

子どものもつ電気エネルギー認識と光電池単元の指導に関する研究

杉本良一*, 中本好一**

Study on Cognition and Teaching Method of Electric Energy in Elementary Science Education

SUGIMOTO Ryoichi*, NAKAMOTO Yoshikazu**

はじめに

理科教育における電気概念は小学校から高校物理まで継続して学習される重要な学習内容である。近年の理科の教育課程では電気をエネルギーの一つとしてとらえさせる内容へと変遷してきている¹⁾。すなわち、オームの法則などにみられる直列・並列や電流と電圧の関係を捉えさせるのではなく、熱や光との関係や環境問題としてCO₂の発生源としての電気の問題、エコアイスなどのCMにみられる環境問題的なとらえ方なども重要になってきている。

先に児童のもつエネルギーに関する認識について調査し、報告した²⁾。小学校における「電気のはたらき」に関する授業実践に向けて、子どもたちの「電気」エネルギーを中心とした認識の実態を調査する必要性が出てきた。また、小学校児童・中学校生徒・大学生の発達段階的な違いを知る必要もあり、これらを対象として実態調査を行った。調査内容は、電気エネルギーのイメージに関するもの、そしてエネルギーの変換概念の基礎ともなる太陽電池(光電池)に関するものについて調査した。これらの結果をもとに小学校4年生での実践的な授業研究を行い、光電池単元の指導のあり方について検討した。

1 子どもの電気エネルギー概念の認識調査

1-1 調査方法および調査対象者

本調査は内容が電気エネルギーという捉えにくい概念であり、エネルギー変換の認識についても問うため、調査対象を理科学習に取り組む小学校3年生以上とした。そして、エネルギーについて正式に学習する中学校3年生までを対象とすることにした。さらに、大学生に対しても調査を実施した。調査対象となった小学校は鳥取市立M小学校とH小学校である。各学校2学級に対して、調査を行った。

中学生については、両校児童の進学する鳥取市立M中学校を調査対象とした。各学年7~8学級のうち、3学級ずつに調査を実施した。大学生については、鳥取大学教育学部で「小学校理科教育法」を受講する学生に対して、調査を行った。

* 鳥取大学教育地域科学部, **鳥取市立大正小学校

表1 調査対象及び人数

学年	人数	小計
小学校3年生	133	
小学校4年生	125	
小学校5年生	139	小学校計
小学校6年生	146	543
中学校1年生	106	
中学校2年生	99	中学校計
中学校3年生	107	312
大学生	73	
総計	928	人

1-2 実施時期と回答方法

小学校児童と中学校生徒は、1999年6月に実施した。大学生については、前期受講生が1999年7月に、後期受講生が11月に実施した。小学生には学級担任が調査用紙を配付し、必要に応じて説明を加えながら回答するようにした。中学生には理科担当教師が調査用紙を配布し、自力で回答するようにした。大学生に指導教官が調査用紙を配付し回答させた。小学校3年・4年・6年生については、まだ各学年での電気を扱う単元を学習していない段階である。中学校3年生については、「仕事とエネルギー」という単元を学習していない。

1-3 調査内容

図1に調査用紙を示す。質問紙法により、子どもたちは思い付いた言葉を記入したり、選択肢を選んでその理由を書かせた。特に設問5の(2)は、自分で自由に説明を書かせるようにした。調査内容は、設問1：「エネルギー」という言葉からイメージするもの、設問2：電気エネルギーには重さがあるかどうか、設問3：電気はエネルギーだと思うかどうか、設問4：電気エネルギーに変換する(発電する)仕組み、設問5：太陽電池によるエネルギー変換システム、設問6：太陽電池の利用例についてである。

理科アンケート調査

()年()組 (男, 女)

◎児童のみなさんへ◎
このアンケートは、先生が理科の研究をするために行うものです。テストではありませんので、あなたの考えたことや知っていることを気楽に書いてください。

1. 「エネルギー」という言葉を聞くと、あなたは何を思い浮かべますか。5つまで書いてください。(いくつ書いてもいいです。)

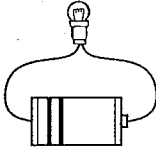
() () () () ()

2. かん電池に豆電球をつなぎ、明かりをつけたままにしておくと、消えてしまいました。かん電池の重さは、初めの重さに比べてどうなつたでしょう。
自分の考えと合うものに○をして、そのわけを [] の中に書いてください。

(1) 重くなる。 []
(2) 軽くなる。 []
(3) 変わらない。 []

3. 電気はエネルギーだと思いますか。どちらかに○をして、そのわけを [] の中に書きましょう。

(1) エネルギーである。
[]
(2) エネルギーではない。
[]



4. 電気を起こす(発電する)には、いくつかの方法があります。どんなしくみで電気が起こせるのか、□の中に言葉を書きましょう。

(1) ゴムにためた [] を流す。→発電機を回す。→(電気)

(2) 石油や石炭を []。→発電機を回す。→(電気)

(3) [] の力でプロペラを回す。→発電機を回す。→(電気)

(4) かん電池の中で [] が起こる。→(電気)

(5) ウランやプルトニウムを使った [] 力発電→(電気)

5. 右の図のように、太陽電池に電球の光をあててモーターを動かし、プロペラを回しています。
(1) 次の文は、この実験の説明をしたものです。ア〜ウの□にあてはまる言葉を書きましょう。

★ 電球から出た [] のエネルギーは、太陽電池によって [] のエネルギーに変わり、そのエネルギーでモーターが動くことで、プロペラを回す [] のエネルギーに変わるのである。
(2) プロペラを速く回すには、どうすればよいでしょう。
自分で説明を書いてください。
[]

6. 太陽電池は、どんなものに使われていますか。知っているものを全部書きましょう。
[]

◎協力ありがとうございました。◎

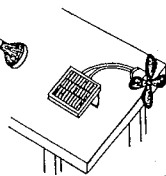


図1 電気エネルギーに関するアンケート調査

1-4 電気エネルギーの認識調査の結果と考察

928名の調査用紙を回収して、学年別に集計を行った。その結果を表やグラフにまとめ、学年や機種などの段階による違いが認められるかどうか考察した。

(1) 「エネルギー」に対するイメージ

設問1は、児童・生徒および大学生が「エネルギー」という言葉から何を連想するか調べようとしたものである。この調査方法は「連想法」と呼ばれ、それ自体は投影法の一環で、イメージをつかむためには有効な方法とされる。小川・林は連想法を用いて、現代日本人のもつ『自然』のイメージの集合体を抽出しようと考え³⁾、また、長岡・高瀬は、児童・生徒の光認識として、単語連想法により、光のイメージを調べている⁴⁾。そこで、本調査では、「エネルギー」に対するイメージを調べようとした。

表2に、学年別の集計結果を示す。子どもたちが連想した内容を「力」、「電気」、「人の体や生活」、「自然や環境」の4つに分類した。どのカテゴリーにも属さないものは「その他のもの」とした。

① “力と関係づけたもの” の中では、どの学年とも「力」が多く、「パワー」がこれに続いている。しかし、両者とも中学生以上になると連想した数が減少している。「力」の場合は小学校4年～6年

が多くあり、「パワー」の場合は小学校3年～4年が多い。「パワー」についてはテレビやコミック誌などのインフォーマルな科学を受容したものであるため、それらに関心の強い小学校中学年が多く連想したと考えられる。

② “電気と関係づけたもの” の中では、圧倒的に「電気」が多く、「電気製品」も、小学生はかなり多い。対照的なものとして、「電池」と「水力・火力・風力・原子力」である。どちらも電気を起こす（発電する）方法なのだが、電池については小学生に多く、水力・火力・風力・原子力については中学生・大学生に多い。これは、日常生活や小学校の理科学習では乾電池を使うことが多いのに対して、学年が上がるにつれて、具体的な発電方法への知識が増えるためと考えられる。テレビのコマーシャルなどの影響が明確にあらわれているのが、小学校6年生～中学生に多い「中国電力（エネルギー）」である。

表2 「エネルギー」からイメージするもの

連想内容		小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生	計
力関係付け	力	29	44	47	41	19	13	22	11	226
	パワー	34	42	13	21	9	3	5	3	130
	力のもとになるもの	0	0	7	0	5	0	0	1	13
	物を動かすもの	1	0	3	4	0	1	0	4	13
	重力・引力・動力・圧力	2	0	0	0	0	0	9	6	17
	小計	66	86	70	66	33	17	36	25	399
電気	電気	48	65	70	76	61	47	44	35	446
	電池	22	23	27	19	12	10	13	3	129
	発電(所)	9	6	9	12	11	6	8	5	66
	電流・電力・電圧	5	4	10	9	14	5	12	3	62
	中国電力(エネルギー)	0	0	1	9	14	9	10	3	46
	電気製品(電気で動く)	16	34	17	11	15	13	7	0	113
	水力・火力・風力・原子	0	3	13	35	34	21	82	73	261
	その他	9	6	10	13	3	3	1	2	47
小計	109	141	157	184	164	114	177	124	1170	
人の体や生活	体・人間	27	5	7	7	8	2	6	2	64
	運動	0	2	1	3	2	2	1	4	15
	体力・スタミナ	10	19	17	18	11	4	5	4	88
	元気	8	5	9	3	4	1	6	2	38
	食べ物	2	1	5	2	6	11	7	6	40
	飲み物	1	5	5	3	4	9	4	1	32
	栄養・カロリー	4	3	3	6	6	12	10	8	52
	その他	6	9	5	2	5	2	2	3	34
	小計	58	49	52	44	46	43	41	30	363
自然や環境	太陽	2	16	16	21	15	11	42	20	143
	光	6	5	12	25	20	7	15	16	106
	地球・自然	2	5	3	0	1	2	1	0	14
	水・火・風	6	5	5	24	0	0	0	15	55
	石油・ガソリン	8	3	8	6	5	12	5	12	59
	石炭・ガス	2	0	0	1	2	5	2	7	19
	その他	5	3	4	3	7	15	12	25	74
小計	31	37	48	80	50	52	77	95	470	
その他のもの	32	23	27	15	27	22	13	30	189	
総計	296	336	354	389	320	248	344	304	2591	

③ “人の体や生活と関係づけたもの” の中では、「体力・スタミナ」が最も多かった。ただし、中学校2年以上になると、連想した数は減っている。「食べ物」と「栄養・カロリー」は中学校2年生以

