

理 科

中 川 隆 博
戸 田 真 実
増 田 慎 一 郎

1 理科における知識創造とは

*1 解析的に見るとは、物事を解き分けて、理論的に研究することである。

私たちを取り巻く自然事象は、一見複雑で、一言で説明することが難しい。しかし、ある自然事象について解析的に見ると^{*1}、実はそれが簡単な規則性の上に成り立っており、いくつかの規則性が、ある規則性の上にさらに成り立っていることが分かる。

また、ヒトだけではなくあらゆる生物は、それぞれが生きていくために巧みなつくりをもっている。そして、それらは周囲の環境の影響を受け、その循環システムの中で有機的にはたらき、生命を維持している。

この「簡単な規則性」や「巧みなつくり」、言い換えれば「自然の特性」は、人間と無関係に自然の中に存在するのではなく、人間がそれを見通しとして発想し、観察、実験などにより検討し承認したものである。つまり、「自然の特性」は人間の創造の産物である^{*2}。

*2 『小学校学習指導要領解説 理科編』文部省 1999年 P11 より引用

このことは、理科の学びが一人一人の創造性の上に成り立っているものであることを示している。しかし、理科の学びは、独りよがりであってはならない。客観的な事実の積み上げの上に立ち、実証性や再現性を重視しながら、子どもの素朴なものの見方や考え方^{*3}の変容を促し、自然に関する新たな意味の体系を構築していく過程と結果が、理科の学びである。この新たな意味の体系は、一人一人の子どもにとってのものであり、その構築が理科における有意味化と考え、それは、別の自然事象を解釈する際にも、活用、応用されることになる。

*3 「子どもの素朴なものの見方や考え方」は全体論のスキーマに相当する。

自然事象の中の簡単な規則性や巧みなつくりを追究しようとする一人一人が協力することによって、自然事象に対する他の見方や考え方にも触れることができる。そうすることによって、子どもは自分の科学的なものの見方や考え方、自然認識をより深めることができると考え、理科における知識創造を、以下のように定義した。

自然事象を解釈するために 主体的に実験観察を行い 自然に関する新たな意味の体系を構築していく営み

理科における知識創造の定義

2 理科における「かかわり」の活性化

理科における「かかわり」の活性化とは、予想や考察の場面も含めて、実験や観察の方法を考える場面やその結果を積極的に共有する場面において、自然事象に関するもの見方や考え方を深めていこうとする状態ととらえる。それは、あくまでも自然事象に基づいて、実証性、再現性、客観性を意識していく必要がある。そして、具体的には、問題解決の過程に含まれる、以下の四つの状態が考えられる。

- ・自然事象と集団が出あうことによって、素朴なもの見方や考え方を想起しようとする状態。
- ・生活経験や既習などの根拠をもとに予想し、実際に確かめようとする状態。
- ・実験や観察の目的を明確にし、客観的で実証性や再現性のある実験や観察をしようとする状態。
- ・実験や観察の方法、その結果や考察から得られた事実を整理し、自然事象について、自分が考えたことを積極的に説明しようとする状態。

3 「かかわり」を活性化するために

子どもがもつ、自然事象に関するものの見方や考え方を深める「かかわり」を活性化するための手だてを、前項で述べた問題解決の過程に含まれる四つの状態とふりかえりについて述べることにする。

(1) こだわり*4を生む自然事象の提示をする

自然事象との出会い

*4 「こだわり」とは、子どもが自分のもっている見方や考え方に基づいて自然事象を解釈し、課題を解決しようとする意識の状態である。

子どもが「不思議だな」「なぜだろう」と興味や関心がもてるようにするため、子どもがもつ素朴なもの見方や考え方を引き出す自然事象の提示をする。自然事象としては、子どもが「自然の特性」を感覚的にとらえられるものや、自然の壮大さや美しさなどを感じることができ、子どもにとって魅力のあるものが望ましい。また、子どもが意欲をもって主体的に活動し、子どもがもつ目的や課題をはっきりさせるために、ものづくりの活動や、ゲーム的な活動を取り入れる場合も考えられる。

また、集団で活動できるように、自然事象の提示を工夫する。そうすることで、自然事象を様々な視点でとらえることができる集団のよさを子どもに気づかせることができる。例えば、友達と協力して活動できるもの、上や横など様々な角度から観察できるものなどが挙げられる。

(2) 予想の根拠を明らかにしてその違いを明確にする

予想を立て追究方法を考える

それぞれの予想が似た意味であっても、子どもの生活経験や既習などによって予想となる根拠に違いが表れる。そこで、子ども同士が自分と他者の予想を比べて考えることができるようにするため、教師がそれぞれの子どもの考えを類型化し位置づける。教師が予想の差異を明確にすることで、子どもは、実験や観察の視点をはっきりもつことができる。

(3) 実験や観察の意図を説明させる

課題を解決する方法を考える

どのような結果が得られると何が明らかになるかを考えることができるように、予想をもとにグループで実験や観察の方法を考える場を設定する。単元によっては、問題別や予想別、方法別でグループ作りをすることも考えられる。条件制御や試行回数など具体的な話し合いができるように、グループの中で、図や表を使って自分の考えを伝える場面を設定する。

