

第2章 理科における考え方と実践例

1 理科において課題を解決するために必要な資質・能力とは、どのようなものか

小・中・高等学校の学習指導要領には、理科の目標が【資料1】のように示されている。「科学的な見方や考え方」や「科学的な自然観」を育成するとは、観察、実験などから得られた事実を客観的に捉え、科学的な知識や概念を用いて合理的に判断するとともに、多面的、総合的な見方を身に付け、日常生活や社会で活用できるようにすることである。そのためには、①「自然事象への関心・意欲・態度」、②「観察、実験の技能」、③「科学的に探究する能力（問題解決の能力）」、④「自然事象についての知識・理解」を育むことが求められている。これらを学校教育法に示された学力の三要素に照らし合わせて考えると、基礎的・基本的な知識・技能には②と④が、主体的に学習に取り組む態度には①が、課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等には③が相当する。これらのことから、理科において課題を解決するために必要な資質・能力とは、前述した①～④であり、これらの関係を【資料2】のような自動車の模式図で捉えることができる。

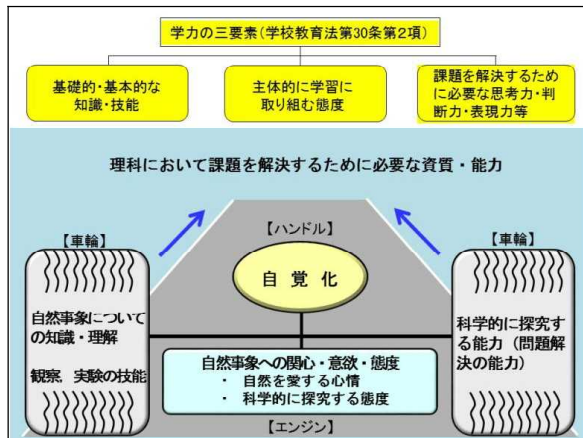
「自然事象についての知識・理解」や「観察、実験の技能」は、「科学的に探究する能力」を発揮することによって高まり、こうして高まった知識や技能を活用することは、より高度な「科学的に探究する能力」を育むことになる。このように「自然事象についての知識・理解」及び「観察、実験の技能」と「科学的に探究する能力」は相補的に関連し合いながら高まるべきものであることから、自動車の両輪のように例えることができる。また、これらが高まると児童生徒の視野が広がり、多面的、総合的に自然事象を捉えることができるようになるため、「自然事象への関心・意欲・態度」がより深まり、二つの車輪を更に回転させることができる。このことから、「自然事象への関心・意欲・態度」は自動車のエンジンに例えることができる。さらに、このような資質・能力を発揮しながら課題を解決するためには、児童生徒が自己の思考のプロセスを客観的に捉えることによって、自分自身の高まりや修正点を自覚することが必要となる。具体的には、学習において、「自分は何を分かり、何が分からないのか」、「自分は何を知らないのか」などと今の自分の状況を自覚することができれば、「何を基にして、どのように考えなければならないのか」、「今、何をしなければならないのか」を認識し、行動への方向付けができるということである。このように「自覚化」を促すことは、児童生徒が解決への見通しをもつことにつながるため、自動車のハンドルに例えることができる。

このような資質・能力は、児童生徒が見いだした課題を科学的に探究する過程を通してこそ育成されるべきものである。そこで、指導に当たっては、資質・能力をどのような場面で重点的に育成するかについて考えておく必要があることから、その具体例を【資料3】に示した。

【資料1】理科の目標

<p>【小学校】 自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を持った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。</p> <p>【中学校】 自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。</p> <p>【高等学校】 自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。</p>

【資料2】課題を解決するために必要な資質・能力



例えば、「課題の設定」の場面における「既有的知識や経験と照らし合わせて課題を見いだすことができる」という児童生徒の姿は、自分のもつ知識や経験を基に、比較したり関係付けたりする能力を発揮しながら推論する力が必要とされることから、ここでは主に「科学的に探究する能力」が育成されるものと考え、特に重視したい資質・能力として焦点化した。

