

佳作

# エネルギーの学習における 主体的な探究活動の実践的研究

東京都八王子市立松が谷中学校 つじもとあきひこ  
**辻本昭彦**

## 1 研究主題設定の理由

中学生にとって、エネルギーの概念を獲得することはたいへん難しい。エネルギーについて正式に学習を始めるのは、中学校3年の後半になってからである。中学校のエネルギーの学習では、「他の物体に対して仕事ができる状態にある時、その物体はエネルギーを持っている」として、エネルギーの概念の導入を図っている。ところが、エネルギーについて正式に学習を始める前に生徒は、日常生活でエネルギーということばを使用しており、それが物を動かす作業と何らかの関係があることを感じとっている。生徒は、それまで持っていたエネルギーに対するイメージと、理科で学習するエネルギーの概念を別のものと考えてしまう傾向がある。そこで、生徒の身近なエネルギーについての認識を大切にし、主体的な探究活動を展開すれば、エネルギーについての見方、考え方を育てることができるのではないかと考え、研究主題を設定した。

## 2 研究のねらい

中学校理科のエネルギーの学習には、「エネルギーがいろいろなエネルギーに移り変わることを日常生活と関連づけて理解させ、エネルギーに関する見方、考え方を育てる」というねらいがある。エネルギーの変換に関する教材・教具には、力学的エネルギーに関するものはあるが、光、音、熱、電流、運動などのエネルギー相互の変換に関するものは少ない。エネルギーについての見方、考え方を

育てるといふねらいを達成するためには、生徒自らが日常の身近な自然の事物・現象に興味・関心を持ち、エネルギー変換に関する探究活動を積み重ねながら問題を解決していくことが必要である。

本研究では、中学校理科における光、音、熱、電流、運動などのエネルギー変換を中心に、生徒の主体的な探究活動を促す教材・教具の開発とその実践をねらいとした。

## 3 研究の内容と方法

### (1) 実態調査

平成8年6月、東京都内の公立中学校4校、中学生(1~3学年)384名を対象に、

光、音、熱、電流、運動などのエネルギー変換に関する教材・教具の調査

日常に見られるエネルギー現象に関する生徒の意識の調査

を実施した。その結果、エネルギー変換に関する教材・教具が少ないことがわかった。また、生徒がエネルギーとしてとらえている項目は発電や電流に関するものが多く、反対に生徒がエネルギーとしてとらえにくい項目は、位置、運動、化学に関するものであることもわかった(表1)。

### (2) 教材・教具の開発の視点

次の三つの視点からエネルギー変換に関する教材の開発を進めた。

身近な素材で作成できること

生徒が創意工夫できること

問題解決的に活用できること

表1 中学生のエネルギー現象に関する意識

身近な日常のエネルギー現象60項目を提示し、それぞれに5段階(「エネルギーに関係がある」は5,「エネルギーに関係がない」が1)を選ばせた。右側の数字は選択された数値の平均。

順位	項目	平均
1	ダムの水が高い所から落ちて発電機を回して発電する。	4.25
2	太陽電池に光をあてて電流を流す。	4.14
3	自転車のライト(発電式)は、速く走るほど明るくなる。	4.14
4	ご飯を食べたら元気が出て、重い荷物を運ぶことができた。	4.08
5	電池をつなぐと、モーターが回る。	4.05
6	動物は生きていくために呼吸し、食べ物をとる。	4.03
7	蒸気機関車は石炭を燃やして走る。	4.00
8	自動車はガソリンを燃やして走る。	3.96
9	電球に電気を流すと明るくなる。	3.96
10	風車は風の力が強いとよく回る。	3.70
11	自動車が時速100kmで走る。	3.66
12	石油が燃えている。	3.64
46	花火に火をつけたら光が出た。	2.70
47	風は低気圧に向かって吹く。	2.70
48	滝の上から水が勢いよく落ちる。	2.67
49	水に電気を流したら、酸素と水素が出てきた。	2.66
50	海岸が流れによって浸食される。	2.64
51	自転車で坂道を下ってきたら、だんだん速くなるのを感じた。	2.64
52	大きな石が落ちて地面に穴があく。	2.56
53	沸騰しているやかんから音がした。	2.56
54	真上に投げた石はまっすぐ落ちる。	2.47
55	ブランコが行ったり来たりする。	2.35
56	鉄がさびてしまった。	2.34
57	砂糖はあたたかい水によく溶ける。	2.30
58	ダムに水がためられている。	2.25
59	砂糖が水に溶けた。	1.93
60	がけの上に大きな石がのっている。	1.90