(4) 考察に至った経緯の違いに気づかせる

追究過程や事実から獲得した考えを交流する

課題や問題を解決させるため、それぞれのグループで、予想をもとに実験や観察の方法を考え、その結果から考察を行う。考察を発表する際に、実験や観察方法だけでなく、具体的に得られた事実も含め述べるよう促す。自分の考えを他者に分かりやすく伝えるために、言葉による説明に付け加え、記録したものや図で表したものを拡大し提示することも考えられる。そのことから、たとえ同じ観察や実験方法を行ったとしても、結果を得るまでの過程において、子どもは様々な見方や考え方があることに気づくであろう。また、自分が経験しなかった他者の追究過程を知ること、自分の考察がより確かなものになると考える。

得られた事実が多岐に渡り複雑な場合は、教師が子どもに課題と予想に立ち戻って、得られた事実を整理し考察するよう促すことも考えられる。

(5) 他者の考えを意識したふりかえりを設定する

ふりかえり

ふりかえりでは、友だちの意見が自分の考えにどのような影響を与えたかを考える。例えば、グループで観察や実験をしている時、他グループの考察を聞いた時など様々な場面が考えられる。また、実験方法を考える際、友だちの意見を聞くことで、条件制御の仕方など実験方法が明確になることもあるだろう。そうすることで、一人一人の考えが、見方や考え方に深まりをもたらしことに気づき、子どもが自分の考えを他者に述べ、自分の考えと他者の考えを比べて聞くことに意識をもつと考える。

4 実践例 —3年—

(1) 単元名 光の性質を調べよう

(2) 本単元における知識創造

光の進み方や光があたった物の変化を調べることによって 鏡ではね返った光は直進するという見方や 光のあたり方によって物の明るさやあたたまり方が変わるという考え方を構築していく

本単元は、鏡ではね返した日光の進み方やあたったところの明るさやあたたかさ、日光を重ねたり虫眼鏡で集めたりしたときの明るさやあたたかさを調べる。それによって、光は直進し、反射させたり集めたりできるという見方、日光のあたり方と物の状態によって明るさやあたたかさが変わるという考え方ができるようにすることがねらいである。

まず、水と鏡を使った的あてゲームを通して、子どもはそれらが光をはね返すという見方や、はね返す物を動かすと光も動くという考えを想起させる。水面の向きを変えにくい水より、向きを自由に換えられる鏡の方が的にあてやすいことに気づくであろう。そして、鏡の動きとはね返った光の動きから、鏡を向けた方向に光が動くことが分かり、光の道筋を予想することができると思われる。

次に、はね返した光を障子にあてて影絵作りをさせる。鏡と障子の間に物を入れると、その影が障子に映るが、なぜ影ができるのかを考えさせることによって、子どもの持っている光の進み方についての見方や考え方を想起させる。その予想を図と言葉にして表出することによって、他の友達との共通点や差異点に気づかせ、その中から、「光はまっすぐに進んでいるのか」を実験観察の視点にしたい。その上で、実験の結果と考察を全体で話し合っ共有させ、鏡ではね返った光が直進しているという見方ができるようにする。

的あてゲームでは、子どもは、鏡ではね返した光をあてたところが明るくなることが分かり、光が重なるとより明るくなることにも気づくと思われる。光の進み方を調べた際、手で明るいところを辿っていたときに感じたあたたかさや、光をいくつも重ねて明るさが増した様子から、光があたったところがあたたかくなるという予想を持ち始める。そこで、次は、鏡ではね返した光の明るさやあたたかさを、体感だけでなく照度計や温度計も使って調べる活動を取り入れる。鏡一枚分の照度や温度を測った上で、もっと明るくする方法やもっとあたたかくする方法をグループで話し合うようにする。それによって、子どもは的あてゲームの経験などを想起、表出し、照度や温度を上げる方法を考えると思われる。全体でそれらの結果や考察を交流することによって、鏡の枚数を増やして光をたくさん重ねると、より明るくよりあたたかくなるという考えが共有、結合されていくと考える。

その延長として、さらに日光を集めることができる虫眼鏡を紹介する。実際に日光を集めたときの様子を観察させることによって、日光が集まった部分が小さいほど明るくなり、紙が焦げるほど熱くなるという考え方を構築させていく。

(3) 「かかわり」を活性化するために

① 本単元における「かかわり」の活性化

- ・鏡を使った的あてや影絵遊びを通して、これまでの経験を思い出して光の進み方を考えようとする状態。
- ・グループ毎に、鏡ではね返した光の照度を上げる要因を話し合い、実際に確かめようとする状態。
- ・グループ毎に、光を物にあてて温める方法を考え、調べる要因以外は条件をそろえようとする状態。
- ・虫眼鏡で日光を集めた結果をもとに、集めた日光が最も明るく、最も熱くなるのはどのようなときなのかを説明しようとする状態。

② 本単元における「かかわり」を活性化する手だて

導入の的あての際は、一人一人に鏡を持たせ、十分活動できるようにする。太陽の光をどうやって的にあてるかという目的を明確にし、活動中に気づいたことを友達に話して確かめながら的あてをするよう促す。

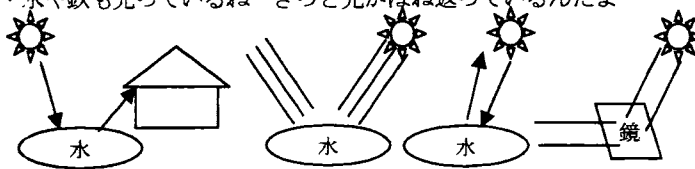
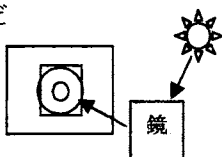

