

平成21年5月29日現在

研究種目： 基盤研究（C）  
 研究期間： 2006～2008  
 課題番号： 18500649  
 研究課題名（和文） 科学的素養と探究活動に重点をおいた新しい高校理科教育教材の  
 開発と指導法の検討  
 研究課題名（英文） A Study on the Teaching Materials and Methods for Upper  
 Secondary School Science focusing on Science Literacy and Inquiry  
 研究代表者 人見 久城（HITOMI HISAKI）  
 宇都宮大学・教育学部・准教授  
 研究者番号：10218729

研究成果の概要： 高等学校理科における探究活動のよりよい実践のあり方とその効果を探るために、英国、米国における科学的探究に関する研究や実践の動向を調査し、探究活動のあり方について考察した。また、高校理科において教材開発と探究活動の実践を行い、科学的素養習得の観点からそれらを評価した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	690,000	4,090,000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目： 科学教育・教育工学 科学教育

キーワード： 科学教育，高校理科，教材開発

## 1. 研究開始当初の背景

理科離れなどを背景として、日本人の科学的素養（科学リテラシー）の低迷が課題となっている。進学率が95%を超える高等学校では、卒業後の進路を問わず、自然科学全般に関する基礎的な理解が求められるが、その達成状況は満足されているとは言い難い。本研究では、高校理科教育のめざす方向や科学的素養のあり方を整理し、科学的素養習得のための教育方法を検討しようと考えた。

## 2. 研究の目的

高校理科における科学的素養習得のための教育内容や教育方法を検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 英国、米国における科学的探究に関する研究や実践の動向を調査し、探究活動のあり方について考察した。

(2) 高校理科において教材開発と探究活動の実践を行い、科学的素養習得の観点からそれらを評価した。

## 4. 研究成果

(1) 英国、米国の事例に見る科学的探究に関する研究や実践の動向

科学的探究能力を評価する方法に焦点をあて、英米の事例からその様相を探り、科学的探究の指導方法やとらえ方を考える手だてと位置づけた。

### ① イングランドの科学的探究テスト

従来、GCSE (General Certificate of Secondary Education) ; 中等教育修了試験 (科学) における評価領域とその得点配分は、(a) 知識テスト (60%)、(b) コースワーク (30%)、(c) プラクティカルワーク (10%) であった。a は筆記試験により、科学的知識を問うものである。b は生徒が実験課題に取り組み、数ヶ月にわたって研究を進め、その成果をレポートとしてまとめるものである。これを、生徒の所属する学校の教師や他校の教師が客観的に評価していた。c は授業内での実験の取り組みなどをもとに教師が評価するものである。

このうち、コースワークでは実験課題が取り込まれ、4つの側面から生徒のレポートが評価されてきた。これにより、生徒の主体的な探究能力の育成が図られてきた。しかし、多年度にわたって同じ課題を取り組ませることにより、生徒間に類似のレポートが流通したり、インターネットを介していくつものレポートが広く公開されてしまったりするという問題点が指摘されていた。そこで、コースワークからペーパーテストへの変更が 2006 年度内に提案され、2007 年度より実施されることになった。

コースワークに関する変更をふまえ、2007 年度以降の GCSE 試験 (科学) では、客観的評価と個人内評価の両面から評価されるようになった。配点の分け方に変化はないが、知識テストが外部評価 (多肢選択式筆記テスト) に、コースワークが科学的探究テストに、プラクティカルワークが実践的スキル評価に、それぞれ名称変更している。

科学的探究テストでは、グラフから事象の特徴を読み取ったり、結果をグラフに示したりするなど、実験の手法について具体的に評価する設問が見られる。基礎的な知識、有効数字の扱い、実験回路や実験装置の組み立てなどに関する問いも含まれており、生徒の科学的探究に関する理解度を多面的に評価しようとするねらいが読み取れる。

多様な評価方法が導入される背景には、試験を通して生徒の理解度を測定するとともに、教師による指導状況も見直すために、競争的原理に基づいて教育を改革していこうとするイングランド特有の事情も関係している。評価をめぐるはいくつかの主張があるが、ここでは、同国内で中心的な役割を果たしているロンドン大学の評価改革グループ (ARG ; Assessment Reform Group) による主張を引用する。同グループは、例えば「急速に変化するこれからの社会に出ていく生徒にとって、学習が果たす意味 (目標) は何か」との問いに対して、「どの教科においても、(1) 理解にもとづく学習 (learning with understanding)、(2) 学習についての理解