### (3) 指導計画と授業研究

生徒が創意工夫しながら、主体的に探究活動が行えるようにと表2のような指導計画(11時間)を立てる。

表2 「エネルギー」の指導計画

<p>第1次 エネルギーとは何か(4時間)</p> <p>ジェットコースターのモデルやペットボトルの力学台車を使って、位置エネルギーや運動エネルギーについて調べる。</p> <p>ジェットコースターのモデルを使ってエネルギー変換を理解する。</p>
<p>第2次 課題研究「エネルギー変換」(7時間)</p> <p>課題を光、水、風、熱、化学の中から選択するか、または自分たちで考えた課題を設定する。</p> <p>研究計画書を作成する。</p> <p>生徒が自分で実験装置を組み立て、実験を行う。</p> <p>報告書を作成し、研究発表を行う。</p>

開発した教材・教具の有効性を実践によって検証するための研究授業を行う。生徒の自己評価などから、エネルギーの見方・考え方の変化の調査、分析を行い、また、主体的な探究活動を通して理科学習に対する生徒の意識の変容を調査する。

## 4 開発した教材・教具

### (1) 配線用カバーで作るジェットコースター(図1, 2, 3)

配線用カバーを用いてジェットコースターのレールを作り、このレールを自由につないでコースを作る。高い位置から鉄球をころがすことで、位置エネルギーと運動エネルギーが相互に移り変わることを理解させることができる。



図1 レールとジョイント

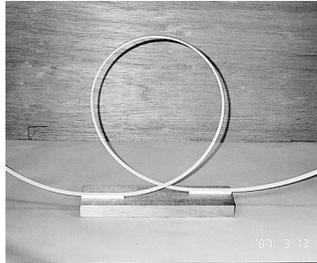


図2 ループ台とレール

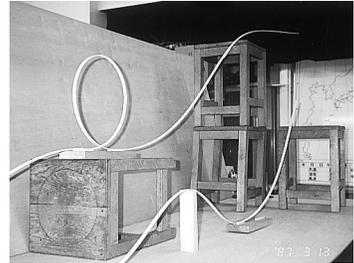


図3 いろいろなコース

## (2) ペットボトルで作る力学台車

角型ペットボトルに車をつけて力学台車を作る。この台車は、中に入れる水の量によって、自由に質量が変えられる。この台車を水を入れた角型ペットボトルに衝突させることで、運動エネルギーの大きさを調べられる。

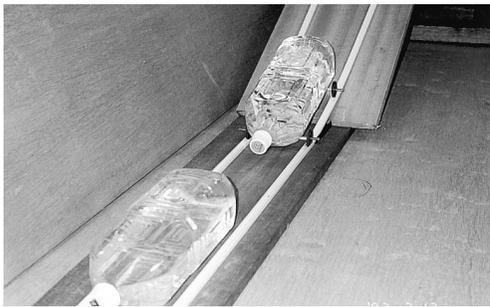


図4 ペットボトル台車を使った実験

## (3) 銅を加熱して作る簡易光電池 (図5)

銅を加熱してできる亜酸化銅には光電効果があるので、加熱した銅の金網と鉄の板と食塩水で光電池を作ることができる。この光電池に電子メロディをつなぎ、光を近づけると音が出る。この装置で、光、電気、音のエネルギーへの転換を知らせることができる。

