜか」という課題について、子どもは、既習の知識(植物の発芽に必要な条件と成長に必要な条件)、自己の経験(山にはかげがある、モグラは土の中で穴を作ったりもぐったりする)、実際に山の土を観察した結果(山の土が湿っていた、ミミズなどがいたこと)を関係づけ、因果的に説明を行っていた。子どもが習得した知識を活用し、応用することを促す授業作りとして、子どもに生かしてほしい知識の検討、それらの知識を引き出すための教材の検討、既習知識を使って予想する力と既習知識と新たな観察事実とを関係づける力の育成の必要性を述べている。

益田(2006)の研究や藤井(2008)の実践報告は、学習者の既有知識や日常経験の積極的側面を見だし、それらを学習者の科学的概念の獲得を促すうえで有効なものであるとしている。この点で、学習者の既有知識や日常経験が科学的概念に対峙するものとしている加藤(2006)や植松(2008)の研究とは大きく異なる。

### C 認知発達分野における介入研究

認知発達の観点から、学習者が科学的概念を獲得することや理解することを促す介入を試みている研究もある。

数学領域では、Fujimura (2001) が、小学校4年生の児童を対象に、内包量などの抽象的な概念の理解を促進することを目的として、個別実験を実施している。均等分布や知覚的な混みぐあいに関する既有知識を用いて内包量を視覚的にイメージさせる介入方法を提案し、その有効性を示している。

藤村・太田 (2002) は、小学校5年生の算数の単元「単位量あたりの大きさ」の導入授業において、他者との相互作用を通じて児童の問題解決方略がどのように変化するかを明らかにしている。従来の指導法A (三段階指導法) と新たに考案された指導法B (多数の児童が既有知識を用いて解決可能な課題を設定し、児童の多様な方略を引き出し、方略間の共通点と類似点を推理させる教授介入) を行っている。授業前後に実施した内包量の課題、授業時のビデオ記録とワークシートの分析によって、指導法の効果と、児童の方略変化を検討している。ここでは、学習者が考えた多様な方略の関連を考えさせることが概念的理解の深まりに効果的であることが見いだされており、これらの知見は、知識どうしの関連づけを促す介入の重要性を示唆するものである。

Clement (2008) は、概念変化のメカニズムを明らかにするため、矛盾方略 (学習者に自分の考えと実験事実等との矛盾に気づかせる方略) や、アナロジーを使った教授法など、学習者が科学的概念を理解することを目的としたこれまでの介入方法を概観し、それらの課題をまとめている。Clement (2008) が前提としているのは、学習者の直感や考えが介入方法を提案していくうえで重要であるということである。また、学習者の説明モデルに着目し、誤概念や素朴概念がより精緻に科学的概念へと変化していく過程をモデル化している。

認知発達の観点で、学習者の概念変化、概念的理解を促す試みをしている介入研究は多くはみられない。しかし、以上の研究では、学習者の素朴概念は必ずしも誤っているものではなく、科学的概念の理解へとつながる積極的な側面があることが示されている。そして概念変化、概念的理解を促進することを目的とした介入において、学習者の知識が有効なものとしてはたらき得ることを示唆している。これらのことは、理科教育の一部の研究や実践報告 (益田, 2006; 藤井, 2008) と一致する部分である。したがって、概念変化、概念的理解の促進を試みるうえで、まず科学的概念の獲得につながる学習者の既有知識を活性化すること、それらを関連づけるはたらきかけが有効であることが推察される。

## 2 概念変化に関する研究課題

本章では前章で概観した各分野での研究を、a 素朴概念の扱い、b 介入方法、c 介入過程の検討、d 介入によって獲得されたもの、の4つの観点で整理する (Table 1)。さらに、今後の研究課題を、A 介入によって獲得されたもの、B 介入方法の検討、C 介入過程の検討、の3つの観点で検討する。なお、研究分野の整理 (Table 1) と今後の研究課題は、d とA、b とB、c とCで対応している。

### A 介入によって獲得されたもの

本稿で概観した研究は学習者の概念変化、科学的概念の獲得をめざした介入を行っている。しかし、何をもって科学的概念を獲得したとするのか、学習者の概念が変化したということを何でみるのかについては研究分野によって異なっている。