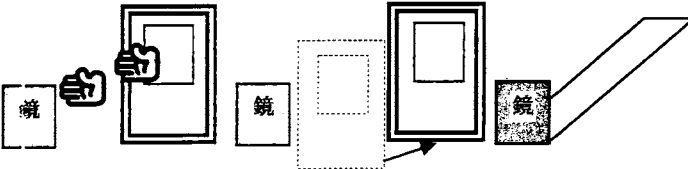
鏡ではね返した光の明るさやあたたかさを調べる場合は、グループで実験観察をおこなう。明るさやあたたかさを照度や温度で表し、より明るく、よりあたたかくするという目的をはっきりさせてグループ毎に取り組みせることで、グループ内で自分の考えを積極的に話せるようにしたい。

虫眼鏡で日光を集める際は、太陽の位置と虫眼鏡の向き、紙に映った光の形に注目させ、光がどのように集まっ

ているのかを考えながら実験、観察するように促す。結果を話し合う場では、自分の気づいたことと友達の気づいたことを比べさせ、最も明るく、最も熱くなるのはどんな状態なのか考えを深めるようにする。

これらの「かかわり」の有用性を自覚させるために、ふりかえりの時間を設ける。自分の考えを深めることに繋がった事実や見方、考え方を意識させるために、主に板書の中からキーワードを選び、それを使って分かったことを説明させる。誰がどのような発言をしたかを確認しながら、「〇〇さんの〇〇のおかげで、〇〇がはっきりしたね。」というように認めていく。また、学級だよりなどにそのような「かかわり」を掲載して広め、クラスの一人一人が積極的にかかわっていかうとする気持ちを育てたい。

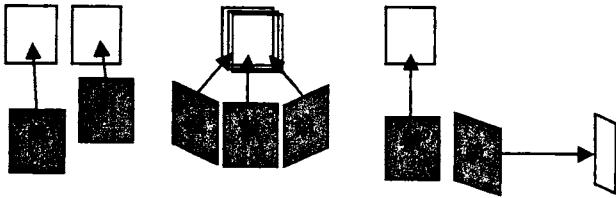
(4) 単元計画 (総時数 9時間)

主な活動と内容	「かかわり」を活性化の手だてと意図
<p>1 <光をはね返しての的にあてるには どうしたらよだろう> ○身のまわりで光っている物について話し合い 光のはね返し方を考える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽やろうそくの火から光が出ているよ ・水や鉄も光っているね きっと光がはね返っているんだよ  <p>○水と鏡を使つて的をあてを試みる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水で光をはね返してもうまぐす的にあたらないね ・鏡を動かすと動かした向きに光も動いたよ 的の方に鏡を動かすと光が的にあたるんだ ・光があたったところは明るくなったよ ・光が重なると、もっと明るくなったよ 	<p>想起 まず、光はどこにあるかを十分話し合わせることで、光についての見方や考え方を想起させる。その中で、光っている物には自ら発光している物と、反射している物があることに気づかせたい。</p> <p>表出 「光をはね返して他の物にあてることはできるかな」と問い、その理由を加えさせることで、反射した光を目にした経験を想起させ、その発言を促す。発言の際は、言葉だけでなく図でも説明させることで、子どもが考えている光の道筋が他の子にも分かるようにする。これによって、光の道筋を意識しながら的あての方法を考えることができるようにする。</p> <p>共有 実験の際、全員が水と鏡を使えるようにすることで、狙った的に反射光を動かすには、鏡のように反射面の向きを変える必要があることをとらえさせる。その経験を基にして、実験結果の話し合いの際に、鏡の向きと反射光の動きの関係が共有できるようにする。</p>
<p>2 <鏡ではね返った光はどのように進むのだろう> ○影絵遊びから光の進み方を予想する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鏡と障子の間に手を入れると影がうつったから 手が光のじゃまをしたんだ ・光はまっすぐ進んでいると思うよ  <p>○グループで実験する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鏡から出る光を手にあてて光が進んでいるところを調べよう ・障子を動かして調べよう ・鏡から出る光を地面にあててまっすぐかどうか調べよう  <ul style="list-style-type: none"> ・はね返った光はまっすぐ進んでいるよ ・光を手で調べているとあたたかくなったよ 	<p>表出 グループ毎に、鏡と障子で影絵遊びをさせることで、光の進み方についてのスキーマを想起させる。その上で、「どうして影がうつるのか」を問うことで、進んでいる光を手が遮っているという予想を引き出し、光の進み方を調べようとする意欲と、それを解決する方法の見通しを持たせる。</p> <p>共有 鏡と障子の間の光の進み方を確かめた方法を、グループ毎に実演させながら話し合うことによって、光が直進していることが分かるようにする。鏡の形の光が出ていることや、光があたった部分があたたかくなったことも取り上げ、光の進み方についての見方や考え方を深めたり、次の課題につなげたりしたい。</p>
<p>3 <はね返した光をあてると どれくらい明るくなるのか> ○はね返した光の明るさをはかる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明るさの単位はルクスというんだ ・室内は 1000 ルクスくらい 外は 10000 ルクス以上あったよ ・鏡 1 枚で光をはね返したときも 10000 ルクス以上あったよ 外の明るさとほとんど同じなんだ 	<p>想起 室内、日なた、鏡 1 枚で光をはね返したときの明るさを、照度計で調べる。この活動を通して、もっと明るくしたいという意欲を持たせ、明るくするための条件についての考えを想起させる。</p>