上になると、連想した数が増えている。「エネルギーは体の中にある」という抽象的な認識が、「エネルギーは食べ物の栄養分から得られる」という具体的な認識に変化していると考えられる。注目すべきは小学校3年生に「体・人間」という連想が27人もあることである。この学年では、「人の体そのものが、エネルギーなんだ」という素朴な概念をもつものと思われる。

④“自然や環境と関係づけたもの”の中では、「太陽」と「光」に集中していた。特に中学校3年生が合わせて57人も連想している背景には、「植物は、太陽の光エネルギーによって光合成を行っている。」という認識が形成されていることが挙げられる。小学校6年生に多かった「水・火・風」は、おそらく「水力・火力・風力発電」を意識した連想であろう。エネルギー資源である「石油・ガソリン」は、少数ながら全学年に連想されているが、「石炭・ガス」についてはあまり連想されていない。大学生の記述したその他25は、すべて「熱」であった。中学校2年生に8人、中学校3年に6人の「熱」の記述があった。それ以下の学年にはほとんど書かれていないことから、大学生の場合は、エネルギーの種類の一つとして「熱エネルギー」の概念を認識しているため、その記述が多かったものと考えられる。

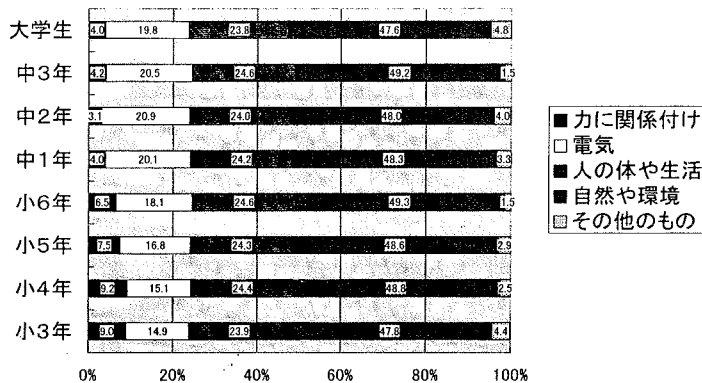


図2 「エネルギー」からイメージするもの

4つに分類した連想内容の構成比を学年別にまとめたものが、図2である。グラフから明らかのように、“電気と関係づけたもの”がすべての学年段階において第1位を占めている。これは現代の子どもたちが日常生活の中でいかに電気エネルギーの恩恵を受けているかの現れであろう。中学校理科の教科書においても、いろいろなエネルギーの紹介では最初に電気エネルギーを取り上げ、これは、わたしたちの生活を支える最も重要なエネルギーであるとしている⁵⁾。

“力と関係づけたもの”は小学校中学年で構成比が高く、20%を越えている。しかし、学年が上がるとその割合は下がっていき、10%以下となる。中学校3年生におけるエネルギーの定義が力学的な仕事と関連付けて行われることを考慮すれば、学校の理科学習で指導されるフォーマルな科学の内容は子どもたちにあまり影響を与えていないことになる。

“人の体や生活と関係づけたもの”は、各学年とも10%台になっている。小学校3年生が19.6%と、最も高かった。一方“自然や環境と関係づけたもの”は小学校中学年で10%あまりだったものが、中学校2・3年で20%を越え、大学生では31.2%となっている。エネルギーは自然界全体に関わるものであり、地球環境とも大きく関係しているという認識が、次第に形成されていく過程を表しているものと考えられる。

(2) 電気エネルギーとその重さの認識

設問2は、電気エネルギーの消費によって、乾電池の重さが変化するかどうかを聞いている。この調査により電気エネルギーは重さがあるかということ、児童・生徒・大学生について調べたものである。もし重さが変化すると考えたならば、エネルギーは物質と同じように質量を持つことになり、両者を混同した誤概念が形成されていることになる。

この問題については、結城らが「電気概念認識の実態」として詳しく報告している⁶⁾。その結果と今回の調査結果を比較しながら、考察を述べる。表3には乾電池の重さの変化に対する回答人数を、表4にその回答理由を学年別にまとめた。

表3 乾電池の重さの変化

回答	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生	計
重くなる	17	8	9	8	1	7	5	3	58
軽くなる	78	81	73	59	38	56	43	14	442
変わらない	37	35	56	76	64	35	55	53	411
無答	1	1	1	3	3	1	4	3	17
	133	125	139	146	106	99	107	73	928

表4 重さの変化の回答理由

	判断理由	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年
重くなる	電気之力(電流)が中に入る	1	0	3	2	0	0	1
	その他	7	5	4	4	1	1	2
	何となく	4	0	0	1	0	5	2
	わからない	5	3	2	1	0	1	0
	小計	17	8	9	8	1	7	5
軽くなる	電気がなくなる	39	37	21	26	18	18	8
	エネルギーがなくなる	23	7	19	11	4	5	0
	パワーを使ってしまう	0	16	17	2	2	7	5
	中にある物を使う	5	3	9	11	4	12	5
	自分で持つと軽く感じる	0	2	1	1	1	2	0
	その他	7	1	0	1	0	0	9
	なんとなく	2	4	4	4	2	7	10
	わからない	2	11	2	3	7	5	5
小計	78	81	73	59	38	56	42	
変わらない	電気には重さがない	3	10	19	31	33	12	13
	エネルギーには重さがない	1	0	2	8	5	1	2
	中身はかわらない	7	0	12	10	12	3	11
	実際に自分で持った	1	0	5	1	1	2	2
	その他	14	8	3	5	1	0	7
	何となく	8	13	10	12	7	11	9
	わからない	3	4	5	9	5	6	11
	小計	37	35	56	76	64	35	55
無回答	1	1	1	3	3	1	4	

「重くなる。」と答えた人数は全体的に少なく、小学校3年生に17人いたのが目立つぐらいである。その理由づけとしても、「何となく」や「分からない」が合わせて9人であり、それに対して、「軽くなる」と答えた人数はかなり多い。図3を見れば明らかなように、小学校3年生～5年生と中学校2年生において、半数以上になっている。その理由としては、「電気がなくなる」、「エネルギーがなくなる」、「パワーを使ってしまう」、「中にあるものを使う」といった消耗説がほとんどを占めている。「自分で持つと、軽く感じる。」という理由も、消耗説を背景とした誤概念にもとづくものと考えられる。

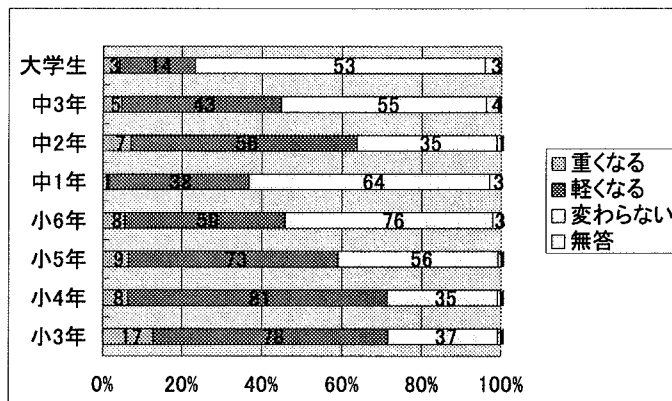


図3 重さの変化についてのグラフ

結城らの調査結果においても同様に、小学校2年から中学校2年生はすべて、半数以上の子どもたちが「軽くなる」と答えている。その理由もやはり消耗説が大半を占め、電気を「もの」として考えている子どもが多いと結論している。

一方、正答である「変わらない」と答えた人数の割合は、学年が上がるにつれて高くなっている。ただし中学校2年生の場合は、他学年に比べて正答率が低くなっている。この実態は近藤らの調査結果にもはっきり認められ、30%の生徒しか正答を選んでいない。その原因として彼らは、中学2年の結果が悪いのは、本調査の時期と授業における物質概念学習とが重なり、電気を「もの」としてとらえている生徒が多いと述べている。

(3) 電気のエネルギー認識

設問3では、電気がエネルギーだと思うかどうかを直接的にたずねた。そして、その判断理由を書かせることによって、電気に対する認識がエネルギー的であるかどうかを明らかにしようとした。電気がエネルギーかどうかの判断結果を表5に、その判断理由を表6に、学年別に示した。

表5 電気はエネルギーかどうか

回答	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生	計
エネルギーである	85	104	117	120	93	85	98	67	769
エネルギーでない	34	15	20	12	12	8	7	6	114
わからない	14	6	2	14	1	6	2	0	45
無答									0
	133	125	139	146	106	99	107	73	928

表6 電気はエネルギーであることの理由

判断	判断理由	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	計
エネルギーである	物(電気製品)を動かす	7	19	31	27	28	10	27	149
	明かりをつける	22	9	12	11	7	6	5	72
	熱を出すものがある	2	0	0	0	0	1	2	5
	電気=エネルギー	17	2	24	15	7	6	6	77
	いろいろ使われて役に立つ	0	2	0	5	2	4	3	16
	CMで聞いたことがある	0	4	7	7	5	2	3	28
	その他	7	5	3	5	6	0	5	31
	なんとなく	11	21	26	28	12	33	31	162
わからない	19	42	14	22	26	23	19	165	
	小計	85	104	117	120	93	85	101	705
エネルギーではない	電気とエネルギーは別物	6	5	9	4	4	2	2	32
	エネルギーは力みたいなもの	7	1	0	0	0	0	2	10
	エネルギーは体の中にある	6	0	0	0	1	0	1	8
	その他	6	0	4	2	2	0	0	14
	何となく	5	1	3	2	1	2	1	15
	わからない	4	8	4	4	4	4	1	29
	小計	34	15	20	12	12	8	7	108
	わからない(無回答)	14	6	2	14	1	6	2	45
	総計	133	125	139	146	106	99	110	858

どの学年とも「エネルギーである」と判断した人数が圧倒的に多い。しかし、小学校3年生で60%余りだったものが、4年生～6年生で80%余り、中学校3年生と大学生では90%余りと、発達段階に応じて高くなっている。

エネルギーと判断した理由づけについて、小学校3年生から中学校3年生まで「何となく」とか「分からない」といった科学的な根拠のない判断がかなりみられた。日常生活と関連づけて、「いろいろ使われて、役に立つ」や「CMで聞いたことがある」などの説明もあるが、小学校3年・5年・6年生で多かったのは、「電気とエネルギーは同じようなもの」という説明である。

