

「探究の過程」が育むものとは

大阪教育大学附属高等学校池田校舎 小田 朋宏

1. はじめに

「探究」には、社会生活上の現実問題に対する解決活動である探究学習(以下、「社会的探究」)、学問的な世界における問題に対する解決活動である探究学習(以下、「科学的探究」という大きく分けて2つの側面があると考えられる。

平成28年8月に報告された中教審の教育課程部会【理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて】の「2. 育成を目指す資質・能力を踏まえた教科等目標と評価の在り方について¹⁾」の項に次のように記載されている。

理科の学習における考え方(思考の枠組みなど)については、課題の把握(発見)、課題の探究(追究)、課題の解決という**探究の過程を通じた学習活動**の中で、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて、事象の中に何らかの関連性や規則性、因果関係等が見いだせるかなどについて考えることであると思われる。

これは「科学的探究」にあたると思う。昭和45年、高等学校理科の学習指導要領に“自然の事物・現象の中に問題を見だし、それを探究する過程を通して科学の手法を習得させ、創造的な能力を育てる”と「探究」が初めて登場した。ここでも「科学的探究」の側面で記載されている。

平成10年学習指導要領改訂で新設された総合的な学習の時間のねらいでは、“学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすること”と記載された。ここでは「社会的探究」の面であると考えられる。

大切なのはどちらの探究活動もその過程を重視すること、そして、その過程はどちらも共通する部分を多くもつことである。

平成30年学習指導要領改訂では、『課題の設定』から『まとめ・表現』の問題解決活動が発展的に繰り返される一連の学習活動であるものを探究的な学習過程とするモデル図が記載された(図1)。

探究における生徒の学習の姿

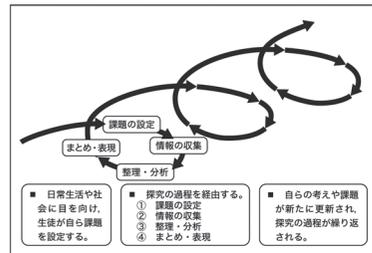


図1 探究の過程²⁾

先述の教育課程部会の別報告³⁾(新科目「理数探究」設置に向けた)に以下が書かれている。

「観察・実験」や「探究活動」を充実させることにより、**科学的な探究の過程を通じて**、中学校で身に付けた資質・能力を更に高める、**観察・実験が扱えない場合も、論理的に検討を行うなど探究の過程を経ることが重要である**。また、日常生活や他教科(数学、情報、保健体育、地理など)との関連を図る。

これは、「科学的探究」の過程を経て「社会的探究」も行うとも解釈できる。

【生徒の資質・能力の向上】を期待し、本校で行った「探究の過程」を重視した授業実践例を以下で紹介する。

2. 実践例

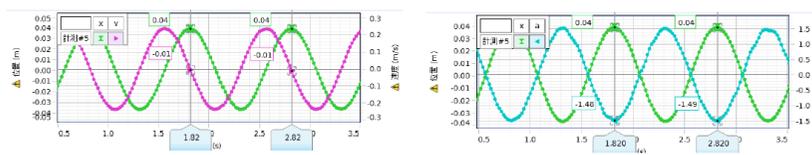
理科における学習活動の多く(思考実験、討論、考察、実際に行う実験活動)に探究的な要素がある。多くの方の授業実践は探究の過程の一部であると思うが、今回紹介する事例には、いずれも本校で実際に行った実験活動に限っている。実践事例を紹介する前に、授業デザインとして大切にしている本校理科で設定するめざす生徒像について2点紹介する。

1. 身近な現象、自然現象に興味・関心をもち、常に自身の「問い」を設定できる。
2. 「問い」に対し、主体的に観察や実験を行い、自身の考察を説明できる。

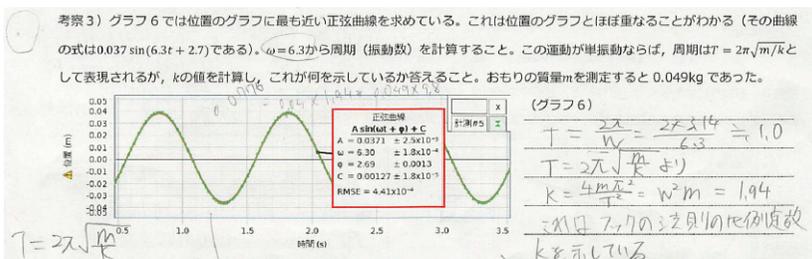


図 2
鉛直ばね振り子の実験
(左上) 実験装置
(右上) ばねの振動を表すグラフの分析と、それを文章で『表現』する課題
(右下) ばねの振動を表すグラフの数値的な分析をする課題

おもりの「位置と速度の関係」「位置と加速度の関係」はどうなっているだろう。考えるために、位置のグラフの上に速度と加速度を重ねたものがグラフ 4,5 である。おもりの「位置と速度」、「位置と加速度」の関係、グラフの様子を詳細に説明すること。必要であれば図を用いても良い。



