

科学的思考力としての「問題の区別」に関する研究

— 小学校理科における学習指導法の考案 —

川崎弘作・松浦拓也・中山貴司¹

(2013年10月3日受理)

A Study on “Distinction of the Problem” as the Scientific Thinking:
Development of the Teaching Method in Elementary School Science

Kosaku Kawasaki, Takuya Matsuura and Takashi Nakayama¹

Abstract: The purpose of this study is to devise the teaching method to develop the ability to distinguish whether we can investigate the problem. We call it “distinction of the problem”. The teaching method has two features: (1) Letting them distinguish whether they can investigate the problem in a problem setting scene, (2) Letting them use the worksheet about the way of thinking to distinguish the problem. This teaching method was administered to the 64 sixth graders to investigate the availability of this new method. As a result of this research, the score of the post-test is significantly higher than the score of pre-test that measure the ability about “distinction of the problem”. Therefore, the teaching method of this study is effective to development of this ability.

Key words: distinction of the problem, scientific thinking, way of thinking, scaffolding, elementary school

キーワード：問題の区別，科学的思考力，思考の仕方，足場かけ，小学校

1. はじめに

理科教育において、科学的な現象を調査し、仮説を検証するといった科学者のような考え方や、知識構成・創造の過程である「真正な科学 (Consistent with Science)」(Krajcik & Blumenfeld, 2006) を子ども自身に経験させるなど、知識構成・創造の過程で必要な「科学的思考力」の育成を重視する学びが求められている。

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きた (e.g., Lawson, 2002)。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に関する研究

を行っており、現在に至るまで多くの研究者により研究が行われてきている領域である。しかしながら、科学的思考力という思考力に対して研究者が様々な捉え方をしているため、国内外問わずその捉え方には未だに定説はない (Sutching, 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的な規準となる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つである (Rychen & Salganik, 2003)。そして、このような国際的な視点から再考さ

¹ 広島大学附属東雲小学校

れた科学的思考力の捉え方は、その後の科学的思考力研究に大きな影響を与えることとなった。

「科学的能力」は9つの具体的な能力から定義されており (OECD, 2006), その特徴的な能力の1つに、科学とテクノロジーが関連する文脈において、科学者が答えられる種類の疑問や、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能力 (以後、「問題の区別とする」) が挙げられる。しかしながら、この「問題の区別」については、前述の「真正な科学」に欠かすことのできない能力であるにも関わらず、これ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り、未だ研究が十分に行われているとはいえない。このため、本研究では科学的思考力としての「問題の区別」に着目して研究を行う。

理科学習の文脈で、科学者が答えられる種類の疑問や、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能力である「問題の区別」を捉えるならば、ある問題や疑問が調査可能か否か、科学的な理論・法則を使用したり、実験・観察を行ったりして解決できるか否か等の観点から区別できる能力のことを指しているといえる。また、OECD (2006) では、「問題の区別」に関して「与えられた状況において科学的に調査できるような疑問を認識すること」との記述もあり、科学的に調査可能な問題であっても、ある状況・条件下では調査可能でなくなる問題についても区別できることが求められている。以上を整理すると、科学的に調査可能でない問題は (i) 科学的な理論・法則を使用したり、実験・観察を行ったりしても解決できない問題と、(ii) 本来は科学的に調査可能であっても、ある状況・条件下では調査可能でなくなる問題の2種類に大別できるといえる。本能力ではこれらのような問題と調査可能な問題を区別できることが求められているといえる。

一方、「問題の区別」の育成を行う場合、子どもが前述の (i) (ii) の両者の問題と調査可能な問題を区別できるよう学習指導を行う必要があるが、(i) に関する問題を区別するためには、科学の本質、科学哲学等の考え方を獲得している必要があると考えることができ、(ii) に関する問題を区別するためには、自己及び環境等の状況・条件等を把握できることが重要になる。このように、「問題の区別」を育成する際には、その育成のための学習指導のアプローチが (i) と (ii) では異なることが想定でき、(i) (ii) の問題と調査可能な問題を区別できる能力を同時に育成することは困難であると考えられる。そこで、本研究では「問題の区別」の中でも、まずは (ii) に関する問

