

【研究主題】理科における問題発見・解決能力の育成

【副題】生徒が多様な考えを協働しながら引き出すための工夫を通して

【学校名】宮城県東松島市立矢本第二中学校

【役職名・氏名】教諭 小松 隆

1 はじめに

令和3年度から完全実施となった中学校学習指導要領において、学習の基盤となる資質・能力の1つに「問題発見・解決能力」が位置付けられ、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとされている。さらに、令和3年1月の中央教育審議会答申では、STEAM教育等の教科等横断的な学習の推進による資質・能力の育成が記されており、高等学校における「総合的な探究の時間」や「理数探究」を中心に取り組むことが期待されている。そもそもSTEAM教育は、科学技術分野の人材育成を目指したSTEM教育が前身である。今の世の中は、Society5.0時代の到来や予期せぬ自然災害の増加、昨今の新型コロナウイルス感染症の拡大など先行き不透明な予測困難な時代となりつつある。そのような時代に起こる様々な問題に対応するために、STEMにリベラル・アーツ「Arts」の視点が入り、実社会の問題を様々な視点で捉え、創造的な発想で問題を解決していくことが重要視されるようになった。このような時代において、問題発見・解決能力を身に付けるためには、小・中学校の段階から、自ら主体的に課題を見だし、これまで習得してきた様々な教科の知識・技能や生活経験を基に考え、解決を図る探究の過程を意識した授業を行っていく必要がある。その際、中学校学習指導要領前文にもあるように、一人一人の生徒が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながら進めていくことが求められる。特に理科は、課題の設定、仮設の設定、解決方法の立案、実験・観察の実施、考察の導出という一連の学習過程が、まさに探究の過程を重視したものとなっている。その中でも、「解決方法の立案」の場面で、問題解決のために様々な教科の知識・技能や生活経験を基に協働しながら多様な考えが引き出しやすいのではないかと考えた。また、生徒が多様な考えを出すためには、生徒が興味・関心を引き、主体的に考えることができるような課題提示の工夫と、問題解決に向けて理科の考え方を意識

させることが必要ではないかと考えた。

2 研究のねらい

第2学年理科の解決方法の立案の場面において、生徒が多様な考えを協働しながら引き出すためには、課題提示を工夫したり、理科の考え方を働かせて考えられるような働き掛けを行ったりすることが有効であるかを検証する。

3 研究の実際

(1) 授業開きで答えがない「問い」について、自由に考えを出し合う雰囲気づくりを行う。

今年度、私は第2学年の理科の授業を担当することになった。協働的な学習を進めるにあたって、自分の意見が否定されず、自由に考えを出し合う雰囲気が根底になければならない。そのため、4月の授業開きの際に、以下のことを生徒たちに伝えた。

- ・これからの時代はこれまで人間が行ってきたことがAIやロボットに置き換わる時代となる。
- ・人間はAIやロボットにはできない答えがない「問い」を解決するために他者と話し合いながら何かを発想したり、創造したりする力が求められる。
- ・将来、必要とされる何かを発想したり、創造したりする力を理科の授業の中で身に付けさせていきたい。
- ・答えがない「問い」であるため、1人1人が出した答えが正解となり、他者の意見を尊重することが大切である。

その後、実際に以下の課題について3人1組のグループを編成し、新型コロナウイルス感染症予防のため対面で話し合う時間を15分間とし、解決方法を考えた。

1500万人が餓死する世界の現実に対して、日本では1日1500万食が捨てられていると言います。これを何とかマッチングして、世界中から飢餓を撲滅する方法はないだろうか。

この課題は、藤原和博氏著『10年後、君には仕事はあるのか?』を参照した。生徒は、昨年度、新型コロナウイルス感染拡大の影響で実験・観察、話し合いといったグループ活動をほとんど行っていないとのことであった。そのような背景があったにも関わらず、生徒

