

# 自然から見いだした問題に対して子どもの見通しを重視した 単元設計についてのモデル化の試み

—第6学年理科「てこのはたらき」の実践から—

安田 朋未・松本 謙一・宮原 美充

# 自然から見いだした問題に対して子どもの見通しを重視した 単元設計についてのモデル化の試み

—第6学年理科「てこのはたらき」の実践から—

安田 朋未\*・松本 謙一・宮原 美充\*\*

Try of modeling in the learning process in which a child has a perspective to the problem that it was found : Than practice of 6<sup>th</sup> grade science “Work of lever”

YASUDA Tomomi, MATSUMOTO Ken-ichi, MIYAHARA Yoshimitsu

## 摘要

自然を対象にした問題解決的な学習において、児童が解決の見通しをもつことが主体的な児童を育てる上で重要な視点の一つではないかと考えた。そして、児童に問いをもたせた後、自由に教材とかかわる時間を設け、自身で見通しをもって解決できるような単元を構想し、授業実践を通して、効果を探るとともに、単元設計のモデル化を試みた。

その結果、単元の導入で見いだした問題に対して、以下の場を設定することで、児童は主体的に解決することができる。

- ① 自由に教材とかかわり、発散的に実験を行う。
- ② 実験結果を紹介し合い、教師からの助言をもらう。
- ③ 問題解決のための手続きを構想し、収束的な実験を行う。
- ④ 結果を考察し、結論と残された課題を明らかにする。

キーワード：理科，見通し，問題解決学習，自由試行，発散的観察・実験，収束的観察・実験

Keywords : science, perspective, problem-solving approach to learning, Messing about, Divergent observation and experiment, Convergent observation and experiment

## I 目的

小学校学習指導要領解説理科編(文部科学省 2010)<sup>(1)</sup>には、「見通し」について、「児童が自然に親しむことによって見いだした問題に対して、予想や仮説をもち、それらを基にして観察、実験などの計画や方法を工夫して考えること」と示されており、子どもが主体的に問題解決をする上で大切であることを指摘している。しかし、この「見通し」の扱いについて、以下の2つの問題を見いだした。

一つ目は、見通しの定義が上記において狭義の問題解決場面だけに限定している点にある。初等理科教育(2006)<sup>(2)</sup>では、「理科は自然の事物・現象を対象にして、そこに問題を見だし、自然とかかわりながら、そして、仲間とのかかわりを通してその問題を解決していく教科である」と述べている。このことは、問題解決を「狭義」ではなく「広義」として捉えていることを示している。つまり、自然という混沌とした対象から問いを見だし、

「もしかしたら関係があるかもしれない」と模索する過程は他教科にはない、理科ならではの学習過程ではないだろうか。しかし、先ほどの見通しでは「自然に親しむことによって見いだした問題」とあるにもかかわらず、予想や仮説を立て、観察や実験の方法を考えるという、狭義の問題解決しか扱っていないのである。

二つ目は、「予想や仮説をもつこと」と「観察や実験を工夫して考えること」が単に「結論についての予想や仮説」として捉えられていることにある。ここでの予想や仮説は、見いだした問題に対してのものであることから、事物・現象に対する自分の考えをいう。しかし、予想や仮説の中には単なる「結論についての予想」だけでなく、「どうやって解決すればいいのか」という問題解決の構想も含まれるのではないだろうか。実際の授業においても、予想から実験への繋がりを見ると、教師は少ない予想の中に求める答えがあれば、それを取り上げ、実験へ進んでいることがしばしば見られる。つまり、教師は子どもの予想をみて実験させるかどうかを判断して

\* 富山大学大学院人間発達科学研究科

\*\* 富山市立中央小学校

いるのである。これについて小林（2010）<sup>(3)</sup>も「教師が「なぜ?」「どうして?」と発問した瞬間、答えを知っている教師が答えを知らない生徒に答えを求めることになり、生徒は教師が望むような答えを類推していく授業になってしまう」と教師主導の演習的な授業の様子についての問題点を指摘している。筆者らも、この指摘に同調する。これで本当に子どもの主体的な問題解決と言えるのだろうか。また、実験を行っても、必ずしも問題を解決するための結果が導けない場合もあるのに、そういった状況子どもは体験しないことになってしまう。子どもが予想から実験に踏み切る「見通し」や判断を、子ども自身もつ必要があると考える。そのために、予想や仮説の部分において、子どもがどのように解決するのか、つまり、問題解決の構想についても考えをもつことが大切であると考え。

以上のことから、本研究では、問いをもった小学生の子どもが、解決の手がかりを自分で見つけ、その手がかりから解決できるような単元を構想し、実際に授業実践を通して、その妥当性を検証し、さらにその過程をモデル化することを研究の目的とする。

## II 研究の内容と方法

### 1 研究の内容

- (1) 構想した学習過程において、見いだした問題から解決の糸口を見つけるまでの、子どもの動きや思考過程を検討する。
- (2) 構想した学習過程に対して授業実践を通して検証し、子どもが問題解決の糸口を見つけてから、解決するまでの子どもの動きや思考過程を検討する。
- (3) 子どもが自身で見通しをもって問題解決できる学習過程をモデル化し、提案する。

### 2 研究の方法

- (1) 第6学年理科「てこのはたらき」において、安田・松本が、子どもが見通しをもって取り組める単元を構想する。
- (2) T市立T小学校において学級担任である宮原が授業実践を行い、安田・松本が参与観察し、その都度、子どもの様子から考察し、3人で単元展開に修正を加えながら、実践する。
- (3) 子どものノートや授業記録を基に分析し、子どもの育ちと、子どもが自ら見通しをもつための教師の支援について考察し、問題解決のプロセスを小学校理科の単元設計モデルとして提案する。

### 3 調査対象及び対象単元

#### (1) 実践期間

平成25年10月29日～11月22日（全10時間）

#### (2) 調査対象

T市立T小学校 6年2組 28名

#### (3) 対象単元

第6学年「てこのはたらき」

## III 実践の概要と考察

### 1 授業実践の流れ

単元「てこのはたらき」（全10時間）を2つの小単元に分けた（図1）。そして、小単元1「てこの原理」（全6時間）を研究対象とした。

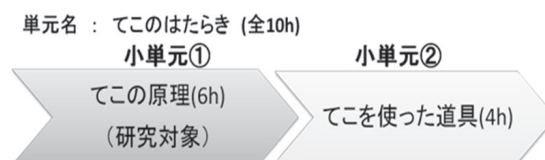


図1：小単元の位置づけ

#### 小単元1の流れ

- (1) 第一次 てこを試そう (3時間)
- (2) 第二次 てこのきまりを明らかにしよう (3時間)

### 2 授業における子どもの動きと考察

#### (1) 第一次 てこを試そう

##### ① 事象提示（課題設定）（0.5時間）

教師は始めに、15kgの砂利袋を手を使って持ち上げた時と、棒を使って持ち上げた時の様子を、表情豊かに表現しながら実際にやって見せた。その後、2人の子どもに体験させることで、手ごたえを比較させた。子どもたちは、2つの事象の比較からは、軽くなることについて大きな反応を示さなかったが、教師がてこを使うと指一本でも持ち上がることをやって見せると、その後、さらに「えー!」と驚きの声をあげた。ここで、教師は「てこのひみつを見つけよう」と課題を提示した。

