

2. 研究の詳細

プロジェクト名	理科教育に関する教員養成カリキュラムの開発のための基礎的研究 －義務教育段階の指導内容の最適化や構造化についての検討－		
プロジェクト期間	平成 24 年年度～平成 25 年度		
申請代表者 (所属講座等)	甲斐初美(理科教育講座)	共同研究者 (所属講座等)	坂本憲明(理科教育講座) 森藤義孝(理科教育講座)

(1)研究の目的と内容

理科教育学における今日的課題の中心は、学習者である子どもが、既存の認知構造と外部の情報とを有機的に結びつけることにより、より一貫性を持った新たな認知構造を構成していくことができるようにすることである。そのためには、どのような情報をどのような文脈で与えれば、子どもに期待する概念体系を構築させることができるのかについて、具体的な領域や内容ごとに分析していくことが求められている。

一方で、現役の大学生がこれまでに受けてきた教育課程において取り扱われていなかった内容が、2008年改訂の新教育課程には多く含まれており、彼らの指導力不足は明らかである。特に、理科の場合、旧教育課程では、学問の系統性が損なわれていたため、彼らには、断片的な知識の記憶が学習とならざるを得ない状況があったことは言うまでもない。また、理科を苦手とする現職教員の中にも、理科の学問の系統性を捉え損ねているために、子どもに提供する観察・実験や概念のような情報が断片的になってしまい、子どもにとって十分な学習が保障されていない可能性も考えられる。

このような状況下にある教員志望の本学学生に対し、横断的かつ縦断的に、各単元内容の系統性を捉えさせることは急務であるため、義務教育段階の指導内容の最適化や構造化についての検討に関する基礎的研究を蓄積することで、小・中学校理科における各単元に固有の指導方法を同定し、その成果をもとに、いずれは、本学学生向けの指導用テキストや教員養成カリキュラムの開発を行い、その検証を試みたいと考えている。また、次回の教科書の改訂や学習指導要領の改訂に対して、示唆を与えていくことも必要である。

(2)研究の方法と実施体制

まず、学習指導要領や各社の教科書に基づく分析により、義務教育段階における物理、化学、生物、地学の各領域の学習内容における課題を明らかにする。また、必要に応じて、学生の理科の指導内容に関する認識調査を行い、課題の焦点化を図る。その上で、子どもにより適切な理科学習を行わせるための指導内容の最適化や構造化について、これまでの先行研究等により検討していく。特に、現役の大学生の教育課程では取り扱われていなかったにもかかわらず、新教育課程において取り扱われるようになった内容を中心に分析を行い、その内容に関する指導レベルで必要な概念の分析と整理を行うことで、小・中学校理科における各単元に固有の具体的課題を明らかにしていく。また、より抽象度の高い概念が教育課程の早い段階に導入されたことにより、これまでの指導方法とは明らかに構造が異なるような内容については、よりスムーズに理解が図られるように、それらの導入のあり方について、共同研究者とともに、多角的に分析を行う必要がある。

さらに、これらの成果をもとに、小・中学校理科における各単元に固有の指導方法を同定し、理科授業実践を行う現場の教師や本学学生向けに、一連の研究成果をまとめて公表する。また、研究で得られた成果については、適宜、学会における口頭発表を通じて、当該分野の研究者や学校現場での実践経験を積んでいる教員から幅広く示唆を頂き、研究内容の改善につなげる。その上で、これらの報告の内容に基づき、本学の教員養成における理科の教科教育関連授業を実施したり、教育実習における学生の授業実践の指導へと反映させたりしていくことで、その範囲内の教員養成カリキュラムの開発を行っていく。

(3)研究の進捗状況と成果

研究 1 年目においては、義務教育段階における物理、化学、生物、地学の各領域の学習内容における課題を明らかにすることに主軸を置いた。具体的には、物理、化学、生物、地学の各領域で本研究対象とした単元内容は、以下の通りである。

物理領域に関しては、小学校の全学年に 1 単元ずつ配置されている電気の性質に関する学習を分析対象とした。この単元では、日常生活で使用されている「電気」という言葉の意味を徐々に「電流」という科学用語に特化させていかなければならないにもかかわらず、「電気は、作りだしたり蓄えたりすることができる」というような学習指導要領に見られる表現の下、第 6 学年に「電気の利用」の学習が挿入されているため、「電気エネルギー」との区別ができないままになっているというような単元間での問題が浮き彫りとなった¹⁾。これは、中学校第 2 学年の学習との系統性を図る上でも、齟齬をきたしていると考えられる。そこで、電流と電気エネルギーを区別するための電気エネルギー変換アナロジーを考案した¹⁾。

