

指導と評価の一体化に対応した

理科・国語科を教科横断的に探究する学習プログラムの開発

- ◎高田 太樹（東京学芸大学附属世田谷中学校理科）
- 中村 純子（東京学芸大学人文社会科学系）
- 中西 史（東京学芸大学自然科学系）
- 渡邊 裕（東京学芸大学附属世田谷中学校国語科）
- 浅井 悦代（東京学芸大学附属国際中等教育学校国語科）
- 廣瀬 充（東京学芸大学附属国際中等教育学校国語科）
- 鮫島 朋美（東京学芸大学附属国際中等教育学校理科）

代表者連絡先：ttakada@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 教科横断 探究 三角ロジック アーギュメントスキル

1 はじめに

中学校では令和3年度より現行の学習指導要領が完全実施となり、観点別評価も全教科で観点が統一され、生徒は教科の内容を通じて共通の資質・能力を身に付けるという、これからの学習活動の在り方がより明確になった。理科においては、学習指導要領解説に「探究の過程」が示されており、「自然事象に対する気付き」から「課題の設定」「観察・実験の実施」「結果の処理」を経て、「考察・推論」「表現・伝達」に至るまでの探究活動について図表を用いて詳細に示されている。このことにより、多くの授業者が探究の過程を意識した授業づくりに取り組み始めている。しかし、探究過程後半の「表現・伝達」において、起きた現象や結果から考えたことを適切に表現することが国語力の不足によりうまくいかない生徒が少なからずおり課題となっている。また、理科と国語科において、生徒につけたい力は同じでも、その指導と評価の妥当性・公平性に不安が生じている教員は多い。そこで本プロジェクトチームは、「理科と国語科が教科横断的に協同して育む実践的な探究する力」を育むための指導・評価プログラムの開発を行う。また、それらを用いた指導実践を行い、最終的には指導パッケージとしてまとめていくことを目標とする。

2 本プロジェクトの実施（又は内容等）

2.1 アーギュメントスキルの色分け

本プロジェクト理科教師が抱える課題の一つに、現段階で理科の教科書に示されている「科学レポート例」のわかりにくさ、生徒への指導のしにくさがあげられた。そもそも「なぜその実験をするのか」が不明確であること。仮説の根拠が曖昧であり、単なる「予想」となっていること。「結果」「考察」「主張」の区別がついていないことなどである。

これらの課題を解決するための効果的な指導方法を検討する中で、慶應義塾湘南藤沢中等部の堺先生の実践についてお話を聞く機会をいただいた。国語科の堺先生が同僚の理科の先生と一緒に作成したワークシートは、三角ロジックやトゥールミンモデルを援用したものである。三角ロジック自体は、国語科を中心に以前から使用されてきている指導方法ではあるが、本プロジェクトでは「事実」「理由付け」「主張」という論述構造の各要素（アーギュメント）を「色分け」して、教科や単元の枠を超えて共有できるような学習プログラムを開発した。これにより、生徒の思考過程の構造理解および汎用型アーギュメントスキルの構築に繋がるのではないかと仮説を立てた。

色分けは、「事実」を青、「理由付け」を緑、「主張」を赤とした（図1）。



図1 アーギュメントの色分け

色分けすることで、共有のしやすさとその効果は各段に上昇する。例えば、事前に教師側がワークシートをカラー印刷したり、色チョークで板書したりすることで、思考過程の構造理解についての指導のしやすさに繋がる。指導の後に、生徒にワークシートやロイロノートに色付けさせることで、評価しやすくなる。

2. 2 授業実践例

本プロジェクトで開発した「色分けアーギュメント」を用いた授業実践は、本プロジェクトメンバーが中心となり、二年間で数多く行ってきた。その中で、2023年2月に東京学芸大学附属世田谷中学校第一学年理科の授業（以下「本単元」もしくは「本時」）で実践した内容を紹介する。