#### 【考察】

2つの事象の比較に対して、「てこ」を知っている子どももいたためか、大きな反応は得られなかった。しかし、指一本でも持ち上がる様子を目の当たりにした子どもは、この現象に一気に惹きつけられた。これは、予想以上の「てこ」のはたらきに驚き、「てこ」に対する関心を高めたのではないかと考える。



写真1：事象提示の様子

② 自由に教材とかかわる時間 (1.5 時間)

事象提示後、教師は「支点」、「力点」、「作用点」など、必要な用語を説明し、「例えば、こうしたら軽くなる、こうしたら重くなる、〇〇したら〇〇になるということ」を自由に試してみましよう (以下略)。」と子どもに投げかけ、行動を促した。その後、児童は解決の糸口を見つけるために、自由に教材とかかわり、班ごとに実験をする時間を十分に設けた (約 60 分)。

この後、各班の動きについて、学級全体と、学級の中で実験数が一番多い 2 班の様子を基に分析していく。

【 i 学級全体の動き 】

自由に教材とかかわる時間を設定したにもかかわらず、最初の動きは、全ての班が同じであった。それは、教師と同じように実験装置を組み立て、手でおもりを持ち上げた時と棒を使って持ち上げた時の手ごたえの違いを実際に自分の手で確かめるという動きである。この動きはビデオには記録されていたが、子どものノートには記述されていなかった。

教師が見せた実験を繰り返した後の全 7 班の子どもの動きをノートを基にまとめ、その実験の様子を表 1-a に、凡例を表 1-b に示す。

表 1-a から、実験数では 3 から 21 までの幅がみられた。また、実験の中には「支点の位置を力点に近づける」、「支点の位置を作用点に近づける」、「力点を支点に近づける」、「作用点の位置を支点に近づける」の 4 つの他に、棒を繋げて長くする (2 班：実験 10 他)、「棒を束ねて太くする (2 班：実験 16 他)」、「作用点のおもりを増やす (5 班：実験 6・7 他)」、「両端におもりをつける (7 班：実験 4・5 他)」と、全 8 種類の多様な実験がみられた。

また、表 1-b の①～③は支点を移動させる動きであり、④～⑦は支点を中心に固定した動きである。④～⑦の動きをしたのは 1, 4 班のみであり、他の班は支点を動かす実験に終始していた。

【考察】

全ての班が教師が示した実験と同じことを最初に自分の手で確かめたことから、教師の示した事象をうのみにせず、自分で実感したことを重視している子どもの育ちがうかがえる。本実践で見られた子どもが全て同じ動きをしていたことから、子どもは「なぜだろう」という疑問はもったもののすぐに解決には向かわず、まずは自分の体で確かめることで、一層調べたいという意欲を高め、解決へ向かうとしようとするということが言える。

表 1-a において、班が行った実験の順番とその番号は、2 班を除く全ての班が規則性なくバラバラに番号が並んでいる。このことから、子どもたちは直感的に手当たり次第に実験を行っていることがわかる。また、②、③のように支点を動かす実験は、全 58 個の実験のうち 35 個あるのに対し、④～⑦のような支点を固定し力点や作用点を動かす実験は 5 個であった。このことから、子どもの思考において、支点から力点、作用点の長さを変化さ

表 1-a：自由に教材とかかわる時間における各班の動き

(文：子どものノートにある実験の説明、番号：子どものノートにある実験の図、を示す)。

班	1	2	3	4	5	6	7
実験1	支～作を 長くする	支を中心にする	支の台をイスの作用点の端にする	支を中心にする	支～支、支～力を同じにする	支～作を 長くする	支を中心にする
実験2	支～作を 実験1より短くする	支～力を 長くする	支の台をイスの中心にする	支を力に近づける	支～作を 10支～力を 20支にする	支～作を 短くする	支を力に近づける
実験3	支～作を 短くする	支～力を 長くする	支を力に近づける	支を力に近づける	支～作を 20支～力を 10支にする	2kg、1kg をつり合わせる	支を力に近づける
実験4	支～作を 両端に長くする	1kg→2kg 支を中心にする	支を中心にする	支を力に近づける	支～作を 10支～力を 60支にする		支を中心にし両方に 1kg を付ける
実験5	支～作を 両端に長くする	1kg→2kg 支～力を 短くする	支を力に近づける	支を力から実験より少し遠ざける	支～作を 50支～力を 10支にする		実験4から片側の支からの長さを長くする
実験6		1kg→2kg 支～力を 長くする	片側 2kg を支に近づけ、片側 1kg を支から遠ざける	支を力に近づける	6kg→16kg 支～作を 60支～力を 10支にする		
実験7		2kg→6kg 支を中心にする	片側 2kg を支から遠ざけ、片側 1kg を支に近づける	重りを 10kg にする	2kg→16kg 支～作を 14支～力を 34 にする		
実験8		2kg→6kg 支～力を 長くする	3kg と 1kg の重さの比較				
実験9		2kg→6kg 支～力を 長くする	2kg と 2kg の重さの比較				
実験10		棒の長さを倍にして支を中心にする	3kg と 6kg の重さの比較				
...							
実験21		棒の長さを 4倍にして支～力を 長くする					
実験数	5	2 1	1 0	7	7	3	5

※ 表中において、「支」は支点、「力」は力点、「作」は作用点として表現する。

表 1-b：表 1-a における実験の凡例

番号	図	説明	
①		支点を中心に置き、支点から力点の距離と支点から作用点の距離が同じ。	支点を移動する
②		支点を力点側に動かし、支点から力点の距離が短く、支点から作用点の距離が長い。	
③		支点を作用点側に動かし、支点から力点の距離が長く、支点から作用点の距離が短い。	
④		支点を中心に置き、作用点を支点から遠ざけ、支点から力点距離が短く、支点から作用点の距離が長い。	支点を固定する
⑤		支点を中心に置き、作用点を支点に近づけ、支点から力点距離が長く、支点から作用点の距離が短い。	
⑥		支点を中心に置き、力点を支点に近づけ、支点から力点距離が短く、支点から作用点の距離が長い。	
⑦		支点を中心に置き、力点を支点から遠ざけ、支点から力点距離が長く、支点から作用点の距離が短い。	

せる際の自然な流れは、極端に手ごたえが変化する支点を動かす動きであることがわかる。

教師は自由に教材とかかわる時間に対して、具体的な指示はしていない。それにもかかわらず、子どもたちは取り組む順番や実験の種類を自らが考え行った。これは、実験に対し意欲的に取り組んでいた結果と考えられる。



一般で行われる授業では、事象を見せた直後に、予想を立てさせるため、実験は予想を確かめる実験を行うのが普通だろう。しかし、予想を立てずに実験を行うことで多面的に事象と向き合い、様々な発見に繋がり、子どもの意欲的な活動になったと考える。

**[ ii 観察対象班とした2班の動き ]**

図2に2班の実験1から実験3までの動きを具体的に示す。最初、教師が見せた実験を確かめるように、手でおもりを持ち上げた時と棒を使って持ち上げた時の手ごたえの違いを確かめた後、実験1では支点を棒の中心の時、実験2では支点を力点側に近づけた時、実験3では支点を作用点側に近づけた時の3つで手ごたえの違いを比較した。

