

# 子どもたちの自立を支える理科の学習

—第4学年「もののあたたまり方」の実践から—

秋 山 哲

## 1 子どもたちの自立を支える理科の学習

本校では、理科学習において自立した子どもの姿を次のようにとらえている。子ども自らが自然事象に刺激されて学習課題を見つけ、過去の経験に照らし既得の知識・技能を駆使し、課題の解決に向けて工夫する姿である。子どもたちが、自然の事象に対して抱いた疑問や、自分の持っている考え（思い）を自らの手で確かめたり、考え直したり、解決したりしていくことのできる子どもを育てることが、子どもたちの自立をめざす理科の学習と考えている。そして、子どもたちの自立した学習の前提として、活動に取り組む意欲が必要だと考えている。そこで本年度は、下記のような仮説をたて授業実践を行った。

子どもたちが活動に取り組みたいという意欲を持って、子どもたちの持っている考えと科学的な概念とのずれに焦点を当てた学習になるよう単元構成するならば、子どもたちは、自分の考えを自ら科学的な概念に再構成していくであろう。

### (1) 子どもたちが活動への意欲を持つために

子供が課題解決に向けて行動を起こすには、子どもにとって活動が魅力的である必要がある。ことに導入時における実験をどのようなものにするかは、大切なポイントとなる。

- ① 単元を通じての課題が持てるもの
- ② 現象について多様な考えを持てるもの
- ③ 子どもたち自身が実験を工夫して確かめることができるもの
- ④ 材料が身近にあり手に入りやすいもの
- ⑤ 安全なもの
- ⑥ 意外性のあるもの

なるべく多くの条件を含むような導入実験をめざしている。特に子ども達の考えと科学的な概念との「ずれ」の大きな部分に焦点を当てた実験になるよう心がけている。

### (2) 子どもたちが、はじめに抱いた考えを自ら考え直していくために

- ① 子どもたちの考えを知る
- ② 考えを確かめる（明らかにする）場を設定する。
- ③ 考え直す場を設定する。
- ④ 振り返りの場を設定する。

以上の4点を柱とした授業づくりが必要だと考えている。単元の学習を始めるに当たり、子どもたちが日常の経験をもとに自然の事象や現象をどのように考えているかを知り、科学的な概念と子どもたちの考えが違っている点を学習計画の中心に据え、子どもたちが確かめながら考え直すことのできる時間を確保しなければならない。また、導入時の実験で、子どもたちの考えと科学的な概念との「ずれ」が明らかになるようにすることも重要である。子どもたちが漠然と考えていることがらをはっきりさせ、考えの葛藤を起こすことができるからである。単元を通じて科学的な概念と自分の持っている考えとのずれを追求していける学習こそ子どもたちの自立を支える理科の学習であると考えている。

## 2 『温度と物の変化』の実践から

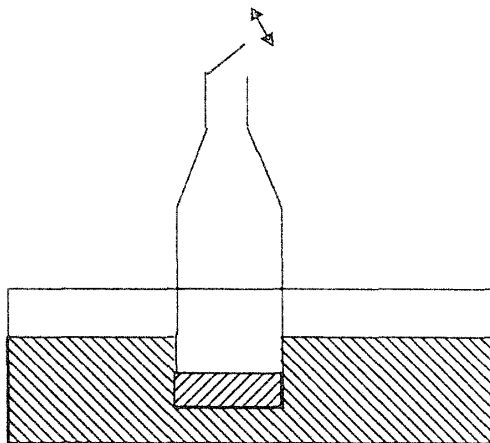
### (1) 子どもたちの考えを引き出す導入実験

4年生の「もののあたたまり方」においては、空気や水の温度による体積変化、対流や伝導によるあたたまり方の違いなどについて学習する。また、「氷・水・水蒸気」では、温度と水の状態変化について学習する。これらの単元において子ども達の考えと科学的な概念との「ずれ」は、空気と水蒸気の区別が付かない点から起こることが多いのではないかとと思われる。

