

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 (2)

隈元修一*・小石紀博**・兼重幸弘**・横倉康浩*・
火宮一功*・山口悦司***・中山 迅***

Development of Science Teaching Methods for Fostering Students' Scientific Descriptive Power (2)

Shuichi KUMAMOTO*, Norihiro KOISHI**, Yukihiro KANESHIGE**,
Yasuhiro YOKOKURA*, Ikkou HINOMIYA*, Etsuji YAMAGUCHI***,
and Hayashi NAKAYAMA***

I はじめに

ここ数年、「確かな学力」の要素として、思考力、判断力、表現力などが位置付けられ、それらを高めるための指導法の工夫がなされている。しかし、第3回国際数学・理科教育調査(以下TIMSSと表記する)の報告書(国立教育研究所, 1997)では、論述課題に対する日本の子どもの回答には、多面的かつ論理的に自分の考えを記述する学力に弱点があることが指摘されている。これは、TIMSS2003の結果も同様である。

この報告を受けて行われた調査研究(隈元, 2002; 隈元・中山, 2001; 隈元・中山・猿田, 2001, 2002, 2006; 隈元・福松・中山・猿田, 2004a, 2004b)から以下のことを指摘することができる。まず、中学校においては、

- ① 授業において、わかったことを何かに結びつけたり理論を構築させたりする場面が少ないために理科の授業や学校のみ知識として収束してしまう。
- ② 短い文で教師が期待する答えを言わせることに終始してしまう授業では、多面的に考える習慣はつかない。
- ③ 生徒が短文で答え、教師が長い説明を加えるという授業が多く、文章を書く機会が少ない。
- ④ 授業で教師の説明を聞いているので、ある程度の知識はあるもののそれらを結びつけて表出できない。

また、小学校においては、

- ① 自然現象に対する子どもの素朴な見方・考え方に対する研究が進み、自分なりの考えをもち、見通しをもって学習に臨もうとする姿が見られるようになったものの、子ども自身に基本的な理科の学習の流れが身に付いていない。

*宮崎大学教育文化学部附属中学校

**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理科教育講座

- ② 結果と結論の区別がっていない授業が多く、「わかったこと」「まとめ」などといった言葉のくくりで結果と結論が混同し、学習が終わる傾向が強い。
- ③ 結論は学習のまとめという意味とともに実社会や実生活への適応や理解といった意味をもたせることができていない。

そこで、本研究では、昨年度（隈元・福松・岡田・中山・山口・小石・兼重，2007）に引き続き、日本の典型的な実践事例の批判的分析を行うとともに、宮崎大学教育文化学部附属小学校と附属中学校において「結果」と「考察」・「結論」を子どもがしっかりと区別し、自分の言葉で記述させるための小中一貫型の学習指導法を開発する。このことにより、子ども一人ひとりの考える力や表現する力など理科における確かな学力を高めることにつながると考えられる。

II 日本の典型的な実践事例の批判的分析

1. 方法

本研究で開発する学習指導法の手がかりを得るために、日本の優れた小中学校の理科授業実践を収集した小倉（2007）を取り上げて、その添付CDの中学校での授業に使用されたワークシート（記述式の補助教材）の書式やスタイル、及び記述内容について分析を行った。

2. 結果

今回調査した中学校での12件の授業のうち、10件の授業で用いられていたワークシートは、最終段階の「まとめ」や「考察」の部分で、観察や実験での変化やわかったことを短い文や箇条書きで書き込ませるものであった。また、5件の授業では、ワークシートに予想や実験の計画、実験の結果について書く枠が設けられ、そこに結果などを書き込ませていた（図1）。

次に、「考察」の記述内容について分析を行った。いくつかのワークシートでは、「結果」と「考察」に記入する項目が分けられているものがあつた。しかし、「考察」部分の記述として実験結果の表面的な変化のみを記述し、実験結果にもとづいた考察を含まないものがあつた。また、実験結果から導かれる事項ではない、その単元で教師が身につけさせたい要点をまとめた記述が多く見られた。また、生徒の記述内容には、箇条書きが多いこともわかつた。

さらに、考察の部分を多く記述しているワークシートでは、実験の「考察」の文章の中に「発見できてよかった」、「自信をもつことができた」といった、感想が入っている記述も見られた（図2）。

