

自然科学的思考力を育む理科の指導

羽多野 隆 美

最近、小・中学校では、理科の学習内容に興味や関心を示さなかったり、理科的現象を筋道だてて理解したり思考したりすることができない子供が増加しているといわれている。ここでは2編の自由研究を小学校3学年と4学年の児童に主体的に取り組みさせて理科を好きになり、自然科学的で筋道だてられた思考力ができるようにするためにはどのようにすればよいかを検討した。

3学年の児童に課した自由研究「太陽ねつパラボラで目玉やきにちょうせん」では、文科省の学習指導要領の指導内容である太陽の光の性質である、直進性、反射性、暖かさ、明るさ、太陽の移動、かげ、日なたなどを実験を通して学習できた。太陽ねつパラボラにより、太陽光を集めて「光のたま」を作ったが、これは予想以上にまぶしく、熱いことを経験し、太陽光の性質に感動と驚きを実感することができた。太陽熱による目玉やき作りに挑戦し、ガスや電気がなくても高い熱が発生し、料理もできること、ビニール袋を一瞬にしてドロドロに溶かすことなどを体験し感動した。

4学年の児童に課した自由研究「運動とみやくはく数の関係の実験」では、実験を行ったいろいろな運動による脈拍数の違いから生きていることを実感することができた。また、寝ている時とか、食事後でも脈拍数が変化することを経験し、運動をしていないときでも血液が流れていることも実感できた。生きていくためには心臓がたゆまなく活動しており今回の実験的研究を通して生命の尊重の気持ちが強くなり、学習指導要領の内容を実験のかつ主体的に十分に学習することができた。これらの自由研究では、母親の指導のもと、自らが実験計画を立て、実行したことにより、研究の進行、実験結果の整理や考察などを通して、理科的な筋道だった考え方を身に着けることができ、また、自らが実験結果をまとめることにより理科的事象を一般化するという自然科学上の基本的思考能力を養うことができた。研究は自らが主体的に行ったことから、物事に積極的に取り組む態度や持久力も培われ、自由研究を用いた理科指導は教育的な効果があることがわかった。

キーワード：自由研究、実験、太陽、パラボラ、脈拍、生命

1. まえがき

最近、小・中学校では、理科の学習内容に興味や関心を示さない児童や生徒が増加している。また、現代の子供は「映像世代」といわれるように画像を見て直接的な反応はするが、ひとつの現象を筋道だてて理解したり、思考したりすることが苦手な子供が増加してきたといわれている。最近、2008年度に実施された文科省の小学校6学年と中学校3学年の児童、生徒に対する全国学力調査の結果が公表された。国語、算数などの科目を中心に実施されたもので、理科は含まれていないが、これによると昨年度よりもさらに読書をする児童、生徒の割合が減少し、読解力の不足の様子が明らかになった。小学校の児童で1日に30分以上の読書をするのは前

年よりも低下して 36.9%となっている。また、生活習慣に関する調査ではテレビ等を長時間見る児童、生徒の割合が目だって高くなっていることもわかった。1日に3時間以上テレビ等を見るいわゆる「テレビっこ」の割合が45.8%にも上っている。このように最近の児童、生徒は読解力の不足からそれぞれの事象の内容を読んで理解するとか、考える能力が低くなっていることが改めて明らかにされると共にテレビ、ビデオ、DVDなどの映像世代としての影響を強く受けていることも明らかにされた。

このような中で、理科的事象に関心を持たせたり、筋道だててものを考えることができる子供を育てるためにはどのようにしたらよいかについて、いろいろな努力と模索が行われている。具体的には「出前授業」と称し、大学から教員や学生が直接、小学校や中学校に出向いて興味ある理科の実験を行ったり、「科学の祭典」では、感動的で意外性のある科学的現象を紹介したりなど行っている。テレビ放送でもこれらの科学的関連内容の放送が行われ、高視聴率をあげている。子供たちは、理科の面白実験や不思議な話題には強い興味と関心を示し、目を輝かせながら実験を見て感心したり、驚きの声を上げている。しかし、このように、いろいろな科学的疑問に関する結果や現象については、興味深く反応するが、この現象を論理的に説明する段になると難しく感じ、今までの興味とは裏腹にいっぺんに興ざめた状態になり、この科学的事象に興味を示さなくなる。理科で重要なことは現象やその結果を知ることよりもなぜこうなるのか、どうしてそうなるのかという結果や現象に至る思考過程が重要である。本研究では児童に理科の自由研究をさせることにより、ただ単に結論だけに興味を示し、子供たちをひきつけるのではなく、その現象や結果を導く過程を考える子供にするためにはどうすればよいかの検討を行い、科学的な思考能力を育成する上で一定の成果を上げることができたので報告する。

2. 自由研究の実施と研究作品の制作の指導

今回、実施した実験を中心とした自由研究の試行は小学校3学年と4学年の児童2名に対してその母親の協力を得て実施した。具体的には児童が選定した研究テーマを実験、研究させて、その指導の一部は母親に行ってもらおうという方法で実施した。最近では教育に関心の高い、熱心な親も少なくはなく、協力してくれる父母も多い。実験や研究作業に入る前に、児童や母親とは、興味ある学習内容の選択、実験の可否、母親の指導の可否についてあらかじめ相談を行い、研究テーマの設定を行った。この結果、3学年の児童には「太陽ねつバラボラで目玉やきにちようせん」を選定し、4学年の児童には「運動とみゃくはく数の関係の実験」を選定した。それぞれの母親には部分的とはいうものの子供の指導をしてもらわなければならない観点から、これらの実験的研究内容を事前に十分に理解してもらうとともに、事前に理科の学習目的とその方法などの理科教育的知識について指導と相談を行い、作業をおこなった。

実施された実験研究の結果は、児童が中心となり母親の指導の下、科学作品として制作を行いまとめられた。津幡（1997）は、実験・研究活動の結果をどのように表現するのが教育的な効果が大いかにについて述べているが、これについて掲示物、展示物による表現の方法を提案している。具体的には新聞づくり、研究報告書づくり、パネルづくりなどを紹介しているが、

今回の作品は全紙（788mm × 1091mm）の模造紙を1行あたり19字、縦24行に仕切り、これにフェルトペンと色画用紙を使用し本文と表やグラフを作成して掲示や展示のできる大判の研究報告書として完成させた（図1、2）。文章はパソコンの文書処理ソフトを使用し、図表は表計算ソフトを使用し原稿を作成した。本研究の作業は大別して、実験・観察、得られた資料の整理、内容の検討、文章表現化、研究作品の制作の各段階に分かれる。実験・観察と、研究作品の制作については、基本的には母親が児童を指導したが、資料の整理、内容の検討、文章表現化については筆者が中心となり、母親と相談しながら児童を指導するという方法をとった。堀（2005）は、子供に適切な科学的思考を身につけさせるためには教師などの指導者が十分に科学的思考力を有し、また、科学的思考力とは何かということ十分に理解しておくことが必要であることを述べているが、これらの観点から実験、研究作業に入るに先立ち、筆者は母親に対して理科的、理科教育的な基本的知識について以下の内容の指導を行った。理科学習で重要なことはいずれの場合も結果を学習したり、覚えたりする事ではなく、その結論に至る過程をどのように考えるかが重要であること、理科が好きになるためには実験の過程で驚きや感動を感じる必要があること、理科の疑問の解決方法の基本は「どうして、なぜ？」という疑問に対して「たぶん、こうだから」という仮定を設定して、その仮定の検証を行い、その正しいことを立証して結論づけを行うのが一般的である。この仮定の検証の過程とその結果の検討が思考能力をはぐくむ上で重要であること、自然科学で重要なことはそれぞれの現象の異なりに目を奪われるのではなく、事象の共通点を探し、その一般化、法則化をすることが重要であること、最近では学習内容の習得とともに、安全教育に対する配慮が重要となっている。「太陽ねつパラボラ」の研究ではパラボラの製作段階でのこぎり、はりがね、ひもなどを使用するのでけがをしないように、また、実験段階では太陽光を集光する点から必要に応じて遮光板の使用、やけどをしないなどの安全に対する指導を行うこと、「みやくはく」の研究では町内を走ったりするので交通安全上の配慮、はげしい運動をする際の年齢と体に対する配慮などの安全教育の徹底に留意することなどである。これらのことを事前に母親に説明した上で、十分に理解してもらい、そのもとに作業を実施した。これまでの種々の科学の実験、研究作品展には、明らかに「親の作品」と思われるようなすばらしい作品が展覧されていることがある。今回の実験的試行は母と子が一体となり、親が子供を指導する中で子供に科学的思考能力を獲得させようとするものであり、親によって制作されたものではなく、親による指導、助言はあるものの、児童が主体となって制作された作品である。

