

理科

見通しとの不一致から自己を見直す態度を形成する理科授業

—第3学年「太陽の光を調べよう」の学習を通して—

柘 植 一 輝

1 問題の所在と研究の目的

小学校学習指導要領理科編の目標は、「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・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」¹⁾ ことである。目標に「見通し」という語句が加わったのは、平成10年の学習指導要領の改訂からであり、現行の学習指導要領（平成20年の改訂）の目標にも引きつがれている。

奥井ら（2003）は、見通しをもつことの意義を、「①自己責任に基づく主体的な活動、②見通しと観察実験の結果の一致、不一致が明確になり、自己を見直す態度の形成、③人間の創造の所産としての科学という考え方の獲得、④科学的な知の構築」の4点を述べている²⁾。また、先述の②について「見通しと観察実験の結果が一致しない」場合には、「子どもは自分が発想した予想や考案した観察、実験の方法を振り返り、それらを見直し、再検討することで、科学的な見方や考え方へと変容させていくことができる。」³⁾と述べている。

子どもたちは日々の学習において自然の事物・現象から生じた疑問を生活経験や学習経験をもとにして解決しようとしている。近年の理科学習では、一人ひとりが実感を伴った理解をしやすいように、少人数グループや個人単位での観察、実験が多く取り入れられている。そのことにより子ども一人ひとりが観察、実験に深く関われる一方で、技能によって他者と観察、実験の条件に細かな違いが生まれ、正しい結果を得られないことがある。そのため教師は、子どもが正しい結

果を出せるように観察、実験方法の細かな注意点を事前指導しすぎているのではないだろうか。自己を見直す態度を形成するためには、子ども自身が観察、実験の経験を積み重ねながら、誤差やミスの原因を考えられるようにすることが必要であると考える。

そこで本研究では、各グループの結果を学級全体で整理・分析し、結論を導き出す過程において、子ども自身が誤差やミスの原因を考えることで、実験方法の改善を検討できるようにすることを目的とした。

2 研究の方法

(1) 対象児と調査時期

広島県内の小学校3年生の1クラスの子ども31人を対象に平成26年11月～12月に調査を行った。小集団の数は8グループであった。

(2) 授業構成

調査対象とした単元は「太陽の光を調べよう」であった。授業計画は次のとおりである。

- 第1次 温度計の使い方と約束づくり（2時間）
- 第2次 日なたと日かげの地面の温度（2時間）
 - ・実験方法の検討
 - ・実験と結論
- 第3次 光の量と温度の関係（5時間）
 - ・実験方法①の検討、実験と結論
 - ・実験方法②の検討、実験と結論
- 第4次 色による燃えやすさの違い（2時間）

本研究の対象である実験方法の改善のための学習は第2次・第3次で行い、単元終了後に質問紙による調査を実施した。

(3) 授業の概要と方略

①第2次（日なたと日かげの地面の温度）

第2次で子どもたちに気づかせたい誤差・ミス
 の原因は、図1に示した「場所」,「温度計」である。

<p><気づかせたい誤差・ミスの原因と改善点></p> <p>[場所]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・朝と昼で測定場所が異なる。 →測定場所を変えてはならない。 ・朝は日なた（日かげ）だったが、昼は日かげ（日なた）となっている。 →前単元「太陽とかげの動きを調べよう」の学習と関連させ、まわりにかげができそうな物がない場所で測定する。 <p>[温度計]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度計の液だめを持っている。 →温度計の正しい使い方を確認する。 ・温度計を読む人が異なる。 →同じ人が測定する方がより正確である。
--

図1 気づかせたい誤差・ミスの原因と改善点

子どもたちは生活経験をもとに「日なたの地面は日かげの地面よりも温度が高い」という見通しをもっていた。この実験では、各グループに運動場内の日なたと日かげの場所をそれぞれ自由に選べた。各グループが選んだ場所を全体で確認し、意見を交流した。実験に関わる教師の事前指導は、地面に浅い溝をつくりその中に温度計の液だめ部分をさしこむことで地面の温度を測定できること、溝の深さや温度計の置き方を全グループ間で同じにする方法の2点である。

②第3次（光の量と温度の関係）

第3次で子どもたちに気づかせたい誤差・ミスの原因は、図2に示した「光のあて方」である。光をあてる「時刻と時間」の違いが原因とならないように全グループの準備完了の合図を確認し、教師が計時することとした。