3. 考察

今回のワークシートの分析からスタイルが定型化された語句の穴埋め式のものや実験結果の枠が作つてあるものが多く見られた。これらは、時間をあまりかけずに実験及び実験結果まで行き着くようになっていて、授業時数及び個々の能力差も大きい中学校の現状では必然的なスタイルでもある。ただし、このスタイルを常用すると生徒の多様な考えを制限してしまう場合がある。これは、TIMSSビデオスタディで筆者らが分析して明らかとなつた日本の理科授業の特徴である「短い文で教師が期待する答えを言わせることに終始したり、生徒が短文で答え、教師が長い説明を加えたりする」ことに似ている。

予 想

- I 塩化バリウム水溶液に硫酸銅水溶液を混ぜると・・・ ()
- 化学変化の後、全体の質量は () と思う。
- II 塩酸に石灰水を加えると・・・ ()
- 化学変化の後、全体の質量は () と思う。
- III 銅と酸素が結びつくと・・・ ()
- 化学変化の後、全体の質量は () と思う。

結 果

化学変化	実験前の合計	反応した後	変化の様子
I の場合	g	g	
II の場合	g	g	
III の場合	g	g	

考 察

○ どうして質量が変化したのか？ (しなかったのか？)

図1 ワークシートの例 (小倉 (2007) 添付CDから抜粋)

私は最初とても悩んでいてどうしようかなあ、発表しようかなあと思っていました。それで悩んでいるときに私は、先生にあてられて、自分が実験を終えて思ったことを言いました。言い終えた後、発見できて良かったと思っし、ほんの少しだけ自信がもててよかったです。

図2 感想入りの「考察」の例 (小倉 (2007) 添付CDから抜粋)

また、ワークシートの中には、「結果」と「考察」の記入欄を分けてあっても生徒の記述内容は、「結果」と「考察」を混同していたり、「考察」の部分に観察や実験後の変化を箇条書きにしたりしたものが見られ、事象の背景や要因を論理的に記したものは見られなかった。これも、「日本の中学生の回答には、現象の要因を見定めることができずに、短い文で現象面のみを答えているものが多い。」という筆者らの分析に合致する。

さらに、今回の分析では、「考察」の中に、実験結果を根拠にして述べる結論とは別の、感想についての記述が見い出された。この背景として、教師が「関心・意欲・態度」の評価のために、記述内容を自己評価の際の資料とすることを意図して「考察」の欄に感想を書くことを奨励している可能性や、「結果」から論理的に導かれる事柄以外の心情的な内容を書くことを容認している可能性が考えられる。筆者らは、事後指導の資料などとして、事柄以外の心情的な内容を書くことは否定しないが、客観性を重視する「考察」の部分と感想が混同しないように指導することは、理科の学習において非常に重要であると考えている。

これらの傾向について詳しく知るために宮崎市内でワークシートを授業で使用している10名

の理科教諭に「定型化されたワークシートを使う理由は何か?」という質問をしてみた。すると、「明確な指示ができ、授業時間の短縮ができる」という答えが7名、「必要な語句を押さえることができる」という答えが6名、「後で評価しやすい」という答えが4名から返ってきた。この回答結果は、今回分析したワークシートのスタイルと類似しており、多くの理科教諭が、長い言葉の記述よりも語句による回答を重要な知識としている傾向があることが考えられる。

しかし、論述学力を身につけさせるには、生徒が、単語や短い文でなく、長文で記述する機会を積極的に取り入れ、情報を取捨選択し、論理的に記述する学習が必要である。今後は、その学習が段階的にできるようなワークシートや記述法の開発も重要な課題となるであろう。教師は、授業において断片的な記述でなく、実験の流れを意識した記述をさせるように心がけることも大切である。

観察や実験の後に「結果」と「考察」が混在したり、「結果」と関係のない「まとめ」という形で知識を与えたりするよりも、「結果」を基に生徒が自分の言葉で論理的に表現して「考察」する活動を積極的に取り入れ、生徒の科学的に記述する力を育成する授業のあり方に関する研究の必要性が示唆された。

