

子どもの実態に即した理科授業の設計・実施・評価 (第2報) : 物の変化のようすから論理を積みあげる授業 < 単元「物の燃え方」(小6)の実践を通して >

著者	山崎 豊, 理科教育研究グループ, 広田 専精, 宮崎直二, 槇野 輝義, 野村 祐治, 堀田 修, 彦野 東洋男, 戸田 教一, 藤井 昭久, 前川 儀男, 木本 重史, 森 真治
雑誌名	教育工学研究 = Studies in educational technology
巻	5
ページ	37-51
発行年	1979-09-28
URL	http://hdl.handle.net/2297/24870

子どもの実態に即した 理科授業の設計・実施・評価(第2報)

— 物の変化のようすから論理を積みあげる授業 —
〈単元「物の燃え方」(小6)の実践を通して〉

山崎 豊* 理科教育研究グループ**

授業設計に対するわれわれの基本的な考え方は、既に、本研究の第1報で詳しく述べたので、ここでは、重複をさけるが、要するに、五官を通ず実験観察をする中で、子どもの経験の拡大を図りながら、子ども一人ひとりの実態を基盤として、授業を組み立てていく姿勢をとることには、変わりがない。

このような立場から、第2報では、「物質の変化から論理を積みあげる授業」として、単元「物の燃え方」(小6)⁽¹⁾⁽²⁾をとりあげ、その授業実践の概要を記述し、最後に本研究全体について総括することにした。

IV 物の変化のようすから推論し、論理を積みあげる授業

1 単元の授業設計手順

単元「物の燃え方」に関する新指導要領の内容は、従来の電流やまさつ、打撃による発熱に関する内容が削除され、炎をあげて物が燃える時の変化や、炎の部分による温度の違いなどを分析的に捉え、燃えるものを空気や熱と関係

づけてとらえさせることを中心とした内容に精選された。

そこで、授業設計にあたっては、一人ひとりの児童の実態を基盤とする研究の基本姿勢から、先づ、教材の本質に迫る事象に対して、児童がどのように対応し、どのようなとらえ方をするかを、対象児童全員について調べることから始めた。つぎに、その情報をもとにして、児童と共に、単元展開の構想を立て、実践へ移していった。それら一連のステップはつぎのようになる。

- ① 教材観の確立
- ② 児童の実態把握
- ③ 単元構成
- ④ 授業実施と分析
- ⑤ 結果の考察と授業改善の方向

2 児童の実態把握

即ち述べたように、われわれは、授業設計に際して、児童サイドに立つことを研究の重点としたが、この単元の実態把握のための調査では1つには、子どもが“物の燃焼”をどのような

* 山崎 豊 金沢大学教育学部

** 広田 専精 金沢市立弥生小学校
宮崎 直二 金沢市立南小立野小学校
榎野 輝義 金沢市立菊川町小学校
野村 祐治 金沢市立味噌蔵町小学校
堀田 修 金沢市立三馬小学校
彦野東洋男 金沢市立森山町小学校

戸田 教一 金沢市立瓢箪町小学校
藤井 昭久 金沢市立小坂小学校
前川 儀男 金沢市立馬場小学校
木本 重史 金沢市立木曳野小学校
森 真治 金沢市立千坂小学校

本グループのメンバーは、金沢市理科教育研究グループの同人である。

観点から、多面的な観察ができるか、また、それらの観察を通して、どのような疑問意識や興味を誘発するかを知ることであり、2つには、これらの調査・観察から、燃焼や炎についてのとらえ方を探り、子どもの論理展開の姿を授業設計に活用することをねらっている。

調査の方法は、4～5名のグループを1単位として、木、ローソク、アルコールランプ、ガスバーナーに点火して、燃え方を観察して、「物の燃え方をできるだけ詳しく観察して、「気づいたことを詳しく書きなさい。」という設問で記述させた。また、それと同時に、燃焼の観察から、疑問に思ったことや自分たちで調べてみたいことについても書き加えさせた。(金沢市内の5小学校で実施)

調査結果は、観点別にカード法により整理し、表1のような観察観点の分類表(以下、観点分類表と称する)にまとめた。

表1 炎の観察観点分類表

〔調査〕 木・ローソク・ガスバーナー・アルコールランプの炎について

南小立野小 6年1組

	色	形	音	におい	明るさ	温度	煙	芯	もえ方	もえかす	風	その他
木	・オレンジ色 ・だいたい色 ・黄色 ・上がこく下がうすい ・上が赤、下が青	・整っていない ・先がげらげら ・下は広く上は細い	・ビシッ、ビシッ	・くさい ・こげくさい			・黒い煙 ・うすい煙 ・灰色の煙 ・消えたと白い煙		・すぐ消える ・上にのびる ・木を囲むようにもえる ・じわじわともえる ・こげてからもえる	・赤か黒になる		
ローソク	・上はオレンジ色、下は青色 ・青、黄、だいたいわかれて	・細長い ・整っている	・音がしない	・あまりない ・少しくさい ・消えた時くさい	・上ほど明るい ・上が光っている ・まん中が一番明るい	・場所によりちがう	・黒い煙 ・消すと白い、煙がでる	・もえている ・先が赤くなっている	・ゆっくりもえる ・ながくもえる ・芯の方のろうがよくとける	・すすが出る ・ローソクとけおちる	・炎の形が変わり、すすが出る	
ガスバーナー	・とてもうすい色 ・上が黄、下が青 ・紫色もある ・まん中はようめい	・細長く大きい ・下が細い ・まん中が太い	・ポーッ ・音がすごい	・あまりない		・温度が高い ・とても熱い	・でない		・勢いがよい	・すすが出ない		
アルコールランプ	・うすい色 ・うすだいたい色 ・上の色がこい ・下はとうめい	・炎は太い ・液滴形 ・形はきまっている	・ポッ、ポッ音がする	・くさい	・上が明るい	・温度が高い	・でない	・もえない	・すぐ火がつく ・芯のまわりからもえている	・すすが出ない	・ゆれても煙が出ない	
炎	・一色でない ・とうめい ・全体的に赤い ・場所により色がちがう ・火力が強いほどとうめい	・形かわる ・先がとがっている ・形が似ている ・上から見ると丸い ・炎の中にあるようにだ ・上が細く下は太く	・音が出るものと出ないものがある		・光を出す	・熱い ・場所がちがう ・下は温かひくく上は高い	・消えたと煙が出る	・芯をつつむようにもえる	・もえるものがないともえない ・物によりもえ方がちがう	・すすがつかさかへる	・風で動く	・気体である ・O ₂ があるからもえている ・CO ₂ ではもえない ・炎は人間にているCO ₂ を使いCO ₂ を出す

