

## 理科授業における討論場面での思考過程の分析

林 秀雄・尾崎 浩巳\*・森 幸雄\*\*

### An Analysis of Children's Thinking in Discussion in Science Classes

Hideo Hayashi, Koji Ozaki and Yukio Mori

#### I はじめに

子どもの科学的思考の発展過程を明らかにすることは、理科授業の科学化にとって重要な要素のひとつである。

従来、子どもの科学的思考の発達については多くの研究がなされてきている。なかでも、ピアジェの論理モデル<sup>1)</sup>は、記号論理学を駆使し、思考の発達プロセスを明らかにしたものといえる。しかし、ピアジェの論理モデルを含む多くの研究は、相互交渉場面における子どもの思考過程を明らかにしようとしたものではなかった。

授業は、それに参加している教師と子ども、子どもどうしの交渉によって成立している。いいかえれば、授業は教師と子ども、子どもどうしのコミュニケーション場面であるともいえる。したがって、授業の中での子どもの思考過程を明らかにしようとするならば、教師と子ども、子どもどうしの相互交渉のなかで、子どもの思考過程をみていくことが不可欠と考えられる。

そこで、理科授業での討論場面のプロトコールを取り、教師、子どもの発話をもとに子どもの思考過程を分析することにした。授業場面での発話はいわゆる『日常言語』(自然言語)であり、明示されていない省略部分が多くある。したがって、思考過程を分析する時、単にプロトコールで明示されたものだけでの分析では不十分であり、語用論の知見にもとづいた『暗黙の前提』の導入、条件文の多様な表現などが必要となる。

また、子どもが問題の解決のために、『その問題をどのように考えたらいいのか』、そして『問題解決のためにどのような知識を取り出してくればいいのか』という『視点』のもち方がどのようになされているかを明らかにすることも思考過程を分析するうえで重要な要素と考えられる。

本研究では、上記の点をふまえ次のような観点から子どもの思考過程を明らかにしようと考えた。

1. 個々の子どもの思考の過程を分析し、

1) 用いられている論理のタイプを明らかにする。

2) 『暗黙の前提』を明らかにする。

3) 『視点』のもち方を明らかにする。

そのなかで、思考の適切・不適切がどこにあるのかを見る。すなわち、思考の適・不適が、

i) 論理操作によるのか

ii) 暗黙の前提の適切・不適切によるのか

iii) 視点のもち方によるのか

iv) それらの複合したものによるのか

を見る。

2. 視点は対象となる課題をどのようにみるかであるとともに、自分のもっている知識（の構造）のなかからどのようなものを取り出してくるかでもある。コミュニケーション場面では、自分の視点をとるとともに、他者の視点をも理解し、それが適切なものであるとおもわれるものを自分の視点のひとつとして取り入れていくと考えられる。さまざまな視点を取り入れることによって、課題の解決へより近づくことができるといえる。集団としての視点の移動が個々の子どもの思考、特に視点のとり方に大きく影響を与えているといえる。そこで、討論が適切な視点をとるのに有効であることを検証する。

## II 本研究で用いる分析の観点

### 1. 論理と記号化

1) 演繹的推理と蓋然的推理<sup>2)</sup>

#### ① 演繹的推理

- ・前提の真偽に関わりなく、一度前提として認めれば、一定の結論が必然的に出てくる。
- ・結論は、背景的知識を含めた前提のなかに潜んでいるものを引き出すだけあって、論理的新しさはない。
- ・したがって前提を追加しても結論は不变。

#### ② 蓋然的推理

- ・前提と結論との間に必然的連関はない。
- ・前提の含むものを結論として引き出すものではない。
- ・前提を追加することによって結論に動搖を引き起こす。

以上のように、演繹的推理と蓋然的推理とでは大きな差異がある。演繹的推理では真偽の判断を求められるのに対し、蓋然的推理では蓋然性の増減を考慮した判断を行なう。したがって、演繹的推理の結論は「……である。」という断定的表現であり、蓋然的推理では「……であろう。」となる。