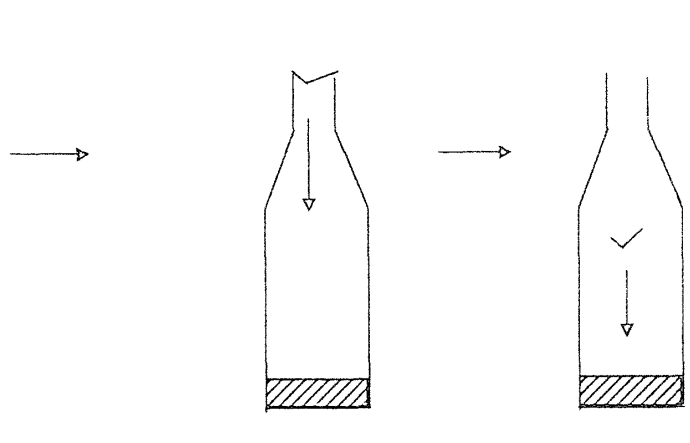
また、空気の体積変化についても、あたたまると体積が増えるという考えが中心で冷えるとどうなるのかは別問題として認識されていることが多いように思われる。教科書にも、注射器やガラス管に水を入れての実験は示されているが、導入としてこれを用いたのでは子どもたちの考えは膨らんでこない。また、温度による空気や水の体積の変化を調べるのに、空気ばかりのはいったフラスコにゴム栓をつけ、ガラス管を通してその先にせっけん水の膜をはり変化を見るのも同様である。他に考えようがないのである。空気を暖めると膨らむであろうと子どもたちの誰もが思っており、冷やすと縮むとこれもまた誰もが思っているのである。膨らんだり縮んだりする理由については様々な考えを持っているのだが、それはこの実験からは確かめようがないのである。これらの実験が検証実験としては優れているが、子どもたちの思っている考えを引き出すためのものではないからだと考える。本時においては、実験図1に示すような実験を行った。

実験図1

① お湯に浸ける



② お湯の外に出す



#### 実験の手順

図1のようにゴム膜をのせたペットボトルをお湯に浸ける。その際、ペットボトルの中に少量の水を入れておく。また、空気が漏れないようにゴム膜をぬらしておくことも忘れてはならない。

※ ゴム膜は、空気の体積膨張によりぱたぱたと動く。

ゴム膜が動かなくなったのを見計らって、ペットボトルをお湯から上げる。

※ ゴム膜の中央がへこみ「ポン」と音を立てて吸い込まれる。

この実験では、ペットボトルとゴム膜を使った。ゴム膜のかわりに十円玉をのせる実験があるが、同様のものである。工夫を加えたのは、十円玉のかわりにゴム膜を用いたことである。十円玉では、ペットボトルをお湯の入った水槽の外に出しても顕著な変化が望めないが、ゴム膜のそれは、ペットボトルの中に「ポン」という音と共にゴム膜が吸い込まれるのである。つまり、空気の温度による体積変化を膨張と収縮の面から観ることができるのである。

ゴム膜が吸い込まれるまでの時間は、30秒から1分程度と少し時間がかかる。この時間は、お湯と気温との差やゴム膜の厚さに関係していると思われる。本実験では、ゴムロール(0.5×100×1000mm)をペットボトルの口の大きさに切って使用した。ゴム膜の厚さが厚いとうまく吸い込まれない。

また、ペットボトルも1.5リットルの丸い物が圧力に強くて適当である。

図1に示しているようにペットボトルの中に水を入れた。これは、空気だけでなく水にも原因があるかもしれないことを考えさせるためである。子どもの多様な考えを引き出すためには、現象を多様な観点から捉えることができるようにしなければならないと考えている。空気の膨張と水蒸気に水が変化したために起こる体積膨張の混同が子どもたちに多くみられることから導入時の実験として、ペットボトルの中に水を少量入れることにした。

また、本実験は、教師の演示実験で行った。まず現象を見せ、子どもたちが原因について考えるところから、学習に入りたいと考えたのである。子どもたち自身の考えのもとに観察や実験を行いたいと考えた。

## (2) 子どもたちの考え

子どもたちの反応は、ゴム膜のぱたぱたとした動きにはそうなるであろうといった予測の元に見ている様子であったが、実験が終わったかに見えた時吸い込まれたゴム膜には驚いた様子であった。

写真1は、実験の様子である。演示実験で行ったが、子ども達の要求で2度おこなった。実際、1度ではゴム膜が吸い込まれる瞬間を見逃してしまった子どももいたのである。

まず、ゴム膜がどうなったかを記録し、気付きを出し合った後に確認のための実験を再度おこなった。これは、単元の導入であるため、全員共通の課題として考えることができるようにと思ったからである。

