

サイエンスネット

物(化)生(地)...

数研出版株式会社

CIENCE Net

Contents

- ▶ 特集 1 / 須川 滯 …2
- ▶ 特集 2 / 馬谷千恵 …6
- ▶ 特集 3 / 谷 洋介 …10
- ▶ コラム / 数研出版 編集部 …14



検証計画書を作成しているようす



生徒が設計した実験器具



探究活動を進める生徒たちの姿

計画した実験を行っているようす

和歌山市立和歌山高等学校 須川 滯

上の 3 枚の写真は、本実践において見られた生徒の探究活動のようすの一部である。学習の過程で抱いた疑問を解決するために他者と協力し、試行錯誤しながら探究を進めることができた。

「探究」は、理科という学問の性質上、予てより重要視されてきた学習様式の一つであるが、先の学習指導要領改訂によってその重要性がより鮮明になった。生徒が抱いた疑問から課題を設定し、仮説、検証計画、実験、考察の流れを踏襲することは、時間の面からも、活動の難易度の面からも敷居が高そうに見えるが、ICT 機器を活用することによって随分と取り入れやすくなる。以降のページでは、ICT 機器の活用によって探究活動を無理なく取り入れられ、円滑に進められた事例を紹介する。

探究活動を支える ICT 機器の活用例

和歌山市立和歌山高等学校 須川 滯

1. はじめに

平成 30 年以降、学習指導要領の告示に伴い、理科における探究活動の重要性及び、授業改善の必要性がより一層明確になった。大学入試に目を向けてみても、センター試験が大学入学共通テストに一新され、問題内でも生徒の探究の過程が取り上げられている場面を見かけることが多くなった。このような問題では、単に知識をアウトプットするだけではなく、状況を理解、整理し、その場に応じた柔軟な思考、判断をしなければ正答することができない。文面だけ見ればこれまでの受験科目としての理科よりも、一層真正なものに近づいたような印象もあり、個人的には授業の作り甲斐が増したように感じている。しかし、従来通りの知識及び技能の伝達に加え、探究活動を取り入れるとなると、授業時数を圧迫することもあり、手放しで喜べないのが実情である。

本実践は、ICT 機器を用いた授業実践を通して探究活動を行うための時間を生み出しつつ、円滑に探究活動を進める術を模索したものである。

2. 実践の概要

図 1 は、学習指導要領(平成 30 年告示)解説にて示された「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」を紙面に合うように改変したものである。課題によっては、すべてがこの過程を辿るわけではないが、本実践では概ねこの過程を辿る活動を探究活動と定義し進めていくこととする。

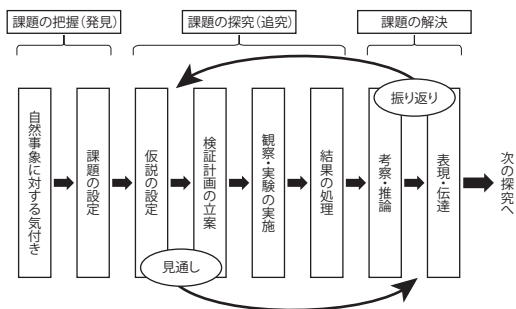


図1 探究活動の過程

(1) 探究活動の時間を生み出すための ICT 活用

先にも述べたように、探究活動を継続的に行っていくためには、単元計画の組み方から見直す必要がある。入試等に対応できるようにするため、従来通りの指導、演習で基礎的な学力を保証しながら、探究活動も行っていきたい。そこで、演習の時間に焦点を当て、その解説を動画として生徒に配信することで探究の時間を生み出せないかと考えた。図2に示すように、授業プリント内にQRコードを貼り付け、その問題の解説をすぐに閲覧できるようにすることで、章末問題等のまとまった解説の時間を家庭学習の時間で補うよう試みた。なお、動画は限定公開設定をしており、QRコードからしかアクセスできないようになっている。