上にあげた考え方で実施した実験・研究をもとに制作された研究作品を以下にあげる。これらの研究作品は本論文に掲載するにあたり、そのレイアウト、文言、写真の配置などの一部を変更して収録した。

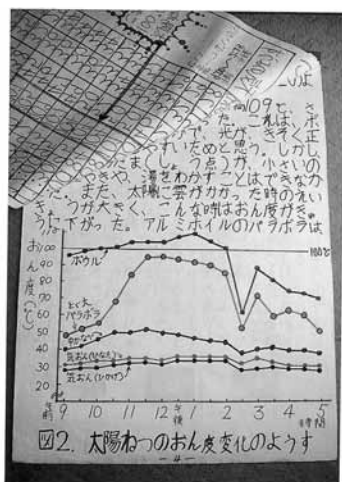


図 1. 児童が制作した理科の自由研究作品「太陽ねつパラボラで目玉やきにちょうせん」

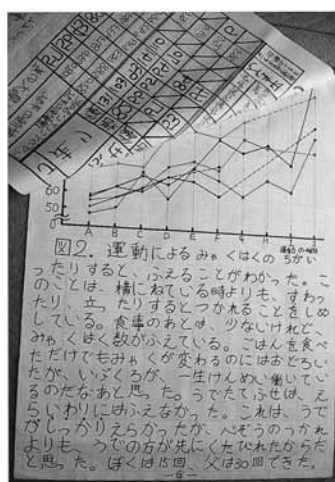


図 2. 児童が制作した理科の自由研究作品「運動とみやくはく数の関係の実験」

(1) 自由研究作品指導例 その 1 (図 1)

太陽ねつパラボラで目玉やきにちょうせん

1. 実験のどうき

海に泳ぎに行くと、すなが足にやきつくようにあつい。このあつさは、太陽のねつがすなの中にたまっただからだと思う。1学きには「おん度しらべ」や「天気しらべ」で、気おんや太陽のことをべん強した。これから、かがみを使って「光あつめ」もべん強する。それで、ぼくは太陽のねつをなんとかして、あつめることができないものだろうか、また、それが集まったらどれくらいのおん度になるかにきょうみもち、しらべてみようと思った。先生から、パラボラアンテナはよわいでんぱをあつめて強くすることをおしえてもらった。これをうまくつかって光をパラボラであつめたいと思った。うまく光を集めることができたなら、太陽のねつでたまごの目玉やき作りにちょうせんしようと思う。

2. 実験のほうほう

BS アンテナのような、おわんのかたちをしたパラボラをつくって、その中心に太陽ねつが集まるようにくふうをした。パラボラは大きいほうが、たくさんの光をあつめることができると思い、できるだけ大きなパラボラを作った。パラボラはお父さんにてつだってもらって、ちよっけいやく 1m50cm で、ベニヤ板でほねを作り、おわんがたにカーブをつけてビニールひもでしばり、新聞紙をはって、そのうちがわにアルミホイルをはって作った (図 1)。

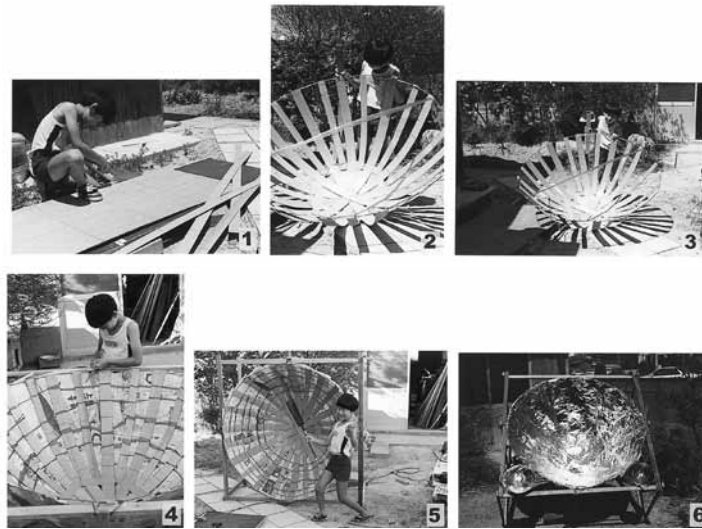


図1. 太陽ねつパラボラづくり

1. ベニヤ板をのこぎりで切ってほねを作る。
- 2, 3. ほねをおわんのようにまるく組む。
4. ビニールでしばり新聞紙をはる。
5. だいぶんできてきたぞ。「イエーッ」。
6. うちがわにアルミホイルをはってかんせい。右下：ステンレスボウル、左下：アルミホイルをはった中かなべ。

このパラボラを太陽にむけて庭においた。太陽は時間とともに動いていくので、パラボラも動かしていつも太陽にむけて太陽ねつがパラボラの中心にくるようにした。そして、その太陽ねつの集まる中心のおん度がどれくらいになるかをしらべた(図2)。その中心にアルミのなべのふたをおいて、その中で「目玉やき」作りにちようせんした。なべのふたのそとがわは、ねつが集まるようにすみで黒くぬった。また、ねつの集まりをくらべるためにそこがまるくなっている、やく30cm くらいのステンレスのボウル、やく40cm の中かなべでもおん度しらべをおこなった。中かなべのひょうめんはつやがなかったので、パラボラとおなじように、アルミホイルをはった。



図2. じっけん中のようす。おん度のへんかをきろくした

3. 実験けっかとそれからわかったこと

実験でしらべたおん度の変化はつぎの表1のようになった。また、実験けっかをグラフに表すと図3のようになる。

時間	気おん (ひなた)	気おん (ひかげ)	アルミホイル パラボラ	ステンレス ボウル	アルミホイル 中かなべ	天気の様子
午前 9:00	31	28	48	96	40	午前 9:00 ~ 午後 2:25 雲ひとつないかいせい かっことは太陽ねつが100℃を こえたもの
9:30	32	29	52	98	42	
10:00	33	29	55	100	46	
10:30	33	31	68	101	50	
11:00	34	32	84	104	50	
11:30	34	33	95	104	52	
12:00	33	32	95	104	50	
12:30	36	34	93	107	49	午後 1:00 ~ 午後 5:00 2:25 雲が出て太陽がかくれて うすぐもりになる。 3:00 雲はなくなった。 3:15 大きい雲が出て太陽が かくれる。 3:30 うすぐもり
午後 1:00	36	34	92	109	47	
1:30	36	34	90	105	46	
2:00	36	34	86	101	45	
2:30	32	28	53	62	38	
3:00	35	29	72	89	41	
3:30	33	30	60	82	42	
4:00	31	29	64	75	40	
4:30	31	29	61	74	40	
5:00	31	28	52	71	38	
へいきん	33.35	30.76	71.76	93.06	44.47	