蓋然性の推理は、探究過程で固定した判断にとどまることをふせぎ、より正しい結論を求める機能をもっているともいえる。なお、蓋然的推理には帰納推理、類比推理、仮説検証推理<sup>3)</sup>などがある。

#### 2) 述語論理学<sup>4)</sup>の使用

命題論理学では、命題相互間に成立する真偽関係のみを問題にする。それに対して、述語論理学で

は、ひとつの文（命題）のなかで成立する構造的関係をも扱うことができる。たとえば、『すべてのものは変化する』は、命題論理学では単に『p』と表記するだけであるが、述語論理学では『(x) H (x)』のように主部と述部とを表記する。また、主部が全称（すべての）であるのか、特称（ある……が存在する）であるのか、さらには特定のものであるのかをも区別することができる。以下に、今回分析を行なった授業プロトコールのなかから具体例を示す。児童P3「(私は)炎は気体だ(と思うんやね)」は $(x_0) B (x_0)$ と表記でき、児童P1「(わたしは)一番上のその暗い赤色の所が一番温度が高い所じゃないかと……」は $A (x_1)$ と表記される。 $x_0$ （炎）は個体変項、 $x_1$ （一番上のその暗い赤色の所）は個体定項、A（一番温度が高い）、B（気体である）は述語変項である。

### 3) 疑問文、確認（文）の論理記号化

思考の対象についての何らかの主張をことばで表明したものが命題である。したがって、命題は真または偽の判断が求められる。ところで、一般に疑問文、命令文、感嘆文などは真偽の性格をもつものでなく、命題にはなり得ない。また、会話のなかで他者のことばを単に繰り返す場合、また確認するようなときには、何らかの主張をしているわけではないので命題とはならない。これらは論理学からみれば命題ではなく、論理記号化にはなじまない。

討論のなかでは、教師の発言の役割は大きく子どもの思考を左右することも多い。その教師の発言のなかには、疑問を子どもに投げかけ問題解決を求めるものや、子どもの発言を受けて再度確認するといったものが多くみられる。

したがって、討論全体を論理記号化したものとしてみるためには、論理学的には不適当ではあるがこのような発言も論理記号化しておいた方が都合がよいと考える。

#### ① 疑問文の論理記号化

疑問文は、大きくYES／NO型とWH型とに分けられる。YES／NO型の表記は、命題記号の次に『?』を付け、WH型は命題記号を『< >』でくくり次に『?』を付けて表すことにする。YES／NO型の例として、教師「一番目が一番熱いですか？」は $A (x_1) ?$ となる。WH型の例として、教師「なぜ一番目が一番熱いのですか？」は $< A (x_1) > ?$ となる。

#### ② 確認の場合

単なる繰り返しと教師が真偽の判断をくだす場合とがある。単なる繰り返しの場合は、子どもの主張で用いた命題記号をそのまま使うことにする。真偽の判断を行なう場合には、たとえば、教師「一番目が一番熱いとするのは正しい」は $A (x_1) = 1$ と表記する。偽と判断した場合は『命題=0』と表記する。

## 2. 語用論による条件文解釈<sup>5)</sup>

### 1) 条件文

日常言語での条件文『pならばq』は、後件qの十分条件としてp以外の命題（の集合）を背後にもっている。会話状況でもっとも適切な前提としてpが取り出されていると考えられる。なお『pならばq』の表記は、含意記号『 $\supset$ 』を用い、『 $p \supset q$ 』とする。たとえば、児童P3「気体というのはあたためると上へ行く」は(b) [C(b)  $\supset$  D(b)]と表記する。

## 2) 理由文

理由文『 $p$ だから $q$ 』は、前提となる条件文を自明のものとして省略した省略推論である。すなわち『 $p$ ならば $q$ 、いま $p$ であるから $q$ 』という構造を本来もっている。たとえば、児童P10「酸素は燃やす働きがありますね。だから（ぼくは）、一番が一番良く熱い（と思います）」は $\boxed{(x_1, d)}$   
 $\boxed{[O(x_1) \cdot S(d) \supset A(x_1)]}$ 、 $O(x_1) \cdot S(d) \therefore A(x_1)$ となる。

