

群 教 セ	G04 - 03
	平 14.208 集

# 見える！聞こえる！力学的エネルギー

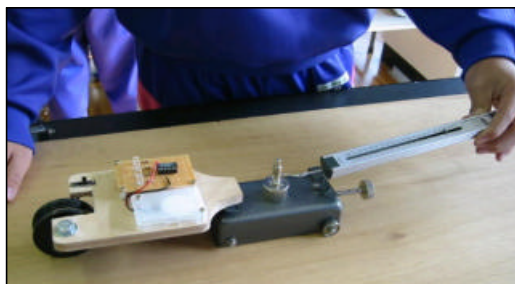
主 題 エネルギー変換台車の開発と活用

特別研修員 大川 博靖

(大間々町立大間々東中学校)

研究の概要 中学3年理科「エネルギー」の学習において、エネルギーを「光らせたり、音を出させたりするもの」などにとらえさせるために、力学的エネルギーを光エネルギーや音のエネルギーに変換してみせるエネルギー変換台車を製作した。そして、力学的エネルギーの存在やエネルギーの移り変わりを調べる実験に用いることにより、実感の伴ったエネルギーの見方や考え方が養えたと考える。

キーワード 【理科、中学校、教材・教具、力学的エネルギー、エネルギー変換】



## エネルギー変換台車製作の理由

### 1 力学的エネルギーの実験

中学校3年理科の「運動とエネルギー」の学習において、力学的エネルギーは、電気や光・音のエネルギーに比べ、生徒にとっては理解しにくいものである。これは、力学的エネルギーが、他のエネルギーのように目に見えたり聞こえたりしないことも原因の一つと考える。

これまでは、エネルギーの大きさを「他にできる仕事の能力」とし、力学的エネルギーは、運動している物体を木片等に衝突させ、その力と移動距離から定量的に扱ってきた。しかし、新学習指導要領では、「仕事」の学習は発展的な扱いとなったため、「仕事」の概念を用いずに力学的エネルギーの存在を確かめる実験の必要性が出てきた。

### 2 目や耳でわかる力学的エネルギー

そこで、力学的エネルギーを、比較的とらえやすい電気のエネルギーに変換し、さらに、光や音のエネルギーとして表示できる「エネルギー変換台車」を製作した。このエネルギー変換台車を活用することで、力学的エネ

ーに見える聞こえるものとして、手軽に力学的エネルギーの存在を確かめることができる。また、エネルギーの変換の様子を目や耳で確かめながら実験することが可能である。

このエネルギー変換台車の授業での活用により、日常生活におけるさまざまなエネルギーの姿に気づかせ、実感の伴ったエネルギーの見方や考え方が養えたと考える。

### 3 これがエネルギー変換台車(図1、2)

木製の台車本体に、発電用モーターとゴムベルト、キャストを装着し、発電用モーターを回転させることで電気エネルギーを発生させる。この電気エネルギーを利用して、LEDを段階的に点灯させたり、電子オルゴールを鳴らせたりし、力学的エネルギーの大きさに応じて光や音として確認できる。

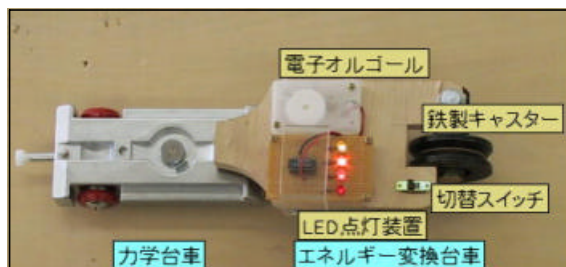


図1 力学台車とエネルギー変換台車

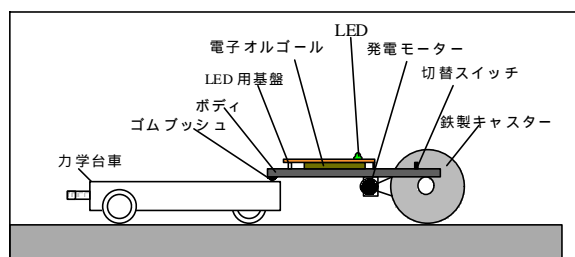


図2 エネルギー変換台車解説図

## 研究のねらい

エネルギーの学習において、力学的エネルギーを電気エネルギーを経て光や音のエネルギーに変換させる教材を製作し、これを利用した実験を単元の学習計画に取り入れることにより、実感の伴ったエネルギーの見方や考え方が養えることを明らかにする。

