

中学校におけるエネルギー概念形成のための単元開発Ⅱ

小茂田聖士 呉屋 博 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。^{1,2)}

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す。

昨年度(H18年度)は、生徒に「仕事」や「熱」について学ばせ、熱エネルギーを外部への仕事に変換する熱機関を教材として活用し、熱に関するエネルギー概念の獲得を目指した。今年度(H19年度)は、昨年度の研究内容に加え、エネルギーの損失が熱になったり、熱に関する変化が不可逆性であったりするなどの「熱の特殊性」に着目し、エネルギー概念の形成を目指した教材、単元の開発を行うことを目標に研究を行い、授業実践を行った。授業実践は、中学3年の必修理科、および選択理科で行った。

2. 必修理科における単元開発

○単元開発の内容

必修理科においては、昨年度の実践³⁾をさらに発展させ、エネルギー概念の形成を目指して、エネルギーに関する単元開発を行った。

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。中学校理科1分野下の教科書では、いくつかのエネルギーの変換の例を定性的に取り扱っている。また、物体の運動について学んだ後に、力学的エネルギーを導入し、エネルギー保存則を学ぶ。しかし、物体の運動と力学的エネルギーの内容の間には、力学的な仕事を学ばない。

今年度、本実践では、物体の運動を学んだ後に、発展的な内容として「仕事」を取り扱い、物体の持つ力学的エネルギーを実験的に仕事から考察し、エネルギー保存則まで、系統的に学べるよう授業を行った。この後に、下の表1に示すようなエネルギー分野の単元計画を立て、授業実践を行った。

表1 エネルギー分野の単元計画

- | | |
|---|------------------------------|
| A | エネルギーの種類・変換 |
| B | 熱の持つエネルギー・その効率
—熱機関を例として— |
| C | 熱とエネルギー —ペルチェ素子に触れる— |
| D | 化学変化による熱とエネルギー |
| E | 電気エネルギーと発電 |
| F | 私たちの生活とエネルギー・エネルギー資源 |

エネルギー分野の授業においては、多くの実験を取り入れ、様々なものにエネルギーがあることを認識させた上で、変換と保存の概念について生徒が認識を深められるように展開を行った。

A エネルギーの種類・変換

ここでは、自然に存在するエネルギーをいろいろと紹介し、それらの変換について取り扱った。例えば、ハンドジェネレータを用いて電気を起こすことができ

ることやその仕組みやその電気の利用などについて取り扱った。ハンドジェネレータの例では、力学的なエネルギーが電気エネルギーに変換される。また、日常の生活に結びつけて、電気エネルギーから熱（熱エネルギー）への変換などについても触れた。

B 熱の持つエネルギー・その効率

—熱機関を例として—

この時間には、昨年と同様にビー玉スターリングエンジンを用いて授業を行った。ビー玉スターリングエンジンは、生徒自身の手により組み立てることが可能で、高温源と低温源が必要な熱機関の特徴を理解しやすい。（授業の詳細は文献3）を参照）

また、エンジンの動作では、高温源で熱を得て、低温源で外部に熱を捨てることから、熱のすべてが力学的エネルギーに変換されているわけではなく、捨てている部分がある（熱効率）ことについても触れている。

C 熱とエネルギー —ペルチェ素子に触れる—

ここでは、ペルチェ素子を用いて熱との関連を考えさせた。ペルチェ素子は、電位差を温度差に変換する半導体素子である。また、逆に温度差を与えると電位差が生じる。

授業においては、ハンドジェネレータを用いてペルチェ素子に電位差を与え、片面だけが熱くなり、もう片面は冷たくなることを生徒全員に体感させた。

また、演示実験において、ペルチェ素子の片面を氷の上に置き、もう片面には手をのせると温度差が発生し、電気が発生することを、プロペラの回転で見せた。

D 化学変化による熱とエネルギー

化学分野の学習で、鉄の酸化などによる発熱については取り扱っているが、ここでの学習は、それらの発熱反応とともに、吸熱反応についても取り扱い、化学変化に伴うエネルギーの出入りに熱も関係することを考えさせる。また、化学変化による発光についても実験を行う。（本稿執筆時点では未実施）