まず、本時で扱った第一学年中単元「力の働き」について説明する。本単元の前に行われる単元「光と音」で演示される現象や生徒が行う実験は、見た目も華やかで意外性があるものが多く、生徒の関心意欲が高まりやすい。それに比べて、単元「力の働き」は、現行の学習指導要領から「大気圧」や「水圧」の学習内容が他学年に移行したため、主たる生徒実験は「ばねの伸びを測定する実験」のみとなった。この実験は、年度末に実施することが多く、学習時期的にも総合的・探究的な学習過程で、科学的思考力の総括的な評価に活用したい学習場面でもある。しかし実際には、「グラフのかき方」等の技能評価のみに重点が置かれた「実験のための実験」になりがちである。

物体に力を働かせる実験を行い、その結果を分析して解釈することを通して力の働きやその規則性を見いださせ、(中略)力に関する観察、実験の技能を身に付けさせることが主なねらいである。(学習指導要領中学校理科解説より)

学習指導要領解説¹⁾を一見すると、実験やグラフ作成自体が授業の目的のように見えてしまうが、もちろん、本来の目的ではない。「何のための実験か」「何のためのグラフ作成か」を理解してこそその実験技能である。生徒にこれらを理解させるために必要な探究過程は「仮説の設定」と「検証計画の立案」である。

課題選びは、全ての探究活動にとって重要なことと言える。「課題設定」つまり、生徒自ら問題を見だし課題を設定する力は、主体的な探究をするうえで必要な力である。本プロジェクトリーダー高田も、本単元直前の「光と音」の単元で実践している²⁾。本単元では、課題設定を教師が行い、次の探究過程にあたる「仮説設定」「検証計画の立案」を重視する学習過程に位置付けた単元計画を行った。

本時で生徒に提示した課題は以下の通りである。

未知の物質（立方体）の質量を調べてください。
ただし、使用できる用具は「ばね」「20gのおもり5個」「ものさし」「スタンド」のみとします。

「仮説」が「根拠のない予想」であってはならない。設定した課題の内容を基に、その後行うべき実験内容を決めていくことになる。よって、明確な根拠があり検証可能な仮説を設定する必要がある。

まず「事実」の確認を行う。ここで言う「事実」とは、主に前時までの既習事項を指す。以下に、生徒と共に確認・共有した「事実」の一例を示す。

【事実】（主に理科）

- ・おもりがばねを引く力は、おもりにはたらく重力の大きさに等しい。
- ・質量100gの物体にはたらく重力は1Nであれば、質量20gのおもり一個にはたらく重力は0.2Nである。

【事実】（主に数学）

- ・得られたデータが比例の関係とみなせる場合、グラフ作成および関係式を導く（比例定数を求める）ことによって、未知の値を予想することができる。

本単元では、「比例の関係」を実験結果から導く方法についての授業を行っているが、数学の授業でも、ほぼ同様の指導が行われている。数学の教員と指導時期や内容を確認しておくことで、教科横断的に知識・技能の活用能力を育成することにつながる。

また、「根拠ある仮説」「根拠ある実験方法」へとつなげるためには、「比例とみなす必要性」「グラフ作成の必要性」を仮説設定前に生徒が学習し理解しておくことが前提となる。

本時では、本校数学の教員に授業に入ってもらい、既習事項の確認を10分程度行ってもらった。時間割等の都合により数学科に入ってもらうことが難しい場合でも、理科の教員が数学の授業内容

を再確認することで、生徒の知識は整理され、思考過程は何倍にも深まる。
 以下が、生徒が設定した仮説の例である。

【仮説】
 ・「おもりの重力（質量・個数）」と「ばねの伸び」が比例の関係であれば、立方体をつるしたときのばねの伸びから立方体の質量を求めることができる。

仮説の設定と同様、課題に対する結論を出すときにも、その根拠を示すことが大切となる。そこで、仮説を検証するための手順として、「事実」「理由付け」「主張」と、項目を分けてレポートを記述させた。

