

児童・生徒の科学的記述力を育成するための 学習指導法開発(5)

兼重幸弘*・田代見二*・横倉康浩**・小石紀博*・阿部直人**・火宮一功**・
衣笠高広***・小林博典***・山本智一****・中山 迅***

Development of Science Teaching Methods for Fostering Students' Scientific Descriptive Power (5)

Yukihiro KANESHIGE*, Kenji TASHIRO*, Yasuhiro YOKOKURA**,
Norihiro KOISHI*, Naoto ABE**, Ikkou HINOMIYA**,
Takahiro KINUGASA***, Hironori KOBAYASHI***,
Tomokazu YAMAMOTO****, Hayashi NAKAYAMA***

I. はじめに

平成20年（高等学校は21年）に告示された新しい学習指導要領においては、すべての教科において言語活動の充実が求められている。これに先立つ中央教育審議会の「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）」では、今回の学習指導要領の柱として、第1に言語活動の充実、第2に理数教育の充実をあげている。「子どもたちの思考力・判断力・表現力等を育むためには、レポートの作成や論述といった知識・技能を活用する学習活動を各教科で行い、言語の能力を高める必要がある。」とあり、レポートの作成や論述などの知識・技能を活用する学習活動などを行うことが述べられている。この背景にはPISAやTIMSSの結果や国内の教育課程実施調査の結果などから、日本の児童生徒に示された以下の課題が影響している。

- 科学的に解釈する力や表現する力が不十分（PISA調査）
- データの読み取り、解釈力の不足（TIMSS調査）
- 結果と考察の区別が不十分（TIMSS調査）
- 多面的に事象をとらえることが苦手（TIMSS調査）
- 「科学的な思考力」の問題などに課題がある（平成15年度中学校教育課程実施状況調査）

このような実態を踏まえて、本研究では、2006年度（隈元・福松・岡田・中山・山口・小石・兼重，2007）から毎年行ってきた児童生徒の科学的記述力の育成の研究を継続し、宮崎大学教育文化学部附属小学校、附属中学校、教育文化学部、教育学研究科と連携しながら、各発達段階に応じた、科学的記述力を育成するための学習指導法開発を行ってきた。特に本年度は「根拠を明確にした記述力の育成」「粒子的な見方・考え方の育成」の2つを中心に研究を行った。本論文では、そこで得られた学習指導法に関する知見を報告する。

* 宮崎大学教育文化学部附属小学校

** 宮崎大学教育文化学部附属中学校

*** 宮崎大学大学院教育学研究科

**** 宮崎大学教育文化学部

II. 宮崎大学教育文化学部附属中学校の実践事例

1. 論理的な表現を用いて発表させる指導～言語活動の充実に向けて～

言語活動を充実させるためには、自分の考えていることを相手に分かりやすく伝える表現方法を意識させることが大切である。つまり、論理的な表現を用いて、発表するということである。例えば、「私はこう思います。なぜなら～だからです。」とか、「～さんの意見に付け加えます。その理由は……だからです。」となる。また、班内の意見交換においては、ワンフレーズや単語のみのやり取りにならないように注意を払ってきた。



図1 発表の場面

また、これらの表現方法を意識させるためには、ノートの活用を意識した授業を行った。更に、本校理科で行っている「結果」と「考察」をしっかりと分けて記述していくことも必要となってくると考える。

2. 結果や考察におけるノートの活用

単元の学習後、興味のあることを各自で調べた。それらをノートにまとめ、班内で伝え合う授業を行った。また、班内で評価の高かったものについては、拡大モニタを用いて、全体に対して発表を行った。この際にも、表現方法に注意して、発表を行った。



図2 ノート活用の場面

結果と考察を班で検討することで、各自が伝えたいことがきちんと相手に伝わっているのかを確認した。具体的には、相手の意見を読み取り、付箋紙に記入して、自分のノートに添付した。その後、班内で意見交換を行い、各自の考察を改善していった。