それらに対して、「物を動かしたり、電気製品を働かせたりする」という説明は、仕事をなし得るという科学的な認識であり、各学年で約20～30人が回答していた。さらに、小学生に多かった「明かりをつける」と少数ながら、「熱を出すものがある」は、エネルギー変換によって仕事をしているという意味であり、適切な説明をしている。

一方、「エネルギーではない」と判断した回答が小学生に若干あり、3年生の25%強となっている。しかし、学年が上がるにつれて10%台からそれ未満へと減少していく。その理由づけとしては、「電気とエネルギーは別物」という解釈を、各学年で数名ずつしていた。小学校3年生の中には、「エネルギーは力みたいなもの」や「エネルギーは体の中にあるもの」といった、エネルギーを限定した説明があり興味深い。

(4) 電気エネルギーを得る仕組み

設問4は、他のエネルギーを変換して電気エネルギーを得る過程、すなわち発電の仕組みについてたずねたものである。各設問の発電方法と正答を次に示す。

- ①水力発電：水 ②火力発電：燃やす。燃烧させる。
 ③風力発電：風 ④乾電池：化学反応，化学変化，（電気，発電，電流，電力，電圧）
 ⑤原子力発電：原子

表7 電気エネルギーを得る仕組み

発電方法	回答	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生
水力発電	正答	77	91	117	132	96	89	101	73
	誤答	26	25	17	8	8	4	4	0
	無回答	30	9	5	6	2	6	2	0
	正答率	57.9	72.8	84.2	90.4	90.6	89.9	94.4	100.0
火力発電	正答	26	35	66	97	72	64	94	73
	誤答	37	44	43	17	14	14	3	0
	無回答	70	46	30	32	20	21	10	0
	正答率	19.5	28.0	47.5	66.4	67.9	64.6	87.9	100.0
風力発電	正答	54	50	91	100	80	80	90	73
	誤答	51	58	41	28	21	10	10	0
	無回答	28	17	7	18	5	9	7	0
	正答率	40.6	40.0	65.5	68.5	75.5	80.8	84.1	100.0
乾電池	正答	37	63	47	42	35	33	37	35
	誤答	27	15	25	22	22	20	19	14
	無回答	69	47	67	82	49	46	51	24
	正答率	27.8	50.4	33.8	28.8	33.0	33.3	34.6	47.9
原子力発電	正答	2	7	23	47	51	43	76	72
	誤答	54	63	71	49	31	23	10	1
	無回答	77	55	45	50	24	33	21	0
	正答率	1.5	5.6	16.5	32.2	48.1	43.4	71.0	98.6

表7は、各設問ごとの正答・誤答・無回答の数と正答率を、学年別に集計したものである。全体的には、下の学年ほど誤答や無回答の数が多く、上の学年になるにつれてそれらが減少してくる。しかし、乾電池については、学年の段階と誤答や無回答の数とはあまり関係がないものと思われる。

発電の仕組みの正答率を折れ線グラフに表すと、図4のようになる。学年が上がるにつれて正答率は高くなっていくが、水力発電、風力発電、火力発電の順に正答率が高いことが分かる。原子力発電については、小学校中学年では理解が著しく低く、5年、6年、中学生と急激に正答率が高くなっている。これは、社会科やテレビなどのニュースの原子力に関する情報が、子どもたちの発達にとまって着実に受容されていくからと考えられる。

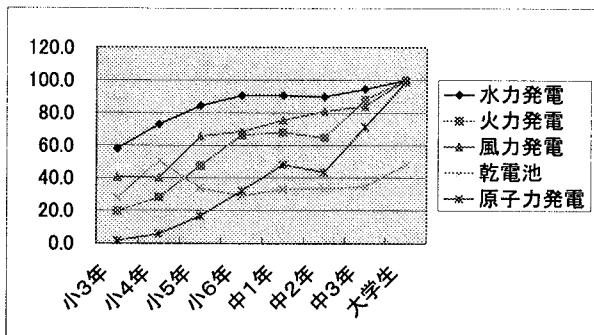


図4 発電の仕組みの正答率

4種の発電方法に対して、乾電池で電気を起こす仕組みについては、正答率が横ばい状態である。小学校4年生の正答率が、大学生の正答率を上回っているのは、意外な結果であった。しかし、化学反応や化学変化といったエネルギー変換を認識した回答をした人数は少数にすぎない(小学5年3人, 6年2人, 中学1年1人, 2年1人, 3年20人, 大学11人)。理科の実験や日常生活においてよく利用する乾電池の仕組みが十分には理解されていないものと思われる、指導の工夫が必要である。

(5) 太陽電池によるエネルギー変換

設問5は、太陽電池によるエネルギーの変換システムをたずねたものである。ア～ウに当てはまるエネルギー名は ア：光 イ：電気 ウ：運動(力・動力, 回転)となる。

表8はエネルギー名ごとの回答数と正答率を、学年別に集計したものである。

表8 太陽電池によるエネルギーの変換システム

設問内容	回答	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生
	光	51	50	86	94	67	54	73	63
	電気	24	29	26	15	18	12	15	2
電球から出るエネルギー	太陽	4	3	1	1	0	1	2	0
	その他	4	5	2	4	5	6	1	5
	無回答	50	38	24	32	16	26	16	3
	正答率	38.3	40.0	61.9	64.4	63.2	54.5	68.2	86.3
	電気	25	27	46	43	32	19	41	40
	太陽	10	12	16	18	15	7	10	2
太陽電池によって変換されたエネルギー	光	7	9	9	12	6	2	6	3
	電池	8	9	16	6	8	2	2	0
	熱	1	0	1	1	1	5	5	15
	その他	15	10	14	10	7	14	4	3
	無答	67	58	37	56	37	50	39	10
	正答率	18.8	21.6	33.1	29.5	30.2	19.2	38.3	54.8
	力・動力	15	14	13	9	17	8	24	28
	回転	0	1	0	0	1	0	4	2
	運動	0	0	0	0	0	0	0	8
プロペラを回すエネルギー	電気	22	26	29	27	21	13	11	9
	モーター	10	0	13	10	2	4	8	3
	風	6	9	17	16	20	24	13	3
	その他	15	11	16	12	2	0	1	2
	無答	65	64	51	72	43	50	46	18
	正答率	11.3	12.0	9.4	6.2	17.0	8.1	26.2	52.1

アの電球から出るエネルギー名は、「光」という正答が最も多いが、「電気」という誤答もかなりある。これは、電球であるがゆえに「電気」のエネルギーも外へ出るのではないかという素朴な考えであると思われる。イの太陽電池によって変換されたエネルギー名についても、「電気」という正答が最も多いが、「太陽」・「光」・「電池」といった誤答もかなりある。おそらく『太陽電池』という名称から直接的にこれらのエネルギーを考えたものと思われる。ウのプロペラを回すエネルギー名については、回答がさまざまであった。正答の中では「力・動力」が最も多く、正式なエネルギー名である「運動」は、大学生に8人回答された。誤答例としては「電気」が最も多く、「モーター」や「風」もかなりある。プロペラと密接に関連した回答ではあるがエネルギー変換のつながりとしては不十分な認識である。

太陽電池によるエネルギー変換の正答率を折れ線グラフに表すと、図5のようになる。電球から出るエネルギーについては正答率が高くなっていくが、他のエネルギーについては中学校2年生まで理解が不十分な状態である。中学校3年生や大学生の場合も、太陽電池によって変換されたエネルギーとプロペラを回すエネルギーの区別は、決して十分とはいえない。

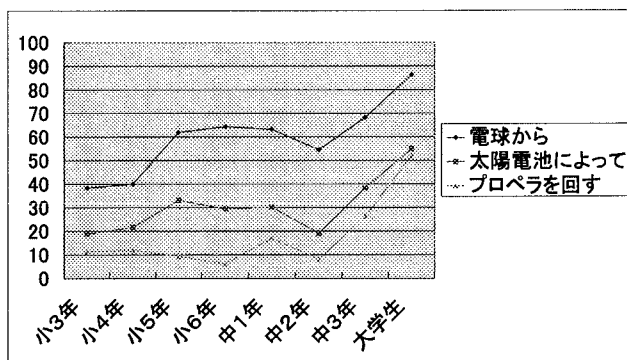


図5 太陽電池によるエネルギー変換の正答

表9 プロペラを速く回す子どもたちの説明

説明された方法	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生
電球の光を強くする	29	16	41	62	49	48	54	57
電球の数をふやす	1	1	6	3	4	3	1	2
電球を近づける	0	3	8	1	0	2	2	2
光を集める	2	2	10	2	0	0	0	1
太陽の光をあてる	5	5	13	10	5	0	2	1
太陽電池の向きを変える	1	0	7	1	4	0	0	0
太陽電池を大きくする	2	4	0	2	4	1	8	16
太陽電池の数をふやす	3	1	8	9	10	2	10	7
電流(電力)を強くする	6	12	3	6	16	6	5	0
エネルギーを加える	8	3	3	4	2	2	4	0
モーターを強力にする	4	0	2	7	3	1	8	4
プロペラを軽くする	1	8	0	0	0	0	3	5
風を当てて回す	10	13	6	6	4	6	6	0
その他	7	7	7	7	3	3	2	0
わからないまたは無答	61	60	26	31	16	27	20	4
総計	133	125	139	146	106	99	107	73

設問5の(2)では、プロペラを速く回すにはどうすればよいかを自由に記述させるようにしている。子どもたちが説明した方法を分類し、学年別に集計したものが表9である。

説明された方法の中で最も多かったのが「電球の光を強くする」で、すべての学年において回答数が第1位である。しかし、実際の操作としては、「電球の数を増やす」「電球を近づける」「光を集める」「太陽電池の向きを変える」などが挙げられる。さらに「太陽の光を当てる」という方法も、光を強くする操作的なものである。抽象的な方法の「電球の光を強くする」は、子どもたちの発達にともなって回答率が急上昇している。ところが、操作的な方法の「太陽の光を当てる」は、小学校5年生をピークとして回答率が下がっていく。

図6は光を強くするための操作的な方法を回答させたものである。人数が、学年別に示してある。小学校5年生において、どの方法にも最多の回答者がいる。この結果は、4年生の2学期に太陽電池を使った操作的な実験・観察活動をした成果であると考えられる。頭の中では「光を強くする」といっても、実際に何をすればよいのか迷ってしまうので、実験における操作的な活動が重要であることを示している。