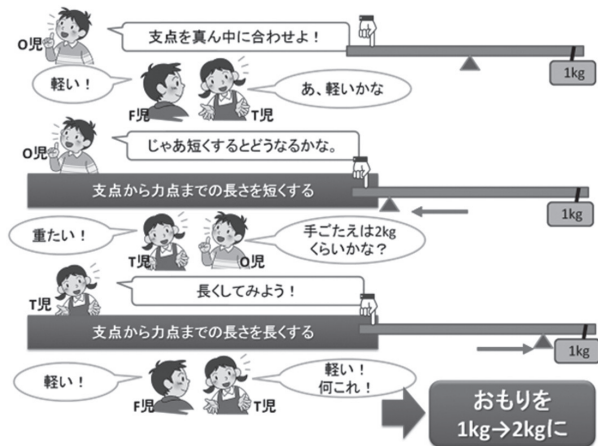


図2：実験1～3における2班の動き

このような視点で2班の60分間の動きを整理したものを図3に示す。図3より、2班は60分間という時間の中で合計21個の実験を行った。実験4～9ではおもりを変化させ、実験10～12では棒の長さを変化させ、実験13～15ではおもりと棒の長さの両方を変化させ、

実験16～18では棒の太さを変化させ、実験19～21では再び棒の長さを変化させ、それぞれで支点を中心、力点側、作用点側に動かし実験を繰り返している。

**【考察】**

図3における実験4以降の動きから、2班は実験1～3で行った、支点を中心、力点側、作用点側の3カ所に動かし、手ごたえを比べるという動きを、一つのパターンとして、「おもり」、「棒の長さ」、「棒の太さ」という複数の観点で実験を繰り返していることが読み取れる。また、実験13～15においては「おもり」と「棒の長さ」について複合させて考えていることなどの特徴が見られる。そして、実験の中には「棒の太さ」という教科書では扱われていない、相関性のない事実においても、取り扱い、相関性がないことを見つけている（反証）。

さらに、実験19～21で行った棒を4本繋げる実験は、棒の長さや太さなど色々なものを試し、「もっとおもしろい事実を見つきたい」という思いから、実験10～12を発展させて考えたものであると推察される。

2班は棒の長さに注目してから棒の太さに視点を換え、また棒の長さに戻っている。このことから、2班においても、子どもの思考が連続的に繋がりが深まっているわけではないことがわかる。この時間において、子どもたちは論理的に考えるというよりも直感的に行動していると考えられる。

以上のことから、本論では、予想や仮説を立てずに直観的に様々なことを試す時間のことを発散的観察・実験とする。

**「発散的観察・実験」の定義**  
 予想や仮説をもたず、解決の糸口を見つけるための観察や実験。

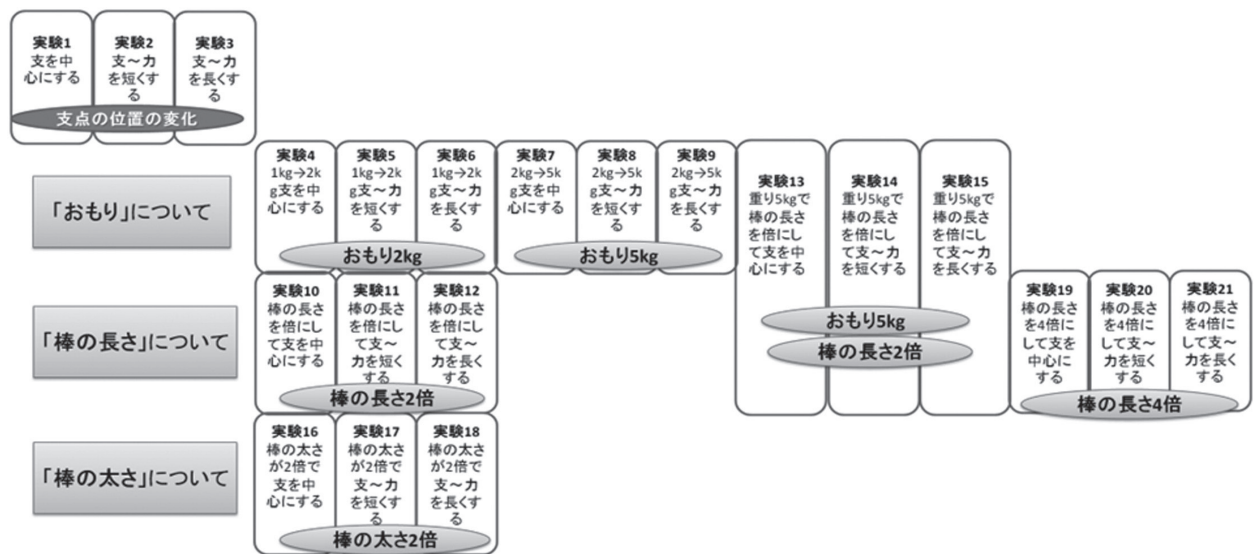


図3：自由に教材とかかわる時間における2班の動きの分類

表2：各班の主張したい事実

班	ホワイトボード	主張したいこと	考察
1		<p>支点の位置を作用点に近づけると力点にかけられる力が少なくてすむ。</p>	<p>表1より、自由に教材とかかわる時間では 支点を動かすことにより支点から作用点の距離と手ごたえとの関係性を見つけている。この考えを合わせると、自由に教材とかかわる時間で見つけた事実を全てを踏まえて主張したいことを書いており、支点から作用点の距離と手ごたえの関係性に価値を感じていると考えられる。</p>
2		<p>おもりの重さ、棒の長さ、太さを変えても支点から力点の長さが短いと重くなり、長いと軽くなる。</p>	<p>表1より、自由に教材とかかわる時間では 支点を動かすことにより支点から力点の距離と手ごたえとの関係性を見だし、そこから、おもりの重さ、棒の長さ、太さを変化させた時にも同じことが言えるかを調べてきている。これに対してここでは、自由に教材とかかわる時間で見つけた事実を全て踏まえて主張したいことを書いており、どのような条件でも支点から力点の距離と手ごたえとの関係性は 言えることを主張したと考えられる。</p>
3		<p>3kgと5kgを天秤のようにして 支点を変えると3kgの方が重くなっていたことから、てこは支点の位置を変えると加わる力が変わって重いものが軽くなって、軽いものが重くなることもある。</p>	<p>表1より自由に教材とかかわる時間で、支点を作用点側・中心・力点側にそれぞれ置いた時の手ごたえの変化を感じた後、手ごたえをおもりに置き換えおもり同士の位置関係を変化させながら「つり合い」に目を向け、実験を繰り返している。これに対してここでは、主張したいことでは主に実験10について述べ、「つり合い」について主張しているが、実験3～5での手ごたえの実験を定量的に実験したものとしても捉えることができる。</p>
4		<p>支点を作用点に近づけると基準よりも軽く感じる。</p>	<p>表1より、自由に教材とかかわる時間において 支点を作用点に近づけた時と支点を力点に近づけた時の手ごたえについて調べており、記録にも力点と作用点の両方の文言が記録されている。また、支点を中心に固定し、力点や作用点を動かす実験もしている。しかし、主張したいことは 支点を作用点に動かすことのみを述べている。これに対してここでは、実験3についてののみを述べており、事実についての価値を見いだしていると考えられる。</p>
5		<p>支点から15kgのおもりまでの長さを棒の1/4、支点から5kgのおもりまでの長さを棒の3/4のところにとくと15kgが上がり、5kgが下がった。このことから、3：1の割合に支点を置くと、軽い物が重い物を持ち上げることができる。</p>	<p>表1より、自由に教材とかかわる時間では始めから棒の長さを測り、定量的な実験を考え、距離と手ごたえの関係性に目を向けて実験している。その中で、15kgのおもりを使ったのはこの班だけであり、15kgの手ごたえの変化に感動し、手ごたえで感じたことを応用としておもりに置き換え、それを主張したいこととして選んだようである。このことから、他の班の知らない事実を発表したいという思いが主張したいことを選ぶ基準になっているのではないかと考える。</p>
6		<p>重さがちがうおもりを使っても、支点からの距離を考えるとつり合った。</p>	<p>表1より全7班の中で一番実験数が少なかった班である。主張したいこととして挙げた2kgと1kgのおもりのつり合う条件では、支点からの長さを測り、具体的に調べていたものである。このことから、自由に教材とかかわる時間の中で一番頑張った実験の結果をここにもってきていると考えられることができる。</p>
7		<p>支点の位置が変わると重くなったり軽くなったりする。</p>	<p>表1より、主張したいこととして挙げたものは実験4、5に関することである。自由に教材とかかわる時間では実験1～3で 支点を動かす、手ごたえの変化について実験した。このことから、見つけた事実全てを踏まえて「支点を動かす」ということによる変化に価値を感じていると考えられる。</p>