題と調査可能な問題を区別できる能力に着目した育成研究を行う。

2. 科学的思考力の育成における足場かけ

これまでの多くの研究で、子どもたちは、思考を伴う科学的な学習活動を独力で行うことが難しいことが明らかにされている (e.g., Edelson, 2006)。つまり、ただ単に科学的な学習活動を行わせても、その活動に必要な思考力を学習者に育成することは難しいということである。このような課題を克服するための方法の1つとして、学習者に足場かけ (scaffolding) を行うことが挙げられる。

足場かけとは、Vygotsky の「発達の最近接領域」の考え方が基盤となった考え方であり、Bruner らによってその理論構築及び実験的研究が行われてきた (Wood, Bruner and Ross, 1976)。この足場かけは、教師と学習者だけでなく、学習者同士の相互作用も重視した協同学習等で多く用いられる考え方であるが、教師と学習者の相互作用に着目するならば、足場かけとは、最終的に子ども一人で課題解決を行うことができるよう学習者の課題実行に対して教師が提供する支援といえる (Colins, 2006)。そして、近年では、このような足場かけの考え方に基づいた思考力の育成に関する研究の中でも、科学的な思考を伴う学習活動に取り組ませる際に思考の仕方に関するヒントや助言を与えることによって思考力の育成を目指しているものが行われるようになってきた (e.g., Moje et al. 2004)。なお、この思考の仕方とは、何に着目して思考するか、どのように思考するかといった思考する際の視点や方略を指す。本研究では、このような研究の動向を踏まえ、「問題の区別」の育成に際し、思考の仕方に着目した学習指導法の考案を行う。

3. 研究の目的

本研究では、科学的思考力としての「問題の区別」に焦点化し、この能力を育成するための思考の仕方に着目した学習指導法を考案することを目的とする。

4. 学習指導法の考案

4-1 学習指導法の基本的立場

科学的思考力育成のための思考の仕方に着目した研究として、例えば角屋 (2008), Moje et al. (2004) の研究が挙げられる。角屋は、例えば仮説を設定する

力を育成するために、新事象と既有知識とを関係づけるといふ思考方略に着目し、「今まで学んだことで関係することはないかな？」等の教師による声かけを行うことを推奨している。また、Moje et al. は学習者に科学的な活動を行わせる際に使用するワークシートにデータの解釈の視点等、足場かけとなるようなコメントを挿入することが科学的な思考を育成するために有効な方法であると述べている。これら角屋、Moje et al. の研究では、どのように思考すればよいかわからない学習者に対して、声かけやワークシートの工夫を通して思考の仕方に関する支援を与え、学習者の思考力を育成しようとしている。つまり、科学的思考力の育成に際しては、育成する思考力に対応した学習活動を取り入れるだけではなく、その学習活動を行わせる際に、思考の仕方を与えるという支援も重要となってくるということである。これらのことから、本研究で考案する学習指導法では、「問題の区別」に関する学習活動、つまり問題を区別させる学習活動を取り入れると同時に、学習活動を行わせる際に「問題の区別」についての思考の仕方に関する支援についても言及する。なお、本研究では、前述の知見の中でも思考の仕方に関する支援の方法としてワークシートの工夫について主に着目する。