写真1



共通課題	どうして円盤（ゴム板）は動いたのだろうか。
------	-----------------------

このことについて子どもたちの考えをまとめたものが次に示す物である。

### ① 水に原因があるという説

- ペットボトルの中の水があたためられ、水蒸気となってゴム板を動かした。

理由 やかんでお湯を沸かすとふたが動く。ゴム板の動きはこれと同じである。吸い込まれるのは、冷えることでこの逆のことが起こったのではないか。

- ペットボトルの水があたためられ湯気になったためである。

理由 湯を沸かすと湯気がのぼっていく。この上に上がる力がゴム板を動かした。

### ② 空気に原因があるという説

- ペットボトルの中の空気があたためられて膨らんだためにゴム板が動いた。

理由 ラーメンの出前を頼むと器にかけられたラップが膨らんでいる。これは中の空気が膨らんだからだ。冷えるとへこむのではないかと思う。

- ペットボトルの中の空気があたためられ、上に上がろうとしたり、冷えて下に降りようとしたためにゴム板は動いた。

理由 熱気球ゲームで遊んだとき、あたためると気球は浮き冷やすと降りてきた。これでわかるように、空気はあたためると浮き冷えると沈む。

同一の現象を多様な角度から説明しようとしている子どもの姿がうかがえた。特に、日常の経験を元にした説明がなされ、それぞれの説明を聞いていた子どもたちもなるほどと思える説得力のあるものとなった。これは、理由のどれもが子ども達の経験している事柄を例に挙げていたからである。

また、理由を説明している内に、ラーメンの出前の例など次の実験のヒントになるようなことも示される結果となった。

### (3) 子どもたちが考えを表明する場

子どもたちがはじめに現象について考えたことは、科学的な概念と一致しているとは限らない。むしろ一致していないことが多いといえる。はじめに述べたようにこの「ずれ」を単元を中心に据えるような計画を立て、「ずれ」を明らかにするような導入を試みるのであるからなおのことそうなるのである。それでは、子どもたちはいくら実験方法を考え実験しても思うような結果が得られず、達成感や満足感を味わうことができないのであろうか。それは、思うような結果をどう捕らえるかではなかろうか。思い通りにいくことを思うような結果とするならば達成感や満足感を得ることはできないかもしれない。

そうならないために、子どもたちが自分の考えを確かめていくときにおさえておかなければならない重要なポイントがあるのである。それは、次に示す4点である。

- ① 現象の原因は一つの考えとは限らないこと
- ② 自分の考えが原因でなかったとわかった場合、それは失敗ではないこと
- ③ 実験には、考えが正しいことを示すもの(検証実験)と考えが間違っていることを示すもの(反証実験)とあること。
- ④ 確かめたいことがはっきりできればその方法については支援してもらえらること

このように考えることで、子どもたちの考えは、着実に科学的な概念に近づき、むしろ科学的な概念通りの実験をし自分の考えは正しかったと満足するより、多面的に現象を正しく捉えることができるようになるのではなかろうか。反証実験が、科学的な概念をより確かなものにしていくことを知ること、自分の考えに固執し科学的な概念に考えを再構成できない子どもたちの壁を取り除くことができるのではないかと考えている。

本単元においては、子どもたちが考えを確かめる前に自分の考えを表明する場を設けた。これは、何でも勘でも考えたことを実験すればよいのではなく、自分の考えが人を説得する力があるかどうか、また、考えを表明することで自分自身実験したいことを明らかにすることをねらったのである。実際、その効果として自分の考えを説得力あるものとするために、身近な現象を挙げて説明しようとしている様子が見えがえた。(子どもたちの考えた説の理由の欄参照)

写真2は子どもたちが考えを表わした小黒板である。自分の考えを磁石付きの小黒板にかき、前に出て説明している。この黒板を使うことで、子どもたちは自分の考えを図に表して説明したり、同じ考えどうしをグループ化したりできるのである。写真が同じ考えをグループ化したところである。この提示方法は子どもたちが同じ現象を見ても多様な解釈のあることを目の当たりにすることができ、黒板の位置を自由に移動できることで自分たちで考えを整理していくことができる利点がある。また、自分の考えを十分まとめられなかった子どもたちも、多くの考えの中から自分の立場を明らかにできる。

