

自然を探究する力を育てる ～表現する力を育成する指導の工夫～

岩 田 哲 也
理 科 辰 巳 豊
室 百 世

テーマ設定にあたって

本校理科ではここ数年、「自然を探究する力を育てる」という主題のもと実践研究を行っている。この主題のもと、自然を探究する力をつけさせるためには、何に重視するかを話し合ってきた。

平成20年1月の中央教育審議会の答申（以下、答申とする）において、学習指導要領を改善することの方向性が示され、3月に新学習指導要領が告示されたことは周知のとおりである。また平成21年度に入学した生徒たちは、ほぼ新学習指導要領に近い形での教育が行われることになる。本校理科においても、来年度から本格的に教育課程の編成等がこれから本格的にスタートすることとなる。理科においては、他教科と違い来年度から前倒しの実施となるので、本校理科では新学習指導要領に関して研究テーマを意識した研究を深めたいと考えた。

答申では、中学校理科の改善の具体的事項が述べられ、科学の基本的な見方や概念を柱として、小・中・高等学校を通じた内容の構造化を図る必要性があることが示されている。昨年度は、同学年における交流を中心として、学習課題に応じた効率的で効果的な交流の仕方や、根拠となる事実を述べたり論理的に表現するなど、より考えが深まる交流の仕方について研究を進めた。また、学校研究のテーマにもなっている異学年交流についても研究を進めるため、1年生と3年生での交流授業を数回、実施した。1分野「3力のつりあい」では、共通の課題に対して、協力して取り組む姿が見られた。2分野では「大地」（1年）と「自然と人間」（3年）で、それぞれのレポートを発表し、お互いに質問や感想を話し合った。また、これとは別に、異校種間交流として、小・中・高、それぞれの先生による交流を開始した。まず、小学6年、中学2年、高校2年の授業をお互いに参観し、授業の反省や児童・生徒の現状を話し合った。特に、実験器具の基本操作や授業内容の重なりなどでは、小学校では体験を重視し、中学校ではより複雑な内容を学習し、人と関わりながら知識を構築していく力を養いたいと考えた。指導要領改訂で移行する内容や系統性のあるカリキュラム編成では、粒子領域でのモデルの表し方について、具体的に話し合われた。

小学6年の授業では、火山のしくみについてわかったことをまとめ、話し合う場面だった。小・中の授業での子どもの様子、実験器具の操作技能の現状について話し合い、お互いの理解を深めた。その上で、小・中のカリキュラムと指導要領改訂から、連携の方向性と方策を検討した。

中学2年の授業では、大気の動きと天気の変化について、寒気と暖気がぶつかる演示実験を行い、説明する場面だった。小学校と比べ先生の説明を聞く場面が多く、子どもがどれだけ事象から読み取ることができるかを考察する時間が少ない。時間的な問題もあるが、生徒がもっと考える時間を増やしていきたい。

高校2年の授業では、ボールの衝突実験を行い、反発係数を求める場面だった。測定値をグラフに記入して、グラフより傾きを計算する予定だったが、大部分の生徒が測定値より反発係数を求め、グラフの目的が理解できなかった。小・中でもグラフを書かせる目的をしっかりと持たせたいと話し合った。

さらに今回の改定では、科学的な思考や表現力等の育成のための改善・充実が、従前以上に図られた。改善の要点は、自然の事物や現象に進んで関わり、その関わりの中に問題を見出し、目的意識をもった主体的な活動を行うことをいっそう重視しなければならないということだ。またそのような活動の結果を分析にして解釈する能力、導き出した自らの考えを表現する能力の育成にも重点がおかれている。このことは

教科横断の改善の要点とも関係しており、理科においては、観察・実験を行う際の表やグラフの作成、モデルの活用、コンピュータの活用、レポートの作成や発表などを行わせるといった学習活動が、今まで以上に重視されていることに留意する必要がある。つまり、これらを重視することが思考力、判断力、表現力につながっていくのではないかと考えられる。本校理科では、このような流れの中での学習を重視することが、今回の改訂の理念にもつながると考え、副主題を「表現する力を育成する指導の工夫」とした。

実践例 1

1年「植物のくらしとなかま」の授業実践から

1. はじめに

来年度から、新指導要領が施行されるため、現在の1年生でその意向を少しでも反映させることができるように配慮した。新指導要領において、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの科学の基本的な見方や概念を柱として、内容を構成し、科学に関する基本的概念の一層の定着を、小・中・高等学校を通じた内容の構造化を図る必要性が示されている。また、科学的な思考や表現力などの育成が、今まで以上に重視されるようになった。

科学的な思考力を育成するために、各自が実験の予想や考察などを自分の言葉で表現する力を身につけ、他者に対して、伝える力を身につけなければいけない。実験・観察の際、必ず自分の考えをワークシートに書かせるようにした。また、なるべく多くのことに気づくことが大切であることも伝えた。まずは、4人グループの班内で話し合いを行い、そこでまとめた意見を全体に発表する形式を取った。自分の考えと比較しながら、他者の意見を取り入れていくことで理解を深める授業を行った。

2. 実践内容について

最初の単元である「生命」についての基本的な見方や概念を確立させたい。この単元の導入で、下記のA～Fの6種類の写真を見せた。「自分が考えた基準で、2つのグループに分けよう」と質問し、自分の考えを表現することと、お互いの意見を聞き、理解を深める学習を行った。



各グループで話し合われた内容を全体に発表する場面では、

- ① 生物 (A・C・D・E) と生物でないもの (B・F)
- ② 自分で動くもの (A・B・C・F) と自分で動けないもの (D・E)
- ③ 陸上生活をするもの (B・C・D・E・F) と水中生活をするもの (A)
- ④ 意志があり自分で動けるもの (A・C) 意志がなく自分で動けないもの (B・D・E・F)

など、多くの意見を聞くことができ、自分の意見と比較しながら、考えの広まりを学習できた。

次に、① 生物 (A・C・D・E) と生物でないもの (B・F) を用いて、生物の特徴について学習した。また、生物を動物 (A・C) と植物 (D・E) に分け、更にその学習を深めた。この学習により、今後、1年生では主に植物を、2年生では主に動物を、3年生では生物全般の特徴について学習することを示した。

「植物のくらしとなかま」の学習の最後に、「種子をつくらない植物のなかま」について学習した。

シダ植物と、コケ植物をプランタでクラスに3個ずつ用意し、グループ毎に必要な量を手で取ってもらった。直接手で触ることにより、植物の特徴を感じ取ってもらいたい意図があったが、知識で得た内容を記入生徒も見られた。

<生徒の記入例>

～センマイの仲間～
 茎が元長しようなものに左右に葉がくっついていて
 黒い小さなふぶが大量にある
 ↳つぶすと粉のようになった。
 根は主根があるように見えた。

～コケ～
 中心の茎(?)に下から順にバラバラと葉(?)がくっついている。

全体的にしめていた。
 ひげ根だった。

① 茎がない (小さい)
 ② 葉の色 (緑色)
 ③ 葉のつきか (分岐のない、まとまりのある) (葉の裏にツボツボ)
 ④ 葉の大きさ (小さい) (かわいらしい葉、下にから順にバラバラ)