<どうすれば もっと明るくなるか>

○グループで予想する

- ・鏡を近づけるよ
- ・鏡の枚数を増やそう
- ・はね返す光の形を小さく(大きく)したらどうかな



○グループで実験する

- ・鏡を近づけた方が少し明るい(鏡を増やしたときほどではない)
- ・鏡の枚数を増やしたとき光が重なっていると明るくなったよ
- ・はね返す光の形を変えても明るさは変わらなかったよ
- ・光を重ねると温度も上がりそう 調べたいな

表出

もっと明るくする方法を考えるという目的をはっきりさせることで、グループの友達の予想を積極的に取り入れようとする意欲を促す。その予想をもとにグループ毎に実験方法を決めることによって、明るくする条件を追究する意欲を喚起させる。

共有

実験結果を話し合い、光が重なると明るくなることなどを共有する。実験結果の話し合いの後、もう一度グループで実験することを知らせておくことで、他のグループの情報をしっかり聞き取ることができるようにする。

4 <はね返した光で物をあたためると どれくらいあたたかくなるのか>

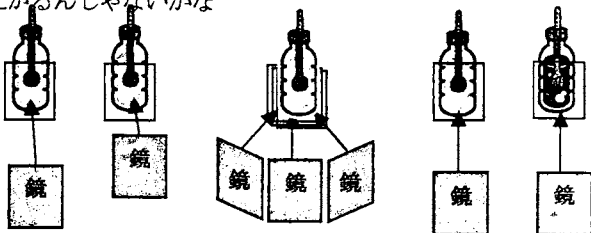
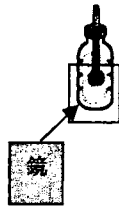
○はね返した光で物をあたためて 温度をはかる

- ・温度計ではかるう
- ・3分で0度まで上がったよ

<もっと温度をあげるにはどうしたらよいか>

○グループで実験方法を考える

- ・光を重ねよう ・鏡を近づけよう
- ・光をあてる物の色を変えたら もっと温度が上がるんじゃないかな



○グループで実験する

- ・光を重ねたら もっと温度が上がったよ
- ・鏡を近づけると少し上がったよ
(鏡を増やしたときほどではない)
- ・黒色だと温度が上がりやすかったよ
白色だと温度が上がりにくかったよ
- ・鏡を増やして近づけて、光をあてる物を黒色にしてみよう
- ・もっと光を重ねたら、燃えるんじゃないかな

表出

鏡1枚で光をはね返したときのあたたかさを温度計で調べる。この活動を通して、もっとあたたかくなりたいという意欲を持たせ、そのための条件についての考えを想起させる。グループ毎に実験方法について話し合うことによって、お互いの意見を積極的に取り入れようとする気持ちを喚起する。その際、温度を上げる要因を特定するために、それ以外の条件をそろえることを確認する。

共有

実験方法とその結果を話し合うことを通して、光を重ねたり、物の色を変えることによって温度の上がり方が違うということなどを共有する。実験結果の話し合いの後、もう一度グループで実験することを知らせておくことで、他のグループの情報をしっかり聞き取ることができるようにする。

5 <虫眼鏡で日光を集めると明るさやあたたかさはどうなるか>

○予想する

- ・鏡のときより明るくなるだろう
- ・すごく熱くなって紙が焦げると思う

○実験する

- ・日光を集めるとすごく明るくなったよ
- ・紙が焦げたよ すごく熱くなったよ

○実験結果からわかったことを全体で話し合う

- ・日光が集まった部分が小さいほど明るく熱くなるんだね

想起

これまで光を重ねたとき明るさやあたたかさがどうなったのかということなどをふり返らせる。その上で虫眼鏡で光を集めるとどうなるか予想することによって、あたたかさや明るさがどのようになるか見通しを持たせる。

結合

虫眼鏡で日光を集めた結果をもとに、集めた日光が最も明るく、最も熱くなるのはどのようなときなのかを話し合うことによって、集めた光が一点に集中するほど、明るく、熱くなることをとらえさせる。

(5) 本単元における授業の実際と考察

ここでは、事前アンケートや的あての活動から子どもの素朴な物の見方や考え方を推察し、影絵作りをはじめとした手立てがかかかわりの活性化に役立ったのか、その状態が光の進み方についての知識創造にどのように寄与したのかについて考察する。