「事実」には、立案した実験方法と実験によって得られたデータ（結果）を記入させる。「理由付け」には、実験によって得られたデータの分析内容を記入させる。以下に、生徒の記入例（グラフは省略）を載せる。

課題「渋谷駅に落ちていた立方体の質量を求めよ。」

事実
 比例とは、 $y=ax$ の関係が成り立つものであり、表やグラフを用いることでその関係を見出したり、 a という比例定数を明らかにしたりすることができるからである。
おもりの質量は比例
 $100g = 1N$

理由付け
 おもりの質量を x 、ばねの伸びを y としたときの比例の式や比例定数を表やグラフから求めれば、立方体のばねの伸びを $y = ax$ の y に代入して質量を求められる。

主張(仮説)
 ばねの伸びと重さか比例しているならば、比例を用いて立方体の質量を求めることができる。
比例定数を求める
 おもりの質量と「ばねの伸び」が比例の関係であれば立方体をつるしたときのばねの伸びから立方体の質量を求めることができる。

- 課題の設定・提示【理科】
- 既習事項の確認【理科・数学】
- 既習事項（事実）を根拠にして仮説（主張）を立てる方法を指導・評価【国語】

事実(実験方法・図・結果)
(実験方法)
 ①ばねの下部分にはおもりをのこす置く
 ②おもりを1ずつこけておもりのばねの伸びを測る
 ③立方体のばねの伸びを測る ⇒ 10cm

質量(g)	20	40	60	80	100
ばねの伸び(cm)	2.6	5.4	7.2	10.8	13.5

理由付け

質量(g)	20	40	60	80	100	質量
ばねの伸び(cm)	2.6	5.4	7.2	10.8	13.5	ばねの伸び

比例定数
 $\frac{20}{2.6} = 7.69$, $\frac{40}{5.4} = 7.41$, $\frac{60}{7.2} = 8.33$, $\frac{80}{10.8} = 7.41$, $\frac{100}{13.5} = 7.41$
 $\frac{20}{2.6} = \frac{40}{5.4} = \frac{60}{7.2} = \frac{80}{10.8} = \frac{100}{13.5}$
 $\div 5 = 0.131 \Rightarrow$ 求めた「ばねの伸び」の比例定数
 この表が、多少の誤差があるが比例していると考えられる。
 比例定数は、 $(0.13 + 0.135 + 0.12 + 0.135 + 0.13) \div 5 = 0.131$
 質量 x 、ばねの伸び y とした時、
 $y = 0.131x$ とし、ばねの伸びが $10.0cm$ のときの x を求めると
 $10 = 0.131x \Rightarrow x = 76.335879$

主張(結論)
 よって、この立方体の質量は、約 $76.3g$ である。

- 仮説検証実験の立案（グループ活動）
- 生徒実験 → 実験方法・結果（事実）の記入（グループ活動）
- 実験結果の分析（理由付け）（個人活動）
- 課題に対する結論（主張）（個人活動）

上記のワークシートを記入した生徒は、仮説を設定してから「主張」まで一気に書き上げている。この集中力と主体性を維持できた要因は、仮説を設定する過程で、見通しをもった実験計画をたてられていたからに他ならない。

3 課題（又は成果，提言，提案等）

主張するための根拠を明確に示すことができている上記のレポートだが，以下のような課題が見られる。

- ・仮説では、独立変数を「おもりの質量」としているが、実験データを記録する段階で、「おもりの個数」や「おもりの重さ」としている。
- ・「事実」の欄に、分析内容を記入している。
- ・「重さ」と「質量」の単位が混同している。

これら生徒一人ひとりの課題こそ，教師による指導（形成的評価）の見せ所である。「仮説設定の場面」「仮説から実験を計画する場面」「実験結果をまとめ，表現する場面」「データを分析する場面」生徒によって，課題がある場面は異なる。一回の授業内で，これら全て，全員の課題と向き合う必要はない。単元を通して，学年を通して，3年間を通して，ときに教科の枠を超えて，形成的に評価し，力をつけていけばよいのである。