表 1. 太陽ねつのおん度のへんかのようす

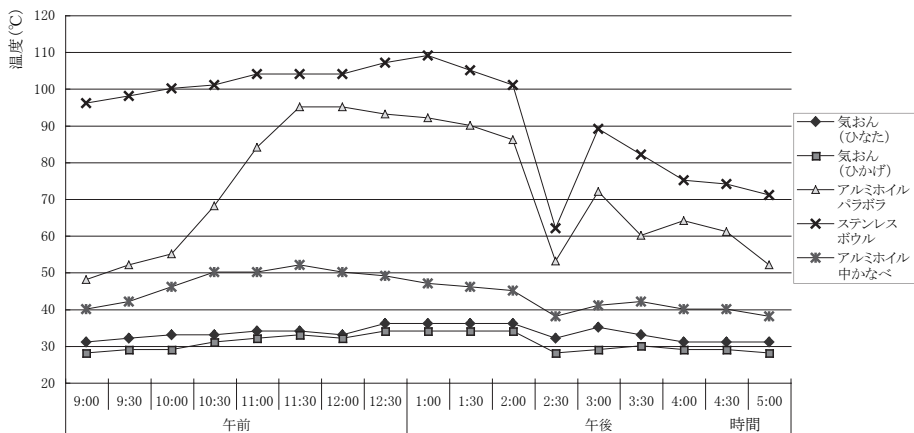


図 3. 太陽ねつのおん度のへんかのようす

ステンレスボウルは、さい高が109℃、さい低でも71℃まであがった。これは、ボウルの表面がなめらかで、光がきそく正しくはんしゃしやすいためと思う。しかし、できた光のたま(しょう点)が、小さいので目玉やきや、湯をわかすことはできなかった。また、太陽に雲がかかった時のえいきょうが大きく、雲がかかった時はおん度がきゆうに下がった。アルミホイルのパラボラはその表面にしわやでこぼこがあるので、ステンレスのよう

に、うまく光は集まらなかった。でも、とく大のパラボラを作ったので、けっこうおん度を上げることができた。それと、直けいが25cm くらいのおおきな光のたまを作れたので、目玉やきなどのりょう理をかんとんにすることができた。光のたまの中に手を入れると、手がまぶしいくらいに明るくかがやき、ストーブに手をかざしているようにあつかった。

おん度をはかる時、まぶしいので半とうめいの下じきを使ってはかった(図4)。最高は95℃まであがった。さいていは53℃であった。雲によるおん度のさがりは、ステンレスボウルにくらべると小さかった。中かなべにアルミホイルをはったものは、ちよっけいも小さく、表面もしわが多かったので、あまりおん度はあがらずうまうまかかなかった。しかし、どの場合も、午前中、だんだんとおん度が上がり、12時から1時くらいにさい高となり、それから午後は夕方になるとだんだんとおん度が下がっていった。2時30分くらいから雲が出てきて、ときどきくもる天気となってきた。雲が出ると、きゅうにおん度がひくくなることもわかった。学校で勉強した「おん度しらべ」、「雲と天気」、「天気しらべ」、「あつい日のおん度」のように日中におん度が高くなることや、雲が出るとおん度が下がることなどもよくわかった。

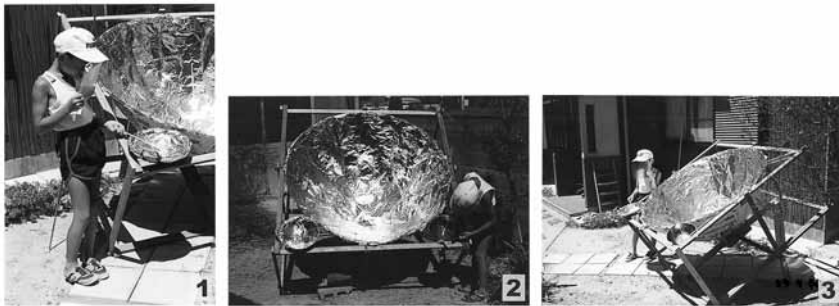


図4. 実験のようす

1、2. まぶしいので下じきをとおしておん度をはかった。 3. ステンレスボウルのおん度をはかる

3. たまごの「目玉やき」作りにちょうせん

一番おん度の上がおひるころと、少しおん度の下がった2時ころの2回、目玉やき作りにちょうせんした(図5)。

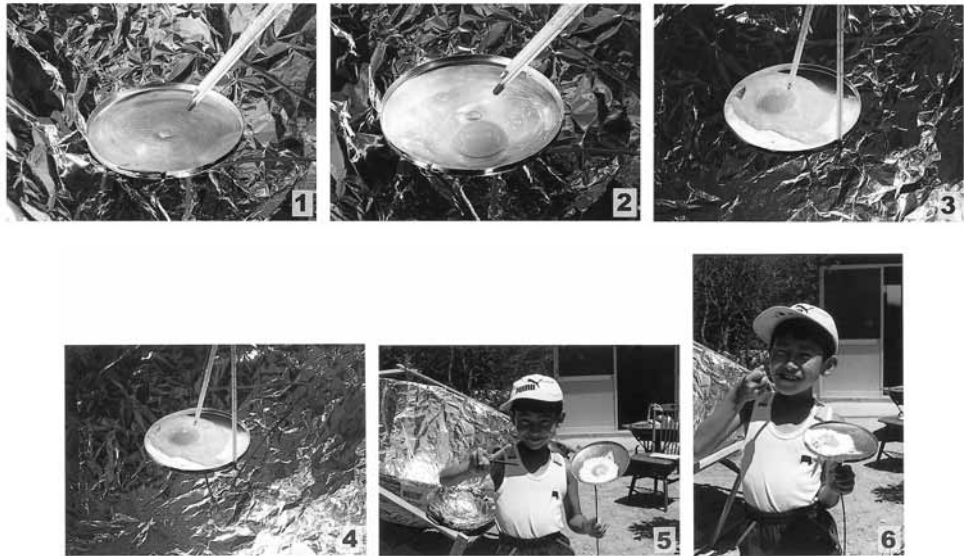


図5. 目玉やきちょうせんパート1

1. なべのふたをセットする。 2. たまごを入れた時の時 3. 白みがゆげをたてて白くにごってきた。 4. 黄みもにごってきた。 5. 目玉やきかんせい。「やったあ、ピース！」 6. 太陽ねつ目玉やきのししょく。ひょうめんは少しカピカピだがまずまずの味だった。

(1) 目玉やき作りパート1

一番おん度の上がるおひるころに行った。ジーパチパチと音がして、ゆげを立てながらかんたんにできた。15分でおこなったが、少し時間をかけすぎて、ふちの白みがカピカピになってしまった。10分くらいでよかった。つぎにでき方をくわしく書く。

11:30 たまごをわって入れる。白みはすぐに白くにごってきた。

11:34 さかんにゆげを出している。よいにおいがする。

11:40 白みがおくおく、ふっとうしてきた。黄みも色が変わり、まわりがへこんできた。ジーパチパチとやける音がしている。

11:42 手でおさえると、白みの外がわがカピカピになってきた。

11:45 白みのふちが茶色にこげてきた。全体にふくらんできた。さわってみたら、やけどをするくらいにあつかった。目玉やきかんせい。

(2) 目玉やき作りパート2

おひるころよりも、ちょっと日ざしのよわい2時ころからおこなった。パート1よりも日ざしが少しよわいので少し時間がかかった。でも、20分でバッチリおいしい目玉やきができあがった(図6)。できあがった目玉やきは、コロ(犬)にやった。コロは熱いので土の上でころがしながらおいしそうに食べていた。つぎにでき方をくわしく書く。

