生徒が主体的に探究のサイクルを繰り返し，追究していくために必要な教師の手立てとは

金箱　仁志　高度教職開発コース　教科授業力高度化プログラム

キーワード：理科，主体的，探究のサイクル，自由度

１．研究の動機

理科の授業において私が大切にしていることは何か，と自らに問いかけたとき，実験の楽しさや，授業のわかりやすさ，授業の流れ（学習問題～予想～学習課題～実験～結果の考察～振り返り）などを挙げるだろう。しかし，ふと，生徒の姿に目を向けたとき，実験は楽しいが，何のために実験を行っているのかわからない姿や，結果を出すことはできるが,分析することができない姿,疑問をもつことができない姿などがあることに気付いた。「私の授業は生徒たちにとって『与えられているもの』『やらされているもの』になっているのではないか。」そう考える自分がいた。そこで，もう一度，生徒が主体的になる授業とはどのようなものか，見つめなおす必要があると考えた。

文部科学省（2018）は,「理科においては，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を行い，それぞれの過程において，資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である。」(p.　７）と，理科における学習過程を示すとともに,「このような探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを目指すとともに，生徒が常に知的好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に関わるようになることや，その中で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。」(p.　７）と生徒が主体的に遂行することができるよう授業改善をしていくことの必要性を示している。

これらの経緯から，生徒が主体的に自然の事物・現象を科学的に探究していく上で必要なことは何か明らかにする必要があると考え，本研究テーマを設定した。

２．生徒が主体的に探究のサイクルを繰り返していくということ

2.1 主体的な探究

理科における主体的な学びは「自然の事物・現象から問題を見いだし，見通しをもって課題や仮説の設定をしたり，観察，実験の計画を立案したりする学習となっているか，観察，実験の結果を分析し解釈して仮説の妥当性を検討したり，全体を振り返って改善策を考えたりしているか，得られた知識及び技能を基に，次の課題を発見したり，新たな視点で自然の事物・現象を把握したりしているかなど」（文部科学省．　2018．p.115）と示さ

れている。これらは探究の過程の中での生徒の姿であり，このような姿が見られる探究が「主体的な探究」と言える。

2.2 探究のサイクルを繰り返す

本研究では，生徒が授業の中で行っていく探究のサイクルを以下の４パターンと考え，それぞれのパターンを行っている場面における生徒の姿から，分析を行った。

①過去にやったことを充足した知識や思考力でさらに深めていくサイクル

②実験を行う中で予想と異なる結果が生じた際に再度検証方法を見直していくサイクル

③考察の中で自分の仮説と異なる実験結果が得られたときの再度仮説を見直すサイクル

④１つの事象について，考察・推論した事柄から新たな課題を設定するサイクル

そして，生徒が探究していく中で，探究のサイクルを繰り返すために，生徒の裁量によって実験方法を調整することができるように「教材における自由度の高さ」と「検証方法における自由度の高さ」をもたせた。それによって生徒が探究するための見通しをもち，試行錯誤しながら探究をおこなっていくことができると考えられる。また、授業の中で上記①～④が見られる場面には傾向が見られた。特に，サイクル②，③については，分野による違いがあり，量的な見方が求められることが多い物理分野では②が，質的な見方が求められることが多い化学分野では③が特徴的にみられると考えられる。つまづきが見られる場面での支援を行うことで，探究のサイクルを繰り返し、追究が深まると考えられる。

３．実践と考察

3.1 実践授業について

N 中学校 2 学年の生徒を対象に，単元展開をデザインした授業を実践した。

3.2 化学分野「My 化学カイロをつくろう」の実践

令和４年７月，目的に合った化学カイロをつくるために，温度の変化を視点に，鉄粉に混ぜる食塩水，活性炭，保水材の性質を基に仮説を設定し，実験を繰り返していく授業を行った。

(1)授業設定の意図

本単元では，生徒が目指すゴールを各班で設定し，実験で使う物質の質量を自由に変えることができるようにした。（教材における自由度）また，探究を行う時間内では，生徒が仮説の設定，仮説の検証，考察を各班のペースで行うことができるようにし，実験を行う回数も各班で設定できるようにした。（検証方法における自由度）

(2)生徒の姿から

K 生の班では，目指す化学カイロを「50℃で長時間安定するカイロ」として探究をおこなった。そして，物質の性質を基に，「反応を早める食塩水の量が温度上昇に関わっている」と仮説を設定して，食塩水の量を変化させて実験を行った。その結果から，食塩水の量によって，最高温度は変化するが，一定時間たつと，食塩水の量に関わらず，温度がほぼ同じになる，と考察した。そして，温度上昇に関わる食塩水が長く鉄粉と触れること

ができれば温度が保てるという見通しから「食塩水を保持できる保水材の量が保温時間を長くする」と再度仮説を設定して実験を行った。そして，得られた結果から，「温度上昇に関わるのは食塩水だけだと思っていたが，保水材の量の違いでも最高温度に違いが出た。これは，保水材が食塩水を吸収している分，一度に鉄粉が反応することができる食塩水の量が減少したからだと考えられる。物質同士が関わり合い，発熱量が決まっている。」と考察した。そして，K生は化学カイロにおける反応速度を変化させる要因を，「食塩水の量と保水剤の有無」と捉え，40～50℃を 10 分以上安定して発熱する質量比を見いだすことができた。