### ③ 実験結果の発表 (1.0時間)

#### [ i 話し合い前の子どもの実態 ]

発散的観察・実験を通して、一番主張したいことを班毎にホワイトボードにまとめさせた(表2)。ここではまず、発散的観察・実験からどのようなことに価値を感じているのか、その子どもの実態について考察する。

#### 【考察】

表2から、全ての班における子どもの主張したいことには、「こうしたらこうなる」という関係性に目を向けているものの、それらが一般化された法則とまでは至っていない。さらに、2, 3, 5, 6班は発散的観察・実験で行った実験の中でオリジナルなものを特に選んでいると捉えることができる。これらのことから、力点や作用点を変化させる動きそのものよりは、他の人が知らない新しい事実を見つけたことに喜びを感じ、伝えたいと考えている子どもたちであると捉えることができる。そのため、まずその喜びを受け入れる場が必要であると考えた。

さらに、表2で述べられている事実には支点から力点の距離の変化に伴う手ごたえの変化を述べた班(2, 3, 5, 6, 7班)と支点から作用点の距離の変化に伴う手ごたえの変化を述べた班(1, 3, 4, 5, 6, 7班)があり、「てこ」を読み解く上で最低限必要となる「支点から作用点の距離」と「支点から力点の距離」の視点が示されている。発散的観察・実験の中で片方の視点でしか考えていない班(1, 2, 4班)には、他の班の発表を聞くことでもう一つの視点に気付き、解決できるという見通しを子どもから見いだすことができるのではないかと考えた。

#### 【話し合いの構想①】

集団学習において、「てこのひみつ」に対する考えを述べさせるのではなく、実験の結果(事実)を全ての班で発表させることにした。このことによって、「ひみつ」を解き明かす上で最低限必要な事実も共有でき、解決への糸口を子どもなりにもつことができる。

また、1, 4班は実際の活動で、支点を棒の中心にし、作用点や力点だけをそれぞれ動かす動きをしていたにもかかわらず(表1-a)、主張したいことには、支点を動かした時の手ごたえの変化について示している(表2)。これは事象提示において「どうして軽くなったのか」という疑問をもち、子どもたちは軽くなることについて調べてきているからこそ、支点を動かすという、極端に手ごたえが変化する事実をここで示したと考えられる。しかし、きまりを見つける上で支点を動かすことは、支点から力点、作用点の距離の要因の他に、棒の重さという要因も重なるため、定量的な実験を阻害し、このままでは子どもたちは自力で解決できない可能性が高いと考えた。

#### 【話し合いの構想②】

子どもから支点の位置についての指摘がなかった場合、教師はおもりのない状態の棒と支点を用意し、棒の重さだけの要因で棒が傾くことを見せ、支点を棒の重心に置くことで棒の重さを捨象できることを指導する。

#### [ ii 授業の実際 ]

集団学習において、2, 3, 4, 5, 1, 6, 7班の順で全体に向けて、実演を用いながら発表した。子どもたちは、自分で考えて試した実験やそこで見つけた事実を全体に向けて楽しそうに発表した。聞き手の子どもも他の班の発表に対し、真剣に耳を傾けていた(写真2)。



写真2：発表の様子

各班が主張したことの内容は、発散的観察・実験の中で、各班様々な実験をしていたにもかかわらず、どの班も力点や作用点を両端に固定し、支点のみを動かして実験するという共通点が見られた(図4)。

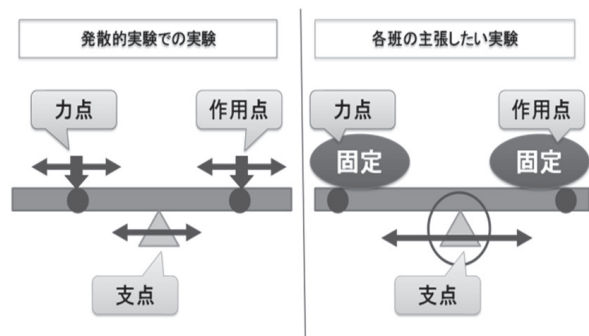


図4：発表における各班の共通点

また、実験方法については、教師と同じように「おもり」と「手ごたえ」として見ている班と、「手ごたえ」を「おもり」に置き換え「つり合い」として見ている班の2種類に分けることができた(表3)。

表3：実験方法の分類

実験方法	班
「手ごたえ」として重さを捉える	1,2,3,4,5
「つり合い」として重さを捉える	6,7

さらに、手ごたえの原因についての着眼点をみると、支点から力点の長さに関連しているとみている班、支点から作用点の長さに関連しているとみている班、その両方に関連しているとみている班が見られた(表4)。教師は、これらの着眼点に注目し、黒板に分類しながら各班を位置付けていった。

表4：手ごたえの原因の着眼点の分類

着眼点	班
支点～力点の距離に関連	2
支点～作用点の距離に関連	1,4
支点～力点と作用点の両方に関連	3,5,6,7

この発表において、子どもから支点の位置についての指摘は出てこなかった。そこで教師は、おもりを両端に付けない状態のものを提示し、補助発問を行った(図5)。

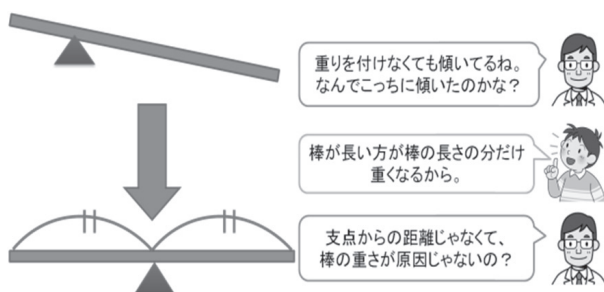


図5：条件を整理するための支援

これにより、棒がつり合うところに置くことで、棒の重さを無視できることを示唆させ、支点の位置を棒の重心に置くことを指導した。

### 【考察】

聞く側の子どもたちは、他の班の発表に対して、頷きながら聞いていた。このことから、子どもたちは他の班の発表に対し、共感的に聞いていたと考える。これは、事象提示・課題提示を行う前は、「てこ」に対しての知識や経験の乏しかった子どもも、発散的観察・実験で多くの実験を行い、似た経験を積んだことで、自分が実際に行っていない実験の紹介であっても共感的に理解できる状態になっていたと考えることができる。また、この時、教師が様々な事実について、「そこからどう考えたの(予想したの)?」と根拠を究明せずに、共感的に受け入れたことで、発表した班の子どもは教師や仲間に「自分が見つけた」という実感を得ることができ、自信や、次の活動への意欲へ繋げることができたと考えられる。