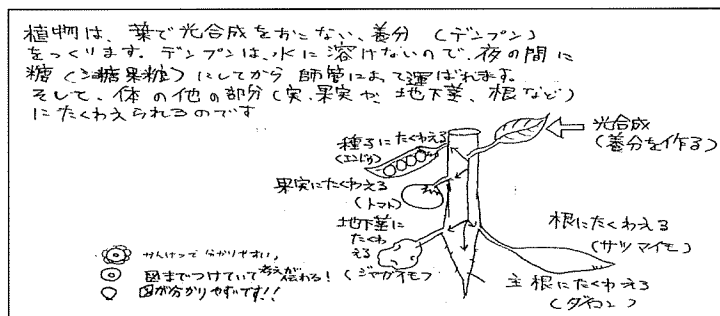


図3 班内で交流した生徒のノート

3. 日常生活を生かした教材の工夫～日常生活を生かした教材～

植物の分類を行うにあたり、身近な題材として野菜の分類を行った。自分たちの知っている野菜を挙げていき、それらをどのように分類するか意見を出し合った。次に、それぞれの野菜が植物のどの部分を食べているのかを発表した。その後、それぞれの野菜を班ごとに調べてい

き、細かく分類をしていった。この授業を通して、既習事項と関連付けながら身近な野菜を分類することができたので、日常生活と理科を関連付けることができた。

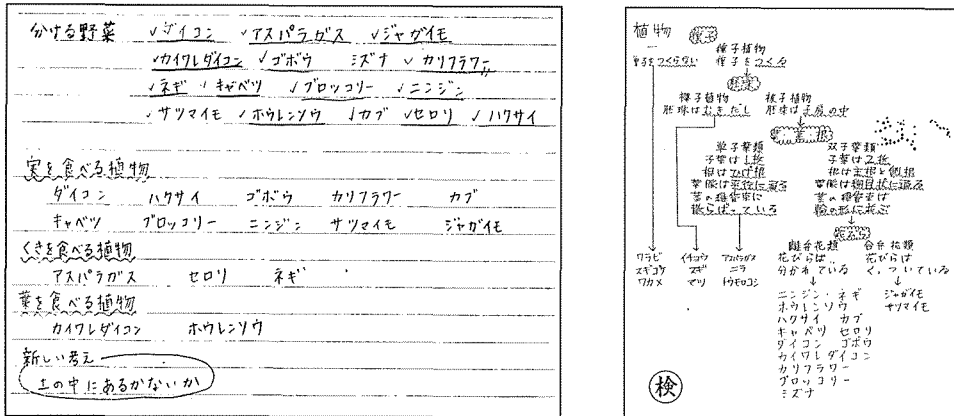


図4 班で分類した生徒のノート

4. コラム型テキストや科学的記事の読解指導～確かな力を身に付けさせる教材の工夫～

言語活動を意識しながら、生徒の学力を高めるために、コラム型のテキストを読み取り、分かったことを自分の言葉でまとめていく作業を重ねていった。その際、未知の事項や、既習事項をさらに発展させた内容をテキストとして扱った。

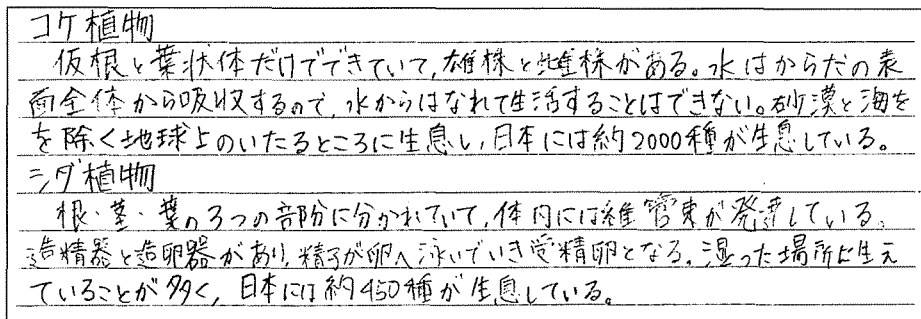


図5 わかったことを自分の言葉でまとめた生徒のノート

5. モデル実験における対応表を使った指導

自分の考察をしっかりと相手に伝える力や相手の考えを高めるような意見を述べる力をつけるように、「電流のはたらき」の単元で「抵抗を1つ増やしたら、電流は流れにくくなるのか」という質問を基に、自らの予想を確かめる授業を行った。1つの抵抗の電流の大きさより並列に2つの抵抗をつないだほうが電流は大きくなるという結果は、生徒の予想に大きく反する。しかし、電子の流れということは、目に見えない事象であるから、粒子概念を形成しやすいように、小さな球を電子、穴の開いたコップを抵抗としたモデルを各班に用意した。このモデルの1つ1つが何に対応しているのかをしっかりと確認させるために対応表を準備し、モデル実験と実際に起こっている事象とがリンクできるようにした。

