

# 中学校におけるエネルギー概念形成のための単元開発 I

—熱エネルギーの変換をテーマとして—

小茂田 聖士 山下 雅文 葛岡 孝則 前原 俊信

## 1. はじめに

～中学校でのエネルギー概念の扱いと本研究のねらい～

エネルギー概念は、物体の運動や化学反応をはじめとして、生命現象、宇宙や地球環境など、自然を統一的に考察する際に非常に重要となる概念である。また、科学技術や資源問題など、これからの生活を考える際に欠くことのできない概念である。

物理におけるエネルギー概念の学習では、運動と力の関係を学び、その後、仕事を定義し、その「仕事をする能力」としてエネルギーを導入する。中学校でも平成元年告示の中学校学習指導要領まではこのような流れでエネルギー概念の育成を行ってきた。しかし、平成10年告示の中学校学習指導要領では、時間数の削減と内容の精選が行われ、仕事については扱わなくなった。<sup>1)2)</sup> (表1)

この学習指導要領の改訂前後での、生徒の理解度や関心度を、国立教育政策研究所が行った平成13年度と15年度の教育課程実施調査 生徒質問用紙 の集計結果<sup>3)4)</sup>を引用して比較する。(表2) ここで平成13年度の調査は平成元年告示の学習指導要領、平成15年の調査は平成10年度告示に対応している。この調査結果からは、平成13年度調査では、「力の働き」「物体の運動」「仕事とエネルギー」と進むにつれて、「よく分かった」が減少し、「仕事とエネルギー」では「よく分からなかった」が「よく分かった」より多くなっている。これに対して平成15年度調査つまり現行の学習指導要領ではエネルギーについて扱う「運動の規則性」で、55.8%の生徒が「よく分かった」となっており、改訂により生徒の到達感が増していることが分かる。しかし、「ふだんの生活や社会生活の中で役に立つか」の観点で比較すると、現行の学習指導要領の「運動の規則性」に関して、「役に立つとは思わない」を選択した生徒が44.2%と平成13年度調査と比較しても、最も高い数値を示している。これに対して、「エネルギー資源」につ

表1 中学校学習指導要領 理科1分野の内容

平成元年

- (1) 身の回りの物質とその変化
- (2) 身の回りの物理現象
- (3) 化学変化と原子、分子
- (4) 電流
- (5) 化学変化とイオン
- (6) 運動とエネルギー
  - ア 力の働き
  - イ 物体の運動
  - ウ 仕事とエネルギー
  - エ 科学技術の進歩と人間生活

平成10年

- (1) 身近な物理現象
- (2) 身の回りの物質
- (3) 電流とその利用
- (4) 化学変化と原子、分子
- (5) 運動の規則性
  - ア 運動の規則性  
この中の(ウ)として  
エネルギーに関する実験や体験を通して、エネルギーには運動エネルギー、位置エネルギー、電気、熱や光などの様々なものがあることを知るとともに、エネルギーが相互に変換されること及びエネルギーが保存されることを知ること。
- (6) 物質と化学反応の利用
- (7) 科学技術と人間
  - ア エネルギー資源
  - イ 科学技術と人間

表2 平成13年度と15年度の教育課程実施調査  
生徒質問用紙の集計結果の比較

平成13年度調査

	よく分 かった	よく分から なかった	ふだんの生活や 社会に出て役に 立つと思った	役に立つとは 思わなかった
力の働き	40.5	32.6	23.8	31.6
物体の運動	37.7	34.1	19.0	35.1
仕事とエネルギー	30.5	40.5	24.0	31.0

平成15年度調査

	よく分 かった	よく分から なかった	ふだんの生活や 社会に出て役に 立つと思った	役に立つとは 思わなかった
運動の規則性	55.8	27.4	25.6	44.2
エネルギー資源	50.1	27.8	51.3	20.5

いては、「役に立つとは思わなかった」が非常に少なくなっている。これらより、生徒はエネルギー概念の重要性や有用性を認識できているとわかるが、平成10年告示中学校学習指導要領での削減内容と、「運動の規則性」の有用性についての意識が低くなっている点を考慮すると、「運動の規則性」と「エネルギー資源」とのつながりに関する理解に課題があり、体系的なエネルギー概念の育成とその概念を使って現象を説明する力や、思考力の育成に課題があると考え。

このような状況を基に、本研究は、社会生活で生かせるエネルギー概念と、それをもとに科学的に思考し判断できる力の育成を目指して、単元開発を図るものである。特に、それらの概念を使って、現象を説明する力の育成を目指していく。

