

# 自然を探究する学びの様相

— 附属中学校第3学年理科「全体の重さ」の実践から —

吉見 優子<sup>\*1</sup>・松本 謙一・玉生 貴大<sup>\*2</sup>

One consideration of the tuition which introduced the process  
children investigates without help

- From practice of attached junior high school 3rd grade science  
"the weight of the whole" -

Yuko YOSHIMI, Ken-ichi MATSUMOTO, Takahiro TAMOU

## 摘要

現在、「生きる力」の育成が求められており、そのために習得・活用に重きを置いた教科学習が行われている。このことについて、理科学習において習得・活用ばかりを重視しては、自然を探究する力は育たないのではないかと疑問をもった。理科学習で大切なのは未知の問題に挑み、自然を探究することではないだろうか。そこで、単元展開において、子どもが問いをもった後に班で自由に実験や話し合いを行い、課題を解決する時間を設け、授業実践を通して子どもの探究の有り様を明らかにし、それをもとに現行の理科学習の在り方について考察した。

授業実践の分析から、探究には「発散的な過程」と「収束的な過程」があり、「発散的な過程」で解決とは直接関係しない実験を行ったり、「収束的な過程」で立てた仮説が間違っていると分かり、実験を考え直したりと、子どもなりの探究をしていることが明らかになった。これは複雑な自然を扱う理科特有のものであり、現行の理科学習においてもこのように手探りで実験する過程こそが、自然を探究できる子どもを育てるために大切であると考えられる。

キーワード：探究，理科学習，自然  
keywords：research, science, nature

## I. 研究の目的

中央教育審議会の答申(2007)<sup>(1)</sup>には、『「自ら学び自ら考える力の育成」といった「生きる力」の理念は、基礎的・基本的な知識・技能の習得を重視した上で、思考力・判断力・表現力等をはぐくむことを目標としている。』とあり、各教科では「生きる力」を育むに当たって習得し活用することに重きを置いた学習が展開されている(森山 2011)<sup>(2)</sup>。これに対して中妻(2013)<sup>(3)</sup>は、『教育関係法規の改定や学習指導要領によって、「習得—活用」の授業が実践されているが、活動的な学習方法の型が先行して、社会科の学習目標がおろそかになっている傾向もある。』と、社会科での習得・活用に重視した学習の問題点を指摘している。この指摘は理科学習においても言えるのではないだろうか。複雑な自然を扱う『理科は、自然を愛する心情を育て、自然

を科学的に学び、科学的な見方や考え方を養う教科なので、自然の事物・現象を対象とした問題解決学習がその中心』<sup>(4)</sup>である。

そこで、中学3年の理科における探究の可能性と、現行の学習指導の問題点を指摘することを本研究の目的とする。

## II. 研究の内容と方法

### 1. 研究の内容

#### (1) 子どもの学びの様相の分析と考察

見いだした問題に対して、子どもがどう解決していくかを子ども自身に委ね、子どもが自由に活動して自分なりの結論を出していく時間を十分に設け、その中で行った実験や発言を手がかりに、子どもの探究の有り様を明らかにする。

\*1 富山大学人間発達科学部2015年3月卒業

\*2 富山大学人間発達科学部附属中学校

## (2) 現行の理科学習の在り方への提言

研究の内容(1)を基に、現行の理科学習の在り方について改善点を指摘し、提言する。

### 2. 研究の方法

- (1) 単元の構想を吉見・松本・玉生が考える。
- (2) 富山大学人間発達科学部附属中学校で玉生が実践する第3学年理科「全体の重さ」を吉見・松本が参与観察する。
- (3) 子どものノートや授業記録から子どもの探究の有り様を吉見・松本が考察し、その結果から現在の理科学習の在り方について吉見・松本が検討する。

## III. 実践の概要

### 1. 中学校での授業実践

実践日：平成26年5月28日～6月17日  
(全9時間)

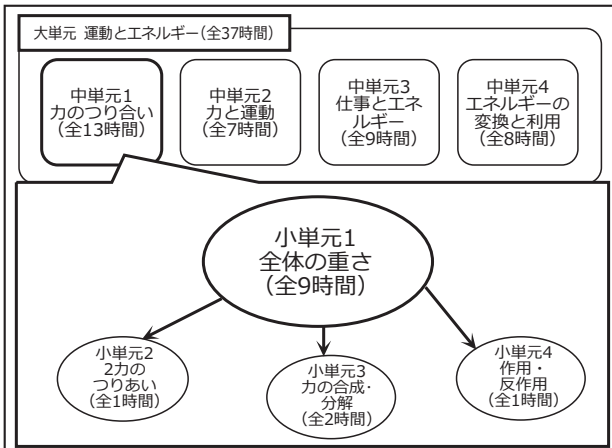
対象：富山大学人間発達科学部附属中学校  
3年3組(40名)

授業者：理科教員(玉生貴大教諭)

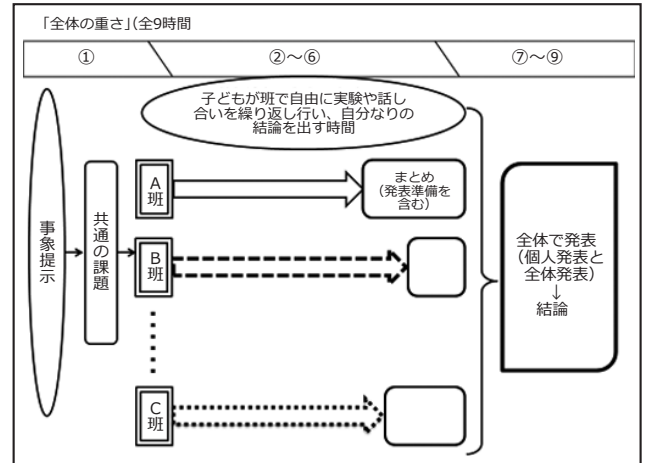
単元名：全体の重さ

### 2. 大単元の構造と小単元の位置づけ(図1)

実践研究の対象として扱ったのは大単元「運動とエネルギー」を構成する中単元の1つ目、「力のつり合い」の中の小単元1「全体の重さ」である。この小単元1を核にして、その後の小単元2～3を学習する。小単元1の展開を図2-aに、詳しい説明を図2-bに示す。この小単元の構造は「事象提示と共通課題の提示」、「班での活動」、「全体での発表」の3つの段階に分けられる。