(understanding learning) が重要であろう」と述べている。そして、その具体的な方策として、(a) ビッグ・アイデア (Big Ideas) の習得、(b) 学習の過程に関する認識、をあげている。(a) については「いろいろな状況や文脈において適用可能な考え方を身に付けることが重要」としている。(b) については「生徒が将来直面するあらゆる事象について、生徒は学校ですべてを学習することはできない。したがって、学校は生徒に、生涯において必要となるスキル、理解のしかた、さらには関心 (願望) を提供するべきであろう」としている。

さらに、同グループは、評価方法が広く理解され、普及されるためには、妥当性、信憑性、影響、実用性などの側面を考慮しなければならないとしている。これらは、授業や生徒の理解とは異なる、いわば制度面に関することであるが、評価を行うための根底にあたる部分であり、研究者および教師は、常に念頭におくべきものであろう。

### ② アメリカの科学教育スタンダードにおける科学的探究のとらえ方

アメリカの科学教育スタンダードでは、科学をひとつのプロセスとして捉えている。すなわち「生徒が、観察、推論、実験というような技能を学ぶ」プロセスである。探究的な学習によって、生徒は科学概念の理解を深める。このとき、科学概念の理解とは、次のことをさしている。

- (a) 科学的知識を人類がどのような歴史的過程を経て知ることになったかを味わうこと
- (b) 科学というものの本質について理解すること
- (c) 自然について誰からの支援を受けなくても一人で探究するのに必要な技能を身につけること
- (d) 授業で身につけた科学的な技能・能力・態度を使ってみたいという気持ちを育てること

### ③ 科学的探究の順序

科学教育研究者たちの科学的探究に関する見解は、おおよそ一致している。すなわち、生徒が課題に取り組むときの科学的探究の順序は、科学者の方法に相当するものである、というものである。これに対して、ドラン (2002) は賛成しつつも、「残念なことに、学校で行われている科学的な探究では、仮説の設定、方法 (計画)、観察や実験によるデータの収集、考察とまとめ、という流れがきまりごとであるかのように実践されている。こうした1つの順序しか体験しなかった生徒は、問題解決にはたった1つの方法のみがあると信じるようになる」という指摘をしている。そして、このような見方を変えていくために、

ドランは「探究の順序を変える」ことを提案している。例えば、他のグループが集めたデータをもらい、データの分析を行い、まとめを考え、そして先に与えられたデータを超越する新たなデータを集めるための計画づくりで終わる、という流れを提案している。

## (2) 探究活動の実践に関する研究

### ①目的

高等学校理科における探究活動のよりよい実践のあり方とその効果を探るために、探究活動が生徒の科学的知識理解に与える影響を明らかにすることを目的とした。これには、探究活動の実践形態が与える影響も考えられる。そこで、探究活動を生徒主導型と教師主導型とに分けて実施し、異なる実践形態との関係を考察することとした。生徒主導型とは探究の過程を生徒が主体となって考え実行し、教師はあくまでもアドバイスを与える指導に徹して実施した生徒群を指す。また、教師主導型とは探究の過程を教師が組み立て生徒に提示して実施した生徒群を指す。

### ②対象

栃木県公立高校2年生 102名  
(生徒主導型 67名, 教師主導型 35名)

### ③実践の概要

- ・テーマ：環境問題(酸性雨)
- ・実施母体：高等学校生物I(3単位)
- ・学習活動の概要：
  - 生徒主導型
    - ・環境問題(酸性雨)の問題を把握する
    - ・個人で実験を計画する
    - ・共同研究する(実験・観察を計画する, 実験・観察を実施する, 発表会の準備をする)
    - ・発表会をする
    - ・まとめる
  - 教師主導型
    - ・環境問題(酸性雨)の問題を把握する
    - ・酸性雨の影響を探る実験をする
    - ・まとめる

### ④方法

探究活動のテーマを「自然や環境の保護」に選んだ理由は、多くの高校生が生物の学習は自然や環境の保護のために必要であると考えることに基づく(国立教育政策研究所, 2004a)。探究活動を実施する前の栃木県公立高等学校2年生101名にとったアンケートにおいても同様の結果が表れた。そこで、生徒が生物の学習に期待するものをテーマとして取り上げることで、より意欲的な取り組みが望めると考えた。探究活動の効果を評価するために、次に示す調査を行った。