シダ植物 → 葉がある
 ◎ 濃い黄緑色
 ◎ 茎がある

コケ植物 → 葉がなく毛がある。
 ◎ 濃い黄緑色
 ◎ 茎がなく直接土から生えている

シダ植物	コケ類
・ さらさらしている	・ しめっている
・ 葉は白線状になる	・ やわらかい
・ 茎がある	・ 茎がない
・ 葉が平	・ 葉が低い
・ 葉がするどい	・ 日かたに生える
・ 葉が網状脈でも平脈でもない	
・ しめっている	
・ 根・茎・葉にツボツボしている	
・ 日よたで育つ	

生徒には、見た内容を自由に表現させた。全体で発表した後、なぜそのようなつくりになっているかを考えさせた。①植物全体の大きさの違いから、からだのつくりが簡単か、複雑かを考える。維管束や根・茎・葉の区別があるなどの知識と結びつける。②植物を触ったときの感触 (柔らかいものとかたいもの) から、葉の表面の状態を把握する。生物に必要な水をどのような方法で得ているのかを考える。

水の必要性から、生物の進化について (ソウ類も含めて)、簡単に触れる。2学年で、動物の進化を説明する導入とした。

3. 終わりに

新指導要領における「生命」の基本的な見方や概念を柱として、小学校での学習を思い出し、3年間の見通しが持てる構成を意識した。今後も、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの科学の基本的な見方や概念を柱として、内容を構成し、科学に関する基本的概念の一層の定着を、小・中・高等学校を通じた内容の構造化を図りながら実施していきたい。

また、自分の考えを表現する力を身につけるために、ワークシートの記入を重視し、話し合い活動を多く取り入れた。今後、より良い話し合い活動をするため、自分の意見を素直に発表できる雰囲気づくりに気をつけていかねばならない。

これらの学習が身近な生活と関連づけて考えることができるように、実生活に基づくわかりやすい教材開発を行っていきたい。

実践例 2

2年の授業実践から

1. はじめに

新学習指導要領にあるように、学校の教育活動を進めるに当たっては、生徒の言語活動を充実させることを意識しながら、基礎的・基本的な知識及び技能を習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力などの能力を育むことが重要である。理科の学習活動においては、従来より、観察・実験を行い結果をまとめ考察するということが中心になっているが、形式的にこれらを繰り返すのではなく、それぞれの中でどんな能力を育てていくか、明確な目的を持って指導していくことが大切である。

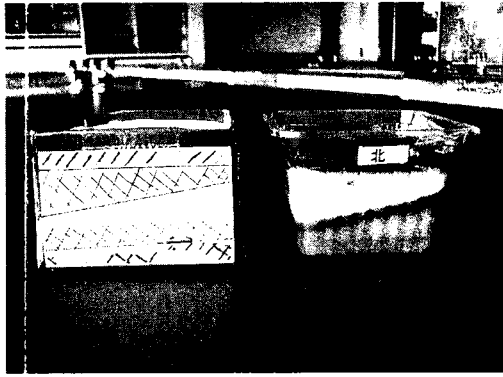
第2学年は、1年時より、「コミュニケーション力を育成する」というの研究テーマのもと、探究する力を身につけさせるための効果的な交流学習を行ってきた。ここで気をつけたことは、単に話し合いをしたり、互いの意見を発表したりすればいいというものではなく、生徒たちに何を話し合わせるのかを明確に示した上で、生徒自身が話し合う意義を感じさせるような課題を設定しなければいけないということである。今年度、表現する力を育成する指導を工夫するにあたり、思考力・判断力・表現力を養うために必要なことは、考えるための道具（知識・技能）を身につけさせた上で、それを活用して考える学習活動を個人、グループまたは全体で行う場を意識して設定することであると考えた。そして、これらの力を効果的に育てていくためには各単元でどのような工夫ができるかを考え、研究・実践してきた。

2. 昨年度の実践から（思考力・判断力・表現力に関わる内容）

第1学年「大地の変化」単元での実践

① 情報を集め、分析する力を育成する～ボーリング調査のモデル実験を通して

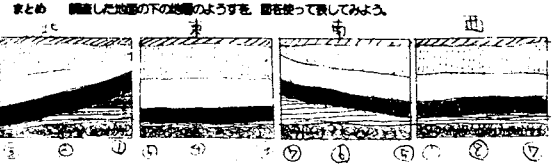
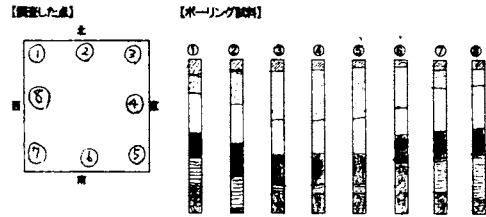
ボーリング試料によって得られた地層のデータを用いて、それぞれの層を対比させることにより地層の厚さや広がりを見積もらせる学習活動は、課題解決のために必要な情報を集め、選択し、考えるという力を育てるために効果的であると考えた。そこで、紙面の上だけで考えるのではなく、生徒自身の手で試料を取り出し、考えていくことができるよう、着色した寒天でつくった地層のモデルを使って実験を行った。このモデル実験では、ボーリング調査する位置や試料の分析は各グループで考えさせて取り組ませた。この学習では、まずどの位置を調査するかの話合いから始まり、意見がまとまったところで調査を開始し、得られた資料をもとに地層のようすを考え、図示する、まで、互いに意見を交換しながら課題解決に取り組む生徒の姿が見られた。また、授業後の生徒の感想には、「地層の様子を考えるのが面白かった。」「実際の地下の様子を調査してみたくなった。」など興味を持って、考える学習活動になったことがわかった。



表面からは見えぬ地層の様子をボーリング試料を使
く各場所見ることができるのは、とてもおもしろい
と思いました。

た、た少しかしこいでいいのに調べたい地形が
どんなのかかわり、ボーリング調査はとても便利なも
物だと思います。しかも、簡単で楽しかったです。

自分たちのストローを使う、ボーリング作業をして、地層を
考えるのがおもしろいこと。
また、ストローをさすのが長持ちよかったです。



ボーリングは楽しかった
普段、何人か、いるところの下にも、いろいろな地層があると気づく
木の根っこもしたくなふ

ボーリングをするのはとてもたのしかったです。木も見えていた。

ボーリングから地層も予想が外れても大変だったか、だいたい
合っていたから楽しかった。

ボーリングの周りをほいほいするのですね。
実際は床下を調べるとどうなっているのか
興味がありました。

② 情報を集め、まとめる力の育成～火山・地震災害についてのレポート作成を通して

インターネット、図書などを利用して火山・地震災害のレポートを書かせた。「いつどこで発生したか」「被害の状況は」「原因になったことは」など、まとめるポイントを示した上で取り組ませた。まとめた後は、班の中で発表があった。このとき必ず、発表内容についての質問をするようにさせ、発表者はそれに答えるというルールを決めて行わせた。また、3年生が「自然と人間」で同じように自然災害についてレポートをまとめる学習を行っていたので、1年生と3年生で異学年の交流授業も行ってみた。1年生にとっては、3年生の優れたまとめ方、発表の仕方を直接学ぶと同時に、自分の発表について、3年生から助言してもらおうなど、貴重な機会になったようである。