○ 実態調査の分析

調査結果の観点分類表を分析して言えることは、物の燃え方に対する子どもの観察傾向には学校間による較差が少なく、共通した点が多く見られたことである。

即ち、一般的な傾向として、炎の色・形・明るさ・燃え方などの外見的事象についての観察が最も多く、つぎに、燃えるときの音、におい、熱さなどの感覚的な面からの観察がそれについていることが明らかとなった。

また、興味については、燃えるときの芯のようすや役目、煙やすすの出方の観察にともなった疑問から派生されたものが多く見られた。

素材としてとり上げた、4種類の中でも、ローソクとアルコールランプの燃え方については、観察の深さ巾が共に豊かであり、両者を対比した観察をさせることにも適しており、物の燃え方を学習するための素材としての価値が高いと言える。

3 子どもと共にたてる単元構成

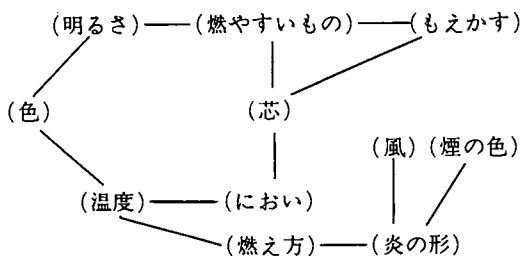
カード法によって類別された炎の観点分類表をもとに、学級全員の子どもと教師が、炎の学習を進めていくにはどうするかということで、話し合った。

(1) 炎についての思考の流れ

この学習で、まず、何を調べていかなければならないか、何がわかればよいか、それが究明されれば、つぎに何を調べていくべきかについて、観点分類表をもとにした話し合いを持ち、その結果を黒板に整理していった。

炎の学習で何から調べていきたいか、ローソクの炎をもう一度観察しながら話し合いを続けていく。「なぜ炎が3色に分れているのだろう。空気のふれ方によるのだろうか。なぜ、明るい所と暗い所ができるのだろうか。明るさと熱さには関係があるのだろうか。アルコールランプとローソクの炎と明るさや熱さに違いがあるのではないか。」など、色→明るさ→あたたかさ→燃えるもの……。話し合いでは、子どもが私語のようにつぶやくことでも大切に、もらさず、子どもの思考として取り上げ、要点を板書していった。

話し合いは、間もなく行きづまる。しかし、そのたびに、思考を進めるために観点分類表を資料として活用させた。その結果、話し合いの方向も、決して無謀な進路をたどることもなく、観点分類表の内容をふまえた範囲の中で進められた。このようにして、話し合った結果、図1のような「炎の思考の流れ図」ができあがったが、その概要は、つぎのように模式化することができる。



(2) 単元分析

つぎに、子どもと共にたてた思考の流れ図をもとにして、単元の分析をおこなってみた。教師は、この単元をどのようにとらえ、どのような方向から学習を進めたらよいか。児童は、この単元をどのように理解し、どの場面で思考を練るか、新しい知識の習得はどれとどれか、科学的に解決していく場面で、どのように考えるかなど、教師と児童の両面の立場から、単元を分析してみた。

ア. 教師サイドより

燃焼現象は状態の変化であるが、ロウの状態が、固体、液体、気体と変化していくプロセスの中で、外的なファクターとしての温度変化によって、ロウの粒子が、炭化して輝光を発するという。この変化の中には粒子概念も存在し、また、化学概念も思考の基となって存在することをとらえて、指導にあたる必要があるだろう。

このことから、炭素粒子の温度による変化を化学的、物理的にとらえさせようとしていると考えてよい。

また、この学習過程における炎の正体を追究する中で、子どもの問題解決能力を養い、観察する力を高めさせたい。

イ. 児童のサイドより

なぜ炎が出るのだろうか、炎の正体は何か、炎は何が燃えているのだろうか、というような問題の壁にぶつかりながら、解決の道すじを求めて、追究していくだろう。また、燃焼現象を細かく観察していく必要から、事象の分析的な見方も育っていくだろう。このような子どもの側からの追究意欲によって、結果的には、燃焼を、外的な要因としての酸素とのかかわりでとらえ、すすが出たり、炎の色が変わったりする原因を説明できるようになっていく。