他に説明された方法の中で、「太陽電池を大きくする」と「太陽電池の数を増やす」は、日光を受ける面積を広げるという意味で、共通している。上の学年にこの回答が多かった。さらに、「電流(電力)を強くする」と「エネルギーを加える」は、モーターを速く回転させるための方法であると推測される。一方、「モーターを強力にする」や「プロペラを軽くする」は、エネルギーの変換効率を上げるための方法であり、共通している。ミニ四駆やラジコンなどを操作した経験の豊富な子どもの回答であると思われる。

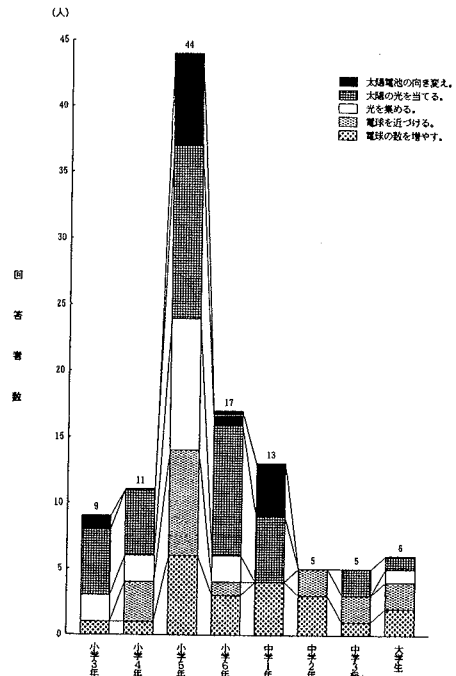


図6 光を強くするための操作的な方法

(6) 太陽電池(光電池)の利用方法

設問6は、太陽電池がどんなものに使われているかという応用例をたずねたものである。実物を直接見たり触れたりした経験はもちろんのこと、写真やテレビ画面で間接的に知った経験も、この知識に関係していると考えられる。

表10及び図7に、太陽電池を応用したものの集計結果を学年別に示している。「ソーラーカー」の回答率が高く、小学校5年生以上になるとほぼ半数以上になっている。4年2学期の理科学習でソーラーカーセットを組み立てることが多いためであろう。ただし、まだ学習をしていない3年生と4年生の場合でも、23%~30%の回答率があるということは、子どもたちのソーラーカーに対する関心の高さを示している。

表10 太陽電池を応用したもの

利用機器	小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	大学生
ソーラーカー	30	38	81	79	74	49	76	50
電卓	8	2	20	9	10	4	27	33
時計	2	4	26	19	5	3	4	13
ソーラーシステム	1	6	6	14	12	4	11	9
太陽光発電	1	3	5	5	3	3	6	4
人工衛星	1	1	1	1	1	0	3	4
街灯・道路標識・点滅灯	3	3	5	3	0	3	2	7
ソーラーボート飛行機	1	0	1	2	2	0	1	0
その他の利用機器	3	3	4	2	1	0	0	0
太陽熱温水器朝日ソーラー	2	5	22	27	32	24	39	43
その他の誤った機器	39	16	14	6	6	0	2	3
無答・分からない	66	65	31	38	21	36	20	1
総計	133	125	139	146	106	99	107	73

電卓の場合は意外と少なく、10%未満の回答率しかない学年が多かった。実際に使ってはいても、「これは電池で動いているんだ。」という認識に終わっている可能性が高いものと思われる。

その次に「時計」、「ソーラーシステム」、「太陽光発電」と続き、「人工衛星」は、ごく少数の子どもしか認識していない。宇宙開発にあまり興味を持っていないためとも考えられる。

逆に誤った認識としては、「太陽熱温水器」が圧倒的に多い。しかも学年が上がるにつれて回答率が高くなり、大学生になると59%もの高い率になっている。図7でしめすように、ソーラーカーに次ぐ回答率となっている。その理由の一つとして、「朝日ソーラー」などの商標名が大きく影響しているものと思われる。コマーシャルで盛んに宣伝され、「ソーラーカーと同じように太陽電池が使われているのではないか。」という誤った認識につながったと考えられる。太陽熱温水器とは対照的に無回答（分からない。）は学年が上がるにつれて減少している。

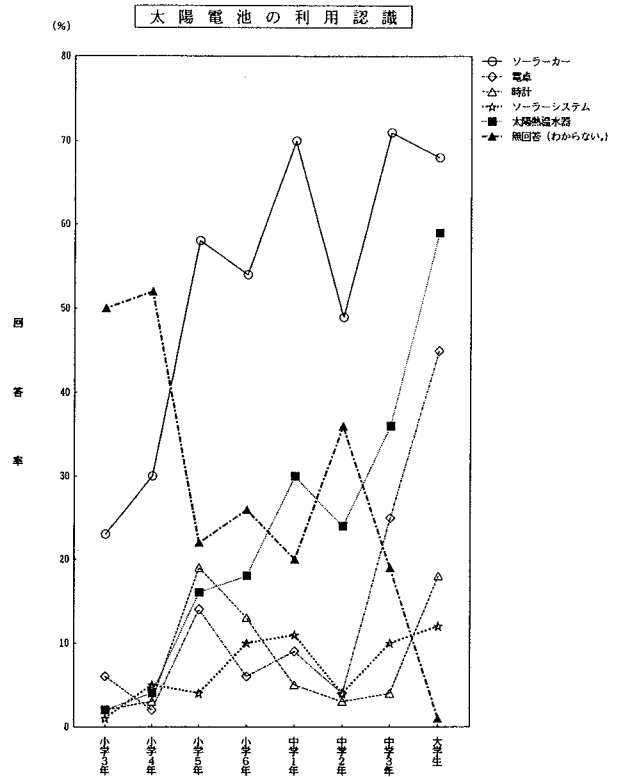


図7 太陽電池を応用したもの

1-5 調査結果のまとめと授業実践への課題

ほとんどの子どもたちは、「電気はエネルギーである」と認識している。しかし、その判断理由に科学的な根拠があまりなく、テレビのCMやアニメ番組などのインフォーマルな情報によって、ただ何となく「電気はエネルギーなのかな」と感じているのである。そこで、この認識を、電気は仕事をなし得るといふ科学的な認識へと変容させていく必要がある。

そのためには、「電気って物を動かせるんだ」とか「電気て明かりがつくんだな」とか「電気て熱を出すこともできるんだ」といった電気エネルギーによって仕事をしている実感を持たせる必要がある。理科の学習においては、実験で様々な操作的活動を取り入れていくことが重要である。

太陽電池によるエネルギー変換の正答率は、かなり低かった。特に目立ったのが無回答であり、エネルギーの名称が思いつかない子どもが多い。エネルギーについては特に小学校理科では科学用語として学習していないため、その種類を知らないのが要因となっているのかも知れない。しかし、「太陽電池って光が当たると電気が起こるんだ」という認識が確実にできていれば、このような結果にはならないはずである。例えば、太陽電池によって変換されたエネルギーについて、73名中15名(21%)の大学生が「熱」のエネルギーと回答している。これは「太陽熱温水器には太陽電池が使われている」という誤った認識にもとづいたものであろう。さらに、今回調査の大学生が小学生の時は小学校理科で太陽電池を扱っていなかった。したがって、太陽電池によるエネルギー変換の認識が低い要因となっていると考える。

以上のような問題点を解決するために授業実践を行うことにした。実践に向けての課題としては次の点が考えられる。

- ①「電気はエネルギーだ」という実感をもたせるために、乾電池や光電池を使ってモーターを動かしたり、豆電球を光らせたりする活動を十分に行う。
- ②「光電池は光が当たると電気が起こる」という科学的な認識が身に付くように光電池を使った実験や製作活動を多く取り入れる。
- ③一人一人が実際に光電池を使って操作的な活動ができるように児童の人数分光電池を用意する。
- ④光電池が応用されていることをビデオ等の教材を活用する。

以上、これらの課題を念頭において授業を実践した。

II 光電池教材による授業実践

II-1 対象児童の実態

授業実践の対象児童はM小学校の4年A組である。4年生は3学級に分かれ、1学級が27～28名の少人数になっている。男子12名・女子15名・計27名の学級である。子どもたちは日頃から真摯な学習態度で授業に臨み、友達を大切にしようとする姿勢が見られる。理科は担任外の先生が指導されているが、学級の児童は実験に意欲的に取り組み、発見したことや不思議に思ったことを友達同士で素直に認め合うことができる、ということである。

太陽電池(光電池)については、ソーラーカーの写真を見たり電卓の操作をしたりした経験から、ほとんどの児童がその存在を知っている。ソーラーカーが動く仕組みについても、調査問題の選択肢の中で「日光が当たると電気が起き、モーターを回して走っている。」という説明を、81%の児童

が選んでいる。

しかし、「電気を光に変えたり、光を電気に変えたりする器具にはどんなものがありますか。」という問いに対しては、3～4名の児童しか正答できていない。この結果は、光電池を実際に手に取って光を当てながら電気を起こした直接経験の少なさに起因していると考えられる。

「電気のはたらき」実施時期については、理科の年間指導計画に従って、10月から11月とした。光電池を扱う関係上、理科の学習時間と好天の日を調整しながら、授業を進めていった。

II-2 授業実践の主題と単元目標の設定

これまで述べてきたことに基づき、授業実践のテーマをエネルギー的な見方を養うには、どうすればよいかを中心に次のように設定した。

まず第一の手立てとして、『直接経験の重視』が考えられる。乾電池や太陽電池を使った実験を豊富に行うことが大切である。伊藤も、理科教育の構造を解説する中でこのことにふれ、「主軸になる学習活動」は、観察・実験である、と述べている⁷⁾。実験をしながら、「電気っているんなものが動かせるし、光や熱も出せるし、不思議な力を持っているんだな」というエネルギー的な見方が養われていくのではないかと考える。

第二の手立てとしては、『変換(変身)への関心を高めること』が挙げられる。「豆電球は電気を光に変身させるけど、光電池は光を電気に変身させるんだ。」という子どもの気づきを誘発するように学習を進めていく必要がある。それが、「光電池って、太陽の光がいくらでも電気に変身させられて、すごいなあ。」という認識が高まれば、光電池学習の大きな成果につながるのである。

単元目標の構造については、図8に示している。次の4つの観点について設定した。エネルギー的な立場で補足説明をすると、次のようになる。

(関心・意欲・態度)

電気エネルギーを得る変換方法について知る。

(科学的な思考)

電気エネルギーが強いと、なし得る仕事も大きくなるという見方や考え方ができる。

(観察・実験の技能・表現)