3. 今年度の実践から

(1) 第2学年「電流とその利用」単元での実践

この単元では、結果をまとめ考察する場面が多く、1年生学習した「考察し結論を導く」という力を確実に身につけていく場として位置付けている。また、データをグラフに表す力と、グラフを読み取る力の第1段階であるともいえる。

① グラフを描き、読み取る力を育成する

「抵抗器にはたらく電圧と流れる電流の関係」「電熱線に電流を流した時間と水の温度変化」について、結果を表にまとめ、それをグラフに表すということを繰り返し行わせた。ただし、最初の段階ではグラフを描くことができても、グラフが意味していることや、それを読み取ったりすることまではできないので、丁寧に指導する必要がある。 (数学では比例について学習し、グラフが原点を通る直線になれば比例関係があるといえることはほとんど理解されているようだが、これが理科の学習に結びついていないのが残念なことである。) そこで、「結果の値をグラフに表すと原点を通る直線になった」ことは結果

からいえる「事実」であることをおさえた上で、始めのうちは、「結果から [a] と [b] の関係をグラフに表すと、原点を通る直線になった。このことから、[a] と [b] は比例しているといえる。」というような形式で考察を書かせるようにした。

② 課題を解決する力を育成する

電磁誘導という現象を紹介した上で、誘導電流の向きと大きさについて、磁石（磁力の強いもの、弱いもの）とエナメル線、検流計を渡し、予想のもと各グループで実験計画を立てさせ、課題解決にあたらせた。

ここでは、実験方法から結果、考察まで自由な形式でレポートを書かせた。各自がわかりやすいレポートになるよう工夫することで、表現力の育成をはかることもねらいとした。以下にそのレポートの一例を紹介する。自分たちで実験方法を考えるということで、実験のねらいをしっかりと把握することができ、結果からの考察もわかりやすくまとめて表現されたレポートが数多く見られた。物理分野では、授業時間内で何回か繰り返して実験することが可能な教材が多いため、課題を把握させた上で、生徒の自由な考えのもとに取り組ませることが大変効果的であることがわかる。

実験 電磁誘導

実験方法と結果

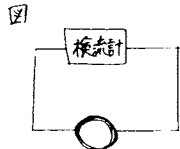
1. 強い電流と弱い電流とはどうすればいいか

実験方法

- 検流計とコイルを導線をつなぎ、
 ① 磁石の磁力が強いものと弱いものと比べる
 ② 磁石を近づける速さを変えて比べる

結果

- ① 磁力の強い磁石を動かした方が検流計の針が大きく振れた。
 ② 磁石を動かす速さを速くした方が検流計の針が大きく振れた。



2. 誘導電流の向きについてどんなことがいえるか

実験方法

- 磁力の強い方の磁石を使用する
 ① コイルにN極を近づける
 ② コイルからN極を遠ざける
 ③ コイルにS極を近づける
 ④ コイルからS極を遠ざける

結果

- ① 検流計の針が+の方向に振れた
 ② 検流計の針が-の方向に振れた
 ③ 検流計の針が-の方向に振れた
 ④ 検流計の針が+の方向に振れた



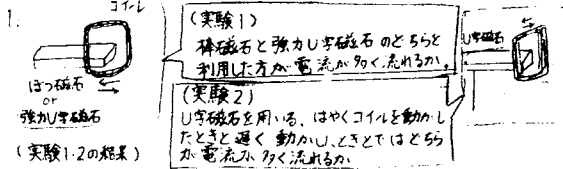
考察

コイルに磁石を近づけると流れる誘導電流について、その強さと向きという2つのことを実験を通して調べた。
 まず強さにおいて、より磁力の強い磁石を使用したり、磁石を動かす速さを速くした方が検流計の針が大きく振れた。
 このことから、強い電流と出すには磁力が強い磁石を使ったり、磁石を動かす速さをより速くすればいいと考えられる。
 次に向きについては、コイルにN極を近づけると検流計の+端子に電流が流れこみ、遠ざけると-端子に流れこんだ。S極の場合は近づくと-端子、遠ざけると+端子に流れこんだ。このことから誘導電流の向きは磁石（コイルの動く向きや磁石の極）に関係しているところから逆にするとう電流の向きも逆になり、どちらを逆にするとも同じ向きに電流が流れると考えられる。

実験 電磁誘導

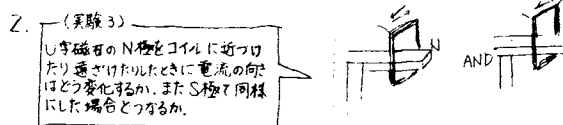
実験方法と結果

1. 強い電流と弱い電流とは、
 2. 誘導電流の向きについて



(実験1)
 棒磁石と強力U字磁石のどちらと利用し方が電流が強く流れるか
 (実験2)
 U字磁石を用いる、はやくコイルを動かしたときと遅く動かしたときとではどちらか電流が強く流れるか

(実験1-2の結果)
 ・棒磁石とU字磁石 → 同じくらい幅で動かしたとき U字磁石を用いたほうが電流が強く流れた。
 ・同じ磁力の電池でコイルを動かす速度を変える → 速く動かすほうが強い電流が流れた。



(実験3の結果)

表に示すと、		近づける	遠ざける	
	N	+に振れる	-に振れる	検流計の針の向き
	S	-に振れる	+に振れる	

1. 棒磁石とU字磁石のどちらかよりコイルに電流を強く出すことができるか実験したところ、U字磁石が有効なことわかり、コイルを動かす速度をはやく動かすと電流が強く流れることがわかった。これらのことから、誘導電流を取り出すには、磁石の磁力を強くすることや、コイルを速く動かしてコイルの磁界を速く変化させることが有効だと考えられる。
 2. U字磁石のN極をコイルに近づけたときと遠ざけたときで電流の向きは逆になることを調べた。表を見ると、N極を出し入れしたときの電流の向きとS極を出し入れしたときの電流の向きは逆になっていることがわかる。磁石を出し入れしたときでは電流の向きは逆になっている。このことから磁石を出し入れすることや極を替えることで自由に誘導電流の向きを変えられることわかる。
 極は → 誘導電流の向きは磁界の向きと磁界にコイルを近づけるか遠ざけるかによって逆になること考えられる。

(2) 第2学年「動物の生活と種類」単元での実践

自分自身の反省として、動物のなかま、ヒトの体のはたらきについては、どうしても講義形式の授業になり、単なる知識の伝達にしかなくなっていた。そこでこの単元でいかに考えさせるか、あらためて考えてみた。