（ $\boxed{\quad}$ は省略部分を示す）

### 3. 暗黙の前提<sup>6)</sup>

推論は、前提命題（の集合）からある命題を結論として導き出す操作のことである。形式言語では、明示された命題と推論規則によって推論が行なわれる。したがって推論を理解するためには、発話の『ことば』と推論規則を考えるだけでよい。

ところが日常言語による推論では、明示されたことばだけではなく、その背後にある前提（の集合）をも考慮に入れなければならない。日常言語による推論では、前提となる知識のすべて（前提命題の集合）を言明することは、ほとんどの場合ない。たとえば、条件文『 $p$ ならば $q$ 』を考えてみる。この場合、前件 $P$ は単独で後件 $q$ の十分条件となっているのではなく、 $q$ の十分条件を構成する命題の集合 $E = \{P_1, P_2, \dots, p, \dots, P_n\}$ のなかで、いまの発話状況でもっとも言う価値の高い命題として $p$ を取り出しているにすぎないとみなされる。 $p$ 以外の前提命題は、話者にとって『わかりきったことは言わないでおく』とする会話の原則により省略されている。この省略された、明示されていない命題（知識）を暗黙の前提という。この暗黙の前提によって、日常言語は簡略化されている。しかし、そのことが会話の不分明さ、会話のすれ違いを生むことにもなっている。会話のなかで、個々の発話者の暗黙の前提が明確化し、共有できれば相互に理解し合える。しかし、暗黙の前提をとり違えると誤解を生ずることになる。

### 4. 視点<sup>7)</sup>

理科の学習における課題の解決のために、『その課題をどう考えたらいいのか』（『どのような面から問題をみたらいいのか』、『どのような属性を考えたらいいのか』など）、また、『その課題の解決のためにどのような手続き（的知識）を使えばいいのか』（たとえば、アナロジーを使うのか三段論法を使うのかなど）を的確に取り出せる能力をつけること、いいかえれば、適切な視点をもつ力を身につけることは、課題の解決のみならずことがらの本質的理解へと向かうために重要といえる。

### 5. 理科授業のプロトコール

小学校6年、『ろうそくの炎』の授業プロトコール<sup>8)</sup>をとり、分析を行なった。

## III 分析結果

分析を行なった授業場面は、教師の「（板書された）ろうそくの炎の一番温度の高い部分はどこか」の質問に対し、子どもたちが自分たちの意見を述べ討論を展開しているところである。

### 1. 個々の子どもの思考過程

#### 1) 論理操作のタイプ

### a. 結論が正しい場合

児童P3は、不正確な帰納推理を行なっている。

児童P8は、仮説検証推理のd型を用いて蓋然的推理を行なっている。

児童P9の発言は、省略部分が多く、理由文の表現をとっている（「炎っていうかそういうのはね、空気っていうか酸素っていうかね、そういうのがあるから燃えるんでしょ。」）。混合仮言三段論法を二回と純粹仮言三段論法の二種類の演繹推理を用いている。

児童P10も省略部分が多い。論理のタイプは、混合仮言三段論法と純粹仮言三段論法となっている。

（表2-1）

### b. 結論が誤りの場合

児童P4、P7の二人とも、類推と仮説検証推理d型の二つの蓋然的推理を用いて推論を行なっている。（表2-2）

以上のように、論理操作についてみるならば操作そのものの誤りはほぼないといえる。そして、どの子どもについても単一の論理操作ではなく、複数の論理を組み合わせている。

児童P9、P10の発話が他の子どもに較べて省略部分が多い点は、この二人が燃焼を実体論的にとらえることができ、ひとまとまりの知識を持っているため、明示的に論理を展開する必要がなかったのではないかと考えられる。論理によって結論を導くことは他者を納得させることであり、同時に自分自身が納得できることもあるとすれば、児童P9、P10は納得できるひとまとまりの知識を持っているとみなされ、省略的であっても十分自分自身は納得できていると考えられる。（表1）