また、この学習過程における、子どものとらえ方をモデル図やイメージ図に表現させながら学習の評価資料をとっていきたい。

図1. 炎についての子どもの思考の流れ 森山町小 6年1組

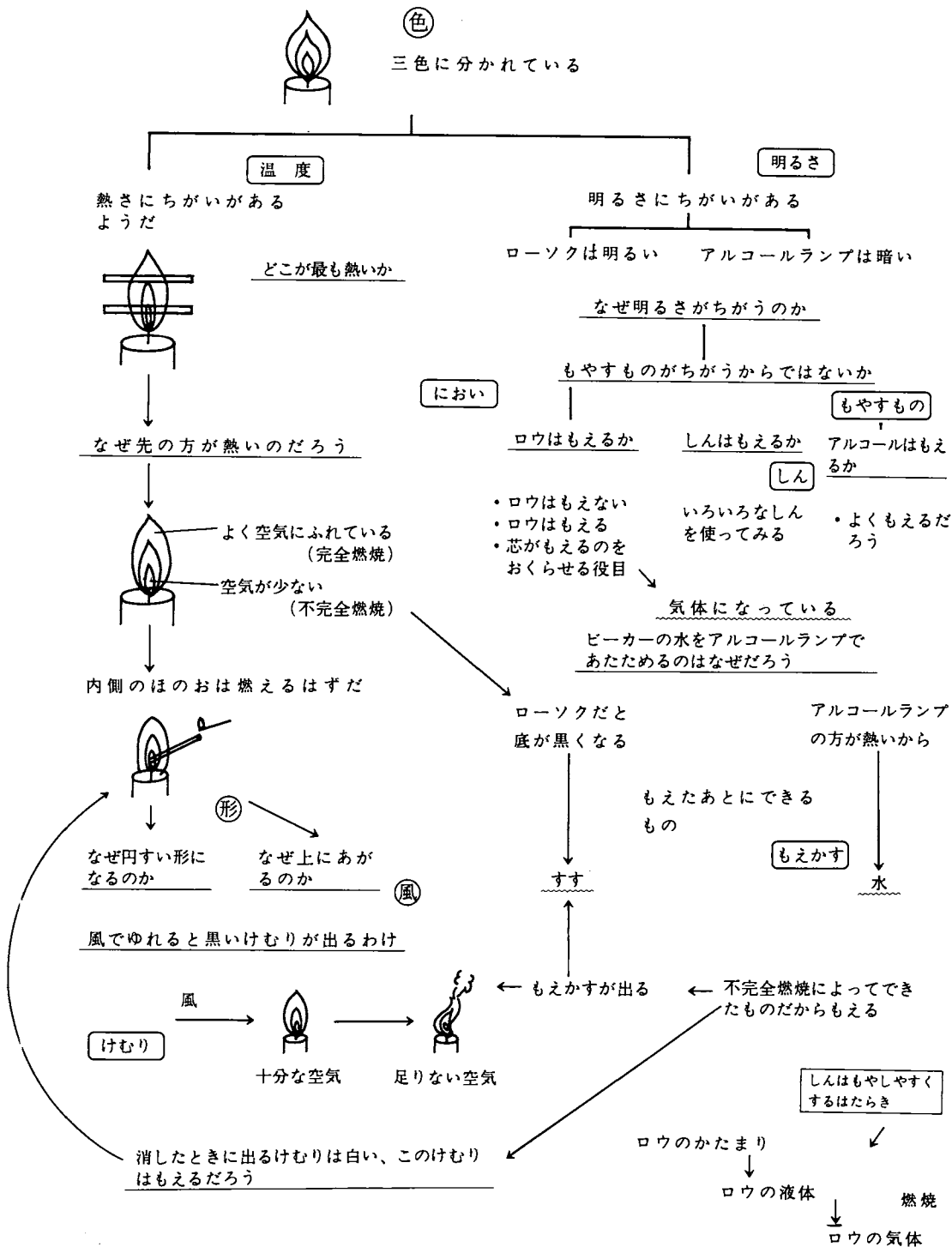
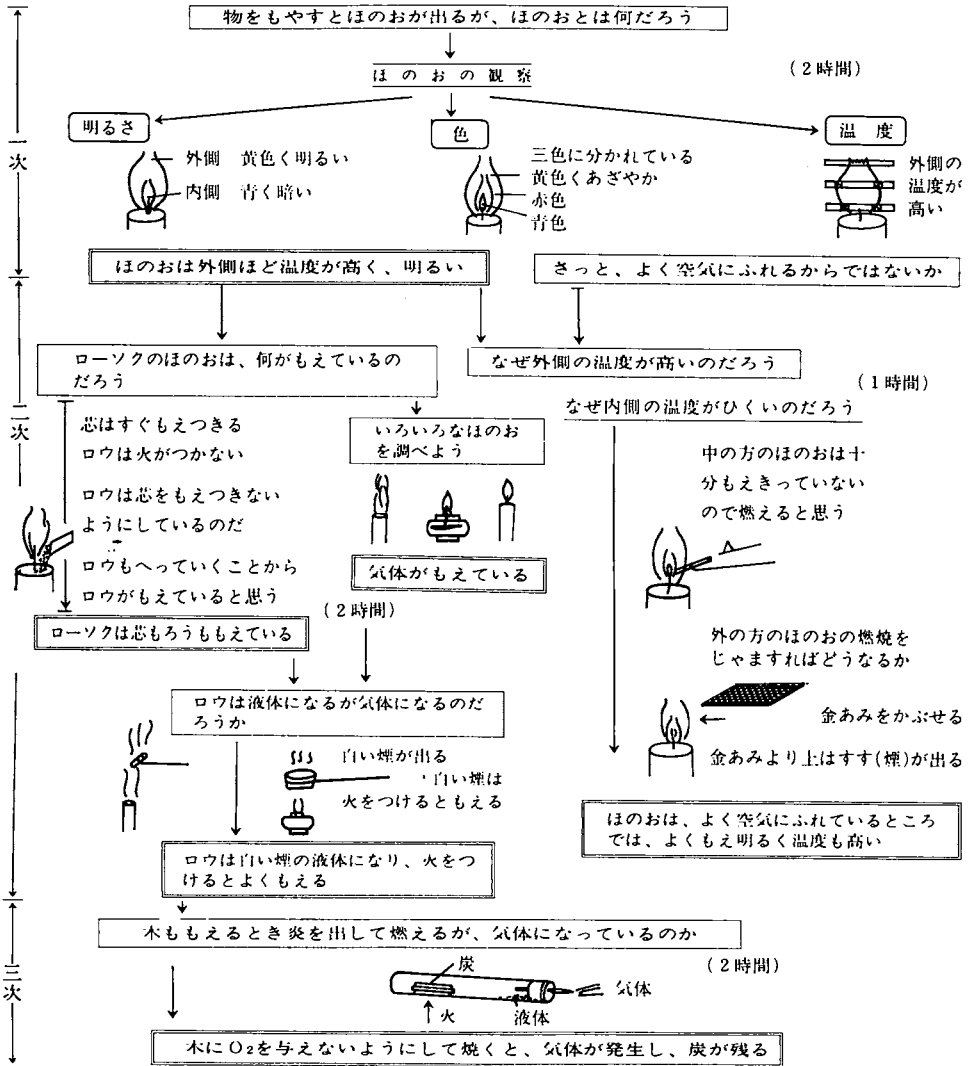
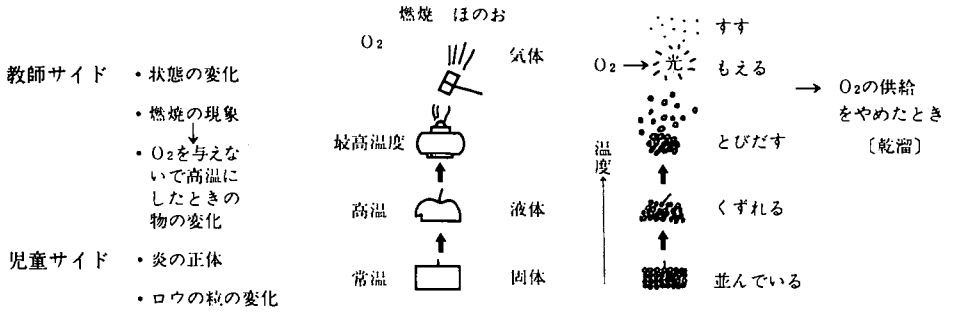