4-2 考案した学習指導法

扱う問題が調査可能か否かを判断するためには、問題のみを検討しても判断することはできず、問題に対する調査の見通し、つまり仮説及び実験方法を設定し、これらを考慮したうえで検討する必要がある。また、検討する際には、実際に実行してもよい実験か、準備物は用意できるか、自分たちでできる範囲か等の視点に基づき行うことになる。つまり、「問題の区別」を育成するために、調査可能な問題か否かを問題のみで判断させるのではなく、仮説、実験方法と併せて検討させるといふ思考の方略に即した学習活動を設定し、さらに、検討する際の思考の視点を与えるという指導を行うということである。以上を基に、本能力育成のために考案した学習指導法は以下の通りである。まず、単元の初めの授業において、学習内容に関連する疑問を子どもに複数挙げさせ、その中から学習課題として取り組んでいく疑問を選定していくという問題設定場面に着目する。このように問題設定を行う場合、一般的には、子どもに複数の疑問を挙げさせておきながらも、教師の都合で取り上げる疑問を選定してしまうことが多い。本研究では、このような問題設定場面において、教師の都合によって学習で取り上げる疑問を選定するのではなく、調査可能か否かという観点か

ら子ども自身が判断し、調査可能な疑問を学習課題として問題として設定していくという学習活動を意図的に取り入れる。このように、各問題が調査可能か否かを判断させることで、本能力の育成につながると考えた。さらに、判断させる際には、問題のみを基に判断させるのではなく、仮説や実験方法と併せて検討させる。なお、調査可能か否かを判断させる際には、思考の仕方を与えるワークシートを用いた指導を取り入れることにした。

学習指導に用いるワークシートを図1に示す。図1に示したワークシートは、判断する際の思考の方略を獲得させるために、その思考に沿った構造になっており、また、思考する際の視点に対応するコメントも記載している。なお、思考する際の視点については、前述したような多くの視点を一度に獲得させることは困難であるため、授業実践を行う単元で獲得可能と考えられる視点に絞る必要がある。本ワークシートを具体的に説明すると、判断する際の思考の仕方に沿って、調査の見通しを子どもに持たせるために、仮説（予想）及び実験方法を設定する欄、実験に必要な準備物とその理由を記入する欄、調査可能な問題か否かを判断する欄を設けるといふ構造になっている。また、思考する際に必要な視点に対応するコメントとして、効果検証のための授業実践において子どもたちが抽出した視点である「実際に実行してよい実験か」「実際に必要な準備物は用意できそうか」を記載している。つまり、前述したような学習活動を意図的に設定するとともにこのようなワークシートによる足場かけとなる支援を行うことが本研究で考案した学習指導法である。

5. 実践及び効果検証

5-1 実施時期及び調査対象

学習指導実践は、2012年6月に広島県内の公立小学校6年生2クラス計64名を対象に、単元「人の体のつくりとはたらき」全13時間（調査対象の授業は4時間）において行った。

なお、授業実践を行うクラスでは学級担任と理科専科教員によるT.Tにより授業が行われている。このため授業実践に際しては、2クラスの学級担任及び理科専科教員に対して、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ともに、学習指導案を基に具体的な手立てについて打ち合わせを行った。

5-2 指導過程

授業実践を行った単元の全体構成を表1に示す。考案した学習指導法を用いたのは下線で示した第1、2

「食事をすること」に関する次の課題は実験により自分たち自身で調べることができそうか考えよう

課題①.	
予想	
実験方法 (どんな結果になりそうかも書いてみよう)	実験に必要な準備物とその理由
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px dashed gray; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;"> 実際に実行して よい実験かな？ </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div style="border: 1px dashed gray; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;"> チェック </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div style="border: 1px dashed gray; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;"> 実験に必要な 準備物は用意 できそうかな？ </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div style="border: 1px dashed gray; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;"> チェック </div> </div>
課題①は <u>実験により調べる</u> ことが (できそう ・ できなさそう ・ できるかわからない)	
理由	

図1 考案したワークシート

時、第6、7時である。第1、2時においては、「消化、吸収」に関する疑問について、第6、7時においては「呼吸」に関する疑問について、調査する疑問が調査可能か否かを判断させた。学習指導法の効果検証については、まず、授業実践で使用したワークシートの記述を基に質的分析を行い、児童が本学習指導法の狙い通り思考の仕方に沿って問題の検討を行っているかどうか分析する。次に、川崎ら(2010)が開発した評価問題を用いて学習指導法実施前後における本能力に対応する評価問題の得点の変容に関して量的分析を行い、本能力が育成されたか否かを検討する。