E 電気エネルギーと発電

我々の日常生活において、電気を使わない日はないほど身近なものである。家庭に来ている電気はどこで作られているのか、どのように作られているのかを考えさせる。授業では、水力発電や火力発電のモデル実験教材を用いて、変換をモデルでとらえていく。（本稿執筆時点では未実施）

F 私たちの生活とエネルギー・エネルギー資源

人類とエネルギーの関わりについて、産業革命前後に急激にエネルギーの使用量が増えていることを資料から読み取らせる。産業革命以後は化石燃料でエネルギーをまかなっていること、現代社会においては、環境問題や新たなエネルギー源開発、省エネルギーの問題に取り組まれていることを授業で取り扱った。資料を作る際には、電気事業連合会ホームページ「日本の原子力」⁴⁾を参考にした。

○授業実践の成果と課題

I 熱の持つエネルギー・その効率

—熱機関を例として—

【ビー玉スターリングエンジンの授業実践】

ビー玉スターリングエンジンやそれを用いてのエネルギーの学習に関しては、約8割の生徒が興味を持って授業に臨めたと回答した。ビー玉スターリングエンジンは生徒自身がグループで組み立てを行い、アルコールランプで加熱し、動かした。考察では、熱機関には高温源と低温源があり、熱機関は熱をエネルギーとして動力に変換している装置であることを伝えた。また、加熱した熱の一部は、外部に捨てている部分があることや熱効率についての考え方についても触れている。

これらの学習において、生徒は以下のように記述回答している。「熱や運動などのエネルギーが互いに関わっていることを学習できた。」「エンジンという車や機関車のような複雑そうなものをイメージするが、ビー玉エンジンは簡易の仕組みがわかりやすく、エンジンの原理がよく理解できた。」

これらの結果より、ビー玉スターリングエンジンを用いた学習は、熱と運動のエネルギー変換の過程を理解するのに、適している教材だと言える。

II 熱とエネルギー

—ペルチェ素子に触れる— の授業実践

熱を動力に変換することをビー玉スターリングエンジンの授業で学んでいる。ペルチェ素子に関する授業では、熱の不可逆性などについて学んだ。身近な現象である「熱」について、電気から変換されることは自宅のアイロンやドライヤーなどで実感しているはずである。熱は通常、あたたかい物と冷たい物を混ぜると一定の温度になるように熱の移動が起こる。このペルチェモジュールでは、外部からエネルギーを与えることにより、温度差が生じる。温度差がないところから温度差が生まれることは不思議な現象だと思うかもしれないが、全体のエネルギーという視点で見ると、外

部から与えた分だけエネルギーは増加している事を伝えた。

生徒の意見から、「熱という具体的なものだったので、わかりやすかった」「電流の向きを反対にすると温かい面と冷たい面が入れ替わったのがおもしろかった」と回答している。

Ⅲ これまでの授業実践を通して

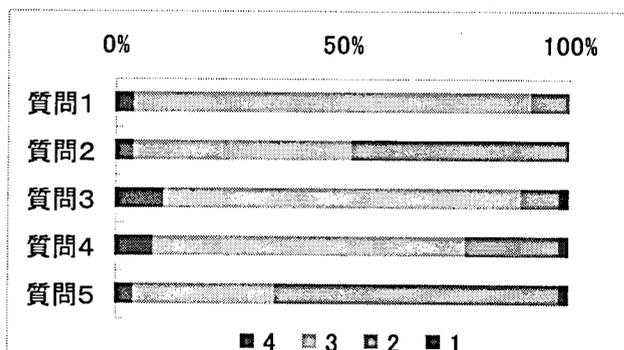
本稿執筆時点では、前述のエネルギー分野の単元計画のA・B・C・Fの授業を行っている。これらの授業実施後にこれまでの授業を振り返ってのアンケートを実施した。2007年12月中旬に実施し、2クラス（81名）から合計48枚の回答を得られた。アンケートの内容と結果を以下に示す。エネルギーの分野に関しての生徒の理解度の調査について、昨年度と同様の質問を行った。