#### (a) 生物に関する学習意識調査

生物の学習のとらえ方、自然の事象に関する興味・関心、理科を学ぶ有用感を事前に把握し、探究活動の効果を探るものである。質問項目は、平成14(2002)年度高等学校教育課程実施状況調査の生徒質問紙調査(国立教育政策研究所, 2004a)で用いられたものの一部を使用した。質問を探究活動前4時間の前後で繰り返し実施した。

#### (b) 環境に関する学習意識調査

環境の学習のとらえ方、自然の事象に関する関心、理科を学ぶ意義・有用感、態度などを事前に把握し、探究活動の効果を探るものである。探究活動4時間の前後で繰り返し実施した。

#### (c) 知識・理解を問うテスト

学習内容の理解度を知り、「探究活動」の効果を探るために知識・理解テストを実施した。テストの内容は、市販の問題集などに掲載されている基本的な問題を参考に自作した。問題数は19問で、各1点(計19点)とした。実施にあたっては、生徒主導型と教師主導型で同じような学習の区切りにおいて行い、回答時間を20分程度とした。テストを探究活動4時間の前後と活動終了後1か月後で繰り返し実施した。

#### (d) 科学的探究の理解度を問うテスト

科学的探究の理解度を知り、「探究活動」の効果を探るために科学的探究の理解度を問うテストを実施した。テスト内容は、2003年度のOECD生徒の学習到達度調査(PISA)の問題(国立教育政策研究所, 2004b)を参考に自作した。問題数は5問で、19満点とした。実施にあたっては、生徒主導型と教師主導型で同じような学習の区切りにおいて行い、回答時間は30分程度とした。テストを探究活動4時間の前後と活動終了後1か月後で繰り返し実施した。

### ⑤探究活動についての評価

#### (a) 生徒主導型

酸性雨のビデオを視聴した後、全員に酸性雨について調べたいことを考えてくる課題を出した。その後、個人で実験計画書を記入させ、その内容をもとに大まかな3つのグループにクラスを分けた。そこで、生徒同士が話し合い、4、5名のグループに分かれた。ただし、グループ研究をスムーズに進めるために、人数の制限は弾力的なものとした。そのため、グループ内で主張がぶつかり合い、1人で実験したいという生徒が2名出た。その原因は、その生徒の、実験に臨む意気込みが突出して高かったためにおこったものと考えられた。そのうちの1名は、「個人の実験計画書を書く際に、事前にインターネットで調べた。そこで、この2つの実験を計画した」と言っていたことから裏付けられた。この生徒以外にそのように事前に調べてきた生

徒はいなかった。

グループでもう一度実験計画書を提出させた後、実験器具の決定や試薬の紹介など細かいアドバイスを書き加えて生徒に返却した。グループ実験は結果的に放課後になったところも出た。グループ実験では、条件を統一する、対照実験をするなどの注意を繰り返し指導した。しかし、なかなかこの点は定着しなかった。そのため、実験の再現ができない状況になり、その時生徒は初めて間違いに気づくことも希ではなかった。しかし、そのような失敗から生徒は学んでいった。実験中は、「これを調べるためには、どんな方法がありますか」「次にこれもやりたいので、器具を貸してください」など、生徒が主体となる発言が多かった。中には、考察を説明するリーダーが出現した班もあった。また、実験前の予想とかけ離れた結果がでると、そうなった理由を考察する生徒やその日の実験の様子を事細かに説明する生徒がいた。日頃の実験場面でよく耳にする「これが何なの」「次はどうするの」という生徒の発言はなかった。これは、実験計画を考える段階で結果を生徒が見越していたからであることが生徒のインタビューから裏付けられた。また、実験の途上で行き詰まるグループもあった。そこで毎時間各グループの進行状況を確認しながら、支援し続けた。発表会の後、互いの実験結果を関連付ける説明を加えた。その後の生徒の感想から、大きな研究成果を挙げたという成就感を感じたというものがあつた。

#### (b) 教師主導型

酸性雨のビデオを見た後、筆者側から探究の道筋を示した。生徒は、それに従って、効率よく実験を行うことが出来き、授業がスムーズに進んだ。しかし、日頃の実験場面でよく耳にする「今何をしているの」「次に何をやるの」などの質問が生徒から出た。また、授業後の生徒の感想に、生徒主導型にあつたような大きな研究成果を挙げたという成就感を感じたというものはなかった。

