

小学校理科における学び文化の創造(1)

——人やものとかかわることを大切に——

柴 一実 山崎 敬人
秋山 哲 西井 章司

はじめに

1998(平成10)年に改訂された学習指導要領には、新しい小学校理科の目標が次のように記されている。「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」¹⁾

ここで言う「見通しをもって」という語句は、今回の学習指導要領において新たな意味をもって登場した。この見通しをもって観察、実験などを行うことの意義について、今回の学習指導要領作成に関与した角屋重樹氏や大高泉氏は、次のように述べている。「まず第一に、見通しをもつことによって、児童が自己の責任において問題解決する場を保証し、一連の問題解決活動がより一層主体的になることである。第二に、見通しをもつことによって、予想や仮説等と観察、実験の結果との一致や不一致を明確に意識し、特に両者が一致しない場合にその原因を再検討する過程を通して、児童は自分の考えを見直し行動を改善する態度を形成することである。第三に、見通しをもって観察、実験を行うことによって、自然の性質や規則性などの自然の特性が人間と無関係にあるのではなく、人間の創造の産物であるという考え方を実感させることである。」²⁾第一の視点は、問題解決学習に関わる子どもの主体性をより強化したことであり、第二点目は、問題解決過程において、教師や他の児童などとの関わりを通して自分の考え方を振り返ることである。第三の視点は、自然科学は絶対普遍的なものではなく、人類が作り上げたものであるという認識を深めることである。この三つの視点の中で、とりわけ注目したいのは、第二の点である。

一方、近年、小学校理科学習において、構成主義学習論や相互作用主義などが注目されている。社会的構成主義では、子どもと子ども、子どもと教師との関係に着目する。研究の視角として、学習者の頭の中に注

目するのではなく、相互作用や学習の共同性に注目するのである。つまり、社会的構成主義は、人が他者と働きかけ合う中で、自らの考え・知識を構成する、という認識論的立場に立っている。

新学習指導要領の趣旨や構成主義学習論などの観点から、問題解決過程において、児童が教師や他の児童などどどのように関わり、自分の考え方を振り返るのか、そのメカニズムを探ることが研究課題として指摘できる。

さらに、新学習指導要領においては、子どもの知的好奇心を高め、実感を伴う理解を図るように、第3～6学年のB区分「物質とエネルギー」の指導では、子どもがものづくりを行うよう内容の充実を図ったことが指摘されている³⁾。身の回りの道具やおもちゃなどを製作することによって、自然に関する実感を伴った理解を深めるとともに、日常生活との関連づけを図ることが強調されている。

「ものづくり」の意義について、ホワイト(White, R. T.)は子どもが記憶する知識の要素として、ストリングや命題、知的技能、エピソード、イメージ、運動技能などを挙げているが⁴⁾、これらの要素のうち、観察や実験、製作などの遂行能力を示す「運動技能」などは、子どもが知識を变容する上において重要であることを構成主義学習論の立場から指摘している。また、近年、アメリカの小学校科学カリキュラムや教科書などにおいて、ハンズオン(Hands on)及びマインズオン(Minds on)活動が学習上強調されている。例えば、1993年から96年にかけて行われた州採択(State Adoption)の小学校科学教科書に関する実態調査によれば、カリフォルニア州やフロリダ州、ジョージア州、アイダホ州など10州で採択されている小学校科学教科書『Discover the Wonder』でも、ハンズオン及びマインズオン活動が数多く取り入れられている⁵⁾。こうした考え方の背景には、子どもの自然に関する認知的変容を促進する上において、手を動かすと

いう活動体験が必要不可欠であるという学習観が存在している。このように、日本の新学習指導要領のみならず、構成主義学習論やアメリカのカリキュラムなどにおいても、ものづくり活動が理科学習上重要であることが指摘されている。従って、第二の研究課題として、「ものづくり」の具体的実践のあり方を探ることが挙げられる。

そこで、今回は一連の研究の第一番目として、人との関係性のメカニズムを探るという視点から授業を構想し、第4学年の単元「空気や水を調べよう」の第2次「空気の変化を調べよう」の授業を実践し、教師と児童、児童と児童の関係性について考察した。授業者は、広島大学附属東雲小学校、秋山哲教諭であった。児童は同校複式第4学年7名であり、実施日は2000（平成12）年12月18日であった。