化学領域に関しては、小学校第 4 学年の粒子領域において、物質観を形成する上での中心的内容である固体・液体・気体の性質や状態変化について、「空気と水」、「ものの温度と体積」、「もののあたたまり方」、「水のすがた」、「水のゆくえ」の 5 つの単元を 1 年間にわたって理解させようとしている。また、これまでの先行研究では、単元内に閉じた研究が多いが、たとえば、あたためるという状況にしても、表 1 のように、それぞれの単元では異なる文脈で表現されるため、一貫した物質観を形成しにくいことや単元の順序によって、次の学習を阻害する可能性も生じるため、単元を越えて一貫性を図るような指導を検討する必要がある²⁾。また、本領域においては、取り上げられているモデルやアナロジー自体にも問題があるため³⁾、最適なモデルやアナロジーの検討も必要である。

生物領域に関しては、植物と動物の共通点や相違点を取り扱いながらも、生物について一貫した理解を行わせるような系統性が見られず、個々の情報の表面的な記憶のみしか期待できないような内容編成になっているため、学習内容の構造化は急務であると考えられる⁴⁾。また、図 1 のような学習以前の子どもの認知構造を図 2 のように変容させるために、動物概念と生物概念の拡張のために、取り扱う生物や取り上げる学習内容についての検討も必要である。特に、ヒトの体のつくりに関する内容では、モデルやアナロジーを用いて、視覚的に理解させることが有効であると考えられる。

地学領域に関しては、小学校第 6 学年に新しく導入された「月と太陽」の単元において、月の満ち欠けの概念を一貫して理解するのに必要な観察データが決定的に不足しており、月の半分が昼間に見えることや月と太陽の位置関係により月の形が決まることなどの学習の定着が不十分であることが明らかとなった⁵⁾。また、月齢カレンダーや月の早見盤を利用して、一貫した月の満ち欠けに関する概念を構築しようと試みられたが、指導が困難であり、中学校第 3 学年の天文の学習内容との内容の整合性を図る必要もある。

研究 2 年目においては、指導内容のさらなる最適化や構造化について検討を図っていくために、特に、粒子領域と生命領域におけるモデルやアナロジーの取り扱いという観点

表 1 あたためる操作状況の違い

単元	ものの温度と体積	水のすがた	もののあたたまり方
あたためる実験の状況	試験管の水をお湯で全体的に	少量のビーカーの水を火で全体的に	大量のビーカーの水を火で局部的に
捉えさせたいこと	あたためることによる液体の体積膨張	液体から気体への変化	対流によるビーカー全体のあたたまり方



図 1 小学校理科学習前の子どもの認知構造

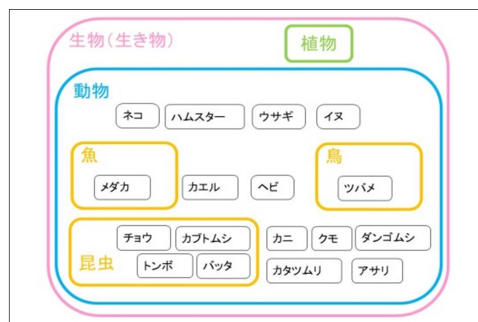


図 2 小学校理科学習後の理想的な認知構造

から、指導学生の教育実習における授業実践場面において、検証および研究成果報告を中心に行っていた。

粒子領域に関しては、小学校第4学年「ものの温度と体積」において、温度による体積変化の学習を行う際、中学校第1学年と同様に、子ども自身でモデルによって考察することが仄めかされていることを踏まえ、図3のように、四肢を可動させることができるモール人形を用いて、子どもにモデルを考えさせるような授業実践を考案した⁶⁾。ここでは、温めたときと冷やしたときの人形の色を変え、数は同じにするという制約、四肢のみを稼働できるようにしてあることで、数が増えたり、モール人形そのものが太ったり痩せたりすることができないような仕様の制約を行った上で、提示している。その結果、子どもの考えるモデルのバリエーションは制限され、分子運動論的な説明に準ずるレベルの説明(少なくともものちの学習に支障をきたさないレベルの説明)で、温度による体積変化の結果を整理していた。その上、寒いと体を丸めるイメージと結びつけるようなパフォーマンス表現も見られ、温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなるという結果を記憶するための手立てとなっていた⁷⁾。

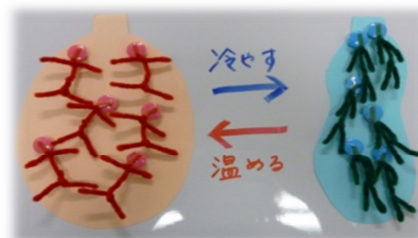


図3 温度による体積変化のモデル(実践)