また、6,7班は「つり合い」として、「てこ」の実験を行っている(表3)。しかし表1-aから、「つり合い」を確かめる前に、支点を動かして「手ごたえ」を確かめていることも明らかになっている。これらのことから、両班は教師が示した「手ごたえ」を「おもり」に置きかえ、体感だけでなく定量的な捉え方で実験を行おうとしている

と言える。

さて、この場面では、話し合いの構想①を手がかりに、全ての班に発表させることで、発表場面において「てこ」の規則性について最低限必要な事実を全体が共有できた。そして、全ての班の着眼点を黒板に位置付けたことによって、子どもは自分の班と他の班との考え方の違いを視覚的に認識することに繋がり、それぞれの原因の捉え方の違いから、手ごたえの違いは何に原因があるのか明らかにしたいという意欲の高まりにも繋がった。

また、話し合いの構想②より、支点の位置における教師の補助発問により、棒の重さだけでも傾くことを知り、子どもの自由な実験では気づけない事実や誤概念を訂正し、解決のために実験を収束的に方向づけることに繋がった。

## (2) 第二次 てこのきまりを明らかにしよう

### ① 問題を解決するための実験(2時間)

#### i 実験計画

発散的観察・実験での経験を振り返りながら、班毎に写真3のような実験計画を立てた。

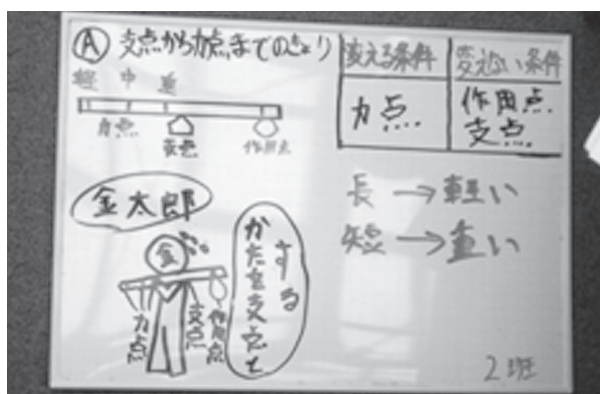


写真3：各班の実験計画(2班の例)

#### [ ii 実験の動き ]

子どもたちは実験計画を基に「てこ」の原因を明らかにするための実験を行った。ここでの実験は予想を立て解決に向かった実験であるため、条件制御がなされ内容も絞られているものが多い。以下、本論では、予想を立てた後の解決に向かうための実験を「収束的観察・実験」とする。

#### 「収束的観察・実験」の定義

予想や仮説をもって、それを検証するための観察や実験。

収束的観察・実験では、全ての班に共通している事項として、支点を棒がつり合うところに置いていることが挙げられる。次に、それぞれの班の動きを見てみると、力点を動かすこと、作用点を動かすことの2つの動きが見られた。これを踏まえ、実験結果の発表時の内容を予



想とし、収束的観察・実験の流れとその考察を表にまとめると表5になる。

表5から、1, 2, 3班は1つの実験を、4, 5, 6, 7班は2つの実験をして考察をまとめていることがわかる。また、予想から考察が変化した班は1, 3, 4班であり、2, 5, 6, 7班は予想と考察の視点が同じであることもわかる。

以下、力点と作用点をそれぞれ動かし、発表時の考えから、考えが変化した4班の動きを例に挙げ詳しく説明する。4班は、予想で支点から作用点に関係していると考えたが、収束的観察・実験ではまず力点を動かし、次に作用点を動かしした。このことから4班の予想は作用点についてのみの視点であったが、実験結果の発表を受け、力点と作用点の両方に関係していると考察した。

表5：収束的観察・実験の動きと実験の視点

	収束的観察・実験の動き		実験の視点		
	力点を動かす	作用点を動かす	力点～支点到関係	作用点～支点到関係	両方に関係
1	①		考	予	
2	①		予 考		
3		①		考	予
4	①	②		予	考
5	①	②			予 考
6	①	②			予 考
7	②	①			予 考

※ 表中において、①、②は実験の順番、「予」は予想、「考」は考察として表現する。

### 【考察】

収束的観察・実験において、全ての班がまず棒の重心を測り、そこに支点を置いた。また、力点と作用点の両方を同時に動かす実験が見られないことから、教師の支援や5年生で既習した条件制御の考え方を生かしていると言える。

表5において、全7班中4班(4, 5, 6, 7班)は力点と作用点の位置を両方確かめ、どちらにも関係があると考察している。このことから、これらの班は自力で解決できたことと捉えることができる。しかし、残りの3班(1, 2, 3班)はそれぞれ実験に対して考察は行っているものの、両方を確かめるといふ動きにまでは至らなかった。この原因として、時間が足りないことが考えられたため、実験計画に目を向けると、3班とも全て実験計画にすら、二つ目の実験は書かれていなかった(例：写真3)。つまり、この3つの班は、発表の場面から2つの実験をしなければならないという解決の構想が立てられていない。以上のことから、実験結果の発表から解決の構想までに、

他の班の考えを受けて、自分の班の考えを見直す時間や、それを促す教師の言葉かけが必要であったと考える。

### 【話し合いの構想③】

支点から力点までの距離を変化させた時と、支点から作用点までの距離を変化させた時の両方の手ごたえを確かめていない班がいるため、発表の際に実験を伴わせることで補完する必要がある。また、定量的な視点においては、実験用てこを用いることで棒での実験を重ねながら「てこ」の規則性を見つけていくことに繋がる。

### ② 実験をふまえた考察の発表・結論(1時間)

集団学習において、収束的観察・実験から考えた考察で発表し、支点から力点の距離に関係があると考えている班として1, 2班、支点から作用点の距離があると考えている班として3班、支点から力点、作用点の両方に関係があると考えている班として6班の子どもが事実からの自分の考えを述べた(写真4, 表6)。そして、話し合いのもと結論を導き出した。その後、この「てこ」をより定量的にみるために、実験用てこを用いて規則性を明らかにした。

### 【考察】

表6のC1において「僕の班では、支点から力点までの距離でやって、どんな風に変化するか話し合った時に、」という発言から、収束的観察・実験では班の中で実験方法や予想について仲間同士で話し合うことから活動を始めていることがわかる。次に「まず、支点を棒の真ん中にして、その後、端の方で押して、次に力点の位置だけを支点の方に近づけると、どんどん重くなっていったので」という発言から、自分たちでどのような順序で何から始めるのか班で話し合った時に、支点を棒の中心に固定し、力点を動かすということから始めたということがわかる。支点を棒の中心に固定したことは、支点の位置についての教師の指摘を聞き入れていることを見取ることができる。また、1班は実験結果の発表場面において、支点から作用点までの距離に注目した事実を述べた班である(表5)。このことを考え合わせると、1班は他の班の実験を受け、他の視点に目を向けるようになってきていることが読み取れる。