1. 研究授業の構想

(1) 理科学習のめざすもの

新学習指導要領において理科の目標で「見通しをもって、観察、実験を行い」という文言がある。この言葉は、子どもたちが問題に対して予想や仮説をもち、それを確かめるために観察、実験を工夫して行えるようにするということを強調するものである。「自ら考え、判断し、行動する」自立した子どもたちの姿が、理科学習を進めていく上でも求められているのである。

学校で、日進月歩の科学技術や、私たちを取りまく様々な自然事象や現象をすべて取り上げることが不可能である。それ故、子どもたち自身が考え、判断し、行動しなければならぬ場面を教育的見地からモデル化して供給することが必要となる。こうした場において主体的な問題解決活動を行うことや自己の考え方や行動を改める態度を身に付けることを通して、日常生活の中で様々な問題に対処して力強く生きていける自立した子どもの姿が求められているのである。

(2) ものや人と関わることの重要性

日常生活経験から、子どもたちは、生活の中で目にする現象を自分なりの考えをもって観察し解釈している。理科の学習で取り上げる現象についてとらえ方はそれぞれの子どものもって相違している。そこで、本校では、子どもたちのもっている考えと科学的概念のずれに焦点を当てて理科の授業を行ってきた。「ずれ」に焦点を当てることで、一人一人の子どもが科学概念との違いをその子なりに検証していくことができると考えたからである。一つの課題を様々な方法で検証していくこうした学習は、子どもがものとかかわったり、自分の考えを確かめたり、子どもたちに自己決定を行うという点において有効であったといえる。

しかし、教師の助言があったにしても、子ども一人の力で自分の考えを科学概念に変容したり、転換したりできるとは限らない。科学概念は絶対的なものではなく、広く人々に承認されたものであると言われている。この考え方に立つと、子どもたちの考えは、みんなに納得されるように変容し、首尾一貫した見方で自然現象を解釈できるとき、科学的な概念に近づいたといえる。こう考えると、科学概念との「ずれ」は、すなわち人々に広く受け入れられる考えとの「ずれ」であり、自分の考えを受け入れてもらえるように確証や反証の実験観察を行っていくこと、また、その結果に基づいて自己の考え方や行動を変革する態度を身に付けることが自立した学習者として必要になってくるのである。みんなに受け入れられるよう観察、実験を行うことは、「見通しをもって観察、実験を行うこと」にもなり、集団の合意に至るために反証の考えを出していくことで、より科学的な概念に近づくことができると考えている。

(3) めざす子ども像

理科学習の中で育てるべき子ども像を次のように考えている。

- ・ 日常の事象の中に課題を見つけだす子ども
- ・ 課題解決に向けて行動を起こす子ども
- ・ 自分で課題解決の方法を考え出す子ども
- ・ 具体的な視点をもって観察・実験を行う子ども
- ・ 自分の考えや他の人の考えを正しく評価する子ども
- ・ 解決の方法の優れている点に気がつく子ども
- ・ 自分の考えや行動を改善する子ども
- ・ 自分の考えをわかりやすく表現する子ども

(4) 関わりを促進する理科学習

対象 との か か わ り	不思議だな。 きれいだな。 楽しそうだな。 調べてみたいな。	・ 五感を働かせる ・ 問いをもつ ・ 視点をもつ
人 との か か わ り	なるほど。 本当にそうかな。 みんなは どう思うかな。	・ 共感する ・ 認める ・ 受け入れる ・ 疑問をもつ ・ 考えを伝える
自分 との か か わ り	わかった。 そうだったのか。 やっぱり こう思う。 次はこうしよう。	・ 振り返る ・ 認める ・ 受け入れる ・ 考えを修正する ・ 新たな疑問や課題をもつ

かかわりの中で進める理科学習をまとめた表である。子どもたちが理科学習を進める上で、対象とのかかわり、人とかかわり、自分とのかかわりを欠くことはできない。対象とかかわることで追究し、人とかかわることで考え方学び方を身に付け、自分とかかわることで納得したり、考えを改めたり、新たな課題をもつたりできると思われる。

