

科学的思考力育成のための理科学習指導に関する研究

— 「科学的に実証された結論を認識する能力」の育成を中心として —

川崎 弘 作

(2010年10月7日受理)

A Study on Teaching Method for Development of Scientific Thinking
— Focus on “the ability to judge whether a conclusion is demonstrated scientifically or not?” —

Kosaku Kawasaki

Abstract: In this study, it is aimed for following two points. The first point is to devise the instruction method for “the ability to judge whether a conclusion is demonstrated scientifically or not?” in a scientific thinking. The second point is to investigate the effect of the instruction method. This ability is “an ability to judge the scientific problem solving that others did”. Therefore, the instruction method that we devised aimed at letting a learner acquire a viewpoint and stratagem to judge whether “the scientific problem solving that others did” was appropriate. And, for the children of 154 elementary school sixth grade, a unit practiced “a mechanism of the combustion”. As a result, the instruction method was effective in upbringing of this ability.

Key words: scientific thinking, scientific literacy, elementary school, science

キーワード：科学的思考力，科学的リテラシー，小学校，理科

1. 研究の背景及び目的

1.1 背景及び本研究における科学的思考力

20世紀初頭の工業化経済に向けて主要となった「教授主義 (instructionism)」に基づく学校の役割は、子どもの心を知識で満たすことであるという行動主義的な前提に立ったものであった(Sawyer 2006)。しかし、技術の複雑化や情報の高度化が進んだ現代社会においては、「教授主義」に基づく知識伝達型の学習指導では対応できなくなり、「知識」を多く正確に伝えることよりも「知識」を活用し、未知の問題を解決するなどの能力を育成することの方が必要とされている。

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：磯崎哲夫 (主任指導教員)、森 敏昭、
小山正孝、松浦拓也

このような背景を受け、近年の理科教育では、国内外問わず、科学に関する知識を多く正確に伝えるだけでなく、科学に関する知識を活用し、未知の問題を解決する際に必要となる「科学的思考力」を育成することがより一層重視されてきている (中央教育審議会答申 2008, AAAS 1990)。

そもそも科学的思考力とは、科学者の思考や方法を基にして捉えられてきており、一般的には科学的な探究や仮説検証における思考力だとされている (e.g. Kuhn 2002, Lawson 1995)。この科学的思考力の育成を学校教育にいち早く取り入れようとした研究の1つとして19世紀末期から20世紀初頭にかけて行われたArmstrong(1925)の研究が挙げられるという(寺川1995)。Armstrongは「探究」の重要性を主張し、その学習形態として「発見的教授法 (heuristic method)」を考案した。この教授法には多くの課題が挙げられたものの、「理科教育の理想像」としてその後の科学的

思考力研究に大きな影響を与えた(大野ら 1969)。また国内においては中野(1965)や大庭ら(1971)などが早くから科学的思考力研究を行っている。

これらのように、科学的思考力の研究は古くから行われており、また現在に至るまでも多くの研究がなされている。しかしながら、科学的思考力という思考力については研究者が様々な捉え方をしており、国内外問わずその捉え方には未だに定説があるわけではない(Suchting 1995, 小倉 2001)。

このような中、OECDによるPISA調査が2000年から始まり、これからの時代に求められる国際標準の能力に大きな注目が集まってきた。そしてPISAで測定される能力のうち、科学的リテラシーの観点の1つである「科学的能力」が科学的思考力と対応しているといわれている(猿田 2005)。この「科学的能力」は、「コンピテンシー」の定義と選択：その理論的・概念的基礎(DeSeCo, 1999-2003)プロジェクトによって定義された「キー・コンピテンシー」が具体化されたものの1つであり(Rychen & Salganik 2003)、現代及び将来の社会を見据えて定義された能力である。そして、この「科学的能力」という国際標準の能力の提案は、科学的思考力の捉え方に大きな影響を与えることとなった¹⁾。

この「科学的能力」は9つの具体的な能力から定義され(OECD 2006)、今までの一般的な捉え方であった科学的な探究や仮説検証における思考力という大きな方向性は同じであるものの、以下の2点について重視された。

① 科学者が答えられる種類の問題や科学に基づく技術によって解決できる種類の問題とそうでない問題を区別できるということ

② 証拠に基づいて他者の主張を評価しなくてはならないことや、個人的な意見と証拠に基づく言明を区別するということ

前者の①(以後、「問題の区別」とする)は、調査する問題が科学的に実証可能なものか否かを判断できる能力の重要性を、後者の②(以後、「他者の主張の評価」とする)は、他者によって出された結論や主張が科学的に実証されたものか否かを判断できる能力の重要性を述べている。これらはいずれも、今までの科学的思考力研究では主眼が置かれてこなかった能力である。

筆者は、このような「科学的能力」を基盤に研究を行っており、表1に示すように、5つの下位能力で科学的思考力を規定している(川崎ら 2010)。そこで、本研究においても同様の規定を用いる。なお、「問題の区別」は下位能力①に、「他者の主張の評価」は下位能力⑤に対応する。

表1 本研究における科学的思考力

科学的思考力を構成する下位能力
①科学的に実証可能な問題を認識する能力
②仮説を設定する能力
③検証方法を立案する能力
④仮説あるいは証拠をもとに結論を出す能力
⑤科学的に実証された結論を認識する能力