5-2-1 第1、2時について

本時の授業の流れを以下に述べる。まず、前項で述べた学習指導法を行う「消化、吸収」に関する問題設定場面において、事前に収集しておいた「消化、吸収」に関する疑問の中から多くの子どもが挙げたもの、及び既定の学習内容から外れないものを3点取り上げた。取り上げた3つの疑問とは「よくかむとご飯は別のものに変えられるのだろうか」「食べたものは体の中のどこを通過しているのか」「体の中のどこで栄養が吸収されているのか」である。次に、「食べたものは体の中のどこを通過しているのか」という疑問だけを取り上げ、調査可能か否かを判断させることを意図した表現である、「この問題は実際に自分たちが実験で調

表1 単元の全体構成

時	学習内容
1 5	第1次(5時間) ○食べ物の変化 ・「消化、吸収」に関する疑問について科学的に調査可能か否かを判断しよう。(1, 2時) ・だ液によるでんぷんの変化を調べよう。(3, 4時) ・食べ物は、口を通ったあと、体の中のどこを通り、どのように変化するのだろうか。(5時)
6 10	第2次(5時間) ○吸う空気とはく息のちがいが ・「呼吸」に関する疑問について科学的に調査可能か否かを判断しよう。(6, 7時) ・吸いこむ空気とはき出す息にちがいがいるか調べよう。(8, 9時) ・空気を吸い込んでからはき出すまでの間、体の中のどこで、どのようなやりとりをしているのだろうか。(10時)
11	第3次(1時間) ○取り入れたもののゆくえ ・血液は、体の中のどこを通り、養分や酸素、二酸化炭素を運んでいるのだろうか。
12	第4次(1時間) ○さまざまな臓器 ・さまざまな臓器は、体の中のどこにあり、どのようなはたらきをしているのだろうか。
13	第5次(1時間) ○ほかの動物を調べよう ・魚の体のつくりはどのようにになっているのだろうか。

べることができるかな」という発問を教師がクラス全体に行った。その後、この発問に答えるためには、仮

説、実験方法等を設定しなければ判断できないことを説明し、子ども自身に仮説、実験方法を設定させた後、クラス全員による話し合いを行わせた。その結果、子どもたちは様々な理由から調べることができないと判断し、その理由を教師が整理することにより、本実践で獲得させる判断するための視点を抽出した。本問題に対して抽出した視点は「実際に実行してもよい実験か」「必要な準備物を用意できるか」の2点である。このため、本実践においては、これらの2点を獲得させたい判断するための視点とした。これらの判断の視点が、前出の図1に示したワークシートに記載されている。そして、本ワークシートを用いて、残りの疑問である「よくかむとご飯は別のもに食べられるのだろうか」「体の中のどこで栄養が吸収されているのか」について、調査可能か否かを判断させた。

その後、第3～5時において、科学的に調査可能であると判断した疑問「よくかむとご飯は別のもに食べられるのだろうか」については実験による問題解決学習を、調査可能でないと判断した疑問「体の中のどこで栄養が吸収されているのか」については調べ学習により学習に取り組ませた。

5-2-2 第6, 7時について

第1, 2時と同様に、「呼吸」に関する問題設定場面において、事前に収集しておいた「呼吸」に関する疑問の中から多くの子どもが挙げたもの、及び既定の学習内容から外れないものを2点取り上げた。取り上げた2つの疑問とは「取り入れた空気は体の中のどこへいっているのか」「吸う空気とはく息では成分が違うのか」である。そして、図1に示したワークシートを用いて、これらの疑問について、調査可能か否かを判断させた。その後、第8～10時において、調査可能であると判断した疑問「吸う空気とはく息では成分が違うのか」については実験による問題解決学習を、調査可能でないと判断した疑問「取り入れた空気は体の中のどこへいっているのか」については調べ学習により学習に取り組ませた。