光エネルギーが強いと、光電池で変換される電気エネルギーも強くなる関係を調べる。

(知識・理解)

乾電池の数やつなぎ方によって、生じる電気エネルギーの強さも変化することが分かる

単元名	電気のはたらき	指導時期	10月上旬～10月下旬	指導時間	10時間+ゆとり1時間
単元目標	<p>【関心・意欲・態度】いろいろな方法で電気が起こることを知り、変じた電気の働きを積極的に調べようとする。</p> <p>【科学的な思考】電気の強さによってその働きが変化するという見方や考え方ができるようにする。</p> <p>【観察・実験の技能・表現】光電池を使い、光の強さと取り出せる電気の強さとの関係を調べることができる。</p> <p>【知識・理解】乾電池の数やつなぎ方によって、モーターの回り方や豆電球の明るさに違いがあることがわかる。</p>				
	<p>モーターを回すには、どうすればよいだろうか。</p> <p>↓</p> <p>※乾電池・光電池・手回し発電機でモーターを回す。(1時間)</p> <p>光電池や手回し発電機でも、モーターを回すことができます。</p> <p>↓</p> <p>どのようにすると、モーターがよく回るだろうか。</p> <p>↓</p> <p>※光電池と手回し発電機を使って、モーターがよく回る方法を工夫する。(1時間)</p> <p>光電池：日光を遮断に当てると、隣で日光を戴ねる。(光電池を2つつなく) 手回し発電機：ハンドルを速く回す。</p> <p>↓</p> <p>光電池とモーターを使って、動くおもちゃを作ろう。</p> <p>↓</p> <p>※動くおもちゃを製作し、日光を当てて動かしてみる。(2時間)</p> <p>光電池を日光に垂直に向けると、日光の当たらない所では動かないので、隣を利用したり電灯を使ったりする。</p> <p>↓</p> <p>光電池を使うと、モーターの回る速さが変わるのなぜだろうか。</p> <p>↓</p> <p>※光電池に当たる光の強さが変わると、光電池の電圧も、から出る電流の強さも、検出される電圧も変わる。(2時間)</p> <p>光電池に当たる光が強いと、流れ出る電流が強くなって、モーターが速く回る。</p> <p>↓</p> <p>乾電池を使って、作ったおもちゃを動かしてみよう。乾電池2個を とつなぎっぱなし、モーターが速く回るとなるだろうか。</p> <p>↓</p> <p>※乾電池でできるおもちゃのモーターを回し、2個の乾電池を いろいろ方法でつなげて、回り方を調べる。(2時間)</p> <p>乾電池の+極と-極をつなげば、モーターが速く回るとなる。(逆列つなぎ)</p> <p>↓</p> <p>逆列つなぎは、なぜモーターが速く回るとなるだろうか。</p> <p>↓</p> <p>※電圧を計測し電流を計測しながら実験し、電圧と電流の関係を調べる。(2時間)</p> <p>逆列つなぎは、強い電流が流れて、モーターが速く回る。並列つなぎは、 乾電池1個の時と同じ位の電流が流れ、モーターは同じ位の速さで回る。</p>	<p>教員(講義)</p> <p>モーター プロペラ 乾電池・光電池 手回し発電機</p> <p>鏡、導線</p> <p>プロペラの ピン 牛乳パック ロー OHP</p> <p>電圧計・スタンド</p> <p>乾電池2個 ボックス</p> <p>豆電球</p>			

図8 電気のはたらきの単元構造図

II-3 単元構造と手回し発電機の導入

「電気のはたらき」の単元構造図を作成し、授業実践の計画を立てた。二重の□には、子どもたちに問いかける学習問題を示し、一重の□には問題に対する結論を示した。↓の所にある*の文は、問題解決のための実験や製作を表している。単元構造を考えるに当たって配慮したのは、子どもたちの思考が途切れないようにしたことと、子どもたちが主体的に取り組める活動を取り入れたことである。

子どもたちの興味は、おそらく「モーターを速く回したい。」や「動くおもちゃを作って、遊びたい。」に向かうであろう。そこで、エネルギー的な見方を養う活動を、意図的に構成する。例えば、光電池や鏡を自由に使って、光エネルギーをたくさん電気エネルギーに変換するとか、光電池で効率よくおもちゃを動かせる（エネルギー変換の効率を上げる）方法を工夫するとかである。

さらに、新たな取り組みとして、『手回し発電機』を光電池教材と関連して活用することにした。「総合的エネルギー学習の実践的研究」の中で、内川は手回し発電機を次のように紹介している⁸⁾。すなわち、ゼネコンという商品名で市販されており、ランプをつけたときと空回りをさせたときの手ごたえの違いや、ニクロム線の長短による発熱量の違いと手ごたえの関係など、電気エネルギーを媒介として、エネルギーを感覚的にとらえさせることができる教具である。

この手回し発電機は、中学校理科の教科書にもよく紹介されている。例えば仕事-電力の変換を体験する実験に活用されている。購入するときにも安価であり、小学生にも安全で手軽に使えるため、本単元で活用することにした。

II-4 指導の実際

(1) 自由試行

実施単元「電気のはたらき」の導入においては、自由試行 (Messing About) を行った。この自由試行について杉本らは、ホーキンスがメッシングアバウトの発想をESSに取り入れたきっかけや、ESSカリキュラムが日本に紹介されてからの自由試行の解釈や取り組みについて解説している⁹⁾。すなわち、我が国では1970年前後から低学年の理科で自由試行を実施する試みがなされ、小学校で主体的な問題解決の学習における導入段階でこれを生かす『自由な試行活動』が導入された。これはホーキンスの形式陶冶に力点をおく探索活動というより、形式と実質を調和させ、子どもの主体性を貫く問題解決を成立させるための工夫で、我が国独自のものといえる。筆者らも、この立場で自由試行を行った。

「モーターを回すには、どうすればよいのだろう。」という問題に対して、子どもたちは、乾電池・光電池・手回し発電機を自由に使い、プロペラの付いたモーターを回す活動を行った。図9に、この学習過程を示す。

自由試行の学習過程

①本時のねらい
*いろいろな方法で電気を起こす活動をし、電気の働きに興味を持つ。
*手回し発電機の存在を知り、モーターを回すには仕事が必要であると実感することができる。

②準 備 モーター、プロペラ、乾電池、光電池、手回し発電機

③学習過程

学習活動	指導上の留意点	時間
1. プロペラの付いたモーターを見て、本時の問題を知る。	1. モーターの提示方法を工夫し、児童一人ひとりの反応を確かめながら、問題を明らかにする。	5/5
モーターを回すには、どうすればよいのだろう。		
2. モーターを回す方法について話し合う。 *乾電池をつなぐ。 *光電池をつなぐ。 *手で回す。 *手回し発電機をつないで、回す。	2. モーターを回した経験のある子に、積極的に発表させる。 ○乾電池や光電池はモーターに電気を流すことから、電気を起こすものはまだないか考えさせる。	10/15
3. 乾電池・光電池・手回し発電機でモーターを回す。	3. 乾電池と光電池は一人ひとりが自由に使うように指示し、手回し発電機はグループ内で順番に使うようにさせる。	15/30
4. わくわく理科日記を書く。	4. おもしろかったこと・発見したこと・調べてみたいことを、個人で書かせる。	10/40
5. 理科日記に書いたことを発表する。	5. 本時のまとめをするとともに、次時への課題を持たせたい。	5/45

図9 プロペラのついたモーターを回す学習過程

学習活動2の話し合いでは、モーターを回す方法として、「乾電池をつなぐ」はすぐに児童から出た。ただし、実際に乾電池をつないでモーターを動かした経験ある子を聞いたところ、5名しかいなかった。直接経験の少なさを実感して驚いた。次の方法として、「太陽電池をつなぐ」が出た。中には、「ぼくは、お姉ちゃんのソーラーカーを動かしたことがありますよ。」と発言した子もいて感心させられた。さらに、「手で回す」という方法が出た。確かに正解である。教師の立場では予想できなかったが、子どもらしい発想に思わず納得させられた。「乾電池のように電気を起こすものは、他にありませんか。」と問いかけたが、子どもが思いつかなかったので、「手回し発電機」は教師が提示し、使い方を説明した。

学習活動3で自由試行活動を行った。子どもたち一人ひとりが乾電池・光電池・手回し発電機を使い、意欲的に活動できた。ほとんどの子どもが初めての経験であり、新たな発見や驚き、そして疑問が生じたことと思ひ、自由試行の後で「わくわく理科日記」を書かせた。その例を4名、図10に示す。

S児はモーターを自分で回した経験がなく、電池でプロペラの動くこと自体が楽しかったようである。さらに、太陽の光でプロペラが動くことに驚きを感じ、「どうして太陽の光でプロペラが回るのかが調べてみたい」という問題意識を持つことができた。

I児は学習全般に理解が不十分な児童であるが、自由試行によって、太陽電池でプロペラを回す楽しさや電池でモーターが動く驚きを感じ、「これからすごいものを調べてみたい」という学習意欲が生じている。

N児は知識・理解が抜群で、科学的な思考力も優れている。自由試行の中で手回し発電機に興味を持ち、モーターがとても速く回ったことから、家にある発電機について調べてみたいと感じている。自転車の絵が描いてあることから、ライトをつける発電機の存在を既に知っていることが分かる。

T児も今までにモーターを自分で回した経験がなく、導線を電池につないだらプロペラが回るのを初めて知って驚き、太陽電池でプロペラを回したことが面白かったようである。さらに、「どうやったら日光をエネルギーに変えられるか、調べてみたい」というエネルギー的な見方をしていることは注目に値する。

「わくわく理科日記」に書かれた学級児童27名の反応をまとめると、次のようになった。

◎面白かったことや楽しかったこと

- | | |
|--------------------------|-----|
| * 光電池でプロペラ (モーター) を回したこと | 12名 |
| * 電池でプロペラ (モーター) を回したこと | 6名 |
| * 手回し発電機を使ってプロペラを回したこと | 5名 |
| * プロペラやモーターを動かしたこと | 4名 |