本時を例にあげれば「仮説から実験を計画する力」のみを総括的評価し，「仮説の設定」等他の探究場面で育成されてきた生徒の力は，形成的評価をすることまでにとどめている。

本時以外の「色分けアーギュメント」の事例を2つあげる。図2は，国語科2年生の「クマゼミ」についての教材を，事実・理由付け・主張に分けて整理しまとめているワークシートの例である。国語の教科書には，科学的現象や生物を題材とした文章が多くあり，理科で扱う研究レポートとの共通点や相違点を考えるうえでも，この色分けアーギュメントは効果的に活用できていることがわかる。図3は，本校が2年次で行う地学実習において設定した課題に対する主張を国語の時間にレポートとしてまとめたものである。このワークシートの最後に，「三要素をもとにした情報同士の結びつきや情報整理と表現についての考察」を書かせている。その中の一つを以下に紹介する。

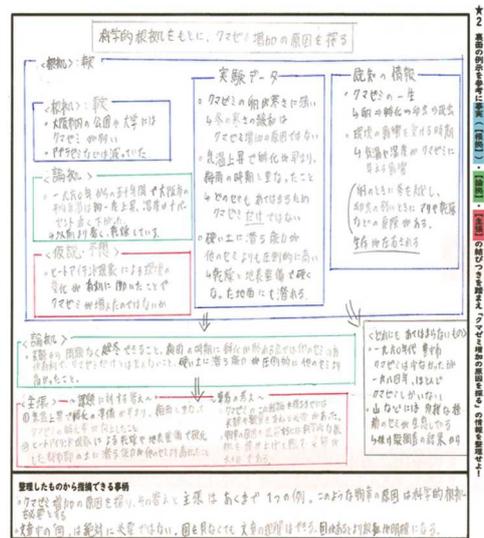


図2 ワークシート例1

事実・論拠・主張の三要素を使ったことで，段階を踏みながら問いに対する主張をすることができた。このように順序づけて書くことで，主張をするためには，事実となる

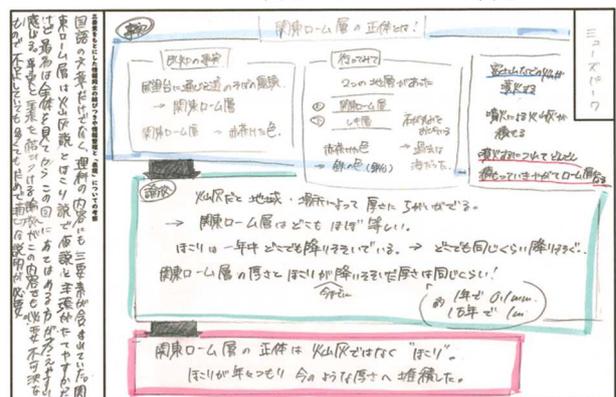


図3 ワークシート例2

レポート例として示したような探究内容を，生徒全員がすぐには書けるようになるわけではない。班・クラスでの共有，教師からの指導・支援を通して，生徒が何度も思考し表現する場を繰り返す必要がある。よって，探究の過程に沿った主張を表現させるには多くの時間がかかる。

教師の粘り強い指導により，「思考力の高まり」「主体的な態度」が目に見える成果として，生徒はその姿を示すことになる。時間をかけて得た仮説を意欲的に検証していく時間は，生徒にとっても教師にとっても「楽しい」時間である。

探究活動をしなければならないから探究活動を授業に取り入れるのではない。探究活動の中でしか育てられない（評価できない）力があるから探究活動をするのである。

参考文献

- 1) 文部科学省 (2018) 「中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編」
- 2) 高田太樹 (2020) 「生徒自身が問題を見だし，課題を設定する授業とその評価」『理科の教育』vol. 69, No. 817, 38-40.