表1のような対応表を授業では用いた。生徒は、電圧が粒を落とす高さということが最初は考えにくい。対応表を用いた学級と用いなかった学級では、考察で自分の言葉で表現する場面において大きく差が出ていた。

表1 実際とモデルの対応

実際	モデル
電子	白い粒
電圧	粒を落とす高さ
電流	粒の数
抵抗の大きさ	コップの底面の残り

6. 結果や考察におけるノート指導

(1) 結果の記入方法

全員が共通の表を用いたことで考察の導入をしやすくした。その際、1つの時の電流の大きさをしっかりと記入させた。

最初の抵抗	1つの時の電流の大きさ	増やした抵抗の大きさと電流の大きさ	
		直列の時	並列の時
30Ω	170mA	30Ω 90mA	30Ω 300mA
10Ω	500mA	10Ω 250mA	10Ω 900mA
40Ω	125mA	40Ω 65mA	40Ω 220mA

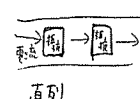
図6 実験結果の表現例

(2) 授業のノートの考察の部分


考察の場面で自分の言葉を用いて本事象を表現し、それぞれが自分の最も分かりやすい表現で本事象を説明できていた。

考察1.
抵抗を1つ増やすと、直列に付いた時、電流は流れる数になり、並列に付いた時は、流れる数が増える。

考察2.
直列の場合、一直線上に抵抗が2つあることになり、抵抗が1つの時より流れる数減る。
しかし、並列の場合、分岐点が2つあることになり、1つの抵抗があることになり、また、電流は2つに分岐点から流れるから、その分、1つの抵抗に流れる電流が少なくなったり、抵抗が1つの時より流れる数減る。

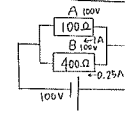


直列

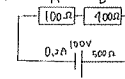


並列

問題
電球 A B がある。
それぞれ 100V に付くと、A が 100W、B が 25W である。
A、B を並列に付けたら 100V が付くと、A は 100W、B は 25W である。
A、B を直列に付けたら、100V の電源に付くと A、B は 5W になるか？



★ 並列回路のときの電流
A → 100V ÷ 100Ω = 1A
B → 25V ÷ 100Ω = 0.25A
★ それぞれの抵抗
A → 100V ÷ 1A = 100Ω
B → 100V ÷ 0.25A = 400Ω



★ 直列回路のときの電流
全体の抵抗 = 100Ω + 400Ω = 500Ω
全体の電流 → 100V ÷ 500Ω = 0.2A
★ それぞれの電圧
A → 100Ω × 0.2A = 20V
B → 400Ω × 0.2A = 80V
★ それぞれの電力
A → 0.2A × 20V = 4W
B → 0.2A × 80V = 16W

↓
直列回路のときは、7-1 抵抗高い方が
明るい!!
従って... B が明るい。

図7 考察の表現例

7. コラム型テキストや科学的記事の読解指導

平成20年度から平成22年度（平成22年度は3回目まで実施）まで定期テスト（年5回実施）に併せて、科学的記事を活用して生徒の意見を記述させ、抽出・解釈・表現の状況を把握する取組を行った。ここでは、各学年の第1回の結果を円グラフで示す。

【第1学年第1回】 “大地震をカエルが予知？＝数十万匹が大移動—中国四川省”

- 【設問1】 あなたはカエルが地震を予知したという記事に（ ）
- A…賛成（同意）、中立、反対（不同意）が明確に記述されている。
 - B…明確ではないが、立場が記述されている。
 - C…感想など立場が記述されていない。
 - D…無解答

- 【設問2】 ☆その理由は（ ）
- A…Bに加えこれまでの経験・体験から具体的事例を元に理由が述べられている。
 - B…文章の内容を正確に抽出して理由を述べている。
 - C…感想などを述べている。
 - D…無解答

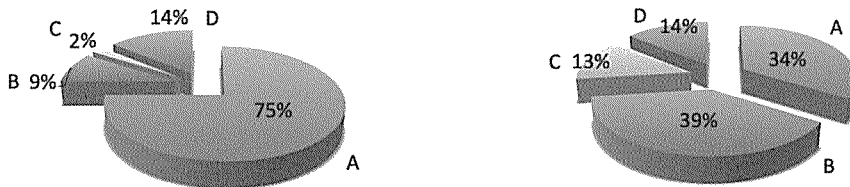


図8 1年生の結果（左：設問1，右：設問2）

【第2学年第1回】 “レジ袋削減は環境問題解決に寄与するのか”