(5) 関わりを誘発する教師の手だて

① 子どもの考えを知る

- ・プレテスト、概念地図、イメージマップなどを使って子どもの考えを知る。
- ・自由試行の場を設けて子どもの考えを知る。

② 疑問をもつ力を育てる

- ・科学概念は、広く受け入れられている考えであるという意識を培う。
- ・違う考え方こそ概念をより強固なものにするという態度を育てる。

③ 目的を明確にもつことができるようにする

- ・ものづくりの場において、見通しをもつことができるようにする。

④ 表現力を育てる

- ・日常共通に経験している事柄に見立てた説明ができるようにする。
- ・モデルを使って考えを示すことができるようにする。
- ・既習事項をや実験の結果に考えの根拠をもつことができるようにする。

⑤ 自己の変容に気付くための場を設定する

- ・自分がどのような考えをもっているのかを明らかにする場を設ける。
- ・考えを確かめる場を設ける。
- ・自分の考えの不十分な点を修正する場を設ける

⑥ 自己効力感を味わわせる

- ・「おもしろい」「楽しい」「すばらしい」等の感動を覚えさせる。

2.

(1) 学習指導案作成と指導上の留意点

① 単元計画

- ・はじめに提示する現象が子どもたちの多様な考えを導き出すものであること
- ・多様な考えを検証することで、単元の計画を立てることが出ること
- ・単元の中心に、子どもたち同士の考えにずれがあると考えられるところをもつてくること
- ・子どもが追究していく方向がいくつかに分かれていること

② 学習者づくり

- ・考えをわかりやすく説明するための方法を身に付けること
(図に示すこと、日常の現象を例にとつて説明すること、既習事項と結びつけて説明することなど)
- ・反証の実験をして考えを否定すること
- ・違った考え方のあることが、集団の学習を高めていることを実感すること
- ・自分の考えを改めることができること

③ 教師のはたらきかけ

- ・子どもが考えを確かめるための支援をすること
- ・可能な限り一人一人が検証できるようにすること
- ・考えを改めた子どもを評価すること
- ・考えの発表を容易にするための工夫をすること

(2) 学習指導案の実際

単元 空気や水を調べよう

単元について

私たち生物にとって、空気や水は生きていく上で欠くことのできない物である。あまりに当たり前存在しているがために、それらの性質について意識して考えることは少ない。しかし、子どもたちにとって、透明であり、常温では形が定まらないこれらの物質は、見方によっては大変不思議な物質であるといえる。そこで、日常生活の中における現象に焦点を当て、これらの物質の性質を探るきっかけづくりをしたいと考えている。

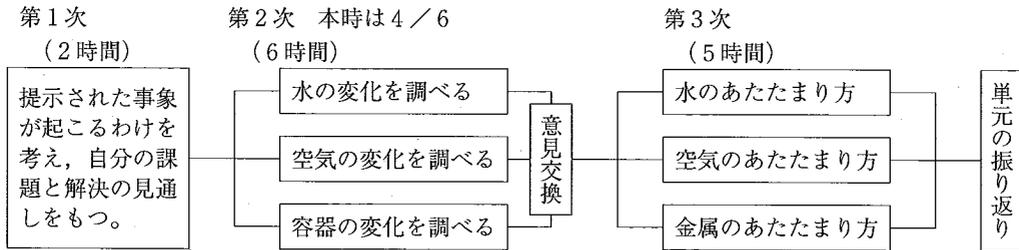
子どもたちは、3年生の時に力を加えることによる物質(空気や水)の変化についてすでに学習している。そこで、4年生では温度による物質の状態の変化に気づくことができるように、比べて考えることや現象の起こる原因について考えることを課題とし、子どもたち自身が進める理科学習をめざしたい。

また、子どもたちの多様な発想を引き出すこと、前学年での学習内容と比べることで繰り返し学習による内容の定着と深まりを期待している。

単元のねらい

- 1 温度により空気、水、金属のかさが変化することに関心を持ち、進んで調べることができるようにする。
- 2 物のかさの変化する現象を、温度と関係づけて考えることができるようにする。
- 3 空気、水、金属は、温度によって体積が変わることを、実験を通して確かめることができるようにする。
実験の結果をわかりやすく表現することができるようにする。
- 4 金属、水及び空気は、熱に対する性質の違いがあることがわかるようにする。

