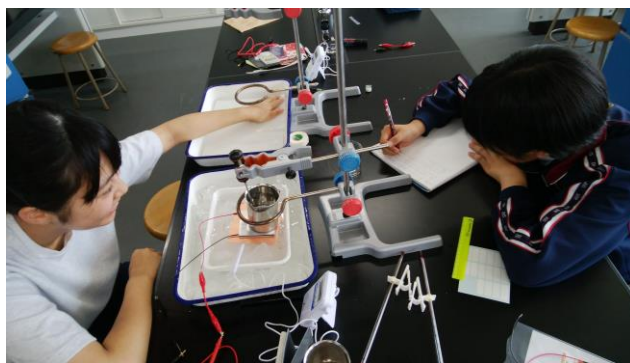


中学理科（物理領域）における課題解決型の授業構築と相互評価を取り入れた「主体的・対話的な深い学び」について



実施担当者 札幌市立中央中学校
教諭 工藤 千春
共同実施担当者 札幌市立厚別北中学校
教諭 三浦 雅美

1 はじめに

新学習指導要領の総則において「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善」について規定している。しかしながら、平成 30 年度全国学力・学習状況調査の中学理科において、「習得した知識・技能を活用して、観察・実験の結果を分析して解釈することには改善が見られる。」ものの、「実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善することに課題がある。」となっている。これは、他者との協働的な学びを通じた「主体的・対話的で深い学び」となっていないことを意味する。

中学理科でのエネルギー領域（物理領域）の学習では、適切な条件制御の基で実験を行ないデータの比較などを通して規則性を見いだす学習を通し、考察し結論を得る。しかしながら、苦手意識を持ちやすい領域である（原田、三浦 2017 理科教育学会）。よって、学ぶ意欲を保ちつつ、学んだことを日常の物理現象へ活用できる体験を促すこと必要である。

例えば、光の屈折について学習したのち、「水槽にいる魚を水槽の斜め上から見ると実際よりも浅い場所に居るように見えるのはなぜか」など、光の屈折を日常の現象に適応させることを不得手とする。さらに、光の道筋を作図するなどして、学んだことを活用して現象を説明するような「深い学び」には至らない場合が多い。

2 実践の目的と方法

2-1 目的

本企画では、生徒の主体性を促す課題解決型授業を構築し、課題解決につながる教材を開発・活用することで日常の物理現象について、他者との共働的な学習活動や相互評価を行ない「主体的・対話的で深い学び」を目指すものである。

2-2 方法

中学理科での「主体的・対話的で深い学び」を高める指導方法について実践を通して研究する。具体的には、A) 主体的な学びを促すのに効果的な教材の開発をすること。B) 物理領域における日常の物理現象を用いた課題解決型授業を構築すること。C) 課題解決過程の中盤と最後にミニ発表会を実施し、相互評価を行なうことで対話的な深い学びを促す。

(A) 主体的な学びを促すのに効果的な教材の開発

3年理科のエネルギー領域（物理分野）における「エネルギーの変換」および「エネルギーの有効活用」での教材開発に重点を置いた。理由は、平成30年（2018年）9月6日に、北海道胆振東部地震によるブラックアウト（北海道全域の停電）を経験したことによる。この地震により、「少なくとも2日間電気が使えない生活」を経験した生徒たちは、これまで当たり前前に使っていた電気の必要性和重要性に改めて気づいた。さらに、「もし、厳冬期に地震などの自然災害による停電が発生したらどうなるか。」という問題意識も持つようになった。

以上のことから、3年エネルギー領域（物理分野）における「様々な発電」のうち、温度差によって起電力を生じる「ペルティエ素子」を用いた教材を開発した。（fig.1）

ペルティエ素子とは、ペルティエ効果を利用した熱電素子の一種である。

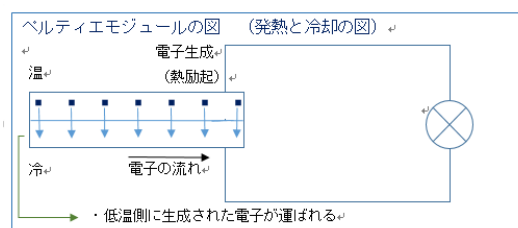
ペルティエ効果とは異種の金属（半導体も含む）を接合して、一定温度のもとで電流を流すと、接合部でジュール熱以外の熱の発生、又は吸収が起こる現象。