① 習得した知識を使って考える力を育成する

「卵生・胎生」「恒温動物・変温動物」などの言葉、特徴は考えさせるための道具として教え、それを使って考えさせる課題を与えてみた。「魚類は多くの卵を産むが、鳥類は数個しか産まないのはなぜか。」「卵生よりも胎生の方が有利な点は何か。」「陸上で生活するには恒温と変温どちらが有利か。」など

それぞれの動物のなかまの特徴をそのなかまの生活の様子と関連付けて考えさせることでより深い理解につながったようである。

② 正しく考察する力を育成する

これまで、実験のたびに結果をまとめ考察する学習活動を行ってきたが、対照実験が含まれている、だ液のはたらきの実験を通して、正しく考察する力をあらためて確認させた。ここでは、結果からわかる事実と結論を明確に表すことができるよう特に意識して取り組ませた。「だ液は、デンプンを糖に変えるはたらきがあると考えられる。」この最後の一文にたどりつくまでの文章を、いかに結果に基づく事実からわかりやすく述べるかが課題であったが、1年時より繰り返してきたこともあり、おおむねしっかりと考察することができるようになっていた。中には、実験した結果、だ液を入れた方の試験管でもヨウ素液の反応がみられたが、なぜそうなったのかという理由も自分で考えて付け加えた考察も見られた。

実験方法

① Aにデンプンのりだ液、Bにデンプンと水を入れよく振る。② A、Bの試験管を約40℃の湯の中に3～5分間加熱する。③ A、Bの液にそれぞれヨウ素液を少量加える。④ A、Bの液にそれぞれベネジクト液を少量加え、軽く振りながら加熱する。

結果

	ヨウ素液に対する反応	ベネジクト液に対する反応
デンプン+だ液	A 紫色に変化	A 赤かっ色に変化
デンプン+水	B 青紫色に変化	B 変化なし

結果

	ヨウ素液に対する反応	ベネジクト液に対する反応
だ液+だ液	A 紫色に変化	A 赤かっ色に変化
だ液+水	B 青紫色に変化	B 変化なし

考察

① デンプン+だ液にヨウ素液を加えると、何色変化がなかったから、デンプンには、デンプンが分解し、別の物質に変わったと考えられる。また、デンプン+水にヨウ素液を加えると青紫色に変化したから、デンプン+水は何も変化しなかったことが分かる。この実験から、だ液にはデンプンと何か違う物質が含まれていることが考えられる。すなわち、だ液はデンプンと何か違う物質を含んでいると考えられる。

② デンプン+だ液にベネジクト液を加えると、紫色に変化した。このことから、だ液はデンプンと何か違う物質を含んでいる。また、デンプン+水にベネジクト液を加えると、変化がなかったから、だ液にはデンプンと何か違う物質が含まれていることが考えられる。

ヨウ素液に対する反応を調べた実験では、デンプンにだ液を加えた方は紫色、デンプンに水を加えた方は濃い青色になり、だ液を加えたものの方が色がうすかった。このことから、だ液のはたらきでデンプンがほぼ無くなったと考えられる。次にベネジクト液を加え、加熱すると、デンプンにだ液を加えた方は赤かっ色になり、デンプンに水を加えた方は変化がなかった。このことから、だ液のはたらきで糖ができたと考えられる。これらのことをあわせると、だ液にはデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えられる。ただし今回の実験では消化されなかったデンプンもあると思われる。

結果

	ヨウ素溶液に対する反応	ベネジクト液に対する反応
デンプン+だ液	A 青紫色に変化	A オレンジ色に変化
デンプン+水	B 靑紫色に変化	B 変化する。水色のまま変化しない。

考察

A、Bの液にヨウ素溶液を加えたところ、デンプンのりだ液の入ったA、デンプンと水の入ったBのいずれも、青紫色に変化した。このことからAにもBにもデンプンが含まれていると分かる。また、A、Bにベネジクト液を加えたところAはオレンジ色に変化し、Bは水色のまま変化がなかった。このことからだ液の入ったAには糖が含まれ、水の入ったBには含まれていないことが分かる。だ液にはデンプンが糖に変化したと考えられる。ヨウ素溶液の反応はA、Bともにデンプンが含まれることを示したが、これはだ液がすべてのデンプンを変化させることはできなかったということだと考えられる。つまり、だ液にはデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えられる。

4. 成果と課題

昨年度4月からこれまでの実践ではあるが、前述の実践のように、学習単元ごとにどんな力を育成していくか、ねらいを持って学習課題を設定し、指導していくことで、思考力・判断力・表現力などの力を育成することができると思われる。授業はもちろん、テストなどにおいても、実験の方法と結果を提示して考察させる問題や、理由を説明させる問題を多く出題し、生徒には常に「考える」ことの大切さを意識させている。現段階ではまだ、一部の学習単元でしか実践研究ができていないので、今後も継続し、3年間の学習の中で、どのようなことができ、またどのような課題が効果的であるか研究していきたい。

実践例 3

3年「運動とエネルギー」の授業実践から

1. はじめに

3年生1分野では、前回の改訂で削除された仕事やイオンを扱うことになる。これらが復活するだけと受け止めてしまうと、平成元年への復帰という捉え方になってしまう。今回の改訂は、単に「学習内容をふやす」、「学習内容をもどす」のではなく、生徒たちに、自然事象に対して考える力や実験の分析力などの育成もねらいとしているところが、注目したい点である。また理科を学ぶことの意義や有用性を実感できる機会をできる限り意識し、日常生活との関連を充実させることに心がけたい。今までたくさんの内容を削ってきた結果、理科教育の国際的な通用性が一層問われることになり、論理的・科学的に根拠をもとに説明したり、また記述したりする言語活動能力の低さを指摘されることになった。そのため、考察のときは必ず根拠をもとにコミュニケーションさせる、どういう根拠からどんなことが分かったのかをできるだけ振り返りをさせることを重点において、実践することを意識した。そして科学的に探究する活動を通して、自分の考えを導き出し、それらを表現する能力を育成することを目指した。

そこでワークシートには、必ず自分の考えを根拠とともに書かせる指導を行うように心がけた。はじめに可能な限りの時間をとって、そう考えた根拠とともに、自分の考えをできるだけ表現させた。そしてそれらをもとにみんなで交流し、実験に入るような指導展開を心がけた。とはいえ、生徒がなかなかワークシートに自分の考えを書けない場面も多々見られ、当初は残念な白紙での提出なども一部に見られたが、いいワークシートを次の授業の際に広めるようにした結果、最近では、間違ふことにためらうことなく素直に自分の考えなどを表現できるようになってきたように思われる。科学的に間違ふた考えであろうが、しっかりと根拠を示してあれば良いということを生徒たちには伝えてきた。理科授業で、生徒一人一人が自己決定した感覚をもち、そこから授業展開をしていくことは、自己有用感を高め、さらには内発的動機づけを高め、無気力を防ぐことにつながると思われる。やはり授業に参加する一人一人に、目標にある「目的意識を持って」取り組ませるためにも、クラス全員に意志決定をさせていきたい。また考察には、はじめに書いた自分の考えや根拠を振り返ることを意識した表現を心がけるような指導をしていきたい。