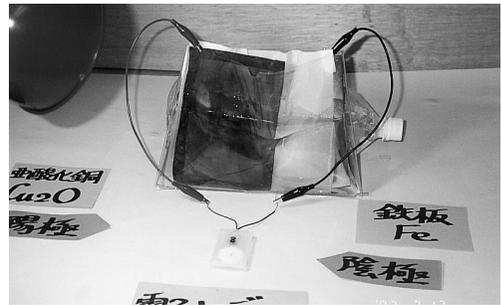


図5 簡易光電池

## (4) ペットボトルによる風力発電装置

ペットボトルで風車を作り、それに細い銅管と光電池用のモーターを取り付けて風力発電装置を作る。この装置に風を当てて風車を回転させると発電するので、風のエネルギーが電気エネルギーへと変換することが理解できる。

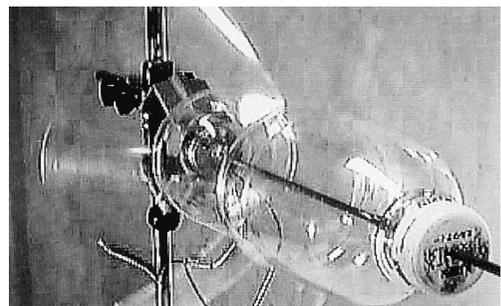


図6 風力発電装置

## (5) ペットボトルによる水力発電装置

ペットボトルに、ゴム栓、細い銅管、アルミ板で作った羽根車、光電池用のモーターを取り付けて水力発電装置を作る。

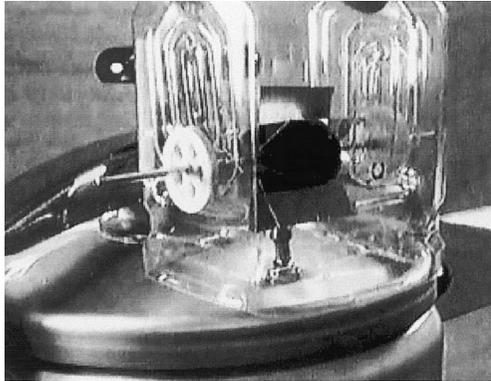


図7 水力発電装置

この装置に水を流すと発電するので、水の位置エネルギーが電気のエネルギーに変換することが理解できる。

#### (6) 圧力釜による火力発電装置

ペットボトルによる水力発電装置と圧力釜で火力発電装置を作る。圧力釜から出た蒸気が羽根車に当たると羽根車が回転して発電するので、熱のエネルギーが電気のエネルギーに変換することが理解できる。



図8 火力発電装置

## 5 授業の実践

生徒が創意工夫しながら、主体的に探究活動が行えることを目指して表3のような11時間分の学習指導計画を作った。

以下に示すのは、実践の内容と授業記録の分析である。

表3 「エネルギー」の学習指導計画

### 第1次 エネルギーとは何か（4時間）

ジェットコースターのモデルやペットボトルの力学台車を使って、位置エネルギーや運動エネルギーについて調べる。

ジェットコースターのモデルを使ってエネルギー変換を理解する。

### 第2次 研究課題 エネルギーの変換

（7時間）

課題を、光、水、風、熱、化学の中から選択するか、または自分たちで考えた課題を設定する。

研究計画書を作成する。

生徒が自分で実験装置を組み立てて実験を行う。

報告書を作成して発表する。

### 事例1 ジェットコースターのモデルを作る

#### (1) ジェットコースターはなぜ動くのか

このジェットコースターのモデルを作って実験する前に、生徒には「なぜ、ジェットコースターは動くのか」とアンケートを実施した。その結果、一番多く用いられていることばは「勢い」ということばである。ジェットコースターは、はじめの勢いで山を越えたり、一回転したりして動いていると考えている。そこで、「勢い」というキーワードを授業の観察の視点として試みた。図9の生徒のジェットコースターの動くイメージでは、「はじめは電気の力で高いところまでいく」「重力で落ちる」「そのままの勢いで一回転する」「なにもしないで動く」である。この生徒のイメ

