

energeia ~ 定義からイメージへ

本谷 一

新学習指導要領におけるエネルギーの指導は、従来の仕事による定義ではなく、より一般的なイメージとして理解させ、身近な現象や人間生活と関連付けて考察させることが重要である。そのために、摩擦熱による古代の火起こしの再現、パパンの蒸気機関のモデル実験、熱電変換素子による雪や氷を冷熱源とした温度差発電を教材とし、総合的な学習や環境教育と関連させて指導する方法について検討した。

[キーワード] 中学校理科 理科基礎 理科総合A 総合的な学習 環境教育 エネルギー

はじめに

energeia (エネルギア) とは energy (エネルギー) の語源とされる言葉であり、ギリシャ語で energeia = en (中に) + ergon (仕事) + ia = 「活動していること」という意味を持っている。可能性が実現している事を表す用語としてアリストテレスが初めて用いたもので、エネルギーが本質的に抽象的な概念であることを良く示している。

現在、物理ではエネルギーを「物体が持っている仕事をする能力」と定義し、仕事とエネルギーは等価かつ相互に変換が可能としている。しかし、このエネルギーを仕事で定義する考え方は、子供たちにとって必ずしも易しくはない。仕事は基本的に「力」×「距離」という力学的な定義であり、日常生活で身近な電気や熱のエネルギーとはイメージが一致しないのである。

新学習指導要領においても、仕事の学習が高等学校へ移行し、中学校ではエネルギーを「他の物体を動かす能力」というイメージとして扱っている。また、高等学校の理科基礎や理科総合Aでは、エネルギーや科学技術と人間生活の関連が学習内容の大きな柱になっている。

そこで、従来の仕事による定義ではない新しい「エネルギー」のイメージを、総合的な学習や環境教育とも関連させて指導する方法について検討した。

1 火の発明 ~ エネルギー生産のはじまり

人類は、火を作り出すことでその生活を大きく変化させ、やがて今日につながる文化や文明を築いてきた。ここでは、古代の代表的な発火技術である回転摩擦式発火法について理解を深めるとともに、摩擦現象や運動エネルギーから熱への変換について体験的に理解させる。

準備

ヒキリ板 (幅 3 ~ 4 cm 長さ 10 ~ 30 cm 厚さ 1 cm 程度の平板。材質はヒノキ、スギなどが良い)、ヒキリギネ (直径 1 cm 程度 長さ 30 ~ 50 cm の丸棒。材質はラミン、アジサイなどが良い)、丸型彫刻刀、カッター、綿ロープ (太さ 1 cm 程度)、ドリンク剤の空瓶 (細身)

方法

- (1) 丸型彫刻刀でヒキリ板の端の方に直径 1 cm 程度、深さ 1 ~ 2 mm の浅いくぼみ (ヒキリウス) をつける (図 1)。
- (2) カッターでヒキリウスの外側に開口部幅 3 ~ 4 mm、深さ (奥行き) 3 ~ 4 mm の V 字刻みをつける。
- (3) 机上や床にベニヤ板などを敷き、その上にヒキリ板を置いて動かないように手又は足で固定する。
- (4) ヒキリウスにヒキリギネの先端をあて、ヒキリギネの上端に空き瓶をかぶせて手で押さえる。ヒキリギネに綿ロープを 2 ~ 6 回程度

