

## 論文の内容の要旨

論文題目 科学的問題解決における仮説評価活動および概念形成活動を促す指導法の検討

氏名 小林 寛子

小中学校の理科授業において、学習者は、しばしば、何らかの課題を与えられ、観察・実験を通してその答えを導くよう求められる。理科の教科書を開いてみると、「実験用でこのうでがつり合うときには、どのようなきまりがあるのだろうか」、「水中で浮力はどのようにはたらいっているのだろうか」等様々な問題について、「実験しよう」、「実験結果から考えてみよう」といった指示が出されているのが目に入る。こうした授業を通じて、学習者は、「実験用でこのうでがつり合うときのきまり」や「浮力の大きさを変える要因」といった科学的知識を獲得するのみならず、解答を導くための科学的なスキルを身に付けることが期待される。これら科学的な知識やスキルは、将来日常生活において出会う様々な問いについて考えていく際にも必要とされるものである。しかしながら、理科授業で問題解決を行わせれば自動的に科学的な知識やスキルが獲得されるというものではない。成人になっても、様々な自然現象について誤った知識を持っていること、得られたデータは自らが予め抱いている仮説にとってどのような意味（確証／反証）があるのかを適切に判断することが難しく、科学的スキルが十分とは言えないことが、数多く報告されている。

こうした困難を克服し、人が様々な問題に対して科学的な手法を用いて適切に解を導いていけるよう促すためには、どのような介入が有効であろうか。本論文では、科学的問題解決の促進をテーマとし、そこに必要な科学的な知識やスキルを学習していく年代である小中学生を対象として、彼らの抱える困難を明らかにした上で、それを克服するための指導法を開発していくことを目的とした。

## 第1部 問題と目的

第1章において、心理・教育学研究の概観から、本論文では、科学的問題解決を「与えられた問題に対し、科学的な手法を用いてその解を導くこと」と定義した。この「科学的問題解決」は、「仮説の形成」、「観察・実験の計画と遂行」、「証拠の評価」の3つの過程から成り、各過程で「領域固有」と「領域一般」の2種類の知識を必要とする。なお、領域固有知識は、物理学の知識、生物学の知識等、特定の分野や状況に結び付いた知識である。領域一般知識は、特定の分野や状況を越えて使用可能な知識であり、科学的問題解決においては、仮説とは何かといった一般概念や、問題解決の手続き的知識を指す。領域一般知識に基づいて適切な活動を行えると、スキルがあると称される。

それでは、この「科学的問題解決」を促進するために、どのような知識やスキルの指導が必要なのだろうか。第2章では、科学的問題解決においては、特に「証拠の評価」を適切に遂行することが重要であるにもかかわらず、人はその過程に失敗することが多いことを指摘した。さらに、失敗の原因を以下の2つに大別した。第一に、証拠が十分で、かつ仮説の反証であったときにも仮説を棄却できない、すなわち、証拠を基に仮説を評価しようとする「仮説評価活動」が不十分であるという問題である。第二に、証拠から仮説を棄却するものの、新たな仮説を形成できない「概念形成活動」の問題である。

以上を受け、第3章では、2つの問題に対処する指導法の提案を本論文の目的とすると述べた。

## 第2部 小中学生の科学的問題解決に関する実証研究

第4章・研究1では、仮説評価活動及び概念形成活動に対する指導の実態を明らかにするために、3つの調査を行った。

調査1では、中学生に科学的問題解決に必要な活動の遂行の程度を尋ねる質問紙調査を実施して、因子分析を行い、活動を「仮説形成・評価」、「結果まとめ」、「概念形成」、「観察・実験の計画と遂行」の4カテゴリーに分類した。調査1で見出されたカテゴリーを用いて、小中学生を対象に行った調査2では、小中学生は「観察・実験の計画と遂行」、「結果まとめ」、「仮説形成・評価」、「概念形成」の順によく行っていること、また、遂行の程度は、その活動に対する教師の指導や有効性の認知と関連することを示した。さらに調査3では、小中学校教師を対象に、指導に関する自由記述調査を行った。結果、「仮説形成・評価」や「概念形成」活動は、限られた時間の中での優先順位は低いとみなされ、あまり指導されない場合があること、しかしながら、教師はそうした活動の有効性を認め、限られた時間内でも工夫して指導する必要性を認識していることが示唆された。