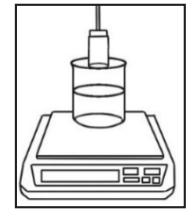
【図1：大単元の構造】



【図2-a：小単元1の展開】

### (1) 事象提示・共通課題の提示(第1時)

教師は、水の入ったコップを電子てんびんの上に置き(図3)、「このコップの水に、糸でつるしたおもりを底につけないよう沈めると、電子てんびんの値はどうか。」と問いかけた。第1学年で浮力



【図3：実験装置】

について学習しているが、この実験装置の総重量の変化については学習していない子どもたちの多くは、教師の問いかけに対し、「変わらない」と予想した。教師がおもりを水に沈めると、多くの子どもの予想に反して電子てんびんの値は大きくなった。子どもが「おや?不思議だなあ。」と疑問をもったところで、教師は「水の中におもりをつるすと、なぜ全体の重さが大きくなるのか説明しよう。」という共通課題を与えた。そして、「これから6時間、各班で自由に実験できる時間をとるから、この課題に対する自分の答えを出しなさい。」と学習の見通しを伝えた。

ここで、教師の課題の出し方に注目すると、大きな特徴が2つあった。1つ目は、課題に対してすぐに予想を立てさせなかった点だ。子どもが未知のものに対して、すぐに予想を立てるとは限らない。あえて予想を立てさせないことで、子どもの多様な動きが見られると考えたためである。

2つ目は、班で自由に活動できる時間を一度に6時間も与えた点だ。これは、子どもが主体的に探究するとき、実験に時間をかける班や話し合いに時間をかける班など、時間の使い方は班によって異なると考えたためである。

(2) 班での活動 (第 1 時～第 6 時)

6 時間の間に、各班は自由に実験や話し合いを行って (写真 1, 2), 課題に対する自分たちなりの考えを公表できる状態にする (A3 の発表用紙に考えをまとめるまで)。各班には教師の演示実験と同じ内容の実験道具が 1 セットずつ与えられた。その他に必要なものがあれば、可能な限り教師が用意した。



教師の演示実験をまねしている様子。(8班)

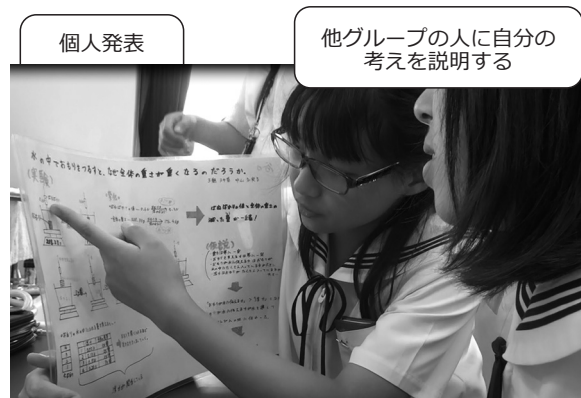


自分たちで考えた実験をしている様子。(7班)

【写真 1, 2 : 班活動の様子】

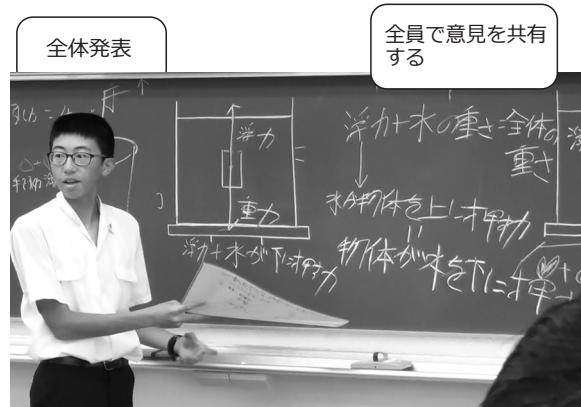
(3) 全体での発表 (第 7 時～第 9 時)

発表には「個人発表」と「全体発表」の 2 つがある。「個人発表」では、他グループの人を相手に、全員 1 回は自分の考えを発表した。「全体発表」では、いくつかのグループが前に出て、クラス全体に向けて発表した (写真 3, 4)。教師は各班の様子を見て回り、手が止まっている班や支援を求めてきた班には助言をし、全ての班がその班なりの答えに辿り着けるよう支援を行った。