Ⅲ 宮崎大学教育文化学部附属小学校の実践事例

1. 理科の学習の仕方のイメージ化

子どもが主体的な理科学習を展開するためには、一連の問題解決の過程を十分に知っておく必要がある。

そこで、図3に示すような問題解決の各段階における留意事項を表したものを教室に常掲し、学習の中で随時活用するようにした。

また、理科を学習する3年生から6年生まで全432名を対象に、理科学習の学び方集会を行った。ここでは、問題解決の過程の中で理想的な姿を見せた子どもをVTR等を用いて紹介し、理科学習におけるあこがれの姿として一人ひとりにイメージをもたせるようにした。この姿を子ども同士あるいは、子どもと教師の共通の理想の姿とした。

(1) 問題を見つける

提示された自然事象を見つめ子どもが自ら問題を見つけることができるようにする。その際、提示する事象は以下の点に留意する。

- 知識とのずれがある事象
- 子どもの願いが生じる事象
- 単元全体を見通することができる事象

(2) 予想を立てる

既存の知識や学習経験をもとにした問題に対する確かめる前の考えを描画法等を使って明らかにできるようにする。

(3) 計画を立てる

確かめる前の考えを用いて、「このような観察・実験をすれば、きっとこんな結果になるはずだ。」といった見通しのもとに追究の計画を立てるようにする。

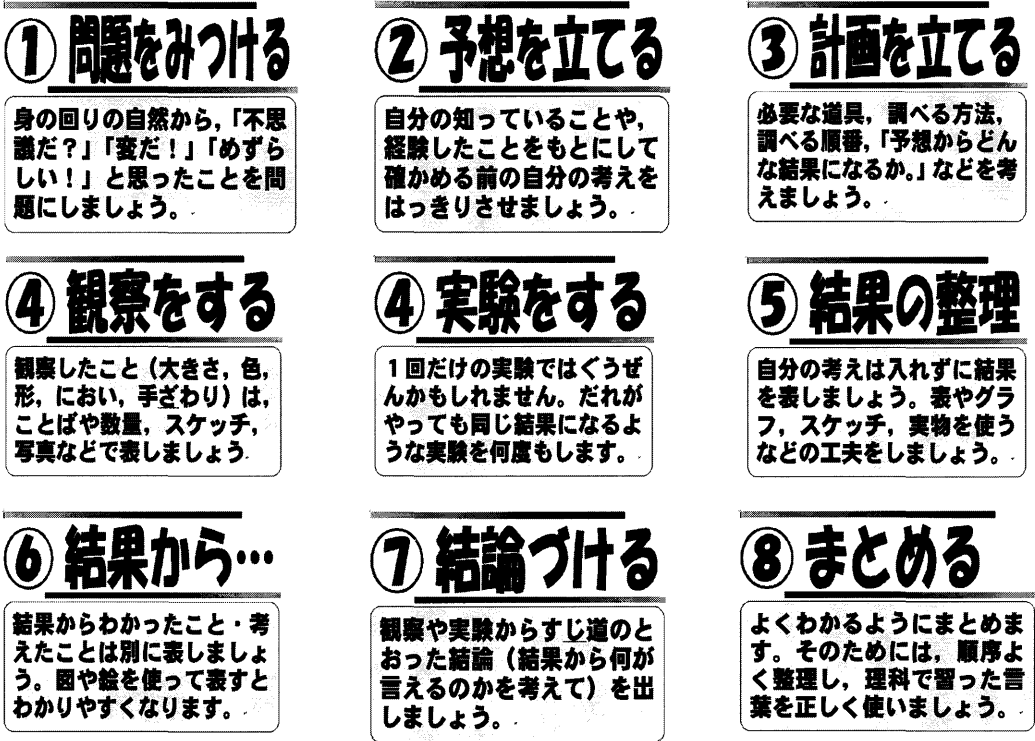


図3 問題解決の各段階における留意事項

- (4) 観察をする・実験をする
観察の対象や実験器具等および時間を十分に保障し、一人一人が納得のいく結果を得ることができるようになる。
- (5) 結果の整理をする
表やグラフ、スケッチ・図等の方法を使って自分の目の前に起こった出来事、つまり事実のみを記録したり整理したりすることができるようにする。
- (6) 結果から…
結果をもとにした考察を行うことができるようにする。その際、事実とは明確に分けて整理できるようにする。
- (7) 結論づける
学習問題や単元全体のめあてをふり返って考え、それに対する答えを整理することができるようにする。
- (8) まとめる
一連の問題解決の過程をふり返り、順序よく整理することができるようにする。また、科学の言葉である用語を適切に使って整理できるようにする。