単元計画……………全13時間



本時の目標

空気の体積変化について、自分なりの根拠に基づいた考えを發表することができる。

準備

ホワイトボード、ペン、

評価の観点

関心・意欲・態度	進んで自分の考えを發表することができる。
科学的思考	自分の実験の結果と人の考えと比較しながら考えをまとめることができる。
技能・表現	図を使って、わかりやすく考えを表現することができる。
知識・理解	これまでの経験を、説明のために使うことができる。

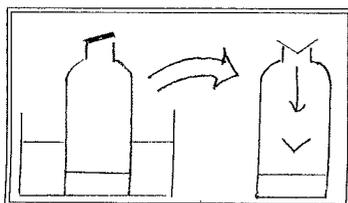
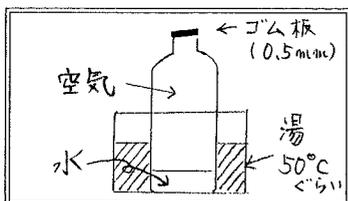
学習の展開 (第4学年『空気や水を調べよう』)

教師の働きかけ	学習活動
1. 互いの考えを知ることができるように考えを分類する場を設ける ◎互いの考えのよさに気づくことができるように、考えの図のコピーを利用する。 ◎同じような図であっても、根拠を聞く中で、一人一人の考えを明らかにしていく。	1. 考えを仲間わけする中で、ゴム膜の吸い込まれる原因を空気にあると考えたわけを發表する。 ・自分の考えを發表する。 ・納得できない意見について質問する。
2. 空気の体積変化があるのかどうかについて考える。 ・日常の経験に基づく考えを称賛する。	2. 空気の体積が変わるのか、空気が上昇するのか自分の考えを發表する。 ◎考えに共感できる点や矛盾点を發表し、ボードに図をかいて説明する。

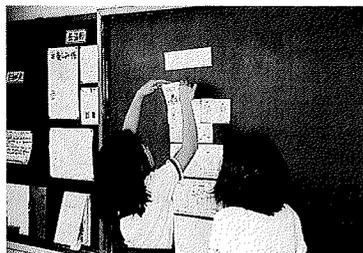
3. 授業の実際 (第4学年『ものの温まり方』)

教師のはたらきかけ(日直による司会も含む)	学習活動
<p>・前の時間に、水や水蒸気が原因かどうか調べたよね。今日は、空気のことをやります。空気が原因と考えた人がたくさんいますが、理由が随分たくさんあったので、まずそれを發表してください。</p> <p>(C1, C2, C3は、前時に児童が考えを記入したカードを拡大コピーして發表用とした図の部分)</p> <p>・中に空気が残っていたら？</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <p>C1 この中には、空気と水が入っているけどお湯の中で水が膨張するというのはわかったんだけど、お湯の外に出すと膨張して中の空気がすぐなくなっているから、外の空気がゴム膜を押して中に吸い込まれる。</p> <p>C1 (中から) 強く押すのが冷ましている内に中の空気も小さくなって上から外の空気もたくさん来るから (ゴム膜が) 落ちてしまった。</p>

単元の導入時に行った、子どもたちが追究している現象



自分の考えを説明している様子



みんなの発表が終わったところ



発表を終わったところ

(当日の日直が話し合いを進める。この日はC1が日直)

C1 じゃあ今から仲間わけをしようと思うんだけど……

一つずつ「これとこれは違いますか。」といってグループに分けます。まずC1とC2はどうですか。

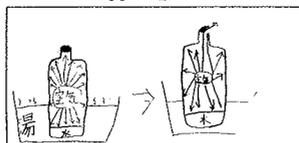
T まず自分で分けてから、みんなに聞いてみたらどうですか？

T 考えを説明してくれるかな？

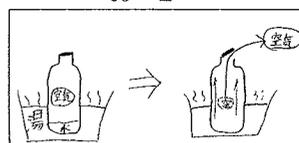
C1 何かかえた方がいいところはありませんか？

C2 私は、(温めると) このペットボトルの中の空気が膨張して、蓋を押すからまずパカパカして、湯から出すとどンドンしぼんでいって、近くにあった空気がどンドン(ペットボトル)の中に入って、そのときに一緒に蓋がストンと落ちると思います。