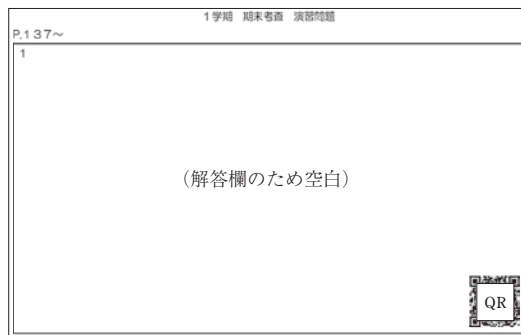


図2 QRコードを貼付した授業プリントの一部

はじめは、生徒の前で解説をしないことが、学力低下を招くのではないかとという不安の要素になっていたが、生徒からは「先生に直接聞きに行くよりわかりやすいかもしれない」という意見もあった。指導者としては複雑な気持ちであるが、解説を一時停止できる点や、繰り返し視聴できる点が理解を促すのに役立っているようである。実際に、前年度と同程度の難易度で定期考査を作成したが、平均点が大幅に下がってしまうといったようなことはなかった。また、余談ではあるが、「何度も同じ問題を解説しなければならない」という例年みられる苦悩も随分と少なくなった。こうして、1単元ごとに1, 2時間程度の時間的余裕を生み出せるようになった。演習を家庭学習に委ねるという点から、動画は間延び

しないことを意識し、長いものでも 15 分以内に収まるよう心掛けた。これらの動画は生徒たちからも好評で、章末の演習問題のみならず、授業で取り扱う類題等にも解説動画をつけ始め、現在では 200 本近い解説動画が閲覧可能となっている。

(2) 日々の疑問の保管庫としての ICT 活用

学習指導要領では、「(生徒が)得た気付きから疑問を形成し、課題として設定することができるようになることを重視すべきである。」とされている。確かにそのようにできれば理想ではあるが、授業中に出る気付きや疑問は、教科書の内容を逸脱することでも多々あり、それらを探究活動の起首とするのであれば精査・精選が必要となる。しかし、生徒の気付きや疑問は流動的なものであり、指導者の精査・精選が終わるまで覚えておくことができるかという点と怪しくもある。そこで、アンケート作成ツールである Microsoft Forms を用いて、気付きや疑問の保管庫を作ろうと考えた。日頃から同アプリケーションを用いて行っている択一式の振り返り問題に、気付きや疑問を書かせる項目を作ることで、探究活動の種を蓄積できるとともに、普段口数が少ない生徒からも意見を募れるようになった(図 3、図 4)。

質問項目 1 には大学入学共通テストのような
択一式の質問を用意している。

2

今日の授業の中で、わからなかったことや疑問に思ったこと、試してみたいことなどがあれば書いてください。

回答を入力してください

図 3 択一式の振り返り問題と疑問の収集

生徒氏名	キャンベッシュの行った万有引力定数の測定実験をやってみたい
生徒氏名	百人一首しにおいて、人が直列・並列の並び方をすれば感じ方が変わるのか
生徒氏名	コンデンサーを用いて AC アダプタを自作してみたい
生徒氏名	合金の比熱を求めることで、含有比率を求めることができるか
生徒氏名	波の減衰の仕方は、媒質のどの条件にかかわって変化するのを知りたい

図 4 図 3 の質問 2 に対する生徒の解答例

単元末には、精査・精選した疑問をいくつか生徒に返し、それを記した生徒が中心となって探究活動がスタートしていく。このような形で、生徒の気付きや疑問を始点とした探究活動が行えるようになった。無論、生徒から出た疑問や意見については、荒唐無稽なものもあり、探究の始点になりえないものも多くあったが、それらの意見に対しても、なぜそのテーマで探究できないのか、について可能な限り

説明するようにした。「疑問をもつ」ということ自体がそもそも難しく、アンケートをとる度にたくさんの疑問が集まっていたわけではないが、探究の始点になりえないものであっても教師側が一つ一つに真摯に向き合うことで、生徒のまた書こうという意欲につながっていたように思う。