自然現象をエネルギーの視点で考察するとき、単に変換や保存という視点だけでなく、熱力学の第2法則つまり熱の特殊性について知っておく必要がある。しかし、平成10年告示中学校学習指導要領では、「仕事」や「熱」に関する学習は高等学校に移行され、中学では学ばない。そのために、特に熱の移動や熱効率の考え方については、中学生が理解できているとは言い難い。そこで、本研究では、2年計画で、新しいエネルギー教材の開発を行うとともに、発展的な内容として授業の中で「仕事」、「熱（その特徴と利用）」に関して取り扱い、ある程度系統的にエネルギーを学び体験することで、生徒の興味関心を高め、エネルギー問題の視点を育てる授業実践を行う。1年次である本年度は生徒たちにとって身近なエネルギーであると考えられる「熱」のエネルギーについて学ばせる単元を開発・実践し、その評価・分析を行う。

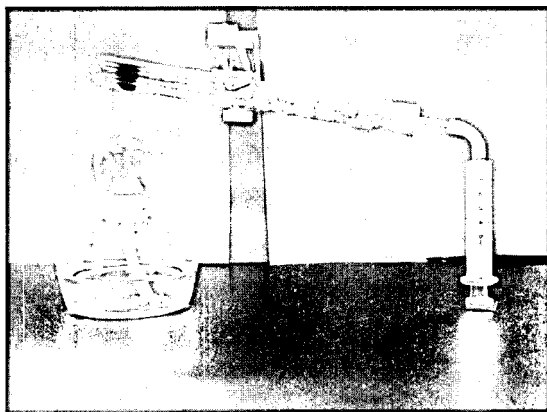
2. 「熱エネルギーの変換」をテーマとした授業実践

①ビー玉スターリングエンジンの教材化

中学校学習指導要領には、熱・光・音・電気などのエネルギーや力学的エネルギーの変換や保存を、日常生活と関連付けて理解させることが記されている。この分野の学習においては、さまざまなエネルギーの変換を定性的に取り扱っている。

このような中、中学校理科一分野 下の教科書では熱エネルギーについて、水を熱して生じた水蒸気を細い管を通してプロペラに当てて回すことにより、おもりを持ち上げる装置を取り上げ、熱がエネルギーの一種であることや、熱機関（エンジン）の特徴を簡単に学習する。この装置は、仕組みが簡単で原理がわかりやすく、熱がエネルギーの一種であることを理解させるには有効である。しかし、発生させた蒸気を捨てるため、高温部と低温部を必要とする熱機関の特徴が見えにくい。

そこで、今回、簡単なビー玉スターリングエンジンを教材として、生徒自身の手により組み立て考察する授業を開発した。この熱機関では、試験管中の空気は密封されており、単に熱するだけで運動がはじまる。しかし、しばらく熱し続けると運動が止まる。このような点から、熱を仕事に変えるためには、高温部と低温部が必要であり、それらを有効に利用するには様々な工夫が必要である点を考えさせたい。このような熱機関に対する考察は、水蒸気を利用してプロペラを回す装置より現実的であり、生徒にとって興味が高まる教材と考える。



ビー玉スターリングエンジン

②学習指導過程

今回の研究対象の授業は中学校3年生の9月に実施した。

現在、理科一分野の授業では、物体の運動を学んだ

後に、物体の持つ力学的エネルギーを実験的に考察する。これらの間に、発展的な内容として「仕事」を取り扱い、「エネルギーは仕事をする能力である」ことを授業において取り扱った。力学的エネルギーを学んだ後に、様々なものにエネルギーがあることを認識させた上で、熱について取り扱う今回の授業を取り入れた。授業時には、ビー玉エンジンをアルコールランプで加

熱し、実際に動かし、作動理由を考察する。この過程を通して、熱は他の物体に対して仕事する能力を持っているので、熱にもエネルギーがあり、ビー玉エンジン（熱機関）はエネルギー変換を行う道具であるということを知りたいと考えた。

この一時間分の授業計画を次に示す。

授 業 計 画		
題 目	学 習 内 容	指 導 上 の 留 意 点
確認・復習	仕事・エネルギー・エネルギーの保存	エネルギーが仕事をする能力であることをおさえておく。
身の回りのエネルギー	身の回りにおけるさまざまなエネルギーを認識させ、それらを扱いやすいように変換して、生活していることを認識させる。	生徒の考えるエネルギーを引き出す。日常生活との関連を意識する。
テーマの提示	「熱のエネルギーとその移り変わり」	熱に着目して考えていくことを説明する。
熱機関の紹介	熱機関（エンジン）を紹介する。	
ビー玉エンジンの提示	いろいろある熱機関のひとつとして、今回はビー玉エンジンを用いることを説明する。	
〔生徒実験〕	ビー玉エンジンの製作方法を説明する。	
ビー玉エンジンの製作	グループでひとつ製作を行う。 ビー玉エンジンを動かしてみる。	ガラス・アルコール・火を扱うために安全に留意する。生徒への指導を行う。
作動しているエンジンの観察	動作を観察する。	机間巡視を行い、製作の補助、安全指導を行う。
作動原理の考察	作動原理を考察する。	グループ内での議論を観察・指導する。
作動原理の議論	グループで作動原理を議論しあう。	ビー玉エンジンは外燃機関である。
まとめ	ビー玉エンジンは、アルコールランプにより、エンジン内部の気体が熱され、膨張・収縮を繰り返すことにより、作動している。熱が外部に仕事をしているので、熱はエネルギーを持っているといえる。熱機関は、エネルギー変換をする道具である。	自動車のエンジン等、内燃機関であり、燃焼後のガスを外部に排出しているが、ビー玉エンジンは気体が熱を外部へ放出することにより、作動する。
実験の考察・作動原理の理解		