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。 |

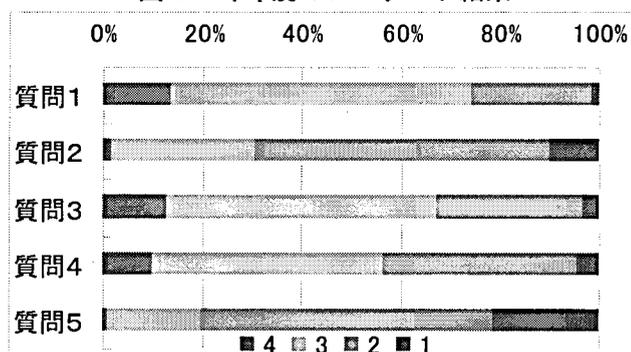
これらの項目を4段階で調査した。4が強い肯定、3が肯定、2が否定、1が強い否定である。今年度の生徒の結果は、以下の図のようになっており、改善が見られた。

図1 今年度のアンケート結果



質問1・質問3よりの結果より、約90%の生徒がエネルギーに関してイメージをつかむことができ、力との違いを理解したと回答している。昨年度のアンケート結果は下の図2のようになっている。

図2 昨年度のアンケート結果



今年度は、昨年度の反省から、生徒に「自らの言葉で説明する力」を獲得することを目指している。質問2・質問5は、この力を獲得したかどうかを生徒自身が自己評価する質問である。昨年度は20%の生徒が肯定的に解答しており、今年度は35%の生徒が肯定的に回答し、生徒の自己評価が上がっている。しかし、過半数の生徒はいまだ難しさを感じているようだ。

3. 中学3年選択理科における単元開発

○単元開発の内容

中学3年選択教科理科では、本研究にかかわるエネルギーの単元において、班ごとの学習成果を発表し、生徒たちが主体的にする協議する形態によって学習を深めさせることを単元開発のねらいとした。中学3年選択教科理科では、環境、エネルギー、生命の3領域を年間の学習内容として位置づけ、発展、応用的な内容について科学的リテラシーを育むとともに、実社会、実生活に役立つ知識、能力として身に付けさせることをねらいとした。エネルギーの単元では、発電の仕組みから身の回りの電気エネルギーの利用の実際を調べ、環境負荷の少ない今後の電気エネルギー利用の在り方を考える取り組みを通して、科学的な思考力、判断力とともに実社会、実生活との関わりを踏まえた意志決定能力を育むことを目指した。「燃料電池自動車」を教材としてその仕組みを学習しながら、自らの世代の将来のエネルギー利用の在り方を探求する活動は、中学3年生の選択教科理科の選択者の学習内容として適していると判断した。

学習内容の展開においては、「燃料電池自動車は省エネの切り札となる」という仮説を設定し、この仮説に基づいて燃料電池の仕組みを学習しながら燃料電池自動車の実用化のための課題を解決する手立てを検討し、燃料電池自動車の実用化を目指した提案書の作成を中心に取り組んだ。この提案書を中学3年理科のエネルギーに関する単元の教材として生徒自らがプレゼンテーションを行うことを想定している。具体的には、

生徒の主体的な活動を重視して、エネルギー変換の仕組みについて模型等を用いながら実験をしたり、調べ学習やグループ協議を通して、近未来の自分たちのエネルギー利用の在り方について科学的なデータに基づいた提案書を作成するという生徒の主体的な学習活動を重視した取り組みを行った。

表3 エネルギーに関する授業実践内容・計画

1	身の回りの電気の利用の実際
2	発電機、モーターの仕組みとエネルギーの利用
3	水素燃料電池自動車の仕組みとエネルギー利用の仕組み
4	電気エネルギーの利用とエネルギー供給の仕組み
5	エネルギー利用の在り方と私たちの生活

対象者：中学3年選択理科クラス13名
(男子8名、女子5名)

(1) 単元の評価規準

(関心・意欲・態度) 身の回りの電気の利用の実際について関心を持っている。

(科学的な思考) 身の回りの電気エネルギー利用の在り方について問題意識を持ち、今後のエネルギー利用の在り方について自分の考えを持つことができる。

(技能・表現) モデル実験を行い、実験結果や資料をまとめて発表することができる。

(知識・理解) エネルギーに関する知識を身につけ、身の回りの利用の実際について理解することができる。

(2) グループ協議と発表を生かした授業の展開

表4 グループ協議と発表を生かした授業の展開例

(導入)	水素燃料電池自動車の模型を用いた燃料電池の仕組みの確認
(展開)	グループ協議
	・1班：燃料電池の仕組み
	・2班：燃料電池自動車の特徴
	・3班：燃料電池のためのエネルギー供給の仕組み
	3班に分かれて協議と発表、質疑応答
(まとめ)	水素燃料電池自動車の利点と課題並びに将来性についてまとめる

