

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 (3)

兼重幸弘*・横倉康浩**・小石紀博*・火宮一功**・阿部直人**・
山元善貴*・衣笠高広***・小林博典***・山口悦司****・中山 迅***

Development of Science Teaching Methods for Fostering
Students' Scientific Descriptive Power (3)

Yukihiro KANESHIGE*, Yasuhiro YOKOKURA**, Norihiro KOISHI*,
Ikkou HINOMIYA**, Naoto ABE**, Yoshitaka YAMAMOTO*,
Takahiro KINUGASA***, Hironori KOBAYASHI**,
Etsuji YAMAGUCHI**** and Hayashi NAKAYAMA***

I はじめに

理科の学習は科学に限らず社会の様々な営為の中に存在する議論やものの見方・考え方の方法を学ぶ機会でもあるため、理科教育の中で論理的に思考する場面を多く取り入れることも重要な課題である(中山, 2005)。

小学校理科・中学校理科・高等学校理科に関する最新の指導資料(文部科学省, 2006)では、現在の理科の課題について指摘されている。その中で、特に「グラフを読み取り考察する問題、実験の途中経過を考察する問題などにおいて、科学的な思考力・表現力が十分でない状況」、「科学的に解釈する力や表現する力に課題が見られる」とある。また、その改善策として、「科学的な思考力・表現力の育成をはかる観点から学年や発達の段階、指導内容に応じた目的意識を持った観察、実験を行い、その結果を考察し、表現する学習活動などを充実する方向で改善する」とされている。これは、理科学習において、記憶だけでなく論理的に思考していくことの大切さを示唆しているといえる。

そこで、本研究では、2006年度(隈元・福松・中山・猿田, 2006a, 2006b; 隈元・福松・岡田・中山・山口・小石・兼重, 2007), 2007年度(隈元・小石・兼重・横倉・火宮・山口・中山, 2008)に引き続き、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」を区別し、児童・生徒自身にそれらを記述させるための小中一貫型の学習指導法を開発した。本論文では、板書やノートの実例に基づいて、小学校と中学校それぞれの学習指導法を報告する。

* 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小学校の実践事例

1. 研究の視点

小学校の理科学習においては、理科における一連の問題解決の学習の流れに沿って進めていく学習過程について十分に検討し、実践してきた。その成果として子どもが自然事象に対する自分自身の考えをもち見通しをもって学習に臨むことができるようになってきた。しかし、近年の諸調査から日本の子どもたちには、言えるように思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式で答えることに課題があるといわれている。本校児童についてもこの点において十分な成果があがっているとは言い難いところがある。さらに、新学習指導要領については、「基礎的・基本的な知識・技能の習得」「思考力・判断力・表現力の育成」「学習意欲」等の向上が学力の基本的な要素として示され、これらの力を理科学習の中で育成するためには、子どもと教師が基本的な理科学習の流れや取り組み方を共通のものとして学習にあたることが重要であると考える。そこで、これまでに本研究において、単元構成やノート指導など実践してきたことを充実させるとともに、科学的に考えたり、説明したりする学習活動の充実に重点をおいて研究していくこととした。

2. 研究の実際

(1) 学習問題の焦点化

まず、子どもが学習に見通しをもち、問題解決的な学習をしていくためには、学習問題の焦点化が必要である。これまでの理科学習における学習問題は、「どうしてだろうか」「どうなるだろうか」といった問題解決的な学習を行っていく子どもにとって曖昧な問いが多くあった。そこで、本研究では、子どもにとって自力解決が可能であり、明確な見通しのもと追究を進めることができるような学習問題づくりに取り組んだ。学習問題を作る際の指導のポイントは、二者択一、あるいは、「何が」「どちらが」「どこが」「いつ」などの疑問文で明確な答が導き出しやすい表現にすることであった(図1)。

(2) 思考力・判断力・表現力の育成

思考力・判断力・表現力の育成を図る観点から観察・実験の結果を整理して結論と明確に区別して記述する学習活動を展開していくようにした。

まず、結果については追究で得られたデータを表やグラフ、絵や図等で表わし、小集団や学級全体で検討ができるようにした(図2)。そして、結果は事実のみを記録するようにし、それを学級全体で共有することで、より妥当性の高い結果を得られるようになった。また、ノートを媒体として話し合いを進めたことで相手にわかりやすく伝えることができた。このことにより、自己の考えを再度検討・修正することができるようになった。

結論については、「学習問題の答え」という位置付けで記述の仕方ある程度統一することとした。学習問題に立ち返って記述するようにした。これにより、子どもは再度、学習前の考えに立ち返り、自分の進めてきた学習が科学的に解決されたことを実感し、一連の問題解決の流れを明確に意識することができるようになった(図3)。