3.3 物理分野「電熱線による発熱を利用して温泉卵をつくろう」の実践

令和４年 10 月，水温を一定に保つために，熱の移動を視点に，理論値に基づく温度と実測値の温度とのずれを生む要因について考えたことを基に仮説を設定し，実験を繰り返していく授業を行った。

(1) 授業設定の意図

本単元では，電熱線による発熱により，温泉卵をつくるために，電力の異なる電熱線や実験で使用する水の量，回路に加える電圧など，班で設定できるようにした。（教材における自由度）また，探究を行う際は分析の視点として，熱が移動する要因を考えることで理論値を求め，新たな仮説を設定できるようにし，班ごとに科学的な根拠をもった上で，班のペースで探究を進めていけるようにした。（検証方法における自由度）

(2) 生徒の姿から

H 生の班では，まず，水の温度が時間によってどのくらい下がっていくのかを調べる必要があると考え，仮説「卵を入れるとお湯だけのときとは異なる温度の変化をする」を設定して，実験を行った。実験結果から，卵を入れた瞬間，大きく温度変化が起こるが，その後は水だけの場合と同様に一定の割合で温度が下がり続ける結果から，水中に物体を入れることで水から物体に熱の移動が起こることを捉えた。そして，仮説「８分で 20℃下がり，16800J が移動するので，16800J を加えれば温度を一定に保つことができる」を設定し，再度実験を行い検証した。実験結果から，初めに卵を入れたことによる熱の損失が大きく，その後はほぼ一定の割合で変化していることから，初めの２分間の電圧を大きくし，２分後からは電圧を下げ，卵に移動して失われる熱と同様の熱を加えることで，卵への熱の移動以外の要因がないかを調べることができると考えた。そして，仮説「卵によって熱が大きく下がる分，さらに熱を加えれば温度を保つことができる」とし，再度実験を行い，検証した。K 生は，実験開始の直後に，温度が急激に下がるという結果に対して，卵と同時に入れた電熱線に着目し，電熱線の温度の低さを，温度を下げた要因として捉えた。そして，初めの 30 秒での温度変化は電熱線によるものであるため，４℃の変化は電熱線を温めることで解決できる熱の移動であり，30 秒から２分の間に下がった残りの 2.8℃は，卵への移動である，と解釈し，事前に電熱線を加熱し，温度差を無くしておくことや，さらに電圧を上げることで，熱を加えればよい，と解決するための方法を考

え，仮説「電熱線を温め，卵以外への熱の移動を少なくし，卵に移動する熱の分を追加すれば，温度を保つことができる」を設定した。その後，検証を繰り返していき，H 生は，最終的な結論を，「70℃の水 200 g に 4 Ωの電熱線を入れて，14.7V を加え，3.7A の電流を 25 分流せばよい」とし，温泉卵をつくることができた。

3.4 考察

これらの実践では，生徒が探究のサイクルを主体的に回している姿が見られた。生徒の探究を支えた要因の一つとして，グラフを用いて結果を分析し，結果を自らの仮説と照らし合わせながら解釈していくことで，新たな仮説に繋がり，探究が連続的に進んでいったと考えられる。また，化学カイロづくりにおけるそれぞれの物質の性質や温泉卵づくりにおける熱の移動のように，着目する視点を明確にしながら実験を行ったことも要因として考えられる。

４．成果と課題

生徒が自然の事象に対して，どのような方法で検証すれば解決することができるのか，考え，選択する余地が与えられていること。自らが選択した検証方法を実際に行い，試行錯誤することができる場が与えられていること。このことによって，生徒が主体的に探究のサイクルを繰り返していくことが見えてきた。生徒が自らの頭で考え，自らの手で検証していく姿から，これまでの私が生徒の可能性に蓋をしてしまっていたように感じる。決められた実験方法で，一度きりの実験を行い，他班と結果が違えば，実験における誤差と割り切ってしまっていた自分の授業が変化してきた。私が理科の一教師として，授業で目標にしている「生徒が一人の『科学者』になること」に一歩近づけた実感がある。

同時に課題も見えてきている。生徒がすべての授業，すべての実験を一から実験方法を立案し，検証していくには，年間授業時数が足りないということが挙げられる。本研究において，「自由度」をもたせた授業デザインを行ってきたが，生徒が行う実験を統一することが間違ったことなのではなく，限られた時数の中で授業を行っていく上では不可欠である。今後の授業づくりを行っていく上で，いかにバランスを取りながら年間指導計画を立案していくか，検討を重ねていく必要がある。また，授業づくりを行っていく中で，分野による偏りがあることも見えてきた。化学・物理分野において，探究的な授業の設定がしやすいのに対し，生物・地学分野における授業づくりでは難しさを感じている。今後，生物・地学分野において探究していくことができる授業の在り方も模索していきたい。何より，よりよい授業を目指し，常に授業力を向上し続けていける教師でありたい。

文　献

文部科学省（2018）．　中学校学習指導要領解説　理科編．　日本文教出版株式会社.
奈須正裕（2017）．　「資質・能力」と学びのメカニズム．　東洋館出版社.
石井英真（2020）．　授業づくりの深め方．　ミネルヴァ書房.