<p><気づかせたい誤差・ミスの原因と改善点></p> <p>[光のあて方]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鏡の光が温度計の液だめの部分にあたっていない。 →温度計の液だめを正確にねらう。 ・時間経過とともに太陽が動くことで、鏡で反射させた光が温度計からずれる。 →光のあたり方を観察し、温度計の位置を動かし調整する。

図2 気づかせたい誤差・ミスの原因と改善点

第2次では、日なたの地面が日かげの地面の

温度よりも高くなるのは、日光の影響であることを確認している。子どもたちは、光の量が増えればもっと温度が高くなると考えた。そこで、鏡を用いて光を反射させ、一ヶ所に光を重ねることで光の量を調節する方法を教師が提示した。

次に光の量と温度の関係を調べるためには、最低でも2種類以上の鏡の枚数（光の量）で実験をしなければ比べられないことを確認し、まず実験で比較する鏡の枚数を子どもたちに話し合わせた。子どもたちは、鏡1枚分の光の量によってどのくらい温度が変わるかを知りたいという理由から、鏡の枚数を1枚ずつ増やす方法を取り入れることになった。このとき、子どもたちに正確な実験を行うために気をつけることは何かを問うと、「光をちゃんと重ねる」、「温度計の液だめを持たない」であった。

(4) 検証方法

質問紙での調査は、図3、図4に示した内容で行った。

<p><1></p> <p>日なたの地面の温度を調べることになりました。下の図は、8グループそれぞれが考えた場所です。温度は朝と昼にはかります。</p> <p style="text-align: right;">※ は、日かげの場所</p> <p>実験を始める前に、それぞれのグループが考えた日なたについて意見を出し合いました。あなたが、1つのグループだけに「その場所はふさわしくないよ」と意見を言うとしたら、どのグループですか。その理由も書きましょう。</p>
--

図3 設問1

設問1では、日なたの温度を調べる場所としてふさわしくないと考えたグループを一つ選び、その理由を自由記述させた。分析にあたっては、実際に実験を行い各グループの結果を学級全体で整理・分析したことによって、より正確な結果を得

るためにどのような視点で「場所」を選ぶようになったかを考察する。

<2>
 あなたが、鏡を使って光の量と温度の関係を調べる実験をするときに、正確な実験をするために気をつけなければならないことを書きましょう。いくつ書いてもよいです。

図4 設問2

設問2では、光の量と温度の関係を調べる実験において、正確な実験をするために気をつけることを自由記述(複数回答可)させた。分析にあたっては、失敗経験を積み重ねながら同様の実験を繰り返し行ったことで、子どもたちが自ら見つけた注意点を考察する。

3 結果と考察

(1) 授業実践

全8グループの結果は、表1、表2のとおりであった。

子どもたちは、見通しと一致する結果を得たことで自グループ結果のみから結論を出そうとしていた。そこで、全グループの結果を書き込める表を用意し、グループで話し合った結論が全グループの結果にあてはまるかを確認させた。

表1 日なたの地面の温度

	1はん	2はん	3はん	4はん	5はん	6はん	7はん	8はん
1時間目 (9時25分)	14.5℃	15.5℃	16.0℃	14.0℃	15.1℃	14.9℃	13.6℃	18.0℃
昼休み (13時20分)	20.1℃	-	27.0℃	22.2℃	23.5℃	16.5℃	22.0℃	23.0℃

2はんは、測定忘れ

表2 日かげの地面の温度

	1はん	2はん	3はん	4はん	5はん	6はん	7はん	8はん
1時間目 (9時25分)	10.2℃	11.3℃	11.1℃	10.1℃	13.1℃	11.5℃	11.9℃	11.0℃
昼休み (13時20分)	16.0℃	-	16.6℃	10.4℃	17.0℃	15.5℃	10.8℃	19.0℃

2はんは、測定忘れ

子どもたちは、「日なたの地面の方が日かげよりも温度が高い」、「日なたも日かげの地面も、朝より昼の方があたたかい」という結論を得た。しかし、グループによって結果に大きな差があることに気づき、その原因を考えはじめた。子どもたちが考えた原因を分類したものは、表3のとおりである。

表3 子どもが考えた誤差やミスの原因

分類	対象となるグループの結果
場所	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日なたの6はん[昼休み] 他の班の結果は20℃を超えているのに、自分たちの班だけ16.5℃は低すぎると思う。日かげに近い日なたで調べたことに原因があると思う。 ○ 日かげの4はん[昼休み] 他の班と同じように昼休みの温度の方が高いけど、朝とほとんど変わっていないのは、土が湿っている場所だったからじゃないかな。 ○ 日かげの7はん[昼休み] 自分たちの班の結果だけ朝と比べて温度が低くなったことについて、「実は温度を測ろうとしたら他学年の人がその場所で遊んでいたから10mくらい離れた場所で温度を測定した。1時間目のときと場所を変えたことが原因だと思う。」
温度計	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日なたの3はん[昼休み] 3班と7班はとなり同士で温度を測ったのに4℃も違うのはおかしい。ほとんどの班が22~23℃だから、3班の測り方に問題があると思う。

