

児童の見通しを支援する教材と学習活動の展開

－小学校理科学習指導における課題－

山崎 光洋

小学校理科では、今回の学習指導要領の改訂で、見通しをもった観察、実験を通して、実感を伴った理解を図ることが求められた。しかし、児童が見通しをもったり理解につながるような観察、実験を行ったりすることは難しい。本稿では、小学校理科学習指導の実践場面での問題を具体的に指摘した上で、児童が見通しをもち見通しに沿って観察、実験を進めることができるよう児童の見通しを支援する教材や学習活動の展開について提案する。

Keywords：小学校理科学習指導、見通し、教材、学習活動の展開

1. はじめに

平成23年度から全面実施される小学校学習指導要領において、小学校理科の目標は「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」¹⁾と示された。この目標は、平成元年に告示された「自然に親しみ、観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」²⁾という目標に、平成10年に告示された学習指導要領で「見通しをもって」が加わり³⁾、そして、平成20年に公示された学習指導要領で「実感を伴った」が付加されたものとなっている。

今回の改定で理解に「実感を伴った」が付加された意味について、小学校学習指導要領解説理科編では、第1に「具体的な体験を通して形づくられる理解」、第2に「主体的な問題解決を通して得られる理解」、第3に「実際の自然や生活との関係への認識を含む理解」という3つの側面から説明している⁴⁾。

第3の「実際の自然や生活との関係への認識を含む理解」が一つの側面として取り上げられている理由は、近年の国際学力調査や国内調査で理科を学ぶことの意義や有用性を感じている児童生徒の割合が低かったことにある。「国際数学・理科教育動向調査」

(TIMSS2003)の理科・中学校第2学年の質問紙の結果では、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」という質問に対して肯定的な回答「強く思う」と「そう思う」を合わせた割合が約5割と国際平均値の約8割を大きく下回っている⁵⁾。また、国内における平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査の児童生徒質問紙の結果では、「理科を勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ。」という設問に対して肯定的な回答「そう思う」と「どちらかといえばそう思う」を合わせた割合は、小学校第5学年で約6割、中学校第3学年で4割にとどまっている⁶⁾。

では、第1と第2の理解についてはどうだろう。

第1の「具体的な体験を通して形づくられる理解」の具体的な体験とは、小学校では主に観察、実験、栽培、飼育、ものづくりなどの活動を指している。昭和43年に告示された小学校学習指導要領理科の目標に「観察、実験などによって」と記述されて以来、観察、実験などを行うことは目標の中に示され続けている。それなら、目標に示されていても実際の学校現場では、観察、実験が行われていないかといえそうともいえない。前出の平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査の教師質問紙の結果では、「実験を積極的に取り入れた授業を行っていますか。」という設問に対して約7割の小学校教師が「行っている方だ」と回答し、「どちらかといえば行っ

岡山大学教師教育開発センター 700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

Development of Materials and Learning Activities Supporting Children's Views: Challenges in Teaching Elementary School Science

Mitsuhiro YAMASAKI

Center for Teacher Education and Development, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama city 700-8530

ている方だ」と合わせるとほとんどの教師が肯定的な回答をしている⁷⁾。また、「観察を積極的に取り入れた授業を行っていますか。」の設問に対しても、肯定的な回答した教師が約8割から9割に達している⁸⁾。「具体的な体験を通して形づくられる理解」が一つの側面として取り上げられているのは、これまで同様に観察、実験などを重視した学習指導の重要性を示しているといえる。しかし、観察、実験などの具体的な体験は行われているが、それらが必ずしも理解につながっていないという課題が指摘されているととらえることもできる。

「主体的な問題解決を通して得られる理解」については、児童自ら問題意識をもち、見通しをもって観察、実験を中心とした問題解決の活動に取り組むことの重要性を示している。「見通しをもつ」とは、問題に対して予想や仮説、構想をもつことを指している。予想をもって観察、実験などを行うことは、それまでも行われていたことである。しかし、前述したように平成10年に告示された学習指導要領から小学校理科の目標に「見通しをもった」が付加された意義は、「自然の事物・現象の性質や規則性、真理などの特性に対する考え方が転換されたことにある。自然の特性が自然そのものがもつ絶対的なものではなく「人間の創造の産物」と位置付けられたのである⁹⁾。このことにより、観察、実験を行うことを目的にしたり、自然の事物・現象の中にある答えを見つけるために観察、実験を行ったりするのではなく、自らの予想や仮説を検討するための手段として観察、実験を行うという目的から学習活動の展開を見直さざるをえなくなったのである。「主体的な問題解決を通して得られる理解」が一つの側面として取り上げられているのは、見通しをもった観察、実験が十分に行われていないという課題が指摘されたものとしてとらえることができる。