- 2:00 たまごをわって入れる。とくにへんかなし。
2:02 白みが少し白くにごってきた。
2:05 白みが全体に白くなり、かたくなってきた。黄みはへんかなし。全体からゆげが出ている。パート1よりは少しおそいかんじ。
2:07 白みはほぼかんせいしたが、ぶよぶよのところもある。
2:11 黄みがにえてきた。
2:18 黄みもだいたいにてかたくなってきた。
2:20 目玉やきかんせい。黄みは、パート1にくらべて少しやわらかい。パート1よりも太陽の日ざしが少しよわいためだと思った。

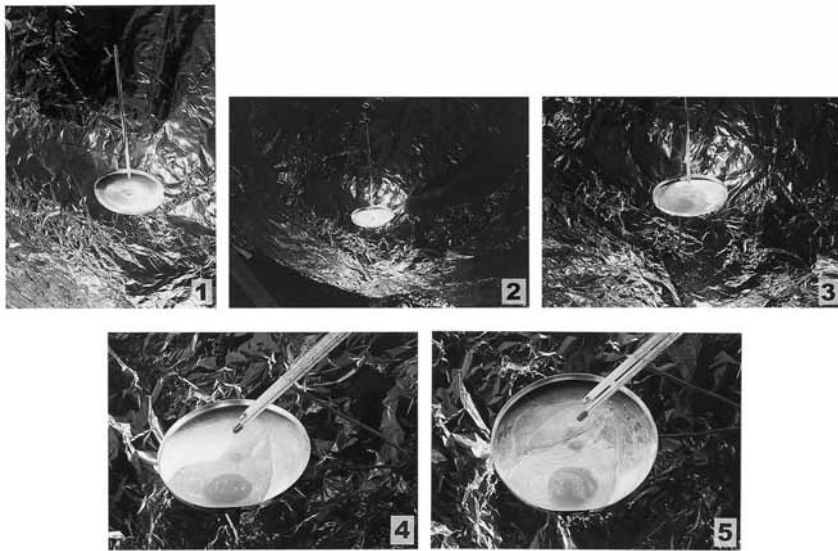


図6. 目玉やきちようせんパート2

1. なべのふたをあらってもう一度ちようせん。 2. たまごをわって入れる。 3. たまごを入れたての時。 4. 白みがにえてきた。 5. 黄みがにえてひょうめんが少しへこんできた。目玉やきパート2かんせい。

4. お湯わかしにちようせん

目玉やきをしたあと、お湯をわかそうと思ひ、黒いごみぶくろに水を500ml入れて、光のたまの中にぶらさげた。そうしたら、2分後にビニールがとけて水がとび出し、こぼれてしまい、うまくいかなかった。つぎにビニールを2まいにしてちようせんしたが今度は1分後にビニールがやっぱりどろどろにとけてしまい、水がとび出てしまい、うまくいかなかった。太陽ねつのすごさにはびっくりした(図7)。



図7. 太陽ねつでとけたビニールぶくろ

水を入れてパラボラにセットしたらビニールぶくろは、ねつでドロドロにとけて水がでて、こぼれてしまった。

1. ビニールぶくろ1じゅうの時。 2. ビニールぶくろ2じゅうの時 3. とけてしまったビニールぶくろ

このように、1学期に学校でべんきょうした「おん度しらべ」などを思いだして、太陽ねつの実験をおこなったが、かんたんに目玉やきができたり、ビニールぶくろをかんたんにドロドロにとかす太陽ねつのすごさにはびっくりした。光のたまのぶぶんは、まぶしいくらいに明るく、目にわるいので、半とうめいの下じきを通して見るようにしたが、それでもまぶしく、実験をやっていると中に家の中にもものを取り入るとあたりがまっくらにかんじて何もみえなかったり、ものが黄色に見えたり、緑色のはん点が見えたりして、目がくらくらしてたいへんつかれた。太陽のすごさにはびっくりした。二学期になると「光あつめ」を勉強するがいまから楽しみだ(図8)。



図8. じっけんしゅうりょう。大成功で思わずニッコリ。二学期の勉強がたのしみだ

4. まとめ

海に泳ぎに行くと、すながとびきりあつい。これは、太陽ねつによる。学校では1学期に「おん度しらべ」、「雲と天気」、「天気しらべ」などをやったが、太陽ねつはどれくらいのおん度になるかにきょうみをもち、ちょっけいやく1m50cmのとく大のパラボラをベニヤいたで作り、そのうちがわにアルミホイルをはり、光あつめを行った。そして、どれくらいのおん度が上がるかをしらべ、たまごの目玉やき作りにちょうせんした。大せいこうであった。実験ではつぎのことがわかった。

(1) ステンレスのボウルでは、さい高が109℃、さいていが71℃までおん度が上がった。しょう点の光の玉は小さくて、目玉やきをつくるにはむかなかった。

(2) アルミホイルのパラボラでは、さい高95℃、さいてい53℃までおん度が上がった。

しょう点の光の玉は大きく、この中に手を入れると、手がまぶしく明るくかがやき、ストーブに手をかざしているようにあつかった。

(3) アルミホイルの中かなべは、あまりおん度があがらなかった。

(4) パラボラやステンレスボウルのおん度は、午前からおひるにかけて上がり、おひるから夕方にかけてさがり、気おんのへんかとにしていた。

(5) とく大パラボラで、目玉やき作りに2回ちようせんし、大せいこうであった。はじめのは、ほくが食べ、2回目のものはコロ(犬)にやった。コロは、あついで土の上でころがして食べていた。うまそうに食べていた。

(6) パラボラの光の玉のところで湯わかしにちようせんしたが、ビニールぶくろがドロドロにとけてしまい、水がこぼれてできなかった。

(7) 光をあつめると、明るくまぶしくなることがわかった。家の中に入ってもあたりがまっくらにかんじ、なにも見えなかったり、ものが黄色に見えたり、緑色のはん点が見えたりして目が大変つかれた。

(8) かんたんに目玉やきができたり、ビニールぶくろをすぐにドロドロにとかしたり、太陽ねつのすごさやすばらしさを知ってびっくりした。二学期の理科でならう「光あつめ」がたのしみだ。

(2) 自由研究作品指導例 その2 (図2)

運動とみやくはく数の関係の実験

1. 研究のどうき

ほくはマラソンで走ることが大好きです。マラソンをしたあとで、手首の血管にさわるとドクン、ドクンと血の流れる音がする。このようにほくたちは、心ぞうが動いている。からだをしずかにしている時は、みやくはくは、少なく、いろいろな運動をした時は心ぞうもはげしく動き、みやくはくがおおくなりおもしろいと思う。ほくは2年生の時、みやくはく数についてかんたんな実験をしたが、その時はまだあまりはっきりと知らず、じゅうぶんなことができなかつたので、こんどはいろいろな動きや運動をしらべてみようと思った。また、自分だけではなく、ほかのひととの関係もしらべるために、いろいろな人についてもしらべてみた。

2. 実験方法

しずかにしている時や、運動をしている時に、どのようにみやくはく数がちがうかをしらべるために日ごろ、やっているいろいろな運動を考え、自転車のり、なわとび、うでたてふせ、走り、それと、運動ではないがねおき、食事、風呂などの10種類について前と後について手首で1分間のみやくはく数をはかって記ろくした。よび実験では、同じ運動のあとでも立ってはかるのとすわってはかるのではちがったので、この実験では朝のめざ