## 2) 暗黙の前提

### a. 結論が正しい場合

どの子どもにも共通にみられるのが、『ろうそくの炎は、その部分によって温度に差がある』という前提を持っていることである。これは、設問のなかに設定された前提として子どもたちは当然のこととして受け入れている。

児童P8は、『炎の色と温度は一定の関係にある』と考え、さらに『ガスバーナーやコンロの炎とろうそくの炎とでは色と温度の関係は同等』とみなしている。

児童P9、P10は、『空気（酸素）に触れるほど炎の温度は高い』とみている。この二人は、燃焼のメカニズムを知識としてもっているといえる。一方、児童P8は結論だけをみるならば正答ではあるが、結論を導き出すために用いた前提知識は適切なものではなかった。児童P9、P10のように科学的知識を用いて問題を解決しようとするのではなく、日常的知識（日常生活での体験にもとづく現象論的なレベルでの知識）を用いて問題を解こうとした。（表2-1）

### b. 結論が誤りの場合

『ろうそくの炎は部分によって温度がちがう』という前提は共通にもっている。

児童P4は、『星がもえることとろうそくがもえることは同等』、『炎の色と温度とは一定の関係にある』と考えて論理を進めている。星がもえる場合は核融合反応であり、ろうそくがもえるのは化学反応であるという違いが理解できていないために誤ってしまったといえる。さらに、炎の色と温度とが

表1 プロトコールと論理記号化

「ろうそくの炎」プロトコール (T:教師, P:児童)		論理記号化 <sup>(9)</sup>	
時 間	プロトコール	教 師 の 発 言	児 童 の 発 言
24:09	T : はい、やめて。実験の途中の人もあると思いますが、先生が聞きます。ここが一番熱いと思う人?(黒板の炎の図の4分割を示す)P1さん。	$\langle A(x) \rangle ?$	
24:30	P1 : えっと、わたしは一番上のその暗い赤色の所が(T:これ?)一番温度が高い所じゃないかと……, P2 : 同じです。T : 次は。P3 : えーと、そのP1さんと同じで、私は暗い赤色の所だと思うんだけど。そのわけは、私は炎は気体だと思うんやね。だから、気体というのは、あたためると上へ行く……、熱いっていうことは、上へいくっていう性質っていうか、そういうことがあるでしょ。だからそういうことからも一番上の暗い赤色の所が一番熱いんじゃないかと思います。	A( $x_1$ )	A( $x_1$ )
25:00	P4 : はーい, T : P4君。 P4 : ぼくは一番下の4番目の青い所だと思います。 T : どうして? 25:30 P4 : えっと、ぼくはね、あの一星が好きなんやね、ほんでね、星の図鑑なんか見るとね、温度が高い所はね、青や白の方なんやね。だからぼくは4番の青い所だと……。	$\langle A(x) \rangle ?$  $(x_0)B(x_0)$ (b) $[C(b) \supset D(b)]$ (x) $[A'(x) \supset D(x)]$ ----- (x) $[A'r(x) \supset D'r(x)]$ ----- $\therefore (x) [A(x) \supset D'r(x) \equiv A(x_1)]$	A( $x_1$ )
26:00	P : ガヤガヤ。		
26:30	T : はい。じゃーね、P6さんはどんな予想ですか?	$\langle A(x_1) \rangle ?$	$(s) [A'(s) \supset M(s)]$ ----- (x) $[A'(x) \supset M(x)]$ M( $x_4$ ) 真 ----- $\therefore (x_4) \not\equiv$
27:00	T : うん。 P : ガヤガヤ。 T : 手でやってみたら熱かったか。はい、じゃ他の理由がまだある人はありませんか?	H( $a_1$ ) $\supset I'(a_1)$	$(a_1) [H(a_1) \supset I'(a_1)]$ ----- ( $a_1, x_1$ ) $[I'(a_1) \supset A(x_1)]$ I'( $a_1$ ) ----- $\therefore A(x_1)$
	P7 : 私4番で……, T : 4番? はい、P7さん。 P7 : えっと、私は4番と書いたんだけど……、これはガスバーナーなんかで、それか		A( $x_4$ ) $(x', x'') [J(x', x'') \supset K(x', x'')]$ $(x', x'') [\{C(x', x'') \vee L(x', x'')\} \supset M(x', x'')]$