図2. 「物のもえ方」の単元分析 森山町小 6年1組



(3) 指導計画

思考の流れ図及び単元分析の結果をもとにして、単元「物の燃え方」の単元設計をした。単元設計にあたって、一般的には、教師が児童の実態把握から、児童の動きを予想した学習展開を想像しながら、行う場合が多い。

しかし、今回のわれわれの設計では、事前調査結果をまとめた観点分類表をもとに、子どもと教師が、予め話し合っ、単元全体の見通しを決め、学習のコースを定めるという方法をとった。つぎに、その指導計画を示す。

表2 単元指導計画

単元「物の燃え方」

〈指導者 森 真 治 (千坂小)〉

① 目 標

- 炎の部分によって、色、明るさ及び温度に違いがあることを、観察、実験によりとらえさせる。また、色、明るさ及び温度は、酸素の供給量に関係があることを、炎の現象を通して、物質の変化と関係づけてとらえさせる。
- 物が炎をあげて燃える様子を調べ、炎は、気体が燃えるときにできることを理解させる。
- 木片を空気の入替らないところで熱すると、分解し、燃える気体、木炭、木タール、木酢になることをとらえさせる。

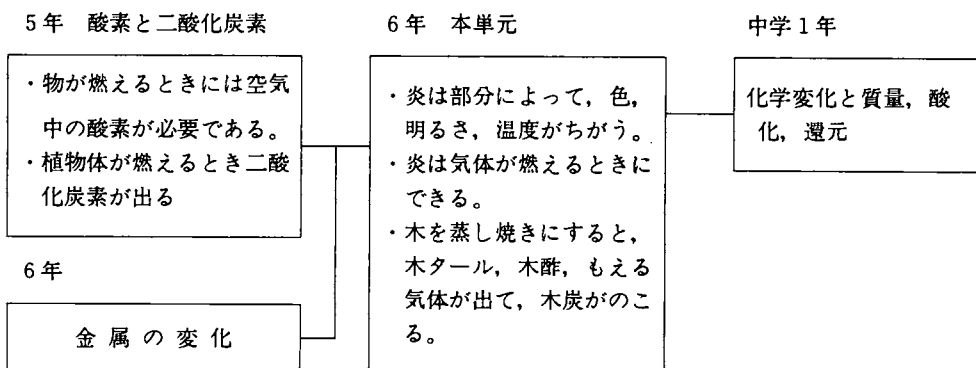
② 指導にあたって

- 教師によって示された学習の流れにそい、予定された結果を出すという理科学習が行われがちであった。そこでこの単元では、児童自身が問題をつかみ、自から考えながら進めていく授業設計を試みた。そこで、児童の実態調査をより重視した。炎を観察し、疑問に思ったことや、調べてみたいことを記録し、個、グループ、全体で、問題を順次焦点化していった。

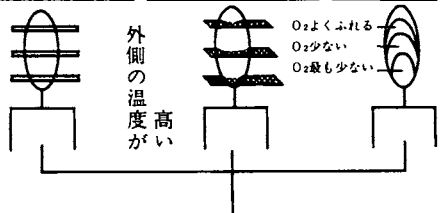
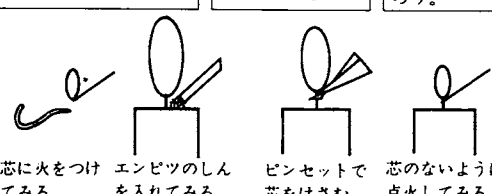
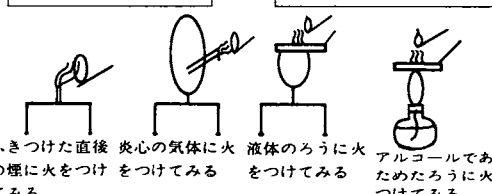
しかし、児童の一人ひとりの問題解決能力のちがい、問題のとらえ方のちがい、活動の方向性のちがい等により、一本の学習の流れにすることが困難であると同時に、問題づくりの段階で教師の出場が非常にむずかしいと考えられる。