- 【設問2】 レジ袋を削減するとどのようなことが考えられますか。
- A…文章から正確に抽出できている。
 - B…不要な部分もあるが、抽出ができている。
 - C…感想や意見、文章に書かれていないことをあげている。
 - D…無解答

- 【設問3】 自分の立場を明確にして意見を述べよ。
- A…メリット、デメリット双方について具体的に論述されている。
 - B…立場を明らかにしているが、具体的な例がない。
 - C…感想などで、立場が明確に記述されていない。
 - D…無解答



図9 2年生の結果（左：設問2，右：設問3）

【第3学年第1回】“長寿家系の人の遺伝子から「長寿タンパク質」を発見＝人類の長寿化へ応用も可能？”

設問1 「長寿タンパク質」とはどのようなものですか？

- A…文章から正確に抽出できている。
- B…不要な部分もあるが、抽出ができている。
- C…感想や意見，文章に書かれていないことをあげている。
- D…無解答

設問2 自分の立場を明確にして意見を述べよ。

- A…メリット，デメリット双方について具体的に論述されている。
- B…立場を明らかにしているが，具体的な例がない。
- C…感想などで，立場が明確に記述されていない。
- D…無解答



図10 3年生の結果（左：設問1，右：設問2）

長寿タンパク質を人間に移植することについて賛成か反対かと問われると、僕は反対である。
理由は、長寿タンパク質により、寿命が延びることは、自分にとっては良いことである。しかし、寿命が延びることによって、今以上に高齢化が進み、地球全体にあまり良い影響を与えないと思う。
また、マウスの体には異常がなかったのかも（知らないが）人間にも異常がないとは限らないので、僕は「長寿タンパク質」の遺伝子移植に反対だ。

図11 3年生設問2における生徒の自由記述例

Ⅲ 宮崎大学教育文化学部附属小学校の実践事例

1. 根拠を明確にした記述力の育成

(1) 子ども同士で追究が進められる場の工夫

子ども同士で追究が進められる場の工夫として、主に実験・観察を行う場面や結果について話し合う場面に小集団を編成した。編成の意図は次のようなものがあげられる。

- 集団思考の伸長
一人一人の考えを互いに認めたり修正したりして、より客観的な思考に練り上げる。
- 一人一人の能力を発揮する場
自分自身の追究の場が保障され、器具等の操作の習得と自分の考えを表現できる機会を増やす。
- 問題解決の手段
一人ではできない観察や実験、器具等の諸操作を可能にし、話し合いながら問題解決を図る。
- 人間形成の場
互いが認め合ったり協力し合ったりするなどふれあいの場として、調和のとれた人間の育成に寄与する。
- 器具・材料・施設の不足の補い
観察・実験の器具等の量的な限界を緩和する。

これらのことをもとにして、具体的な編成について次のような取組を行った。

a. 共通の見通しをもつ子ども同士の小集団

多様な見通しが存在する中で、共通の見通しをもった子どもが集まり、それぞれの追究方法で観察・実験を行っていく。このことにより、自分の考えの妥当性を明らかにしようと、活発に話し合いながら追究していくことができた。また、他者の考えの矛盾点を指摘し追究していくとする姿もみられた。



図12 自分の考えの交流 1

b. 異なる見通しをもつ子ども同士の小集団

異なる見通しをもつ子どもが共通の方法で追究する場合、同じ事象に対して見る視点が異なり、幅広い意見交換ができ、考察に深まりをもたせることができた。また、見通しが十分にもてない時、活動を通して確かな見通しとして顕在化させることができた。

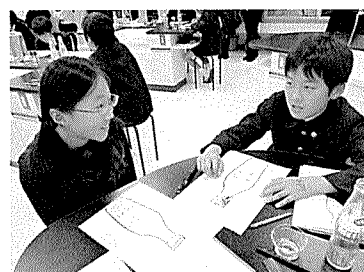


図13 自分の考えの交流 2

これらの場の工夫により結果について検討する際、子どもは追究で得られたデータを根拠として小集団や学級全体で話し合うことができた。その際、話し合いの媒体としてのノートは友達に分かりやすく伝えるための手段となる。さらに、検討された結果を結論へと結び付けていくことができた。