子どものノートも板書とリンクさせるとともに、見開き2ページのノート指導をおこなったことで、子ども自身に問題解決の流れを意識させた(図4)。さらに、結果については事実の

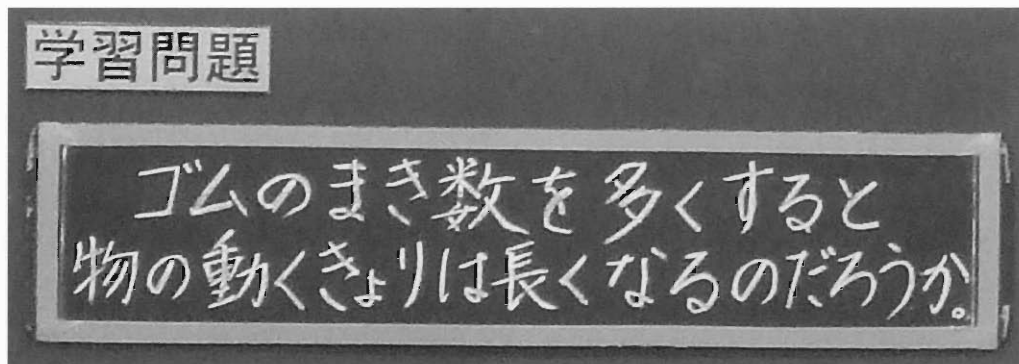


図1 学習問題

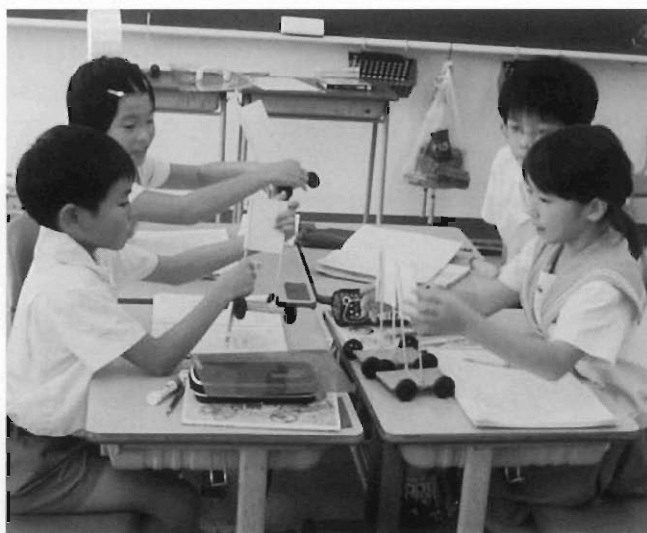


図2 結果をもとに小集団で話し合う子ども

1/4(X) 風やゴムのはたらき


学習問題

ゴムのまき数を多くすると物の動くきよりは長くなるのだろうか。

確かめる前の考え

- 長くなる (理由)

方法



- 板にそえて車をひく
- 糸はそえるだけ

結果

ゴムのまき数	40回	80回
1はん	1m	5m
2はん	1m40cm	6m10cm
3はん	1m20cm	7m
4はん	1m40cm	5m60cm
5はん	1m64cm	6m82cm
6はん	1m35cm	4m20cm
7はん	1m55cm	3m60cm
8はん	1m25cm	3m60cm
9はん	1m35cm	6m10cm