2. 実践内容について

この単元のどこの部分で仕事や仕事率などを組み込んでいくか悩んだのだが、今年度は以下のような単元の流れで授業計画を立て、実践した。

① エネルギーって何だろう？（2時間）

エネルギーは目に見えないものであるから、目に見えないものを指導するのは大変に難しいことである。そこで、エネルギーの学習前に「エネルギーとは何？」という問いかけをした。エネルギーをもっているものを、自分のもつイメージで表現させた〔→*1〕。生徒は、実生活でエネルギーという言葉を使っているため、エネルギーが物を動かす作業と何らかの関係があることをやはり感じ取っていた。生徒たちの考えたエネルギー概念をもとに交流し、エネルギーのあるものの根拠から、「エネルギー」とは、「相手を変形させたり、動かしたり、こわしたりする能力」であることを、確認した。ただその指すものが、物理的なエネルギー概念のことなのか、資源としてのエネルギーについてなのかを、説明してよいのかと迷っている生徒がいた。そこを明確にしておかないと、生徒の思考は混乱し、理解しにくくなっ

てしまうと、全体で〔*1〕で出てきた物理的なエネルギー概念を、運動エネルギー、位置エネルギー、音エネルギー、熱エネルギー、光エネルギー、化学エネルギーなどといった、さまざまなエネルギーとして紹介し、エネルギー全般を簡単にまとめた。

さらに4クラス中2クラスには、ジェットコースターが動いているその状況の中で、自分の思う「エネルギー」についても表現させてみた〔→*2〕。これについては、ジェットコースターに乗ったことのない生徒の存在もごく少数だったが、さらに単元に入ったばかりのタイミングでは、非常に表現しづらく悩んでいる様子が見えられた。全体的に自分のイメージを表現するのに、とても時間を要した感じだった。もう少し、エネルギーと仕事との関連を学習し、ジェットコースターのVTRやモデル作成などを行い、イメージをふくらませる過程を経てから取り組ませたほうが、もっと自由に、さまざまな意見が出て、多くの交流ができたのではないかとと思われる。

〔*1〕

あなたのイメージ

- 人 → 動きまわってる
- 太陽
- 食べ物 → 人はこれで動ける
- 重たい物 → 動きまわってる
- 水
- 火
- 風
- 熱
- 光
- ウラン
- 植物

Y-ラパネル
風車
二つは人は発電があるから
雷(電気)
磁石(磁力)
光合成
酸素とエネルギー発生

- 人(エネルギーを注ぎたい)
- ごはん(食べ物) 発電機
- エネルギー(風、水、地熱)
- 熱量
- 牛肉、豚肉
- 生きてるもの、死んでるもの
- 地球 - 1つも動いてるから

食料
エネルギー

- 生き物(動くから)
- 発電所(電気を作っている)
- 火(火力発電)
- 熱(カイロ)
- 石油(車等を動かす)
- 原子力(発電)
- 水(発電)
- 風力
- 植物の光合成(デンプンを作っている)

〔*2〕

みんなの考え「エネルギー」とは？！自由に表現してみよう。

エネルギー = 物を動かす力

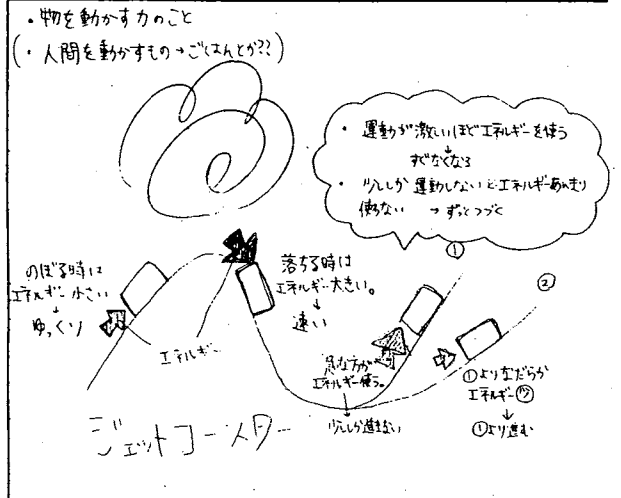
エネルギーが大きいほど、止まる距離が長くなる。

エネルギーが小さいほど、止まる距離が短くなる。

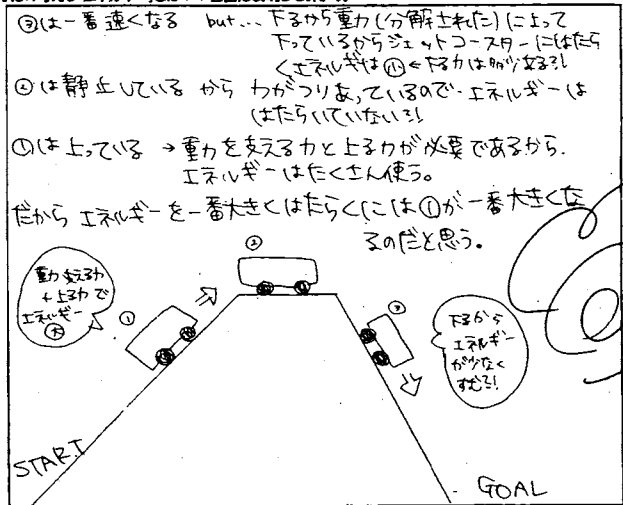
エネルギーが大きいほど、止まる距離が長くなる。

エネルギーが小さいほど、止まる距離が短くなる。

みんなの考え「エネルギー」とは？！自由に表現してみよう。



みんなの考え「エネルギー」とは？！自由に表現してみよう。



② 仕事とは？（1時間）

生徒の一部には、本来の科学的な「仕事」という単語を知っているものもいた。本校で採用している啓林館の教科書には、「科学の広場」という読み物のところがあり、そこに簡単な説明がされていたためと思われる。単に教科書に出ていた公式で「仕事」を確認するのではなく、あえて公式には触れずに、前回学習した「エネルギー」とできるだけ関連させながらの授業展開になるように心がけた。エネルギーをたくさんもっていて、それらをうまく使わないと効率のよい仕事ができるが、逆にうまく使わなければロスが出てしまう。またエネルギーを使わないと仕事はできず、エネルギーも減っていかない、そういった発想をできる限り示唆しながら、本題へ入った。