めの立ってをはかる時がいはいはすべてすわってをはかることにした。また、じぶんと人とのちがいをしらべるために、ほく（10才）のほかに弟（6才）、母（30才代）、父（40才代）、おばあちゃん（60才代）、ひいおばあちゃん（90才代）についてもしらべた。おばあちゃんたちについては、としをとっているのではげしい運動については実験をしなかった。また、人によってできない運動は、しなかった。自転車や走るのは町内のきめた場所を一周することにした。両足なわとびは150回、かた足なわとびは100回おこなった。うでたてふせはギブアップまで行った。

3. 実験けっかとそれからわかったこと

実験の結果を見やすくするためにいちらんひょうにまとめた（表1）。表の数字がないところは、できなかつたり、体のつごうでしなかったものである。この実験ぜんたいからつぎにあげることがわかった。みやくはく数は、朝起きた時が一番少なく、食事、うでたてふせ、ふろ、自転車、なわとびの順でふえていき、走った後がもっとも多かった。一番少ないものは、ほくが朝、起きた時で47、一番多いのは父の走ったあとで141であった。みやくはく数の最小と最大の差は50くらいが多いが、さいていは母の43、さい高は父の84であった。ほくは56であった。ひいばあちゃんの差は22であるが、はげしい運動はしていない。実けんのけっかをグラフにまとめると図1のようになる。

表1. 実けんでしらべたみやくはく数

		弟 (6才)	自分 (10才)	母 (30才代)	父 (40才代)	おばあちゃん (60才代)	ひいおば あちゃん (90才代)	平きん	運動前を のぞいた 平きんの じゅんい
ねおき(ねたま)		74	47	56	57	52	58	57.3	10
ねおき(すわる)		78	52	58	64	58	64	62.3	9
ねおき(たつ)		76	74	64	72	64	62	68.7	8
食事	前	82	51	68	63	64	70	66.3	
	後	99	58	78	67	72	72	74.3	7
自転車	前	86	59	68	62	65		68.0	
	後	102	78	82	78	70		82.0	4
風呂	前	82	70	66	64	64	64	68.3	
	後	98	72	78	97	62	80	81.2	5
両足なわとび	前	82	51	68	66			66.8	
	後	110	63	99	90			90.5	2
かた足なわとび	前		68	64	64			65.3	
	後		74	94	96			88.0	3
うでたてふせ	前		53		64			58.5	
	後		67		84			75.5	6
走り	前	82	66	65	64	70		69.4	
	後	131	103	93	141	110		115.6	1
静かにしているとき と運動前の平きん		82.0	58.8	65.3	63.9	64.2	66.0	66.7	
運動後の平きん		108.0	73.6	87.3	93.3	78.5	76.0	86.1	
最小と最大		57	56	43	84	58	22	53.3	

*表の数字がないところはできなかつたり、体のつごうでしなかったもの

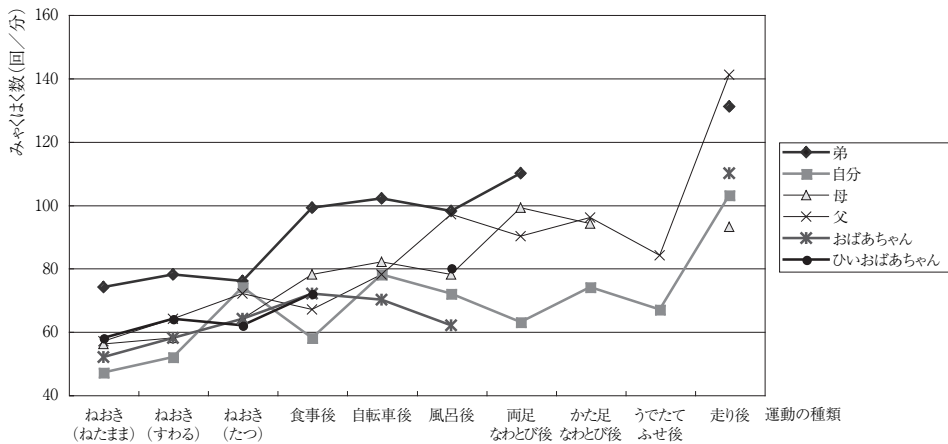


図1. 運動によるみゃくはく数のちがい

それぞれの实けんしたこう目についてみると朝起きた時は、だれでもみゃくはくは少ないことがわかる。このことからねている時はからだがやすまっていることがわかる。朝起きた時でも、すわったり、たったりするとふえることがわかった。このことは、横にねている時よりも、すわったり、たったりするとつかれることをあらわしている。食事の後は、少ないけれど、みゃくはく数がふえている。ごはんを食べただけでも、みゃくはく数がかわるのにはびっくりしたが、いぶくろが、いっしょうけんめいに働いているのだなあとと思った。うでたてふせは、えらいわりにはみゃくはく数は、ふえなかった。これは、うでがしっかりえらかったが、心ぞうのつかれよりも、うでの方が先にくたびれたからだと思った。ほくは15回、父は30回できた。弟と母はできなかった。お風呂は考えていたよりもみゃくはく数が多かった。湯につかることがつかれることになり、また、血のじゅんかんがよくなるためと思った。人によって差が大きいのが、これは、おばあちゃん、母、弟は、はや風呂なので、あまり長く湯につからないのでみゃくはく数が上がらなかったのだと思う。自転車やなわとびは、だいたい同じくらいのみゃくはく数であった。なわとびはかた足とびの方が両足とびよりもえらかった。母は反対に両足とびの方がみゃくはく数がふえた。走った後は、ほとんどの人が一番みゃくはく数が多かった。走ることは、はげしい運動であり、心ぞうが早く動くためだと思う。からだの調子のわるい時はあまり、むりに走るといけないことがわかった。おこなった運動のしゅるいと6人の平きんみゃくはく数の関係を図2にほうグラフに書いた。

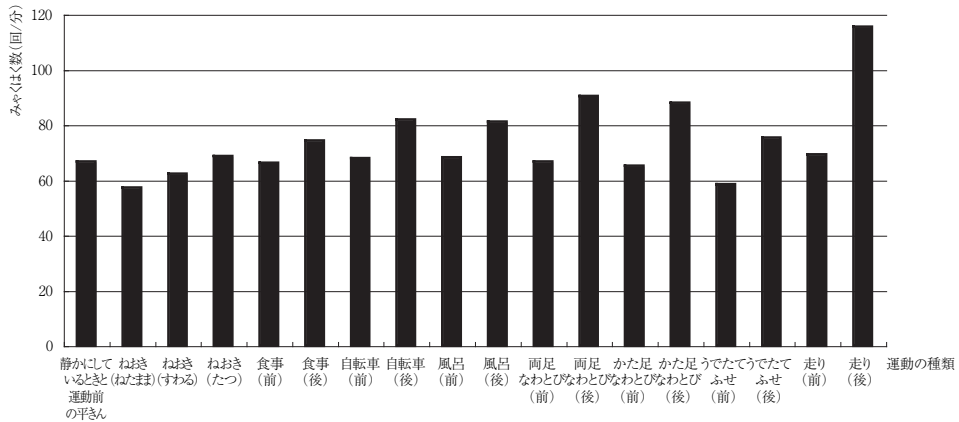


図 2. 運動のしゅるいと 6 人の平きんみゃくはく数の関係

つぎに実けんしたひとについてみると、母をのぞいて、走ったあとが最大のみゃくはく数をしめた。母は、両足なわとびが最大であった。最小のみゃくはく数は、人によってちがうが、夕食後や風呂のあとにみられた。朝起きた時にすわってはかるものと、それぞれの实けんの前にはかったものの平均を表 1 の下のところに書いた。これを見ると、しずかにしている時は、弟がいちばん高く 82 であった。小さい子どもは心ぞうの動きがはげしく、ふつうの人は 58～66 で、約 60 であることがわかる。それぞれの人が、運動をするとどれくらいみゃくはく数がふえるのかを考えるために、しずかにしている時の平きんで運動をした後のみゃくはく数をわたものを表 2 にまとめた。これをわかりやすくするのにグラフで書いた (図 3)。これを見ると運動の種類によってちがいはあるが同じうんどうについては、実けんした人によってそんなに差がないことがわかる。このことは、小さい弟の心ぞうも、大きい父の心ぞうもそれぞれ一定のわりあいのつかれかたをしていることがわかる。大変うまく心ぞうがはたらいていることがわかった。