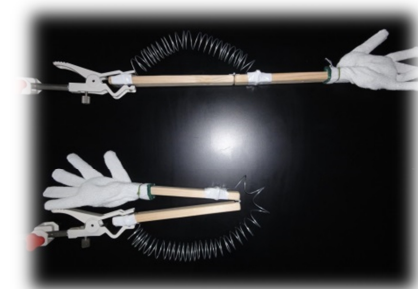


図4 骨と筋肉のモデル(実践)

生命領域においては、小学校第4学年の「骨と筋肉」において、人の体には骨や筋肉があることと、それらの働きによって体を動かすことができるということをとらえさせることが目的であり、教科書では、骨が筋肉とつながっていることで、腕の関節の曲げ伸ばしなどの運動が行えることや、腕の内側の筋肉が縮み外側の筋肉が緩むときに、腕が曲がること等を理解させようとしている。しかし、子どもたちに自分の腕を曲げ伸ばしさせながら、筋肉の様子をとらえさせようとするとき、表面の皮膚の伸び縮みに着目してしまうため、筋肉の弛緩をとらえにくい。そのため、模型が使用されることもあるが、筋肉と骨の連動による運動を表現した多くの模型は、筋肉をゴムや風船になぞらえているため、筋肉の伸張といった誤ったイメージを保持させてしまう可能性がある。そこで、図4のように、筋肉を押しばねになぞらえた模型を考案⁸⁾し、より適切な理解を促進するための指導の改善を図っていった⁹⁾。

(4)研究の今後の展望

現役の大学生がこれまでに受けてきた教育課程において取り扱われていなかった内容が、新教育課程には多く含まれており、彼らの指導力不足は明らかである。そのため、本研究の基礎的研究を蓄積することで、一部、小・中学校理科における各単元に固有の指導方法を同定し、本学の教員養成における理科の教科教育関連授業を実施したり、教育実習における学生の授業実践の指導へと反映させたりしていくことで、その範囲内の教員養成カリキュラムの開発を行ってきた。しかし、この2年間の成果は、その一部にすぎない。そこで、本研究をさらに蓄積していくことで、今後は、これらの成果をもとに、理科授業実践を行う現場の教師や本学学生向けの指導用テキストの作成を目指したい。

(5)主な学会発表及び論文等

- 1) 森藤義孝・杉本洋輔(2012年12月):「命題分析をとおした学習内容の批判的検討—小学校における電流概念を事例として—」, 日本科学教育学会(平成24年度第1回研究大会, 宮崎大学), 研究会研究報告, Vol.27, No.1, pp.123-128.
- 2) 甲斐初美(2012年12月):「義務教育段階の指導内容の最適化や構造化についての検討」, 日本科学教育学会(平成24年度第1回研究大会, 宮崎大学), 研究会研究報告, Vol.27, No.1, pp.101-104.
- 3) 甲斐初美(2013年8月):「義務教育段階における理科の指導内容の最適化に関する

研究」, 日本理科教教育学会(第 63 回全国大会, 北海道大学), 大会論文集, Vol.63, p.268.

- 4) 甲斐初美(2013 年 5 月):「小・中学校生物領域の指導内容の最適化に関する一考察」, 日本理科教教育学会(平成 25 年度九州支部大会, 長崎大学), 発表論文集, Vol.40, pp.62-63.
- 5) 坂本憲明・前田真秀(2012 年 12 月):「『月の満ち欠け』に関する学習内容の検討」, 日本科学教育学会(平成 24 年度第 1 回研究大会, 宮崎大学), 研究会研究報告, Vol.27, No.1, pp.7-10.
- 6) 甲斐初美(2013 年 12 月):「理科の指導内容の最適化に関する研究—モデルやアナロジーの取り扱いに関する考察—」, 日本科学教育学会(平成 24 年度第 2 回研究大会, 大分ホルトホール), 研究会研究報告, Vol.28, No.2, pp.1-4.
- 7) 平成 24 年 10 月に行われた, 中山知穂(福岡教育大学初等教育教員養成課程理科選修)の主免実習(福岡教育大学附属小倉小学校)における理科授業実践
- 8) 甲斐初美・中尾駿平(2014 年 1 月):「生物領域における指導内容の最適化に関する研究—小学校第 4 学年骨と筋肉の学習について—」, 日本生物教育学会(第 96 回全国大会, 筑波大学), 発表予稿集, p.60.
- 9) 平成 25 年 10 月に行われた, 中尾駿平(福岡教育大学初等教育教員養成課程理科選修)の主免実習(福岡教育大学附属福岡小学校)における理科授業実践

○本報告書は, 本学ホームページを通じて学内外に公開いたします。

○本経費により作成された成果物や資料等については, 必ず全て添付願います。

○研究テーマが 2 ヶ年計画の場合は, 本報告書を平成 25 年度審査会の判断材料の一つといたします。