写真2

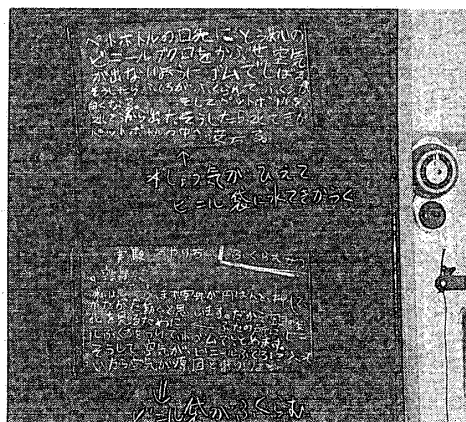
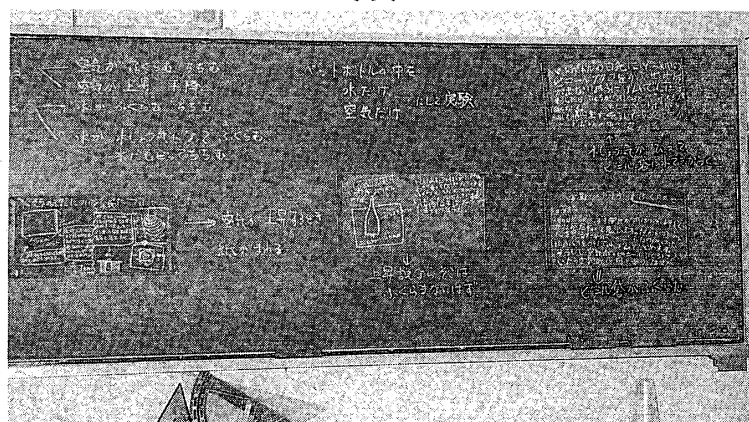


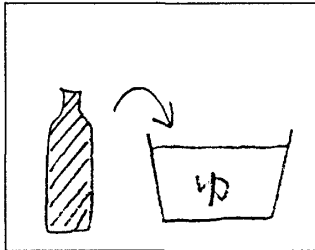
写真3



#### (4) 子どもたちが考えを確かめる場

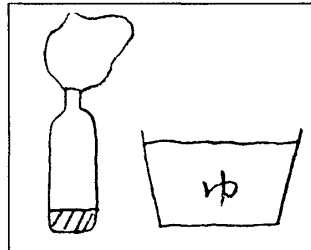
考えのグループ化により、水を原因と考える説と空気を原因と考える説の2つに大きく分けることができた。このことは次に示すように子どもたちにとって実験の方法を考える上でのヒントになっている。つまり、ペットボトルの中を水か空気のどちらかにして試してみようという考えが生まれたのである。また、ラーメンとラップの説明をヒントにし、空気を閉じ込めて実験することも考えられた。図1～4は子どもたちが考えた実験である。

##### ①水原因説



実験1

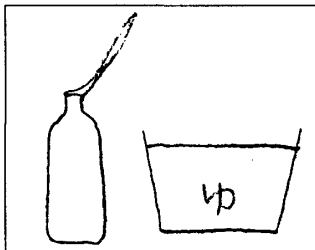
ペットボトルの中を水だけにして確かめてみようというものである。



実験2

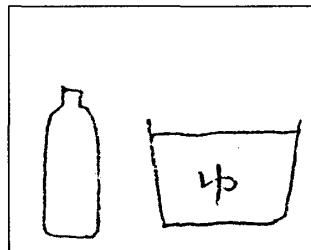
ペットボトルにかぶせた袋の中に水滴が残るのではないかと考えた実験である。

##### ②空気原因説



実験3

中を空気だけにしてその大きくなり方を袋の膨らみ方でみようというものである。



実験4

ペットボトルの中を空気だけにして確かめてみようというものである。

#### 実験3 実験4

実験1を行った子どもたちは、確かに水の体積は増えるが吸い込むことはない。また、水の温度もそんなに高くなっていないことに気がついた。ペットボトルの中に少しの水を入れたときの温度を測ってみたいという課題を持った。水蒸気説の子どもは、水の量が多く温度が高くならないため、水蒸気にならないと考え、少しの水なら温度が上がるのではないかと考えた。

水も体積が増えると考えていた子どもたちは、少しは原因になっているかもしれないが、直接原因にならないと考えたようだ。このグループは、次の二つの課題を持った。

- ① 水の温度の変わり方と膨らみ方を調べたい。
- ② 空気だけの実験をしたい。

実験2を行った子どもたちは、お湯が袋についてどこの水であったのか判定に困った。思ったように水が溜まらない結果に終わった。実験1をまずやってみようということになった。