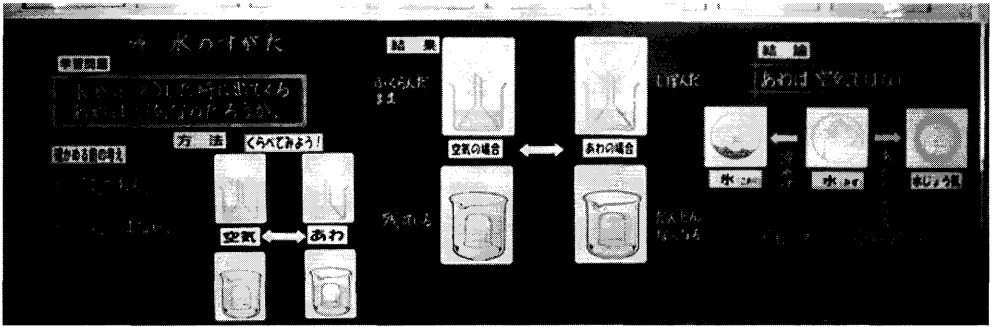


図4 第4学年「水のすがた」での板書

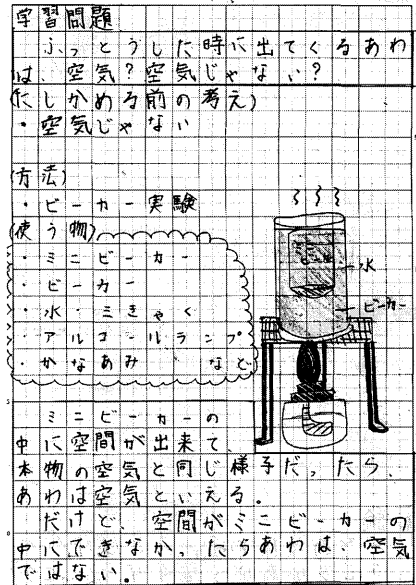
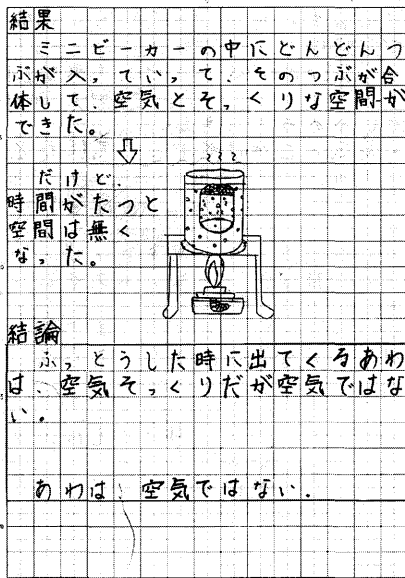


図5 第4学年「水のすがた」でのノート

2. 板書の工夫

子どもが自らの思考の流れを整理したり、学びを深化させたりするときに、教室の黒板にかかれた言葉や線、掲示された図や表は重要な役割を果たす。このことは、理科においても同じ事が言える。そこで、次のような板書の工夫を行った。

単元の導入段階での板書は、子ども一人ひとりがかもつ事象に対する素朴な見方・考え方が学級全体でとらえることができるように、できる限り視覚的にとらえることができるような工夫を行った。そうすることで、自他の考えの共通点や差異点が明確になり、学級共通の学習問題につなげることができると考えた。

次に追究の段階では、図4にあるように黒板上に残すものとして、「①学習問題」→「②確かめる前の考え」→「③方法」→「④結果」→「⑤結論」の流れを常に意識できるようにした。このことで、問題解決の過程が分かり、理科の学び方が身に付くような板書を構成した。また、