C3-I

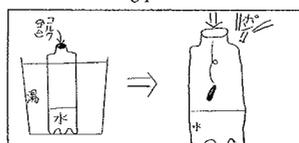


C3-II

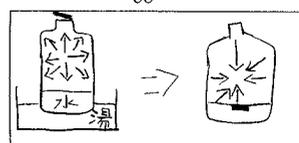


C3 2つあります。まず一つは、お湯で中の空気を温めたことよってまわりの空気より軽くなって、その空気が浮くから蓋を動かす。理由は、熱気球は温めるとまわりより軽くなって浮くからです。2つ目は、中の空気が温められてかさが増えてそれで追い出そうとしたときにパカパカ動きます。

C4



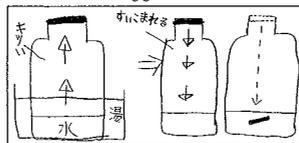
C5



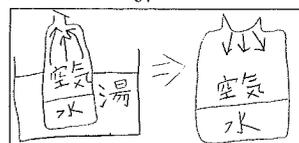
C4 ペットボトルを湯の中に入れていたので、中の空気が膨張して外に空気が出ようとして蓋を上上げてパカパカした。次に最初にあった空気に最初に入れてあった空気と同じように上から空気が押し入ろうとするから、そのときに落ちる。

C5 中に入っていた空気が膨張して空気が広がって初めはちょうどよかったのが狭くなって、(ボトルのまわりを指さして) ここは動けない状態で、(ボトルの口をさして) ここだけ動けるからそこを押して空気が出ようとしたと思います。

C6

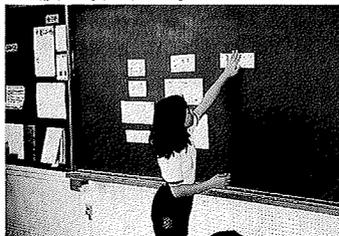


C7



C6 私は、まずお湯に入れたら空気がきつくなって出口がないから、空気がゴム膜を押して「パフ」って空気が出ると思います。ゴム膜が動いているときに空気が全部出てなくなってしまったから、あとでゴム膜がペットボトルに吸い込まれてしまったと思います。

C7 僕は、空気と水が入ったペットボトルをお湯に入れるとボトルの中で空気が膨張してゴム膜が上に上がる。ペットボトルをお湯から出すと膨張の反対で、空気が足りなくなって下から引っ張って膜を吸い込む。



C1がグループ分けをしているところ

C1 私はこう思ったんだけど何か他に意見はありませんか？

C1 (左側のグループから順に) これが、空気が膨張するグループで、こっちが熱気球の例で、これがその中で、空気が軽くなったあと下に降りる考えで、こっちは上の空気が押す。

C7 僕のは膨張するというように考えたので、熱気球の説でなく膨

(位置をかえようとする)

T ちょっと待って。どうして、C7を熱気球説にしたのかな？

T C7は、空気が大きくなるって言ってるけど、上に向いてだけ大きくなるのかな？

T 大きくなるって言ってもいろんな大きくなり方があると思うのだけど、この図では、上が開いたのでたまたま上に集まったのかな？

T それでは、いろんな方向に大きくなろうとしているけどゴム膜が動くのを説明したくて矢印を上向きに書いたというのですね。

C1 他に何か違うようなところはありますか？

T 他の分け方を見つけてない？

C2もC7も上の空気が押してゴム膜が落ちているのですが……。

よく似ていませんか？

それではどうでしょうか。

(考えのグループ化)

(「空気が」とだけ板書)

空気が何とかいたらいいかな？

(グループ1, 2を指して)