このように小学校学習指導要領理科の目標に「実感を伴った」が付加された背景や意味を考えれば、小学校理科学習指導における様々な課題が見えてくる。特に第1と第2の理解の側面から見えてくる課題には、見通しをもって具体的な体験としての観察、実験を行うことを授業として実現することの困難さが前提にある。この困難さを克服するためには、実践的な学習場面での問題の所在を探るとともに、問題を解決するための教材や学習活動の展開を検討していく必要がある。本稿では、実践場面での小学校理科学習指導の具体的な問題を指摘した上で、児童が見通しをもって観察、実験ができるような教材や学習活動の展開について提案することにする。

2 実践場面での具体的な問題

児童が見通しをもったり見通しに沿って観察、実験を行ったりすることを困難にしている原因の一つは、児童が見通しをもつために必要な根拠をもたないことである。児童に疑問や問題を解決するための見通しをもたせるには、これまでの生活経験や学習経験を根拠にしたり、今ある自然の事物・現象の中から見つけた事実を根拠にしたりできるようにする必要がある。しかし、実際に行われている授業では、生活経験や学習経験が見通しをもつための先行経験として位置付けられていなかったり、自然の事物・現象の中から手がかりとなる事実を十分にとらえさせていなかったりする状況が見られる。

まず、生活経験や学習経験が見通しをもつための先行経験として位置付けられていないために、困難な状況が生じた二つの実践場面を例に具体的な問題を指摘する。

一つの例は、第5学年の植物の発芽、成長に関する指導内容を扱った実践場面である。この内容を扱う授業では、植物の発芽と成長に必要な条件を予想させ、それらを調べる観察、実験を行わせる。学習指導要領には、「植物の発芽には、水、空気及び温度が関係していること」「植物の成長には、日光や肥料などが関係していること」などが内容として示されている¹⁰⁾。授業では、植物の成長の順にしたがって、発芽の条件を調べた後に成長の条件を調べるという学習活動が展開される。発芽の条件について調べた児童に植物の成長に必要な条件を予想させると水、空気、温度、日光、肥料などが条件として出される。ここで生じる問題は、児童が予想する水、空気、温度を成長に必要な条件として改めて観察、実験の対象とするかどうかである。小学校学習指導要領解説理科編には、「ここでの指導に当たっては、発芽の条件と成長の条件について混同しやすいので、発芽と成長の意味を観察、実験を通してとらえるとともに、条件については、変える条件と変えない条件を区別し、その操作と関連付けてその意味をとらえるようにする。」¹¹⁾と述べられている。5つもの条件を観察、実験の対象にすると、児童が変える条件と変えない条件を制御するのは困難である。観察、実験に多くの時間を費やすことになり、混乱が生じる。児童は小学校第1、2学年の生活科でアサガオなどの花や野菜を栽培し、第3学年の理科で植物の育ち方には一定の順序があることを栽培を通して調べている。また、第4学年では、植物の成長と気温との関係を調べている。これらの学習経験を基にすれば、発芽に必要な水や温度が植物の成長にも必要であると考えerことは容易である。さら

に、自分たちの生活経験を基に考えると発芽に必要な空気は植物が成長し生きていくためには必要だと考えることもさほど困難ではない。このように、学習経験や生活経験を先行経験として位置付ければ、水、空気、温度は、植物が成長するために必要な条件として観察、実験で検証する必要のないものとして見通しをもたせることができるはずである。これとは逆に、発芽の条件を調べた学習経験を先行経験として位置付ければ、日光や肥料を植物が成長するために必要な条件として観察、実験で検証する必要があるものとして見通しをもたせることができる。アサガオの鉢を日当たりのよい場所に置いたり肥料を入れて土作りをしたこれまでの栽培の経験を根拠にして日光と肥料が発芽に必要な条件として予想した児童にとって、日光と肥料が発芽には関係なかったという結果は、意外だったはずである。これまでの栽培経験と発芽の条件を調べた学習経験を先行経験として位置付ければ、植物が成長するときこそ日光や肥料が必要なはずだという見通しをもたせることができる。児童から出された予想を同等に扱うのではなく、これまでの学習経験や生活経験を先行経験として位置付けて予想を整理することで、根拠のある見通しをもたせることができるはずである。