これらのことは、実験結果の発表において、それぞれの班の着眼点を黒板に位置付け、他の班との考え方の違いに注目させたことや、棒の重さを捨象するための補助発問を行ったことの効果であると考えることができる。

また、始めにCは実験の結果を述べた(C1)。ここで、Tが軽くなることについての考えを求めると(T5)、軽くなることについても付け加えた(C5)。このことから、Cは実験の結果を、てこのきまりとして捉えていることがわかる。このように、実験を繰り返したことで、事象を事実としてだけでなく、きまりや法則としても捉える

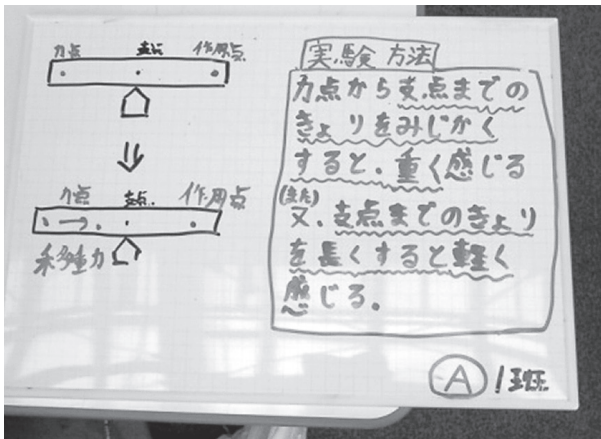


写真4：発表に用いたホワイトボード（1班の例）

表6：実験をふまえた考察の発表の一部

<p>T1：皆さんのそれぞれの考えを出し合って、結論を出したいと思います。それではまず、支点から力点までの距離にひみつがあると考えて実験した人いますか。</p> <p>ではC君。どんな実験をして、どんな結論になった？</p> <p>C1：僕の班では、支点から力点までの距離でやって、どんな風に変化するかを話し合った時に、まず、支点を棒の真ん中にして、その後、端の方に5キロのおもりをつけて、端の方で押して、次に力点の位置だけを支点の方に近づけると、どんどん重くなっていったので、</p> <p>T2：重くなったの？</p> <p>C2：あ、「重く感じる」だった</p> <p>T3：何が？</p> <p>C3：手ごたえ。 手ごたえが重く感じたので、だから、支点から力点の距離を短くすると、手ごたえが重くなるということが分かりました。</p> <p>T4：逆のことはいいが？</p> <p>C4：逆のこと？</p> <p>T5：どんな時に手ごたえが軽くなるか</p> <p>C5：逆にいえば、長くする時に手ごたえが軽くなるということも言えます。</p>	<p>Tは教師、Cは発言した1班の児童、番号は発言番号を表す。</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

ことができるようになってきている。

そして、この後に「支点から力点までの距離に関連」していると思う班だけでなく、「支点から作用点までの距離に関連」、「支点から力点、作用点の両方に関連」していると思う班をそれぞれ発表させることで、全ての班の考えを認め、どの事実も確かであり、支点から力点と作用点の両方の距離がてこのきまりに関連しているとまとめることに繋がった。

さらに、実験用てこでの実験では、子どもたちがすん

なりと理解していったことから、棒による実験で体感的に感じた手ごたえを通しての学びが効果的に活かされていったと考えることができる。

## IV 討論

### 1 見いだした問題から解決へ進むまでの子どもの動き（発散的観察・実験）

#### (1) 発散的観察・実験による問題解決の糸口の発見

事象提示・課題提示において、教師から具体的な指示をしていないにもかかわらず、発散的観察・実験では、子ども自らの直感や発想を生かした実験が多く見られ、また、それぞれの意思判断による取り組み方していたことから、子どもたちは主体的・意欲的に活動していたことが言える。このことについて、前城ら（1983）<sup>(4)</sup>は同じ「てこのはたらき」の単元を自由試行において実践し、自由試行が子どもの意欲を喚起し、豊かな発想を生み出すのに効果的な方法であることを述べている。今回のこの過程は前城の自由試行と類似し、発散的観察・実験を設けることで、子どもの意欲を引き出し、主体的な追究活動へ移ることができることがここでも裏付けられた。そのため、教師は子どもが自由に試すことができるだけの時間の確保が必要であると考えられる。

また、子どもに自由に実験させると、実験は発散的に広がることがわかった。しかし、ここで見られた全ての実験において的外れの実験は見られなかった。このことについて、事象の提示の仕方原因があると考えられる。つまり、子どもは指一本でおもりが持ち上がることに、驚きの表情を浮かべ、発散的観察・実験で、まずその事実を自分の手で確かめた。これにより、教師の示した課題が、子どもの疑問と一致し、その後の動きが教師のねらいに沿ったものになったのだと推察できる。このことから、発散的観察・実験において子どもに「おや？」と疑問をもたせることが問題意識を焦点化し、課題に沿った実験に繋がると考える。決められたカリキュラムの中で発散的観察・実験を行うために、子どもが調べたいくなる事象提示を考えることが大切である。

#### (2) 多面的に考えることの必要性

発散的観察・実験において子どもたちは「おもり」「棒の長さ」「棒の太さ」と様々な観点で実験し、多面的な視点から「てこ」について考えていった。

教科書には本実践で見られた支点を極端な位置に置いたり、棒を繋げたりするような多様な実験は書かれていない（例えば、東京書籍 2010）<sup>(5)</sup>。支点を中心に置き、力点と作用点を動かすのみである。これは教科書には必要最低限の実験しか書かれていないからであると考えられる。しかし、子どもの思考に始めに浮かぶものはそのどちらでもなく、支点を動かすことであることも今回の実践から明らかになった。

また、今回の実践で子どもたちは、考えが正しいということを確認する実験（確証）だけでなく、棒の太さを変えてもきまりは変化しないことを確かめるといった、変化しないということを確認する実験（反証）を行っていたことを確認した。このこともまた教科書で取り扱う実験においても極めて少ない。

しかし、子どもが事象についてのイメージをもち、自分なりの理論を確立するとき、私たちが切り捨てるような事実も、子どもにとっては必要な問題解決のプロセスなのであることが子どもの動きから確かめられた。また、教師が指示した実験を、ただ受け入れ、実行するのではなく、無駄な実験、間違った実験においても、まずは自分で考える習慣を身に付けさせることが、自力で解決しようとする子どもが育つと考える。そのためには、考えを制限せず、自由に実験させる場の提供が必要であることも明らかになった。

## 2 問題解決への糸口を見つけてからの子どもの動き（実験結果の発表、収束的観察・実験）

### (1) 観察・実験結果の発表の効果

実験結果の発表において、子どもたちは発散的観察・実験を通して見つけた結果（事実）を発表した。ここでの発表の仕方の特徴は、考えには触れず、伝えたい事実を中心に発表するというところである。一般的な授業では実験の後は考察を述べ、教師が結論をまとめる。また、自由試行や自由な試行活動においても、試行活動の後に意見を発表するときは、事実と合わせて自分の考えも同時に述べさせている。では、事実のみを発表させることでどのような効果があったのだろうか。ここでは、子どもの視点と教師の視点から考えていく。