C1 膨張がいい人。膨らむがいい人。

T 空気が膨らむからの考えで、C2とC5が縮むときに外から押されるというのではしたね。

縮むの人は、何か例がありましたか？

T ジャあ、C6のは、空気が上がる下がるの考えではないのですか？

中には残らなくて、全部？ほとんど上がってしまったということですね。

T 人の考えと意見が違うという人はいないですか？

T かさがわからないということ？みんなと同じ考えかどうかということ？

T そうか。C3にはC1が問題だと思ってるところがわかりましたか？

T C3はかさが増えるけど重さは変わらないと思っているけど、「かさが変わる。」というだけだと重さは変わるかどうかわからないというのですね。

みなさんは、どう思っているの？

張るグループに入った方がよいです。

C1 C7図だと空気の部分が上に出ていって、冷えると落ちてくるように思ったから……。

C7 図がうまく書けてないから……。僕が書いたのは、たまたまゴムが浮いたから……。

C7 開いた時点で、上に出口ができたから上に行く。

グループ1 膨張説・・・縮むとき中の空気が引く張る

C1, C3-1, C5, C7

グループ2 膨張説・・・縮むとき外の空気が押す

C2, C4

グループ3 上昇説・・・中に空気は残る

C3-1

グループ4 上昇説・・・中の空気はほとんどなくなる

C6

C 膨張する。

C 膨らむ。

C6 コップを口に付けてすったら、手を離してもくつつく。

C6 ただ上がるだけではなくて、なくなっていく。

C1 C3は、説明でみんなは膨らむなのに、かさが増えるといっていたのですが、それがよくわからなかった。

C3 僕は中の空気の量が増えて、それで軽くなって出てきたと思うのだけど……。みんなと一緒になのかどうか……。

C1 C3だと、空気の量が増えるのだから全体の重さが増えたってこと？

C3 量だけ増えて、外からはものが入っていないのだから、重さは同じと思う。

C1 膨らむなら、風船で考えるとまわりの風船のゴムの部分がのびていったという感じなんだけど、量が増えるなら量が増えるといったら、中身に何か加えていっている感じがする。

膨らむと思っている人で重さは変わらないと思っている人は手を挙げて？

T 重さは変わらないということで納得できない人はいませんか？大きくなったら重さも変わるように思っている人はありますか。

T あなたが思っているのは？

T そうだ。外に出た分も数えて重さを測る。(C3を見て)？じゃあ変わるんだね。

重さが変わるかどうかというのは、ペットボトルから出たものも含めてもとあった空気と比べたときということです。出ていった空気があるから、変わる、変わらないということではありません。変わるというのは膨らんだら膨らんだ分だけ重くなるということです。変わると思っているのは？

T それでは、C3-1、C7は重たくなるのですね。

T 同じ変わらないという意見だけどC6とは違うということですね。

C 膨らむ考えのもの全員が挙手

C3 重さをはかるのは、膨らんだ状態で中に閉じこめられているとしたらですか？それとも外に逃げたあとですか？

C3 中に入っている空気が大きくなって、その大きさが変わるかわからないかをいっているのだけど、外に出た分も数えるのかな。

C3 うなづく

C3, C7挙手

C6 私は、重さは変わらないと思います。水は重さがあるから、膨らんだ分だけ重くなると思うけど、空気は重さがないから変わらないと思います。

C3 ちょっと考えを変えたんだけど、僕が変わると思った理由は、前にバケツにいっぱいに入った水に木片を入れてあふれた水を測ったら、木片の沈んだ大きさの分だけ重さがありました。だから、バカバカして出てきた分の重さを測ってみたいようなことを思ったんだけど、考えてみると木片が入ってあふれたのとはちょっと違うような気がします。

それと、空気にも重さがあると思っているんだけど、空気が出ていったあとにゴム膜が吸い込まれるということは、中の空気は減っていると思うので、出ていく空気も同じなのではないかと。

C1 私も空気に重さがあると思います。3年生の時に空気の重さの実験をしたと思うのだけど。風船を膨らませても重さが変わらなかったような……。

C6 私は空気に重さがないと思います。

T それでは空気に重さがあるかどうかは、また実験してみることにしましょう。そのほかのところで見るとまず、膨らむという説。そして、縮み方が2種類に分かれて、縮んで引っぱり込まれるのと外から押されるということですね。次に、上昇する説ですね。この中で、空気がなくなってしまいかも知れないというのがあるのですね。