子どもが黒板を使って、考えたり話し合ったりすることができるようにした。

3. 理科のノートづくり

ノートは、追究の結果や学習内容を記録する場であり、同時に考察したり結論を導き出したたりするなど思考する場でもある。また、自分の考えをノートを使って、友達に分かりやすく伝えるための媒体にもなると考える。

ここでは、前述の板書との関連をもたせ、図5にあるように問題解決の過程を子どもが自ら身に付けることができるように見開き2ページのノートの使い方を指導してきた。特に、結果と結論については、しっかりと区別して記述することができるようにした。

IV 宮崎大学教育文化学部附属中学校の実践事例

ワークシートにおける生徒の記述の分析結果の考察をもとに、宮崎大学教育文化学部附属中学校で最近行った授業での生徒の記述について分析を行った。

これらの授業ではワークシートを使用せず、レイアウトから自分で考えて記述するように通常のノートを使用している。生徒には、「テーマ」、「目的」、「材料」、「方法」、「結果」、「考察」という段階を常に示し、授業では、「結果」と「考察」を明確に分けて指導している(図6)。

「結果」とは、五感でわかる変化とし、試薬の色が変わっても色の変化だけを言ったり、記入したりするようにしている。

「考察」では、「結果」から言えることについて生徒が話し合い、互いに説明をし、最終的には、自分の言葉で記述するようにしている。また、化学分野などで、現象の要因について深く思考する場合などでは、試薬の変化や物質の色や形状などの変化からわかったことを最初の「考察」とし、それらをふまえた上で、その原因について考え、2段階で「考察」を記述するように指導している。これにより、記述が苦手な生徒も書くことができるような配慮も行っている。これらの取り組みの結果、生徒の「考察」には、「結果」との関係が記されるようになった。

また、このような取り組みを行っていると図6・図7のレポートのように「以上のことから炭酸水素ナトリウムを加熱すると水、二酸化炭素、別の物質ができた」と書き、この実験から判断できるものとそうでないものを生徒が区別し、生じる物質の名称の「炭酸ナトリウム」という記述をする生徒は見られなかった。これは、「結果」、「考察」という段階における記述のルールが生徒に定着した結果だと考えられる。

また、「考察」を2段階に分けることで、この40名の学級では、36名が、図6・図7のような記述を授業の中で行うことができた。残りの4名についてもレポートの添削をしながら記述に取り組ませた。

このようなレポートは、生徒の評価において、記述を「知識・理解」だけでなく、「関心・意欲・態度」等すべての観点の資料として活用することも可能である。

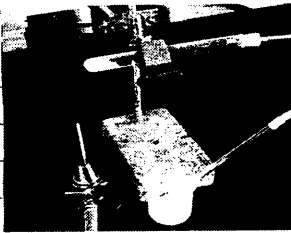
テーマ 炭酸水素ナトリウムの変化

目的 炭酸水素ナトリウムを加熱し、その時の変化について調べる。

材料

- ・炭酸水素ナトリウム・ゴム管・試験管・ガスバーナー・スタンド
- ・フェニールフタレイン液・ビーカー・石灰水・塩化コバルト紙
- ・マッチ

方法



炭酸水素ナトリウムを試験管に入れ加熱し、その先にゴム管をつけて石灰水に通す。

結果

- ・炭酸水素ナトリウムを加熱して石灰水に通すと石灰水が白くにごった
- ・炭酸水素ナトリウムを加熱するととう명한気体が発生し、試験管に塩化コバルト紙をつけると赤くなった
- ・加熱して残った固体を水にとかしフェニールフタレイン液につけるとフェニールフタレイン液が赤色に変化した
- ・加熱していない炭酸水素ナトリウムはさらさらしていたが加熱後の固体はざらざらしていた。

考察

炭酸水素ナトリウムを加熱して石灰水が白くにごったことから、二酸化炭素が発生したということがわかる。また、炭酸水素ナトリウムを加熱して、塩化コバルト紙を試験管に入れて赤色に変化したことから試験管には水が発生したことがわかる。そして、加熱前の炭酸水素ナトリウムをフェニールフタレイン液につけると変化しなかったが、加熱後の固体をフェニールフタレイン液につけて赤色に変化したことや、加熱前の炭酸水素ナトリウムはさらさらしていて加熱後の固体はざらざらしていたことから、別の物質に変化したということがわかる。