は互いに意見を出し合いながら真剣に考える様子が見え、教師が想定した以上に様々な考えが出された。主な考えは次の通りである。

- ・余った食材を自衛隊の輸送機で飢餓に苦しむ国々に輸送する。
- ・飢餓に苦しむ国々の住民を日本に招待する。
- ・余った食材を長期保存ができる形（乾燥状態・タブレット状態）にして飢餓で苦しむ国々に送る。
- ・余った食材をお金に換えて、そのお金で新しい食料や薬品を買って、飢餓で苦しむ国々に送る。
- ・飢餓で苦しむ国々に日本で活躍している調理師を派遣し、日本で余った食材を調理し現地で振る舞う。
- ・飢餓で苦しんでいる国々で農業が盛んになるように、技術者を派遣して現地の人々に農業を教える。

机間指導をしながら、話し合いの様子を観察していたが、グループ内で出された1人1人の意見を否定するような雰囲気は見られなかった。授業の最後に行っている振り返りには、「1年生の授業では今回のような話し合う活動がなかったので、とても楽しかった」「自分には思い付かないような考えがあった」「これからは環境問題や社会問題をしっかり考えていくことが必要である」など肯定的な意見が多かった。以上のような生徒の記述からも、理科の授業における協働的な学習における話し合いの下地を形成することができたと考える。また、問題解決のための場面設定次第で、問題解決に向けて主体的に取り組み、多様な考えが引き出せることが分かった。全ての単元において、問題解決のための場面設定を工夫することは、扱う単元の性質や時数の関係上、困難であるため、1学期前半は、「酸化銅から酸素をとる化学変化」「化学変化と熱」の2つの節で場面設定を工夫して課題を提示することにした。

(2) 2学年理科「酸化銅から酸素をとる化学変化」

この節は、酸化銅から銅のみを取り出すにはどのようにしたらよいかを考え、還元の実験を行い、酸化と還元は同時に起こることを理解する内容である。

① 課題の把握

ア 主な金属（金・銀・銅・鉄）の採可年数をクイズ形式で紹介し、銅はあと22年後に地球から採掘できなくなることを説明した。

イ アで理解した銅の採可年数ともつながりを持たせ、次のようなストーリー性のある場面設定を考案し、酸化銅から銅だけを取り出す方法を考えさせた。

時は2044年、みなさんは海外から銅を輸入している会社の社員です。採掘によって地球上で採れる銅がとうとう底をついてしまいました。日本では銅が採掘できません。大ピンチです！しかし、日本には酸化銅がたくさんあります。どうにかして酸化銅から銅だけを取り出せないかと社員たちは立ち上がりました。

<ミッション>

酸化銅から銅だけを取り出す方法を考えよ！

ウ 解決方法を考えるための参考にさせるため酸化銅がどのような物質であるか実際の酸化銅を提示した(図1)。

図1：酸化銅

② 解決方法の立案

解決方法を立案するにあたって、3人1組のグループを編成した。新型コロナウイルス感染症予防のため対面で話し合う時間を15分間とし、解決方法を考えた。その際、理科の考え方である「関連付け」に焦点を当て、これまで学習した既習事項や生活経験などを参考して考えても良いことを伝えた。生徒が考え出した方法を紹介する。

・酸化銅を水に溶かして乾燥させる。

1学年理科の「水溶液の性質」で学習した固体をいったん水にとかし、溶解度の差を利用して、再び結晶としてとり出す再結晶の考えを基に考え出した。

・酸化銅を水に溶かしてろ過する。

1学年理科の「水溶液の性質」で学習したろ過を基に考え出した。

・酸化銅を加熱する。

2学年理科の「物質のなり立ち」で学習した炭酸水素ナトリウムを加熱すると、炭酸ナトリウム、水、二酸化炭素に分解できる熱分解の考えを基に考え出した。

・酸化銅と水素を混ぜて加熱する。

この考えを思い付いたグループは、これまで学習した化学反応式を活用しながら、酸化銅と様々な物質を組み合わせ、 $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$ という理に叶った化学反応式を完成させた。