なお、各過程において重点的に育成したい資質・能力については、各学校における児童生徒の状況に合わせて設定することが求められる。

【資料3】科学的に探究する学習の過程における具体的な姿の例

過程 ^{*1}	具体的な児童生徒の姿の例	知識・理解、技能	科学的に探究する能力	関心・意欲・態度
自然事象への働き掛け	・ 自然事象に働き掛けたり、情報を収集したりすることができる。	○ ^{*2}		
課題の設定	・ 既有的知識や経験と照らし合わせて課題を見いだすことができる。		○	
	・ 課題を自分と関係していることと捉え、学習する意義を見いだすことができる。			○
予想・仮説の設定	・ 課題に対して科学的な根拠を基に予想や仮説を立てることができる。		○	
計画の立案	・ 観察、実験の観点や対象を明確にすることができる。			○
	・ 観察、実験の検証方法を考えることができる。		○	
観察・実験の実施	・ 正しく安全に機器を操作することができる。	○		
	・ 観察、実験の過程や結果を正確に記録することができる。	○		
結果の整理、考察	・ 目的に応じて図や表、グラフなどに整理・分析し、傾向を捉えることができる。		○	
結論の導出、振り返り	・ 学んだことの価値や自己の高まりに気付くことができる。			○
	・ 実生活や実社会へ適用して説明することができる。			○
	・ 観察、実験の結果を基に、予想や仮説を振り返りながら、自分の考えを表現することができる。		○	

*1 過程は、「小学校理科観察・実験の手引き」（文部科学省）を参考にしている。

*2 表中の○は、その過程において特に重視したい資質・能力を表している。

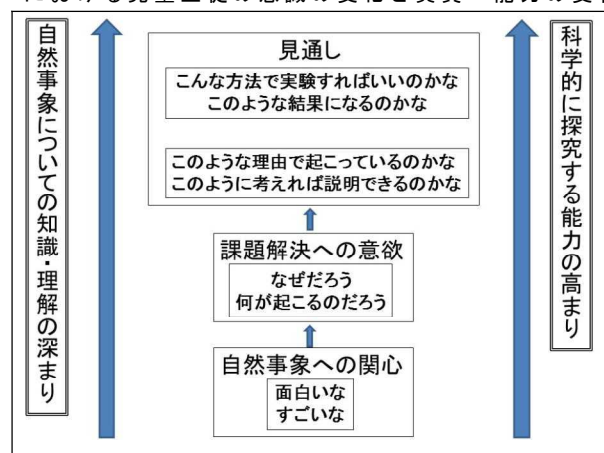
2 理科において解決に取り組みさせるべき課題は、どうあるべきか

理科の学習では、児童生徒のもっている自然についての既有的の見方や考え方を、観察、実験を中核とした課題解決の活動を通して、「科学的な見方や考え方（科学的な自然観）」に変えていくことが重要である。そのためには、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」といった科学の基本的な見方や概念に迫る「自然事象についての知識・理解」の深まりに加え、比較、関係付け、条件制御、推論、分析・解釈といった「科学的に探究する能力」を発揮させる必要がある。

例えば、問題を見だし、観察、実験を計画する場面においては、【資料4】のように児童生徒の意識を変化させることができる課題が考えられる。提示された自然事象から「面白いな」、「すごいな」などの自然事象への関心を抱かせ、その関心を「なぜだろう」、「何が起こるのだろう」などという課題解決の意欲に変え、さらに「このよう

な理由で起こっているのかな」、「このように考えれば説明できるのかな」、「このような結果になるのかな」、「こんな方法で実験すればいいのかな」など「科学的に探究する能力」を発揮させて見通しをもたせるまで児童生徒の意識を高められるような課題などである。

【資料4】問題を見だし観察、実験を計画する場面における児童生徒の意識の変化と資質・能力の変容



【資料5】考えられる課題設定の視点

A	実生活や実社会との結び付きを感じさせる課題
B	自然や科学の面白さを感じさせる課題
C	既有的の見方や考え方を生かして、解決への見通しをもたせる課題
D	多様な解決方法や考察が導出される課題

このように、児童生徒の「自然事象についての知識・理解」を深め、「科学的に探究する能力」を高めることができるような課題が、理科において解決に取り組ませるべき課題と言える。そして、課題の解決を通して、児童生徒は、科学的に探究する楽しさや自分自身の既存の見方や考え方が更新される意義や有用性を感じ、課題を解決するために必要な資質・能力を育むことができるのである。

以上のことを踏まえ、理科において取り組ませるべき課題を設定するための視点を【資料5】に示した。視点A・Bは「自然事象への関心・意欲・態度」及び「自然事象についての知識・理解」に、C・Dは「科学的に探究する能力」に重点を置いたものである。課題を設定するには、これらの視点を意識することが重要である。また、研究協力員が設定した課題を【資料5】の視点で整理したものが【資料6】である。