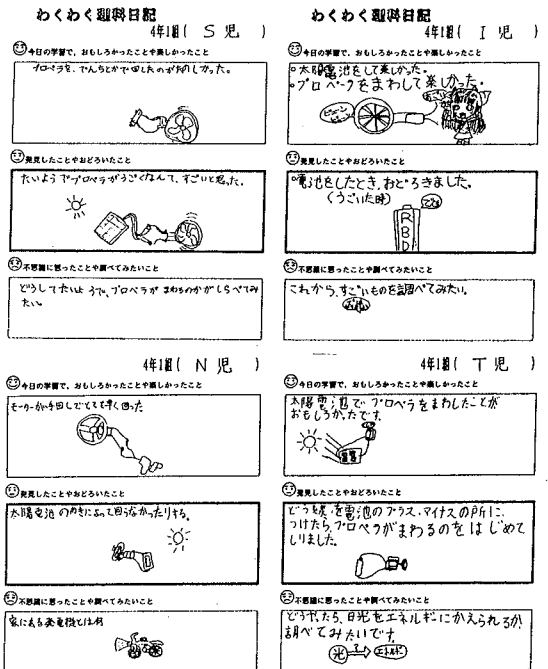


図10 わくわく理科日記

◎発見したことや驚いたこと

*日光（太陽電池）でプロペラが回ったこと	10名
*電池でプロペラがよく回ったこと	4名
*手回し発電機を回すとプロペラが回ったこと	2名
*モーターを動かせるのは、電池だけじゃない。	1名

◎不思議に思ったことや調べてみたいこと

*どうして日光でプロペラが回ったのか	6名
*いろんな発電機について	2名
*モーターはどうやって動いているのか	1名
*手回し発電機の中がどうなっているのか	1名

以上の結果を見ると、どの項目についても光電池関係がトップになっている。このことから、子どもたちが光電池に強い関心を示していることが分かる。

本時の自由試行によって、子どもたちは電気でモーターを動かすという直接経験をし、「日光でプロペラが回るなんて驚いた。光電池について調べてみたい。」などの問題意識を持つことができた。

(2) 動くおもちゃ作り

自由試行の次に、「どのようにすると、モーターがよく回るだろう」という問題を投げかける単元構成を組んだ。しかし、子どもたちの意識の中にはモーターを速く回したいという願望がまだないことと、理科の時間に晴天に恵まれなかったことが重なり、初めに動くおもちゃ作りに取り組むことにした。

図11に学習過程を示す。まずポリびんを利用したプロペラカーを提示して、製作への意欲を高めた。次に、「光電池を使って動くおもちゃには、どんなものがありますか。」と問いかけたところ、「ソーラーカー（プロペラカー）です。」とすぐに反応があった。ところが、次の発想がなかなか出てこない。そこで、「遊園地には動くものがたくさんありますよ。」とアドバイスしたところ、コーヒーカップ・観覧車・メリーゴーランドなどを思い付いた。それから自分の作りたいものを決め、同種のおもちゃを作る製作グループに分かれて、それぞれ教え合いながら製作活動を行った。

[製作グループの構成人数]

プロペラカー	10名（すべて男子）
コーヒーカップ	6名（すべて女子）
観覧車	5名（女子4名・男子1名）
メリーゴーランド	4名（すべて女子）
ミキサー	2名（女子1名・男子1名）

男子の興味は、やはりプロペラカーに集中した。モーターと車軸をプーリーや輪ゴムでつなが普通のソーラーカーの場合は、容易に動かすことができるので、工夫しないと動かないプロペラカーを意図的に作らせた。モーター・プロペラ・車軸・車輪はセットに入っているものを使い、車体を自分の用意した材料で作るようにした。空き箱・牛乳パック・食品トレーなどを活用して、子どもたちは製作を進めていった。ところが、教師の意図した通りには簡単に動かない。「なぜだろう。」と

悩む子どもたちをよく見ると、車輪が車体の牛乳パックにつかえているので、回らないのである。「回りの部分を切ったらいいんだ。」と気づき、車輪が回転するようにした。空き箱やトレーを車体にして子どもたちは、車軸が車体に触れる部分の摩擦が大きくて、やはり動かない。よく見ると、車軸を通す穴がぎざぎざになっている。そこで、「ストローを車体にさして、その中に車軸を入れるとうまく回りますよ。」と指導した。

次にやっと光電池にライトの光を当てて動かしてみる。少しは動くが、なかなか走らない。「なぜだろう。」とまた悩んだのち、「車体が重たいんじゃない」と気付いた子どもは、軽くするための方法を考えていった。結局一番よく走ったプロペラカーは、トレーとストローをうまく利用して作ったものであった。また、遊園地のおもちゃの場合は、回る部分が大きくて、重さを軽くしたり重心で支えて回転するように調節したりと工夫すれば、うまく回ることに気付いていった。

こういった製作活動における工夫は、電気エネルギーをいかに効率よく運動エネルギーに変換するかという工夫に通じるものである。動くおもちゃ作りの活動を通して、子どもたちはエネルギー的な体験ができたと思われる。ところが、実際の理科授業では、教師はどうしても市販の教材セットに頼りがちである。それでは、エネルギー的な体験活動が十分には行えないと考える。

①本時のねらい (2時間扱い)

- * 光電池とモーターを使って、動くおもちゃを工夫して作るようになる。
- * 同じ目的を持った児童が集まった製作グループの中で、教え合いながら意欲的におもちゃを作ろうとする。

- ②準備 モーター、プロペラ、光電池、段ボール紙、トレー、車輪、車輪、カップ、空き箱、牛乳パック、はさみ、セロハンテープ

③学習過程 (第1時)

学習活動	指導上の留意点	時間
1. プロペラカーと回る花の見本を見て、どんなおもちゃを作るのかわかる。	1. 見本が光電池で実際に動くのを見せて、製作への意欲を高める。 ○ 見本以外のおもちゃでもよいことを知らせ、作品を自由に考えさせる。	10 / 10
光電池とモーターを使って、動くおもちゃを作ろう。		
2. 自分の作りたいものを発表し、製作グループに分かれる。 * プロペラカー * コーヒーカップ * メリーゴーランド * 観覧車 * ミキサー	2. 作りたいものが決まったら、同じ目的を持った子ども同士が集まって、製作グループを作るように指示する。 ○ グループ内で教え合いながら、一人ひとりの発想を生かすことが大切であると助言する。	15 / 25
3. 動くおもちゃの設計図を書く。	3. 作品の構想を持たせるとともに必要な材料の確認をさせる。 ○ 製作グループを選別しながら、進行状況の把握と支援を行う。	20 / 45

動くおもちゃ作りの学習過程 (第2時)

④学習過程 (第2時)

学習活動	指導上の留意点	時間
1. 製作グループに分かれて、本時のめあてを確認する。	1. 前時に書いた設計図に基づき、グループの中で協力しながらおもちゃ作りを進めていくように指示する。	5 / 5
光電池とモーターを使って、動くおもちゃを作ろう。		
2. グループごとに動くおもちゃを作る。 * プロペラカー * コーヒーカップ * メリーゴーランド * 観覧車 * ミキサー	2. 随時乾電池や光電池を使ってモーターを動かしてみさせる。うまく動かない場合や構造上不安定な場合は、設計図と違ったおもちゃを製作させる。 ○ 製作グループを選別しながら、うまく作れない児童の支援をしたり、活動における評価を行ったりする。	30 / 35
3. 作ったおもちゃの発表会をする。	3. 一つの製作グループでまとまって、作品の紹介をさせる。 ○ 他のグループの子が乾電池を持ち、紹介の時おもちゃが動くのを学級児童に見せるように配慮する。	10 / 45

図 11 動くおもちゃ作りの学習過程

(3) モーターがよく回る方法の工夫

おもちゃ作りをして、光電池に光を当てて実際におもちゃを動かしてみると、子どもたちは「もっと速くモーターを回したい」という意欲をもつようになってきた。そこで、いよいよ「どのようにすると、モーターがよく回るだろう」という課題を子どもたちに投げかけた。その学習過程を図12

に示す。まず子どもが考えた方法は、「光電池を太陽の方に向ける。」である。これは、作ったおもちゃを動かす時に、光電池が太陽の方に向いていないとうまく動かなかった経験から考えられたものである。

次に思いついた方法は、「鏡で光を集めて当てる。」である。これは、3年生の時に鏡を使って光集めをした経験を思い出したものである。もう一つの方法は、「光電池を何個かつなげる。」である。これは、ミニ四駆のモーターを乾電池で動かしたことがある子が2個の電池を直列につないだ経験から考案したものであろう。

これらの思いついた実験方法は、学習カードの予想欄に理由とともに記入させるようにした。方法を考案した人数は、次のようになった。(1名欠席のため、全26名)

- 【方法1】 光電池を太陽の方に向ける。……………20名
 (理由) 光電池は、太陽の力で動くから。 太陽の光が強くなるから。
 光電池は光を電気に変えるから、太陽に向けると多く光が当たる。
- 【方法2】 鏡で光を集めて当てる。……………13名
 (理由) 鏡で3年生の時に光を集めたから。 鏡で光を反射させた方が、光が強くなるから。
 鏡を当てると、太陽の光がいっぱい当たるから。
- 【方法3】 光電池を何個かつなげる。……………2名
 (理由) 何枚もつなげたら、その分速く回る。 光がよく当たるから。

理由を見ると、子どもたちが光の強さに注目していることが分かる。中には、「光電池は光を電気に変えるから」というエネルギー変換的な見方ができるようになった児童もいる。これらは、自由試行と動くおもちゃ作りによって、光電池の働きが子どもたちに認識されつつあることを示していると考えられる。

①本時のねらい

- * モーターがよく回る方法を自分なりに考え、2つ以上の実験をして調べることができる。
- * 光電池を使ってモーターを速く回す経験から、電気の流れを体感することができる。

②準備 モーター、プロペラ、光電池、鏡、学習カード

③学習過程

学習活動	指導上の留意点	時間
1. 光電池を使って発見したことや不思議に思ったことを発表する。	1. 前時までの学習を想起させ、児童の意識が本時の学習につながるよう配慮する。	5 / 5
2. 学習問題を知る。	2. 十分に問題を意識づけておく。	5 / 10
どのようにすると、モーターがよく回るだろう。		
3. 結果を予想し、自分なりの実験方法を考える。 * 光電池を太陽の方向に向ける。 * 鏡で日光を集める。 * 光電池をつなぐ。	2. 予想が立てられない子もいるので、思いついた子に発表させて、実験の見通しを持たせる。 ○ 実験方法は、グループ内で教え合って、一人が2つ以上の実験をするように指示する。	15 / 25
4. 実験をする。	4. グループ内で協力しながら実験を進めさせる。 ○ 実験の様子を巡視しながら、適切な支援をしていく。	15 / 40
5. 実験の結果を学習カードに書く。	5. 2つ以上の実験ができたかどうか確認し、できなかった実験は後で自主的に行うように助産する。	5 / 45