原因を「場所」と考えた子どもはいずれも温度が他グループと大きく異なっていたグループの子ども自身であり、自グループの場所について他グループとの違いを具体的に述べていた。一方で、「温度計」を原因として挙げたものの、具体的な原因は分からなかった。実験中の「場所」は、グループ全員がその場にいたことから原因に気づき共有できるが、「温度計」は持ち運びや読み取りを一人の子どもが行っていたことで誤差やミスが生じてもそれに気づきにくかったと考えられる。

子どもたちは、第2次の学習において途中で測定場所を変えると比較ができなくなることで、時間の経過とともに状況が変わる場所は適さないことに気づいた。実験後の指導では、結論を得るために複数場所の日なたと日かげを調べることは大切だが、同じ条件でないと比べられないことを確認した。また、原因の1つに温度計の扱い方が挙げられたことから、温度計の扱い方を再確認した。

②第3次（光の量と温度の関係）

子どもたちは、鏡を1枚ずつ増やす方法で光の量と温度の関係を調べようとした。はじめは、全8グループであることから、鏡の枚数を1～8枚にして8種類で調べることを考えていた。しかし、子どもたちは日なたと日かげの地面の温度を調べた実験で多くのグループの結果から結論を出したことを思い出し、今回も複数のグループが同じ鏡の枚数で実験することが必要だと意見を述べた。最終的に、全8グループを2グループずつに分け、鏡を1～4枚の4種類で実験を行うことになった。また、子どもたちは全8グループの実験場所をなるべく近くすることで、同じ条件となり正確な結果が得られると考えた。

後日、よく晴れた日に実験を行い、表4の結果を得た。

表4 光の量と温度の関係（1回目）

温度 \ 枚数	1枚		2枚		3枚		4枚	
	2はん	8はん	4はん	5はん	3はん	6はん	1はん	7はん
担当の班	2はん	8はん	4はん	5はん	3はん	6はん	1はん	7はん
はじめの温度 (光をあてる前)	17.2℃	18.7℃	17.5℃	18.6℃	18.2℃	19℃	19.2℃	18℃
10分後の温度	29.3℃	23.2℃	42.2℃	31.5℃	44.1℃	26.9℃	39.1℃	30.2℃
上がった温度	12.1℃	4.5℃	24.7℃	12.9℃	25.9℃	7.9℃	19.9℃	12.2℃
	↑ 7.6℃ 差		↑ 11.8℃ 差		↑ 18.0℃ 差		↑ 7.7℃ 差	

子どもたちは、「光の量が増えれば温度は高くなるはずだ」と考えていたために、結果を見て、愕然としていた。「同じ鏡の枚数で実験をしているのに、温度が違いすぎるのはおかしい」、「実験がうまくできていない」という声が子どもたちからあがった。このような発言から、同じ鏡の枚数で2つのグループが実験することの意味は理解できていると考えられる。そこで、正確な実験ができなかった原因を考えたところ、表5の発言があった。

表5 子どもが考えた誤差やミスの原因

分類	考えられる誤差や原因
光のあて方	○ 鏡で反射させた光が温度計の液だめにしっかりとあたっていないくて、温度が上がらなかったと思います。
	○ 実験を始める前から、光を温度計にあてながら鏡を調整していたから他のグループより光があたる時間が長くて、温度が高くなりすぎたと思います。
	○ 手で鏡を持っていたから、同じ場所にあて続けることができていなかったと思います。

この実験では、全8グループの場所を近くし、教師が計時したことから、子どもたちが考えた原因は、いずれも「光のあて方」であった。準備の段階で鏡の調節に手間取ったり、指定された枚数の光が温度計にあたっていないかたりしたためだと考えた。また、鏡を手に持ったまま光をあて続けていたグループがあったことが子どもから指摘され、先述の原因と合わせて光のあて方を学級全体で再検討した。