5-3 調査結果

前述したように、学習指導法の効果検証については、授業実践で使用したワークシートの記述に関する質的分析、評価問題を用いた学習指導前後の得点の変容に関する量的分析を行った。以下、質的分析、量的分析についてそれぞれ述べる。

5-3-1 質的分析

学習指導の狙いは、判断する際の思考の仕方に基づ

き、取り上げた疑問に対して、学習者が調査可能か否か（実験により自分自身が調査可能か否か）を判断させることである。そこで、児童が記入したワークシートの分析の視点として、取り上げた疑問に対して、仮説、実験方法、実験に必要な準備物を記入後、実験により自分自身が調査可能か否かを判断できているかという点に着目した。

まず、「よくかむとご飯は別のもに食べられるのだろうか」という疑問に対し、実験により自分自身が調査可能か否かを判断している児童Aのワークシートの記述を例として図2に示す。

「食事をする」とに関する次の課題は実験により自分たち自身で調べることができそうか考えよう

課題① よくかむとご飯は別のもに食べられるのだろうか	
予想 変わらない	
実験方法 (どんな結果になりそうかも書いてみよう) ご飯をかむ ご飯をかむとご飯は別のもに食べられるのかと どぶんかかむとどぶんかかむとどぶんかかむと どぶんかかむとどぶんかかむとどぶんかかむと どぶんかかむとどぶんかかむとどぶんかかむと	実験に必要な準備物とその理由 ヨリ系液 かんたんにどぶんかかむとどぶんかかむとどぶんかかむと ヨリ系液がある
実験に実行してよい実験かな? <input type="checkbox"/> チェック <input type="checkbox"/> 実験に必要な準備物を用意できそうかな? <input type="checkbox"/> チェック <input type="checkbox"/>	
課題①は実験により調べることが (できそう / できなさそう / できるかわからない)	
理由 食べ物をかんでヨリ系液をつけるだけだから	

図2. 児童Aのワークシートの記述

図2に示すように、児童Aは、判断する際の思考の仕方に即して仮説、実験方法、必要な準備物を記入後、判断するための視点に基づき、本疑問は実験により調査可能であると判断している。

次に、「取り入れられた空気は体の中のどこへいっているのか」という疑問に対し、実験により自分自身が調査可能か否かを判断している児童Bのワークシートの記述を例として図3に示す。

「呼吸すること」に関する次の課題は実験により自分たち自身で調べることができそうか考えよう

課題① 取り入れた空気は体の中のどこへいっているのか	
予想 (まいていって思う)	
実験方法 (どんな結果になりそうかも書いてみよう) ① レントゲンで体の中をみる(息を吐いたり吸ったり) ② ふくろうたけを動かしたりするときに空気がいっている ③ レントゲンで空気の(どっか)通る場所を見つけてみる ④ 息を吐く場所を見つける	実験に必要な準備物とその理由 レントゲン
実験に実行してよい実験かな? <input checked="" type="checkbox"/> チェック <input checked="" type="checkbox"/> 実験に必要な準備物を用意できそうかな? <input checked="" type="checkbox"/> チェック <input checked="" type="checkbox"/>	
課題①は実験により調べることが (できそう / できなさそう / できるかわからない)	
理由 準備物が学校で用意できないし、まいていけない実験だから	

図3. 児童Bのワークシートの記述

図3に示すように、児童Bは、判断する際の思考の仕方に即して仮説、実験方法、必要な準備物を記入

後、判断するための視点に基づき、本疑問は実験により調査可能でないと判断している。

このように学習指導法実施によるワークシートの記述を分析、整理した。その結果、与えられた思考の仕方に基づき判断できていた児童は「よくかむとご飯は別のものに変えられるのだろうか」については64名中63名(98.4%)、「体の中のどこで栄養が吸収されているのか」については64名中55名(85.9%)、「取り入れた空気は体の中のどこへいっているのか」については64名中61名(95.3%)、「吸う空気とはく息では成分が違うのか」については64名中63名(98.4%)であった。