① 光の進み方についての子どもの素朴な物の見方、考え方

(ア) 事前アンケートから

まず、事前アンケートを行い、光を使った遊びの経験や、光について子どもが持っている見方や考え方を調べた。その結果を表1に示す。

No.	1 影踏み鬼の経験	2 影絵遊びの経験	3 下敷きで反射させる経験	4 下敷き以外で反射させたことのある物	5 1、2、3、4の他に光を使った遊び	6 影の描画の類型	7 光について知っていること
1	○	×	○	—	お化け屋敷	D	あたたかい
2	○	×	×	クリアファイル	—	B	影ができる 光の位置で影の位置も変わる
3	×	×	×	—	—	H	集められる
4	○	○	○	鏡 レンズ	霧吹きで虹をつくる	B	明るい 眩しい
5	×	○	○	水	—	C	10秒で地球を6周する 音よりすごく速い 水などにあたると屈折する
6	○	○	○	水	—	A	いろいろな色 いろんな形ができる
7	○	○	○	クリアファイル	—	G	反射しているところにある
8	×	×	○	—	—	A	眩しい
9	×	×	○	—	—	E	朝には見えない 暗いところにライトをつけると真丸な影ができる
10	×	×	○	キラキラのカード	—	A	光っている電球をさわると熱い
11	○	○	○	お茶	—	C	明るい いろいろな色
12	○	○	○	クリアファイル	—	A	(太陽の光) あつい
13	○	×	×	—	—	F	暗いところが明るくなる
14	○	×	○	鏡 CD	—	A	—
15	○	○	○	—	ライトで遊ぶ	B	暗いところが明るくなる
16	○	×	×	—	—	A	自然にとって大切な物
17	○	○	○	CD クリアファイル	肝試しの明かり	B	光は太陽
18	○	×	○	クリアファイル	お化け屋敷	D	明るい
19	○	○	○	クリアファイル	お化け屋敷のライト	B	火 熱い 怖い 明るい
20	○	×	×	—	—	A	明るい ハエが来る
21	○	○	×	鏡	虫眼鏡で草を燃やす	A	眩しい
22	×	○	×	水	懐中電灯のお化け	A	形がない 輝く きれい
23	○	○	○	クリアファイル 水	—	B	明るい いろんな色 眩しい
24	○	○	○	水	懐中電灯で遊ぶ	C	光をあてるとなぜ影ができるのか
25	×	×	○	—	—	E	透明な物に反射 天井に光がうつる
26	○	○	○	クリアファイル 平たい磁石 鏡	—	C	虫眼鏡で紙が焦げる
27	○	×	○	—	—	A	暗いところだったら明るくてきれい
28	×	×	×	—	—	C	熱い
29	○	×	×	CD	—	C	熱い 明るい
30	○	×	×	—	—	A	花や草木が育つ
31	○	○	○	鏡	—	B	—
32	○	○	○	クリアファイル	—	B	色々な事に役立つ
33	○	○	○	おもちゃ	—	B	人間や自然をすくすくと大きくする
34	○	○	○	鏡	—	A	明るい 黄色っぽい

1 影踏み鬼の経験有り 26名 2 影絵遊びの経験有り 18名 3 下敷きで光を反射した経験 24名 —は空欄だったところ

6 影の描画の類型

A		B		C	
石の形の影が石と接している図 12名		石の形の影が石と離れている図 9名		石の形に光が遮られている図 6名	
D	影の形が石の形でない図 2名	E	石に反射した影を描いた図 2名	F	石にうつった影を描いた図 1名
G	光源の方向に影を描いた図 1名	H	複数の影を描いた図 1名		

表1 光遊び及び光についての意識調査の結果

1の影踏み鬼は、2年生のときに体育等で全員が経験しているはずであるが、アンケート上では26名にとどまっている。忘れていたり、普段はあまり意識していないためであろう。しかし、逆に考えるとこのクラスにおいては26名程度経験があるということは、実際はほとんどの子が経験している可能性が高いと思われる。

そう考えると、3の下敷きで光を反射させる遊びを経験していると答えた子は24名なので、実際には、ほとんどの子がそれを経験している可能性が高い。経験していないと答えた子の中にも、クリアファイルや水、鏡で光を反射させたことがあると答えている子もいるので、少なくとも何らかの形で光をはね返した経験を持つ子が、このクラスに多いことがうかがえる。

光を反射させる遊びに対して、2の影絵遊びの経験があると答えた子は18名と少ない。このことから、光を意図的に反射させる経験よりも、意図的に遮る経験は少ないという実態があるのではないかと考えられる。7の光について知っていることや思っていることを見ても、「明るい」「眩しい」など明るさに関するイメージや、「あたたかい」「熱い」など熱を伴うイメージに比べて、反射や速さなどのイメージを述べた子は少ない。この結果から、子どもは普段、光について、明るさやあたたかさについては割合意識しているが、進み方はあまり意識していないことがうかがえる。

では、子どもは光を遮るとどうなると考えているのだろうか。6は地面の上の丸い石を懐中電灯で照らしたときにできる影を描いた図である。A、B、C、D、Fを合わせて30名の子が光源の反対側に影を描いていた。このことから、光を遮ると影は光の進んでいる方向にできると考えている子どもが多いことがわかる。

AやBを見ると、影は石の形、すなわち光を遮っている物の形をしている。しかし、実際には石に遮られてCのように影になるはずの部分に影が描かれていない。このことは、子どもが「光をあてた(遮った)物と同じ形の影ができる」という見方や考え方が先行していることを示しており、光の直進性を反映して考えているとは限らないと思われた。もし、ライトから幅のある光がまっすぐに出ていることが認識されていれば、Bの影は石と離れることがなく地面を伝って伸びていたかもしれないし、Dの影は、まっすぐ進んでいる光を遮った石の形になっていたかもしれない。これらのことは、ライトからどのように光が出ているかということ、それがどのように遮られて影ができていくのかということ、空間的に認識していない可能性があることを示唆していると考えられる。

(イ) 光がはね返る様子の描画から

単元の導入で、光がはね返っているところを図に描かせたところ、右のように田んぼや水溜りから光がはね返っていると考えている子どもが多かった。子どもは、太陽から水面に届く光と水面から部屋の中に映る光をほぼまっすぐの線で表していた。しかし、その光は形のないゆらゆらした物で、鏡ではね返した光のようにはっきり形がうつるものではない。当初、子どもは、この水面からの光で的あてができると考えていた。

アンケートと描画から、子どもは、光の進み方について個々の差異を含みながら次のような素朴な見方や考え方を持っていると考えられた。

●光、はね返った光は、ほぼ直進する。

(直線をイメージしている子と、幅のある光をイメージしている子がいる)

●光、とくにはね返った光が物にあたったときの形は、ゆらゆらしている。

(光源や反射面の形に映ると考えている子もいる。)