鏡の調節のしかたを練習した後、同じ条件で2回目の実験を行い、表6の結果を得た。

表6 光の量と温度の関係（2回目）

温度 \ 枚数	1枚		2枚		3枚		4枚	
	2はん	8はん	4はん	5はん	3はん	6はん	1はん	7はん
担当の班	2はん	8はん	4はん	5はん	3はん	6はん	1はん	7はん
はじめの温度 (光をあてる前)	20.3℃	20℃	20.7℃	21.6℃	21℃	19℃	20℃	22.8℃
10分後の温度	26.2℃	24.2℃	30.0℃	27.6℃	33.5℃	32℃	32℃	32.9℃
上がった温度	5.9℃	4.2℃	9.3℃	6.0℃	12.4℃	13℃	12℃	10.1℃
	↑ 1.7℃ 差		↑ 3.3℃ 差		↑ 0.6℃ 差		↑ 1.9℃ 差	

2回目の結果では、同じ鏡の枚数で実験した2つのグループ間で温度差が小さくなったことから、子どもたちは信用できる結果だと判断した。ところが、光の量が鏡3枚分と4枚分では温度にほとんど差がなく、4枚分の光の方が3枚分の光よりも温度が低くなったグループがあった。

このことから、結論は、「少なくとも、3枚分の光までは光の量が増えるほど、温度は高くなる」となった。子どもたちは「光の量が増えれば温度

は高くなる」という見通しと違ったことから、今回も実験方法に問題があったのではないかと考えている子どもがいる一方で、ある子どもは、「ある程度の光の量になると、それ以上はどれだけやっても温度は高くないのではないかと発言した。

この疑問を解決するために同じ条件で3回目の実験をしようと話し合っていたとき、実験方法について次のような意見が出された。

これまでの鏡を1枚ずつ増やしていく方法だと、もし鏡1枚分の光がうまくあたっていないだけで(結果が)ダメになってしまいます。枚数をもっともっと増やして実験して、(鏡が)3枚のときより温度が高くなるかを調べればいい。

そこで、鏡の枚数を3、5、10枚として実験を行うことになった。また、2回目の実験方法に問題があったとしたら何が原因と考えられるかを話し合ったところ、表7の発言があった。

表7 子どもが考えた誤差やミスの原因

分類	考えられる誤差や原因
光のあて方	<ul style="list-style-type: none"> ○ やっぱり、2回目の実験でも鏡で反射させた光が温度計にしっかりあたっていなかったと思います。特に、鏡の枚数が多くなるとちゃんとあっているか分かりにくいです。 ○ 鏡をしっかり調整しても、時間が経つと光が温度計からずれてしまう。それを直したグループと直していないグループがありました。 ○ 温度計の前に木の枝や雑草があつて、それが影になってしまったと思います。 ○ 鏡と温度計の間を人が通ったから、光がさえぎられてしまったからだと思います。 ○ 実験のスタート前に、温度計に光をあてながら鏡を調整していたからあたまが当たってしまったと思います。(1回目とは別グループ)
温度計	<ul style="list-style-type: none"> ○ 温度がどれだけ上がったか気になって、何度も温度計を確認したからだと思います。

1回目の原因と同じく「光のあて方」がほとんどだったが、より細かな注意点に着目できるようになっていた。原因の1つに、「温度計に光をあてながら鏡を調整した」とあるが、この操作をした子どもは同じグループの子どもからすぐにやめるように指摘されていた。数秒のできごとであったが、子どもたちが鏡の調節に注意をはらっていることが見てとれる。

後日、3回目の実験を行い、表8の結果を得た。

表8 光の量と温度の関係(3回目)

枚数	3枚		5枚		10枚	
温度	3はん	6はん	1はん	7はん	2・4はん	5・8はん
はじめの温度 (洗をあてる前)	15.1℃	17.0℃	17.0℃	11.0℃	15.2℃	16.0℃
10分後の温度 (℃)	27.0℃	27.0℃	49.7℃	51.2℃	67.2℃	66.6℃
上がった温度 (℃)	11.9℃	10.0℃	32.7℃	40.2℃	52.0℃	50.6℃

鏡が5枚の結果では同じ条件で実験しているにも関わらず2つのグループ間で7.5℃の差があった。鏡5枚分の結果として信用できないとしながらも、どちらも鏡3枚分の温度よりも高くなっていったことから、「光の量が増えるほど、温度は高くなる。」という結論を導くこととなった。

(2) 検証結果

質問紙の設問1、設問2の回答を集計するとそれぞれ表9、表10のとおりであった。

実際の実験で日かげ近くの日なたの地面の温度を測定したグループは1つだけであったが、設問1の回答から、場所を選ぶ視点として「時間の経過とともに状況が変わる場所は適さないこと」を他者の経験から学びとっていることが分かる。