教授・学習の分野における介入研究 (e.g., 麻柄, 1990; 高垣, 2001) や理科教育の分野における介入研究 (e.g., 清水・山浦, 2006) では、事実に知識の再生や教授されたとおりに正答することを科学的概念の獲得とみなしている。また、田島・茂呂 (2006) においては、誤った素朴概念と正しい科学的概念との矛盾を解消した説明を行えることを概念的理解の達成としている。

一方で、認知発達の側では、Carey (1985) が、子どもの知識には各領域の素朴理論として構成されているものがあり、知識どうしは因果的に関連づけられ、その「因果的枠組み」から子どもの理解をとらえている。そして概念変化をとらえるとき、科学的に正しいか否かではなく、子どもの「因果的説明」に着目し、科学的概念の理解に至る過程が段階的にとらえられている (Furth, 1980)。またClement (2008) は、学習者の説明モデルは理論の核心部分に相当するとし、説明モデルの大きな変化は概念変化の最も重要な部分を意味すると述べている。

以上のことから、学習者の概念変化や概念的理解の達成を判断するうえで、学習者がアウトプットしたものが、想定している科学的概念に対して正しいか否かという正誤の観点や、知識量や説明量が増えたか否かという量的な観点や、誤概念が修正されたか否かという有無の観点では不十分であると考えられる。また、教授・学習の分野や理科教育の分野において概念変化をめざした介入研究では、自然科学の概念を扱っているものが多いが、その自然科学的な事象が生起する過

Table 1 概念変化を促すことを目的とした介入研究

研究分野 (先行研究)	a 素朴概念 の扱い	b 介入方法	c 介入過程 の検討	d 獲得された もの
<b>教授・学習</b>  麻柄, 1990; 田島・ 茂呂, 2006; 高垣, 2001など	科学的概念に対して 誤っているもの  修正されるもの	学習者の素朴概念と科 学的概念との矛盾を提 示し, 認知的葛藤を起 こす  学習者自身に自分の素 朴概念を意識させる	検討していない(麻柄, 1990; 高垣, 2001)  矛盾を解決する説明 方法のカテゴリー化 (田島・茂呂, 2006)	事実的知識  教授された知識
<b>理科教育</b>  加藤, 2006; 植松, 2008など	科学的概念に対して 誤っているもの  修正されるもの	学習者の素朴概念と科 学的概念との矛盾を提 示し, 認知的葛藤を起 こす  学習者自身に自分の素 朴概念を意識させる	授業中の部分的な発 話事例, 一部の学習者のノート 記述	事実的知識  教授された知識
藤井, 2008; 益田, 2006など	科学的概念の獲得に おいてベースとなる もの	既習の知識を根拠に新 しい事象を考えさせる  アナロジー(類推)	授業中の部分的な発 話事例, 一部の学習者のノート 記述	科学的概念
<b>認知発達</b>  Clement, 2008; Fujimura, 2001など	科学的概念の獲得に おいてベースとなる もの	既有知識の積極的側面 を発展させる	各学習者の知識どう しの関連づけに着目	科学的概念

程や因果を学習者がとらえられているかという観点で  
 みているものは多くない。

したがって、概念変化を促すことを目的とした研究  
 では、認知発達の視点を取り入れて、学習者がどのよ  
 うな因果的説明をしているのか、どのような知識を用  
 いてどのように関連づけているのか、その関連づけが  
 どのように変化したのかをみることで、学習者の科学  
 的概念の理解における変化過程を詳細にとらえるう  
 えで重要であろう。

## B 介入方法の検討

前章で述べたとおり、教授・学習の分野や多くの理  
 科教育の分野における研究では、学習者の素朴概念は  
 誤概念にとらえられている。一方で、認知発達の分野  
 での研究や理科教育の分野における一部の研究では、  
 学習者が科学的概念を理解するうえで学習者の既有知  
 識が有効なものであるとして、学習者の素朴概念の積  
 極的側面に着目している。たとえば藤村(2002)では、  
 経済学を学習していない児童が日常経験や他の教科  
 学習を通じて獲得した既有知識を用いて、経済学的  
 に適切な因果的説明を構成することが見いだされてお  
 り、子どもの既有知識が科学的概念を理解するう  
 えでのベースとなりうることを示唆されている。また、  
 学習者に新たな事象を提示する際、学習者の既有知識を