1.2 問題の所在

2008年1月17日の中央教育審議会答申において、小・中・高等学校における科学的思考力の育成の重要性について述べられた。このことから、科学的思考力の育成は小学校段階から取り組む必要があるといえる。そこで、本研究ではまず児童の科学的思考力の育成に着目して研究を行う。

筆者は、表1に示した5つの下位能力に対応する評価問題を開発、実施し、小学校第6学年の児童の実態把握を行っている。その結果として、これら5つの中でも下位能力⑤に最も課題がみられることを報告している(川崎ら 2010)。そこで、本研究では下位能力⑤に対応する思考力の育成に関する研究に着目した。

先行研究において、下位能力⑤と同質あるいは類似の思考力の育成に関する研究は多く行われている。例えば、Zeidler et al. (1992)は、その育成のために、個人・社会に関する問題をベースにした科学教育のカリキュラムを作ることが重要であると主張している。また、科学と社会が関連するような問題を取り上げ、それらの諸問題に対して、批判的な判断をさせるという実践的研究を行っているものも多くみられる(e.g. Kolstø 2006)。これらのように、先行研究では下位能力⑤と同質あるいは類似の思考力の育成に関して、重要性を述べたものや、その育成のための実践的研究は行われているようである。しかし、それらの研究は、通常の科学カリキュラムとは別の機会を設け、その育成を目指す、あるいは行っているものが多い。しかし、日本の教育現場においては、新たに別の機会を設けるという学習指導は定着しにくいと、通常のカリキュラム内で実践可能な育成方法を考案する方が適していると考えられる。

一方で、Zohar et al. (1993, 1994)は、Biology Critical Thinking (BCT) プロジェクトにおいて、通常のカリキュラムの中で下位能力⑤と類似の能力の育成のための研究を行っている。しかし、この研究ではカリキュラムや授業構成等に言及するにとどまり、育成のための授業レベルの具体化された学習指導法を示しているわけではない。

以上のように入手した国内外の先行研究においては、下位能力⑤と同質あるいは類似の思考力の育成研究に関する問題として、通常の科学あるいは理科カリキュラムで指導を行うための授業レベルでの学習指導法が考案されていないという点を挙げることができる。

1.3 目的

本研究では、下位能力⑤を育成するための学習指導法を考案し、その効果を検証することを目的とする。

2. 学習指導法の考案

2.1 児童の実態

前述したように、小学校第6学年を対象に調査を行ったところ、科学的思考力の5つの下位能力のうち、下位能力⑤に最も課題がみられた。具体的には、評価問題を用いて児童の解答を得点化した結果から、下位能力⑤は他の下位能力に比べ得点が有意に低いということ、児童の誤答分析を行った結果から、最も多い誤答の原因として「他者の結論が科学的に実証されたものか否かを判断する際の視点や方略を十分に獲得できていない」という実態が明らかになっている（川崎ら2010）。

2.2 学習指導法の考案

本研究では、下位能力⑤を育成するためには、判断する際の視点や方略を児童に獲得させるような指導を行うことが有効であると考え、学習指導法の考案を行うことにした。他者の主張を批判的に判断する能力の育成に関して、Elliott (2006) は、新聞を批判的に読む力を育成するための研究を行っている。この新聞を批判的に読む力は、科学的文脈ではないものの、本研究の下位能力⑤のように、他者の主張を批判的に判断するという点で共通の能力であると考えられる。Elliottはこの研究の中で、記事が書かれた理由に着目して判断するなど、批判的に読むための視点を与えることが有効であると述べている。また、Zecmeister & Johnson (1992) も、批判的に思考するために、思考の際の枠組みや方略を持たせることの重要性を述べている。そして、角屋(2008)は、思考する方略を獲得させるためには、思考方略に沿った声かけや発問を行うことが有効であることを述べている。

以上のことから、「他者の結論が科学的に実証されたものか否かを判断する際の視点や方略を獲得させるために、判断する際の視点や方略を子どもに提示したり、視点や方略に沿った声かけや発問をする」という学習指導を行うことが有効であると考えた。

ここで、子どもに提示する「他者の結論が科学的に実証されたものか否かを判断する際の視点」について

検討する。他者の結論が科学的に実証されたものか否かを判断する際には、他者の行った問題解決が適切か否かという側面から検討する必要がある。このため、他者が結論を出した際の問題解決の各過程において、(i) 問題の目的や仮説が実証可能なものか否か（問題の目的の評価）、(ii) 検証方法が適切か否か（検証方法の評価）、(iii) 結果の解釈が適切か否か（結果の解釈の評価）という3点に着目することにした。整理したものを以下の図1に示す。