表 2. しずかな時にたいする運動をした後のみゃくはく数のばいりつ

	弟	自分	母	父	おばあちゃん	ひいおばあちゃん	平きん
ねおき (ねたまま)	0.90	0.80	0.88	0.89	0.81	0.88	0.86
ねおき (すわる)	0.95	0.89	0.89	1.00	0.90	0.97	0.93
ねおき (たつ)	0.93	1.26	0.98	1.13	1.00	0.94	1.04
食事	1.21	0.99	1.19	1.05	1.12	1.09	1.11
自転車	1.24	1.33	1.26	1.22	1.09		1.23
風呂	1.20	1.23	1.19	1.52	0.97	1.21	1.22
両足なわとび	1.34	1.07	1.52	1.41			1.34
かた足なわとび		1.26	1.44	1.50			1.40
うでたてふせ		1.14		1.31			1.23
走り	1.60	1.75	1.42	2.21	1.71		1.74

*表の数字がないところはできなかつたり、体のつごうでしなかつたもの

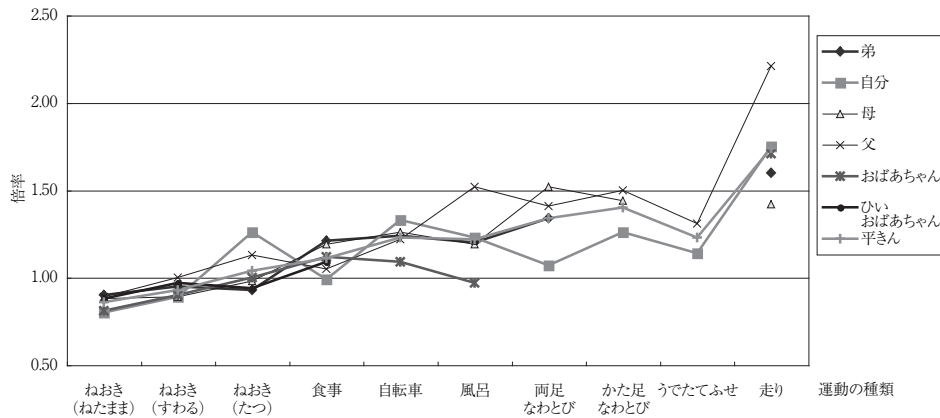


図3. しずかな時にたいする運動をした後のみやくはく数のばいりつ

みやくはく数は心ぞうの動きをしめたものである。運動の強さによって心ぞうの動きはかわる。心ぞうが動いていることは生きているしょうこである。今回の実けんでは、ふだん、何も考えないで動かしている体であるが、自分たちの体は本当にうまくできているなあと思った。これからは自分の体を大切にして父や母のようなりっぱな体になるようにしたいと思った。

4. まとめ

いろいろな運動に対して心ぞうが、どのくらい働くかを、1分間のみやくはく数をはかることによってしらべた。また、人によってどのようにちがうかをしらべるために、6人についてしらべ、次のことがわかった。

(1) みやくはく数は、朝、起きた時が一番少ない。また、立っている時、すわっている時、横にねている時のじゅんで少なくなる。

(2) みやくはく数が一番少ないのは、ぼくが朝、起きた時で47、一番多いのは父の走ったあとで141であった。

(3) 食事は運動ではないが、このあともかなりふえることがわかった。

(4) うでたてふせの後のみやくはく数は、思ったよりも少なかった。

(5) お風呂に入った後は、みやくはく数もふえ、お風呂に入ることは、かなりはげしい運動である。

(6) 走った後のみやくはく数は一番多く、走ることははげしい運動である。

(7) しずかにしている時と運動前のみやくはく数の平さんは66くらいであるが、弟は82で高かった。

(8) 運動をした後のみやくはく数の平さんは、約86である。最大は弟の108、最小はぼくの74であった。

(9) 運動をした後は静かにしている時にくらべてどれくらいみやくはく数にちがいがあ

るかをみるために、運動をした後のみやくはく数をしずかにしている時の平きんみやくはく数でわった数字を出してくらべてみた。同じ運動についてみると、実けんした人がかわってもちがいがなかったが、このことは、人によって心ぞうの大きさがちがっても、一定のつかれ方をしていることをあらわしている。

3. 考察

最近は多くの小・中学校では、夏休みや冬休みなどの長い休み期間を利用してまとまったひとつの課題を宿題として課すことが多い。この中でもっとも多いのが理科や社会の自由研究である。これまでに、羽多野（2008）は理科の自由研究を題材にして子供の思考能力を育てる方法を模索して一定の成果を報告しているが、今回は「太陽ねつパラボラによる目玉やきにちょうせん」と「運動とみやくはく数の関係の実験」の二つの課題を設定して理科的思考能力の育成方法を模索した。

はじめの「太陽ねつパラボラ」で扱った内容は、文部科学省の小学校学習指導要領理科編（以下、学習指導要領という）（2006）の3学年の学習内容に基づくものである。学習指導要領によると3学年の「地球と宇宙」領域の学習内容として太陽の働きを扱うことが述べられている。この中で日なたと日かげでは地面の暖かさや湿り気の違いがあること、太陽は動くことにより、日なた、日かげが移動することなどを扱うことになっている。また、「物質とエネルギー」領域の内容では光の性質として、光の直進性、反射性、光が当たった時の暖かさ、明るさの指導内容があげられ、これらの内容の指導例として太陽熱温水器の例が取り上げられている。日置（2004a）は、3学年の光の進み方の指導で、その関心、意欲を高める方法として「光的あてゲームをしよう」を提案し、鏡を使って光をあて、射的の的のようなものを使いゲーム感覚を楽しみながら、日光の進み方や日光が当たったものの明るさや暖かさの変化についての指導方法を述べている。今回の「太陽ねつパラボラ」の実験的研究も、光の内容を総合的に学習させるのにきわめて合目的的で有効であった。

理科学習に限らず、どの科目にもあてはまることであるが学習活動を好きになるひとつの大切な要素として、その内容に感動することや驚きがあることをあげることができる。本実験研究では、ガスも電気も使わずに、太陽光の熱で卵の目玉焼きを作った。このことはふだん料理をする際には、かならず電気やガスを使用している児童にとって大変不思議であり、感動的である。光のたまの中に入れて手を入れると手がまばゆいくらいに輝いたり、ストーブに手をかざすように熱くなることはこれまで経験したことがない新鮮で感動的なことである。また、お湯をわかそうとして水をビニールの袋に入れたら、水が温まる前にビニールがドロドロに溶けて破れ水が飛び出すという予想をしないうハプニングにも見舞われ、改めて太陽光の熱のすごさも体験することができた。屋外で実験中に忘れものをして屋内に戻ったときなど、室内が真っ暗に感じたり、ものが黄色に見えたり、緑色の残像が見えたりしてこれまで経験したことの多い多くの新しい経験をおこなった。これらのことは「百聞は一見にしかず」で、教師がいかなることをどのように感動的に説明するよりも、実際に経験することに勝るものはない。理科では「自然が教師である」ということがよく言われるがまさしくその通りで、児童が実験を通して得ら