以上の質的分析を整理すると次のようになる。ワークシートの記述より、多くの児童が、取り上げた疑問に対して、仮説、実験方法、実験に必要な準備物を記入後、実験により自分自身が調査可能か否かを判断できていた。このことから、学習指導の狙い通り、判断する際の思考の仕方に基づき、取り上げた疑問に対して、多くの学習者が調査可能か否かを判断することができたと考える。

5-3-2 量的分析

効果検証に用いる評価問題は、川崎ら(2010)が開発した「問題の区別」を測定する問題を2問(資料1, 2)用いた。そして、各問題の難易度の差を考慮して、カウンターバランスの手法を用いてプレ・ポストテストの得点に差があるか否かを検討した。また、カウンターバランスをとるため、各クラスの出席番号の奇数、偶数で児童を2群にわけた。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いる。まず、平均値を表2に示す。

表2 プレ・ポストテストの平均値

		得点
平均値	プレ	1.52
	ポスト	1.93

次に、プレ・ポストテストの得点に統計的に有意な差があるか否かを分析するためにWilcoxonの符号付き順位検定を行ったところ、学習指導前に比べ学習指導後の方が得点が有意に高かった($p < .05$)。

6. 考察

質的及び量的分析をもとに考察する。質的分析より、学習指導の狙い通り、判断する際の思考の仕方に基づき、取り上げた疑問に対して、学習者自身が調査可能

か否かを判断させることができたといえる。また、量的分析から、学習指導前に比べ学習指導後の方が評価問題の得点が有意に高いという結果を得ることができた。これらのことから、考案した学習指導法は「問題の区別」の育成に有効な方法であるといえる。

しかしながら、前述したように、「問題の区別」では(i)科学的な理論・法則や実験・観察によって解決できない問題と、(ii)本来は調査可能であってもある状況・条件下では調査可能でなくなる問題と調査可能な問題を区別できることが求められている。本研究ではこれらの中でも、(ii)に関する問題と調査可能な問題を区別する能力に着目して研究を行った。このため、(i)に関する問題と調査可能な問題を区別する能力の育成については今後の検討課題である。

また、本学習指導法では、「足場かけ」の考え方にに基づき、何に着目してどのように考えればよいかといった思考の仕方に着目した学習指導法を考案した。このような、何に着目して思考すればよいかといった思考する際の視点を与える方法については、先行研究においていくつか考案されてきている(例えば、Moje et al., 2004)。しかし、どのように思考するかといった思考する際の方略についても与えるという方法については未だ研究が十分に蓄積されているとはいえない。今後はこのような方法に着目した研究を蓄積していき、その有効性だけでなく、課題等も明らかにしていく必要があると考える。

【引用・参考文献】

- Collins, A. : Sawyer, R. K. (Ed.) (2006), *Cognitive Apprenticeship, The Cambridge Handbook of the Learning Science*, pp.47-60, Cambridge University Press
- 森敏昭・秋田喜代美(監訳)(2009)：「認知的徒弟制」『学習科学ハンドブック』, pp.41-52, 培風館。
- Edelson, D. C. & Reiser, B. J. : Sawyer, R.K. (Ed.) (2006), *Making Authentic Practices Accessible to Learners: Design Challenge and Strategies, The Cambridge Handbook of the Learning Science*, pp.335-354, Cambridge University Press
- 森敏昭・秋田喜代美(監訳)(2009)：「学習者が取り組みやすい真正実践とは—学習環境のデザインへの挑戦と方略—」『学習科学ハンドブック』, pp.266-280, 培風館。
- 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