根拠に科学的概念の獲得を促進しようと試みている授  
 業実践もある(e.g., 藤井, 2008)。しかし、このよ  
 うな試みは理科教育の分野ではほとんどみられない。

理科教育の分野では、日常の現象を扱うことで学習  
 者の科学への興味関心を高めることが重視されている  
 が(e.g., 益田・森本, 2000)、日常の現象を扱うこと  
 の有効性はそれにとどまらなと考えられる。学習者の  
 概念変化、概念的理解を促すうえで、上記で述べた  
 ように目標とする科学的概念に関連する学習者の既有  
 知識を活性化することを目的として、日常的事象を用  
 いることは有効であろう。

さらに、益田(2006)の研究では、科学的概念「電  
 流回路」を構成している要素(電流、電圧など)につ  
 いての知識を個々に保持している生徒よりも、それら  
 の知識どうしを関係づけている方がその概念をより深  
 く理解していることが示されている。生徒と生徒、生  
 徒と教師のコミュニケーション場面の事例から、教師  
 は要素と要素の因果関係を問う質問をしており、知識  
 どうしの関連づけを促すことの重要性が裏づけられる。

本稿は自然科学の概念を扱う介入研究を中心に概観  
 したが、認知発達研究の視点を教授・学習の分野にお  
 ける研究に取り入れることは、理科の分野にとどまら  
 ず、学習者の概念的理解、概念変化を促す他の分野で  
 の介入研究に対しても新たな可能性を示すことにつな



がると考えられる。ここでの具体的な提案として、学習者の素朴概念の積極的側面に着目すること、学習者に因果を追究させるようなはたらきかけを行うことによって、学習者の既有知識や、それらの知識と実験・観察事実との関連づけを促すことが、概念変化、概念的理解を促すうえで有効であると考えられる。それによって、学習者がもっている知識の枠組みの再構築を促すことができるであろう。

### C 介入過程の検討

教授・学習の分野において、これまで、学習者の概念変化、概念的理解の促進を試みる多くの介入研究 (e.g., 高垣, 2001) では、介入場面における学習者の思考過程を事前と事後の成績の比較から推測している。一方で、認知発達分野における介入研究では、たとえば Fujimura (2001) は、事前、事後テストで理解の深まりを見いだすだけでなく、介入場面における児童の遂行を分析することで、理解の促進に有効であった要因を検討している。教授・学習の分野における研究では、学習者の理解を測る方法として、介入の前後に正誤問題もしくは記述式の再生課題を用いるものが多い。面接法を実施する介入でもそこでの発話を分析している研究はほとんどみられない。理科教育の分野における研究においても、事前と事後に実施した正誤問題での正答率は分析しているものの、介入場面については、授業中の部分的な発話事例と一部の子どものノート記述を報告するにとどまり、客観的な検証が行われていないという課題がある。しかし、マイクロジェネティックアプローチを用いた研究 (Siegler, 1996) や授業場面を通じた理解の深化過程を検討した研究 (藤村・太田, 2002)、学習者の説明モデルの変化を検討した研究 (Clement, 2008) では、介入を実施した際の学習者の思考過程が検討されている。それによって、学習者の思考にどのようなメカニズムで変化が起きているのかが明らかにされている。したがって、各課題での学習者の思考を発話内容や記述内容から詳細に分析し、事前から事後への変化だけではなく、介入場面と事後との関連をみる必要がある。それによって、介入による促進効果のみられた学習者とみられなかった学習者に、介入場面においてどのような思考の違いがあったのかを見いだすことができるであろう。その際、藤村 (2002) が参考になる。藤村 (2002) は、経済学領域における要因間の因果的推理の系列を明らかにするために、個別インタビューを実施し、児童の回答に対して組織的に因果関係を問う補足質問を

行っている。概念的理解もしくは概念変化を促すことを目的とした介入場面においても、学習者の回答の根拠や用いた知識の因果を明確にし、因果的説明に着目した分析を行うことは、学習者の思考の変化を引き起こした要因を見いだすことにつながると考えられる。