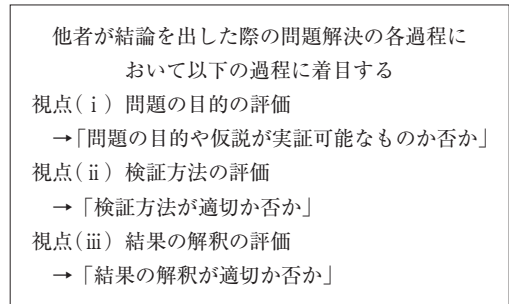


図1 他者の結論を判断する際の視点

これらをふまえ、図2に示すような3つの過程で構成した下位能力⑤を育成するための学習指導法を考案した。

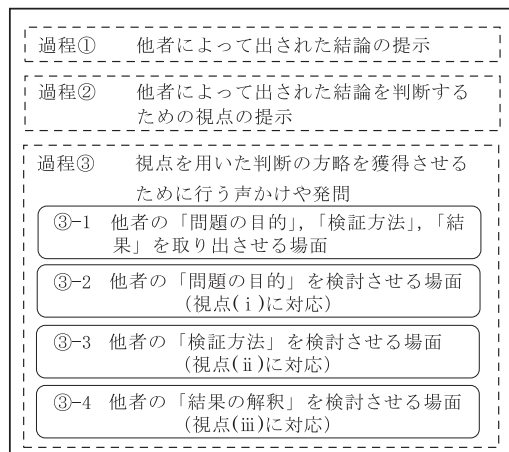


図2 考案した学習指導法

この学習指導法は、他者によって出された結論を判断させる場面を設定し、判断させるための視点や方略を獲得させるように視点の提示や声かけ等を行うという流れとなっている。なお、考案した学習指導法の各過程の詳細は以下に述べる。

過程①「他者によって出された結論の提示」

判断の際の視点や方略を獲得させるためには、他者

の結論が科学的に実証されたものか否かを子どもに判断させる場面を設定することが前提となると考えた。そこで、過程①を「他者によって出された結論やその過程を提示し、その結論が科学的に実証されたものか否かを判断させる場を設定する」とした。

過程②「他者によって出された結論を判断するための視点の提示」

過程②は、判断する際の視点を提示する過程である。判断する際の視点とは、上述した視点(i)～(iii)である。これらを子どもに提示する際には、子どもが理解できる表現にする必要があるため、以下の図3のように表現を変えた。

過程②では、図3に示した視点(i)～(iii)が書かれたものを子どもに提示する。

視点(i)	→ 「調べたいことは調べて答えがでることなのか」
視点(ii)	→ 「調べたいことに対して調べた方法は適した方法かな」
視点(iii)	→ 「調べたいことにあわせて、結果を読み取れているかな」

図3 子どもに提示する判断する際の視点

過程③「判断の方略を獲得させるために行う声かけや発問」

過程③は、視点や方略に沿った声かけや発問を行う過程である。③-1～③-4では過程②で提示した視点で検討するための具体的な視点や方略に沿った声かけや発問について述べるため、ここで判断の際の方略について概略を説明する。判断の際の方略とは、まず、他者が結論を出した際の「問題の目的(問題や仮説)」、「検証方法」、「結果」の各過程を把握し、次に各過程について検討していくという流れ判断するというのである。なお、「問題の目的(問題や仮説)」は視点(i)、「検証方法」は視点(ii)、「結果」は視点(iii)に対応する。これらの方略の詳細は、以降の過程③-1～③-4と並行して述べる。

③-1 他者の「問題の目的」、「検証方法」、「結果」を取り出させる場面

ここでは、他者によって出された結論が科学的にされたものか否かを前述の3つの視点で判断するためにまず、他者が結論を出した際の「問題の目的(問題や仮説)」、「検証方法」、「結果」がどのようなものだったのかを把握するという方略を獲得させるための声かけや発問を行う。それらを整理したものを図4に示す。

③-1 他者の「問題の目的」、「検証方法」、「結果」を取り出させる場面での発問
「〇〇さんは、何を調べたかったのかな」(問題の目的)
「〇〇さんはどんな方法で調べたのかな」(検証方法)
「その方法でどんな結果が出たのかな」(結果)

図4 ③-1 における声かけや発問

③-2 他者の「問題の目的」を検討させる場面(視点i)

ここでの方略とは、他者が扱っている問題や実証しようとした仮説は、そもそも実証可能なものか否かを判断するという方略である。ここで、実証可能な問題及び実証可能でない問題を判断する際の基準について述べているPISA2006の科学的リテラシーに関する記述や調査問題例を基にすると、(1)実証可能な問題とは「科学者が答えられる問題」、「科学に基づく技術で解決できる問題」などとされ、(2)実証可能でない問題とは「人の価値観や考え、立場によって善し悪しが決定される問題」、「調査する対象が存在しない問題」などとされている。このため、他者が扱っている問題や仮説が実証可能なものか判断するためにはこれら(1)、(2)を判断基準にすることが必要となってくる。よって、はじめにどのような問題が実証可能あるいは実証可能でないかを判断する基準を子どもに獲得させる必要がある。基準の獲得には、実感を伴うような指導を行う必要がある。そして、この過程における方略を獲得させるために、指導法③-1で明確にした「問題の目的」を検討する場面において行う声かけや発問を以下の図5に示すように行うことにした。

③-2 問題の目的の評価における判断の方略を獲得させる場面での発問(視点iに対応)
「人の気持ちや価値観が入っていないかな」
「調べる対象はあるかな(いるかな)」
(実証可能でない問題か否かを具体的に検討させる声かけや発問)
「〇〇さんが調べたいことは、調べて答えが出ることなのか」
(問題の目的の評価に対する検討結果を問う声かけや発問)
※どのような問題が実証可能あるいは実証可能でないかを判断する基準を子どもが持っていない場合は、先に基準を獲得させることが必要