- ろうそくの状態変化を実験により確める。さらに、炎のしくみを、蒸し焼きにした木片と対比しながら、炎の特徴をあきらかにしていきたい。

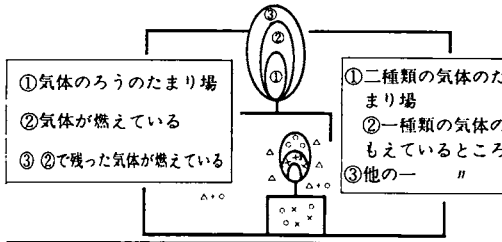

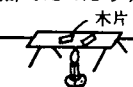
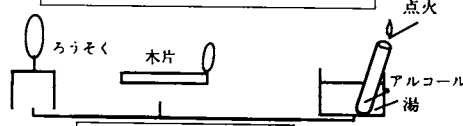
〔関連と発展〕



③学習計画(単元構成)

題目	行動目標	問題解決の過程	留意事項、評価
<p>第一次 炎の色と温度 (2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 炎が三色にわかれていることと、O₂の供給量との関係に気づく。 明るさ温度とO₂の供給量との関係が説明できる。 	<p>〈炎が三色にわかれているのはどうしてだろう。〉</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">温度と関係があるのではないか。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">O₂の供給量のちがいでないか。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">三つの性質があるのではないか。</div> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 炎心は十分燃えていないので、暗く温度も低い。 外炎はO₂とよくふれるので、温度が高い。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> 炎の中に入れる時間など、条件を統一して実験させる。 ○炎の色や明るさ、温度とO₂の供給量とを関係づけてとらえているか。
<p>第二次 ろうそくの燃え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ろうが液体となって芯にあり炎になっていることに気づく。 予想にあった方法を考え実験することができる。 	<p>〈炎は何が燃えているのだろうか。〉</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">芯が燃えているのだろう。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">ろうが燃えているのだろうか。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;">芯とろうが燃えているのだろうか。</div> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> ろうそくの炎は、ろうが固体から液体にかわって、炎になっているのだろう。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ○検証方法をくふうしながら実験を進めているか。
<p>(3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ろうが固体から液体、液体から気体へと状態変化したことに気づく。 ろうそくの炎は気体が燃えるときにできることに気づく。 	<p>〈液体になったろうが炎になるのだろうか。〉</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">液体のろうが炎にかわるのだろう。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">ろうが気体になって炎にかわるだろう。</div> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> ろうそくの炎は、固体のろうが熱により液体から気体へと変化して、炎になっている。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・既習経験を生かして検証方法をくふうさせる。 ○ろうそくの燃えるしくみをいろいろな方法をくふうして検証しているか。

(単元構成つづき)

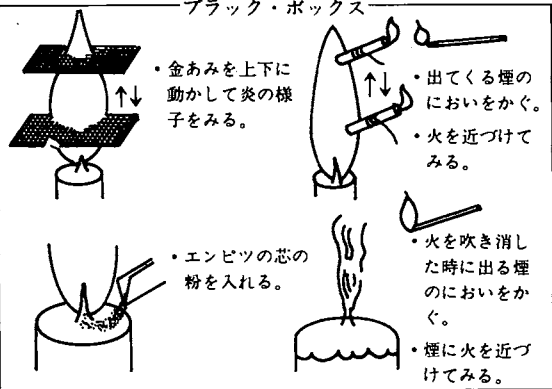
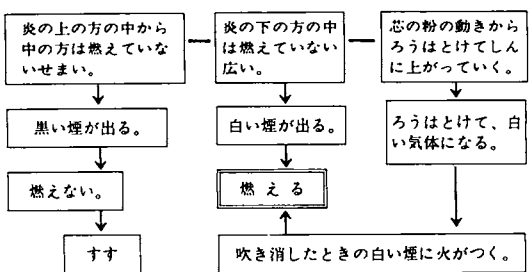
題目	行動目標	問題解決の過程	留意事項、評価
第二次 ろうそくの燃え方 (3)	<ul style="list-style-type: none"> 状態変化したろうの気体が、さらに変化していることに気づく。 ろうそくの炎のしくみをモデル図で考察させる。 	<p>◁ 気体になったろうは、炎心、内炎、外炎と、どのようにかわるだろうか。 ▷</p>  <p>① 気体のろうのたまり場 ② 気体が燃えている ③ ②で残った気体が燃えている</p> <p>① 二種類の気体のたまり場 ② 一種類の気体のもえているところ ③ 他の一 "</p> <p>ろうそくの炎は、気体のろうが二種類に分解しO₂と結びついたので</p>	<p>ろうそくの燃えるしくみをモデル図を使って説明できるか。</p>
第三次 木の燃え方 (2)	<ul style="list-style-type: none"> 空気にふれさせないで、木片を加熱させる方法に気づく。 木片とろうそくの燃え方のちがいに気づく。 	<p>◁ 木もろうそくと同じように、気体になって燃えるのだろうか。 ▷</p> <p>気体になっているだろう。 木が燃えているのだから気体にならないだろう。</p> <p>(空気にふれないで、熱を加える実験で調べよう)</p> <p>実験方法を考える</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 調理のむし焼きなどの経験から実験方法を考察させる。
第四次 物の燃え方のまとめ (1)	<ul style="list-style-type: none"> 物が燃えて炎が出ることをまとめることができる。 	<p>(実験する。)</p> <p>白い気体が発生した。 油のようなべとべとしたものがでた。 かつ色の液が出た。 木片が黒くこった。</p> <p>火がついた → ◁ 燃える気体が全部でたのだろうか ▷</p> <p>実験する</p>  <p>ろうそくは熱により気体にかわり炎になるが木片は熱により木炭、木タール、気体、木酢に分解する。</p>	<p>ろうそくと木片の燃え方のちがいを比べながら検証結果をまとめられるか。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 物が燃えて炎が出ることをまとめることができる。 	<p>◁ 物が燃えるとは、どんなしくみで燃えるのだろうか。 ▷</p> <p>アルコールの燃え方も調べてみよう。</p>  <p>ろうそく 木片 点火 アルコール湯</p> <p>モデル図による説明</p> <p>物が熱によって、気体となり、O₂と結びつき、炎となる。その結果、水蒸気と二酸化炭素ができる。</p>	<p>ろうそくの燃え方、木片の燃え方、アルコールの燃え方の共通点をまとめられるか。</p>