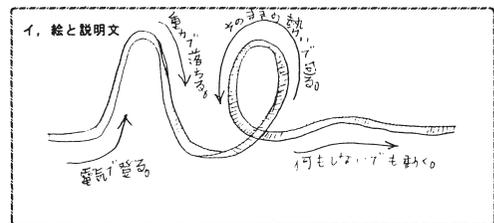


図9 ジェットコースターの動くイメージ

ージは、なにか力学的エネルギーの保存を意識しているかのようである。また、速さの変化に気づいている生徒や、ジェットコースターは電気で動いているとか、ジェットコースターにモーターがついているから動くとか考えている生徒も大勢いた。

(2) ジェットコースターのモデルを作る

生徒は、配線用カバーを使ってジェットコースターのモデルをおもちゃを組み立てるように楽しんで作っていた。はじめに、基礎実験として一回転ループのコースを作り、鉄球がうまく一回転するための条件を予想させ実験させた。その結果、鉄球がループを一回転するためには、「鉄球を高い位置から転がして勢をつける」「鉄球の転がる距離を長くして加速させ勢をつける」などの予想をして実験に取り組んだ。生徒の多くは、鉄球の転がる距離の長さよりも、ある程度の高さがないと鉄球がループを一回転しないことに気づいたようである。

(3) 生徒が考えたいろいろなコース

配線用カバーを用いてジェットコースターのモデルを試作したとき、鉄球がループを2回転するものができればと思っていた。ところが実際の授業では、こちらの想像を越えるようなさまざまなコースを生徒は考えた。

「ループと山」のコースの場合、はじめ

に鉄球の置く位置を高くしすぎると、鉄球はループを一回転できても山を飛び越えてしまう。反対に置く位置を低くしすぎると、鉄球はループを通過する前に落下してしまう。生徒の中には、ループと山の通過できる高さをそれぞれ別々に実験をして、鉄球の落とす位置を見出した者もいた。

「大きなひねり」の場合には苦勞していたようで、大きくひねったところで鉄球が落下しないように何箇所か手でレールを支えていた。

「ループの3回りターン」の場合、鉄球を一往復半させるにはかなりの高さが必要と考え、天井付近までレールをつなげ、4mの板の上にレールを乗せて鉄球を転がした。このとき、鉄球がループを一回転して後に、反対の側の最高点で一瞬止まって見える。「先生、鉄球が逆スピンしている」と生徒が言ったが、鉄球がレールを登る時の回転の方向と、落ちる時の回転の方向が違いためと考えられる。

「ループの連続」の場合、いくつかの班が集まってループが数個あるコースを作った。9個のループを使ってコースを作り実験をした生徒の中に、鉄球の転がる音の違いから、鉄球の速さの違いに気づく生徒もいた。つまり鉄球がループの底を通過するときの音は大きく、ループの頂上付近を通過するときの音は小さい。