個人発表

他グループの人に自分の考えを説明する



全体発表

全員で意見を共有する

【写真 3, 4 : 全体での発表の様子】

【図 2-b : 小单元 1 の詳細】

IV. 結果と考察

ここでは「2 班の探究」と「全班の探究」という 2 つに分けて考察する。

1. 2 班の探究の流れ

全 10 班ある中から、2 班 (メンバーは U 児・S 児・Y 児・K 児の 4 人) に注目し、その探究の流れを分析した。

(1) 2 班に注目した 2 つの理由

① 子どもの多様性から

事前アンケート (表 1) より、理科を得意と感じている子、苦手と感じている子、その中間の子のバランスが取れていて、最も一般的な班と考えた。

【表 1 : 9 科目を得意・好きという観点から見た時の理科の順位】

	得意	好き
U 児	6	5
S 児	4	4
Y 児	1	1
K 児	7	8

② データの取りやすさから  
教科担任の聞き取りより、

活発に話し合いができる子どもたちであったため、思考の流れを分析しやすいと考えた。

(2) 2班が行った探究

2班の探究の流れと筆者の考察を表2に示す。こ

の班は第5時まで合計12回の実験を行い、第6

時は自分たちの考えをまとめる時間として用いた。

【表2：2班の探究の概要とその考察】

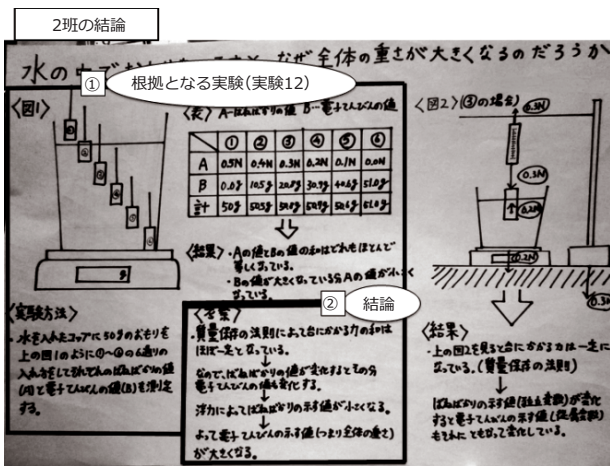
配時	2班の実験	説明	考察
実験1	<p><b>実験1: 底につけたときと浮かせた時</b></p> <p>① 底につける</p> <p>② 少し浮かせる</p> <p>③ 結果 165.00g 141.00g</p> <p>浮かせると電子てんびんの値は急に小さくなったね</p> <p>浮力の分軽くなるのかな</p>	<p>おもりをコップの底につけたとき(①)と底から少し浮かせた時(②)とで、電子てんびんの値はどのように変化するかを調べた。その結果、おもりを浮かせると電子てんびんの値は急に小さくなることを見つけた(③)。この結果を受けて「浮力が働いた分、全体の重さが軽くなった」と、誤った解釈をする子どももいた(④)。</p>	<p>教師の演示実験と同じ装置を用意していた。とりあえず教師を真似することから始めたと考えられる。④のように解釈したこと、手が支える力にはまだ気づいていないと考えられる。</p>
実験2	<p><b>実験2: 水の量を変える</b></p> <p>S1 水を増やしたらどうなるかな?</p> <p>① 水を100g増やす</p> <p>② 結果 165.00g 265.00g</p> <p>増やした水の分だけ増えたね</p> <p>水の量は関係ないみたい</p>	<p>S1の「水を増やしたらどうなる?」という言葉を受け、水の量を100g増やして(①)、おもりを沈めた時の電子てんびんの値を調べた。その結果、増やした水の重さ分だけ値は大きくなった(②)。この実験で、水の量は関係ないと結論付けた(③)。</p>	<p>実験2は、実験1とは関連が見られない。思いつくままに条件を変えて、解決の手がかりがないか調べているようだ。ここでは水の量に着目している。</p>
実験3	<p><b>実験3: 軽いものを浮かせる</b></p> <p>Y1 軽いものを浮かせても、電子てんびんの値は大きくなるのかな?</p> <p>① 水にペンのキャップを浮かせる</p> <p>② 結果 電子てんびんの値は大きくなった。</p> <p>おもりより軽いものを浮かせても電子てんびんの値は大きくなったよ</p> <p>浮くものでも値は大きくなるんだね</p>	<p>Y1の「軽いものを浮かせても、電子てんびんの値は大きくなるのかな?」という発言(Y1)を受け、ペンのキャップを浮かせて調べた(①)。その結果、電子てんびんの値は大きくなった(②)。この実験で、水に浮くものでも電子てんびんの値は大きくなると結論付けた(③)。</p>	<p>おもりに着目している。「おもりにかかる重力が浮力より小さいとき、その重さは電子てんびんに影響しないのではないか。」と考えたようだ。ここでは漠然と、電子てんびんの値が大きくなるかどうかだけを調べており、その意味にまで考え深めていないようである。</p>
実験4	<p><b>実験4: 空気中と水中での重さ</b></p> <p>U1 元のおもりの重さと水に入れた時の重さは同じなの?</p> <p>① 空気中</p> <p>② 水中</p> <p>③ 結果 165.00g 165.00g</p> <p>重さは同じだった。</p> <p>空気中も水中も、おもりにかかる重力は同じだ</p> <p>もっと他に調べ方ないかな?</p>	<p>U1の「おもりの元の重さと水に入れた時の重さは同じなのかな?」という言葉(U1)から、おもりの重さを空気中で量った時(①)と水中で量った時(②)とで、重さは変化しないのかどうかを調べた。その結果、重さは変わらないと分かった(③)。実験の結果から、空気中と水中でおもりにかかる重力は変わらないと結論付けた(④)。</p>	<p>実験3と同様、おもりに着目しているが、ここでも実験3との連続性は見られない。この実験で分かったことは、この後のいくつかの実験の基盤になっていく。</p>