図5 ③-2 における声かけや発問

③-3 他者の「検証方法」を検討させる場面(視点ii)

ここでの方略とは、視点(ii)検証方法の評価に対応し、他者が行った検証方法は、問題や仮説を実証する

ための適切な検証方法だったのか否かを判断するというものである。具体的には、問題を解決するためにはどのような結果が得られればよいのか、そして、他者が行った検証方法ではどこまでいえる、あるいはどこまでしかいえないのかを整理し、両者に整合性があるか否かを判断するという流れになる。この方略を獲得させるために行う声かけや発問を以下の図6とした。

③-3 検証方法の評価における判断の方略を獲得させる場面での発問（視点iiに対応）
「問題に対する答えを出すには、何がわかればいいのか」（問題を解決するためにはどのような結果が得られればよいのか整理させる声かけや発問）
「〇〇さんが調べた方法では、何が（どこまで）わかるかな」（他者が行った検証方法ではどこまでいえる、あるいはどこまでしかいえないのかを整理させる声かけや発問）
「調べたいことに対して、調べた方法は適した方法かな」（前述の両者を比較させ、検証方法の評価に対する検討結果を問う声かけや発問）

図6 ③-3における声かけや発問

③-4 他者の「結果の解釈」を検討させる場面（視点iii）
ここでの方略とは、視点(iii)結果の解釈の評価に対応し、他者が行った結果の解釈は問題の目的や仮説にあわせて適切に行われていたのか否かを判断するというものである。具体的には、問題の目的や仮説から結果を解釈するための視点を明確にし、その視点をもとに他者が得た結果をみる。そして、他者が出した結論は、目的や仮説に基づいて結果を適切に解釈したものになっているか否かを判断するという流れになる。この方略を獲得させるために行う方略に沿った声かけや発問を以下の図7とした。

③-4 視点(iii)結果の解釈の評価における判断の方略を獲得させる場面での発問（視点iiiに対応）
「問題の答えを出すには結果のどの部分を（あるいはどのように）みなければならぬかな」（結果を解釈するための視点を明確にさせる声かけや発問）
「調べたいことにあわせて、結果をよみとれているかな」（明確にした視点、結果や他者が出した結論をもとに、結果の解釈の評価に対する検討結果を問う声かけや発問）

図7 ③-4における声かけや発問

以上が、本研究において考案した科学的思考力の下位能力⑤「科学的に実証された結論を認識する能力」を育成するための学習指導法である。なお、過程③については一度の学習指導で全てを行うことは容易でないことから、それぞれの視点における方略を獲得させるために複数回にわけて指導することも必要になってくる。また、内容等によって順番、声かけや発問等が変更になる場合もある。

3. 実践及び効果検証

3.1 実践

科学的思考力の下位能力⑤「科学的に実証された結論を認識する能力」を育成するために考案した学習指導法の実践の概要を以下に示す。

時期：2009年4月～6月

対象：広島県公立小学校第6学年4クラス152名

単元及び時間：「燃焼の仕組み」10時間（調査対象の授業は3時間）

授業実践に際しては、授業を実践する4クラス全ての学級担任に対して、本研究において考案した学習指導法のねらいを説明すると共に、学習指導案をもとに具体的な手立てについて打ち合わせを行った。授業実践を行った単元の全体の流れを表2に示す。

考案した学習指導法を用いたのは太線で囲んだ第5、6時及び第9時である。第5、6時では視点(ii)、(iii)における方略の獲得を、第9時では視点(i)における方略の獲得を主に狙って授業実践を行った。単元構成、第5、6時及び第9時について以下にそれぞれ述べる。

単元構成について

本学習指導法では、他者が出した結論に対して適切か否かを判断させる。このため、実践を行ううえでは他者の結論が習ったこととあっているか否かを判断させるという学習にならないことが重要である。つまり、他者が出した結論が既習の知識と照らし合わせて「正しい」あるいは「正しくない」という判断をさせるのではなく、あくまでも他者が行った問題解決が適切か否かを判断させる必要があるのである。さらに判断させる他者の結論は本来の学習内容から外れない内容であることにも留意するべきである。以上のことを踏まえ、本単元において判断させる他者の結論を、以下の図8のように設定した。単元の最後に図8に示した結論が正しいか否かを判断させたならば、これは単なる既習内容の確認になる。しかし、図8に示した結論を判断させる第5、6時以前の学習において、燃焼後の空気の性質を調べる方法として「気体検知管」ではな