(3) ICT を活用して探究の過程をテンプレート化

本来であれば、生徒に白紙を渡すだけで仮説、検証計画等を記入し、自然と探究の過程を辿った活動ができるのが理想かもしれないが、探究活動の進め方が身に付いていない生徒たちにとってそれは中々難しい。そこで、「課題の設定」から「考察・推論」までの過程を Excel を用いてテンプレート化し(図 5)、共有設定を行ったうえで編集させることで、探究活動の進め方を身に付けさせるとともに、円滑に進められるよう試みた。生徒間で探究の過程を分担し、並行して作業を進めることができるうえ、授業外にもスマートフォンや学習用タブレット等を用いて編集することができる。また、共有者に教師も含めておくことで、いつでも指導を書き加えることが可能となる。検証計画の立案から考察・推論までの過程を 2、3 時間と設定し、各時間の終了時点で教師が指導を書き加えると、次の時間には追加検証をしたり、条件を変えて実験しなおしたりする班も見られた。

テーマ	実験の目的 目 的 理 由	目 的	理 由
1. 実験の目的	6. 実験・検証		
2. 仮説の設定			
3. 準備物	7. 振り返り		
4. 実験の計画 (手順・用いるの式も記入)	①実験の計画に対する振り返り		
5. 実験の結果(計算結果も記入)	②実験・検証に対する振り返り		
	③考察・推論に対する振り返り		
		8. 先生からの指導	
印刷			

図 5 検証計画書のテンプレート

テンプレートの作成に当たっては、図 1 の探究活動の過程にて示されている各段階を可能な限り取り入れることを心掛けた。中でも強く意識したのは「振り返り」に関する項目である。これまで、生徒自身に実験を計画させて進めていく形式の授業を行ったことはあるが、生徒はどうしても作業をこなすことに終始してしまっているように感じていた。また、

実験の結果、想定外の数値が出てしまったり、操作自体がうまくいかなかったりしても、「次に行うときにはどの点を工夫すればよいか」について考えることがなく、また教師側もその機会を設けることができていなかったように思う。そこで、図5のテンプレートの中には、「実験の計画に対する振り返り」「考察・推論に対する振り返り」の項目を設け、生徒との間で以下の①～④のようなやりとりをすることにした。

- ①(生徒)考察・推論まで記入して提出
- ②(教師)批評を記入して返却
- ③(生徒)上記の振り返りを記入して提出
- ④(教師)評価を記入して返却

※すべてデータ上でのやりとりであるが、④終了後には印刷し、学習の記録として綴じさせている。

従来の取り組みでは、すべて紙媒体で行っていたことに加え、②の段階で評価を記入し返却していたのだが、③④の段階を加えることで、生徒にはより深く考察する機会を与えられたように感じている。授業時間内にすべての行程を終えることはできないが、スマートフォンや学習用タブレットを用いると、いつでもどこからでも編集することができるため、

指導から改善が従来よりもスムーズに進められるようになった。取り組みを振り返ってみると、「考察・推論」や「表現・伝達」に焦点を当てて指導したい場合は、部分的に書き込まれた同テンプレートを使用することもあったが、年間を通して同じものを使い続けるため、年度末にはすべて空欄のものを渡しても自分たちで探究活動が進められるようになった。

なお、探究活動以外で何度か行った確認実験においても同テンプレートに教師が書き込んだものを使用し、書き方等の指導を行ったり、見本を提示したりした。

3. 実践の成果と課題

(1) 成果

本実践を通して、前年度比で13時間の確保に成功し、授業進度を保ったまま、年間3回の探究活動を行うことができた。年度末には、1年間の集大成として、学習した内容(疑問や気づきとして保管してきた内容)から課題を設定し、校内の理科・数学科の教員や担任の先生方を招いての大々的な研究発表会を行った。なお、保管していた疑問からある程度検証可能なものを複数選び、生徒に与えているため、各班で異なるテーマの探究活動を行っている。