もう一つの例は、第5学年の電流の働きに関する指導内容を扱った実践場面である。この内容を扱う授業では、電磁石の強さにかかわる条件を調べる観察、実験を行わせる。学習指導要領には、「電磁石の強さは、電流の強さや導線の巻き数によってかわること。」が内容の一つとして示されている¹²⁾。電磁石の強さにかかわる条件として、導線の巻き数は、児童自身が導線を巻いて電磁石を作成していれば、容易に着目できる条件である。しかし、もう一つの条件である電流の強さに関しては、乾電池の数には目が向くものの電流の強さとして着目されることは少ない。それでも、多くの場合は、教科書に示されているように回路に電流計を入れて電流の強さを測定し、乾電池の数を増やすと電磁石の強さが変わることを調べる実験が行われている。しかし、乾電池の数を増やしてもそれほど電流の強さは変わらないために、児童が期待するほど電磁石は強くないという問題が生じる。最初から電流の強さに着目して、電磁石の強さの変化を調べていけば、電流の強さと電磁石の強さの関係をとらえやすくなったはずである。児童から乾電池の数を増やすと電磁石が強くなるという予想が出された段階で、乾電池の数を増やす方法には直列つなぎと並列つなぎの二つがあったという第4学年の学習を想起させ、乾電池を直列つなぎにすれば電流が強くなり豆電球やモー

ターの明るさや回転数が増したことを根拠に、電磁石が強くなることを予想させれば、問題なく電流の強さに着目した予想をすることができる。第4学年の学習経験を先行経験として位置付ければ、それを根拠にして電流の強さと電磁石の強さとの関係に着目して見通しをもたはずである。

次に、自然の事物・現象の中から手がかりとなる事実をとらえさせることによって、それを根拠に見通しをもったり見通しにそった観察、実験を行うことができた岡山県教育センターが報告した実践場面を例に具体的な問題を指摘する。

この実践場面は、第5学年の流水の働きに関する指導内容を扱ったものである。この内容を扱った授業では、校庭の土山などに水を流し、流水によって土地の様子がどのように変化するかを調べる観察、実験を行わせる。学習指導要領には、「流れる水には、土地を浸食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりする働きがあること。」が内容として示されている¹³⁾。この授業では、一度の観察、実験で、流れる水によって地面が削られる様子や削られた石や土が水に流される様子、流された石や土が積もる様子をとらえさせようとする場合が多い。しかし、ただ観察するだけでは、これらの水の働きをとらえることは難しい。実践場面では、一度めに自由な発想で観察、実験をさせて、水の流れを変えるための支流を作ったり、水の力を確かめるために木の枝を立てたり、木や土を積もらせよう流れの中にダムを作ったりする中で傾斜や曲がり方による水の流れる速さの違い、作った溝の形の変化、土や小石の動き、小石などが積もっている場所などの事実をとらえた児童に二度目の観察、実験を行わせると、流れる水の速さが変わるように溝を作ったり、曲がる角度を変えた複数の溝を作って比べたり、水の流れの速さや量を想定して大きさの違う小石をあらかじめ配置して動きを確かめたりするなど、見通しをもった意図的な働き掛けが十分に行われるようになっている¹⁴⁾。この実践場面から分かるように、水の働きを調べるという目的があっても、それだけでは不十分で、何をどのように調べるのかを明確にするためには、自然の事物・現象から見通しをもつために必要な事実を手がかりとしてとらえさせる必要がある。このような事実を手がかりにしないで観察、実験を行えば、学習活動が混乱したり、観察、実験から期待した結果を得ることができなかつたりすることになりかねない。

児童が見通しをもったり見通しに沿って観察、実験を行ったりすることを困難にしている原因の一つが、児童が見通しをもつために必要な根拠をもたない

ことであることはすでに述べた。しかし、根拠を与えたからといって必ずしも見通しをもつことができるとは限らない。ここでも岡山県総合教育センターが報告した実践場面を例に具体的な問題を指摘する。