表2 学習指導を行った単元の流れ

時	主な学習活動	主な学習内容
1	空き缶の中でのものを燃やすとき、缶の下の方に穴をあけるとよく燃えるのはなぜだろうか ・下の方に穴をあけた空き缶とあけていない空き缶で木片を燃やす ・線香の煙を使って空気の流れを確認する	ものは、空気の入れかわるところでは燃えるが、空気の入れかわらないところではもえない
2 3	空気の入れかわらないところでは、どうしてもが燃えないのだろうか ・空気がなくなったかどうか調べる ・空気が別のものにか変わったか、石灰水を使って調べる	燃焼後の空気中には、二酸化炭素ができる
4	酸素中でのものを燃やしてみよう ・空気中と酸素中の燃え方を比べる ・酸素中で燃やしたあとに石灰水を入れる	酸素にはものを燃やす働きがある。ものをもやしたときは空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができる
5 6	「ものが燃えたあとの空気は酸素が全部なくなって、二酸化炭素ができる」という他者が出した結論は正しいか考える	学習指導法の実践
7	ろうそくが燃えた後の空気は酸素が全部なくなっているのだろうか ・気体検知管を使って、燃焼前後の酸素と二酸化炭素の割合を調べる	ものが燃えると空気中の酸素の一部が使われ、二酸化炭素ができる
8	空気中の成分について ・空気中の成分について資料や教科書で調べる	空気は、窒素と酸素と二酸化炭素が含まれている
9	環境問題を例に、科学的に実証可能な問題か判断する	学習指導法の実践
10	まとめ	

空気中と酸素中でろうそくを燃やした後に石灰水を通すと白く濁るかどうか調べたよ。調べた結果、どちらも白く濁ったよ。このことから、ろうそくが燃えたあとの空気は酸素が全部なくなって二酸化炭素ができるということがわかったよ。

図8 本単元において判断させる他者の結論

く「石灰水」のみを用いているならば、本結論は既習の知識と照らし合わせて判断するというにはならない。これは「気体検知管」が酸素あるいは二酸化炭素の空気中の割合を調べるものであるのに対し、「石灰水」は二酸化炭素の有無を調べるものであり、本結論を出すには「石灰水」を用いるだけでは不十分であるからである。つまり、本結論は「ろうそくが燃えた後の空気は酸素が全部なくなって二酸化炭素ができる

かどうか」という実験の目的に対して「空気中と酸素中でろうそくを燃やして（燃えた後の空気）石灰水を通す」という検証方法を選択しているというように検証方法の不適切さに着目するもので、他者が行った問題解決が適切か否かを判断させるものなのである。

第5, 6時について

本時では、主に視点(ii), (iii)における方略の獲得を狙って、ある架空人物が前述の図8のような結論を出したという設定にし、その結論が科学的に実証されたものか否かを判断させるという学習指導を行った。はじめに、子どもたちにこの架空人物が出した結論は正しいといえるかどうか確認したところ多くの児童が「正しい」、「よくわからない」という判断をした。そこで、学習指導法過程②にあたる「他者によって出された結論を判断するための視点(図3)の提示」をしながら、「〇〇さん(架空人物)が出した結論が正しいかどうかを判断するためにはこの3つのことを考えていけばいいんだよ」と声をかけた。すると、「正しい」、「よくわからない」と答えていた児童の多くが「わかったー」、「正しいとはいえない」と声をあげてきた。しかし、まだ複数人が「正しい」「よくわからない」と答えていた。このため、さらに学習指導法③にあたる「視点をういた判断の方略を獲得させるために行う声かけや発問」を行った。まず、学習指導法③-1により、架空人物の「問題の目的」、「検証方法」、「結果」を取り出させた。次に、学習指導法③-3(検証方法を検討させる場面)により「問題に対する答えを出すには、何がわかればよいのかな」、「〇〇さんが調べた方法では何がわかるかな」と問い、「ろうそくが燃えた後の空気は酸素が全部なくなっているかということ、二酸化炭素ができていくかということ」、「石灰水では二酸化炭素ができたかどうかしかわからない」と整理させた。そして、「調べたいことに対して、調べた方法は適した方法かな」と問い、架空人物が行った検証方法が不十分であったことをクラス全員が確認することができた。

以上のように、検証方法が不十分であったことから架空人物が出した結論が正しいかわからないと児童達が判断したことため、次時の課題として、「ろうそくが燃えた後の空気は酸素が全部なくなっているか調べよう」を設定し、本時を終えた。そして第7時において、気体検知管を用いた実験から、「ろうそくが燃えた後の空気も、酸素が全部なくなっているわけではない」ということがわかり、架空人物が出した結論は正しくなかったという結びとなった。

第9時について

上述したように、本時では、主に視点(i)におけ

る基準の獲得を狙って「どのような問題が実証可能あるいは実証可能でないかを判断する基準を獲得させる」ための学習指導を行った。なお、本時では単元の内容と関連のある地球温暖化問題を取り扱った。このため以下の図9に示す資料を用いた。