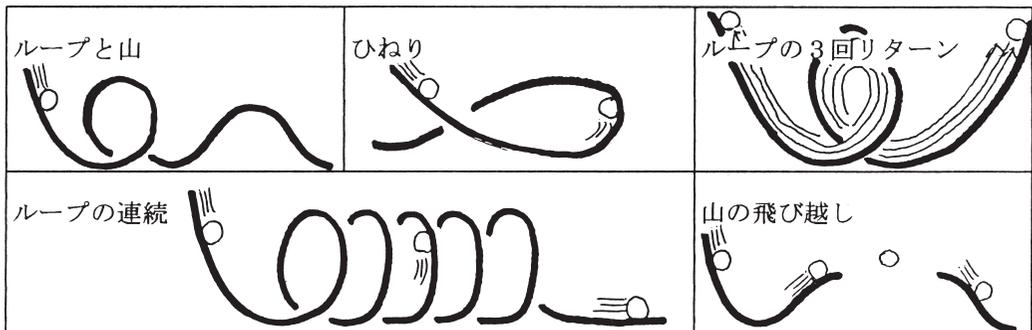


図10 生徒が考えたジェットコースターのコース

「山の飛び越し」の場合、鉄球がどこに落下するか予想をしてコースを作っていた。

エネルギーの学習の指導として「ジェットコースターのモデルを作る」の授業を取り入れたが、この授業ではエネルギーということばをいっさい使っていない。しかし、生徒は、力学的エネルギーに関する初歩的な概念を認識しているかのように思える。たとえば、生徒がよく用いていた「勢い」ということばは、「運動エネルギー」と置き換えることができる。鉄球がループを一回転するとき、ある生徒が「勢いがなくなる、けれどまた勢いが生まれる」とつぶやいていた。鉄球がループを登り始めるときは、「勢い」はなくなるように見えるが、しかし、頂上を通過した後からまた「勢い」がつくように見える。運動エネルギーが位置エネルギーに移り変わり、また運動エネルギーに移り変わることを理解しているかのような発言である。さらに、鉄球の転がる音の違いから、速さの違いに気づくことができる。このように、生徒は位置エネルギーと運動エネルギーの相互の変換を目や耳で発見することがわかる。

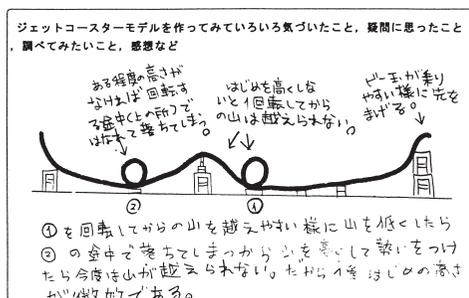


図11 生徒のレポートから

## 事例2 課題研究「エネルギー変換」

事前調査の結果、生徒がエネルギーとしてとらえやすい「発電」を課題研究の視点とした。その結果、生徒が考えた「エネルギー変換」のテーマは、合計42であった。そこで、

42のテーマの中から生徒が創意工夫しながら、自ら課題を見つけ、主体的に探究活動をした様子をいくつか紹介する。

- (1) 光エネルギーの変換（開発した簡易光電池、光電池、超光輝度発光ダイオードなど）
  - ・銅を加熱して作る簡易光電池は光の強さによって電子メロディーの聞こえる大きさが違うことに気づく。
  - ・超光輝度発光ダイオードに光を当てると電気が生じるか。
  - ・透明半球に光電池をのせて、太陽高度の一日の変化と太陽エネルギーの変化との関係を調べる。
- (2) 風のエネルギーの変換（ペットボトルによる風力発電装置）
  - ・羽根の数、風車の形、風車の大きさなど風車の工夫で、電流、電圧の大きさの違いを調べる。
  - ・風速計で風車に当たる風の強さを測り、風速と電流、電圧との関係を調べる。
  - ・風車で得られた電流、電圧を、電子メロディーや豆電球で調べる。
- (3) 水の位置エネルギーの変換（ペットボトルによる水力発電装置）
  - ・ペットボトルを数個つなげて、高い位置から水を落下させ、水の高さと電流、電圧の大きさとの関係を調べる。
  - ・水道のコックを回す角度と蛇口から出る水の量との関係を調べ、単位時間あたりの水の量 ( $\text{cm}^3/\text{秒}$ ) と電流、電圧の大きさとの関係を調べる。
- (4) 熱のエネルギーの変換（圧力釜による火力発電装置）
  - ・水蒸気で得られる電流、電圧を、電子メロディーや豆電球、モーター、電気分解装置に接続して調べる。

・エネルギーの出力を上げるために、発生させた水蒸気を羽根車がどうとらえるか、装置の改良を試みていた。

- (5) 化学エネルギーの変換（台所用品で作るいろいろな化学電池）
- ・漂白剤や食塩水などを電解液とし、アルミホイルやステンレスたわしを電極とした化学電池を作り、その性能を電子メロディーなどで調べる。