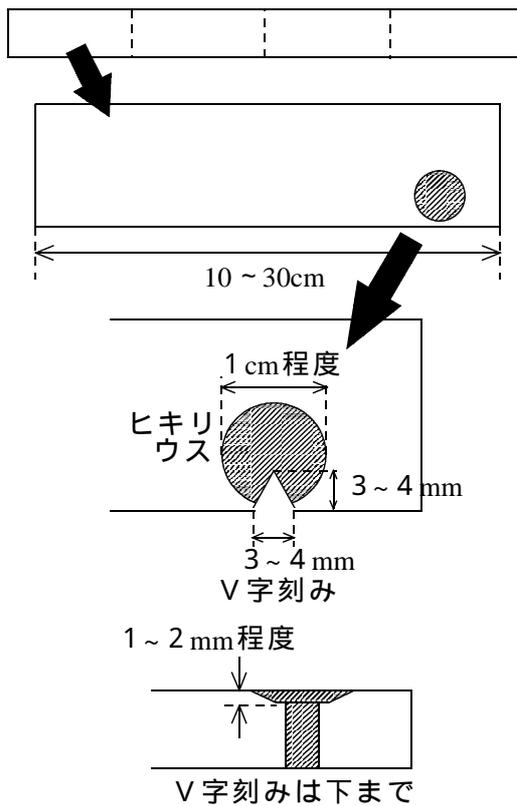


図1 ヒキリ板とヒキリウス

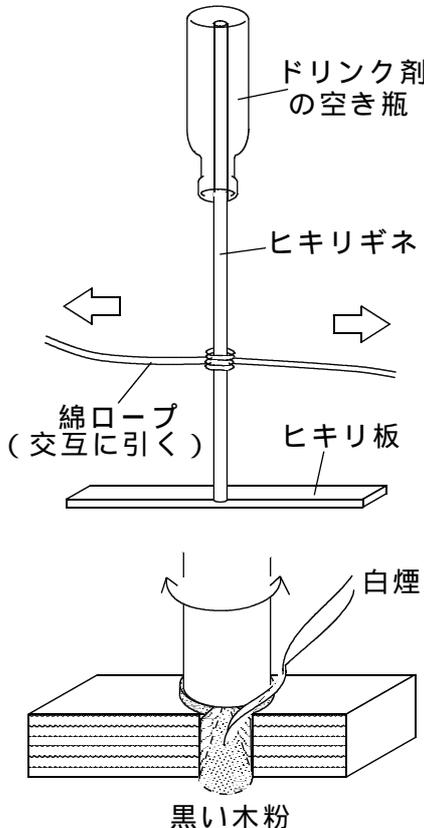


図2 ヒモギリ式発火法

巻き，左右に交互に引いてヒキリギネをゆっくり回転させる（ヒモギリ式発火法）。ヒキリギネをヒキリ板に押し付けて摩擦部の温度が十分上がるようにする（図2）。

- (5) 摩擦音が「キュッキュッ」から「シュッシュュッ」というような音に変わってくると，摩擦部から白煙が立ち上るようになる。やがて黒い木粉がV字刻みからあふれ出てきたら，一気に回転速度を上げ，空き瓶をより強く下方に押し付ける。
- (6) あふれ出た木粉から強く白煙が立ち上るまでヒキリギネを回転させたら，木粉に静かに息を吹きかけて，赤い炎（蛍火）を起こす。

考 察

- (1) 空き瓶の発熱の様子に注目してみる。
- (2) 発火がうまくいかない場合は，その原因について検討する。また，より効率良く発火させるためにどのような工夫ができるか検討する。

参 考

回転摩擦式発火法には，ここに紹介したヒモギリ式以外に，素手で行うキリモミ式（図3），木の枝に皮ひもを渡した弓でヒキリギネを回す弓ギリ式，はずみ車がついたヒキリギネを使う舞ギリ式がある（図4）。