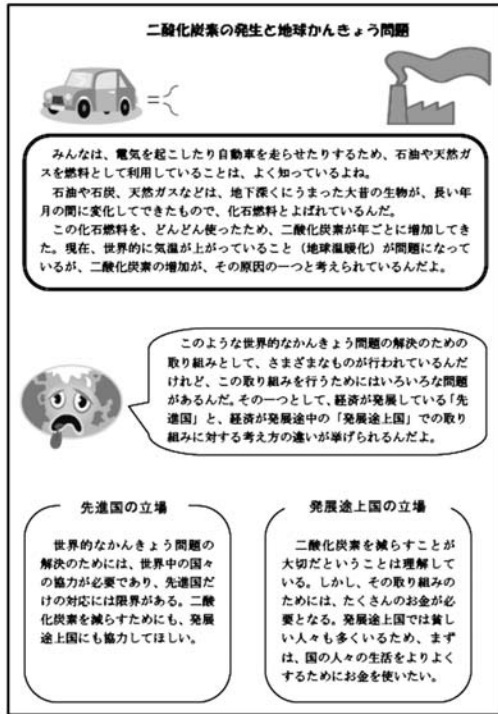


図9 第9時に用いた資料

本資料は、資料上段に地球温暖化の原因の1つが二酸化炭素の増加だと考えられているということ、中段に先進国と発展途上国の環境問題への取り組みに対する考え方の違いがあるということ、そして下段にそれぞれの立場における考え方が記載されているという構成になっている。本時では「どのような問題が実証可能あるいは実証可能でないかを判断する基準を獲得させる」ため、以下のような流れで学習指導を行った。

- ①図9に示す資料を児童に読ませる。
- ②自分は「先進国」、「発展途上国」のどちらの立場に賛成か明確にさせる。
- ③各立場で討論させる。
- ④最後にどちらの立場に賛成かではなく、どちらの立場が正しいかと問う。
- ⑤本資料より、どちらの立場が正しいとはいえないということを児童が実感することから、「人の価値観や考え、立場によって善し悪しが決定される問題」は実証可能ではないという判断基準を獲得させる。

3.2 効果検証

学習指導法の効果検証は、川崎ら(2010)において開発したテスト問題を用いて学習指導前後における得点(量的)及び記述(質的)の変容を分析することにより行う。

量的検討

(1) 方法

学習指導前後の得点の変容を分析するためにプレ・ポストテストの合計得点に差があるか否かを t 検定によって検討した。効果検証に用いるテスト問題は、下位能力⑤「科学的に実証された結論を認識する能力」を測定するために、視点(i)～(iii)それぞれに対応する3観点から成り、各観点2問ずつ計6問開発されている。効果検証に用いるため各観点1問計3問ずつになるようプレテスト、ポストテスト用に振りわけ、プレ・ポストにおける合計得点の差をみることで効果検証を行う。なお、各評価問題は4段階(3点満点)で評価できるようになっており、合計得点は9点満点である。

なお、プレ・ポストテストの難易度に差があるか否かについては、2008年7月に小学校第6学年153名を対象として実施した結果をもとに検討している。検討の結果については、プレテスト用問題得点は3.13点、ポストテスト用問題得点は3.01となり、両テストに平均得点に有意な差が認められなかった ($t(152) = .723, p > .10$)。使用した評価問題を資料1～6に示す。

(2) 結果

まず、各問題における平均値を表3に示す。なお、学習指導を行った広島県内の公立小学校第6学年152名のうち欠席による欠損値を除いた143名を対象とした。

表3 各問題の平均値

	観点	視点 i	視点 ii	視点 iii	合計得点
平均値	プレ	1.54	0.90	0.84	3.27
	ポスト	1.77	1.73	1.71	5.21

次にプレ・ポストテストの合計得点に差があるか否かを検討するために t 検定を行った。その結果、プレテスト得点は3.27、ポストテスト得点は5.21となり、プレテストの得点に比べてポストテストの得点が高いことがわかった ($t(142) = 8.86, p < .01$)。

質的検討

(1) 方法

学習指導前後において、児童の解答パターンがどのように変容するか、視点(i)～(iii)の3観点においてそれぞれ分析した。ここで、学習指導法は、各観点における判断の視点や方略を獲得させることを狙ったものであった。そこで、プレテストにおいて、判断の視点や方略の獲得が不十分であったと判断できる児童に

着目し、学習指導後のポストテストにおいて解答パターンがどのように変容しているかを分析することにした。

(2) 結果

①視点(i)について

本観点におけるテスト問題は、問題文中に科学的に実証可能でない課題を提示し、その課題が実証可能か否かを児童に判断させる形式となっている。このため、視点(i)において判断の視点や方略の獲得が不十分であったと判定できる誤答を、実証可能でない問題に対して実証可能であると答えたものや、実証可能と判断したうえでその検証方法を答えたものとした。プレテストにおいてこれらの誤答をした児童は43名であったが、ポストテストにおいては43名中29名が判断の視点や方略を獲得できたと考えられる解答をした。

②視点(ii)について

本観点におけるテスト問題は、問題文中に他者がどのような課題や仮説を実証しようとしたのか、そのためにどのような検証方法を取り、どのような結論を出したのかを提示し、その他者が出した結論が科学的に実証されたものか否かを判断させる形式となっている。なお、プレテスト・ポストテストともに、検証方法が不適切と判断できるよう問題を設定している。このため、視点(ii)において判断の視点や方略が不十分であったと判定できる誤答を、他者が行った検証方法のどこかが不適切なのではと感じていても具体的な指摘ができていないものや、他者が行った検証方法に対して適切だと判断しているものとした。プレテストにおいてこれらの誤答をした児童は62名であったが、ポストテストにおいては62名中31名が判断の視点や方略を獲得できたと考えられる解答をした。