<p>実験 5</p>	<p><b>実験5:ばねばかりを使って</b></p> <p>ばねばかりの値と電子てんびんの値を比較する</p> <p>ばねばかりの値が0.1N大きくなると、電子てんびんの値は約10g(0.1N)小さくなった</p> <p>浮力が大きくなるほど電子てんびんの値が大きくなる</p> <table border="1"> <tr> <td>結果</td> <td>ばねばかりの値</td> <td>0.1N</td> <td>0.2N</td> <td>0.3N</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td>電子てんびんの値</td> <td>138.70g</td> <td>128.00g</td> <td>117.00g</td> </tr> </table>	結果	ばねばかりの値	0.1N	0.2N	0.3N	結果	電子てんびんの値	138.70g	128.00g	117.00g	<p>他班の様子を見ていたU児が「ばねばかりを使おうよ」と提案した(U2)。それを受けて、おもりをばねばかりに吊りし、ばねばかりの値が<b>0.1N、0.2N...</b>となるようにおもりの沈め方を調整して、電子てんびんの値を調べる実験を行った(①)。その結果、ばねばかりの値が<b>0.1N</b>大きくなると、電子てんびんの値は約<b>10g</b>小さくなった(②)。このことから、浮力が大きくなるほど電子てんびんの値も大きくなると結論付けた。(③)。</p>	<p>教師が演示実験で用いた器具だけでは十分な情報が得られないと考えたのであろう。他班の取り組みを手がかりに、これまでは手にかかっていたおもりを支える力をばねばかりで定量的に測定している。</p>		
結果	ばねばかりの値	0.1N	0.2N	0.3N											
結果	電子てんびんの値	138.70g	128.00g	117.00g											
<p>実験 6</p>	<p><b>実験6:水位の変化</b></p> <p>水位を調べよう</p> <p>水位が上がったね</p> <p>おもりを沈めると水位が上がったね</p> <p>おもりを沈めない</p> <p>おもりを沈める</p> <p>体積がどれだけ増えたのか調べたいな</p> <p>結果 おもりを沈めると水位は上昇した。</p>	<p>コップを使って、おもりを沈める前(①)と後(②)で水位が変わるのかを調べた。おもりを沈める前の水位にペンで印をつけ、おもりを沈めた結果、水位は上昇した(③)。この結果を受けて、Y児は「水かさが増えたのか調べたい」とさらに深める追究の方向を提案している(Y2)。</p>	<p>おもりを沈めることによって上昇する水位に着目している。水位の上昇はこれまでの実験中に気付いていたことだと考えられる。</p>												
<p>第2時</p>	<p><b>実験7:水の体積の変化</b></p> <p>メスシリンダーを使えば体積を量れる</p> <p>目盛り付きのおもりとメスシリンダーを使う</p> <p>おもりの体積分、水かさが増えたよ</p> <p>これは小学校で習ったことだった</p> <table border="1"> <tr> <td>結果</td> <td>沈めたおもりの割合</td> <td>0</td> <td><math>\frac{1}{4}</math></td> <td><math>\frac{1}{2}</math></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td>水の体積</td> <td>60ml</td> <td>65ml</td> <td>70ml</td> <td>80ml</td> </tr> </table>	結果	沈めたおもりの割合	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	結果	水の体積	60ml	65ml	70ml	80ml	<p>メスシリンダーと目盛り付きの鉄製のおもりを使い(①)、おもりを沈めることでどれだけ水の体積が増すのかを調べた。この結果(②)とおもりの重さ、鉄の密度(③)から計算を通して、「おもり1cm<sup>3</sup>の水が1ml増える」ということを明らかにした。しかし、導き出した内容は小学校ですでに学習した内容であったことにも気付いた(④)。</p>	<p>実験6のコップをメスシリンダーに、また、おもりを目盛りつぎのものに変えたことで、おもりの体積と水位の変化量との関係を導き出した。この実験は実験6の内容をもう一度定量的にやり直したものと考えることができる。</p>
結果	沈めたおもりの割合	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1										
結果	水の体積	60ml	65ml	70ml	80ml										
<p>第3時</p>	<p><b>実験8:浮力の大きさの変化</b></p> <p>仮説</p> <p>おもり全体を水に沈めた状態で上下させる</p> <p>わざわざだけど、おもりを沈めるほど値が大きくなった</p> <p>やっぱり浮力は下にいくほど小さいんだ！</p> <p>誤った認識</p> <p>結果 おもりを沈めるほど電子てんびんの値がわずかに大きくなった(ばねばかりの針金の分)</p> <p>他の気づき おもりを底につけると急に電子てんびんの値が大きくなった(実験1の再発見)</p>	<p>実験1と実験5の結果から「おもりに働く浮力は下にいくほど小さい」という仮説(①)を立て、それを確かめるために、小さなおもりを使い、おもり全体を沈めた状態で上下させた時の電子てんびんの値の変化を調べた(②)。すると、その結果、おもりを沈めるほど電子てんびんの値がわずかに大きくなったことを見つけた(③)。また、このとき、おもりが底につくと一気に電子てんびんの値が大きくなったこと(④)にも気付いた。</p>	<p>この実験は、実験1と実験5の2つがつながり成り立っている。この実験結果はばねばかりの針金部分が水に沈んだことによる変化であったが、この班は自分たちの予想が正しかったと、誤った認識をした(④)。</p>												