実用化されているペルティエ素子はp型半導体とn型半導体を何重にも直列に接続したもので電流の向きを反対にすると、発熱面と吸収面も逆になる。

一方、異なる金属の間に温度差をつくることによりゼーベック効果による発電が起こる。本企画では、このゼーベック効果に関する基礎実験を行った。

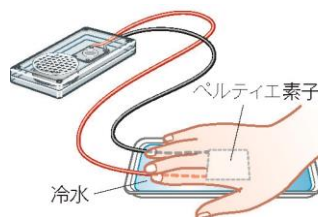
この発電方法の長所は、駆動部分がないため騒音や振動が出ないこと。そして小型化が容易である。欠点としてペルティエ素子自体の冷却が困難であることである。

(fig.1 ペルティエ素子の仕組みと概念図)



また、実験方法については、教科書通りの方法で全生徒に指導する。（fig.2）さらに、本校「理科学習会」（希望生徒による授業で学んだことを深める活動++）における「探究学習グループ」において、温度差の設定値や起電力について詳細を求める実験を行った。（fig.3）

- ①手回し発電機をつないで、冷却と発熱現象が起きることを確認する。 ②ペルティエ素子の片面を温め、片面を冷却して、電子オルゴールが鳴るか調べる。



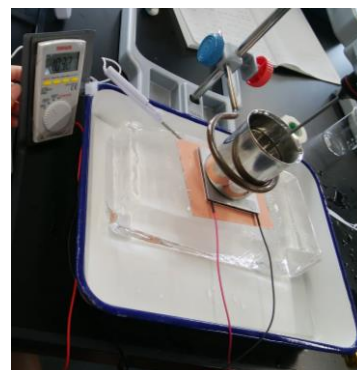
(fig.2 ペルティエ素子についての教科書実験内容)

【「探究学習グループ」における実験の概要】

- ①右図のような実験装置を組み立てる。
- ②ペルティエモジュールの下に板氷（約-5.0℃で一定）ペルティエモジュールの上にお湯の入った金属コップ（約80.0℃）を乗せた。
- ③その時発生する電圧をお湯の温度が0.5℃下がるごとに記録。
- ④ペルティエモジュールが最大電圧を発生するのに必要な、お湯と板氷との温度差を調査する。
- ⑤発生した電圧がおよそ0.5V(実用電圧の下限)まで下がったら実験を終了する。

上記と同様にペルティエモジュール2個を直列につないだ場合についての実験を行った。

(fig.3 「探究学習グループでの実験の様子」)



(B) 物理領域における日常の物理現象を用いた課題解決型授業の構築

本企画における「日常の物理現象」とは、温度差から発電につながる事実を実験によって理解し、この原理を「日常生活の中でどのように活用するか」を課題とすることである。さらに、生徒が主体的に学ぶための工夫を次のような展開で考案した。

【授業の展開】 2時間扱い

《1 / 2時間目》

(導入) *教師からの「問い」

- ・これまで学習した様々なエネルギーのうち、電気エネルギーは他のエネルギーへの変換の容易さや、扱いやすさから、日常生活で最も活用されている。
- ・電気エネルギーを得る方法としての発電には、原子力や火力、水力などがある。
- ・そのほかにも、自然を活用する発電方法がある。
- ・LED 発電とペルティエ素子による発電を紹介する。

(展開 A①)

- ・LED の本来の役割を振り返る (電気エネルギーから光エネルギーに変える)
- ・LED に手回し発電機をつないで、LED が光ることを確認する。
- ・結果を記録する。

(展開 A②)

- ・LED に電子オルゴールにつなぐ。
- ・LED に強い光を当てる。
- ・電子オルゴールが鳴ることを確認する。⇒太陽光パネル (光電池) への活用例

(展開 B①)

- ・ペルティエ素子について知る
- ・ペルティエ素子に手回し発電機をつないで、素子の両面に触れて温度の変化を調べる。
- ・結果を記録する。

(展開 B②)

- ・ペルティエ素子に電子オルゴールにつなぐ。
- ・ペルティエ素子の片面を保冷剤で冷却し、もう片面を手で温める。
- ・電子オルゴールが鳴ることを確認する。⇒どのような活用が考えられるか

(考察)

- ・(展開 A①、②) と (展開 B①、②) で起きた現象を自分の言葉でまとめる。

《2 / 2時間目》

(導入) *教師からの「問い」

- ・昨年 (2018 年) の北海道胆振東部地震による北海道全域の停電のことを想起する。
- ・もし、同様の停電が北海道の厳冬期に起きた場合どのような事が考えられるか。
- ・厳冬期に電力を得る方法はあるのだろうか。
- ・逆に、「温度が低い (寒いこと)」を活用できないだろうか。