## 6 授業実践の結果と考察

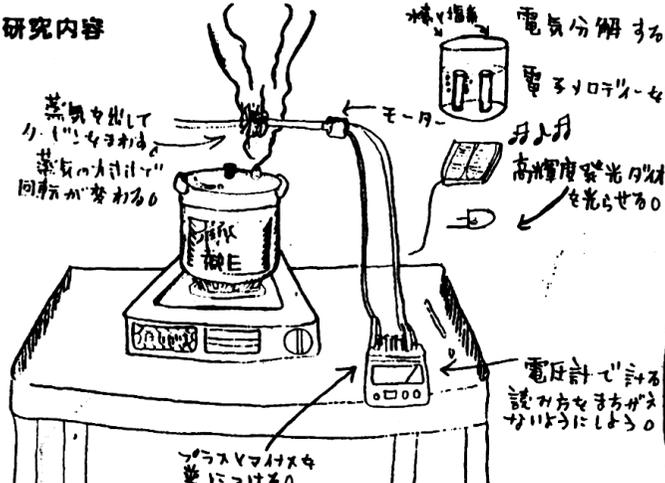
### (1) 授業後の自己評価の結果

ジェットコースターのモデルを用いた探究活動の授業では、生徒の創意工夫が随所にみられた。このことは、表4の創意工夫の値が示している。また、表4からわかるように、全部の生徒が興味・関心を持って意欲的に取り組んでいた。

図12 「エネルギー変換」研究発表会資料(1)

研究目的：圧力釜の蒸気を使って、いろいろなエネルギーを作る。

**研究内容**



蒸気を出してクイックスタートの蒸気の大気圧と同様かわる。

モーター

電気分解する。

電子メロディーを鳴らす。

高輝度発光LEDを光らせる。

電圧計で計る読み方をまちがえないようにしよう。

プラスマイナスを間違えないようにしよう。

〈3日+1日の内容〉

1日目 マービンを作る。(セマで1時間が終わった)

2日目 初めて蒸気にあたりましたが、なかなかマービンはまわらなかった。でた記録は、6Vまで見られたが、0.6Vのまちがひだった。(5人はチャレンジ)

3日目 マービンを変え、くふうした結果2Vまであげた。その記録後、何回も挑戦した結果なんと5Vまで上がった。

---

**研究結果・考察(条件)**

〔電圧を上げるための条件〕

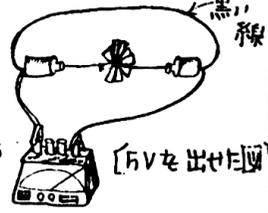
- マービンの位置を近づける。(ハンカチやタオルを使う)
- マービンの大きさは小さい。
- 蒸気と限界まで近づける。

〔良い例\*悪い例〕



**結果**

○ 黒い系線と黒い線をつなぎ、赤い系線を電圧計につなぐ。



5V(熱エネルギーを使った) "音エネルギー"、光エネルギー、化学エネルギーに、変えた。

ひとこ

実験成功エカ。(5.5Vには負けた)