(2) 発問・指示の工夫

授業における教師の言語行為は、子どもの学びに大きな影響を与える。そこで、発問・指示・助言等の言葉かけの工夫を行うことにより、子どもが表現し合い、学び合う学習を展開することができる考えた。教師がかける言葉かけとしては、表2のようなものがある。

表2 教師の言葉かけの目的と用例

目 的	用 例
受容する	子どもを認める 「ふ～ん。」とうなずく、待つ、繰り返す
位置付ける	子どもの意見を具体的に返す 「なぜ?」「どこからそう思ったの?」
具体化する	子どもの意見を補足したり、かみ砕いた表現に直したりする 「それはこういうことかな。」
つなぐ	子どもの意見を交流させる 「それは、〇〇くんと同じだね。」
与える	知識を提供する 「それは、〇〇のことだね。」
伝える	気持ちを伝える 「先生もそう思うよ。」
まとめる	子どもの意見をたばねる 「まとめると〇〇ということだね。」

さらに、子ども一人一人が理科における問題解決の流れをより確実に身に付けることができるように各過程において教師の言葉かけの工夫を表3のようにまとめていった。

表3 各過程における教師の言葉かけの目的と工夫

問題解決の過程	目 的	教師の言葉かけの工夫
①問題を見付ける	<ul style="list-style-type: none"> ● 2つの事象を比べることにより、気付きを喚起する。 ● 何が、どのように違うあるいは同じという情報を共有する。 	「AとBを比べてみましょう。」 「AとBは、何が違いますか。」 「AとBは、何が同じですか。」
②予想を立てる	<ul style="list-style-type: none"> ● 日常生活、類似の現象、既習事項などから要因を類推する。 ● 仮説を立てる。 	「変化の原因は何ですか。」 「違いの原因は何ですか。」
③計画を立てる	<ul style="list-style-type: none"> ● 検証方法を立案する。 ● 結果の見通しを明らかにする。 	「変える(変えない)条件は何ですか。」 「予想からどんな結果になると思いますか。」
④観察・実験をする ⑤結果を整理する	<ul style="list-style-type: none"> ● 検証方法を実行する。 	「誰がやっても、何度やっても同じ結果が得られますか。」
⑥考察する ⑦結論付ける	<ul style="list-style-type: none"> ● 観察・実験の結果と見通しを比較し、結論を出す。 	「結果の予想と違っていた(同じだった)ことは何ですか。」 「結果からいえることは何ですか。」
⑧まとめる	<ul style="list-style-type: none"> ● 観察・実験の結果を問題や見通し、解決方法との関係で検討する。 	「見付けたきまりは、他のもの(こと)にもあてはまりますか。」 「身の回りに似たようなもの(こと)はありませんか。」

このように、各過程において発問・指示等の工夫を行うことにより、子どもは自分の考え方の根拠を明確にして述べたり、記述したりすることができるようになった。

2. 粒子的な見方・考え方の育成～自然事象に対するイメージの表出方法の工夫～

子どもは、自然事象と出合うことで素朴な見方・考え方にもとづいて、様々な問題意識をもち、問題の解決のために自分なりの学びを展開する。しかし、視覚的にとらえられない空気や水溶液、電気等においては、問題意識を明確にもつことが難しく、仮説を立てることができなかつたり、解決のための実験方法や結果の予想をもてなかつたりしたまま学習に入ってしまうことがある。

そこで、子どもが自己のイメージを表出する手立ての一つとして「描画」があげられる。子どもが自然事象のイメージを描画により粒子的に表現することで、言葉とイメージをつなげ、互いにそれぞれの考えを明確にするものである。