## エネルギー変換台車の特徴

新学習指導要領では、力学的エネルギーの定性的な理解をねらい、教科書には、エネルギー変換の例として、ダム水力発電や自転車のダイナモなどがあげられている。そこで、それまでの学習である「運動と速さ」の実験を生かしながら、ダムや自転車の学習の理解を促すのが、このエネルギー変換台車である。

エネルギー変換台車は、「運動と速さ」の実験で使用した市販の物理実験用力学台車に連結して使用することができ、実験の仕方は、「運動と速さ」の学習での経験を生かすことができる。そのため、生徒は、実験の目的に集中できる。また、質量や力、高さなどの条件を変えて実験を行うことで、力学的エネルギーと各条件との関係を定性的に理解することができると思う。このエネルギー変換台車の特徴は次のようである。

運動エネルギーの大小を表示（図3）

起電用モーターの選定と LED 点灯装置の工夫により、力学台車と連結して使用した場合、力学台車の実験速度の範囲で、LED の点灯個数（0 個から 4 個）や電子オルゴール

の鳴り方に変化が出る。しかも、LED点灯装置及び電子オルゴールには、電源は無く、モーターの発電で直接作動させている

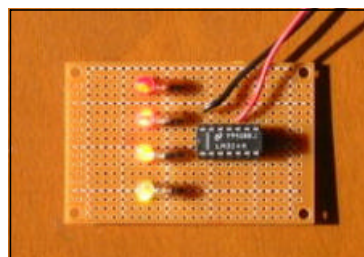


図3 自作のLED点灯装置

このため、生徒は、直感的に力学的エネルギーが光や音のエネルギーに変換されているととらえることができる。

位置エネルギーの大小を表示

エネルギー変換台車を落下運動でも使用するために、一輪キャスターを使用した。エネルギー変換台車をスタンドに固定し、キャスター部に糸を巻き付ける。この糸に物体を取り付けて落下させ、物体の位置エネルギーを電気エネルギーに変換させる。これにより、質量と高さのちがいによって、LED の点灯個数や電子オルゴールの鳴り方にちがいが現れ、エネルギーの大小を知ることができる。また、キャスターの取り付けを片側にしたことが、物体につけた糸等の巻きつけを容易にしている。

### 発電時の運動抵抗の低さ（図４）

ベアリング入りのキャスターやブーリーとベルトの採用により、ギアボックスを使用した場合に比べて、台車の運動抵抗を低く抑えることができた。これにより、力学台車の運動に与える影響が小さいために、例えば台車の斜面落下の場合では、運動起点の高さの差や発電の有無が、台車の速さの差に現れ、エネルギーに着目したエネルギー変換実験を行うことができる。

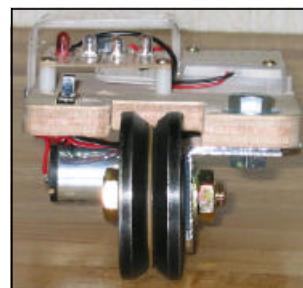


図4 キャスター部

## 力学的エネルギーの新しい授業

力学的エネルギーの存在とエネルギーの移り変わりの2つの授業において、学年3クラス合計27班98人について、エネルギー変換台車を取り入れた新しい実験を行った。

### 1 力学的エネルギーの存在（2時間）

#### （1）力学的エネルギーの存在に気づく

この授業では、まず、生徒のアンケートをもとに「エネルギーをもつものは、物を動かしたり、光らせたり、音を出したりできる。」と、エネルギーについての生徒の意見をまとめた。そして、エネルギー変換台車の仕組みを学習し、身のまわりにある物体のもつ力学的エネルギーを調べる実験を行った。生徒が家庭から電動模型自動車やぬいぐるみなどを持ち寄り、走らせたり落下させたりして、力学的エネルギーの存在を調べた。