子どもは、教師の「見つけたことを発表しましょう」の問いかけに対し、どの班も予想を述べなかった。このことから、子どもは実験において論理立てて考えるというよりも、事実を見つけたことの喜びを表現することに意識があったと考えることができる。今回事実を発表し、教師が共感的に受け入れることで、子どもにとって、自身で見つけた事実に喜んでいる自分を丸ごと仲間や先生に受け入れてもらえる場となり、子どもの達成感や自信につながったと考える。

次に、教師はこの時間に解決に必要な最低限の事実を出させた。これにより、発散的観察・実験において自分で実験が思いつかず、実験数の少ない班にも必要な事実を与えることで、自発的な解決への見通しへ導くことができた。実際、発散的観察・実験において6班は3つの実験しか行っていない。

一般的には、教師は課題を提示した後すぐに予想を立てさせる場合が多い。今の子どもたちは自然に触れる機会が少なく、生活経験が乏しいと言われている。その中で、乏しい生活経験では解決の糸口すらもてない子どもに対する支援は必要なのである。

また、この事実の発表により、発表の事実全てが支点を動かすことのみであったため、教師は支点を棒の重心に置くよう指導した。このことから、子どもだけでは気付かないであろう視点や誤概念を訂正する場にもなることが明らかになった。

### (2) 収束的観察・実験における実験の修正と構想

全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究 2012）<sup>(6)</sup>において小学校理科の指導改善のポイントとして「観察・実験の結果を基に自分の考えを見直し改善する指導の充実」「新たな場面において、条件を制御しながら実験を構想する指導の充実」と掲げられた。今回、構想としては「発散的観察・実験」と「収束的観察・実験」という括りで場面を設定したが、子どもにとっては「てこのひみつをみつける」という一貫した問題意識なのである。その中で、2種類の実験を行うことで、発散的観察・実験の中で見いだした自分の実験を見直し、修正し、新たに構想を考える機会となった。

一般的な授業では予想から教師がどのような実験をどのような順番で行うか構想し、子どもはその構想に沿って問題を解決する。中には、実験方法を考えさせるものもあるが、そのほとんどは教師が構想した実験の一つを委ねているだけで、子どもが複数の実験を考え構想する授業はほとんどない。しかし、全国学力・学習調査では「知識」と「活用」、PISAでは「生きるための知識と技能」として特に実生活で活用したり応用したりできる能力を育てることが求められている。知識をただ受け入れるのではなく、自ら考え、自分の意思・判断によって、責任ある行動ができる子どもを育てることが「生きる力」につながっていく。

## 3 実践のモデル化

前に述べた2つの過程から、学習過程と教師の支援の在り方をモデル化すると図6になる。

本研究では、予想を立てる前の段階でその教材について自由に試す場（発散的観察・実験）を提供し、学級全体が多くを経験を積む段階を設けた。この取り組みに対して近い研究として「自由試行」がある。

自由試行とは、英語の Messing About の訳語であり、コロラド大学の理科教育の教授であるホーキンス（David Hawkins）によって初めて理科教育の世界に導入された（1965）<sup>(7)</sup>。そして、栗田（1983）<sup>(8)</sup>は自由試行を観点や目的をあらかじめ指示しないで、実験器具や材料等の具体物を用いて児童生徒に自由に行わせる観察や実験であると定義し、その後自由試行による様々な実践がなされてきた（森本他 1983<sup>(9)</sup>、杉本他 1998<sup>(10)</sup>など）。

しかし、欧米のような教育制度では、内容の枠組みが大まかで形式陶冶に重点がおかれているため実施しやすいが、日本のように形式陶冶と実質陶冶を常に考えなくてはならない場合、各学年で扱う内容の範囲を逸脱して



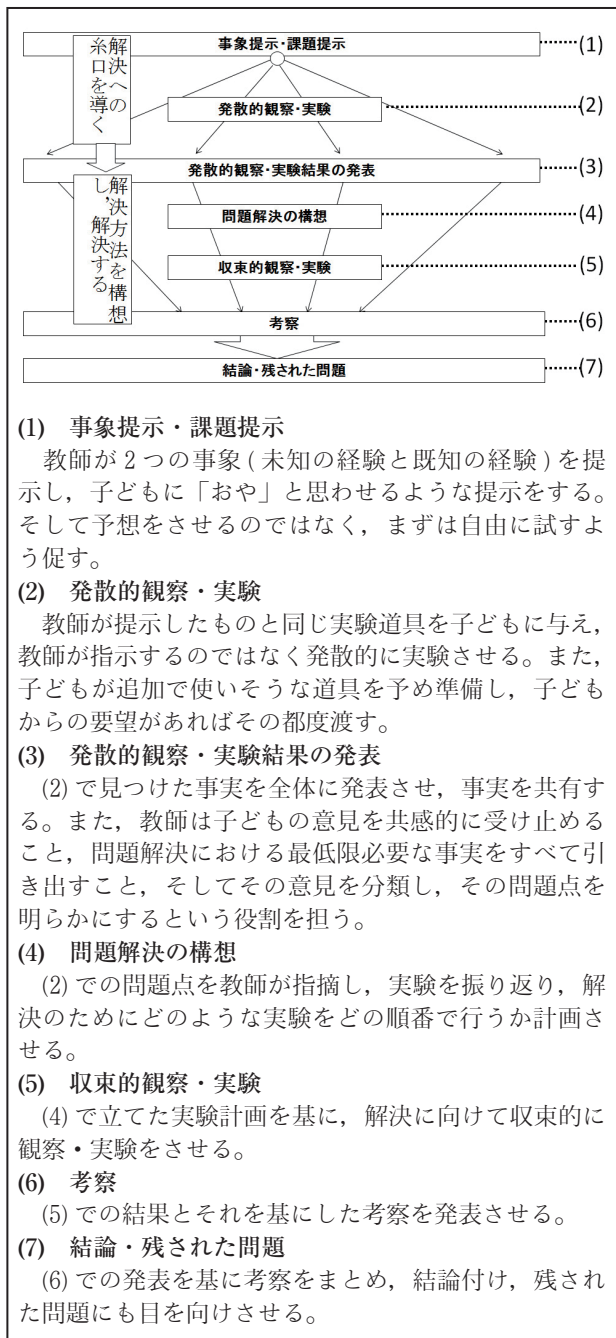


図6：子どもの見通しを重視した小学校理科の単元設計モデル

まで扱うことはできないし、教科の枠を外して総合的に扱うことも現状として困難である。そこで丸本(1983)<sup>(11)</sup>は教師が場の設定に工夫を凝らし、必要な刺激を加えるだけで、他は一切指示や発言をしないようにする「自由な試行活動」を日本の小学校理科教育において提唱した。これによって子どもはこの刺激にあって「おや」と注意を持続し、やがて「おかしいぞ」「どうして」と疑問を抱くようになり、この矛盾を解明しようとして主体的な行動を起こすようになることを述べている。

この自由な試行活動と自由試行との大きな違いは、導入の際に2つの事象(未知の経験と既知の経験)を選ん

で同時に提示するということにある。これにより、子どもは両者の外面的・内面的な相違に目を向け、その相互関係から矛盾の意識を引き出し、問題が焦点化し目的に沿った試行活動が可能になる。つまり、自由な試行活動には「おや」「どうして」という目的があるということである。これは様々な単元で行い、一般的な学習過程として考える上で重要と捉えた。