(展開) *想定される生徒の学習展開

- ・前時のペルティエ素子の実験 (展開 B①、②) の結果を使って活用できること。
- ・北海道の厳冬期とどのように活用するか。

(課題設定)

- ・「ペルティエ素子を用いた温度差発電をどのように活用できるか」 (例)

(探究活動①) *「探究学習グループ」によるミニ発表会

- ・「探究学習グループ」における実験の概要を聞く
- ・必要に応じて演示実験を行う。

(探究活動②)

- ・自分たちの実験や「探究学習グループ」における実験から、厳冬期に活用できる場面について、グループ内で話し合う。

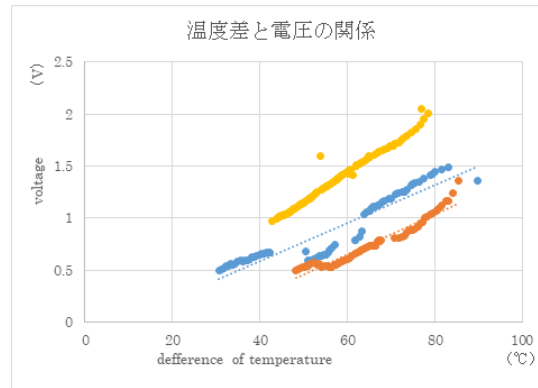
(C) 課題解決にむけた相互評価の工夫 * 「探究学習グループ」との対話

【「探究学習グループ」の実験データからの考察】（概要）

（ペルティエ素子 1 個の場合）83.1℃の温度差があると、1.486V の電圧が生じた。（最大電圧）

（ペルティエ素子 2 個直列の場合）76.95℃の温度差で 2.053V の電圧が生じた。（最大電圧）

- ・乾電池 1 個分の電圧 1.5V を発生させる温度差は最低で、62.1℃。
- ・近似曲線を見ると、ペルティエ素子 1 個、または 2 個の場合は一次関数のグラフになる。
- ・ペルティエ素子による発電は、温度差の値が増えると、電圧の値が増える。



全生徒が行った簡易的な実験では、「具体的な温度に関するデータ」や「発電によって得られる電圧（起電力）」については未知である。そこに、「探究学習グループ」の実験データがあることで、数値データを見て科学的な根拠が得られる。さらに、「探究学習グループ」の実験方法（氷や湯の使用）から、北海道の厳冬期のイメージにつなげることを狙った。

3 まとめ

教科書実験として扱う LED とペルティエ素子はそれぞれ電流を流すことで電気エネルギーから使用する目的のエネルギー（光、熱）に変換する。子どもたちは、それぞれの構造や原理はわからないまでも、LED に光を当てたり、ペルティエ素子に温度差を与えたりすると電圧が生じることを発見する。子どもたちにとって電気エネルギーの変換の不思議さに気づく一歩である。光エネルギーから電気エネルギーへの変換が光電池の原理だと気づいても、ペルティエ素子の温度差（熱）から電気エネルギーの変換は実生活へのつながりを見いだしにくい。

本企画において、通常通りの生徒実験に加えて「探究学習グループ」における実験結果を詳しく知ること、ペルティエ素子の活用可能性について活発な意見交流が見られた。これは、温度差と起電力（電圧）についての関係を情報として得たことが大きいと考える。これは、具体的な電圧数値を知ること、スマートフォンなどの充電が可能になることなど「活用可能な電気」としての認識を得る。次に「では、どのように温度差をつくるか」という議論が生じた。

この議論で表出したのは「冬の温泉露天風呂の寒暖差」や「冬期間の野外のたき火の温度差」など、災害時に電源が確保できない場面を想定した話し合いにつなげることができた。

謝 辞

生徒が課題探究することができたのは「公益財団法人中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助成」の支援を受けてペルティエ素子などを購入できたことが大きい。あらためて感謝申し上げたい。

参考文献

- 堀哲夫.(2019)「一枚ポータルフォリオ評価」（東洋館出版社）
- 吉田俊久、藤井健司.(2009)「知の活用力」をつける理数教育 中学校理科の教材開発・授業プラン 物理・化学（学事出版）
- (2016)「未来へ広がるサイエンス 3」（新興出版啓林館）