以上のような解決方法を全体で共有した後に、教師から、今回は酸化銅に炭素粉末を混ぜ合わせて加熱する方法で行っていくことを伝え、実験に取り掛かった。

③ 成果と考察

生徒は海外から銅を輸入している会社の社員という設定に興味を示すとともに、黒色の酸化銅から本当に銅が取り出せるのかという疑問を持ったことから、酸化銅から銅を取り出す方法を考えるという解決方法の立案に意欲的に取り組むことができた。また、既習事項と関連付けて考えさせることは、これまでどんな学習をしてきたかを振り返る際にグループ内で対話が生まれ、多様な考えを引き出すことのきっかけになったと考える。さらに、1学期前半の最後に行った授業評価に関するアンケート項目「1学期前半で印象に残っている授業は何か」において、約70%の生徒がこの節の授業を挙げていた。自分たちで解決方法を考えたのちに実験を行い、ほとんどのグループが少量ではあるが銅を取り出すことができたからではないかと考える(図2)。



図2：実際に取り出した銅

(3) 2学年理科「化学変化と熱」

この節は、化学カイロやガスの燃焼で得られる熱などを基に、化学変化と熱の関係について考え、化学変化によって熱が発生する発熱反応、周囲から熱を奪う吸熱反応の実験を行い、化学変化が起こるときには熱の出入りがあることを理解する内容である。

① 課題の把握

ア 学校の冷暖房の室外機の写真を提示した(図3)。

イ 室外機は石油を燃

これは何でしょう？

焼すなわち、石油の酸化反応であることを確認し、1日にどのくらいの石油を使用しているのかクイズ形式で紹介した。



図3：学校の冷暖房の室外機

ウ 石油の燃焼によって発生した熱を、水で冷却することで冷たい空気に変え、各教室に送っていることを説明した。

エ 室外機は冷暖房に使用する熱以外にも空気中に放出されている無駄な熱があることを説明した。その際、生徒からは、「家庭にある室外機からも熱風が出ている」「熱が空気中に放出しているということは、地球温暖化につながっている」といったようにこれから考える内容について日常生活と関連付けて考えようとする発言があった。

オ 次のような場面設定を考案し、無駄になっている

熱を利用する方法を考えさせた。

あなたは校長先生です。今、気候変動が叫ばれている中、無駄になっている熱を何とか再利用できないかと考えました。この無駄になっている熱をどんなこと、どんなものに利用していくか？
※お金は十分あるものとします。

② 解決方法の立案

解決方法を立案するにあたって、3人1組のグループを編成した。この時期になると、新型コロナウイルス感染者の増加が抑えられていたこともあり、生徒が考えを出し合いまとめる時間を25分とし、解決方法を考えた。その際、理科の考え方の「多面的に考える」に焦点を当て、様々な側面から熱の利用方法を考えてほしいことを伝えた。生徒は主に学校での生活経験と関連付けながら自由な発想を基に、多様な解決方法を考え、ホワイトボードシートにまとめた。まとめた後は、発表会を行い、各グループの考えをクラス全員で共有した。本論文では、2年2組の2つのグループが考えた利用法を紹介する。

3班は図4のように考えをまとめた。温水プールは、プールの授業が始まったばかりということもあり、3班以外の班も同様の考えを

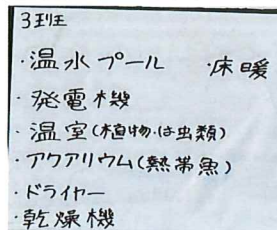


図4：2組3班の考え

出していた。話合いの途中で「室外機がある場所とプールには距離があるよね」と教師が問い返し、新たな問題を提起したところ、生徒は「室外機とプールを結ぶ配管を校舎の壁伝いに作る」といった解決策を考えた。それに対し教師が「温水プールにしても、今のプールでは熱が逃げてしまうよね」と更に問い返したところ、生徒は「お金は十分にあるという条件があるから、室内プールに改修する」といった解決策を考えた。床暖は、剣道部員から出された考えであった。冬の武道館は氷点下になることもあり、特に足が冷たく武道館の床に暖房設備があれば、冬場も効率よく練習ができるのではないかとのことであった。発電機は、社会科で地熱発電について学習したばかりということもあり、多くの班がこの考えを出していた。具体的に問うと、室外機の上に水を貯めた容器を設置し、室外機の熱で水を温め発生した蒸気で発電機を回せば電気が取り出せるのではないかとのことであり、地熱発電の仕組みを参考にした考えであった。温室については、熱帯地域の植物を栽培したり、動物を飼育したりする