<p>実験9</p>	<p><b>実験9: 軽いものを浮かせる②</b></p> <p>S2: 浮力で浮くものでも同じことが言えるのかな?</p> <p>① キャップを浮かせる</p> <p>実験3と同じ装置</p> <p>② キャップの中の空気を抜く</p> <p>③ 結果</p> <table border="1"> <tr> <td>キャップ+水</td> <td>水に浮かせる</td> <td>キャップの中の空気を抜く</td> </tr> <tr> <td>100.93g</td> <td>100.93g</td> <td>100.16g</td> </tr> </table> <p>④ 元の重さと比べて浮力が軽くなったんだ!</p> <p>キャップの中の空気を抜いたら元の重さより軽くなったぞ! 誤った認識</p>	キャップ+水	水に浮かせる	キャップの中の空気を抜く	100.93g	100.93g	100.16g	<p>S児の「浮力で浮くものでも同じことが言えるのか調べよう」という提案(S2)で、実験3と同様にペンのキャップを使った実験を行った。この結果、はじめにキャップを浮かせた時(①)はキャップと水の重さを合わせた値と同じ値が示されたが、キャップの中の空気を抜こうとするうちに(②)水が手などについて、値が小さくなった(③)。(この実験結果は正しい結果ではないが、)子どもたちはこれを受け、自分たちの予想に確信をもった(④)。</p>	<p>実験3では、ただ電子てんびんの値が大きくなるかだけを見ていたが、今回はキャップ単体の重さも量るなど、より定量的な内容になっていた。実験8に続き、この実験でも誤認識が認められる。</p>								
キャップ+水	水に浮かせる	キャップの中の空気を抜く															
100.93g	100.93g	100.16g															
<p>第4時</p> <p>実験10</p>	<p><b>実験10: 水圧を調べる</b></p> <p>① 実験8から底についたおもりには浮力が働かないことを証明するぞ</p> <p>② 水底の水圧を調べる</p> <p>器具を底につけても水圧がかり、浮力は働いた</p> <p>③ 結果 ゴム膜がへこんだ</p> <p>④ 浮力は働かないと思っていたのに!</p> <p>予想外 (新たな矛盾) 誤認識の撤回</p>	<p>実験8で気付いた「おもりを底につけると急に電子てんびんの値が大きくなった」ということから、「おもりが底につくと浮力が働かない」と考え(①)、それを確かめるためにゴム膜のへこみで水圧を調べる器具を使い、水底の水圧を調べた(②)。その結果、水底でもゴム膜はへこんだ(③)。この実験により、水底でも浮力が働いていると結論付けた(④)。</p>	<p>この実験は実験8から思考の深まりが認められる。この予想外の結果が、仮説の誤りに気付かすきっかけとなった。</p>														
<p>実験11</p>	<p><b>実験11: 軽いものを浮かせる③</b></p> <p>① 実験4の結果は本当に正しかったの?</p> <p>② 空気中</p> <p>③ 水に浮かせる</p> <p>④ 結果</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>142.72g</td> <td>142.71g</td> </tr> </table> <p>⑤ 浮力分、電子てんびんの値は小さくなると思っていたのに!</p> <p>水に浮かせても重さは変わらなかった</p> <p>予想外</p>		142.72g	142.71g	<p>実験4で調べた、空気中と水中でのおもりの重さは本当に同じだったのかということに対して疑問が生じた(①)。そこで、実験4と同じ実験を再度行い、おもりの重さを空気中で量った時(②)と水中で量った時とで、重さは変化しないことを確かめた。しかし、この時使ったおもりが軽かったため、今回は水に浮いてしまった(③)。意図した実験ではないものの、その結果を見ると、重さは変わらなかった(④)。このことから、おもりは水に浮いていても、その重さは空気中と変わらないと明らかになり、実験9で得た「おもりが浮いているとき、浮力の分電子てんびんの値は小さくなる」という結果が間違っていたと結論付けた(⑤)。</p>	<p>実験10と思考のつながりがある。予想外のことが重なった結果、この班の仮説が間違っていたと明らかになった。</p>											
	142.72g	142.71g															
<p>第5時</p> <p>実験12</p>	<p><b>実験12: ばねばかりを使って②</b></p> <p>U3: ばねばかりの値と電子てんびんの値の和は一定なのでは?</p> <p>① 実験5と同じ装置</p> <p>② 結果</p> <table border="1"> <tr> <td>ばねばかりの値</td> <td>0.0N</td> <td>0.1N</td> <td>0.2N</td> <td>0.3N</td> <td>0.4N</td> <td>0.5N</td> </tr> <tr> <td>電子てんびんの値</td> <td>151.0g</td> <td>140.0g</td> <td>130.0g</td> <td>120.0g</td> <td>110.5g</td> <td>100.0g</td> </tr> </table> <p>③ 予想通りの結果になったぞ!</p> <p>和が一定だった</p>	ばねばかりの値	0.0N	0.1N	0.2N	0.3N	0.4N	0.5N	電子てんびんの値	151.0g	140.0g	130.0g	120.0g	110.5g	100.0g	<p>実験11の結果と、実験5の結果から、U児は電子てんびんの値とばねばかりの値の和が一定であることを見つけた(U3)。それが正しいかを確認するため、実験5と同様の装置で、ばねばかりの値と電子てんびんの値の和が一定になることを確かめた(①)。その結果、ばねばかりの値と電子てんびんの値の和は一定であることが明らかになった(②)。この実験は予想通りの結果になり(③)、この班は結論を出すことができた。</p>	<p>ばねばかりを使った実験5と、ばねばかりを使わなかった実験11とでは、同じおもりが浮いた状態であっても、電子てんびんの値に違いがあることにU児は気づいた。</p>
ばねばかりの値	0.0N	0.1N	0.2N	0.3N	0.4N	0.5N											
電子てんびんの値	151.0g	140.0g	130.0g	120.0g	110.5g	100.0g											

(3) 2 班が出した結論

図 4 は 2 班の考えをまとめた発表用紙である。ばねばかりに吊るした 50 g のおもりを、コップの底まで沈めた時や、全く水につけない時、ばねばかりの値が 0.1 N になるよう沈めた時など、6 通りの沈め方をして電子てんびんとばねばかりの値を調べ、その結果電子てんびんとばねばかりの値の和が一定になったこと (実験 12) を根拠にしている (図 4-①)。ここから、2 班は「実験前後で実験装置全体の質量は変化しないため (質量保存の法則)、浮力ではねばかりの値が小さくなった分、電子てんびんにかかる力が大きくなった」という結論を出した (図 4-②)。



【図 4：2 班の発表用紙】

(4) 2 班全員が活動に取り組めたか

2 班のメンバー U 児・S 児・Y 児・K 児のうち、誰が班活動の主体だったのかを調べるため、表 2 の各実験の提案者を表 3 にまとめた。

表 3 から、K 児以外の 3 人、特に U 児が実験の提案をしていた。この結果に筆者らは、1 度も提案をしなかった K 児は、班活動にしっかり参加できていたのかが不明瞭だったので、K 児の発言やノートなどを分析した。すると、実験 7 後の話し合いで分からないことを質問していたり (授業記録 1 の下線部)、実験の記録をノートに書いていたり、

【表 3：各実験の提案者】

U	S	Y	K
実験 4 の提案	実験 2 の提案	実験 1 の提案	(提案なし)
実験 5 の提案	実験 6 の提案	実験 3 の提案	
実験 10 の提案	実験 9 の提案	実験 7 の提案	
実験 11 の提案		実験 8 の提案	
実験 12 の提案			

班活動に参加する様子が見られた。さらに、実践の事後アンケートの自由記述欄に「自分で考えて自分で説明するっていうのは少し楽しかったです。」という、自分で考え説明することについて肯定的な感想が書かれていた。

【授業記録 1】

発言者	発言内容・行動など
Y 1	(実験 7 の後、仮説を立てる話し合いをしている。)
K 1	これを証明するために、実験してーなあ。どんどん沈めたら(電子てんびんの値が)増えるのって下からの浮力がどんどん小さくなるから？
Y 2	そうそう。っていうかおもりを小さくしたい。おもり全部さあ、でかいから水に入らん。

これらの記述から、個人発表で自分の考えを説明でき、そのことを楽しいと感じている K 児であると考えることができる。このことから、K 児は班活動で自分の考えをしっかりとつことができ、さらにその考えを説明する力がついたと言える。班の中で受け身になっている子どもも、活動に参加し、自分なりに考えることができたと考える。