まず100g程度のおもりでは実感がわかないと考え、理科室の椅子をつかって以下の2つの仕事を体感させた。

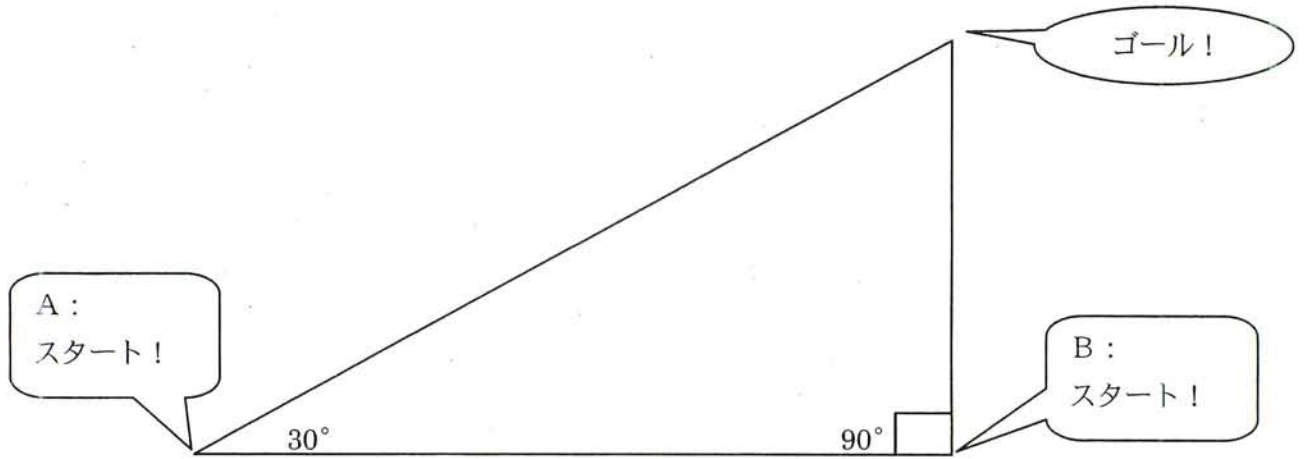
- ①椅子を2m持ち上げる ②椅子を2m引きずって移動させる

体感させる前に予想させたところ、クラスの8割が①の方が大変であると考えていた。その根拠としては、掃除のときの机移動について指摘していた。また②の方が大変であると考えていた生徒は、摩擦力について指摘し、摩擦力の大きさはかなり大きいものではないかと予想していた。

仕事の量について、その仕事を行う人の心理状態やその作業に対するイメージ、熟練の度合いで変わってくるということを実感でき、人間の感覚に影響されない物理的な量の必要性を指摘することとなり、「力の大きさ×力の向きに動いた距離＝仕事の量」というものを紹介した。このようにして、仕事の量を数値化することの意味をおさえ、日常生活における仕事の意味と物理学における仕事の意味について確認した。

③ 仕事の工夫（2時間）

よくある実験ではあるが、「A：おもりを斜面をつかって上まで持ち上げる仕事」と「B：直接真上に持ち上げる仕事」の2パターンで仕事の量の比較検討を行った。

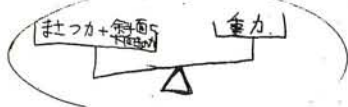


「どっちの作業がより労力が必要か？」という課題のもと、生徒たちは予想をたてた〔→*3〕。約7割の生徒は、直接真上に持ち上げる仕事のほうが大変だと予想し、約2割強の生徒は、斜面を使うほうが大変だと予想、そして、ごく少数の生徒は、一緒だと予想をした。そして、それぞれの根拠を必ず表現するように指導し、それらをもとに交流をした。交流ではお互いの意見を、真剣に聞く姿が見られた。やはり生徒一人一人が、実験を行う前に自分の考えをもつことは、内発的動機づけを高めるということを感じた。

〔*3〕

「Aの方が大変」という考えの根拠

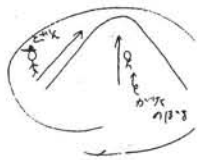
<予想> 自分の考えをまとめましょう。
 Aの方が仕事が大変になると思う。(A>B)
 Aの方は、斜面に滑っているけれど、斜面に滑って下向の力はたらず、更にまさつかもはたらずと思
 い、Bの方は、垂かに逆らっているが、まさつかも斜面に滑って下向きの力よりは弱くなると思う



<予想> 自分の考えをまとめましょう。
 Bの方が大変だと思います。 Good.
 理由: 同じ物体だから 同じ重力で、仕事Aにはまさつかもはたっているから。
 ACより ABの方が距離が長いので仕事をして
 いる時間が長くて大変。

「Bの方が大変」という考えの根拠

Bの仕事のほうがより大変だと思う。
 重力はどちらでも同じくらいはたらく
 と思うけど、山も登るとま
 りが、そのまま登っていくよりも
 らくたぶん。



自分の考えをまとめましょう。 Good!
 Bの仕事の方が大変だと思う。
 Bは台車の重さかすべて力になるけど、
 斜面上なら、抗力も加わる。
 ↳たぶん楽になりそう...



経験談
 車の坂道とまて(まて) 運転手が押しこぼす
 見たことある。(70くらい)
 (押しはたぶん、引かると
 同じだと思うから、
 まはAの仕事は動く。
 でも、車を崖の上から、
 持ち上げるのはまったく
 予想がつかない。
 Bの仕事は重力がな!!

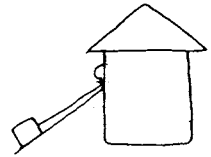
B > A
 たと思う。

「Bの方が大変」という考えの根拠 (つづき)

<予想> 自分の考えをまとめましょう。
 急な斜面を階段でのぼったとき、
 反道でのぼったときを思い出して見たときに、
 私は階段でのぼる方がつらいと思った。
 ロープのあるところと階段じゃたらスロープを選んで
 (ぼると思う) どちらの方が楽だと思ふ。スロープは
 階段のように足をひきあげてのぼる必要がないからでは
 ないかと思ふ。だから、この実験も斜面に沿ってのぼるより、
 引き上げた方が大変だと思ふ。(B→A)
 <準備>(C→A)

<予想> 自分の考えをまとめましょう。 (2) good!
 Q Bの仕事の方が大変である
 理由: 重い荷物を高い所へ持って行く時に、階段が使うよりも
 坂を登り上げる方が楽だから。
 →しかしその分、Aの仕事は引き上げる距離が長いから、Bの仕事と比べて
 長い間力がかかっている。→同じ?
 ② Bの仕事は台車の重さの全てがかかっている

> 自分の考えをまとめましょう。 good!
 ひこしせんは、2階に大きい家具を動かすときにしんじを使て
 ひきはくするから、
 Aの仕事の方が
 楽だからつらてるとんじや
 ないかな



<予想> 自分の考えをまとめましょう。 (2) 3
 AよりBの仕事の方が大変
 →使われる熱量が大きい
 斜めはリフトを車に引くより垂直に動かすのは楽
 しつこい力がかかってくる。→楽か? (楽か?)
 つまるところ逆のことで斜めは、荷の重さ、たがが負担もかかると

「AもBも同じくらい」という考えの根拠

<予想> 自分の考えをまとめましょう。
 Bの仕事の方が大変だと思ふ。 Bの仕事は台車を移動させた距離はAの仕事の半分だけ
 いたけど、台車重さかかべてくちかと思ふ。一方Aの仕事は、台車の重さが7へてくちか
 わけではなく、斜面上を下りてくる力かかはたすから、Bの方が大きな力か
 かかると思ふ。つまりは、運動させた距離に大きな違いがあったため、仕事
 の大変さは同じくらいかもしない!