第4学年単元「ものの温度とかさ」では、事象提示からビンの中の空気の様子を粒子的に描画し表現した。

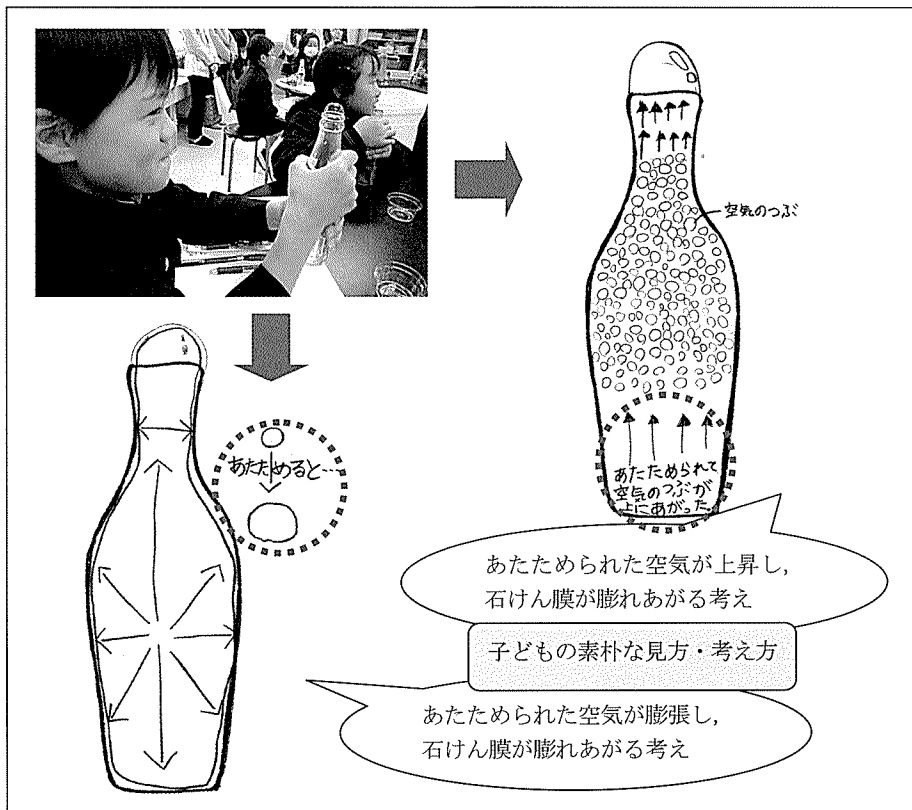


図14 ビンを温め、石けん膜が膨らんでいく事象の説明

このように空気の様子を描画することで、言葉とイメージをつなげ、確かめる前の考えをしつかりもち追究の見通しをもって問題解決に取り組むことができた。

IV おわりに

これまでに、小学校と中学校、大学と連携しながら、各発達段階に応じた、科学的記述力を育成するための学習指導法開発を行ってきた。特に本年度は「根拠を明確にした記述力の育成」「粒子的な見方・考え方の育成」の2つを中心に研究を行い、確実に成果を挙げてきている。

特に、小学校では学習で学んだ知識・理解が自分の身の回り日常についても役立てられたり、生かされたりしていることをしっかりと認識し、その仕組みや規則性について自分の解釈を加えて説明ができる子どもの育成に力を入れてきた。また、中学校では言語活動の充実を根底とし、相手意識をもった表現活動や結果と考察を区別して記述していく活動等の充実を図ってきた。この小・中学校の取り組みからわかるように、理科学習の不易な部分として、自分の考えを絵と文章でしっかりと表現する手法やノート指導の充実等が明らかとなった。その充実を図ることが子どもの科学的記述力を育成するのに有効であることが、今年度の研究で実証されたといえる。

今後も本研究の充実・深化を図っていくとともに、子どもが「調べたい」と感じて自ら問題意識をもって学習をスタートし、「わかった」と納得できる理科授業の構築を中心とした研究をしていく必要がある。

附記

本研究の一部は、平成22年度宮崎大学教育文化学部・学部附属共同研究補助金 及び、科学研究費補助金(研究代表者: 中山 迅, 課題番号:20300260) の支援を受けている。

引用文献

- 文部科学省 (2008a) 『小学校学習指導要領解説理科編』
- 文部科学省 (2008b) 『中学校学習指導要領解説理科編』
- 文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説理科編』
- 文部科学省 (2007) 「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)」 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/information/1290361.htm
- 文部科学省 (2006) 『小学校理科・中学校理科・高等学校理科 指導資料～PISA2003 (科学リテラシー) 及びTIMSS2003 (理科) 結果の分析と指導改善の方向～』 東洋館出版社
- 国立教育政策研究所 教育課程研究センター (2005) 「平成15年度中学校教育課程実施状況調査」 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001000000007001.pdf
- 隈元修一・福松東一・岡田能直・中山迅・山口悦司・小石紀博・兼重幸弘 (2007) 「児童生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』第15号, pp. 67-73.