(4)授業細案 弥生小 広田学級

①小題目 ろうそく炎の正体（つくりとしくみ）（第2次中1、2時）

- ②ねらい
- ・ろうそくのろうは、熱によって、液体・気体にかわり、その気体が酸素とはたき合って、炎となって燃えていることを知り、炎の構造を理解させる。
 - ・ろうそくの炎の燃え方について、既習経験を生かしながら、検証方法をくふうさせ、実験結果と結びつけて、炎の構造やメカニズムを追究させる。

③指導過程

分節	学習過程	時間	教師の働きかけ	活動・思考の流れ	評価
a	1.学習のめあて	5'	ろうそくの観察から問題を持たせる。	<p>ろうそくの炎は部分によって、色・明るさ・温度などが違うのはなぜだろうか。</p> <p>炎の構造を調べてみよう。</p>	
b	2.炎のしくみの追究	30'	グループ実験で自由にやらせる。	<p>ブラック・ボックス</p> 	○手ざよく追究できるか。
c	3.実験結果のまとめ	10'	発表できるようにTPにも書かせる。	<p>・実験結果をグループでまとめる。</p>	
d	4.結果の発表	20'	結果と結びつけて、炎のしくみを考えさせる。		○実験結果と結びつけて炎の構造やメカニズムが考えられたか。
e	5.炎のしくみのまとめ	25'	各自、炎をどうとらえたか、まとめさせる。	<p>炎とは、どんなしくみで燃えるのだろうか、イメージ図を書いてみよう。</p>	○炎のしくみが理解できたか。

5 イメージ図の考察

表2 子どものイメージ図の分析表

弥生小 6年3組

児童番号	(第二次の1時) ろうそくの炎の構造の追究後のイメージ図に表われた項目(A)										(第二次の2時) ろうそくの燃焼をまとめる段階でのイメージ図に表われた項目(B)											
	芯とそのまわり			炎の内側				炎の外側部分			ろうの三態変化					ろうの質変化						
	ろうの三態変化					ろうの質変化					ろうの三態変化					ろうの質変化						
	熱でとける	芯をのぼる	液体となり	ろうが蒸発	白いつけむり	ろうの気体	その他	温度は低い	もえる酸素	黒いつけむり(すす)	その他	高い	固体	液体	気体	炎心	内炎	外炎	すすの完全燃焼	二酸化炭素	水蒸気	
1	○	○										○	○		△							
2		○						○	○													
3	○	○					○				○	○	○		△					○	○	
4		○	○					○	○			○	○		△		○			○	○	
5	○	○	○				○	○	○		○	○	○		△				◎	◎		
6		○			○						○	○	○		△		○					
7	○						○				○	○	○		△				◎	◎		
※8															まとまらない							
※9												○	○		△		△					
10	○	○	○	○	○			○		○	○	○	○		△		△			◎	◎	
11							○			○	○	○	○		○	○			○	○		
12											○	○	○		△		○				○	
※13												○			○		○				○	
14	推論できない										○	○		△								
15	○											○	○		○	○		○	○	○	○	
16					○		○	○	○	○	○	○	○		△		○		○	○	○	
17	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○		△				◎	◎		
18	○	○	○	○				○	○			○	○		○	○	○	○	○	○	○	
19					○							○	○		○		○					
※20												○	○		○		○					
21	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○		○	○	○	○	○	◎	◎	
22	○	○										○	○				○			○	○	
23							○					○	○		○		○			○		
24					○							○	○		○		○					
25	しくみの推論できない										○	○		△				△				○
26	実験結果をつなぎ合わせて、炎のしくみの推論ができない										○	○		△				△				○
27	○	○			○							○	○		○	○	○	○	○	○	○	
28	○	○			○							○	○		○		○			○	○	
29							○					○	○		○	○	○	○	○	○	○	
30		○						○	○			○	○		△		○					
31	○	○			○							○	○				○			○	○	
32	○	○	○	○	○		○					○	○		○	○		○		○	○	
33	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○		○	○		○		○	○	
34	○	○										○	○				○			○	○	
※35												○	○		○					○	○	
36					○							○	○		○		○					
37		○			○							○	○		○		○				○	