ことで、理科の学習が充実するのではないかとのことであった。さらに、一般市民にも入場料を徴収し開放することで、学校が憩いの場になるとともに、収益を学校生活のために必要な様々な物品の購入にあてることが可能となり、学校と市民がまさに「win-win」の関係になるというところまで考えていた。

7班は図5のように考えを図でまとめた。銅の熱伝導率に着目し、室外機を銅で囲むことで

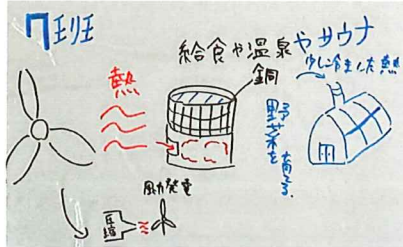


図5：2組7班の考え

熱伝導率が高い銅に熱が伝わり、常に一定の温度に保った熱が供給でき、その熱を使って温室で野菜を育てることで、技術分野の栽培の授業が充実することや家庭分野の調理実習でそこで栽培した鮮度のよい野菜を使って調理実習ができるのではないかとのことであった。また、熱を利用して調理することも可能となるのではと考え、給食センターを併設することで、できたての給食を食べることができるのではないかとのことであった。

③ 成果と考察

生徒は夏季の学校生活で恩恵を受けている冷房が実は環境問題を引き起こしている一因となっていることを理解した上で、空气中に放出している熱の利用方法を校長先生という立場で考えた。そのため、何を解決しなければならぬのか話し合いの目的が明確となったことで多様な考えが出しやすくなったのではないかと考える。また、様々な側面から考えたことで、学校での生活経験を基に考えることの他に、地熱発電といったエネルギーの視点や熱帯地域の動植物の栽培や飼育といった生態系の視点など教科等横断的な視点で考えることで多様な考えを出すことが可能となったと考える。さらに、出された考えに対して、教師が問い返すことは、新たな問題を発見することにつながる。新たな問題を把握したことで更なる対話が生まれ、より多面的に解決方法を考えるきっかけとなり、深い学びにつながるのではないかと考える。

4 研究の成果と今後に向けて

(1) 研究の成果

1学期前半に行った生徒対象の授業評価には、「実験の方法やいろんな問題の解決方法を友達と一緒に考えることがとても楽しい」「色々な意見が出て楽しい」

「友達の考えを聞いて、『こんな考えもあるんだ』と気付くことができる」「同じグループの人の面白い考えや話が聞けて勉強になる」「先生が身近な問題を取り上げてくれるので考えやすかった」といったように協働的な学習に対する多くの感想が寄せられた。これらの感想から、自分の考えはもちろん、他者の意見も積極的に取り入れながら問題解決に取り組んでいることが分かる。また、協働的な学習における話し合いで自分の考えを出しても、それを否定することなく、自分とは違った意見として受け止めようとする雰囲気形成されていることが分かる。このことから、解決方法の立案の場面で、生徒が多様な考えを協働しながら引き出すために、課題提示を工夫したり、理科の考え方を働かせて考えられるような働き掛けを行ったりすることは現時点では協働的な学習における生徒の話し合いの様子や授業後の振り返りの記述から有効な手段であると言える。

(2) 今後に向けて

本研究を始めてまだ4ヶ月である。1学期後半以降は「生物のからだのつくりとはたらき」「天気とその変化」「電気の世界」と続く。それぞれの単元のどの節で協働的な学習が可能か考えていく必要がある。また、その内容を年間指導計画に反映させていくことで見直しを持って理科における問題発見・解決能力が育成できるものとする。

教科等横断的な視点を取り入れて考えさせるためには、教師が他教科の「見方・考え方」を把握する必要がある。他教科の「見方・考え方」を把握することで、生徒が多面的・多角的に考えていくための問い返しに活用することができ、総合的な学習の時間の「考えるための技法」にも活用できるものとする。そのために、他教科の「見方・考え方」の整理や単元配列表の作成に取り組んでいきたい。

【参考文献】

- ・中学校学習指導要領解説総則編
- ・中学校学習指導要領解説理科編
- ・中学校学習指導要領解説総合的な学習の時間編
- ・中央教育審議会：『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）
- ・新しい科学2（東京書籍）
- ・『10年後、君には仕事はあるのか』 藤原和博（ちくま文庫）