### ⑥ 本実践における結論

#### (a) 探究活動が理科学習に対する生徒の意識に与える影響について

探究活動においては、学習の前後で「生物の勉強は、普通の生活に役立つ」「生物の勉強は、環境保護のために必要だ」と考える生徒が増加した。このことから、生物の学習の有用感、今回の学習で高まったことがわかる。特に、教師主導型の授業を実施したクラスでは、その高まりが他の項目と比較して有意に高かった。教師主導型の学習は、生徒に学習後、達成感や成就感を感じさせる内容だったためであり、また、このクラスには、この学習方法が適していたためと考えられる。それに対して、生徒主導型の授業を実施した

クラスでは、教師主導型ほど大きな変化は見られなかった。これは、探究活動の過程で、生徒は深く考える状況に追い込まれるため、このような情意面を問う意識調査では、良い結果が得られないのである。このような探究活動の負の面を熟知している教員が、探究活動の実施に前向きになれないのではないかと予想される。以上の理由から、今回の探究活動においては、理科に対する有用感を高めることができたといえる。

#### (b) 探究活動が生徒の科学的知識・理解に与える影響について

科学的知識・理解を高めるためには、生徒主導型・教師主導型の学習ともに有効であった。科学的探究の方法の理解を高めるには、生徒主導型の学習指導が有効であった。これは、生徒主導型の探究活動に、教師主導型になかった実験計画を立てさせる活動があつたためである。計画を立てる際に、当然実験の見通しや仮説が必要になってくる。そこで、自分の考えを持って、主体的に探究する活動になったのである。ただし、どのようなクラスでもこのような成果が表れるとは限らない。クラスの性格なども考慮して、教師が指導方法を選択する必要があると思われる。

#### (c) その他

探究のテーマが環境問題のように多面的に複数の回答が出るテーマであつたことが、学習に広がりを持たせ、生徒の意欲を喚起する上で効果的であつた。大高(1999)は、子どもにとっても教師にとっても自明ではないテーマ、1人1人の子どもが自分の考えを語り、共同して探究できるテーマであることが本物の探究を展開するために必要なのであると述べている。生徒が抱く、「教師や友だちが知らないことを発見して、教えてあげたい」と思う気持ちは大変強いことをアンケートや授業中の生徒の発言から痛感した。それが、生徒の探究活動に向かうエネルギーになっていると感じ、また、実験中の生徒の発言からも伺えた。探究活動中に実験の進捗状況などを尋ねることは、その意味でも効果的な指導であつたといえる。

#### (3) 本研究のまとめ

科学的探究能力の評価方法とは、「科学とは何か。科学とはいかなる営みか」について、生徒がいかに理解しているかを把握するために用いられるものである。ここから、科学的探究とは、科学そのものを理解するために、学習内容かつ学習方法として位置づけられているものと捉えることができる。

すべての生徒にとって必要な理科教育を構想するとき、「科学とはいかなる営みか」に関する基礎的な理解は、最も根底になるべき部分であり、必須事項であると言っても過言ではない。それらを評価しようとする場合、

その方法をいかにするか（設問内容の開発など）は容易ではない。しかし、多様な生徒が共通に学ぶ理科教育の核とも言える事項であるだけに、重視していく必要があると考えられる。

私たちをとりまく生活の中には、多くのいろいろな問題がある。例えば、人口増加、水や生活資源（食糧、原油など）の確保、宇宙開発と国の予算との関係などである。現在の社会には福祉に関わる問題、環境に関わる問題、資源活用の問題、廃棄物処理など克服すべき課題が多い。問題の克服には、政治的・経済的な視点からの解決策が必要と考えられやすいが、実はすべての問題には、“科学的な”要素が含まれている。個人のレベルですべきことは、それらの問題を考える際、「どのように情報を獲得し」、「どのように意思決定をするか」である。

現在学校に通う生徒は、将来のわが国を担う世代である。そこからは、リーダーシップを発揮する人材も生まれてくるであろう。将来、先のようなさまざまな問題を社会全体として克服しようとするとき、解決策が提出され、それに賛同する体制が必要となる。そして、その策を個人がどのように受け止めるかが重要になってくる。つまり、市民の一人ひとりに、科学的な思考能力が求められるようになる。言い換えれば、問題の解決に向けて、本質的な事柄を科学的に判断することが、誰にも求められるようになるのである。