一方で、自由試行においても、丸本の自由な試行活動においても、子どもに自由に実験させたことを、子どもの実態把握と今後の授業の展開の資料として扱うばかりである(前城・池田1983<sup>(4)</sup>、丸本1983<sup>(11)</sup>)。子どもがせっかく自由な実験を通して疑問に思ったことを、教師がノートなどから読み取り、授業の構想をするというところは、教師が解決の構想をし、子どもが教師の流れに沿って進んでいくという問題点がある。

このことから、本論で提案した子どもが解決の構想をするために実験結果を発表し、実験計画を立てていく過程(図6の(3)(4)(5))には価値があると考えられる。

このように、子どもの見通しを重視した学習過程を小学校理科の単元設計モデルとして提案することで、様々な単元での転移が可能となり、子どもは類似学習を繰り返す行うことで、日常生活で問題や疑問に直面したときに、答えに辿り着く道筋を自力で考えることができる子どもが育つと考える。

#### 4 子どもが見通しをもつことの意義

全国学力・学習状況調査(国立教育政策研究所2013)<sup>(12)</sup>において、「見通し」についての項目が加わった。しかしその内容をみると、「授業の冒頭で目標を示す活動」の有無を問題としている。つまり、ここでの「見通し」は教師が子どもに見通しを示すことにあり、子ども自身から生まれた「見通し」ではない。また、クロス集計の結果から、学校が上記の活動を行っていると考えていても、そのように受け取っていない児童生徒が一定割合存在していることを報告している。このことから、子ども自身で「見通し」をもつ必要があると考える。

また、筒井(1999)<sup>(13)</sup>は、教師が観察や実験方法をはじめから一つに決めてしまう授業が多く、観察や実験に対する見通しが立たなくても、観察や実験ができてしまうことを問題視しており、生徒が教科書を見ただけでは観察や実験の方法が決まらないような授業を工夫する必要があると指摘している。つまり、教師は子どもの予想からどんな実験をどういう順番で解決するかという問題解決の構想という見通しを立て、教師の構想にのって解決している。それに加え、平成24年度全国学力・学習状況調査の結果、中学校の理科において、「基礎的・基本的な知識や技能を活用して、仮説を検証するための観察・実験を計画すること」に課題があることが示された(国立教育政策研究所2012)<sup>(6)</sup>。このように、中学校において生徒は仮説を検証するために問題解決の

流れを見通す力を不得手とする傾向にある。これを改善するためには、小学校段階において、子ども自身が「見通し」をもつということが必要なのではないだろうか。

今回子どもたちは、発散的観察・実験の中で、それぞれ意欲的に「てこ」について様々な実験を行った。そこには「こうかもしれない」と予想までは達していない、思いつきに近い実験も多く見られた。しかし各々が考えたことを一つ一つ試す、一見、論理性が乏しい観察・実験の繰り返し、問題解決に近づく「見通し」の糸口を子ども自身で見つけることに繋がる。それに加え、実験結果の発表が、事実を自分で見つけたという思いを受け入れる場と、解決するために最低限必要な情報を共有する場の2つの役割を果たしたことで、主体的に実験計画を立て、自らで解決の構想ができる子どもの育ちに繋がっていく。

## V まとめ

### 1 結論

第6学年理科の授業実践から、小学校6年生の子どもが自然から見いだした問題を解決していく過程について以下のことが明らかになった。

- (1) 最初に発散的観察・実験を行う場を設定することで、子どもは様々な視点で主体的・意欲的に実験に取り組み、解決の糸口を見つけ出す。
- (2) 発散的観察・実験の後、実験結果を発表する場を設定することで、見つけたことを互いに認め合うことができるとともに、解決に必要な情報を補うことになる。この過程を踏むことで、子どもは問題解決の構想を打ち立てることが可能となる。また、教師は子どもだけでは気付かない視点を補強したり、誤概念を訂正したりすることも可能となる。  
この後班での話し合いを経て行う収束的観察・実験は、どのような実験をどのような順序で行うのかについても子ども自らの判断で行うことができ、解決への構想を立てることができる。
- (3) (1)(2)で述べた①発散的観察・実験、②実験結果の発表、③収束的観察・実験の過程を踏むことが、見いだした問題に対して子どもが見通しをもつことであり、主体的な問題解決となる。
- (4) 問題解決を単元を通して一貫した問題として捉え、問題解決の構想を自分で立てることができる子どもを育てることが主体的な問題解決に繋がる。つまり、「見通し」を、問題に対する「仮説・予想」としてだけで捉えるのではなく、「解決への構想」まで含め、小学校理科の単元設計モデルを考えることが、主体的な問題解決ができる子どもを育てる上で欠かせない。

### 2 残された問題

収束的観察・実験では全ての班が自力で解決すること

ができなかった。そのため、実験結果の発表場面において、教師の支援をより吟味する必要があると考える。

また、今回は授業実践を手掛かりに帰納的にモデル化を試みたが、モデルの可能性を他の単元において演繹的に用いて、一般化を図る必要がある。

## VI 謝辞

本実践に協力頂いた富山市立中央小学校前校長城野実井子先生はじめ、職員、児童の皆様に深く感謝します。

## 引用文献

- (1) 文部科学省(2010)「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書株式会社, 7
- (2) 日本初等理科教育研究会(2006)「初等理科教育」農山漁村文化協会, 17
- (3) 小林 俊行(2010)「学ぶ必然性を感じられる授業」『理科の教育』東洋館出版社, 22
- (4) 前城 盛善, 池田 博暁(1983)「小学校「てこのはたらき」の指導」『理科の教育』東洋館出版社, 32-35
- (5) 毛利 衛・黒田玲子ほか 20名(2010)「新しい理科6」東京書籍, 112-129
- (6) 国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査 調査結果のポイント」[https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/02point/24\\_chousakekka\\_point.pdf](https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/02point/24_chousakekka_point.pdf) 2015年8月28日アクセス
- (7) David Hawkins(1965): "Messing About in Science", Science and Children, 5-9
- (8) 栗田 一良(1983)「理科学習における自由試行の意義と問題点」『理科の教育』東洋館出版社, 9
- (9) 森本 信也, 松森 靖夫, 堀田 尚美(1983)「低学年理科学習評価に関する考察－「自由試行」に基づく学習活動を中心に－」横浜国立大学教育紀要 24, 175-197
- (10) 杉本良一, 山下 雅文(1998)「現代理科教育学からとらえた自由試行と中学校理科における実践」鳥取大学教育学部教育実践研究指導センター研究年報 7, 1-6
- (11) 丸本 喜一(1983)「自由な試行活動による発想を育てる理科の授業 第6学年」初教出版株式会社, 7-31
- (12) 国立教育政策研究所(2013)「平成25年度全国学力・学習状況調査 クロス集計結果－指導と学力の関係等の分析－」[https://www.nier.go.jp/13chousakekkahoukoku/data/research-report/crosstab\\_report\\_summary.pdf](https://www.nier.go.jp/13chousakekkahoukoku/data/research-report/crosstab_report_summary.pdf) 2015年8月28日アクセス
- (13) 筒井 昌博(1999)「ジグソー学習を取り入れた理科授業－第1分野－」『理科の教育』東洋館出版, 34-36

(2015年8月31日受付)

(2015年10月13日受理)