実験には1キロの台車を用い、1mの斜面を各班でセッティングし実験に取り組んだ。ばねはかりでそれぞれの力の大きさを測定し、最終的に前回学習した仕事の量を数値化して比較した。どんな工夫をしても仕事の総量は変わらないこと=仕事の原理について、みんなで確認した。また古代ピラミッド作りの話の紹介をした。社会科との関連もあるようで、生徒たちが書いてきた感想からもとても興味深いと考える生徒の姿があった。

④ 落下物はなぜ危険?! (2時間)

落下物は落ちたら土や人にめりこみ、仕事を行う。たとえば、杭の上に重い石を置いても杭は土の中に入ってはいかないが、石を高いところから落とすと打ち込むことができる。同じ重さの石でも「働き」が違うことを確認し、上にあるときは仕事する可能性をもつ=位置エネルギーをもつ、また落ちると仕事をするので位置エネルギーはなくなるという観点で、位置エネルギーについて学習していった。生徒たちの予想では、やはり「高い所にあるもの」、「質量が大きいもの」は位置エネルギーが大きいという予想が大半であった。ただ根拠の部分では、さまざまな意見が出た。また落ちているものは速さをもっているのだから、この「働き」の強さは位置と速さの両方が関係することを感覚として持っている記述もいくつか見られた。さらに少数意見として「圧力」に関する記述も見られ、交流の材料となった[→*4]。またこのあたりの

授業から仕事とエネルギーとのつながりを意識した記述や、エネルギー変換に目を向けていると思われる記述が見られるようになった [→* 5]。

[* 4]

<予想> 位置エネルギーを大きくするには？！自由に考えてみよう

物体の高さを高くする
 ↳ 地面に落下する距離が長くなるから。
 物体の重さを重くする
 ↳ 重力が大きくなるから。
 体積を大きくする
 ↳ 刀が大きくなりそう (圧力)

仕事量を大きくすれば
 ...から

!> 位置エネルギーを大きくするには？！自由に考えてみよう

○ 高いところから落とす
 ↳ 落下速度がだんだん速くなる！
 ↳ 高いところから落とす。
 ↳ 落下速度がだんだん速くなる！

○ 物を重くする
 ↳ 落下速度がだんだん速くなる！
 ↳ 同じくりの材料
 ↳ 重さ10kgの場合、窓も割れる。(5u)

このことで
 威力が大きくなる？

① 1kg と ⑩ 10kg
 ↳ 重さ10kgの場合、窓も割れる。(5u)

<予想> 位置エネルギーを大きくするには？！自由に考えてみよう

○ 物体の質量を大きくする
 ↳ かかる重力が増えるから。
 ↳ 仕事量 (J) は、
 (N) × (m) で求めら
 れるから。

○ 物体の位置を高くする
 ↳ 空気抵抗が小さくなる形状にする。

○ 落下速度が速くなるから、同じ物体でも、
 速さが早いほど、エネルギーをもっている
 と思うから。

<予想> 位置エネルギーを大きくするには？！自由に考えてみよう

物体を下に向かして落とす高さを高くする
 落とす物体の質量を重くする
 向かに当たると、加速が続くから、落ちる移動距離が長い方が速くなるから、
 本を落とした時、下層だけより何冊かと一緒に落とした方が、落ちた時の
 音が大きいから。

[* 5]

<感想> 何でもどうぞ

土のこしを動かしている力は、位置エネルギー
 運動エネルギーは、速さと、そのこしが重かった長さを関係しているのから
 思う。

運動エネルギーを、手こぎに動かして、そのこしを落とす仕事に
 変えるというのをおもしろいから、なるほど、と
 思いました。 (エネルギー) は仕事量が大きいから、こしが
 よく動かし、この様子で。

⑤ 走っている車は凶器！なぜ危険？！（2時間）

走っていてそのまま壁にぶつかる「壁を破損する」という仕事を行う。走っているものは仕事をする可能性をもつ＝運動エネルギーをもつ、またぶつかって仕事をする運動エネルギーはなくなるという観点で、運動エネルギーについて詳しく学習していった。

⑥ エネルギー変換（力学的エネルギー保存の法則）（2時間）

ここまで位置エネルギー、運動エネルギーの大小は何で決まるかという実験をそれぞれ行ってきたのだが、その中で徐々にエネルギーの変換に目を向ける生徒が出てこないか…と期待していた。感想などの欄に、[*5]で紹介したような記述がいくつか見られてきたので、それらをこの時間の導入に用いた。

そこで理科室の天井から巨大なふりこをぶらさげて揺らし、それを見ながら、ふりこにおけるエネルギー変換について学習することにした。まずは、「ふりこの球はどこが、もっともエネルギーがあるか？」という課題で交流を行った [→*6]。

[*6]

「最も下（または下付近）にふりがきたとき」という考えの根拠

あひたのイメージ

ふりこは 端までぶれたとき 速さが小さくなって、
 ぶらぶらしているときに 速くなるように見える。
 ぶらぶらしているときに エネルギーを蓄積させて、戻ってくる
 ときに エネルギーをためると思う。
 ← 糸に繋がっている。糸に繋がっている
 速度が速い時に速い
 → エネルギーが大きい
 → コント!!

あひたのイメージ

Bの位置が、エネルギーが最も大きい。
 理由…物を落とすと速くなる。速くなるほど、
 速くなるので、一番速いとき、Bの位置
 のエネルギーが最も大きいと思ふから。
 AとCの位置は、一瞬だけ力が止ま
 るので、エネルギーは0になると思う。
 最も小さい
 最も大きい
 (まて④)

あひたのイメージ

実験で習ったとき、振り子球が①②③
 の時、もっとも高さが高くなる。
 でも②のときに同じ力が運動エネルギー
 はたしてあるから、速さが大きくなると思う。
 ①③は運動エネルギーが小さくなるから
 ②の方が大きいと思います。
 (速さがエネルギーに比例するから……)

あひたのイメージ

①と④のエネルギーは大きい
 ②と③はとがらていかな
 ない。エネルギーは小さく
 なるはず。(痛くないと思う)
 SASUKEなどで中心に
 当たると、
 位置エネルギー
 ④??
 ボーリング人が
 吹飛ばすから、

あひたのイメージ

一番加速して、速さが速いと思うから。
 また、移動(落下)している時にエネルギー
 は大きくなっていくけど半分を超えると
 上がるのに、エネルギーが溜まって
 しまつてエネルギーが蓄積すると思うから
 → プラジカゴなど一番はやく感じる

「ふりが端にきたとき」という考えの根拠

あゆみのイメージ

ふりが端にきたとき、エネルギーをどう考えるか？
振り子に振り子に比べて小さく見える

ふりが端にきたとき、エネルギーをどう考えるか？
振り子に振り子に比べて小さく見える

あゆみのイメージ

一番上に来た時、
高さが高いほど位置エネルギーが
あるから、そこから下へいくとエネルギー
が小さくなる。そして上へいくとエネルギー
が大きくなる。だから一番高い時、
エネルギーが一番大きい。
でも、運動エネルギーも一番下に来た
ときのエネルギーが一番大きい。