(グラフ4)	(グラフ5)
おもりのつり合いの位置にあるとき、 速さは最大値をとる。また、変位が最大値をとるとき、速さは 0 となる。変位が大きければ速さは小さく、変位が小さいほど速さは大きくなる。 (変位が正→負のときは速度は正に最大、負→正のときは負に最大)	おもりのつり合いの位置にあるとき、 加速度は 0 になる。2つのグラフはほぼ逆相(0 時間)に対して対称であり、位置が正に最大のとき、加速度は負に最大、位置が負に最大のとき、加速度は正に最大となる。



2-1. 単振動

この単元は、従来は等速円運動をする物体の回転面に垂直な面への正射影が単振動と同じ運動をすることから単振動の「位置」、「速度」、「加速度」などを学習する。

ここでは、鉛直方向に振動するばね(鉛直ばね振り子)をセンサで記録(図 2 左上)し、物体の運動データそのものをダイレクトに考察する実践を行った。

授業では、演示実験を行い、データを記録しながら、グラフ化を行った。その後、予備実験の実際のデータを用いて、『整理・分析』『まとめ・表現』を行った。

図 2 右上に示すものは、物体の位置、速度、加速度の関係についてグラフを元に『整理』し、文章等で『表現』する課題である。実際の生徒のレポート例も図に示している。

図 2 右下で示すものは、グラフを数式処理した際の値を『分析』し、『まとめ・表現』に重点を置いた考察課題である。

次に、ばねに力センサを取り付けて同様の実験を行った(次ページ図 4 左上)。

図 4 右上は、横軸を時間としたときの「力と位置」の関係、「力と速度」の関係についてまとめた生徒レ

ポートである。グラフを元に物体の様子を図示しながら説明している。

図 4 右中で示したものは、横軸を「位置またはは加速度」、縦軸を「力」としたときのグラフよりそれぞれの関係を数値で『分析』し、『表現』する課題についての、生徒レポートの一部である。

この授業の後、鉛直ばね振り子の周期の測定を行った。その課題プリントの最後に番外編として図 4 右下に示す「力と速度」の関係を表現する課題を課したが、多くの生徒が文章化するのに苦勞している様子が見受けられた。

さらに、その後の定期考査では、図 3 の実験装置で斜面上での物体の単振動のようすをセンサで記録し、その記録を検証する出題を行った。



図 3 斜面上での単振動の実験装置



図 4
ばねに力センサを取り付けた場合の鉛直ばね振り子の実験
(左上)実験装置
(右上)「力と位置」、「力と速度」の関係についてのレポート課題
(右中)「力と位置」、「力と加速度」の関係についてのレポート課題
(右下)「力と速度」の関係を表現するレポート課題

ばねにつるされた物体の運動 2 位置と力の測定 (以下、必要であれば図を用いるなどしても良い)

先の実験に加えて、「物体にはたらく力(合力)」も測定する。つり合いの位置が0で、上向き力が正、下向き力が負となる。

考察4) グラフ7について、おもりにはたらく力(青)と、おもりの位置(緑)との関係を詳しく説明すること。

考察5) グラフ8について、おもりにはたらく力(青)と、おもりの速度(赤)との関係を詳しく説明すること。

考察7) おもりにはたらく力と、おもりの位置との関係を探るために、縦軸を力、横軸を位置にしたものがグラフ10である。おもりにはたらく力と、おもりの位置との関係を説明すること。また、グラフの傾きの値と、それが何を示しているか説明すること。

考察8) おもりにはたらく力(縦軸)と、おもりの加速度(横軸)との関係を表したものがグラフ11であり、おもりにはたらく力と、おもりの加速度との関係を説明すること。また、グラフの傾きの値と、それが何を示しているか説明すること。

考察7) おもりにはたらく力と「おもりの位置」は比例関係にある。そのグラフの傾きは -1.96 であり、切片を 0 として考えるときは F の正規化の比例定数を F と示す。

考察8) おもりにはたらく力と「おもりの加速度」は比例関係にある。そのグラフの傾きは 0.0501 であり、切片を 0 として考えるときは $F = 0.0501a$ となり、運動方程式よりおもりの質量を示す。

物理 (A B C) (組 番)

番外編) 先日の単振動実験の考察課題にて、縦軸を力、横軸を速度にしたグラフ(以下)より言えることをまとめてみよう。

2-2. 金属の同定実験

本校の3年次に開講される学校設定科目「精選物理」での実践例で、課題研究に近い形である。履修対象者は、文系の物理選択者となっている。内容は物理基礎分野となっている。

以下は、物理基礎の熱分野終了後の課題である。**金属の同定実験**

課題:ここに金属が3種類ある。この金属が何であるか同定すること。なお、合金である可能性もある。

①実験は方法を考える時間を含めて計3時間(た

だし、2パターン以上の方法をとること)。

- ①金属を同定するために、どのような実験を行うことで特定できるか方法を考え実際に行うこと。
- ②見た目の判断も大事。写真・メモは全て残すこと。
- ③再現性の高い(つまり、その実験を別の人が行っても同じ実験ができ、結果が得られるということ)実験方法が記述され、かつ、結果に対しての論理的な考察が書かれているレポートを各自提出すること。
- ④安全面に留意すること。
- ⑤理科年表を置いておくので各班参考にする事。