結論

ゴムのまき数を多くすると物の動くきよりは長くなる。

風の力 や **ゴムの力** は、
ものを動かす **はたらき** がある。

図3 板書

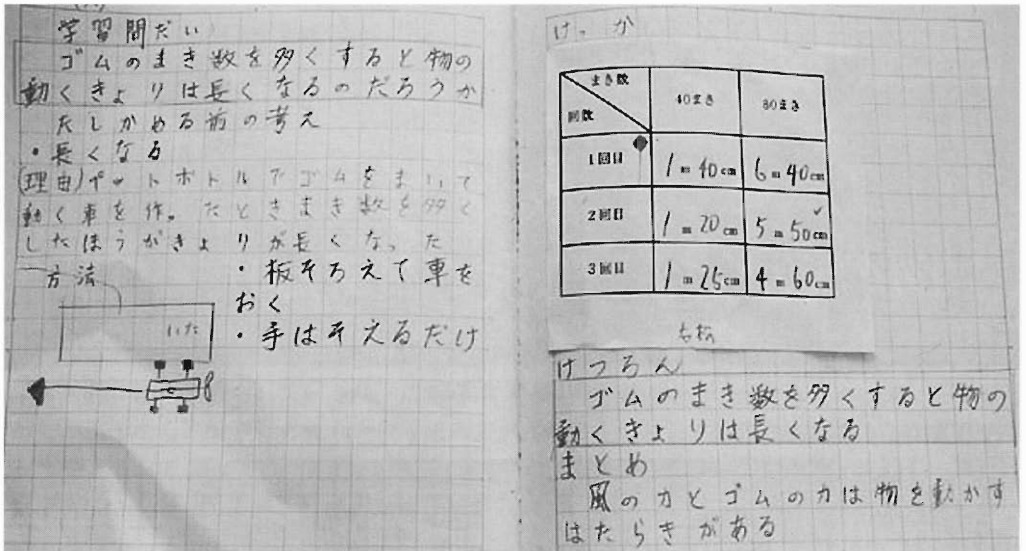


図4 子どものノート

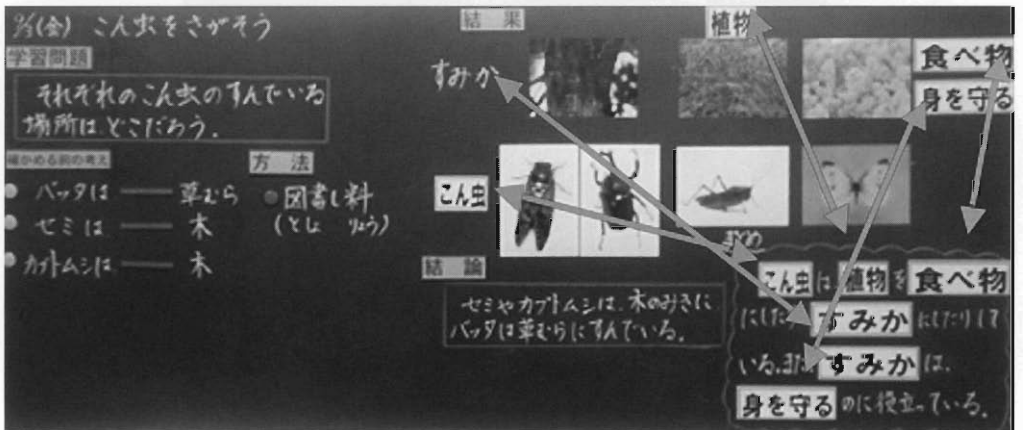


図5 板書からキーワードを探した例

みを記述し、結論については学習問題の答えという位置付けで記述することで結果を整理し、考察する学習活動の充実を図ることができた。

しかし、1単位時間もしくは、1単元の中で、学習指導要領にある学習内容が十分に定着したとは言い難い場合がある。そこで、キーワードを活用し、科学的な概念を使用して考えたり、説明したりする学習活動を取り入れることで、より学習内容の定着を図るようにした。

子どもたちがまとめた文章の多くは当初、教師によるキーワードの提示があっはじめて書ける場合が多かった。しかし、単元の終了段階である「生かす段階」では、これまでの学習の足あとから子ども自身でキーワードを探すこともできるようになってきた(図5)。

III 宮崎大学教育文化学部附属中学校の実践事例

1. 論理的な思考や表現力をつけるための、テーマ設定の工夫

中学校に入学した直後から、論理的な思考・表現をつけるための学習は進んでいる。生徒はメディアや本などから、様々な表面的な知識や理科学的な語彙は多く持っている。しかし、その考えが本当に科学的であるかを考える生徒は非常に少ない。

(1) 1年の学習


1年の学習で人間の呼気をBTB溶液に吹き込むと、黄色になるという実験を行った。生徒に、黄色になった原因を問うと、ほとんどが「二酸化炭素が色を変えた」と答える。その後、呼気と吸気の成分表を見せて、その判断が妥当であるかを話し合わせると疑問が生じ、科学的に調べるべきだという考えが生じる。その後、成分の多い気体から、1種類ずつ、BTB溶液に通して最終的にどの気体がBTB溶液の色の変化の要因なのかを確かめさせる。この手法は、科学的な思考の流れを身に付けさせる訓練としてはとても有効なテーマである (図6)。生徒

テーマ BTB溶液が黄色になったのは？

目的 BTB溶液に息を吹き込むと色が変わる理由について調べる。

材料 BTB溶液 ビーカー ストロー 成分表

方法 BTB溶液に息を吹き込む。

結果  BTB溶液に息を吹き込むと緑色から黄色に変化した。

	空気	息
窒素(窒素)	78.4%	79.0%
酸素	20.9%	16.4%
二酸化炭素	0.03%	3.6%

BTB溶液が緑色から黄色に変わったことから、息に多く含まれる気体が原因だと考えられる。そこで成分表を見ると、息には窒素と酸素と二酸化炭素がふくまれていることが分かる。そこで、窒素、酸素、二酸化炭素をBTB溶液に通したところ、二酸化炭素の時だけが黄色くなった。よって、BTB溶液を黄色くした気体は二酸化炭素だと言える。