- 27:30 らコンロなんかでね、うんとゆるい炎の時は赤色ですね、あたためる時とか、熱くするっていうか、そうすると青くなるのでね、だから私は4番にしました。
- T :なるほどね。そういう事実があるんですね。他に?
- P 8さん。
- P 8 :あのね、今の意見に反対なんだけどね。ガスの炎はね、初めの方がね青くてね、強くすると赤くなると思うんやね。
- 28:00 P :そうそう、  
P :同じです。  
P :もう一度言って下さい。  
P 8 :P 7さんはね、ガスの炎がね、あのー強くなると青くなるといったんだけどね、私は反対で、初めの方は青くて、火を強くすると赤くなると思うんやね。だから反対した……。P (拍手)
- T :でもね、おかしくない?青い炎でみんなガス使うでしょ。
- P :はい
- 28:45 T :赤い炎で使っとる人おるかね。  
P :ある  
P :ガヤガヤ
- 29:15 P 9 :えーと、炎っていうかそういうのはね、空気っていうか、酸素っていうかね、そういうのがあるから燃えるんでしょ。ほんでね、だから二酸化炭素とかが空気に含んどるわけでしょ。だから空気に近いね1番の方が。4番とかあの3番は、空気より中に入っているでしょ。だから、1番の方が……。
- 29:45 P 10 :つけたし。
- T :つけたしですか。
- P 10 :えっと、ぼくもつけたしなんだけどね。上の方はね、よくね、酸素っていうか空気中の酸素によく触れるでしょう。酸素は燃やす働きありますね。だからぼくは、1番が一番良く熱いと思います。だってさ、どうしてかっていうとね、3番はね、2番っていうか、それぞれ囲まれていてるっていうかそういう形になっているでしょ。

&lt;A(x)&gt;?

$$\begin{array}{c} (x) [A''(x) \supset K(x)] \cdot (x) [A'(x) \supset M(x)] \\ \hline M(x_4) \quad \text{真} \\ \therefore A'(x_4) = A(x_4) \quad // \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \sim A(x_4) \\ (x'') [J'(x'') \supset M(x'')] \\ (x'') [L(x'') \supset K(x'')] \\ \hline (x) [A''(x) \supset M(x)] \cdot (x) [A'(x) \supset K(x)] \\ \hline K(x_1) \quad \text{真} \end{array}$$

$$\therefore A'(x_1) \quad //$$

$$(x'') [M(x'') \cdot U(x'')]$$

&lt;(x'')[K(x'') \cdot U(x'')]&gt;?

$$\begin{array}{c} (x_0) [O(x_0) \supset G(x_0)] \\ (x_0) O(x_0) \\ \hline \therefore (x_0) G(x_0) \\ (x_0) [G(x_0) \supset P(x_0)] \\ (\exists x_0) G(x_0) \\ \hline \therefore P(x_0) \end{array}$$

$$\begin{array}{c} (x_1) [Q(x_1) \supset A'(x_1)] \\ (x_3, x_4) [\sim Q(x_3, x_4) \supset \sim G'(x_3, x_4)] \\ \hline (x_3, x_4) [\sim G'(x_3, x_4) \supset \sim A(x_3, x_4)] \\ \hline (x_3, x_4) [\sim Q(x_3, x_4) \supset \sim A(x_3, x_4)] \\ \hline \therefore A(x_1) \end{array}$$

$$\begin{array}{c} (x_1, d) [O(x_1) \cdot S(d) \supset A(x_1)] \\ O(x_1) \cdot S(d) \\ \hline \therefore A(x_1) \\ (x_2, x_3) [R(x_2, x_3) \supset \sim O(x_2, x_3)] \\ (x_2, x_3) [\sim O(x_2, x_3) \supset \sim A'(x_2, x_3)] \\ \hline \therefore (x_2, x_3) [R(x_2, x_3) \supset \sim A'(x_2, x_3)] \\ \hline \therefore A'(x_1) = A(x_1) \end{array}$$