T C3はC3-1とC3-2の両方に考えがあるけど、どう思っていますか？あなたの中では両方の考えがあるのかな。

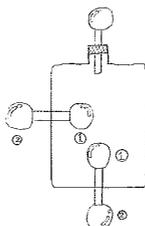
T この2つは上がるという点では同じですね。

T 上がるのか、膨らむのか何かよい調べる方法はありませんか？

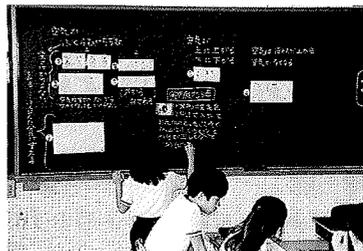
C1 何かありませんか？5分くらい考えてみてください。

C3 両方あるんだけど60%ぐらい膨らむという説です。

子どもの考えた実験



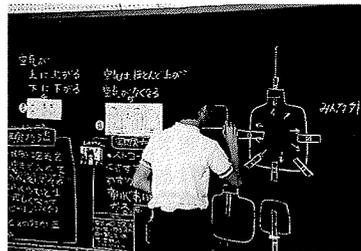
考えを発表している様子



日直司会について

日直が司会をしながら学習を進めることで、子どもたちには考えをまとめたり、違いを明確にしたりする力が育つと考えている。

全員が日直を経験する機会をもっているため、学習者全員で、学習を進める手立てを考えていけるのである。



4. 指導教師の所感

この単元の授業では、単元計画を立てる時点で子どもたちの中から空気に原因があると考えer子どもと水に原因があると考えer子ども、そして容器にも原因があると考えer子どもがあった。

それぞれの子どもたちが、自分の考えを確かめるために実験を行っていくとある者は水についてまた別の者は空気について調べていったであろう。その場合、子どもたちの興味はまったく別の物質にあり、かかわりながら学習を進めていくことは難しい。そこで、今回は同じ物質を別の立場で調べていくことにした。つまり、同じように水について調べていても水が現象を起こす原因と考えている者とそうでない者がいるのである。同じ物質を違う立場で見えていくことで、予想をする段階から子どもたちは、考えぶつけ合うことができたと考えている。

また、本時でもあるように一人の子どもが複数の考えをもつことを認めた。そのことが、子どもたちの多様な考えを引き出すことにつながり、子どもが自分との対話の中で考えを深めていくことになると考えたからである。実際、複数の考えをもつことができる子どもは、より納得のできる考えを探っていこうとする傾向が伺えた。

かかわりの中で学習を進めるために、授業展開の中で子どもの考えをより詳しく知ろうと試みた。この単元では、本時のように実験を行う前に考えを図に表して発表する形の授業形態をとった。図の曖昧なところをは、質問の標的となり表現の仕方についての学習にもなったように思われる。そして、一見すると同じように見える図の中にも多様な子どもなりの根拠が明らかにできたと思っている。

今後は、子どもの考えの変容の様子を明らかにしていくことで、話し合いの中で子どもが何をきっかけに考えを変えていくのかということについて探していきたい。

5. 考察

「空気の膨張」に関して、本時の授業に見られる子

どもの認知パターンは次の三つである。その一つ目は、ペットボトルのゴムのふたがパカパカ動く理由について、子どもが説明する考えに見られるパターンである。ここで、C₁、C₂、C₄、C₅、C₇は「空気が『膨張し』ふたを押す」と発言した。C₃は「かさが増え押し」と言い、C₆は「空気がきつくなって押し」と発言した。ほとんどの子どもが空気の膨張がふたを動かす原因であると指摘している。しかし、膨張した空気が容器全体に均一的に広がるのではなく、空気が上昇し、ふたを動かすと考えている子どもがいる。C₆、C₇がそうである。子どもの考えは膨張説と上昇説に分かれた。これを検証するために、教師の指導によって、児童は検証実験を構想した。この実験は次時に行われた。