エネルギー変換台車の光や音に関心が高まり、生徒の自由な働きかけと積極的な取り組みが見られた。そして、走るゼンマイ式の自動車や落下する消しゴムなど、いろいろな物にエネルギーがあることを見いだしていた。

#### （2）力学的エネルギーについて知る

力学的エネルギーについての定性的な理解を深めるために、より大きな力学的エネルギーを得る条件を探す授業を行った。

1 題材 「より大きなエネルギーが得られる条件を探そう」

2 ねらい

条件を変えて実験し、力学的エネルギーが大きくなる条件を見いだすことができる。

3 準備するもの（班ごと各1）

力学台車、エネルギー変換台車、斜面用棚板、実験用スタンド、大型定規、たこ糸 2m、ペットボトル 500ml、ワークシート（人数分）

4 実験の種類

（実験1）台車と水平面を使ったエネルギー

（実験2）台車と斜面を使ったエネルギー

（実験3）ペットボトルを使ったエネルギー

（実験1）台車と水平面を使ったエネルギー

力学台車とエネルギー変換台車を連結させて、水平面上を運動させて力学的エネルギーの大きさを調べる実験を行った。台車を引く力を班ごとに計画させ、台車の質量は班ごとに固定させた。

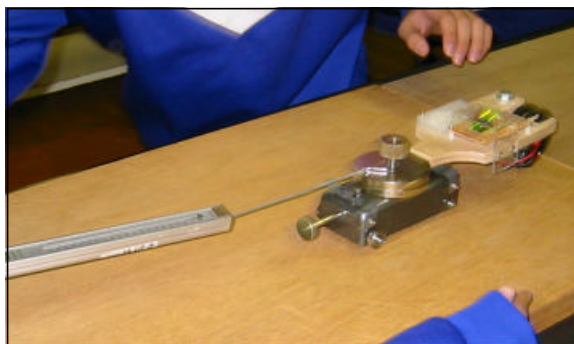


図5 水平面上を走らせる実験

授業では、既習の「力と運動」の経験とともに、引く力を1N、2N、3Nと変化させて行う班が大部分であった。表1は、学年27班98人の実験記録である。

表1 水平面上での実験記録

実験記録の所見	人数
引く力が大きいほどエネルギーが大きくなる	95
引く力を大きくしてもエネルギーの大きさは変わらない	3

実験のまとめで、台車を引く力が大きいほど台車の速さが大きくなり、大きなエネルギーが得られると答えた生徒が全員であった。

（実験2）台車と斜面を使ったエネルギー

力学台車とエネルギー変換台車を連結させて、斜面上を走らせて、力学的エネルギーの大きさを調べる実験を行った。運動の起点の高さ（斜面の高さ）と台車全体の質量を班ごとに計画させて実験させた。ただし、安全のために、斜面の最大斜度は20°までとした。

表2は、学年27班98人の実験記録である。

表2 斜面上での実験記録

実験記録の所見	人数
質量が大きいほどエネルギーが大きくなる	91
質量を大きくしてもエネルギーは変わらない	7
斜面の高さが高いほどエネルギーが大きくなる	98



生徒は、斜面の角度に着目しやすいので、運動基点の高さに注目するように支援した。

「質量を大きくしてもエネルギーは変わらない」とした7人は、実験操作のミスで、授業後に再実験を行い、この7人ともによい結果が得られた。



図6 斜面上を走らせる実験

(実験3) ペットボトルを使ったエネルギー変換台車をスタンドに固定し、エネルギー変換台車のキャスター部に、ペットボトルにつけた風糸を2回ほど巻き付け、ペットボトルを落下させ、エネルギーを確認した。ペットボトルに水を入れて質量を変化させたり、高さを変化させたりして実験させた。表3は、学年27班98人の実験記録である。

表3 ペットボトルの実験記録

実験記録の所見	人数
質量が大きいほどエネルギーが大きくなる	98
高さが高いほどエネルギーは大きくなる	98



図7 ペットボトルを使った実験

## 2 エネルギーの相互変換(1時間)

力学台車とエネルギー変換台車を用いて、エネルギーの量に着目して、エネルギー変換を説明する授業を行った。

### 1 題材 「エネルギーの移り変わりを調べよう」

#### 2 ねらい

エネルギーは、互いに変換可能であることに気づき、エネルギー変換の推移を説明できる。

#### 3 準備するもの(班ごと各1)

力学台車、エネルギー変換台車、斜面用棚板、実験用スタンド、定規、ワークシート(人数分)