[ ] は省略された部分

一定の関係にあるとしたことも誤りにつながっている。これは、上記児童P 8と同様、日常的知識によって問題を考えようとしたために誤りをおかしたといえる。

児童P 7は、児童P 8と同様の前提に立っている。(表2-2)

以上みてきたように、正しい結論を導き出すためには暗黙の前提がどのようなものであるのかが大きな鍵となる。子どもたちは、課題の解決のために科学的知識だけを用いているのではなく、むしろ日常的知識をも多用しているといえる。その日常的知識が現象論的レベルのものであり誤りをおかす原因となっている。

表2-1 結論が正しい場合

発言者(時間)	論理のタイプ	暗黙の前提	視点のもち方
P 3 (24:30~)	・不正確な帰納推理	・ろうそくの炎は部分によって温度がちがう	・ろうそくの炎の中に視点をおく ・気体の性質(対流)に目を向ける
P 8 (27:30~)	・仮説検証推理 d型 [蓋然的推理]	・ろうそくの炎は部分によって温度がちがう ・炎の色と温度は一定の関係あり ・ガスとろうそくとは同等	・炎の外に視点をおく ・知覚レベルで色と温度との関係をみようとする ・ガスとの比較を行なう
P (29:15~)	・混合仮言三段論法 [演繹推理] ・純粹仮言三段論法 [演繹推理]	・ろうそくの炎は部分によって温度がちがう ・空気(酸素)にふれるほど、炎の温度は高い	・炎の中に視点をおく ・炎の実体モデルをえがく
P 10 (30:00~)	・混合仮言三段論法 [演繹推理] ・純粹仮言三段論法 [演繹推理]	・P 9におなじ	・P 9におなじ

表2-2 結論が誤りの場合

発言者(時間)	論理のタイプ	暗黙の前提	視点のもち方
P 4 (25:00~)	・類推[蓋然的推理] ・仮説検証推理 d型 [蓋然的推理]	・ろうそくの炎は部分によって温度がちがう ・星がもえることとろうそくがもえることは同等 ・炎の色と温度一定の関係	・炎の外に視点をおいでいる ・知覚レベルで色と温度との関係をみる ・星とろうそくとの比較
P 7 (27:00~)	・類推[蓋然的推理] ・仮説検証推理 d型 [蓋然的推理]	・ろうそくの炎は部分によって温度がちがう ・ガスバーナー、コンロとろうそくとは同等 ・炎の色と温度一定の関係	・炎の外に視点をおいでいる ・知覚レベルで色と温度との関係をみる ・ガスバーナーとの比較

### 3) 視点

#### a. 結論が正しい場合

児童P 3は、『炎の中に視点をおく』、『気体の性質(対流)に目を向けて』問題の解決をはかっている。

児童P 8は、『炎の外に視点をおく』、『知覚レベルで色と温度との関係をみよう』とし、『ガスバーナーの炎との比較』を試みている。

児童P 9、P 10は、『炎の中に視点をおく』、『炎の実体モデルをえがき』燃焼の本質的な面をとらえている。(表2-1)

### b. 結論が誤りの場合

児童P4は、『炎の外に視点をおき』、『知覚レベルで色と温度との関係をみよう』とし、『星とろうそくの比較』という視点をとっている。

児童P7は、『炎の外に視点をおき』、『知覚レベルで色と温度との関係をみよう』とし、『ガスバーナー、コンロとろうそくの比較』という視点をとっている。(表2-2)

以上のことから、正しい思考を行なうためには、『炎の外に視点をおく』だけでは不十分であり、『炎の中に視点を移す』ことが必要である。そのことによって、児童P9、P10は炎の実体モデルをえがくことができたと考えられる。児童P4、P7、P8はいずれも炎の外に視点をおくにとどまり、したがって現象論的な見方に終わってしまっている。