(5) 2 班の力で解決にたどり着けたのか

2 班の出した結論が、教師に言われたものでなく、本当に 2 班の考えだったのかを明らかにするため、2 班と教師のやり取りをまとめた (授業記録 2, 3)。

【授業記録 2】

発言者	発言内容・行動など
S 1	(実験 7 でおもりの体積を求めようとしている。)
T 1	このおもりは純鉄ですか？
T 1	そうだよ。

授業記録 2 では、実験に使ったおもりが純鉄でできているのか質問している。これは物質が何であるかが考察に関連していると考えていることからの、事実の確認であり、結論を導くことに直接関係する内容ではない。また、授業記録 3 では、浮力が原因であることを証明するにはどうすればよいか悩んでいる子どもに、教師が助言している (T 2~T 4)。2 班がこのやり取りの後に行った実験 10 は、実験 7 の後に立てた仮説に基づくものであったことから、

T2～T4の助言は直接的に考察の方向を変えたものではないと考える。

以上から、2班は教師の助言を生かしながらも、あくまで自分たちの力で解決したと考えることができる。

【授業記録3】

発言者	発言内容・行動など
U1	(実験9の後に、考えを整理するための話し合いをしている。) 浮力が原因だと思うけど、どう証明したらいいのかわからない。
T2	浮力ってどんな力だっけ？
S2	あらゆる方向からかかる水圧のうち、上からの力と下からの力の差。
T3	水圧っておもりにしか働かないの？
S3	水と容器。
T4	水圧の他に、1回目の授業で気づいたこと書いてなかった？先生が並線引いたところと関連させられないかな？
Y3	浮力が大きくなるほど重さも大きくなる・・・ (結局は自分たちの予想に戻った。)

## 2. 全10班が探究によってどれだけの理学的要素を発見できたか(学級全体からの考察)

この授業実践において共通課題を解決するために、子どもたちが見つけた理解内容を表4に示す3つの視点から整理した。

【表4:3つの理解内容】

① つり合い	おもりと水にかかる重力と、ばねばかりと電子てんびんが支える力はつり合っていること。
② 浮力	おもりに働く浮力と同じ大きさの力が電子てんびんにかかり、電子てんびんの値が大きくなること。
③ 体積	浮力の大きさがおもりの体積と関係すること。

上記の3つの観点から、全10班の取り組みを整理すると表5になる。

表5を見ると、1～10班全てがつり合い、浮力について触れており、4、6班は体積についても触れている。ただ、それらの内容に触れていても正確に

【表5:各班会った内容】

	つり合い	浮力	体積
1班	○	○	
2班	○	○	
3班	○	○	
4班	○	○	○
5班	○	○	
6班	○	○	○
7班	○	○	
8班	○	○	
9班	○	○	
10班	○	○	

理解できていない子どもがいることも想定されるので、つり合い、浮力についてはこの後の小単元で学んでいく。また、体積については高校の学習内容であるため本単元では確実な定着を図る必要はない。

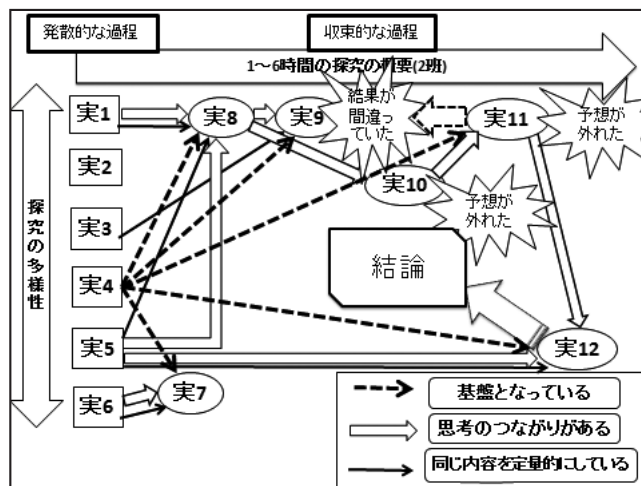
## V. 討論

### 1. この学習は理科としての探究になり得たか

上記で述べた2班の探究を図5に整理すると、子どもの探究は以下の2つのステップに分けることができる。

#### (1) 発散的な過程

図5から、実験1～実験6では、水の量やおもりの種類など、次々と条件を変えて実験を行っていた。それぞれの実験に子どもの思考の連続性が見られなかったことから、この段階では発散的な実験が並列して行われていたと考え、これを「発散的な過程」とした。



【図5:2班の探究を整理した図】



(2) 収束的な過程

次に行われた実験7は、本来実験5と関連させることで解決につながる内容ではあるものの、この班では実験6の内容を、定量的にやり直したただけであった。そのため、図7で実験6から実験7へ、「思考のつながりがある」ことを示す矢印と「同じ内容を定量的にしている」ことを示す矢印の2つの連続性が見られた。この後これら2つの実験で分かったことが既習事項だったと気付いた子どもたちは、「この実験は無駄だった。」と考え、別の視点から解決の糸口を探した。

「おもりを底につけると一気に電子てんびんの値が大きくなった」こと(実験1より)と、「おもりを沈めるほど電子てんびんの値が大きくなった」こと(実験5より)から、「おもりを水底につけたときは浮力が働かず、底から浮かせていくほど浮力が大きくなる」という仮説を立てた。その仮説を確かめるために行ったのが実験8～実験11までの一連の実験である。実験8, 実験9では誤差や勘違いがあり、誤った仮説を信じていたが、実験10, 実験11で予想外の結果が続いたことで仮説が間違っていると気づき、新たな視点から解決の糸口を模索し始めた。

そしてばねばかりを使っておもりを浮かせた実験5と、ばねばかりを使わないでおもりを浮かせた実験11に着目し、「ばねばかりの値と電子てんびんの値の和が一定になっている」ということに気付いた。それが正しいことを実験12で確かめ、この班は結論を出すことができた。