#### 4 実験の種類

(実験) 台車の斜面から水平面への運動の移動距離の測定と比較

・非発電時 ・LED点灯時 ・オルゴール作動時

(実験) エネルギーの移り変わりを調べる

台車を斜面から水平面へと運動させ、移動距離を測定する。このとき、発電時と非発電時の台車の移動距離のちがいを、エネルギーの量に着目して説明したり、エネルギー変換台車で行われたエネルギー変換について説明したりするものである。

まず、回路のスイッチをOFFにした(非発電時)台車が水平面上で静止するように、斜面の高さや台車の質量を設定させる。つぎに、LED点灯をさせたり、電子オルゴールを作動させたりした場合との移動距離を比較させ、移動距離にちがいが出た理由を考察し、発表させる。



図8 エネルギーの移り変わりを調べる実験

実験の結果は、98人の生徒のほぼ全員が、移動距離の長い順に「非発電時」、「オルゴール作動時」、「LED点灯時」の順にワーク

シートにまとめられた。

発電させるとその分だけ台車の運動エネルギーが減る。

実験後の発表では、「台車のもっていた位置エネルギーの一部が LED の光のエネルギーに変化し、その分台車の運動エネルギーが減った。」といった内容の発表が多く、「LED 1 つ光らせるにも、多くのエネルギーが必要だとわかった。」などの意見が出された。

## 力学的エネルギーが見えること聞 こえることの意義

力学的エネルギーの存在を知る授業

エネルギー変換台車の活用により、条件をいろいろと変えると、LED の点灯個数に差が出たり、電子オルゴールの鳴り方に変化が現れたりすることで、生徒は力学的エネルギーの存在や大きさを見たり聞いたりすることができた。そして、力学的エネルギーが、物体の速さ、質量、そして落下の場合の高さと深く関わっていることが発見できた。したがって、「どんなものに力学的エネルギーが存在するか」や「どんなものがより大きな力学的エネルギーをもつか」が実験を通して理解できたと考える。特に、エネルギー変換台車の LED が段階的に点灯することが、生徒の「より大きなエネルギーを得よう」という興味・関心をかきたて、生徒の積極的な実験への取り組みにつながった。そして、「質量」「力」「高さ」などの条件と関連づけた力学的エネルギーの理解にまで深めることができた。

エネルギーの移り変わりを知る授業

エネルギー変換台車を活用した授業では、生徒は、常に「力学的エネルギー 電気エネルギー 光または音のエネルギー」のエネルギー変換を実際に体験していた。そのため、ほぼ全員の生徒が、エネルギー変換の推移について説明できた。

また、単にエネルギーの推移にとどまらず、エネルギーの量に着目することができた。そのため、実験中、エネルギー保存の概念が生

徒自身の口から出ることが多く、実験後の感想では、「ライトをつけて自転車に乗ると、重くなる理由がわかった。」などの感想が出された。

このように、エネルギー変換の実験で、エネルギー量に着目して実験できるエネルギー変換台車の利用は、エネルギー変換の学習にとどまらず、エネルギーの保存の理解に役立ったと考える。

## エネルギー変換台車活用の成果

これまでの力学的エネルギーの学習では、「仕事」の量の算出が中心で、計算の苦手な生徒に力学的エネルギーの存在を理解させることは困難であった。

エネルギー変換台車を活用することで、力学的エネルギーを電気・光・音といった生徒にとってとらえやすいものに変換してみせることができ、生徒にとって力学的エネルギーの存在を身近なものにできた。また、エネルギー変換を体験できることで、それまで気づかなかった身のまわりにあるさまざまなエネルギー現象とエネルギー変換の概念を結びつけやすくすることができたと考える。

このように、力学的エネルギーを目や耳でとらえることができるエネルギー変換台車の活用は、生徒にとってエネルギーを身近にし、実感の伴ったエネルギーについての見方や考え方を与えたと考える。

「資料編に掲載されている資料」

エネルギー変換台車の製作方法、部品一覧、製作図面、簡単な指導計画と指導案、ワークシート例