※欠席を含めて未提出者（5名）

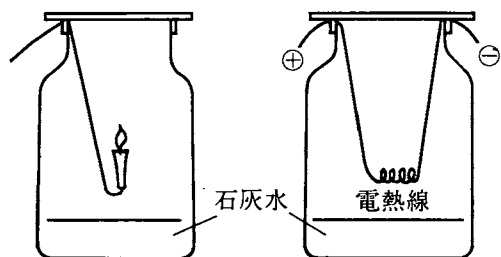
◎二酸化炭素→酸素+炭素
 ◎水→ろうの水素+酸素（メカニズムの期待値レベル）
 △な気体のみの記述
 ※欠席（1名）

(1) 炎の構造の追究後のイメージ (図3)

子どものイメージ図を見ると、炎の構造の追究実験の結果をつないで、炎のしくみを概観できたものは、提出者32名中約半分の15名である。結果をしっかりとつかみながらも推論できなかった者5名、他は一部のみを把握しているが全体のつながりはうすかった。この段階は、「固体のろう→黒い煙のすす」までのろうの追求と炎の構造である。ろうの三態変化は把握されても、ろうの質変化としては、「ろうの気体(白い煙)→黒い煙(すす)」までの把握である。燃えるというメカニズムは把握されていないのである。

そこで、次のような実験をとり入れて、より「燃える」ということを考えさせることにした。この内容は5年「酸素、二酸化炭素」の復習である。

〈ろうそくを燃やしてできるものは、電熱線の
発熱でもできるだろうか。〉



- ・石灰水は白くにごる
- ・炎は小さくなって消える
- ・燃えるとびんがくもる(水分)
- ・酸素が必要
- ・石灰水はにごらない
- ・いつまでも発熱している
- ・くもらない
- ・酸素がなくてもよい

この比較実験は非常に有効で、はじめて、もえるという現象を把握されたと思われる。特に「びんがくもる」のは、石灰水が入っているためでないかということで、乾燥したびんをいくつかも使って実験をくり返して納得した。

そこで、「燃えるとはどんなことか」でろうそくの燃え方の総まとめをイメージ図に書き、その結果をまとめると、表2項目(B)のようになった。

(2) ろうそくの燃焼をまとめる段階でのイメージ (図4)

ろうの三態変化から質変化の生成物までをつないだ者は、36名中、25名であった。その中で、二酸化炭素や水の生成を推論したものは5名であった。これは期待レベルであって、小学校の段階をこえている。11名の者は、比較実験をしながらも、そこまで総合して推論できず、前段イメージ(図3)の段階にとどまっている。しかし、クラスの3分の2は、目標に到達している。その原因としては、授業中の学習態度の確立していない者が多く見られることや、学習のある段階で不明な点を話し合いをもっと多く持つべきであったことを反省している。一般的に子どもは、現象面だけの把握はできるが、質変化の把握はなかなかできないということではなからうか。これは、三態変化はほとんどの子どもが把握している点からも考えられる。

以上のように、ひとりひとりのイメージ図をもって、論理構成を把握してみたが、他にもっとよい方法があるかもしれない。イメージ図は、フリーハンドの記述と同じであり、キーワードによる記述とか、設問による解答での分析などの方法も考えられる。

また、燃焼による生成物のろうそくと電熱線の比較実験の前後のイメージ図を資料として提出したが、これを見て気づくのは、記述の項目が明らかに異なる点である。このことから、あるレベルの認識を飛躍させるに適した実態観察がいかに大切かがわかる。過去に学習した実験であるにかかわらず、再度、実験させるとこれほど認識がかわることがわかる。この比較実験はこの単元のキーとなる実験である。

この段階のイメージ図で、炎の各部分の色や明るさ、温度をろうの質変化と結びつけて記述した者は6名であったが、もっと、イメージを書く前に、観察したこと、実験してわかったことを結びつけて書くことを強く指導すべきではなかったかと反省している。

(3) 抽出児6名の「ほのお」の認識の分析

さきにあげた(A)と(B)の段階における抽出児6名とイメージ図から、ほのおの構造や

燃えるということについての認識の高まりを分析するとつぎようになる。

児童番号	(A) 段階のイメージ	(B) 段階のイメージ
K	・炎の温度・明るさと、ろうの気体(白いの煙),すず(黒い煙)と、燃える,燃えな温いから,炎のつくりをよくとらえ,実験結果の関係づけができています。	・燃える時にできる二酸化炭素と水蒸気の生成についての推論はできていないが,ろうの質的变化と炎の構造(明るさ・温度・色)についてはよくとらえている。
O	・ろうの三態変化はとらえているが,観察結果による炎の構造とろうの質変化はとらえていない。	・燃えるという認識はよくできている。ろうの質変化と生成物の水蒸気の推論はよくできているが,二酸化炭素のとらえはできていない。
H	・実験結果をよくつないで,ろうの変化はよくとらえているが,炎の構造を観察結果と結びつけてはとらえていない。	・炎の構造がよくとらえられ,ろうの変化はとらえているが,燃える時にできる生成物の推論はできていない。
S	・炎の構造を適確にとらえ,ろうの状態,質変化もよくとらえている。	・燃える時にできる水蒸気と二酸化炭素の生成についてよく推論し,燃える現象を適確にとらえている。
M	・炎の構造と実験結果をよくつなげて,ろうの状態変化やこの段階での質変化をよくとらえている。	・燃えたあとに出てくる水蒸気と二酸化炭素の生成への推論は,よくでき,燃えることをよくとらえている。
T	・炎の構造と酸素とのかかわりによる,ろうの変化を実験結果をつないでよくとらえている。	・燃える時にできる水蒸気や二酸化炭素の生成への推論はよくでき,明るさ・温度・色をつないで,炎の構造と燃えるということを適確にとらえている。