実験時の様子

### ③成果と課題

4人1班でビー玉エンジンを製作したが、あらかじめ試験管の支持器を作成していたので、組み立てはスムーズに行うことができた。円滑な運動を行うには、試験管の高さと注射器の位置の調整が必要である。各班、この点について試行錯誤しながら作成をすすめた。結果としてすべての班が10分後には運動させることができたが、高さ調整が難しかった班もあった。

単元終了後、本研究を評価するためにアンケート調査を行った。調査対象者は、広島大学附属福山中学校3年生で、回答者数は117名であった。

#### (i) ビー玉エンジンに関して

ビー玉エンジンを用いたエネルギーに関する学習に

ついでアンケートの結果を示す。次の表にあるような質問項目について、4段階で調査した。4が強い肯定、3が肯定、2が否定、1が強い否定である。

表1 ビー玉エンジンに関するアンケート項目

1	ビー玉エンジンの学習を通して、エネルギーに関して興味を持つことができた。
2	ビー玉エンジンに興味を持った。
3	すでに知っている知識で、動く仕組みを説明できそうだった。
4	ビー玉エンジンの学習を通して、熱がエネルギーを持っていることを理解できた。
5	ビー玉エンジンの動く原理を聞いて、熱機関(エンジン)が熱エネルギーを物体の運動エネルギーに変換していることを理解できた。

この調査の結果をグラフで表すと次のようになる。なお、質問項目ごとに全体に対する割合を表している。

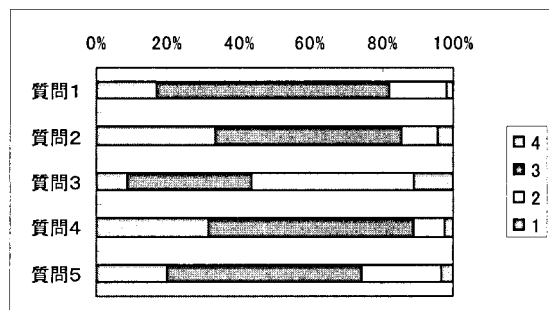


図1 ビー玉エンジンに関するアンケート結果

アンケート調査の結果から、ビー玉エンジンやそれを用いてのエネルギーの学習に関して大多数の生徒が興味を示していたことがわかった。また、熱に対してもエネルギーを持っていることを理解させることができたと考えられる。しかし、項目3のように、すでに知っている知識で説明することに困難さを感じた生徒がいた。これは、生徒がすでに持っている知識を引き出すための導入が不十分であったことが原因と考えられる。

#### (ii) エネルギー分野の学習に関して

ビー玉エンジンの授業前には、物体の持つ力学的エネルギーを学んでおり、その後にはエネルギー資源やその変換・保存に関して学んでいる。これらの学習を含めた、エネルギー分野全体の学習についてのアン

ケートの結果を示す。次の表にあるような項目について、4段階で調査した。4が強い肯定、3が肯定、2が否定、1が強い否定である。

表2 エネルギー分野に関するアンケート項目

1	エネルギーに対してイメージをつかむことができた。
2	エネルギーを言葉で説明することができる。
3	仕事とエネルギーの関係を理解した。
4	力とエネルギーの違いを理解した。
5	力とエネルギーの違いを説明することができる。

この調査の結果をグラフで表すと次のようになる。なお、質問項目ごとに全体に対する割合を表している。

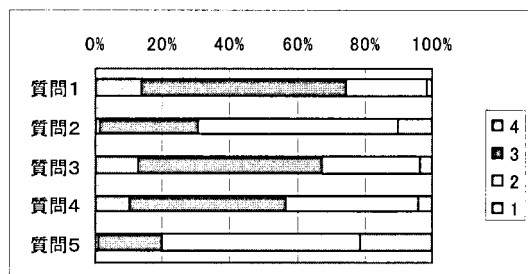


図2 エネルギー分野に関するアンケート結果

このアンケート調査の結果から、肯定的に回答したのは、質問1、質問3、質問4で、理解度を問う項目である。否定的な回答となったのは、質問2、質問5で、他者に対して説明ができるかどうかを問う項目である。このことより、一連の学習により、生徒は仕事やエネルギーに関して理解を進めることができたと考えられる。しかし、他者に対して説明できるほどには理解していないようである。