表4 授業後の自己評価の結果

「ジェットコースターモデル」

	創意工夫	興味関心
大変よくできた	55%	84%
よくできた	29	16
どちらとも言えない	12	0
あまりできなかった	4	0

ペットボトルを用いた風力発電装置などを生徒が製作する場面でも、さまざまな創意工夫が見られた。

表5 課題研究後の自己評価の結果

「エネルギー変換」

	課題解決	課題説明
大変よくできた	62%	51%
よくできた	25	31
どちらとも言えない	13	10
あまりできなかった	0	8

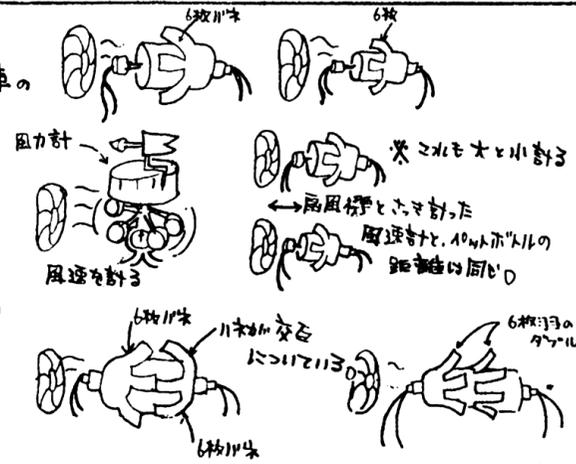
それらの装置を使った課題研究の場面では、生徒の創造性がそれぞれの個性に応じて発揮されていた。

図13 「エネルギー変換」研究発表会資料(2)

研究目的：いろいろな形の「ペットボトル風車」から得られる電圧の大きさを調べる。

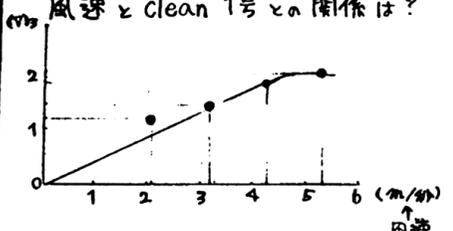
**研究内容**

1. 6枚羽の大小のペットボトル風車の電圧を比べる
2. 1の時の風速を計って、1の電圧との関係も調べる
3. 羽の多いペットボトル風車の電圧はどうなるか

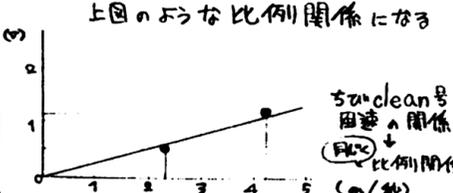


**研究結果・考察**

1と2の結果.  
風速と clean 1号との関係は?



上記のような比例関係になる



ちゅ clean 号 1 と 風速 の関係  
比例関係

**3の結果**

このペットボトルでは、最高、0.8V でした。

このペットボトルでは、最高、0.5V でした。

<おまけ>  
ちゅ clean 号 2 の場合は最高で 3V 以上でした。(① clean 1号が小さくあったら、うちゅです。)



電子×ロケーターは clean 1号とちゅ clean 号 1・2 を使って照らした。電球は clean 1号 だけだった。

フィラメントは11

課題研究では、約87%の生徒が「自ら課題を解決しようとした」と答えており、また、約83%が「自分の課題をエネルギー変換として説明できる」と答えていた(表5)。

## (2) 授業後の生徒の感想

ジェットコースターの実験では、はじめちゃんと回らなかった。どうしてこうなるのだらうっているいろいろ考え、こうすればよいか……自分で見つけだすことができました。この時、実験では決まった結果はあるが、それ以外にも自分で考え見つけだす結果もあるのだと思った。

やっている途中で理科の実験ということをおぼえてやっていた。授業でノートを書いたりする授業の何倍もの発見や喜びがあり、とても楽しかった。

条件を見つけて出すのとにかく苦労した。水蒸気のエネルギーが最高のところと、それを一番有効に取り出せる装置の条件だ。この実験でなべを熱する火が強くなると水蒸気エネルギーが強くなるし、電気エネルギー、光のエネルギー、音のエネルギーも強くなる。だから、エネルギーを一つ強くするとすべて強くなるとわかった。

自然がつくるエネルギーはとても大きなものだったので、最初のうちは開いた口がふさがらない状態でした。また、みんなでテーマを決めて、それを研究し、なぜこうなるの、こうしたらどうなるのだらうと、どんどんどんどん追求し、光というテーマに吸い付けられるような気持ちでした。光がどんなもので、どんなエネルギーに変えることができるかがよくわかりました。

「エネルギー」というものがよけいわからなくなっただけなのかも知れない。今まではエネルギーというのは、電気や人間が生活で消費するものだけだと思っていて、それが少しちがうことを知ったから。少し知ると謎は増えるんですね。