図3 キリモミ式発火法

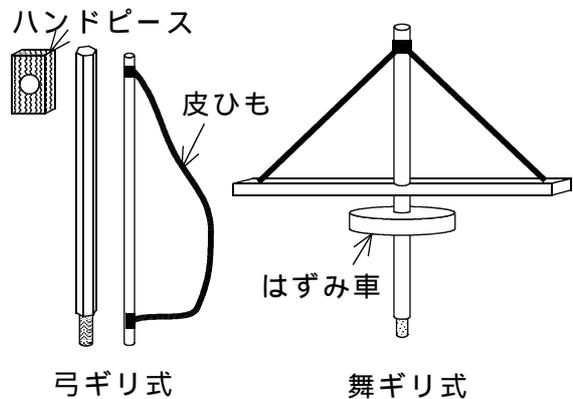


図4 発火器の種類

2 蒸気機関 ~ エネルギー消費の増大

18世紀、イギリスの紡績機械の発明に始まる産業革命は、製造技術の効率化を要求し、水車に変わる動力として蒸気機関が開発された。ここでは、蒸気機関の始祖であるパパンの往復動蒸気機関のモデルを製作し、熱機関の原理や構造について理解を深めるとともに、熱から力学的エネルギーへの変換を体験する。また、熱機関の実用化に関わる技術の進歩についても考察する。

準備

スチール缶、アルミ缶、吸盤付きフック（耐荷重 5 kg程度）、テグス（深海釣り用）または金属線、真空グリス、滑車、鉄製スタンド、シャーレ、ピーカー、アルコールランプ、千枚通し、布テープ、カッター、はさみ、ペットボトル

方法

- (1) スチール缶のプルタブをはずし、側面に真空グリスを多めに塗る。
- (2) アルミ缶の口の方をカッターで切り取り、はさみで缶の切断面の凹凸をきれいに切り取る。このとき、アルミ缶の底面から 1 cm位の位置に空気抜きの穴を空けておく。
- (3) 方法 1 のスチール缶に少量の水を入れて方法 2 のアルミ缶を静かにかぶせ、グリスをなじませる。また、アルミ缶の底に吸盤付きフックを取り付ける（図 5）。

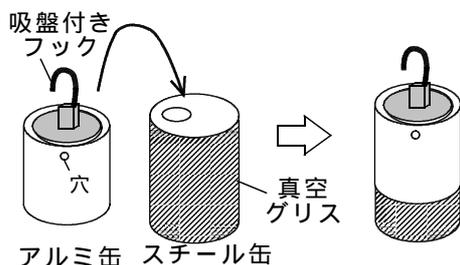


図 5 パパンの蒸気機関のモデル

- (4) スチール缶の底を鉄製スタンドで固定し、アルミ缶のフックと水を入れたペットボトルを滑車を渡して釣り糸で結ぶ（図 6）。
- (5) スチール缶の底をアルコールランプで加熱する。

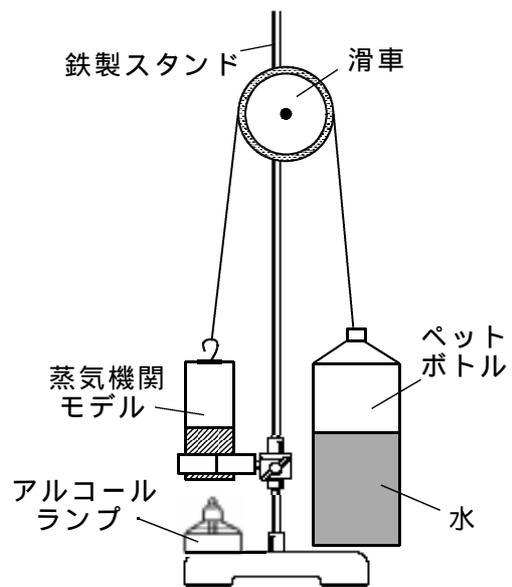


図 6 実験装置

- (6) アルミ缶の穴から十分湯気が出るまで加熱したら、火を止めてアルミ缶の穴を布テープでふさぎ、アルミ缶の上から冷水をかける。

考察

- (1) 何kgのおもりまで持ち上げることができるか実験してみる。
- (2) この熱機関を工夫し、おもりを高く持ち上げたり、連続して動力を取り出す方法について考える。

参考

17世紀においては、多くの科学者や技術者が鉱山の排水をはじめ、家事や灌漑用に水を汲み上げるための動力を得る方法について研究に励んだ。1698年にはサバリが水蒸気が凝縮する際に生じる真空を利用して水を汲み上げる方法について特許を取得したが、当時の技術では必要な圧力に耐えられるボイラーの製作が困難だったため、しばしば破裂事故を起こすなど、実用化には至らなかった。