以上、研究1の結果から、特に「仮説形成・評価」や「概念形成」活動を促す指導法を提案する必要性が推察された。

### 第3部 仮説評価活動への介入研究

第3部では、仮説評価活動の問題に対処する指導法の提案を行った。仮説評価活動が不十分であるという問題は、(1) 活動の重要性や手続きを知らないという問題と、(2) 活動結果が不適切であるというモニターの問題に分けられる。いずれも領域に拘らず、科学的問題解決そのものに関する領域一般知識の欠如と考えられる。そこで、(1) 仮説評価活動を行う上で必要な手続きに関する知識を「仮説評価スキーマ」として概念化し、教示する、(2) 協同活動を導入し、互いの仮説評価活動をモニターさせる、という2つの要素で構成される指導法を提案した。

第5章・研究2では、心理学実験の手法を用いて、提案する指導法の効果を検討した。具体的には、中学2年生に、実験を行って法則を発見する課題に取り組みさせた。その際、教示（仮説評価スキーマ教示条件・統制条件）と探究形態（協同条件・単独条件）によって4群を構成し、その遂行を比較した。結果、仮説評価スキーマ教示と協同活動の導入を組み合わせることによって、課題成績が高まることが示された。

続いて、第6章・研究3では、研究2で見られた効果の実践的検討を行うことを目的とした。すなわち、中学2年生140名を対象に、理科の単元「運動の規則性」を用いて授業を行い、仮説評価スキーマの教示と協同活動を導入する指導法と、他の指導法の効果を比較した。授業後に実施したテスト成績から、提案した指導法は、指導法下で学習した科学的概念の理解を深めることが明らかとなった。

### 第4部 概念形成活動への介入研究

第3部で、科学的問題解決に失敗する原因の一つである仮説評価活動の問題の克服を試みたが、未だ概念形成活動の問題は残されている。概念形成活動の問題は、証拠から仮説を棄却するものの、(1) 新たな仮説を全く形成できないという問題と、(2) 元の仮説の周辺的な変更で終わってしまうという問題に分けられる。いずれにも領域固有知識の欠如が大きく関わっていることが推察される。

そこで、第7章・研究4では、まず、領域固有知識が科学的問題解決に与える影響について実証した。具体的には、中学2年生を対象とし、仮説評価スキーマの教示と協同活動の導入下で、実験を通して物体の質量と落下加速度の関係を発見する課題に取り組みさせ、その遂行を分析した。結果、既存の領域固有知識レベルの低い学習者同士の協同では、既存の仮説の反証が得られても、反証を説明する、新しく包括的な仮説を形成することが困難であることが明らかとなった。

それを受けて、第8章・研究5では、領域固有知識を教授するとともに、その知識を自分の言葉で説明し直すことにより、知識を定着させ、問題解決に用いることを可能にすることを目指して指導を行った。大学生に「大気圧」の問題解決学習に取り組みさせ、教えら

れた領域固有知識を自分の言葉で説明し直す群と、書き写す群の学習効果を比較した。結果、自分の言葉で説明し直す群の方が、教えられた領域固有知識を用いて問題解決に取り組むことができ、最終的に大気圧の理解も深まることが明らかとなった。この効果は、中学2年生を対象とした理科授業によっても再現された。

さらに、第9章・研究6では、領域固有知識の教授のみならず、「全ての観察・実験結果を包括的に説明する仮説が好ましい」という仮説の包括性に関する領域一般知識の教示を導入した理科の指導法を提案した。中学2年生を対象に、理科の単元「作用・反作用の法則」を用いて、提案した指導法と、他の指導法の効果を比較した。授業後に実施したテスト成績から、提案した指導法下では、学習した科学的概念の理解が深まるのみならず、仮説の包括性に関する領域一般知識を他の問題解決においても適用できるようになることが明らかとなった。

## 第5部 総合考察

第10章では、まず、本論文で示された結果を整理した。その上で、本論文の学術的貢献として、第一に、科学的問題解決に必要な活動を小中学生の認識に沿った形で分類したこと、それに基づいて、第二に、授業ではあまり指導されていない実態が明らかとなった仮説評価活動や概念形成活動を促す具体的な指導法を提案したことを指摘した。提案した指導法とは、仮説評価スキーマ教示と協同活動を導入する指導法、領域固有知識を教授した上でそれを自分の言葉で説明し直させる指導法、仮説の包括性に関する領域一般知識を教示する指導法である。さらに、本論文で得られた知見は、提案した指導法の応用可能性の高さ、領域一般知識を明示的に指導する必要性の指摘、教えることと考えさせることのバランスの必要性の指摘の三点から、教育場面にも示唆を与えうることを論じた。最後に、今後の課題として、実態調査方法の工夫、提案した指導法の効果の個人差や持続性の検討、指導法下での協同活動過程の検討、概念形成の測定方法の工夫、本論文で検討した範囲以外の「科学的問題解決」についての検討を指摘するとともに、本論文で提案した指導法を全て取り入れた包括的な教育プログラムの提案を目指すことを述べた。