手も高いとさがるから、右の人には
とてつた。

あゆみのイメージ

① おちる瞬間(右端)
② まん中にきたとき
③ のぼる瞬間(左端)

①がエネルギーが大きいと思う。
おちるときの勢いがどの場所よりも
大きいから、①のエネルギーが一番大きい。
エネルギーの多いところは①から②までは...
*②は①の勢いとして
2つの力があがる...
*③は①の勢いだから
①のエネルギーがそのまま

「どこも変わらない」という考えの根拠

あゆみのイメージ

位置エネルギー
位置エネルギー
速度

エネルギーはどこをとっても同じになると思う。高いところに行くほど速度は小さくなるが、位置エネルギーも大きくなる。低いところに行くほど速度エネルギーは大きくなるが、速度は小さくなる。ということは、2つのエネルギーがうまく入り合い、どこでも全体のエネルギーが同じになると思う。

このように全体的に、生徒たちの中では、「エネルギー＝運動エネルギー」のイメージがとても強いと考えられた。多くの生徒が、ふりが最も下に来たときの速さに注目し、そこからエネルギー概念を形成しているようだった。エネルギー全体を考える際に、生徒たちはどうしても動いている物体、すなわち運動エネルギーに注目してしまうようだった。約7割の生徒はふりが一番下に来たときがもっともエネルギーがあると考えていた。また3割の生徒は、高さに注目し、ふりが端にきたときを指摘、そしてごく少数はどこもエネルギーは変わらないと考えていたが、残念ながら摩擦や空気抵抗などは考えが及んでいないようだった。このような生徒たちの交流をもとにして、「力学的エネルギー保存の法則」へとまとめていった。

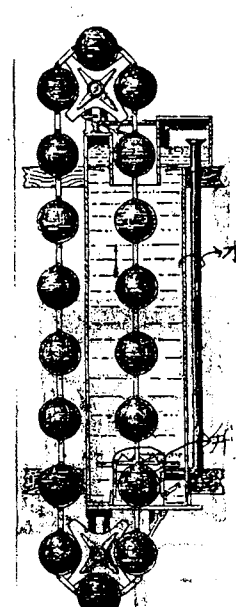
最後に理科室内でのふりが、いずれ止まってしまうことに目をむけさせた。実際には摩擦エネルギーや熱エネルギーなど逃げていくエネルギーがあることを確認し、さらにそこから、宇宙全体の「エネルギー保存の法則」へとつなげ、学習した。

⑦ 永久機関についての調べ学習（2時間）

17世紀、18世紀に多くの科学者が挑戦し、失敗した積み重ねの中で「エネルギー保存則」が出てきたことを生徒たちに知ってもらいたく、このような時間を最後に設定した。石油石炭不要、エネルギー問題なしという夢のような機関である「永久機関」は、本校で採用している啓林館の教科書では「科学の広場」という読み物に、ほんのわずかの紹介があるにとどまっている。確かにこれについては、高等学校以上の熱力学の知識がなければ、しっかりとマスターできない内容ではあるが、やはり理科の有用性というものを実感させたいと考え、実践を行った。また今回の改定では調べ活動の重視も明確にしており、3年生の後半に学習する「科学技術と人間」の中のエネルギー問題との関連も考えた。生徒が持つ教科書や資料集ではほとんど調べられないので、理科室を離れ、コンピュータールームでの授業となった。内容は少しでも難易度を下げられるように、多くあるサイトの中から、おすすめを幾つかピックアップしておき、生徒たちに紹介した。それらをパソコンの画面を見ながら紹介し、こちらで簡単な補足授業も行った。理科に対して苦手意識をもつ生徒が、難しい内容を見て、ますます苦手意識を高めてしまうことを懸念したためである。その後じっくりと調べ活動に入る授業展開とした。パソコンの操作に関しては全くの問題もなく、生徒たちは、一生懸命に調べ活動に取り組んでいた〔→*7〕。

〔*7〕

ヘルマン・シオンバルト(1965)が考えた浮力を利用した永久機関



・永久機関… エネルギーを投入しないでも仕事を
 する装置。昔から99%の人が永久機関を發明
 しようとしたが、失敗した。その失敗から熱力学第1法則
 が確立した。

・左の浮力式モーターの仕組み
 … 右側下部にある弁はボール状の浮きも通すが、
 水は通さない。
 右側は浮力を受けると反時計回りに回転
 すると思えるが…

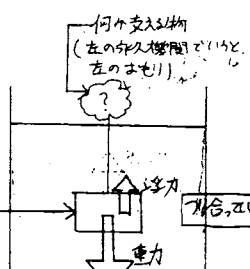
・浮力… 水中のどの深さに物体があっても同じ大きさの力
 ではたらく。(物体の一部が水中に出ているため)
 物体の質量に関係なく、体積だけで浮力を受ける

$$\text{浮力}(\text{g重}) = \text{空気中での重さ}(\text{g重}) - \text{水中での重さ}(\text{g重})$$

・アルキメデスの法則
 … 水中にある物体は、その物体が占める体積と同じ
 体積の水の重さに等しい大きさの浮力を受ける。

・なぜこの永久機関は成り立たないのか？
 ・まず浮力によって上に引き上げる力が発生するが、
 それとは逆に占める体積に等しい重さの反作用が下向きに
 発生していき、
 反作用の力が下向きに伝播して結局上
 に引き上げる力である浮力と釣り合う。

と、思っています。



3. おわりに

交流を入れながらの、さらに「仕事」の学習もプラスした内容は、とても時間のかかる展開になってしまった。質の高い交流を行うためには、もっともっと生徒たちが率先して、自分の考えや意見を素直に表現し、伝えられる雰囲気、まずは教師側が工夫してつくっていかなければならないと思う。今後も根気よく、生徒たちの思考に寄り添うようにして、生徒たちの概念を創り出すような支援を行えるように努力していきたい。また常に根拠に基づきながら自分の考えを表現することは、そこから思考力や判断力を育てていくことへとつながっていくのではないかと思われた。科学的に間違っている考えであろうが、しっかりとした根拠を示してあればよいということ、そして考察の段階で、自分の学びをしっかりとふり返ることができることが大切だということ、今後も生徒たちに伝えていきたいと思う。また「仕事」を取り入れたエネルギー学習は、今まで漠然としていたエネルギー概念だったものが、より具体的な説明が可能となり、生徒にもわかりやすく指導できるようになると思われた。ただエネルギーが物体の行った仕事量で表現できるということが分かっても、最終章における「エネルギー危機」、「エネルギー開発」となると、ここではまた違ったエネルギーとなるため、この違いを整理しながら今後、授業展開できるように心がける必要があると思われる。そして何より、エネルギー概念の形成を図るには、生徒の考え方や見方を大切に、それらを授業の中で取り入れ、実生活や実社会と関連づけて考えて学ぶことが重要であると思われる。これらを意識しながら今後も授業を行いたい。