### 2. 討論場面での視点の移動

今回分析を行なった授業場面は、子どもたちの意見を自由に発表させ討論をたたかわせ、後に実験を行ない検証をするように設定されていた。討論の時間は10分間ほどの短いものではあったが、子どもたちの討論は活発に行なわれていた。

子どもたちが問題解決のために用いた視点をみると、上記でもみてきたように必ずしも一様ではなく、いろいろな視点をとっていることがわかる。

まず児童P3が炎の中に視点をおき、気体の対流に目を向けて意見を述べた後に、児童P4は炎の外に視点を移し知覚レベルで色と温度との関係に着目し星との比較を行なう。次に児童P7は、児童P4と同じように炎の外に視点をおき知覚レベルで色と温度との関係に着目しながら、児童P4とともにガスバーナーやコンロとの比較を行なっている。児童P9、P10はふたたび炎の中に視点をおき、炎の実体的レベルに視点を移している。以上のように、集団として討論のなかで次々に視点を移動させていると考えられる。

このことは、集団として視点の移動が行なわれていると同時に、子どもひとりひとりが相互に他者の視点をも自分の視点として取り入れているといえる。

ひとりひとりでは柔軟に視点を移動させて問題解決がはかれない場合でも、討論の場では他者の意見を聞き、その意見を取り入れるなかで、問題解決へ向けてさまざまな視点をとっているといれる。さまざまな視点をとり、もっとも適切な視点にたどりつくと児童P9、P10のように正しい問題解決をはかることができるうことになる。適切な視点をもつことによって適切な前提知識（暗黙の前提）を取り出すことができたと考えられる。

## IV 考 察

本研究では、討論場面での個々の子どもの思考過程を分析し、思考の正誤の原因がどこにあるのかを明らかにすることであり、また、討論という集団思考が集団としての視点の移動を行なうものであり、個々の子どもの思考にも視点の移動として有効に作用することを明らかにすることが目的であった。

まず、個々の子どもの思考過程の分析では、論理操作、前提知識の適切・不適切、視点のもち方と

いった側面から分析を行なったわけだが、思考の正誤を左右するものは論理操作ではなく、暗黙の前提と視点のもち方によると考えられる。

思考を誤らせた前提知識は、科学的レベルの知識ではなく、いわゆる日常的知識であり、また現象論的レベルの知識であった。『同じ炎なのだから、ガスバーナーもコンロもうそくと同じと考えればよい』、『ガスの炎は強くすると青くなる』といったような日常の体験の中で蓄積された知識であったり、『星はもえていて温度の高い所は青とか白色』といった現象論的レベルでの知識を前提としたことによって結論を誤ってしまったといえる。

しかし、このことは日常的知識、現象論的知識を持つこと、そして使用することがいつも好ましくないというものではない。日常の生活を営むうえでこれらの知識は必要であるだけでなく、時として科学的思考にとって有用である場合もある。逆に、科学的知識をもち出してきたとしても、その知識が課題の解決にとって不適切である場合も多くある。むしろ、既存の知識の使い方の問題であるようにおもわれる。すなわち、課題をどのように考え、どのような知識を取り出してくればよいのかという視点のとり方が大切であるといえる。

視点のとり方が問題解決にとって重要であり、どの視点に立つかを見極めるためにはさまざまな視点をとれること、いいかえれば視点の移動が柔軟に行なえる能力を身につけることが大切である。討論場面での個々の子どもの意見をみるとそれぞれ別々の視点をもって結論を導き出しているようにおもわれる。しかし、子どもたちは相互に他の子どもの意見の中から、その背後の視点のとり方を理解し、その視点を自分の中に取り入れているといえる。そして、さまざまな視点から問題解決の糸口を探し出し、最終的には児童P9、P10の二人が適切な視点をとり、正しい結論を導き出している。

討論はまさに相互に視点のやりとりをする場であり、その中から子どもたちは適切な視点を探し出している。したがって、子どもの科学的思考を養う観点から、理科授業のなかに討論場面をより多く取り入れていく必要があるのではないかと考える。