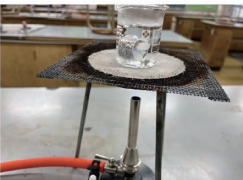
テーマ	実験の日時 1月 12日 (金)	班員 (省略)																			
合金に含まれる金属の比率と比熱の関係性 1. 実験の目的 合金の比熱の決まり方について調べる。 2. 仮説の設定 合金に含まれる金属の比熱を用いて合金の金属含有比を求めることができる。 3. 準備物 ・硬貨(10円硬貨(4.5g)、100円硬貨(4.8g))各10枚 ・電卓 ・ピーカー2個 ・お湯 ・ガスバーナー ・断熱容器 ・温度計 ・軍手 ・ピンセット ・ライター ・三脚 ・金網 ・スタンド 4. 実験の計画 手順(用いる公式も記入) ①硬貨の質量を測る。 ②ピーカーAに水の質量を測り入れ、断熱容器に入れる。 ③ピーカーBに沸騰した水と硬貨数枚を入れ100℃まで加熱する。 ④熱した硬貨をピーカーAに入れ、ピーカーAの水の温度変化をみる。 ⑤水の得た熱量Qと硬貨の失った熱量mと温度変化量Δtを用いて硬貨と水の質量mと温度変化量Δtと水の比熱4.2J/(g・K)から硬貨の比熱cを求める。 ⑥硬貨に含まれている金属の種類とその含有率について調べ、それらの値から、含有比を求めることができる。 ※合金1の含有率x、合金2の含有率y (金属1の比熱)×x+(金属2の比熱)×y=求めた硬貨の比熱 この等式が成立すれば、仮説の正しさを証明できる。	実験の様子 	6. 考察・推論 仮説と結果に差異が生じた。理由としては、硬貨の熱がピーカーや空気中に移動したことが考えられる。よって、概ね仮説通りであることがわかった。 一方で、他の合金についてインターネットを用いて値を調べ、理論値で同様の計算を行ったところ、若干のずれが出てしまうことが分かった。上述のとおり、およその合金の比熱は素材となる金属の比熱とその含有率から求められるが、それ以外の要素(合金の原子配列など)も関係しているかもしれない。 7. 振り返り ①実験の計画に対する振り返り ・まずはガスバーナーの使い方に不慣れで、先生の指導もあり、最後はうまくコツをつかんで扱うことができた。細かい作業の仕方を振り返っておく必要があると感じた。 ・1回目の実験では結果が仮説と大きくずれてしまった。硬貨をまとめて入れなかったことによるものな結果になってしまったのと考え、再実験ではその点を工夫して行った。 ・再実験では硬貨をセロハンテープでひとまとめにして(大きな1つの金属のようにして)ピーカーに入れたことによって、効率よく水に熱を伝えることができた。 ・次に同じような実験を行うなら、硬貨の枚数を増やしても良いかもしれない。 ②考察・推論に対する振り返り ・仮説通りであるということにしたが、理論値とずれてしまうことがどうしても気になる。																			
5. 実験の結果(計算結果も記入) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>初期の温度</th> <th>熱平衡</th> <th>Δt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10円硬貨</td> <td>100</td> <td>32</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>100円硬貨</td> <td>100</td> <td>33</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>10円硬貨の時</td> <td>23.3</td> <td>32</td> <td>8.7</td> </tr> <tr> <td>100円硬貨の水</td> <td>23</td> <td>33</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> 10円硬貨の比熱cを求める。 水のm=20g、10円硬貨のm=4.5g、①で途中式省略して c=0.381 100円硬貨の比熱cを求める。①と同様の式を使って c=0.392 10円硬貨は銅が90%、亜鉛が10%の合金で構成されている。 銅の比熱が0.385、亜鉛の比熱が0.389、銅の含有率0.9、亜鉛の含有率0.1 よって式は 0.385×0.9+0.389×0.1=0.381 また、100円硬貨は銅が75%、ニッケルが25%の合金で構成されている。 銅の比熱が0.385、ニッケルの比熱が0.460 式は 0.385×0.75+0.460×0.25=0.400 ②で求めた0.392と100円硬貨の比熱とまで求めた0.400と100円硬貨の比熱が近いので、数字が近づけば今回の実験の仮説が成立していることが確認できたと考えられる。		初期の温度	熱平衡	Δt	10円硬貨	100	32	68	100円硬貨	100	33	67	10円硬貨の時	23.3	32	8.7	100円硬貨の水	23	33	10	8. 先生からの評価欄 (省略) 評価欄
	初期の温度	熱平衡	Δt																		
10円硬貨	100	32	68																		
100円硬貨	100	33	67																		
10円硬貨の時	23.3	32	8.7																		
100円硬貨の水	23	33	10																		