子どもの認知パターンの二つ目は、ふたが容器に吸い込まれて、底に落ちる原因についての子どもの説明である。「上から外の空気がたくさん来る」とか「近くにあった空気がどんどん中に入るから」、「上から空気が押し入ろうとするから」という理由をC₁、C₂、C₄は挙げている。その一方、C₂は「空気が全部出てなくなってしまった」、C₇は「空気が足りなくなって下から引っ張って膜を吸い込む」と理由を述べている。「上から空気がふたを押す」という考え方と「容器内の空気はふたを引っ張る」という考え方に分かれた。膨張後の容器内の空気圧と大気圧との差によって、ふたが落下するという科学的概念を構成するためには、C₁、C₂、C₄、C₇の考えはいずれも重要であり、評価したい。だが、気にかかるのは、C₂の「空気が全部出てなくなってしまった」という考えである。この考えは授業ではその適否について議論されなかったが、この考えを反証することは重要である。「膨張説」や「上昇説」、「空気の重さの保存」などを巡って、教師と子ども、子どもと子どもによる話し合いが進められた後、授業のまとめの段階で、C₃は「両方あるんだけど60%ぐらい膨張するという説です。」と発言している。つまり、C₃は授業では焦点化されなかった

C₂の考えを自ら反証し、自分の思考を進め、その結論が先のようなC₃の発言に繋がったのではないかと考えられるのである。授業の導入部において、C₃はふたが落ちる原因については言及していなかったが、話し合い活動を通して、他の子どもの考えを知り、C₂の考えを自ら反証し、自分の理解を深化させたのである。

子どもの認知パターンの三つ目は、空気の重さの保存に関するものである。C₃の「空気のかさが増える」という発言をきっかけとして、膨張後の空気の重さは変わらないのかどうか、ということが議論になった。「空気には重さがある」という子どもと「空気には重さがない」という子どもに分かれた。また、「膨張前後の空気の重さは変わらない」という子どもと「膨張前後の空気の重さは変わる」という子どもに分かれた。C₁とC₃は、空気に重さがあると主張した。C₆は「水には重さがあるが、空気には重さがないから変わらない」と発言した。C₆は、空気が膨張しても変わらない原因として、空気の重さがないことを挙げているのである。C₃とC₇は、空気が膨張すると、体積が増加し、重くなると発言していた。しかし、C₃は教師の発言を聞き、以前に学習した「浮力に関する実験；バケツにいっぱい入った水に木片を入れて、あふれた水を測ったら、木片の沈んだ大きさの分だけ重さがありました」を思い出し、膨張しても変わらないと考えを修正する。C₃は教師の発言を契機として、先行経験を想起し、自分の考えを振り返り、考えを修正しているのである。しかし、子どもの中にはC₆のように、目に見えない空気存在をイメージできない子どももいる。変形しにくい金属やプラスチックの容器に空気を押し込んだり、容器から空気を抜き、その前後の容器の質量を比較することによって、空気存在に気づかせたいものである。こうした体験が、目には見えないが、空気の粒子が存在しており、質量（重さ）がある、という粒子メタファを構成することに繋がるのではないかと考えられる。

このように、教師は三つの子どもの認知パターンを的確に捉え、科学的認識に至る手立てを考えながら、授業を進めていた。まず子どもの認知パターンを的確に把握するために「実験カード」を導入していた。このカードには言葉だけでなく、図や絵も書き込まれており、子どもの認知を捉えやすくする工夫が凝らされていた。教師は授業展開において、三つの子どもの認知パターンに基づき、子どもによる考えの違いを明確にし、子ども同士による話し合いを誘発し、子どもの考えを科学的概念へと変容するための反証実験などを導入するよう指導していた。空気の膨張現象の説明に伴う子どもの見方や考え方を媒介として、子ども同士が自由に意見交換する場を保証していた。こうした教師の手立てが、人との関わりを重視した理科学習を進める上においては欠かせない要素であると思われる。おわりに

人との関係性のメカニズムについて実践研究を進めてきたが、子どもの認知パターンに基づき、子どもの考えを反証するための実験をいつ、どのような形で行うべきなのか、また、時間的制約の中で、子どものどの考えを取り上げ、話し合いの俎上に載せるべきなのか、等々の問題点が浮かび上がってきた。今後の課題として、これらの問題点の検証が残された。

引用参考文献

- 1) 文部省『小学校学習指導要領』東京：大蔵省印刷局，1999，p.50.
- 2) 角屋重樹編著『改訂小学校学習指導要領の展開・理科編』東京：明治図書，1999，p.152.
- 3) 同上書，pp.18,19.
- 4) ホワイト著堀哲夫・森本信也訳『子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるのか』東京：東洋館出版社，1991，p.41.
- 5) *Discover the Wonder, Teacher's Edition*, Glencoe: ScottForesman, 1996.