単元計画「水素燃料電池自動車の仕組みとエネルギー利用の仕組み」(第5時間目)において、水素燃料電池自動車の利点と課題について検討し、その将来性について考えさせることをねらいとした授業である。

(学習内容)

- ・水素燃料電池自動車は水素と酸素による化学的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理解させる。
- ・水素燃料電池自動車の利点と課題について、意見をまとめる。
- ・今後のエネルギー利用の在り方を念頭に、水素燃料電池自動車の将来性について考えさせる。
- ・環境負荷の少ないエネルギーの利用の在り方について電気エネルギーを中心に考えさせる。

(学習活動とその評価)

提案書作成のための作業を3つの班に分かれて、内容を分担して行うことにし、2～3時間ごとに提案書の編集会議として各班でまとめたことを発表し、他の班との連携と取り組みの課題を確認する学習活動を行った。各班では、さらに分担して模型を使った実験を行ったり、調べ学習をして内容を作成したりして、各自の活動内容の再確認と課題への取り組みを深め、全員で一つの提案書の作成にあたった。

(3) 生徒の取り組み成果としての提案書の概要

①提案書の表題

- ・表題「近未来の私たちへの提言 充実したエコライフを考える ～燃料電池自動車の可能性～」
- ・構成

1. はじめに
2. 私たちの生活とエネルギー問題について
3. 充実したエコライフのための燃料電池自動車の可能性と課題
4. まとめ

②提案の趣旨(「はじめに」より抜粋)

この提案書では、私たち自身が私たちの明日のために何ができるかについて考えたこと、燃料電池自動車の将来性について考察したことをもとに、燃料電池自動車が私たちの生活の利便性を高め、かつ、環境に優しい交通手段であると考え、燃料電池自動車の普及に積極的にかかわることが私たちの生活をより豊かにする一つの手だてであると提案します。

私たちは、今から機会あるごとに少しでも環境に優しく、また豊かな生活を維持できる可能性をさぐっていきたいと思います。

③提案書の概要

- 燃料電池の仕組み

燃料電池の原理

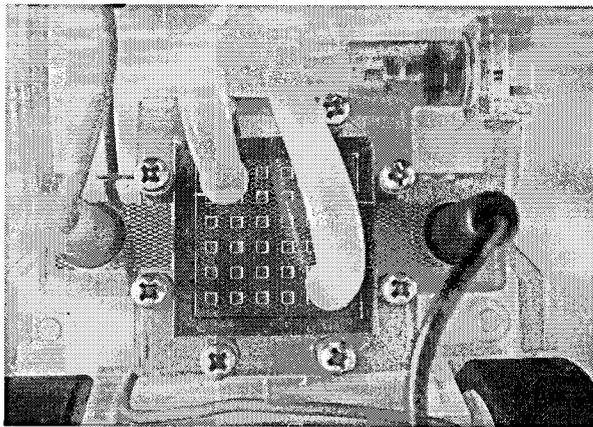
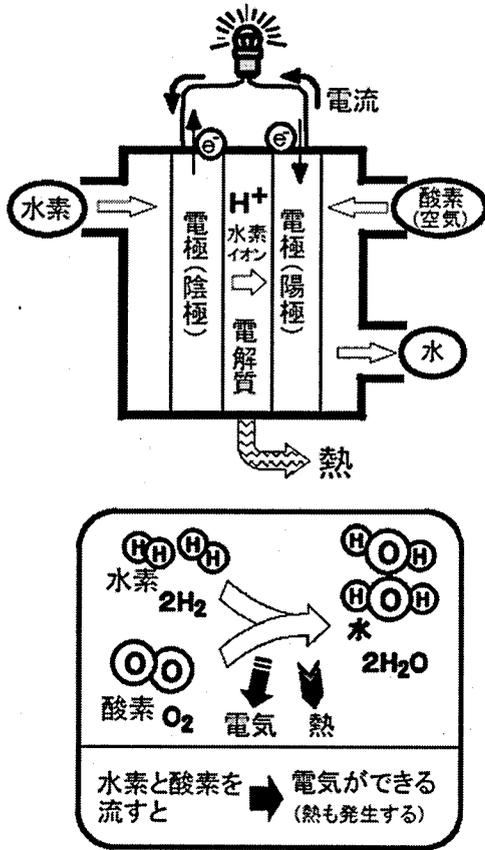