れた太陽に関する感動的で驚くべき事実は、実験を行った児童の頭の中に生涯強い印象として残ることであろう。最近では化石燃料の燃焼による大気汚染、地球の温暖化を中心とした大気中の二酸化炭素問題、化石燃料の枯渇などで、太陽エネルギー、水力や風力によるエネルギーなどにも関心が高くなっている。このような観点からも本実験的研究は時代の要求と合致したものであったと考えられる。本実験的研究は、3学年の児童に行わせた。3学年では思考能力、文章表現ともに十分ではないとの判断から写真を多用して実施した。写真を多用したことは十分な文章的な説明も要さず、しかし、実験内容を忠実に表現できて大変有意義であったと考えられる。

第4学年の学習指導要領の内容では、季節と関係づけながら動植物の成長と環境との係わり合いについて学習し、その見方や考え方を養うことが述べられている。このことは第5学年の動物の発生や成長の内容に発展し、生命を尊重する態度の育成とともに生命の連続性についての見方や考え方を養うことへと発展する。これに関して生物は生きていくために呼吸をし、心臓で血液を循環させながら生命を持続させていることを学習する。生命を尊重するためには、まず、はじめに、生命の基本的な概念の理解が必要である。学習指導要領によると、小学校低学年では生活科の体験を通して、自分との係わり合いの中で生命現象を理解すると共に生命を尊重し、中、高学年では、動植物の飼育や栽培を通し、自然を愛したり、生物を愛護する中で生命を尊重する概念が育まれていくことを述べている。このような観点から、日置（2004b）は、5学年の生命の連続性の指導内容として、よく使用されるメダカの卵の飼育を利用しているが、その中で児童に卵の中の変化の様子を解剖顕微鏡を使用してじっくり観察させ、生命の神秘さ、生命のすばらしさに関する関心、意欲を高めるための指導例を紹介している。片田（2006）は、小学校5学年における生き物を扱う単元で生命尊重の心を育てる具体的な理科の授業例を報告している。自由研究「運動とみゃくはく数」は、これに関連させたもので、人はどれくらいの脈拍があり、運動によりどれくらい変化するかを明らかにした実験的研究である。ふつうの人は静かにしている時の脈拍数は66くらい、運動をした後は86くらいに上昇することが、実験結果から知ることができた。また、何もせずに寝ている時でも、生命を維持するために心臓は働いており、すわったり、たったりするだけでも脈拍数が変化する。つまり心臓が血液を流す生理的作用をしていることが理解できた。食事をするだけでも、上昇することを知り、運動をしなくても体の中では消化のためにも血流の変化があることを実験的に知ることができた。風呂に入ると血液の循環がよくなり、この場合も脈拍数が増加することがわかった。つまり、人を含む生き物はどのような場合でも血液が必要で、しかもその流れがいろいろな環境変化で調整されていることを脈拍数の変化から理解することができた。このように、この実験的研究では生きていくためには心臓がたゆまなく動いていること、運動をしていない時でも生命を維持するために心臓はいつも動いていることをあらためて理解することができた。脈拍数から心臓の動きを実感し、さらに発展的に生命の尊重へとつながっていけば今回のこの実験的研究は大成功であるといえる。

先にも述べたが児童は科学的な面白実験や不思議な話題には深い興味や関心を示すが、それらの原理の論理的な説明は苦手である。羽多野（1996）が実施した小学校から中学校への学年

進行とともに生じる、児童の理科学習に対する好き嫌いの変化の調査によると、小学校の5学年くらいまではモーターを使用した模型自動車作り、豆電球の実験、ホウセンカの栽培、メダカの飼育など科学的な現象を扱うことが多い。しかし、小学校高学年から中学校になると、ものの溶け方、かさ(量)、力など論理的な扱いが必要な内容が増加してくる。学習内容が現象的で実体があるものから抽象的なものに変化するにつれて論理的な思考が強く要求されるようになり、この過程で理科が苦手となる子供が増加し、やがては理科嫌いに結びつくことを述べている。また、滝沢(2006)は、児童の理科の好き嫌いについて、アンケート調査をもとに分析的研究を実施したが、理科が好きである子供が小学校高学年からだんだん嫌いになっていく理由として、小学校ではじめて学習する理科の内容が身近な生物や生活の中に根ざしているものを扱った観察中心のものであるのに対し、小学校高学年から中学校の理科では自然界の法則や定量的な取り扱いが増えて物理、化学的な考え方をを用いるようになってくることをあげ、同様な見解を述べている。この難しくなっていくと感じる中で、理科が好きである理由として実験が面白いこと、自然や科学的現象が面白いと感じること、自分で考えるのが楽しいことが大切であり、自らの積極的な関与を通じた学びの手ごたえがあることが必要である。言われたことをただうのみにする消極的な学びではなく、自分が学びの主体であることが必要なのである。このようなことから、それぞれの学習内容を受動的に論理的思考をするのではなく、自らが行う実験を通してその実験結果から論理的思考を進める方法を模索した。この観点から見ると、この実験的研究を通して、児童は積極的に科学的な思考を行ったといえる。浅野(2007)は、米国のデューイの教育思想のもとに理科的探求の内容を問題の発見、解決等の示唆、仮説の洗練、行動による仮説の検証と位置づけている。これをもとに4学年の理科の内容である金属の温まり方について探求して習得するための環境づくりを提案し、筆者と同様な考え方の教育実践例を報告している。

一般的な自然科学の疑問の解明方法としては、最初に仮定を設定して、その仮定の検証を実験、観察を通しておこない疑問点を解決し、科学的事実を獲得して行くことが多い。このような検証過程と検証事実の獲得を小学校の児童に、論理的に説明してもなかなか十分に理解してもらうことは難しい。しかし、それぞれの疑問点について自分自身で実際に実験計画をたてて、それを実験的に明らかにしていけば、自分自身で自らが理解し納得することができる。角屋(2006)は、児童、生徒の理想的な理科学習とは自らが問題の発見や予想の発想、実験方法の立案、予想や結果の図や表による表示、考察の仕方などを獲得していく活動であるとしている。児童、生徒は、このような活動を通して科学的な知を創造する面白さを味わうとして、将来の理科教育の姿は児童、生徒が単に自然事象に関する知識や技能を受動的に修得するだけでなく、自らが主体的に科学的な知を創造する能力を獲得するとともに、自らがその面白さを実感できるようにすることが理想であると述べている。もうひとつの利点として、科学的な内容に強い興味を持つことができたことである。「太陽ねつパラボラ」では、光の直進性、反射性、集光性、ものを温める性質などの特徴を理解し、つぎに始まる学習内容に強い関心を持つことができた。光のたまがまばゆいくらいに輝き、その中がストーブのように熱いことは、これまでに経験したことのない興味ある事実として受け止めている。理屈ではなく体感していること

ろに意義と価値がある。

「運動とみゃくはく数」の研究では、心臓の鼓動を脈拍で捕らえて生きていることの実感、運動の違いによる心臓の動きの変化などを克明にとらえている。これらの実験的活動を通して生命の連続性について深く考えることができた。このことはとりもなおさず、生命の尊重にもつながり、いろいろな種類の運動という条件を計画的に追求する能力や生命を尊重する態度を育てるのにきわめて効果的であった。