③視点(iii)について

本観点におけるテスト問題は、問題文中に他者がどのような課題や仮説を実証しようとしたのか、そのためにとった検証方法でどのような結果が得られたのか、そしてどのような解釈のもと結論を出したのかを提示し、その他者が出した結論が科学的に実証されたものか否かを判断させる形式となっている。なお、プレテスト・ポストテストともに、結果の解釈が不適切と判断できるよう問題を設定している。このため、視点(iii)において判断の視点や方略が不十分であったと判定できる誤答を、他者が行った結果の解釈のどこかが不適切なのではと感じていても具体的な指摘ができていないものや、他者が行った結果の解釈に対して適切だと判断しているものとした。プレテストにおいてこれらの誤答をした児童は49名であったが、ポストテストにおいては49名中34名が判断の視点や方略を獲得できたと考えられる解答をした。

4. 考察

プレテストの得点に比べてポストテストの得点が有意に高く、3観点全てにおいて、判断の視点や方略が不十分であったと判断できる解答をした児童の半数以上の児童がポストテストにおいて判断の視点や方略が獲得できたと考えられる解答をした。以上のことから考案した学習指導法は本研究における下位能力⑤「科学的に実証された結論を認識する能力」を育成するための指導法として効果があつたと判断した。これは今まで他者の結論やその過程において何をどのように判断すればよいかわからなかった児童が本実践を通して判断するための視点や方略を獲得したことによると考える。

5. 今後の課題

今後の課題を2点挙げる。第1点は効果検証に用いる評価問題の数・質を上げることである。本研究においてはプレ・ポストテストにおいて各3問で行った。しかし、効果検証の精度を上げるためにはより多くの問題で測定することが望ましい。また、その際にはより質の高い評価問題を用いるべきである。第2点は学習指導法の質の向上を行うこと、及び学習指導法を用いた授業実践がより行いやすくなるよう改良することである。今後、本指導法の課題を再検討し、より洗練された学習指導法を開発していく必要がある。

【注】

- 1) 例えば2008年1月17日の中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」において、子どもの科学的思考力の課題を述べる文脈でPISA2006における「科学的能力」の結果を挙げている。

【引用参考文献】

- AAAS (1990). *Science for All Americans*, Oxford University Press.
- Armstrong, H. E. (1925). *The teaching of scientific method and other papers on education*, Macmillan and Co. Ltd., London.
- Elliott, P. (2006). Reviewing newspaper articles as a technique for enhancing the scientific literacy of student-teachers, *International Journal of Science Education*, Vol. 28, No.11, pp.1245-1265.

- 角屋重樹 (2008) 『小学校理科 確かな学力を育てる PISA 型授業づくり』, 明治図書.
- 川崎弘作, 寺本貴啓, 松浦拓也, 角屋重樹 (2010) 「科学的思考力の評価問題の開発に関する研究 — PISA2006 科学的リテラシーの「科学的能力」に着目して—」『日本教科教育学会誌』, Vol. 32, No. 4, pp.21-30.
- Kolstø, S. D. et al. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues, *Science Education*, Vol. 90, No. 4, pp.632-655.
- Kurn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? *Blackwell handbook of childhood cognitive development*, pp.371-393.
- Lawson, A., E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- 中野栗男 (1965) 『科学的思考力育成の実際』, 東洋館出版社.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*, OECD: Paris.
- 国立教育政策研究所監訳 (2007) 『PISA2006年調査 評価の枠組み OECD 生徒の学習到達度調査』, ぎょうせい.
- 小倉康 (2001) 「科学的な思考」を見極める力をつける」, 『理科の教育』 Vol. 51, No. 8, 日本理科教育学会, pp.16-19.
- 大庭景利, 上好紀代, 西川隆雄 (1971) 「科学的思考力構成要素について」『高知大学学術研究報告』 Vol. 18, No. 1, pp.1-16.
- 大野量平, 井上保, 大内正夫編 (1969) 『理科教育研究』, 東洋館出版.
- Rychen, D. S. & Salganik, L. H. (2003). *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*. Hogrefe & Huber Publishers.
- 立田慶祐 (監訳) (2006) 『キー・コンピテンシー 国際標準の学力をめざして』, 明石書店.
- 猿田祐嗣 (2005) 「TIMSS 論文式問題の分析から」, 『理科の教育』 Vol. 54, No. 7, 日本理科教育学会, pp.16-19.
- Sawyer, R. K. (2006). *The Cambridge Handbook of the Learning Science*, Cambridge University Press.
- 森敏昭・秋田喜代美 (2009) 学習科学ハンドブック, 培風館.
- Sutching, W. A. (1995). The nature of scientific thought, *Science & Education*, Vol. 4, No. 1, pp.1-22.
- 寺川智祐編著 (1995) 『理科教育そのダイナミクス』, 大学教育出版.
- 中央教育審議会 (2008) 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について (答申)」.
- Zechmeister, E. B. & Johnson, J. E. (1992), *Critical thinking: A functional approach*, International Thompson Publishing.
- 宮元博章 (監訳) (1996) 『クリティカルシンキング<入門編>』, 北大路書房.
- Zeidler, D. L. et al. (1992). Fallacies and student discourse: conceptualizing the role of critical thinking in science education, *Science Education*, Vol. 76, No. 4, pp.437-450.
- Zohar, A. & Tamir, P. (1993). Incorporating critical thinking into a regular High School Curriculum, *School Science and Mathematics*, Vol. 93, No. 3, pp.136-140.
- Zohar, A. et al. (1994). The effect of the Biology Critical Thinking Project on the development of critical thinking, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No. 2, pp.183-196.