表9 設問1への回答

グループ	回答内容(人数)
1	(0)
2	(0)
3	・4グループと場所が近すぎるから(1)
4	・近いところに他のグループがいるから(1)
5	(0)
6	(0)
7	<ul style="list-style-type: none"> ・日かげの近くだから(7) ・日かげが近くて、他の日なたのところよりも温度が低くなると思うから(2) ・日かげになることがあるから(1) ・かげは動くから、この場所はかげになるから(1) ・いつも土がつめたいところだから(1) ・倉庫が近いから(2)
8	<ul style="list-style-type: none"> ・校舎の間にはさまれていて日がずっとはあたらないから(2) ・建物がいっぱいあるから(1) ・他のグループと違って、運動場ではない場所で温度をはかっているから(3) ・他のグループと場所が離れすぎている(3) ・地面がコンクリートだから(2) ・みんな土で実験しているのに、8グループだけ土じゃないから(1) ・人が歩くところだから(2)
無回答	(1)

グループ8を選んだ子どもの回答に着目すると、「運動場ではないから」、「他のグループと離れすぎているから」の回答に見られるように、この場所は子どもたちが測定した範囲から大きく離れている。グループ8を「コンクリートと砂の違い」を根拠に選んだ子どもはわずか3人であった。

改善していることが分かる。そのため、原因となり得るものを子どもに経験させていくことが、自己を見直す態度を形成するために効果的であると考えられる。

表 10 設問2への回答

分類	回答内容 (人数)
光のあて方	<ul style="list-style-type: none"> ・光を同じところにあて続ける(8) ・鏡で反射した光を温度計の液だめにあてる(2) ・光をちゃんと重ねる(2) ・影を入れない(6) ・光がずれたら直す(2) ・鏡の前を通らない(1) ・光をさえぎるものを入れない(1) ・実験スタートで、すぐに光をあてる(1) ・不用意に触らない(1)
場所	<ul style="list-style-type: none"> ・場所を変えない(1) ・土が湿っていないところを選ぶ(1)
温度計	<ul style="list-style-type: none"> ・液だめのところを持たない(3) ・温度計を割らないようにした(2) ・温度計の使い方の約束を守る(2)
測り方	<ul style="list-style-type: none"> ・いつも同じ人が温度計を読む(3) ・温度計の読み間違いをしないようにした(1)
他	<ul style="list-style-type: none"> ・その他(2)

4 結論と今後の課題

本研究では、各グループの結果を学級全体で整理・分析し、結論を導き出す過程において、子ども自身が誤差やミスの原因を考えることで、実験方法の改善を検討できるようにすることを目的とした。分析の結果、各グループの結果を全体で整理・分析することによって、自グループと他グループの結果の違いに着目し、その原因を考える手立てとして有効であることが明らかとなった。また、子ども自身が誤差やミスの原因を考え、実験方法の改善を検討してきたことで、実験方法の細かな注意点を守ることの必要感を生み出すことができたと考える。

設問2と同様の実験を子どもたちは3回経験している。子どもたちは、1回目の実験前から正確な実験をするために「光をちゃんと重ねる」という意識があった。しかし、結果からその意識が充分ではなかったことを認識し、子どもたちの記述にも見られるように「太陽の動きによって光が温度計からずれてしまうこと」、「鏡で反射させた光が草木のかげにならないようにすること」など、光のあて方についての具体的な注意点をつかんでいることが分かる。これは、子どもに考えさせた原因を「光のあて方」の1つに設定し、同じ条件で実験方法の改善を図りながら複数回実験を行った成果であると考えられる。また、設問2の回答には「場所」、「温度計」、「測り方」に分類される回答が多く見られた。これらは第2次で確認した原因であり、子どもたちは第3次においても引き続き実験方法の注意点を意識していることが分かる。

一方で、実験をグループ内の一人が代表で操作したり、一人ひとりが異なる操作を担当したりする場合には、結果が他グループと大きく異なっても、その原因を考えることは難しかった。これは、実験中の様子をグループ内で十分に共有できていないことが考えられる。今後は、実験前の段階で子ども自身が誤差やミスの原因となり得るものを考えられるようにすることで、一人ひとりの技能を高め、正確な実験を行えるようにすることが必要であると考えられる。

<引用文献>

- 1) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説 理科編」, p. 7, 2008, 大日本図書.
- 2) 奥井智久：「新しい理科教育の理論と実践の方法」, pp. 31-32, 2003, 現代教育社.
- 3) 前掲書 2), p32.

これらのことから、子どもたちは誤差やミスを出さないために、自身の経験をもとに実験方法を