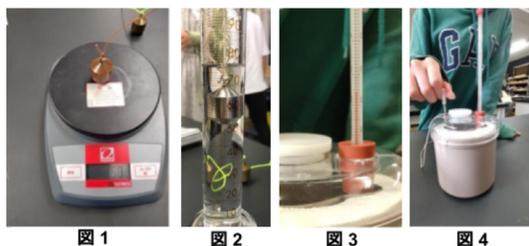


図 1 図 2 図 3 図 4

<実験方法>
 ①金属 ABC のそれぞれの質量を量る。
 ②メスリンダーに金属 A を糸で吊るして体積を測り密度を求める。BC も同様に行う。
 ③沸かした水(熱湯)が入ったビーカーに金属 A を入れて一定になった所で温度を計る。
 ④100ml の水を水熱量計に入れ、温度を計る。③の金属 A を水熱量計の中に糸で吊るし蓋をしめる。時間を計り 10 秒ごとの水の温度を記録する(計 10 回)。
 ⑤ BC も同様に③④を行う。

<実験結果>
 ① A65g B60g C68g
 ② A80.0ml→87.5ml B80.0→87.0 C80.0→87.0 →A7.5c m³ B7.2c m³ C7.2c m³
 よって密度は A8.66g/c m³ B8.33g/c m³ C9.44g/c m³

図 5 金属の同定実験
 (左上)生徒の作成した実験方法の写真
 (右上)比熱の実験値のまとめ
 (左下・右下)実験結果(生徒のレポート)

熱力学の学習後ということもあり、比熱の測定実験をまず行う班が多かった。

レポートの記述方法は一般的ではあるが、各班の試行錯誤のようすが顕著に出ていた。図 5 左上は実際の生徒のレポートに添付してあった写真である。

図 5 左下・右下は別の生徒のレポートの一部である。この班は実験の目的を「授業の復習を兼ね、「比熱の測定」、「密度の測定」による 2 方向から金属を特定する」としていた。密度の測定については、浮力の単元で取り扱った方法と同じ方法で、金属の体積を求めることで密度を測定し、理科年表にある値と比較していた。また、比熱の測定実験は教科書記載の実験を参考にしていた。図 5 右上は全班平均である。

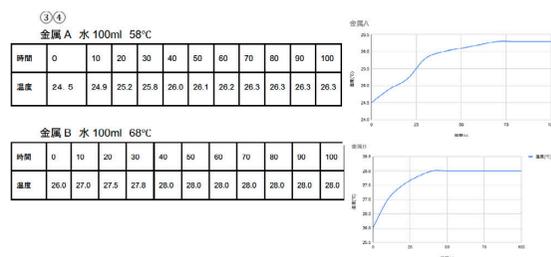
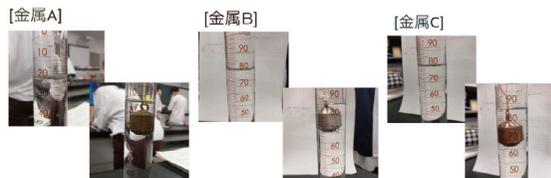
この課題は、既存の知識を用いて『情報の収集』、『分析』、『まとめ・表現』がなされた一例である。

3. おわりに

単振動の例のように、今までは定量的に取り扱いが難しかった単元もセンサ類を用いることで数値化(定量化)が可能になるものがあり、科学技術の発展とともに「探究の過程」を考慮した授業デザインも一新し続けなければいけない。

同様に、従来からされている実験について、ICT

糸の色	白 黄 茶		
	ステンレスA	真鍮B	銅C
理科年表より	0.46	0.39	0.379
全講座平均	0.437	0.381	0.364
相対誤差(%)	4.97	2.29	3.95



機器の導入などで授業全体の時間配分をリデザインすることも必要である。例えば、スマホなどの端末を記録・解析に利用することで、『情報の収集』部分の作業時間を減らし、『整理・分析～まとめ・表現』の時間を多くとることが可能である。また、ICT 機器の導入が従来の代替だけにならないよう、授業の「目的」は何か問い続けていくことも重要である。

「探究の過程」を重視した授業を実践すると

1. 生徒の資質・能力(および態度・意欲)の向上
2. 教師の指導力の向上
3. 教材や教授法の進歩(改善)

の 3 点を育むことができると考えられる。

参考文献

- 1) 中央教育審議会「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて(報告)」(2016)
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/1376994.htm (参照 2022-03-03)
- 2) 文部科学省「高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)解説 総合的な探究の時間編」(2018)
- 3) 中央教育審議会「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チームにおける審議の取りまとめについて(報告)」(2016)
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/070/sonota/1376995.htm (参照 2022-03-03)