この実践場面は、第4学年の金属、水、空気と温度に関する指導内容を扱ったものである。この内容を扱った単元では、加熱した水の様子や温度の変化を調べる観察、実験が行われる。水を加熱して1分または2分ごとに測定した温度を記録し、グラフに表すというのが一般的である。教科書では、水の温度は何度まで上がるか、あるいは、水の温度はどのように変わるかを問うて、問題意識をもって観察、実験ができるようにしようとしているものもあるが、根拠をもたない児童にとって予想は困難である。本実践場面では、グラフを活用して、どの程度の温度測定データがあれば、それを根拠に温度変化を予測できるかを調査している。

この調査では、ビーカーに入れた水を沸騰するまで加熱し、その様子を観察した児童に、図1のように、加熱し始めて4分後（調査用紙A）、7分後（調査用紙B）、10分後（調査用紙C）までの水の温度変化（児童が行う実験と同じ条件で測定した実測値）をあらかじめ記入した3種類のグラフ用紙を配付し、それぞれに続く温度を予測させ、グラフに記入させている。

各調査用紙で、もっとも多かった児童の予測は図2のようになっている。

4分後までのデータを基にした児童の予測でも、約3分の1の児童が図2の調査用紙Aのようにグラフ用紙に合わせて17分後に150℃になるよう温度変化を予測している。この傾向は調査用紙BとCでも見られる。また、温度の上昇が止まっている調査用紙Cにおいて、図2のようにこの後も温度が上昇

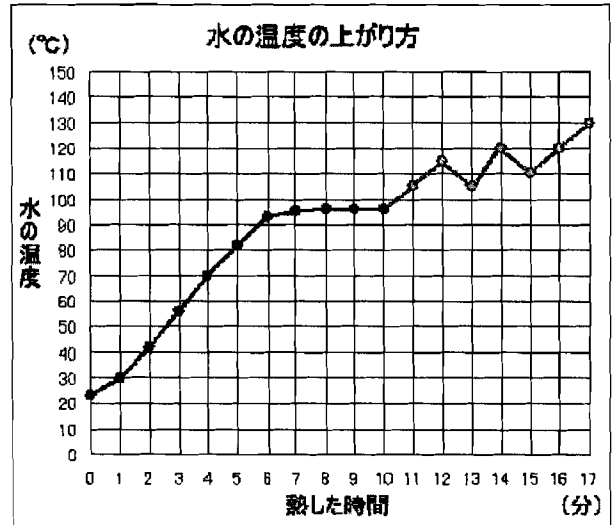


図3 児童の予測したグラフ

すると予測した児童は7割を超えており、このまま温度がほぼ一定になると予測した児童は数名にとどまっている。また、本調査では、図3に見られるように、あらかじめ記入されている温度変化が滑らかであっても、温度を不規則に上下させながら変化を予測している児童が4割程度いる¹⁵⁾。

途中まで示された加熱したときの水の温度変化を基にすれば、児童はその後の温度変化をある程度予測できると考えたい。しかし、この実践報告を見ると、グラフに示された測定結果が必ずしも児童の予測につながっていないことが分かる。むしろ、児童の加熱した水の温度は上昇し続けるという見方や考えの方が強く影響している。安易に根拠を与えたからといって、自らの予測に生かせなければ、見通しをもった観察、実験が行われるとは限らないということである。この報告では、観察、実験を行って実際に加熱したときの水の温度変化を調べた児童に対して、3週間後に調査紙Cを使って同様な調査を行っている。その結果を見ると、約2割の児童が水の温度が上昇するグラフを記入している。実際に現象を体験していても、グラフによる測定結果は予測に生かされなかったということになる。

3 児童の見通しを支援する教材や学習活動の展開

ここでは、児童が見通しをもったり見通しに沿って観察、実験を行ったりすることを支援するための教材と学習活動の展開について、実践場面を基に述べる。

ここに示す例は、第6学年のこの規則性に関する指導内容を扱った実践場面である。この内容を扱う授業では、力の加わる位置や大きさを変えて、この仕組みや働きを調べる観察、実験を行わせる。