この分析表から、(B)段階で、水蒸気と二酸化炭素の生成の推論は期待値であったが、ここまで達する者がいたことは、驚きと共に子どもの力を見直したくなった。

6 考察と改善の方向

従来の授業設計では、必ずしも、児童の実態が十分に反映されず、教師サイドの見方に偏重しやすかったという反省から、この研究では、授業設計にとりかかる前に、児童の実態を把握することに、かなりのウエイトをかけてきた。

単元構成では、炎の観察を観点分類表に整理し、学級の子どもにそれぞれ手渡して全体で考察させた。その結果、個人が観察したことを全部集めてみると、ずいぶん、観点の中が広がり観察も深まっていることに驚いている姿が見られた。子どもたちの中から、表を見ているうちに、「この表の中に、これから勉強することが全部入っているみたい。」とか、「どこから勉強していくか決めたい。」といった声が聞かれるようになった。

たしかに、子どもの思考のルートマップをつくることは、楽ではなかった。しかし、子どもの思考のルートにのせた授業の設計ができたことによって、授業の実践に出てくるように、学習を子どものものとして立体的におし進め、燃焼についての概念化がなされたものと考えられる。

また、「ろうそくの炎の正体（つくりとしくみ）」（第二次）の学習を中心として、学習の前と後に子どものイメージ図を書かせたが、そのことによって、学習によるイメージの変容の姿をとらえることができた。子どもの書いたイメージ図の分析からは、ひとりひとりの子どもの学習目標に対する評価も可能である。

評価については、従来、学習過程における形成評価として、キーワードや設問によって、行う場合が多かったが、本研究では、イメージ図による評価を多くとり入れた。この方法は、単元の全過程について実施することは困難であるが、ここで扱ったように、状態変化と質変化をとまなうろうそくの燃焼のメカニズムを立体的にとらえられるという点で有効であったと言える。

木片の乾留についての学習では、「木も気体になって燃えているのだろうか」という問題提起によって学習にはいり、ろうそくの燃焼のし方との違いから、そのメカニズムをモデル化してとらえようとしたが、閉じこめた空気の中で木片が熱せられて“分解”されるという思考にやや抵抗があった。しかし、乾留の過程に見られるいろいろな現象には、非常に興味があり、乾留のあとに炭が残ること、しかも、その重さが極端に減少していることに驚きの姿が見られた。

このような子どもの実態から考えても、第四次の木の燃え方の扱いでは、空気の入れかわらないところで、木（植物体）を熱するとどうなるかを問題にし、閉じ込めた空気の中で木片などの植物体を加熱したときの変化を詳しく観察させ、その過程に出てくる生成物や実験結果の考察から、物が分解されることに気づき、空気

中で木（植物体）が燃えるときには、分解と燃えることが同時に行われていることをとらえさせるような扱い方が望ましい。

V 子どもの実態に即するために

今回の私たちの研究は、より子どものサイドに立った授業のあり方の模索であった。そのために、従来からの授業設計のあり方を反省し、子どもの実態を正しく把握して、子どもの興味や思考のルートに柔軟に対応できる授業の姿を求めてきた。

新しい教育過程では、実験や観察などの直接経験を重視し、自然を探究する能力や態度を育てるとともに、子どもが意欲的に問題に取り組もうとする心情面についての配慮がより強調されている。

このような立場から、5年「光の進み方」と6年「物の燃え方」の授業例について実証的に試行してきた。即ち、光の学習では、従来の光教材の取り扱いが知的理解の面に偏りがちであった傾向を反省し、子ども自らが事象に対して疑問を持ち、進んで問題追究に立ち向う態度の育成を旨として授業の設計にあたってきた。そのために、いままでの、質問紙による方法から物を使った行動を通して、子どもの実態を探る方法へと改善し、光に対する子どもの疑問や関心および行動の傾向を把握しようとした。その結果として、「光的的あて」を糸口として単元構成をすることが有効であることが見つかった。この手法は、次レベルごとに導入的な実験として位置づけられ、子どもの興味と問題追究への導火線として、子どもの内発的な学習意欲を高める点で効果的であったと言える。

また、5年「物の燃え方」の学習でも、物そのものの現象の観察から、ひとりひとりの観察の視点のとらえ方や観察力のレベルを把握すると共に、子どもの興味や関心の姿を正しく認識することを授業設計の前提とする立場をとった。その結果、いままでは、教師サイドで立案した単元構成を、児童の実態調査の集計表をもとに

してオリエンテーションし、それによって、子どもと共に学習計画を組み立てるという手法をとった。素材についての観察の視点をまとめた観点分類表から、子どもの視点や関心が炎の色や形や明るさに集中していることが判明したため、子どもと共にたてる単元構成は、実態と密着したものとなり、見通しを持った組み立てができ、学習参加への意欲が助長される結果になったと言える。

しかし、子どもの実態を知り、それによる授業設計をみざそうとして、われわれがとってきた一連の歩みは、これで目的に到達したわけではない。子どもの物のとらえ方や実験観察の能力、先行経験や興味や関心などには、子ども一人ひとりに深淺が見られる。こうした学習のスタート時における個人差をどのように調整しそれに対応するための授業設計のあり方を求めて、今後とも、実証的な研究を続けていきたいと考えている。

付 記

本報は「子どもの実態に即した授業の設計・実施・評価の研究（第1報）」（金沢大学教育学部附属教育学センター教育工学研究第5号 P. 21（1979））に続くものである。

文 献

- (1)山崎豊・水越敏行編著：「理科教育の構造・過程・評価」黎明書房（1973）
- (2)水越敏行：「授業の設計と評価の技術」明治図書（1976）
- (3)山崎豊・金沢市理科教育研究グループ：「子どもの実態に即した授業の設計・実施・評価の研究（第1報）」金沢大学教育学部附属工学センター教育工学研究第5号（P.21）（1979）