実験7～12では「発散的な過程」で解決に関係すると考えたものを深めていたと考え、これを「収束的な過程」とした。

(3) 子どもの探究のモデル化

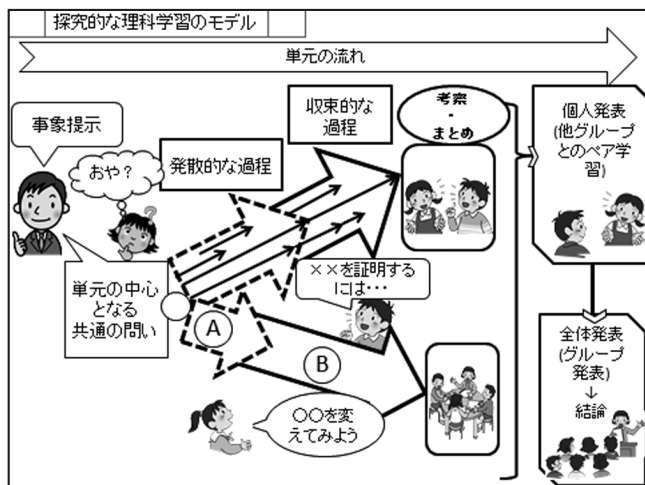
ここで2班の実験の流れ全体を見ると、実験4で見つけた「空気中と水中とでおもりにかかる重力は変わらない」ということが基盤になっているものが、実験12も含めて5つあった。

以上のことから、探究的な理科学習をモデルで表す(図6)。

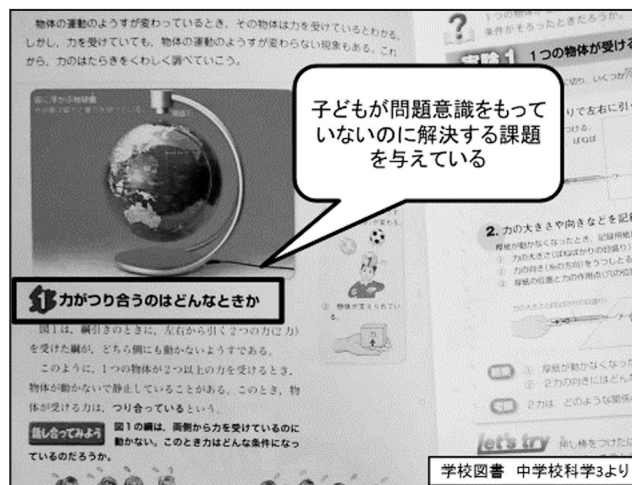
図6の太い矢印の中にある細い矢印は、それぞれが1つの実験を表す。Aの矢印は「発散的な過程」を、Bの矢印は「収束的な過程」を表す。

「発散的な過程」は、予想を立てる前の段階に当たり、未知の問題を解決するために手がかりを集める段階と言える。この時点では、解決するのに何が必要なのか分からないため、手当たり次第実験をする。そのため、水の量を変えた実験2のように、解決には直接関係しない実験も行っていた。このように、何が解決につながるのか分からない中でいろんな実験を考え、試すということは、未知なる自然を探究する理科学習ならではのものだと考える。また、相関性を見つけた時の子どもの喜びが大きかったことから、この過程そのものに探究の見通しを子どもがもつ上で大きな意味がある。

「収束的な過程」ではある程度の見通しをもって、解決の糸口になると考えたものについて定量的に深め、理論化を図っていく。しかし、関係すると考えたもの全てが解決に結びつくわけではない。実験7のように、解決に結びつかないと判断され、それ以上深まらないもの、また、実験5と実験12のように同じ内容の実験を繰り返して



【図6：探究的な理科学習のモデル】



【図7：一般的な理科学習の問題点】

いたり、実験9のように後から間違いに気づいたり、行ったり来たりしていることがあることが、主体的な学びの姿そのものを示していると考えられる。これらのことから、「収束的な過程」でも、まっすぐに解決へ向かうのではなく、試行錯誤を繰り返しながら子どもなりの探究をして結論を導き出していると言える。

班によって「発散的な過程」と「収束的な過程」の時間配分は異なる。例えば今回分析した2班は「収束的な過程」に多くの時間(6時間中4時間)を使っていたが、反対に「発散的な過程」にほとんどの時間を費やした班も見られた。また、「発散的な過程」から「収束的な過程」への一方向だけでなく、2つの過程を行ったり来たりする班も見られ、全体では考察・まとめに使う時間の長さも班毎にばらつきがあった。自由に活動する時間を与えたのだから、班によってその使い方が異なるのは当然だが、一方で全ての班に共通する点も見いだすことができた。

それは、どの班も問いをもってすぐに予想を立てなかった点である。自由な活動が始まるとすぐ、全ての班で実験の準備が進められた。そのほとんどは教師の演示実験を真似たもの(例えば2班の実験1)か、演示実験と全く同じ内容のものであった。このことから、子どもが「不思議だなあ。」と感じる現象に出会ったとき、まずはその現象を再現したり、少し条件を変えて試したりすることから始める場合が多いと考えることができる。

その後はさらに条件を変えて試したり、仮説を考えたりと、多様な動きに分かれていった。「発散的な過程」では、解決の糸口を探して手探りで実験を行っていた。その中には解決に結びつく実験だけでなく、結びつかない実験もあった。また、「収束的な過程」では、ある程度解決の見通しをもち、関係があると考えた内容を深めていった。しかし、深めた内容全てが解決につながるわけではなく、その予想が外れて手探りの段階に戻ることもあった。

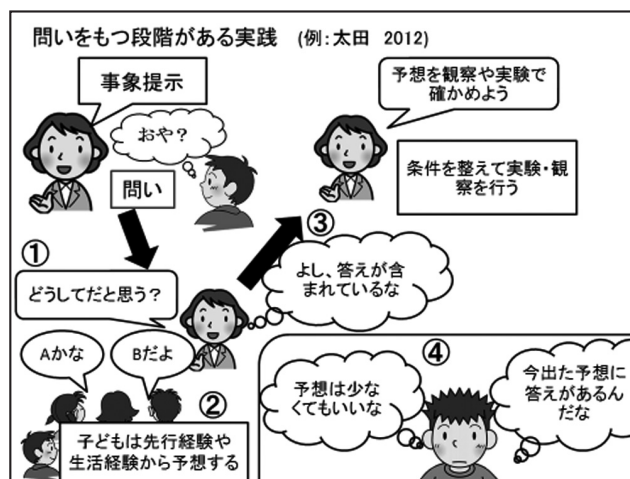
これらのことから筆者らは、「自然を探究する」とはまず「発散的な過程」で情報を集め、相関性のあるものとなないものを分け、それから「収束的な過程」で相関性があると考えたものを深め、理論化を図り解決していくという流れになると結論付けた。