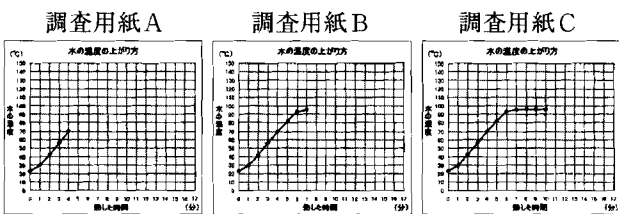


図1 授業実践で使用した調査用紙

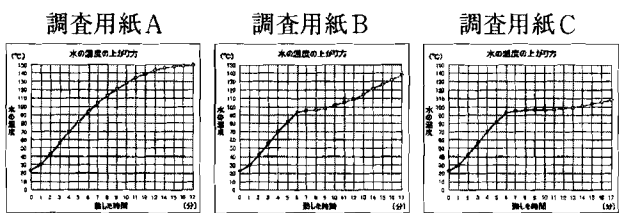


図2 各用紙に対する児童の予測

学習指導要領には、「力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらに規則性があること。」「身の回りには、てこの規則性を利用した道具があること。」などが内容として示されている¹⁶⁾。この授業では、てこの規則性を調べる学習活動が、一般的に次のように展開されることが多い。

- ① 棒を使って重い物を持ち上げ、てこの働きを体感する。
- ② てこを使って、力を加える位置（力点）と物をつるす位置（作用点）の棒を支える位置（支点）からの距離を変えて、それらと物を持ち上げるために必要な力の大きさとの関係を調べる。
- ③ 実験用てこを使って、てこが水平につり合うときのきまりを調べる。

この実践場面の一つ目の問題は、棒を使って重い物を持ち上げたり力点と作用点の支点からの距離と加える力の大きさとの関係を調べたりする学習活動が、実験用てこを使って水平につり合うときのきまりを調べる学習活動につながりにくく、見通しをもった問題解決の活動になりにくいことである。

その原因として、次のことが挙げられる。

- ・てこの働きを体感する目的で使用する大きなたてこは、物を持ち上げようという意識が働きすぎて、てこの働きの変化を調べる観察、実験には適しているとはいえない。
- ・実験用てこは、つり合わせることを目的として使用されるため、物を持ち上げるというそれまでの学習展開との関係が曖昧になる。
- ・棒で物を持ち上げる場合は手で棒の上から押さえるようにして力を加えるが、実験用てこではおもりによって腕を下に引き下げのように力が加わる。
- ・てこに加える力を手からおもりに置き換えるという考え方が理解しにくい。

二つ目の問題は、実験用てこがつり合ったときの条件を関係式にまとめることでてこの規則性を理解させているため、児童が関係式を十分に理解できていないことである。前出の平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査のペーパーテスト調査で、てこがつりあうときの規則性を式に表す問題の通過率が38.1%と低かったことがそのことを示している¹⁷⁾。

そこで、まず一つ目の問題を解決するために、てこの働きを体感する目的で使用する大きなたてこ実験用てこの間に、体感する目的で使用するてこをサイズダウンしたてこを使用し、次のように学習活動を展開することを提案したい。

- ① 棒を使って重い物を持ち上げ、てこの働きを

体感する。

※通常は、重い物として5Kgから10Kgの砂袋などを用いることが多いが、ここでは2Lのペットボトル2本を束ねたものを用いる。

- ② サイズダウンしたてこを使って、力点と作用点の支点からの距離を変えて、それらと物を持ち上げるために必要な力の大きさとの関係を調べる。

- ・市販されている木製の丸棒（長さ90cm、直径25mm）にフィルムを巻いて安全対策したものを棒として用い、持ち上げるおもりとして水を入れた500mlのペットボトルを用いる。

- ・力点と作用点の支点からの距離を変えたときの手応えの変化で、加える力の大きさの変化をとらえる。

- ・力点にひもを掛け、ひもを下に引くことでおもりを持ち上げ、手応えの変化を調べる。

- ・力点に水を入れた350mlのペットボトルをつり下げて棒を水平につり合わせ、おもりの重さより軽いおもり（小さな力）でつり合わせることができることを確かめる。

この学習活動の展開のポイントは、サイズダウンしたてこを使用することである。このてこは、力点と作用点の支点からの距離を変えたときの手応えの違いを意外と大きく感じることができる。そのため、物を持ち上げるよりも手応えの違いを調べることを強く意識させることができる。また、手応えの違いを力点にひもを掛けて調べさせることで、力を加える力点を点に近い位置として意識させたり、実験用てこ力を加える方向が一致するため児童にとって実験用てこを使用する意味を理解しやすしたりできる。また、ひもで下に引く代わりに容量の小さな水入りペットボトルを棒につるし棒を水平につり合わせる活動をさせることで、小さな力で重い物を持ち上げたときの手応えを視覚的にとらえることができる。さらに、つり合わせた二つのペットボトルの重さを実際に計量させることで、棒を下にひく力を重さで表すことができることを体験させることもできる。