実験3を行った子どもたちは、考え通りに袋が膨らんだ。

実験4を行った子どもたちは、空気に原因があることを確信した。空気上昇説の子どもたちは、熱気球の実験をして考えの確かさを証明したいと考えた。

実験結果から、空気の膨らみ方の大きいこと水のそれは少ないが膨らまないわけではないことが明らかになった。焦点は、水蒸気とやかんの蓋の動きについてのこだわりと空気の膨張による現象か上昇による現象かに絞られてきた。実験3を行った子どもたちは、反証実験を行うことを考え始めた。子どもたちの意欲は、自分の考えた実験を行い考えを人に認めてもらえるよう工夫することで持続され、反証実験を取り入れることで多様な見方に注目していったといえる。

#### (5) 考えの再構成の場

(1)～(4)の取り組みは、子どもたちが考えを再構成していくことにつながっているのだろうか。は

じめに、子どもたちがそれぞれの考えを出し合ったとき、「自分の考えをみんなに分かってもらえる実験だけしたのでは、ほかの考えは正しいのか間違っているのか分からないままになる。」ということを確認していたため、考え通りに実験が進んだ子どもたちも反証実験を行っていくことができた。考え通りにいかなかった子どもたちも自分の考えに固執することなく考えを再構成できたのではないかと考える。それは、空気上昇説と体積膨張説を考えると、ペットボトルを逆さまにして袋の膨らみをみるとどうかや、冷えるとき下に降りるのなら膨らんだビニル袋は元に戻らないのではないかなどの考えが生まれたことから分かる。子どもたちが自ら科学的概念に考えを再構成していく上で、日常の現象に裏打ちされた子どもたちの多くの説を知ったこと、自ら説の妥当性や矛盾を見付でしていける活動になったことが、効果的であったと考える。また、それぞれの考えを磁石付き小黒板を使ってグループ化したことも効果的であったと考える。

### 3. 成果と今後の課題

本單元においては、実験道具としてゴム版1枚用意すれば、子どもたち自身で自分の考えを確かめていくことのできるものであった点がよかったと考える。家庭にゴム版を持って返り、風呂場や台所で試していくうち、ペットボトルの大きさで実験がうまくいかなかったり、家の人に説明することで自分の考えを確かなものにしたという活動が見られた。導入時における演示実験が、自分自身で試してみたいという意欲付になっていたからだと考える。子どもたちが意欲的に活動できる單元になることに結び付けることのできた導入実験であったと考えている。

また、子どもたちが考えを科学的な概念に再構成する上で、本実践では次の点が有効であったと考える。

- ① 自分の考えを表明する場を最初に与えたことで、子どもたちが自分の考えを明らかにできたこととともに、多様な観点からの考えを知ることができた。
- ② 水の状態変化に伴う体積膨張と空気の温度変化に伴う体積膨張という子どもたちの混同しやすい部分に焦点を当てた導入になったことで、多様な説が生まれた。(考えを深めるチャンスとなった。)
- ③ 磁石付き小黒板を使っての話し合いは、考えのグループ化や実験後の意見交換で有効であった。
- ④ 実験道具が身近であり、多様な観点から調べることができた。(授業時間外の時間を使っての学習を子ども自らが行った。)
- ⑤ 反証実験という考えを子どもたちが持ったことで、より確かな概念が形成されやすくなった。(自分の考えに固執するあまり、事実を都合のいいように解釈することがなかった。)
- ⑥ 生活と理科室の中での実験を結び付けて考えを展開していく子どもが増えた。(子どもたちの素朴な概念が授業の中でたくさん出てきた。)

以上のように子どもたち自身が、自ら学習を展開し、科学的な概念を獲得していくことのできた單元であったと考える。課題としては、小黒板の利用は子どもたちの意見交換には有効なものの個人の学習の歩をノートにまとめる上では二重の手間になってしまう。また、40人のクラスでは、黒板に全員の考えが入りきれない。など、工夫改善しなければならない点をあげることができる。導入時の実験が大きなポイントとなるため、子どもたちの概念と科学的な概念とのずれを的確に捉えた実験を工夫することも大変である。しかしながら、子どもたちが自ら活動し考えを科学的な概念に再構成していく学習は工夫次第で成り立つことも分かった。單元での学習内容を網羅するためには、教師の意図する課題を投げかけることも必要と思われるが、子どもたち自身の力を信じ活動の方向づけを支援することが、子どもたちの自立した学習につながると信じている。