このような問題意識にたつとき、より良い市民となるために必要な科学的基礎の習得が、社会に出る直前の高校や大学の理科教育における重要な課題となると認識できる。市民となるために必要な科学的基礎を習得するためにふさわしい理科の学習内容を開発していく必要がある。その手がかりとして、本研究で取り上げた科学的探究は、「科学とは何か」を考える学習内容や学習方法を含むものと考えられる。科学的探究を基底にした理科教育の充実がさらに求められる。

#### 引用文献

- 大高 泉 (1999) : 自ら学び、自ら考える力を育てる理科の学習指導, 初等教育資料, No.713 (平成 11 年 12 月号), pp.60-67.
- 国立教育政策研究所 (2004a) : 平成 14 年度高等学校教育課程実施状況調査の概況, <http://www.mext.go.jp/b-menu/houdou/16/01/04012302/003.htm>
- 国立教育政策研究所 (2004b) : 生きるための知識と技能/OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003 年調査国際結果報告書, ぎょうせい.
- Assessment Reform Group : The role of teachers in the assessment of learning (Booklet), CPA Office, Institute of

Education, University of London, n.d.  
Doran, L., Chan, F., Tamir, P., Lenhardt, C. (2002): Science Educator's Guide to Laboratory Assessment, National Science Teachers Association, ドラン他・古屋光一監訳 (2007) : 理科の先生のための新しい評価方法入門, 北大路書房.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① 人見久城, 小村紀子 : 子どもの自然体験に関する調査, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 32, 印刷中, 2009, 査読無.
- ② 人見久城 : 理科教育におけるものづくりの価値, 日本理科教育学会全国大会論文集, 58, 89, 2008, 査読無.
- ③ 人見久城, 伊東明彦 : 小中学校理科の学習指導に関する教師の意識, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 31, 189-198, 2008, 査読無.
- ④ 人見久城, 伊東明彦 : 小中学校理科の学習指導に関する教師の意識(1), 日本理科教育学会全国大会論文集, 6, 361, 2008, 査読無.
- ⑤ 伊東明彦, 人見久城 : 小中学校理科の学習指導に関する教師の意識(2), 日本理科教育学会全国大会論文集, 6, 362, 2008, 査読無.
- ⑥ 人見久城 : イングランドの中等学校段階における理科のパフォーマンス評価, 日本科学教育学会年会論文集, 31, 239-240, 2007, 査読無.
- ⑦ 白井紀子, 人見久城 : 高等学校理科における探究活動の実践に関する研究, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 30, 519-528, 2007, 査読無.
- ⑧ 人見久城 : 米国理科教科書における科学技術関連トピックの扱い, 日本科学教育学会研究会研究報告, 21(4), 1-5, 2007, 査読有.
- ⑨ 人見久城 : 現在の小学校理科について思うこと, 理科の教育 (日本理科教育学会), 55(11), 7-9, 2006, 査読無.
- ⑩ 白井紀子, 人見久城 : 高等学校理科における探究活動の実践に関する研究, 日本理科教育学会全国大会論文集, 56, 314, 2006, 査読無.
- ⑪ 人見久城, 伊東明彦, 沼尻良一 : 高校生の科学技術に対する意識と科学者参加授業の効果, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 29, 385-393, 2006, 査読無.

- ⑫人見久城, 伊東明彦, 沼尻良一: 高校生の科学技術に対する意識と科学者参加授業の効果, 日本科学教育学会年会論文集, 30, 401-402, 2006, 査読無.

[学会発表] (計1件)

- ①人見久城: 英米の事例に見る科学的探究の評価方法, 京都教育大学理科教育学研究会, 2009年2月21日, 京都教育大学.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)  
○取得状況 (計0件)

[その他]

該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

人見 久城 (HITOMI HISAKI)  
宇都宮大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 10218729

### (2) 研究分担者

上田 高嘉 (UEDA TAKAYOSHI)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号: 40125810

伊東 明彦 (ITO AKIHIKO)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号: 20134257

松居 誠一郎 (MATSUI SEIICHIRO)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号: 70134252

山田 洋一 (YAMADA YOICHI)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号: 50143186

井口 智文 (INOKUCHI TOMOFUMI)  
宇都宮大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 20251077

南 伸昌 (MINAMI NOBUMASA)  
宇都宮大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 80292572

### (3) 連携研究者

なし