以上、今後に残された研究課題を A～C の 3 つの観点で検討した。これらの課題の実験的検討を通じて、学習者の素朴概念の積極的側面をベースにした概念変化、概念的理解を促す介入方法を考案し、介入場面での学習者の思考過程を検討することで、概念変化のメカニズムの解明に示唆を与えることができると推察される。

### 引用文献

- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press. (ケアリー・S. 小島康次・小林好和 (訳) (1994). 子どもは小さな科学者か: J. ピアジェ理論の再考 ミネルヴァ書房)
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Clement, J. (2008). The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change. Vosniadou, S. (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* New York: Routledge. pp.417-452.
- 藤井浩樹 (2008). 知識を活用する力を育てる理科授業づくりの課題 理科の教室, 57, 8-10.
- Fujimura, N. (2001). Facilitating children's proportional reasoning: A model of reasoning processes and effects of intervention on strategy change. *Journal of Educational Psychology*, 93, 589-603.
- 藤村宣之 (2002). 児童の経済学的思考の発達: 商品価格の決定因に関する推理 発達心理学研究, 13, 20-29.
- Furth, H. G. (1980). *The world of grown-ups: Children's conceptions of society*. New York: Elsevier North Holland. (ファース H.G. 加藤泰彦・北川歳昭 (編訳) (1988). ピアジェ理論と子どもの世界: 子どもが理解する大人の社会 北大路書房)
- 伏見陽児・岩崎哲郎 (1990). 提示事例の違いが概念の特徴再生と事例分類に及ぼす効果 教育心理学研究, 38, 405-412.
- 波多野諄余夫・稲垣佳世子 (2006). 概念変化と教授 大津由紀雄・波多野諄余夫・三宅なほみ (編) 認知科学への招待 2: 心の研究の多様性を探る 研究社 pp.95-110.
- 疋田直子・松本伸示 (1999). 理科教育における日常的理解と科学的理解とを統合する要因: 水溶液の性質に関する授業を事例として 理科教育研究, 40 (1), 1-9.
- 甲斐初美・森本信也 (2008). 意図的科学概念変換過程に関する一考察: 中学校理科植物単元を事例として 理科教育研究, 48 (3), 35-43.
- 加藤尚裕 (2006). 実験活動における反証事例と「空気の膨張」に関する概念: 小学校理科 4 年「空気のかさと温度」の学習を事例として 理科教育研究, 47 (2), 75-82.
- 加藤尚裕 (2007). 空気の膨張に関する「考えの対立」を取り入れた事例研究: 小学校第 4 学年「空気とかさ」の事例を通して 日

- 本教育学会誌, 30 (1), 19-28.
- 麻柄啓一 (1990). 誤った知識の組み替えに関する一研究 教育心理学研究, 38, 455-461.
- 益田裕充 (2006). 水流モデルから電流回路を類推する理科授業に関する研究: ベースドメインの関係とターゲットドメインの関係を類推させるコミュニケーション活動を通して 理科教育学研究, 47(1), 41-49.
- 益田裕充・森本信也 (2000). 子どものコミュニケーション活動に見るメタファーとしての科学概念理解の深まり: 中学生の分解概念理解を事例として 理科教育学研究, 41 (2), 21-29.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- 清水 誠・山浦麻紀 (2006). 考えを外化し, 話し合いをすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果: 花の働きの学習を事例に 理科教育学研究, 47(1), 35-43.
- 進藤聡彦 (1995). 誤法則を明確化する先行課題が法則の修正に及ぼす効果 教育心理学研究, 43, 266-276.
- 田島充士・茂呂雄二 (2006). 科学的概念と日常経験知間の矛盾を解消するための対話を通じた概念理解の検討. 教育心理学研究, 54, 12-24.
- 高垣マユミ (2001). 高さのプリコンセプションを変容させる教授ストラテジーの研究教育心理学研究, 49, 274-284.
- 田中俊也 (2008). 概念獲得と概念変化 日本児童研究所 (編) 児童心理学の進歩2008年版 金子書房 pp.27-55.
- 植松公威 (2008). 誤概念の修正を促しリバウンドを防ぐためのテキスト情報: 過去経験の妥当性を制限する情報の効果 科学教育研究, 32 (2), 121-129.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-583.

(指導教員 藤村宣之教授)