すごくエネルギーに興味を持った。「どんなものがエネルギーを作るのか」とか「どんなものがエネルギーなのか」と、つねに気にするようになった。

「エネルギー」と聞いたとき、実験前は、ご飯を食べると元気がでるといったような、はっきりと目に見えるものだと思っていた。ところが、実験後は「エネルギー」と聞くと、直接は見えないこともあるけれど、何か物体に変化を与えるような科学的な力を連想するようになった。

全体を通じてすごく楽しかったと思います。ジェットコースターを作ったりすることは、今までやったことがなかったし、自分たちの発想を生かしての授業や実験というのは本当にワクワクしながらやっていました。そして、研究も苦労しての成功はとてもうれしかったです。今までの授業で自分たちでする授業のおもしろさがわかり、とても勉強になったと思います。これからもこういう授業ならいいなと思います。

課題研究を始めて1日目の時、モーターが理由もわからなく回りだしたのにすごく驚いて、家に帰って教科書を調べたらその原理がのっていた。私はなんとなく理由がわかったから、2、3日目に「こうしたら、こうなりそうだな」と予想を立てて実験を行いました。「やっぱりそうか」「ちがった」とか思いながら、なぜちがうのか知りたくてまた探った。自分たちの身近なことにすごく親しみが出てきた。自分たちで課題を見つけ自分たちで行って行くおもしろさに私は、夢中になってしまいました。楽しかったです。

「理科は難しい」という感じが強くあった。実験をたくさんやっていくうちに、だんだん楽しくなってきた。こうやって本物の科学者のように授業をさせてもらおうと、生徒を一人の人間として試してみようというふうでうれしかった。

## 7 研究の成果と今後の課題

### (1) 研究の成果

エネルギーの学習の導入でジェットコースターモデルを用いたことは大変有効であった。生徒の多くは、遊びながら楽しんでコースを作っていた。創意工夫することによって、いろいろ複雑なものへ挑戦し、試行錯誤しながら実験を進めていった。また、エネルギーということばを使用しなくても、高さ・速さ・質量という力学的エネルギーの三つの要素を、自分たちで発見できるおもしろさがある。この教材を用いた学習を本校併設の心障学級の生徒に実施してもらったところ、普通学級の生徒と同様の興味や関心を示したことは、大きな収穫になった。

課題研究では、開発した教材・教具を使うほか、それを改良したり、まったく新しい実験装置を自作したりして、主体的に自分たちの研究を進めていた。事前調査の結果から、生徒がエネルギーとしてとらえやすい「発電」を課題研究の視点とした結果、学習意欲が高まり、エネルギーに対する見方・考え方の広がりを見せた。光、熱、音、電気、位置、運動などの相互のエネルギー変換の探究活動を通じて、エネルギーの多様性、変換性、保存性、エネルギーの効率まで考える生徒も現れた。

### (2) 今後の課題

本研究では、エネルギー学習の導入として力学的エネルギー、日常生活の中のエネルギー変換として、特に「発電」を中心に教材化し授業を進めてきた。しかし、授業後の生徒の感想の中には、環境や資源について記述しているものが多数に見られたことから、今後は、環境教育の視点からの、エネルギーの見方、考え方が育てられるような工夫をしてみたい。

課題研究において、「生徒はテーマをどのように設定するのか」という課題が残る。生徒が設定したエネルギー変換に関するテーマの中には、たいへん難しいものがみられる。生徒の主体性を尊重しながらも、テーマの変更を余儀なくせざるをえないケースがある。課題研究を通じて、限られた時間の中で「自らテーマを設定できる力」「そのテーマを解決していく力」を育てることの難しさを改めて認識した。

授業研究の評価は、5段階の自己評価と自由記述法で実施した。その中で、さらに一部の生徒に対して、エネルギーに対する見方、考え方の変容を概念地図法を用いて調査してみた。しかし、調査の結果から一定の方向性が見えず、未だ分析の途中である。今後生徒の変容をどのように評価していくか、研究を続けたい。