図12 モーターがよく回る方法を工夫した学習過程

実験方法を個人で考えた後で、何通りの方法を思いついたか確認したところ、2通り以上の児童は9名しかいなかった。そこで、グループの中で個人の考えた方法を教え合い、2通り以上の実験をすることにした。一人ではなかなかできない方法もあるため、グループ内で協力しながら実験を進めさせた。その結果、3通りの方法ともモーターがよく回ることを、子どもたちは直接確かめることができた。

調べた結果を学習カードに記録したものが、図13である。K児の結果を見ると、3通りの実験結果が図とともに示してある。鏡で光を反射して当てる場合は、“太陽なし”すなわち日陰であってもプロペラが回ることに気づいている。C児の結果を見ると、鏡1枚より2枚、2枚よりも3枚と、段階的によく回るようになることに気づいている。これは、光の強さにもなってプロペラの回転も速くなるという、光エネルギーと回転(運動)のエネルギーを結び付けた見方が芽生えてきているものと考えられる。

理科学習カード

4年組 (K 児)

まどまり	電気のはたらき 11月4日(火)	
問題	どのようにするとモーターがよく回るだろう	
予想	光電池を太陽の方に向ける (理由) 金で光を集めて当てる (理由) 3年生のときに実験をしたから	
方法	自分の考え	自分の考え
	調べた結果	反せい
		<ul style="list-style-type: none"> * 予想は合っていましたか。 <input type="radio"/> * 方法はよかったですか。 <input type="radio"/> * 結果はうまく出ましたか。 <input type="radio"/>
	わかったこと・調べてみたいこと	

理科学習カード

4年組 (C 児)

まどまり	電気のはたらき 11月4日(火)	
問題	どのようにするとモーターがよく回るだろう	
予想	光電池を太陽の方に向ける。 (理由) 光電池は太陽の力で動くから。	
方法	自分の考え	友達の影響
	調べた結果	反せい
	かかみりまいたとよくまわった。一まいより二まいより三まい。	<ul style="list-style-type: none"> * 予想は合っていましたか。 <input type="radio"/> * 方法はよかったですか。 <input type="radio"/> * 結果はうまく出ましたか。 <input type="radio"/>
	わかったこと・調べてみたいこと	

モーターがよく回る方法を工夫した学習の記録

図 13 学習カード

(4) 光電池と手回し発電機の対比

単元の導入で自由試行を行った時から取り扱った手回し発電機は、光電池と対比することによって、エネルギー的な見方を養うことができる。つまり、光電池も手回し発電機もエネルギー変換により電気エネルギーが得られるので、子どもたちにエネルギー変換を意識づけることができる。さらに、強い電流を得るためには、光電池に強い光を当てたり手回し発電機を速く回したりすればいいので、光エネルギーとハンドルを回す仕事とを結び付けることができる。

そこで、図14に示すような学習を展開した。まず光電池に当たる光の強さを変えると電流の強さが変わることを確かめ、次に手回し発電機のハンドルを回す速さを変えて電流の強さの変化を調べた。

光電池と手回し発電機を対比した実験の学習過程①

光電池と手回し発電機の働きを対比した学習過程②

①本時のねらい

- * 光の強さによって光電池から流れ出る電流の強さが変わることを、手回し発電機を回す速さを変えた場合と対比しながら理解する。
- * 回路を流れる電流の向きが変わると、モーターが反対に回ることに気付く。

①本時のねらい

- * 光電池も手回し発電機も電流が取り出せ、光の当て方やハンドルの回し方を変えると電流が変化することから、両者の共通点をエネルギー的に捉えることができる。
- * 光電池の仕組みや利用の現状を知り、将来への期待感を高める。

②準備 モーター、プロペラ、光電池、電灯、手回し発電機、検流計

②準備 ビデオ「みんなで学ぶ光電池」(文部省選定)

③学習過程

③学習過程

学習活動	指導上の留意点	時間
1. 前時の実験の内容を思い出す。 * 検流計のつなぎ方 * 検流計の針のふれ * 光電池を反対に接続	1. 検流計を使って光電池から流れ出る電流の強さを調べたことを想起させる。 ○ モーターの回る速さと電流の強さとの関係を確認する。	10 / 10
2. 本時の問題を知る。 モーターに流れる電流の強さが変わるのなぜだろう。	2. 前時の活動と結び付ける。	5 / 15
3. 電流の強さが変わる理由を考え、それを調べる方法を話し合う。 * 光電池に当たる光の強さが変わる。 ↓ * 電流の強さが変わる	3. 検流計の針のふれと光電池に当たる光の強さがまだ結び付いていない児童もいるので、再度関係を明らかにしておく。 ○ 「今日は電灯を使って調べよう。」と、子どもたちに提案する。	10 / 25
4. 光電池と手回し発電機を使って、電流の強さを調べる。	4. 光の強さの変化と発電機のハンドルを回す速さの変化を対比して、エネルギー的な見方を養う。 ○ 手回し発電機を逆に回すとモーターが反対に回ることから、電流の向きが変わることに気付かせる。	20 / 45

学習活動	指導上の留意点	時間
1. 前時までの学習内容をノートにまとめる。	1. わからない所は、教科書で調べながらまとめさせる。	10 / 10
2. まとめたことを発表する。 * 電流の向き * 回路について * 光と電流の強さ	2. 意図的に女子を指名して、発表に自信を持たせる。 ○ 黒板に図を描いて、電流と回路の概念が視覚的に捉えられるようにする。	10 / 20
3. 光電池と手回し発電機について話し合う。 光電池と手回し発電機のはたらきを比べてみよう。 * 手回し発電機とは？ * どうしたら電流がたくさん起こったか。 * 光電池はどんな時電流が強くなったか。	3. 両者の共通点が見出せるように話し合いの方向づけをする。 ○ 手回し発電機の働きを確認するとともに、ハンドルを速く回した時の体感と電流の強さを想起させる。	15 / 35
4. ビデオ「みんなで学ぶ光電池」を視聴して理解を深める。	4. 光電池や太陽エネルギーの素晴らしさを、様々な側面から児童に実感させたい。 ○ 必要に応じてビデオを停止し、解説を加える。	10 / 45

図 14 光電池と手回し発電機を対比した実験の学習過程

2つの実験によって、「光電池と手回し発電機には似ている所があるな。」と感じた子どもたちもいる。それを受けて、『光電池と手回し発電機のはたらきを比べてみよう。』と問いかけ、話し合いを行った。そのときの教師と児童のプロトコルを以下に示す。

教師：手回し発電機とは、どんなものだったでしょうか。

C 1：手で回して、モーターを回すものです。

C 2：手で回して、電気をつくる機械です。

C 3：手で回して、電気を起こす機械です。

C 4：ハンドルを手で回して、そこから小さな電気を起こす機械です。

教師：電気をつくってくれるものには、他に何がありますか。

C 5：発電所です。

教師：発電所の中がどうなっているか、知っていますか。

C 5：知りません。

教師：他に電気を起こすものがありますか。

C 6：太陽電池です。

教師：手回し発電機だと、どうしたら電気がたくさん起こったでしょう。

C 7：速く回した時です。

C 6：強く回した時です。

教師：電流は何Aぐらいになりましたか。

C 8 : 1 A です。

C 3 : 5 A 以上です。

教師：えっ、本当に 5 A になったんですか。

(C 3 に他の子が教える。)

C 3 : 1 A ぐらいでした。

C 6 : ぼくたちは、0.5 A でした。

教師：太陽電池でも、電流が強くなった時があります。どんな時でしたか。

C 9 : 日差しが強い時です。

C 4 : 光を多く集められるようにした時です。鏡を使ったり、光電池をたくさんつないだりしました。

C 6 : C 4 君と同じで、鏡で光を集めたり、光電池を多くしたり、光電池を垂直に光に向けたりした時です。

教師：そうですね。光をたくさん集めて強くすると、どうなりますか。

児童：電流が強くなります。

教師：それは、手回し発電機を速く回すのと同じことになるんです。

この学習のプロセスから子どもたちは、光電池と手回し発電機の働きの共通点や強い電流を起こすための条件について認識することができたのではないと思われる。

II-5 授業実践後の調査と考察

光電池教材を扱った授業が終わった後で、4年A組児童27名に質問紙調査を行い、子どもたちの意識や認識の実態を明らかにした。図15に調査用紙を示す。

調査内容は、以下の通りである。

○問1：実施した実験や製作に対する児童の意識

○問2：光電池を使用した児童の感想

○問3～問6：エネルギー概念に関する調査問題と同一のもの

問3～問6は、授業前と授業後の実態を比較するための資料にしたいと考えた。

理科アンケート調査											
4年1組 [] (男, 女)											
(1) 「電気のはたらき」でした実験や工作は、どうでしたか。それぞれについて自分に当てはまるものを選び、番号1つに○をつけて下さい。											
<table border="1"> <tr> <th>電気の モーターを動かす実験</th> <th>太陽電池 の電流</th> <th>光電池 の電流</th> <th>手回し 発電機</th> <th>手回し 発電機</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table>	電気の モーターを動かす実験	太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機	5	4	3	2	1	
電気の モーターを動かす実験	太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機							
5	4	3	2	1							
<table border="1"> <tr> <th>太陽電池 の電流</th> <th>光電池 の電流</th> <th>手回し 発電機</th> <th>手回し 発電機</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </table>	太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機	5	4	3	2			
太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機								
5	4	3	2								
<table border="1"> <tr> <th>太陽電池 の電流</th> <th>光電池 の電流</th> <th>手回し 発電機</th> <th>手回し 発電機</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </table>	太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機	5	4	3	2			
太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機								
5	4	3	2								
<table border="1"> <tr> <th>太陽電池 の電流</th> <th>光電池 の電流</th> <th>手回し 発電機</th> <th>手回し 発電機</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </table>	太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機	5	4	3	2			
太陽電池 の電流	光電池 の電流	手回し 発電機	手回し 発電機								
5	4	3	2								
(2) 光電池を使ってみて、どんなものだと感じましたか。あなたの感想を自由に書いて下さい。											
[]											
(3) 「エネルギー」とは、どんなものだと思いますか。あなたの考えを書きましょう。(絵や図をかいて説明してもいいです。)											
[]											
(4) ソーラーカーが、日光を受けて走っています。どんなしくみで走っているのでしょうか。											
<ol style="list-style-type: none"> 1. 日光が風のようにソーラーカーを吹いて、走っている。 2. 日光がソーラーカーをあたため、その熱でガソリンを飛ばして、走っている。 3. 日光が当たると電気が起き、モーターを回して、走っている。 4. 日光が当たるとじしゃくが動き、その力で走っている。 5. そのほか [] 											
(5) 電気が光に変えたり、光を電気に変えたりする器具にはどんなものがありますか。その名前を下の [] の中に書きましょう。											
<table border="1"> <tr> <td>電気</td> <td>← (変える) →</td> <td>光</td> </tr> <tr> <td>[]</td> <td></td> <td>[]</td> </tr> </table>		電気	← (変える) →	光	[]		[]				
電気	← (変える) →	光									
[]		[]									
(6) あなたは、「エネルギー」について学習したいと思いませんか。											
<ol style="list-style-type: none"> 1. ぜんぜん学習したくない。 2. あまり学習したくない。 3. どちらでもよい。 4. まあまあ学習したい。 5. とても学習したい。 											
☺ ご協力ありがとうございました。											