青→アルカリ性
 緑→中性
 →酸性

図6 「呼気と吸気」における生徒のノート (1)

の記述には、二酸化炭素に至るまでの理由が、丁寧に示されている。これにより生徒は、比較することやデータを基に考えることの大切さを知ることになり、科学のルールを学ぶ1つの機会となった。

(2) 2年の学習

2年の消化酵素の単元では、だ液のはたらきを確かめる実験を行った。(図7)その後、胃液や大根のしぼり汁などの教科書には記載はない実験材料を用いることで、論理的な思考を自ら深めていくようなテーマを設定した。結果を表にまとめて、その後、結果から言えること(考察1)を書き、そして、目的についての記述(考察2)をしている。

「体にいい食べ物」の単元では、生徒は、考察の中で、実験の結果からわかったことを順序立てて記述している(図8)。さらに「考察その2」として、テーマに沿った自分の考えをしっかりと記述している。

9/20 食物を体内に取り入れるまで
目的 だ液のはたらきを調べよう
材料 デンプン だ液 ヨウ素液 ベネジクト液
試験管 試験管立て ビーカー 試験管はさみ
ガスバーナー マッチ

実験の手順
1. 試験管Aにだ液、試験管Bに水を加えて10分間お湯で温める。
2. 試験管Aを半分試験管A-2に分ける。Bも同様。
3. AとBにヨウ素液、A-2とB-2にベネジクト液を加えて加熱する。
* ヨウ素液、ベネジクト液は2、3滴加える

結果	ヨウ素液	ベネジクト液	
A	変化なし	赤褐色	ベネジクト液 → 糖の検出 糖がふくまないと加熱すると赤褐色
B	青よらさき	赤褐色	
A-2		うすい黄緑色	
B-2		うすい水色(変化なし)	

考察1.
Aからあがると...デンプンがない。
Bからあがると...デンプンがある。
A-2からあがると...糖がある。
B-2からあがると...糖がない。

考察2
Aにだ液、Bに水を加えて温めたら、Aにはデンプンがなく、Bにはデンプンがあるということが分かった。
また、A-2には糖がある、B-2には糖がないということが分かった。
このことから、だ液は、デンプンを分解して、糖に変える働きがあることが分かった。

図7 「消化酵素」における生徒のノート

テーマ	体にいい食べ物
目的	胃薬・シカクイ汁・大根汁はタンブンを消化するのか?
材料	タンブロン水溶液・胃薬・シカクイ汁・大根汁・ヨウ素液・ヘネシト液 沸騰石
方法	<ol style="list-style-type: none"> Aにタンブロン水溶液 + 胃薬 Bにタンブロン水溶液 + シカクイ汁 Cにタンブロン水溶液 + 大根汁 5分間 体温であたためる。 AをAとA'における Aには を入れる。 A'には を入水加熱。 B, Cも同様に行う
結果	<p>A... 変化らしい変化は見られない。少し白い色</p> <p>A'... たいだいたい色は白くなった</p> <p>B... こげ茶色</p> <p>B'... ほとんど透明</p> <p>C... 少し白くにごっている</p> <p>C'... 黄色</p>
考察	<p>Aには変化がなく、A'はだいたい色は白く変化した。Cは変化がなく、C'はAより少し薄い色に変化したため、胃薬・大根汁はタンブロンを糖に変化させる働きがある。また、Bは紫がかったこげ茶のような色になり、B'は変化がなかったため、シカクイ汁にはその働きがない。</p>
考察その2 (全体について)	<p>タンブロンを糖に変化させる消化酵素「アミラーゼ」が胃薬・大根汁に含まれているのではないかと考えられる。そうすれば、タンブロン質の物を食べ過ぎた時 胃薬を飲めば体内のアミラーゼが増えて、より速く消化することができるからである。また、タンブロン質の物だけでなく、タンパク質も消化しづらくできないといけないので、胃薬の場合はアミラーゼだけでなく、ペプシンも含まれているのではないかと考えられる。</p>