(ウ) 的あての活動から

まず、校舎側面に設置された的を子どもに見せた。的は、信号機や太陽や月、焚き火、バースデーケーキの蝋燭などの形にして意欲づけをはかり、「どのようにしたら的に光をはね返すことができるか」という課題を提示した。

子どもが光をはね返す道具として、まずあげたのは水。鏡を上げた子は少数だった。「太陽から光がきているから、太陽の方に(水面、鏡)を向けるといいと思います。」「鏡は反対に映るから、的の反対に向けると光が(的に)はね返ると思います。」と予想を話し合う中で、次第にポイント

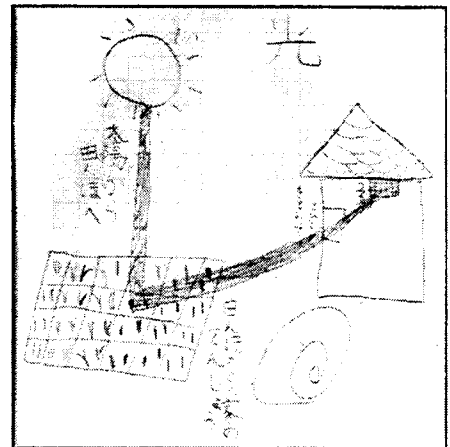


図1 光がはね返る様子を表した図



図2 的あての様子

が、水面や鏡をどこに向けるかということに絞られてきた。そこで、水を入れた水槽と鏡を一人に一つずつ持たせ、十分活動できるようにするとともに、実験中に気づいたことを友達に話して確かめながら的あてをするように指示をした。

実験が始まると、子どもは水槽の水では的に光をはね返せないことに気づき始めた。水面の傾きを変えにくいことが原因であることに気づくと、今度は、水槽を鏡に持ち替えて調べ始めた。このときに分かったことをノートにまとめたが、その代表的な例を以下に示す。

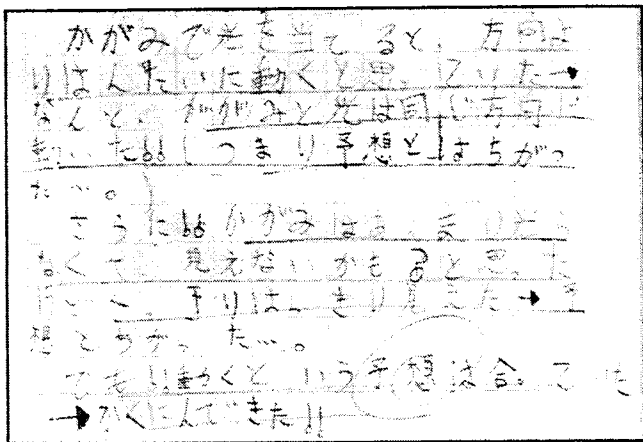


図3 26児のノート

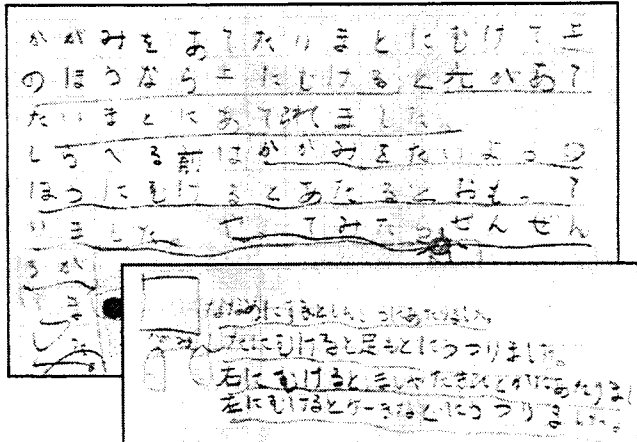


図4 34児のノート

図1では、ふりかえりの中に「方向より反対に動くと思っていた」、図4でも、「(的が) 上のほうなら上に向けると光があてられました。調べる前は鏡を太陽のほうに向けるとあたると思っていました。」という記述が見られる。いずれも、以前と比べての自分の見方や考え方が変わったことが自覚されていることが分かる。これは、予想の際、その根拠を明らかにして違いを明確にしておいたことが、影響したのではないかと考えられる。予想の際の話し合いは、取り立てて活発だったわけではないが、調べる観点を明確にし、反射光の進み方に関する見方や考え方を構築する手助けになったと考えられる。

② 光の進み方を調べる

(ア) こだわりを生む自然事象の提示

次に、的あての経験を元にして、鏡ではね返した光を障子に当て、鏡と障子の間に手を入れて影絵を作る活動を提示した。その際、グループでの活動が活発になることを狙って、「どこまで遠くから影ができるか試してみよう」と発問した。しかし、これが子どもを混乱させる要因になってしまった。

実際に影絵を作ろうとすると、鏡が動いて定まらず、障子に光がなかなか当たらないグループが見られた。そのため、鏡を放して遠くから影絵を作ろうとするグループと、とにかく影絵を作ろうとするグループに分かれてしまった。以下に、グループで活動しているときの子どもの様子を示す。