図15 授業後の調査用紙

(1) 実験や製作に対する児童の意識

エネルギー的な見方を養うために、直接経験すなわち光電池を使った実験や製作を豊富に行ってきたわけであるが、子どもたちはどのように受け止めたのであろうか。問1によって、児童の意識を明らかにした。

実験や製作の印象として、次の5段階で子どもたちに評価してもらった。

「とても楽しかった。」……5 「まあまあ楽しかった。」……4 「ふつう。」……3

「あまり楽しくなかった。」……2 「少しも楽しくなかった。」……1

児童27名が評価した結果を集計して平均値を求めたものが、図16である。

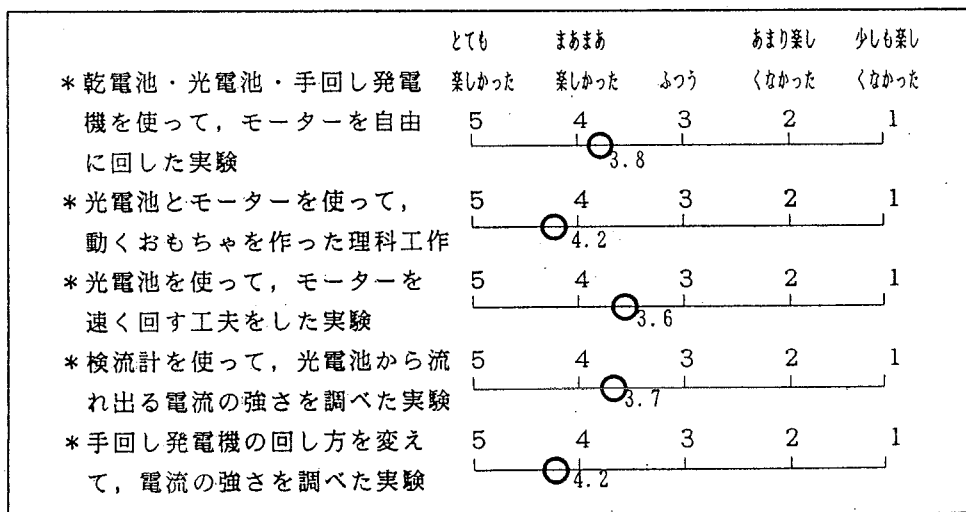


図16 実験や製作に対する児童の意識

どの実験・製作も「まあまあ楽しかった」という5段階で4前後の評価が得られた。中でも“動くおもちゃを作った理科工作”と“手回し発電機の回し方を変えて電流の強さを調べた実験”とは、児童の評価が高かった。その理由として、子どもたちは次のようなものを挙げている。

[動くおもちゃを作った理科工作]

- * 作品がうまく回ったから・走ったから。 11名
- * 作品がうまくできたから。 6名
- * 作品を工夫したから。 1名

[手回し発電機の回し方を変えて電流の強さを調べた実験]

- * 手で回すところが面白かった。速く回したから。 5名
- * 反対に回すと、プロペラが反対に回ったから。 5名
- * 反対に回すと、検流計の針の向きが変わった。 1名
- * 勢いよく回すと、0.5 Aを越えていたから。 1名
- * 新しい発見をしたから。 1名

動くおもちゃに関しては、「うまく回った・うまく走った・うまくできた」という達成感が大きいといえる。一方手回し発電機に関しては、「手で回す」という活動自体に興味を持ち、「反対に回すと反対の現象が起こる」という新たな発見に関心が向いていることが分かる。

(2) 光電池に対する児童の認識の変容

問2では、学習を終えた後で児童が光電池をどのようなものと感じたのか、自由に記述してもらった。一人ひとりの反応を内容別にまとめると、次のようになる。

[光電池のなし得る仕事に関するもの] 5名

- * 光が当たるだけでモーターとかが動くので、すごいと思った。
- * 光に当てたら（モーターが）動くものだと思った。
- * 光電池でプロペラが動くなんで、すごいと思った。
- * 日光でプロペラが回るということが分かった。
- * 使ってみて、動くことができて、すごいなと思った。

[光電池のエネルギー変換に関するもの] 9名

- * 日光を電気に変えて、いろいろなものが動かせると思った。
- * 太陽の光をかんたんに電気に変えるもの。
- * 光を電気に変える、すごい機械だと思った。
- * 光を電気に変えるもの。
- * 光を集めて電気にするものだと思った。
- * 日光が当たれば、かん電池と同じだと思った。
- * おもしろい電池だと思った。太陽の力をもらっていると分かった。
- * 光を集める電池だと分かった。
- * 使ってみて、便利なものだと感じた。でも、光が当たらなかつたり弱いと光を電気に変えられないので、そこが不便だと思った。

[光電池の働きに関するもの] 4名

- * 太陽の光を集めて使うもの。
- * 電気を起こすものだと思った。
- * 電気がつくれるものなんだな。
- * 電池の代わりだと思った。

[光電池の利用に関するもの] 3名

- * 見てみると、何にもついていると思った。
- * いろんなものに使われているのが分かった。
- * いろんな電池の使い方があるんだなあと思った。

[光電池に対する驚きや不思議に関するもの] 6名

- * 日光と光電池を垂直にしないと回らないというのが、びっくりした。
- * 水の上でも反応するので、びっくりした。
- * すごく便利なもの。
- * だんだんすごさが理解できた。
- * 不思議だと思った。
- * 真ん中の緑がまだ分からないので、調べたい。

以上の結果から、子どもたちは、光電池に対してエネルギー的な見方ができるようになってきたと考える。特に、光電池のエネルギー変換に関する記述が多かったことは、『変換（変身）への関心を高める』という手立てが効果的であったことを示している。

問4では、ソーラーカーが動く仕組みについて、授業後の児童の認識の変容を調べた。「日光が当たると電気が起き、モーターを回して走っている。」という正答を選んだ児童の割合は、授業前が81%だったのに対して、授業後は86%と増加している。誤答としては、「日光がソーラーカーをあたため、その熱でガソリンをもやして走っている。」を選んだ児童が、3名いた。

問5では、光を電気に変える器具について、授業後の児童の認識の変容を調べた。授業前は4名だった正答者が、授業後は18名(64%)に増えている。しかも、正答者のうち17名が「光電池」と回答している。これらは、明らかに学習の成果であるといえる。

おわりに

今回エネルギーの中でも中心的な電気エネルギーの認識について小学生・中学生・大学生計928名を調査し、その結果をもとに多様な考えをもつ子どもに、エネルギー的な見方をより科学的な認識に変えていくという試みを行うため、小学校児童を対象に授業実践を行った。その結果、良い結果が得られたものと考えられる。

授業実践を終えて強く感じたのは、小学校3年理科における“光集め”の体験の重要性である。単元「光が物に当たったとき」の学習で、鏡で日光を反射させて光を重ねる活動を行うが、それが4年単元「電気のはたらき」へとつながるのである。そこで、“光集め”体験を興味深いものにし、なおかつ光電池に接する機会を得られるものとして、光当て遊びのまを自作した。子どもたちの感想をワークシートに記入したのを見ると、「鏡を使って日陰に日光を当てた実験は、楽しかったですか。」という問いに対しては、ほとんどの児童が「とても楽しかった。」と回答していた。その理由としては、「光を当てたら、メロディーが鳴ったりひまわりが回ったりするのがおもしろかったから。」というものが多かった。予想通り子どもたちは、音が出たり花が回転したりする変化に強く興味を感じたようである。

一方、「不思議に思ったことや調べてみたいことがありますか」と聞いたところ、「なぜ光を当てると音楽が鳴ったり花が回るのか。」という疑問も書かれていた。こういった疑問を4年生の光電池学習に生かしていければと考える。

今後の課題としては、電気以外のエネルギーとの関係、すなわち力学的・熱的・光や化学的エネルギーとの見方や考え方をもちせたり、環境教育におけるエネルギー的な見方を育てる教材の開発なども必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 広瀬正美：「エネルギー教育」，キーワードから探るこれからの理科教育，東洋館出版社，pp.120 - 125，1998
- 2) 杉本良一・中本好一：「小学校理科におけるエネルギー指導に関する研究—児童のもつエネルギー認識について—」，鳥取大学教育地域科学部紀要（教育・人文科学），第2巻1号，pp39-53，2000
- 3) 小川正賢・林三樹夫：科学教育の文脈からみた伝統的自然観の抽出方法に関する研究
茨城大学教育学部紀要（教育科学）37号，p.42，1988，
- 4) 長岡勝典・高瀬一男：「児童・生徒の持つ光認識について」，日本理科教育学会研究紀要，Vol. 35，No.1，p.12，1994
- 5) 竹内敬人他：中学校理科「新訂理科1分野下」，新興出版社啓林館，1996
- 6) 結城毅八郎・上総平，金城郁子，松浦 上林由美子，角由規実，近藤精一他：「電気概念認識の実態」，大阪教育大学紀要，第V部門第28巻第1号，1979，p.32 - 33
- 7) 伊藤正春 「理科教育法（第3章）」，三晃書房，1992，p.30
- 8) 内川英雄：「エネルギーの指導のあり方—総合的エネルギー学習について—」，理科の教育1月号，東洋館出版社，1988，P.19 - 24
- 9) 杉本良一・山下雅文：「自由試行」，キーワードから探るこれからの理科教育，東洋館出版社，pp.238-243，1998