たかしさんは、学校でたかしさんが信じている論議で議論を始めたことに関するについて議論しました。その内容は下記に示されています。

約1万年前、この地域では大きな地震が発生しました。
 最初は小さなゆれ方でしたが、数秒後にそのゆれはとも大きくなり、多くの人が犠牲にあり、たかしの人もが驚しんど考えられました。

問題
 この地震で被害にあった人々は、地震後にどのようなことを考えていたか。

この地震に関する上の問題は、調べることができますが、下のどちらかを選んで下さい。「調べることをできる」と「調べることをできない」の2つから一つを選んでください。

(調べることをできる 調べることをできない)

「調べ方」 「理由」

資料1 プレテスト用 (視点 i)

世界の場所を調べるものとして、地図と緯線があります。緯線が高いほど気温が低くなることかかっています。さらに気温については、その他にも自然の現象によって影響を受けます。下の地図を見て下さい。

たかしさんは、この地図から、ロサンゼルスと東京は、緯度がほとんど同じなので、年間の気温はほとんど同じであると判断しました。このことから、「東京からロサンゼルスまで飛行機に行くのは、気温が同じくらいだから暑気度で着ているのと同じ程度にば、ちゃんとした着こせやうだね」と考えました。

あなたは、このたかしの考えを信用することができますか、下のどちらかを選んで○をつけ、選んだ理由を書きましよう。

(信用できる どちらともいえない 信用できない)

理由

資料2 プレテスト用 (視点 ii)

冬は石油ストーブなどを使って部屋を暖めます。石油ストーブと煤油ストーブ(A)とから選ぶにしたいとすると、(B)を使うにしたいと希望の中の気温の変化から、両方の家までの気温の変化を調べる必要があります。

たかしさんは、この表の中から、暖かく過ごすためのストーブの置き方は、最も高い温度を維持した方が良いと判断しました。あなたは、このたかしの判断を信用することができますか、下のどちらかを選んで○をつけ、選んだ理由を書きましよう。

(信用できる どちらともいえない 信用できない)

理由

資料3 プレテスト用 (視点 iii)

たかさんの家の近くの公園では、あることが問題になっています。その問題は次のようなことです。

この公園には多くの人がおり、この木を倒してやりたい人達と、木を倒してほしくない人達の意見が押し合っていて、問題になっています。

木を倒してやりたい人達の意見
 公園に木を倒してやりたいことによって、子どもたちが自然を身近に感じることができなくなり、自然を大切にしたいと思っています。

木を倒してほしくない人達の意見
 木があるから公園が、子どもたちが遊ぶ場所がなくなってしまう。公園は子どもたちが遊ぶための場所なのだから、倒れる場所をなくしたほうがいいと思っています。

この二つの意見のどちらが正しいかを調べることはできますか、下のどちらかを選んで○をつけ、「調べることをできる」と「調べることをできない」の2つから一つを選んでください。

(調べることをできる 調べることをできない)

「調べ方」 「理由」

資料4 ポストテスト用 (視点 i)

たかしさんは引っ越しをして新しい家に住み始めました。その家に住み始めてから、たかさんの家族みんなが体調をくずしてしまいました。たかさんの家族では、みんなが体調をくずしたのは、この新しい家から体に悪い物質が出てきているのが原因ではないかと考えました。

この家では、この会社は、調査員が調べた結果をもとに、「体に悪い物質が出てきていないから、この家が原因でみんなが体調をくずしたのではない」と判断しています。あなたは、この会社からの判断を信用することができますか、下のどちらかを選んで○をつけ、選んだ理由を書きましよう。

(信用できる どちらともいえない 信用できない)

理由

資料5 ポストテスト用 (視点 ii)

広島動物園にはたかさんの動物がいます。

広島動物園の飼育員さんは、曜日や天気によって入場者の数が変わることに気づきました。そこで、土曜日と日曜日ではどちらの入場者数が多いか飼育員さんによって調べてもらおうとしました。

調べ方
 それぞれ土曜日、日曜日それぞれ5時間ずつ連続して入場者数を調べて、1日あたりの平均入場者数を出す。

調べた結果

	土曜日	日曜日
1時からの入場者数と天気	321人	晴れ 104人
2時からの入場者数と天気	108人	雨 299人
3時からの入場者数	125人	雨 272人
4時からの入場者数	118人	雨 357人
5時からの入場者数	328人	晴れ 258人
1日あたりの平均入場者数	199人	245人

広島動物園の飼育員さんは、この結果から入場者数が多いのは日曜日だと判断しました。あなたは、この結果をもとにこの飼育員さんの判断を信用してよいと思いますか、下のどちらかを選んで○をつけ、選んだ理由を書きましよう。

信用して (よいと認める よいと認めない よいかわからない)

理由

資料6 ポストテスト用 (視点 iii)