図5 影絵作りの様子

11児	22児	24児
(鏡を持つ係をする 実験意欲◎) ・最初はもう少し近くに。 うつつてるよ。 ・すごい。 遠く離れて鏡の前でやってみよう。 (障子を持つ係をする) (障子の裏から鏡の光を追う) (光が定まらず障子の位置を変えて光を入れる) ※障子と鏡の距離は広がらなかった	(鏡の前で手を動かす) もっとこっちだよ。 できた、できた。 どこでもいっちゃう。動かさないでよ。 あれあれ? (板を持ち 遠くへ離れる) うつつた。 ・動かしてみても ずっとずっと遠いところでもうつつたー。 運動場のはなでもうつつよ。	(影絵が) うつつてる、うつつてる 私、かげずる。 うつつてる。 もっと後ろ。 もうちよい近くでやって。 ・うつつてない。 ・ちかくでやるう。 どんどん下がる。どんどん下がる。 実験、実験。 もう一回挑戦。

資料1 抽出児の様子

11児は鏡と障子の距離が広がらなかったグループである。しかし、障子に光があたらなかったとき、自ら障子を動かして光を入れていることから、光がどこを進んでいるのかを調べようとしていたことが分かる。

22児、24児は鏡と障子の距離を離すことに成功したグループである。24児は、距離を伸ばしながら、光がまっすぐに進んでいたことを感じ取っていた。22児は11児のように光の進んでいるところを、友達とかかわりながらとらえ、どこまでもまっすぐに進んでいたことを感じ取っていた。

この活動を経て、影絵ができるわけについて話し合った。影絵の時間を長くとりすぎたため、話し合う時間が僅かになってしまったが、そのとき発言した2児の描いた図が右である。「光が進むのを邪魔するから、影ができると思います。」と話し、光が矢印のように通っていると説明した。この説明では、アの地点をさして説明していたので、「イの場所だと影絵はできるのかな」と問うと、「そこも光が通るから影絵ができるんじゃないかな。」という声があがり、今度ははね返した光の進み方を調べることになった。

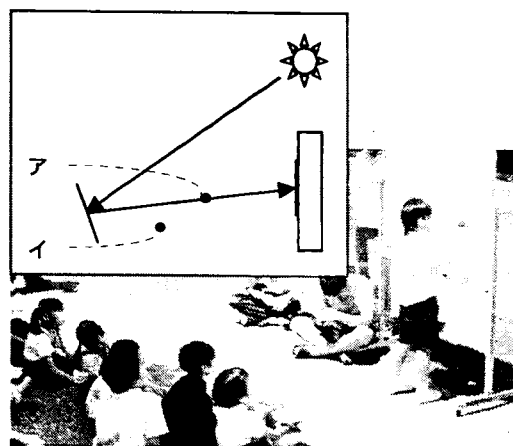


図6 影絵ができるわけの話し合いの様子と2児の描いた図

(イ) 予想の根拠を明らかにしてその違いを明確にする

2児の考えと違う考えの人はいないかと問うと、子どもは右のように黑板に光の進み方のイメージを図に描いて説明し始めた。

まず、平行な光線のイメージに対して、光が進むにつれて広がっていくという考え(拡散型)と、逆に小さくなっていくという考え(集束型)が出た。「鏡よりうつった光の方が大きく見えたから。」というのが拡散型の考えの理由で、集束型は、「遠くのは小さく見えるから光も小さくなると思う。」というのが根拠であった。



図7 光の進み方のイメージ

次に、鏡の向きによって上や下にカーブするのではないかと考える(カーブ型)が出た。しかし、カーブ型を主張する子の中には2種類の考えが混在していた。一つは鏡を上に向けると、光はまっすぐ進んで上に行くと言う考えで、もう一つはカーブして上に行くという考えである。これらの考えを整理するときも、光の進み方を図で表すことによって、子どもは自分の光の進み方のイメージを他の子にも分かるように表すことができた。

これらのように、自分の考えを図に表すことによって、それぞれの考えの違いは明確になり、光の進み方を調べる方法を考えようとする意欲を高めることができた。予想の根拠は、日常経験やこれまで実験をしてきて感じたイメージであったが、これを自覚させておいたことは、後に自分の見方や考え方の変容に気づかせることに繋がった。

(ウ) 実験や観察の意図を説明させる

ここでの実験や観察の意図は、「見えないものを見るようにする」ということである。先に話し合った光の進み方は、あくまで仮説であり、実際に見たものではない。今まで見えなかった光の道筋を見るようにすることが、実験方法を考える場面での課題であった。子どもが考えた方法は、大きく三つあった。

- 障子を斜めにして鏡ではね返した光をあてる
- 鏡ではね返した光を地面にあてる
- 暗い部屋に鏡ではね返した光を入れる

三つめの暗い部屋に光を入れるという意見を出したのは26児であったが、その意見に反応した14児が発言し、暗室に煙を入れるという発想を加えた。このときが、26児と14児の知識が結びついて新しい実験方法が生まれた場面ではないかと考える。

これらの実験方法、特に3番目の方法が見つかったとき、子どもの中に光の道筋が見えるかもしれないという期待が高まり、はやく実験したい、調べてみたいという意識が高まった。このときの子ども達の期待の高まりは、ノートの手がかりからも読み取ることができた。

実際の授業では、(イ)(ウ)は一連の話し合いの中でおこなわれた。その話し合いを通して、課題の解決の見通しが持てたことによって、実際に確かめようとする気持ちを高めることができたと思われる。