図3 燃料電池のしくみと燃料電池の模型

水を電気分解すると水素と酸素が発生するのは、理科の実験でもよく知られていますが、燃料電池はその逆で、水素と酸素を反応させて電気を作りだします。また、その時の反応で発生する熱も利用できます。

○燃料電池自動車のエネルギー源

燃料電池の燃料は水素と酸素です。その内、酸素は空気中から取り入れますが、水素の気体は天然にはほとんど存在しないので、天然ガスやメタノール、

石油などを改質して水素を取りだします。

環境に優しいエネルギーシステムとするためには、化石燃料への依存度が低いことが重要です。

そこで、将来的には、バイオマス（生物由来の有機性資源）からメタノールを取り出し、それを改質して水素を作ることが期待されています。すでにバイオマスから取り出されたエタノールはガソリンに混ぜるなどして利用されています。

○燃料電池自動車のエネルギー供給の課題

- ・水素ステーションなどの設備が必要
 - ・それに伴う製造コストが大きい
 - ・水素供給システム、水素貯蔵方法などの開発が必要
 - ・メタノールなどの非化石燃料の実用化が必要
- これらが課題点であり、また実用化に向けた鍵です。

(4) 取り組みの評価

取り組みの開始時点で、燃料電池自動車について知っている生徒はなく、聞いたことがある生徒が3名、知らない生徒が10名であった。単元学習の3時間目までに燃料電池や燃料電池自動車の模型を用いた学習を行った後に、「燃料電池自動車が省エネの切り札になる」という仮説の設定に対して、賛成意見の生徒が5名、わからないという生徒が7名、反対意見の生徒が1名であったが、単元の取り組みを終えて、全員が燃料電池自動車の実用化について可能性を認める結果になった。発表や協議を中心にして、自己表現のための取り組みが、学習を深め、この学習における仮説を肯定していくことにつながったと考えられる。また、共同して学習を深めたことの他に、新聞記事等による企業の研究が実用化に向けて日々進んでいる情報を授業の中に逐次取り入れたことが意識を変えていく要因の一つにもなったと考えられる。

また、この取り組みにおいて、エコライフが「我慢を強いるもの」ではなく、「より充実した豊かな生活を目指すもの」として捉える工夫を前提としたことが、意欲的な学習につながったのではないかと受け止めている。

4. まとめ

授業を通して、生徒は以下のように感じたことを回答している。

「エネルギーを身近に感じる事ができた。」

「エネルギーは自分の身近に存在するものだし、エネルギーがないと私たちは生活していけないから、もっとエネルギーについて知るべきだと思った。」

「エネルギー変換の原理でほとんどの現象が説明がつく点に興味を持った。」

「エネルギーは私の生活に身近で深く関わっていることがよくわかった。」

こういった意見から、自分たちで実験操作・考察をしながらエネルギーを学ぶことを通して、自分たちの生活と結びつけて考えることや、身近な現象をエネルギーと結びつけて考えるような思考過程が育っていることがうかがえる。

また、エネルギー変換の効率をあげる方法を考えたなどの前向きな意見が出てきた。そのほかにも、エネルギー資源の問題や環境問題について以下のように記述回答している。

「地球全体のエネルギーの循環について、私はどこからエネルギーを使い、どのように捨てて（使っているのか知りたい。」

「今注目されている代替エネルギーのことについてもっと知りたい。」

「限られている世界中のエネルギーをどううまく使っていくか、すごく大切なことだと思った。」

「約40年で石油がなくなることについて、その後はどうやって生きていけばよいかわからなくなり不安に

なった。不自由な生活になるのはいやだと思うけど、その後の世代のことも考えなければならぬと思った。」

本単元開発、実践を通じて、メディアで見聞きするエネルギーや環境の問題について生徒自身が関心を持ち、自分たちの生活と結びつけて考え、行動するきっかけを与えられるような実践を行うことができたと考えられる。

今後、選択理科と必修理科の連携を行い、さらに生徒のエネルギー概念を形成させることのできる実践にする予定である。

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) 広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要 第35号, p407~p411, 2007年3月
- 4) 電気事業連合会HP「日本の原子力」
<http://www.fepc-atomic.jp/library/zumen/index.html>