18世紀初頭の1712年、ニューコメンがシリンダーから独立したボイラーを持つ大気圧機関を発明し、初めての实用蒸気機関となった。このニューコメンの機関は約60年間にわたって運転されたが、その出力は約 4 kW、熱効率も約 0.5% という極めて低いものであった。

ニューコメン機関の限界を打破したのはワットである。ワットの蒸気機関は、ニューコメンの機関に比べて約75%も燃料を節約し、出力55kW、熱効率も4%に向上し、産業革命の原動力となった。

3 クリーンな発電 ~ 地球環境とエネルギー
エネルギーを大量に消費する現代社会において、電力開発は最重要課題である。その中で小規模でも地球環境に配慮し、地域や身の回りの環境を利用したクリーンな発電の技術が注目されつつある。ここでは、ゼーベック効果という熱電変換現象を利用した温度差発電を体験し、冬の北海道に豊富に存在する雪や氷を冷熱源としたエネルギーの可能性について考察する。

準備

熱電変換素子、クリップ付導線、光電池用モーター、プロペラ、バット、アルミニウムホイル、ポリ袋(小)、湯、雪または氷

方法

- (1) 熱電変換素子に光電池用モーターとプロペラを取り付け、バットに入れた雪や氷の上のせる(図7)。
- (2) 素子の上面に手や湯を入れたポリ袋をのせ、プロペラの回転の様子を観察する。
- (3) プロペラの代わりに発光ダイオードや豆電球を接続して点灯の様子を観察する。

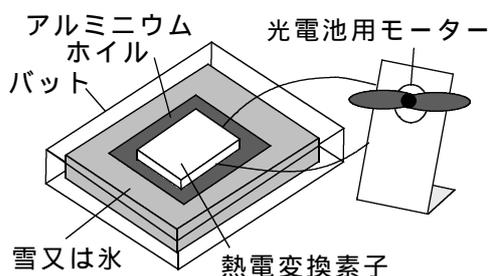


図7 温度差発電

考察

- (1) 身近な場所で、この発電に適している環境を探してみる。
- (2) 熱電変換素子を活用した省エネルギー住宅を考案してみる。

参考

熱電変換素子を活用した発電に関する研究・開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による「熱電変換素子開発先導研究」(2000~2001年度委託研究)をはじめ、全国で行われている。

北海道では、釧路工業高等専門学校の東藤勇教授らが、羅臼町やモンゴル・アルハンガイ県での温泉と川の水の温度差を利用した発電(出力約30W)や、室内の煙突ストーブの廃熱を利用した発電(出力約20W)を研究している。

おわりに

現代の人間生活における「エネルギー」は、単なる理科の用語としての価値を超えた重要な概念であり、文明生活や自然環境との関わりは人類の将来にわたる課題でもある。

ここに示した教材や指導方法は、エネルギーの多様性やその変換における不可逆性を実感し、エネルギーと人間生活の関わりについて総合的に考察できる点で有効であると考えられる。

参考文献

- 高嶋幸男・岩城正夫 古代日本の発火技術 - その自然科学的研究 - 群羊社 1981
 高嶋幸男 火の道具 柏書房 1985
 岩代 仁 火起こしにチャレンジ! ガリレオ工房通巻168号 2000
 西川兼康 熱工学の歩み オーム社 1999
 安孫子誠也 歴史をたどる物理学 東京教学社 1981
 東徹 熱機関の復元装置の製作 全国理科センター研究発表会資料 大阪府教育センター 2000
 東藤勇 熱電変換素子を用いた温泉と河川の温度差利用による発電特性 日本太陽エネルギー学会「太陽とエネルギー」 Vol.24, No.1 1998

(もとや はじめ 物理研究室研究員)