なお今後の課題として、討論を発展させるうえで大きな影響をもつ教師の働きかけをも含めた分析を行なっていき、教師と子ども、子どもどうしの相互交渉のなかでの子どもの思考過程を明らかにしていきたいと考えている。

#### 附 記

本稿は、日本理科教育学会第37回全国大会（滋賀大学）で口頭発表した内容に加筆しまとめたものである。

#### 注

- 1) 波多野完治編 『ピアジェの認識心理学』 p.210～251 1977年 国土社
- 2) 近藤洋逸、好並英司著 『論理学入門』 1982年 岩波書店（以下、論理学入門と略す）
- 3) 仮説検証推理の基本型としては、表に示すようなものがある。

	(1) 演繹型	(2) 弱い演繹型	(3) 弱い蓋然型	(4) 蓋然型
I 仮説Aに より説明 されるB によるA の検証	(a) $A \supset B$ B偽 $\therefore A$ 偽	(b) $A \supset B$ B蓋然性減 $\therefore A$ 蓋然性減	(c) $A \supset B$ B蓋然性増 $\therefore A$ やや蓋然性 増	(d) $A \supset B$ B真 $\therefore A$ 蓋然性増
II 仮説Aの 可能な根 拠Bによ るAの検 証	(e) $A \subset B$ B真 $\therefore A$ 真	(f) $A \subset B$ B蓋然性増 $\therefore A$ 蓋然性増	(g) $A \subset B$ B蓋然性減 $\therefore A$ やや蓋然性 減	(h) $A \subset B$ B偽 $\therefore A$ 蓋然性減
III 対立仮説 AとBと の検証	(i) $A \mid B$ B真 $\therefore A$ 偽	(j) $A \mid B$ B蓋然性増 $\therefore A$ 蓋然性減	(k) $A \mid B$ B蓋然性減 $\therefore A$ やや蓋然性 増	(l) $A \mid B$ B偽 $\therefore A$ 蓋然性増

(1)は演繹的推論 (2), (3), (4)は蓋然的推論

 $\nearrow$ ; 蓋然性増,  $\wedge$ ; やや蓋然性増,  $\nwarrow$ ; 蓋然性減,  $\backslash$ ; やや蓋然性減

4) 論理学入門 p.57~61

5) 坂原茂著 『日常言語の推論』 p.45~83 1985年 東京大学出版会 (以下、日常言語の推論と略す)

6) 日常言語の推論 p.85~164

7) 森幸雄、安藤雅夫、石原敏秀 『理科学習におけるイメージの役割と視点移動について』 1986年 日本理科教育学会第36回全国大会要項

8) 岐阜大学教育学部附属小学校 6年 加藤卓教諭 1980年

9) 論理記号のコードは以下のようになっている。

&lt;主 語&gt;

x ; ろうそくの炎

x<sub>1</sub>; ろうそくの炎の一番目の所x<sub>2</sub>; ろうそくの炎の二番目の所x<sub>3</sub>; ろうそくの炎の三番目の所x<sub>4</sub>; ろうそくの炎の四番目の所x<sub>0</sub>; 炎

x'; ガスバーナーの炎

x"; コンロの炎

x'''; ガスの炎

s; 星

d; 酸素

a<sub>1</sub>; 手

## &lt;述語&gt;

A ; 温度が一番高くなる

A' ; 温度が高くなる

A'' ; 温度があまり高くない

C ; あたためる

D ; 上へ行く

D' ; より上へ行く

D'' ; 一番上へ行く

G ; 燃えている

G' ; よく燃えている

H ; 通りぬける

I' ; 熱さを感じることができる

J ; うんとゆるくなる

J' ; ゆるくなる

K ; 赤色になる

L ; 熱くする

M ; 青くなる（青白くなる）

O ; 酸素によく触れる

P ; 二酸化炭素を含む

Q ; 空気に近づく

R ; 囲まれている

S ; 燃やす働きがある