本研究では、このほかにも次にあげるようないろいろな教育的効果を得ることができた。つまり、この実験的研究をまとめて作品として仕上げるためには高い日本語の表現能力が必要である。今回の2編の作品の日本語については、筆者による専門の立場からの添削は行われていない。母親の助けを借りているといえどもかなり高度な日本語を書く能力が培われたと考えることができる。この科学作品を完成させるためには論文を書くための基本的能力が必要で、筋道だててそれぞれの段階を追って内容を整理しながら文章を書く能力も要求されたが、このような訓練の場にもつながったものと考えられる。これだけの実験的研究を計画し、実行し、作品にまとめる場合、相当な時間とエネルギーも必要であり、完成させるまでの集中力と持久力も求められる。最近では、親子の断絶の話題を聞くことが多いが、今回のような実験的作業では、母親と子供が一体となりお互いが意思の疎通を図り、協力し合って作品が完成された。両方の強い信頼感ときずながなければとうてい完成できるものではない。このように理科的な側面以外にも極めて高い教育的効果が得られたことが容易に推察できる。

今回の実験的研究では、得られた実験資料の整理にパソコンの表計算ソフト、まとめと科学作品の制作のために文書処理ソフトが多用された。現在、どこの小学校でも子供が自由にパソコンの使用ができるように精力的に取り組んでいる。子供も機械に触れることに興味を示し、今回の作業でもパソコンの使用に積極的に取り組んだ。本研究にあたった児童は、パソコンのキーボード入力の際にブラインドタッチは慣れていなかったが、筆者の多少の指導により、あまり速くはないもののキーボード入力にもかなり慣れてきた。子供は上達が早いのであとしばらく練習すれば十分な速さで入力も可能になると思われる。本研究の最大の特徴は、基本的には個人が行う実験的研究による手法である。学校教育のように集団的な環境での教育活動ではない。今回行われた手法を学校現場で活用しようとする際にはいろいろな改善が必要となる。将来的には集団の中で活用できる効果的な方法を模索する必要がある。

わが国では、文科省が中心になって、平成14年度から科学技術、理科教育の抜本的な充実を図ることを目的に「科学技術・理科大好きプラン」を実施して、学校における児童、生徒の科学技術、理科に対する関心を高め、学習意欲の向上をはかり、創造性、知的好奇心、探究心の育成を目指している。学校における児童、生徒の科学離れ、理科嫌いをなくし、理科好きな子供を増加させたり、理数関係の内容が得意とする子供の個性や能力を伸ばす努力がなされている。このことに関して小谷(2006)は、この「科学技術・理科大好きプラン」の具体的な施策のうち、サイエンス パートナーシップ プログラム(SPP)とスーパーサイエンスハイスクール(SSH)における、その効果を紹介しているが、この関連講座に参加した子供に対する追跡アンケート調査によると、約90%の参加者が科学技術や理科、数学に対する興味関心が

増加したとか、研究者を身近に感じるようになったと回答し、多くの参加者が理科や数学が好きになったとしている。このように自然科学的な思考能力を持つ理科好きな児童を育てるために、いろいろな観点からいろいろな手法で努力が積み重ねられているが、今回は自由研究を題材にした一方法の提案を行った。

4. まとめ

最近の小・中学校の子供たちは理科の面白実験や意外性のある実験結果などには興味を示すが、その原因や理由などを論理的に追究することには興味を示さない。理科嫌いの子供たちも増加している。それにはいろいろな原因が考えられるが、そのひとつに現代の子供はひとつの現象に対して一面的には反応するが筋道だてたり段階を追って思考する能力に乏しいことがあげられる。このことは現代社会があまりにも便利になりすぎて何も考えずに生活できることにも原因があるようにも思われる。理科の学習の場においては、結果よりもその結果が導かれる過程が重視される。過程に対する判断が正しければ、自ずと結果も正しく導かれる。本研究では、理科好きで筋道のたつ考え方のできる児童を育てるためにはどのようにすればよいかを児童に自主的な理科の自由研究をさせることにより、理科を好きになり、科学的思考能力をはぐくむための方法を模索した。

本論文で扱った自由研究は小学校3学年の児童に「太陽ねつパラボラによる目玉やきにちょうせん」、4学年の児童には「運動とみゃくはく数の関係の実験」で、それぞれの児童の母親の指導の協力を得て行った。「太陽ねつパラボラ」では、文科省の学習指導要領にあげられた学習内容である日なたと日かげ、光の性質の内容を十分に学習させることができた。本実験の研究では、さらに次の点も有効に指導することができた。つまり、児童自身が主体的に実験結果を検討し、考察することに取り組む中で自然科学の重要な点である理科的思考能力を育むことができた。また、料理はガスや電気でするものと思っていた概念を大きく変えて太陽エネルギーでも目玉やきができるという印象的で意外な結論を体験することができた。目玉やきができるくらいの高熱を自分自身で作ることができた感動は大きい。理科好きになるためにはこのような感動的であったり、驚嘆することは力強い大きな要因となりうる。また、最近では、地球温暖化が叫ばれ環境に対する二酸化炭素の放出も問題となっており、そのような点からも太陽エネルギーの利用による本実験的研究は、時期を得た取り組みといえ興味深く、教育的意義も大きい。

「運動とみゃくはく数」では、ふだん私たちは呼吸とか心臓の動きを当たり前のこととしてとらえ、あまり深く考えたことはないが、今回の実験では生きていく上で脈拍は文字通り大切なものであることを知った。脈拍は運動をすることにより増加するが、運動をしていなくても寝ているとき、食事をしているとき、風呂に入っているときも脈拍はその都度変化しているということ、つまり生きていることを実験を通して実感できた。学習指導要領では、4学年では生物の成長と環境との関係、5学年では生命の発生や成長が扱われ、生命の連続性への見方や考え方を養うことになっているが、本実験的研究ではこの点も十分に学習することができた。さらに、ここから発展して生命を尊重する態度も醸成され、その教育的効果は十分にあったと

思われる。これら2編の自由研究の実験結果をまとめる過程では、資料の整理、グラフ化などの具体的な処理、考察や結論など理科的な筋道だてられた思考能力の育成にも大変有効であった。また、研究全体をまとめる段階では、文章の作成能力も培われ、さらに作業全体を通して、強い持久力、精神力も養われた。母親と児童の精神的きずなもこれまで以上にいっそう強くなったと思われる。このように自由研究を用いた理科の指導で得られるものは単に理科的内容のみにとどまらず、総合的に人間全体を形成するための能力が養われ、大変有効であった。

参考文献

- 浅野孝平 (2007). 探求して習得するための環境、理科の教育、Vo. 56, 227-229.
- 片田誠 (2006). 生命を大切に作る心を育てる観察活動の在り方、理科の教育、Vol. 55, 298-301.
- 角屋重樹 (2006). 科学的な知の創造を楽しみ、問題解決能力を獲得していく、理科の教育、Vo.55, 80-81.
- 小谷利恵 (2006). 「科学技術・理科大好きプラン」の目指すものとその効果、理科の教育、Vol. 55, 4-6.
- 津幡道夫 (1997). 新しい理科の授業の創造、pp.231、東洋館出版社、東京
- 滝沢靖臣 (2006). 理科で伸びる生徒にするために必要なこと、理科の教育、Vol.55, 652-655.
- 羽多野隆美(1996). 理科の授業内容に関する児童・生徒の興味の変化について、三重大学教育学部研究紀要、Vol. 47, 47-55.
- 羽多野隆美 (2008). 理科の新しい学習指導法の検討、四天王寺国際仏教大学紀要 47号、253-272.
- 日置光久 (2004a). 光の進み方を調べよう、理科の授業3・4年、38-39、東洋館出版社、東京
- 日置光久 (2004b). メダカの卵を育てよう、理科の授業5・6年、42-43、東洋館出版社、東京
- 堀哲夫 (2005). 科学的思考の課題とその育成、理科の教育、Vol. 54, 440-443.
- 文部科学省 (2006). 小学校学習指導要領解説理科編、pp.122、東洋館出版社、東京