図6 生徒が作成した検証計画書の例

生徒たちは自身の考えた課題を解決しようとさまざまな実験方法を考えたり、調べたりしていた。中にはキャベンディッシュの行った実験を再現し、万有引力定数を測定しようと実験器具を設計する班も現れるほどであった(実験器具の作成は教員とともにに行った)。当然、決して精度の高い器具にはならず、得られた数値も実際の万有引力定数と大きくずれてしまうほどの完成度であったが、主体的に学習に取り組めたという点については、確認実験とは比較にならないものとなった。研究発表会の質疑応答の場では忌憚のない意見が飛び交い、少し臆してしまう生徒もいたが、終了後は達成感を味わうことができたのか、探究することの面白さがわかったという旨の意見を多く聞くことができた。

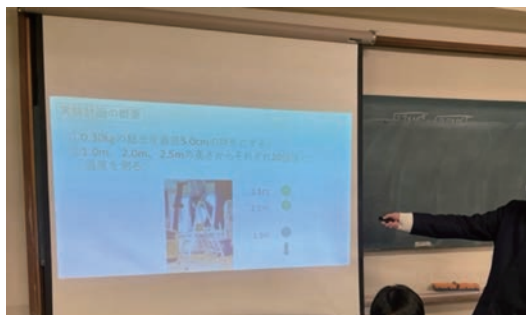


図7 研究発表会の様子

(2) 課題

ICTを活用し各方面で効率化を図ったことで、無理なく探究活動を取り入れることには成功したが、レポート指導としての観点からは、図5のテンプレートが出来には未だ疑問が残っている。他の先生方のレポート指導に関する先行実践等から学ばせていただき、今後はより質の高いものを作っていくようにしたい。

4. まとめ

学習指導要領解説内にも記載されているように、今後の社会は予測困難な時代を迎えるとされ、その中を生き抜く子どもたちを育てるという視点から、教育現場に求められることも随分と多様化した。先に述べた大学入試改革等ではそれらが如実に表れており、授業の時数は変わらないのに、学習内容や求められる力は増えるという悩ましい事態となっている。そんな中、我々教員は如何に必要なことを落とさずに、より質の高い教育を提供するかを考える、所謂カリキュラムマネジメントを行っていかねばならないとされているが、ICT機器の活用は誰でも簡単に取り組める第一歩であると考えている。実際に、本稿で紹介した実践は、ICT機器の活用という観点で見ると、特段難解な操作を行っているわけではなく、スマートフォンとPCさえあれば、誰でも、いつでも始められるものばかりである。すべての点において、紙よりもデータの方が優れているとは思わないが、ICTを活用することで、質を保持したままより効率化を図れる部分があるのであれば、取り入れない選択肢はないと思う。

今回行ったものは、教師側のICT活用であったが、今後は生徒側の取り組みについても進めていきたいと考えている。紹介した実践の中で、生徒側から「後でどのような実験を行ったかを振り返るために、動画を撮影し、その動画につながるQRコードを検証計画書に貼り付けたい」と言われることがあった。私の中にはそのような発想はなく、幼い頃から身近にICT機器がある若い世代ならではの発想だと感心させられた。授業とは、教師と生徒の両方で作り上げるものだとよく言ったもので、おかげで学習の記録として、より優れた検証計画書となった。今後は生徒側の意見も取り入れつつ、より効果的な取り組みを模索したいと思う。

参考文献

- 1) 学習指導要領(平成30年告示)解説