1種類の物質が性質の違う2種類以上の物質に分かれること

⇒分解

図6 授業のレポート(1)

炭酸水素ナトリウムを加熱し、その気体を石灰水に通すと白濁した事から気体は二酸化炭素という事が分かった。次に加熱した後の試験管について液体を塩化コバルト紙につけると青から赤に変化した。その事から水が出てきた事がわかった。そして加熱した後の炭酸水素ナトリウムを水に溶かし、その中にフェールフェイン溶液を加えると赤に変化した。この事からアルカリ性だとわかった。以上の事から炭酸水素ナトリウムを加熱すると、水、二酸化炭素と別の物質になる事がわかった。

図7 授業のレポート (2)

V おわりに

これまで、TIMSS及びTIMSS-Rの分析結果を基に記述力を身につけさせる授業の実践を行ってきた。本研究では、小学校の授業において「結果」と「結論」、中学校では「結果」と「考察」を明確に分けることで、生徒は、実験結果から何がわかり、何を考えなければならないかがわかるようになると考えて実践を行った。

小学校では、授業の流れを8段階とし、生徒の思考に沿った授業の展開し、記述ができるように取り組んだ。中学校でも小学校と同じように生徒の思考の流れを生かした授業の展開を行い、自分の言葉で事象を説明するという点を重視した。

本研究では、生徒の記述する力を育てるために、スタイルが定型化されたワークシート（語句の穴埋め式のものや実験結果の枠が作ってあるもの）を使わず、レイアウトから自分で考えるために通常のノートを使用した。そして、観察や実験の後に「結果」と「結論」・「考察」が混在したり、「結果」と関係のない「まとめ」という形で知識を与えたりするよりも、「結果」を基に生徒が自分の言葉で論理的に表現して「結論」・「考察」する活動を積極的に取り入れた。これらの実践から生徒の科学的に記述する力を育成する授業のあり方に関する研究の必要性があること、小中学校が共通したフォーマットで授業を行うことで小・中の理科教育の連携の在り方が示唆された。

附記

本論文は、以下の発表を加筆・修正したものである。

隈元修一・中山 迅・猿田祐嗣 (2007)「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究(11)」『日本科学教育学会研究会研究報告』第22巻, 第1号, pp.81-84.

小石紀博 (2007)「小学校理科における確かな学びをもとめて:ともに科学的な見方・考え方に高め合う理科学習」『理科の教育』2007年11月号, pp.25-27.

なお、本研究の一部は、平成19年度宮崎大学教育文化学部・学部附属共同研究補助金の援助を受けている。

引用文献

- 国立教育研究所（1997）「中学校の数学教育・理科教育の国際比較—第3回国際数学・理科教育調査報告書—」『国立教育研究所紀要』第127集，pp. 1-270.
- 隈元修一（2002）『中学生の科学的論述学力の評価に関する研究』宮崎大学大学院教育学研究科修士学位論文.
- 隈元修一・中山 迅（2001）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（1）：TIMSS 自由記述問題の分析から」『日本科学教育学会年会論文集』第25巻，pp. 507-510.
- 隈元修一・中山 迅・猿田祐嗣（2001）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（2）：複数の見地を要求するTIMSS理科課題の分析」『日本科学教育学会研究会研究報告』第16巻，第2号，pp. 41-44.
- 隈元修一・中山 迅・猿田祐嗣（2002）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（2）：複数の見地を要求するTIMSS理科課題の分析」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践研究指導センター研究紀要』第9巻，pp. 99-106.
- 隈元修一・中山 迅・猿田祐嗣（2006）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（9）」『日本科学教育学会研究会研究報告』第21巻，第2号，pp. 47-50.
- 隈元修一・福松東一・中山 迅・猿田祐嗣（2004a）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（5）」『日本理科教育学会九州支部研究紀要』pp. 1a-1d.
- 隈元修一・福松東一・中山 迅・猿田祐嗣（2004b）「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究（6）」『日本科学教育学会研究会研究報告』第19巻，第2号，pp. 83-86.
- 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.
- 小倉 康（2007）『平成15～18年度科学研究費補助金基盤研究（A）（1）研究成果報告書「優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用」』