## 2. 理科学習の在り方の検討

筆者らは、一般的に理科がどのような流れで教えられているのかを検証した。まず、授業で使われている教科書中の、本実践で扱う中学校第3学年の単元「力のつり合い」部分を学校図書<sup>(5)</sup>・東京書籍<sup>(6)</sup>・啓林館<sup>(7)</sup>で調べた。すると、課題の与え方に共通した問題点が見られた。全社で9つある課題の全てが、子どもに問題意識をもたせる過程がないまま、「力がつり合うのはどんなときか」というように、解決する課題を与えていた(図7)<sup>(8)</sup>。これでは子どもがなんのために課題を解決するのか、その必要性も分からないままに授業が進むことになるのではないだろうか。そのため、子どもの意欲も低くなり、授業に対して受け身になってしまうことにつながると思う。

これに対して、問いを見つける段階を取り入れた実践(太田2012)<sup>(9)</sup>(図8)では、問いをもってから解決するまでの過程に以下の問題点が見られた。

まず、子どもが「おや?不思議だなあ。」と問いをもった後、その問いに対してすぐに予想を立てさせていた(図8①)。これでは子どもは、自らの先行経験と生活経験だけを頼りに予想をすることになる(図8②)。子どもはただでさえ経験が少ないのに、本当に豊かに予想をすることができるのだろうか。また、子どもから出た予想が少なくても、その中に答えが含まれていれば、教師は解決のための観察・実験へ進んでいた(図8③)。少ない予想で解決へ向かうことは、教師にとっては短い時間で教えなければならない内容を教えられて、都合がいいのかもしれない。しかし、この流れを繰り返されると、子どもは「今出てきている予想の中に答えがあるな。」



【図8：太田実践の問題点】

と気付いたり、「予想はあまり考えなくてもいい。」という姿勢が身についたりしてしまう(図8④)。

上記で述べたように、一般的な理科学習では「発散的な過程」がほとんど扱われず、条件をそろえて合理的に解決する過程ばかりに重きを置く学習展開が多い。理科は教えるべき内容が決まっているため、これはある程度仕方がないとも言える。しかし、義務教育においてこのような方法をいつも行っている、複雑な自然を扱う理科で育てたい「自然を探究できる子ども」は育たないのではないだろうか。

今回の授業実践で明らかになったように、未知の問題を探究するとき、子どもは「〇〇ではないか」といった予想をする以前に、「何と関連があるのか」と問題解決の糸口を探すことから活動を始める。中には「きっと〇〇だ」とすぐに予想をする子どももいるかもしれないが、全員が一斉に予想し、最短距離で答えに向かうことは、実際の探究においては有り得ないのである。

このことから、自然を探究できる子どもを育てるには、子どもの発達段階に合わせて、本実践のような「発散的な過程」を、どの単元にも取り入れ、子どもがあれこれ手探りで試し、子どもなりの探究で答えを見いだしていく時間を十分にとることが必要だと考える。

## VI. まとめ

### 1. 結論

#### (1) 子どもの探究の姿

子どもが問いをもった後に班で自由に実験や話し合いを行い、課題を解決する時間を設けることで、子どもは理科としての探究を行うことができた。

探究的な理科学習における探究の過程は「発散的な過程」と「収束的な過程」に分けることができる。

#### ＜発散的な過程＞： 関連性を探す過程

- ・解決の見通しをまだもっていない。
- ・発散的な実験を並列して行う。
- ・解決とは関係しない実験も行う。

#### ＜収束的な過程＞： 関連性があると考えたものを深める過程

- ・解決の見通しをある程度もっている。
- ・相関性があると考えたものを深めていく。
- ・まっすぐ解決へ向かうのではなく、途中で興味・関心の方向を変えたり、後から間違いに気付いたりするなど、子どもなりの探究を行う。

#### (2) 本実践から見た現在の理科学習の問題と方策

現在の理科学習は探究という点から見て、解決の過程にばかり重きを置き「発散的な過程」をほとんど扱っていない。このようなやり方では「自然を探究できる子ども」は育ちにくい。

そこで、子どもの発達段階に合わせて「発散的な過程」と「収束的な過程」が両方とも位置付いた単元展開を行うことが必要である。

### 2. 残された課題

本実践は附属中学校で行った。附属中学校は一般の公立学校に比べると、学力面などでレベルが極めて高い。一般の公立学校でも同様の結果が得られるかについて調査する必要がある。その際、公立の学校で行う際に教師が行う支援についても検討する必要がある。

#### 【謝辞】

本研究を行うにあたり、ご協力くださいました富山大学人間発達科学部附属中学校校長はじめ富山大学人間発達科学部附属学校園共同プロジェクトの理科研究グループの先生方に深く感謝する。

#### 【引用文献】

- (1) 中央教育審議会審議のまとめ(2007年11月7日) 23
- (2) 森山進(2011)「生きる力」を育てる武道の授業実践 滋賀大学教育学部附属中学校研究紀要, 第53集, 第2章 必修教科等の研究 7 保健体育 体育的な思考力を育む保健体育: 95-104
- (3) 中妻雅彦(2013) 21世紀の社会科学力ー「希望学」を手がかりにー 愛知教育大学教育創造開発機構紀要. 3, 105-111
- (4) 丹伸子(2012) 教育研究グループ支援(研究成果報告) [http://www.sanraku.or.jp/gojokai/education/h23\\_06\\_01.html](http://www.sanraku.or.jp/gojokai/education/h23_06_01.html) (2014.10アクセス)
- (5) 霜田光一 他25名(2012) 学校図書 中学校

科学 3 8-19

- (6) 岡村定矩 他50名 (2012) 東京書籍  
新しい科学 3年 106-115
- (7) 吉川弘之 他59名 (2012) 啓林館  
未来へひろがるサイエンス 3 122-132
- (8) 霜田光一 他25名 (2012) 学校図書  
中学校科学 3 8-9
- (9) 太田聡 (2012) 科学的な思考力・表現力を高める理科授業の展開の工夫：身近な素材を実験・観察に取り入れた，思考する理科学習 滋賀大学教育学部附属中学校研究紀要，第54集，58-63

(2015年 5月20日受付)

(2015年 7月13日受理)