次に二つ目の問題を解決するために、実験に使用したおもりではつり合わせることができなかった実験用てこの力点に、つり合わせるのに必要なおもりを作らせ、そのおもりを使っててこがつり合うかどうか確かめる学習活動の展開を提案したい。

例えば、実験用のてこの左腕の3の位置に20gのおもりを2個つるした場合、右腕の1の位置におもりを6個、2の位置に3個、3の位置に2個、6の

位置に1個のいずれかでてこを水平につり合わせる
ことができる。通常は、右腕の4、5の位置はつり合
わないことだけを確認する。てこを傾ける働きと力
を加える位置や力の大きさとの関係に気付いた児童
に、右腕の4、5の位置でつり合わせるおもりを作る
ことができないか問い掛け、自分たちでつり合わせ
るためのおもりがいくらの重さであればよいか考え
させる。チャック付きの小さなポリ袋に砂を入れて
必要な重さのおもりを作らせ、それぞれの位置につ
りしてつり合わせるができるか確認させる。つり
合った条件からだけ関係を見るのではなく、関係
からつり合わせるための条件をつくるという体験
が、関係式を理解するためには必要だと考える。ポ
リ袋に砂を入れたおもりは、簡単に重さを変えるこ
とができる。また、市販のおもりではつり合わせる
ことができなかった位置に自らがおもりを作るとい
う目的は、児童の学習活動への必然性をもたせるこ
とができる。さらに、計算がやや苦手な児童であっ
ても、4と5の両側の位置でつり合った重さが分か
っているため、見当をつけやすく見通しをもって活
動できる。

4 おわりに

児童が見通しをもったり見通しに沿って観察、実
験したりできるようにするためには、見通しの根拠
が持てるように支援する必要がある。しかし、根拠
があれば必ず見通しがもてるわけではない。生活経
験や学習経験を先行経験としたり、自然の事物・現
象の中からとらえた事実を手がかりにしたりしたり
できるようにすること、また、根拠となる経験や事
実を整理することが大切である。しかし、最も重要
なことは、児童の発想を大切にしながらも、児童に
とって分かりやすい教材と学習活動の展開を提供す
ることを常に心がけることが、児童の見通しを支援
することにつながるのではないかと考える。

引用参考文献

- 1) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」
大日本図書、2008年、p.7
- 2) 文部省「小学校指導書理科編」教育出版株式会
社、1989年、p.8
- 3) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」
東洋館出版社、1998年、p.9
- 4) 上掲書1), pp.9-10
- 5) 文部科学省「小学校理科・中学校理科・高等学
校理科指導資料—PISA2003(科学的リテラシー)
及びTIMSS2003(理科)結果の分析と指導改善
の方向—」東洋館出版社、2005年、p.117
- 6) 国立教育政策研究所教育課程研究センター「平
成15年度小・中学校教育課程実施状況調査質問
紙調査集計結果—理科—」[http://www.nier.
go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm), 2005年、
p.6
- 7) 同上、p.48
- 8) 同上、p.51
- 9) 上掲書3), p.11
- 10) 上掲書1), p.48
- 11) 上掲書1), p.49
- 12) 上掲書1), p.47
- 13) 上掲書1), p.51
- 14) 岡山県教育センター「児童の観察、実験を行
う力を育てる学習指導の在り方」研究紀要第258
号、2005年、pp.6-8
- 15) 岡山県総合教育センター「自然の事物・現象
の特徴や規則性を読み解く力を育てる学習指導
方法の工夫」岡山県総合教育センター研究紀要
第1号2008年、pp.50-51
- 16) 上掲書1), p.58
- 17) 国立教育政策研究所教育課程研究センター「平
成15年度小・中学校教育課程実施状況調査ペー
パーテスト調査集計結果」[http://www.nier.
go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm), 2005年、
p.35