図8 「体にいい食べ物」における生徒のノート

2. 「結果」と「考察」の整理

中学校においても、小学校と同様に、以前より「結果」と「考察」を分けることを徹底的に指導してきた。生徒には「結果」は、五感で感じ取れること、「考察」はそれを受けてわかることをすべての実験において指導してきた。例えば、「塩酸を入れるとBTB溶液が黄色に変わったから酸性である」という記載はさせない。「結果」に『塩酸を入れるとBTB溶液は黄色になった』、「考察」に『塩酸は酸性である』という記述方法である。

また、実験の過程や内容が複雑の場合は、理科の不得意な生徒も同じペースで考えることができるように、「考察」を「考察1」と「考察2」に分けて記述をしている(図7, 図8)。「考察1」は、「結果」から明確に導き出せること、そして「考察2」は、「考察1」をふまえてさらに言えることである。

最初の段階で「考察1」と「考察2」を分けて記述させることで、何が起こったのか、何が生じたのかということが明確になり、生徒全員が適切な考察を記述できるようになる。この段階をふむと、指導者が手を加えなくても生徒が次の段階への記述を行うことができる(図9)。筆者らは、これを「知識のダム効果」と呼び、いくつかの場面で使用している。自然に生徒たちが1つの考察の中で、順序だてて記述している。「考察」は1つであるが、左側の部分では「考察1」の内容を、右側の部分では「考察2」の内容を自然に記述できている。

考察

炭酸水素ナトリウムを加熱した時の変化を高くするための実験を行ったところ、発生した気体を石灰水に入れて反応を見ると、石灰水が白くにごった。このことから、炭酸水素ナトリウムを加熱すると、二酸化炭素が発生するのではないかと考えられる。

また、加熱する前は乾いていた試験管の内側に水滴のようなものがついていた。この発生した液体を塩化コバルト紙で調べると、塩化コバルト紙が赤く変化してつまり、水が発生したのだと考えられる。

さらに熱する前の炭酸水素ナトリウムはフェールフタレイン溶液に入れても、色の変化はほとんど見られなかったが、熱した後の炭酸水素ナトリウムでは、フェールフタレイン溶液の色が赤く変化してこのことから、炭酸水素ナトリウムを熱することにより、強いアルカリ性の物質へと変化したのではないかと考えることができた。

→そして、加熱前の炭酸水素ナトリウムは、手触りがさらさらときめ細やかな粒だったが、加熱後の炭酸水素ナトリウムは、ざらざらと荒い粒だった。つまり手触りが見ためから考えても、物質が変化したのではないかと考えられる。

以上のことから、炭酸水素ナトリウムを熱すると、水と二酸化炭素と、強いアルカリ性の性質を持つ物質とに分かれるのだと考えられる。

まとめ

分解 1種類の物質が2種類以上の物質に分かれる化学変化

例) 炭酸水素ナトリウム → 二酸化炭素 + 水 + 炭酸ナトリウム
酸化銀 → 銀 + 酸素

図9 「炭酸水素ナトリウムの分解」における生徒のノート

IV おわりに

本研究は、今年度で3年目にあたる。これまでの研究において、小学校では、問題解決的な学習の流れを教師・子どもそれぞれが共通に意識した授業が大切であるということから、板書の工夫・ノート指導、とりわけ理科の学びの姿のイメージ化を中心として実践的な研究を行ってきた。さらに、本研究の主題にもある科学的記述力を育成するために「結果」と「結論」をしっかりと区別し自分の言葉で記述できるよう手立てについて研究を進めてきた。また、中学校では、小学校との連携から小学校と同じように生徒の思考の流れを重視し、生徒の記述力を育てるための手立てを研究・実践してきた。

現在、この研究の成果が小・中学校それぞれであらわれ始めている。これからは、小学校においては、科学的記述力をより高めるために、各学年の発達の段階を考慮したキーワードによ

る科学的説明の学習活動の充実が求められる。また、中学校においては、小学校で培った問題解決的な学習の流れを踏まえ、科学的記述力が小学校のころよりどのように変容していったかという変化を見取りながら、指導法の工夫・改善に重点を置くことが重要であると考えられる。

来年度は、新学習指導要領での学習が行われるようになるが、これまで以上に記述力の向上は急務となっている。児童・生徒のさらなる学力向上を図っていく必要がある。

附記

本研究の一部は、平成20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

- 隈元修一・福松東一・中山 迅・猿田祐嗣 (2006a) 「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究 (8)」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』第34巻, pp. 67-70
- 隈元修一・福松東一・中山 迅・猿田祐嗣 (2006b) 「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・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.
- 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 (2008) 「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)」『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16巻, pp. 1-10.
- 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
- 中山 迅 (2005) 「モデルの対応関係の明確化と表現の大切さ」『理科の教育』第631号, pp. 50-51.