#### (iii) 自由記述より

ビー玉エンジンに関しての自由記述より、次のような意見を得た。「ビー玉や試験管といった簡単な道具でエンジンを作れることに驚きを感じた。」「注射器をうまく使って、中の空気の体積の変化で上下に動いていることに興味を持った。」「空気の膨張・収縮を通して、エネルギーを変換していることに興味を持った。」これらの意見に見られるように、ビー玉エンジンの構造の簡単さや、動きのおもしろさなどに興味を持たせることができたようである。また、「ビー玉の数を変えることで、速さが違った。」「長時間動かすためには、空気で冷やすよりも冷却しておいたほうが良い。」「ビー玉

のかわりに液体をいれたらどうなるか。」との意見に見られるように、ビー玉エンジンの構造や特性に関して興味を示した生徒も多い。

また、エネルギーの学習前に仕事を導入したことや、エネルギーの学習、エネルギーの変換と保存などの一連の学習内容に関して、生徒は次のように回答している。「エネルギーと仕事の違いについてよく分かった。」「自分たちがいつも使っている電気は、熱エネルギーや運動エネルギー、化学エネルギーを電気エネルギーに変換して利用していることを知った。エネルギーを変換しても、エネルギーの総和が変化しないというのは、面白いと思った。」「電池などの電気エネルギーはモーターなどで運動エネルギーに変わる。これは、『電池』という目に見えるものが目に見える形で動いていたが、『熱』は目に見えない漠然としかわからなかったので、勝手にカチャカチャビー玉が動いているのをみたときは、新鮮というか奇妙という感じがした。」「このビー玉エンジンを勉強することによってエネルギーに対して興味を持つことができ、熱がエネルギーを持っていることを分かりやすく理解できた。」これらの意見より、エネルギー変換について理解が深まり、目に見えないものでもエネルギーを持っていると理解できたようである。これは、生徒たちが組み立てたものを用いて、エネルギーの変換を実際に目で見る形で提示できたことによると考えられる。

また、エネルギーの学習全般についての自由記述から次のような意見が見られた。「エネルギーについて学習した後に、今回の実験をやった。最初は、どういう仕組みか分からなかったけど、実験後に解説を聞いて今までのエネルギーについての学習がこういうところにつながってくると納得した。」「今までは、『熱すると空気が膨張する』というくらいしか認識していなかったことが、エネルギーで説明されることに気づいた。」「私たちの行動のほとんどがエネルギーで説明できる。」「エネルギーは変換でき、目的に応じて利用できることに興味を持った。」これらの意見より、一連の授業を通して、エネルギーが自分たちの生活に密接に関連していることに気づかせることができたと考えら

れる。今後調べてみたいこととして生徒は、「ビー玉のかわりに液体をいれたらどうなるか」(前述)、「エネルギー変換の過程」、「環境に良いエネルギーの変換の方法」、「エネルギーの効率の良い作り方」等をあげている。ビー玉エンジンを活用した授業やエネルギー変換、エネルギー資源の授業を行った後にアンケートを行ったため、このように、エネルギーの変換効率に興味を持ったと回答する生徒もいた。

### 3. まとめ

今年度は、熱エネルギーの変換を中心にして、エネルギーに関する一連の授業を行った。生徒アンケートの結果から、エネルギーに関して理解しやすく、楽しく学べる実践であったことが分かる。今年度の実践では、エネルギーに関してイメージ作りをすることができ、生徒に理解させるのに十分な教材を提示できたと考えられる。

しかし、今後の課題として、生徒が「自らの言葉で説明することができる」レベルまでに到達できていない点があげられる。生徒自身が様々な現象を説明する上で、「エネルギー」という言葉を用いる段階に引き上げられるように、熱エネルギーに限らず、様々なエネルギーに関して、概念の形成を目指し、「自ら説明する力」を育成できるように研究を進めていきたい。

### 引用文献・参考文献

- 1) 文部省, 中学校指導書 理科編, 平成元年7月
- 2) 文部科学省, 中学校学習指導要領(平成10年12月) 解説—理科編—, 平成11年9月
- 3) 国立教育政策研究所, 平成13年度小・中学校教育課程実施状況調査, 質問紙調査集計結果(理科)  
[http://www.nier.go.jp/homepage/kyoutsuu/02\\_result/02\\_Q\\_sci.pdf](http://www.nier.go.jp/homepage/kyoutsuu/02_result/02_Q_sci.pdf)
- 4) 国立教育政策研究所, 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査, 質問紙調査集計結果 理科(児童生徒質問紙)  
[http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/03001040000007003.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001040000007003.pdf)