(エ) 考察に至った経緯の違いに気づかせる

実験は屋外と室内に分けて、それぞれに結果と考察について話し合った。

まず、屋外で障子を斜めにして光をあてたり、地面に光をあてたりする実験をグループでおこなった。グループ

- | | |
|------|--|
| 26 児 | 部屋を暗くして懐中電灯を照らすと、光が進んでいるのが見えるから、暗い部屋に(鏡ではね返した)光を入れるといいと思います。 |
| 14 児 | 僕はボーイスカウトでやったことがあるんだけど、キャンプファイヤーのときに懐中電灯を照らすと、煙のあるところだと光がよく見えました。だから煙を入れたらいいと思います。 |
| T | これだと、本当に光の道筋が見えるかもしれないね。
26 さんの発言がきっかけで、14 さんの考えが浮かんできたね。 |

資料2 実験方法の話し合いの様子

毎に結果と分かったことを整理させ、全体場で1グループずつ発表するようにした。

グループ毎に発表したとき、光を地面にあてる方法から光の道筋を考察する過程が、グループ間で若干違っていることに子どもは気づき始めた。多くのグループは地面にあてた光を見て、まっすぐ進んでいると考えていた。しかし、二つのグループでは、地面にあてた光が本当にまっすぐかどうか調べるために、図のように光の横にもものさしをあてていた。ものさしをあてて説明したとき、「ああ、そうか」「なるほど」という声が他のグループから上がり、子どもは、この方法の意図や自分達のグループとの実験方法の違いに気づいていた。

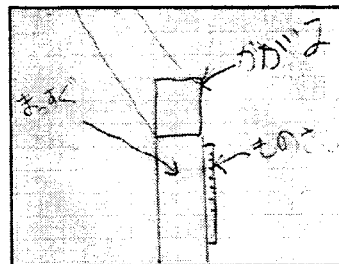


図8 光の進み方を調べ方の図

また、他の二つのグループは鏡の幅と反射光の幅をはかったことを発表した。

その説明の途中で、何のために幅をはかるのかをそのグループだけでなく聞き手にも問うと、子どもは、「光が集まっているのか広がっているのか調べるためです。」と答え、その意図を全体で確認することができた。反射光の幅は鏡の幅よりも1cmほど長く、若干広がって進んでいるのではないかとこの考察が発表された。

障子を斜めにして光をあてる方法を選んだグループは少なく、障子にうつった様子からまっすぐ進んでいるという考察がなされていた。光の道筋をいろいろな位置や角度から障子で遮るように指導すると、光の道筋の全体像を捉えることができ、より話し合いが深まったのではないと思われる。

続いて理科室に戻って暗幕を引き、外から鏡ではね返した光を入れて観察した。そのままでは、うっすらとしか見えなかった光の道筋が、黒板消しをたたいて煙を出すとはっきりと浮かび上がった。「ええーっ！」という驚きの声と共に、子どもは光の道筋に集まり、それに触ろうとして手を伸ばしてきた。光の中に手を入れると、指の間から漏れた光が筋になってはっきりと見えた。「すごい！」「わかった。まっすぐ進んでる。」という声が上がリ、子どもが光の道筋を目の当たりにして感動している様子が伝わってきた。

この実験から分かったことを話し合ったとき、子どもは、これまでの自分の考えと比べて分かったことを、積極的に発言することができた。「はじめは、光はだんだん小さくなると思っていたけど、同じ幅で進んでいることがわかりました。」「やっぱりカーブしないで、まっすぐ進んでいるとわかりました。」などの発言が聞かれた。この段階では、子どもの観察の視点が、広がっているのか小さくなっているのか、カーブかまっすぐかということに絞られてきており、同じ物を見たこともあって、話し合いの場面では考察にいたる差異は特に見られなかった。しかし、この話し合いを通して、光の進み方がより確かなイメージとして認知されたのではないと思われる。

(6) 成果と課題

この実践の成果は、光の進み方を考えるための導入教材の開発である。まだまだ改良しなくてはならないが、子どもがグループで影絵作りに取り組む中で、かかわりながら光の進んでいるところを探していったことから、光の進み方に目を向けていく手だてとして、この影絵作りは利用できると考える。課題は、明確な目標のもと、例えば「鏡と障子の間のどこに手を入れたら影絵ができるかな」といった活動目標で、子どもが短時間で活動できるように実験器具や場所を設定することである。全ての時間にこのような導入が相応しいとは限らないが、子どもの感覚にうったえ、短時間でできて、課題に直結する導入教材の開発に、今後も取り組んでいきたい。

もう一つ分かってきたことは、イメージを図で表すことが、「かかわり」を活性化させる手立ての一つとして、有効であるということである。予想の違いを明確にするとき、特に光の道筋のように普段は目に見えないものを見えるようにするときに、イメージを図に表すことによってはっきりと相手に伝えることができた。そのことが、話し合いを活発にする要因になり、光の進み方に関する見方や考え方を構築する手助けになったと考える。

この実践では、実験や観察の意図を説明させるという手だてをとる場面は少なかった。それは、光の道筋を見えるようにするという意図が既に明確で、あえて説明する必要が少なかったためと思われる。条件を制御する実験や、抽象的な概念を検証する場合に、この手だてはより有効に活用されるのではないかと考える。

考察に至った経緯の違いに気づかせるとは、この実践では、光の進み方を調べる方法の違いに気づかせることであった。子どもはふりかえりの中で、他のグループの実験から分かったことにふれ、「〇グループのおかげで、光がまっすぐ進んでいることがよくわかった。」と発言する場面が見られた。今回は実験方法の違いに子どもは目を向け、それを考えて調べた他のグループや個人を認めることで、かかわりながら追究していくことの良さを感じることができたのではないかと考える。今後は、実験方法だけでなく、事象の解釈の違いについても目を向けるようこし、より科学的なものの見方や考え方ができるようにしていきたい。