【資料6】視点を意識した課題の例

	設定した課題	視点	具体的な活動内容例
小学校	ゴムの伸ばし方によって、車の動き方はどのように変わるのだろうか。 (第3学年「風やゴムの動き」)	B	・ ゴムで車が動く様子を調べさせ、ゴムの動きについて関心をもたせる。
		C	・ ゴムを引っ張る長さを変えたときの車の動く様子や移動距離を比較させる。
中学校	正体不明の水溶液を見分けるにはどうすればよいのだろうか。 (第6学年「水溶液の性質と動き」)	C	・ いろいろな水溶液を用いて、その性質や動きなどの特徴を基に、未習の水溶液を見分ける方法を企画させる。
		D	・ 塩酸、石灰水、アンモニア水に加え、未習の水溶液であるミョウバン水を提示し、これらの中からミョウバン水を見分ける方法を考えさせる。
中学校	赤ワインやみりん、焼酎の中にエタノールが入っていることを確かめるためにはどうすればよいのだろうか。 (第1学年「物質の姿と状態変化」)	A	・ ごく身近にある、液体の混合物を用いることで、身の回りには「混合物」が数多く存在することを実感させる。
		C	・ 水とエタノールの状態変化の実験を行い、その実験結果から、赤ワイン中のエタノールを取り出すための実験方法を考察させ、実験企画を立てさせる。
中学校	「動物X」は、どんな動物だろうか。 (第2学年「動物の分類」)	B	・ 身の回りに生存する動物に注目し、体のつくりの特徴やその神秘性に気付かせ、生命尊重や自然に対する畏敬の念を想起させる。
		D	・ 身の回りの動物を分類するために必要な条件を整理し、自分の背中の中動物カードを見分けさせる。
高等学校	このDNAからつくられるタンパク質はどういうものだろうか。 (生物基礎「遺伝情報の発現」)	A	・ 遺伝情報の変化から生じるヘモグロビンの構造変化と、貧血症等へのかかりやすさから、実生活との結び付きを認識させる。
		D	・ DNAからつくられるタンパク質を構成するアミノ酸について、多様な解決方法や考察を導き出させる。
高等学校	モーターは、どのような仕組みで回転するのだろうか。 (物理基礎「モーターの仕組み」)	A	・ 機械を動かしているモーターの仕組みについて関心をもたせ、科学技術の利用の在り方について気付かせる。
		C	・ 回転し続けるものと回転が止まるものを比較させることで、モーターの仕組みについて考察させる。

3 理科において児童生徒が主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か

(1) 主体的・協働的に学ぶことの必要性

理科の学習において資質・能力を育むためには、観察、実験はもちろん、その前後の問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動や観察、実験の結果を整理し分析・解釈する学習活動の充実を図ることが大切である。そのためには、これらの学習活動においても主体的・協働的に学ぶ学習を行うことが効果的であると考えられる。例えば、予想や仮説を検証するための方法を考えたり、結果を分析・解釈し妥当性を検討したりする活動では、多様な見方や考え方を出し合い、

【資料7】主体的・協働的に学ぶための工夫の視点

過程	工夫の視点
自然事象への働き掛け	・ 自然体験や科学的な体験の充実を図り、諸感覚の発揮を通して気付きを促す。 ・ 既存の見方や考え方では説明できない自然事象に出合わせ、興味・関心をもたせる。
課題の設定	・ 問題となる背景を整理させ、問題の焦点化を図る。 ・ 出合わせる自然事象と実生活や学習経験とのつながりを把握させる。
予想・仮説の設定	・ 図や表、モデルを用いて表現するように促し、根拠を引き出すなどして自らの考えを明確にさせる。 ・ 予想や仮説の差異点や共通点に着目させ、観察、実験の目的を明確にさせる。
計画の立案	・ 予想や仮説を検証するための方法を考えさせ、結果とそこから得られる結論を明確にさせる。
観察、実験の実施	・ 観察・実験の目的を意識させながら、役割分担と協力により、結果を記録させる。
結果の整理、考察	・ 結果を整理し、傾向を読み取らせる。(実験データの処理、図、表、グラフの活用) ・ 分析・解釈したことを交流させ、妥当性を検討させる。
結論の導出、振り返り	・ 実験結果に基づいて、説明に必要な言葉を適切に用いながら課題に対する結論について表現させる。 ・ 解決できなかったことや新たな疑問について整理させる。 ・ 実験前に立てた自分の予想や仮説を振り返らせて、自分の考え方の高まりを認識させる。

それらを吟味しながら合理的に判断することで、課題に対し科学的に妥当な解を導き出すことができる。このとき児童生徒が課題に対し自分なりの考えをもつことが重要であり、自分の考えを構築する段階での深い思考が他者の考えを深く理解することにつながる。また、他者の考えと自分の考えを比較することで、「自分は何が分かっていなかったのか」、「自分の説明には、何が不足していたのか」といった自分の状況の「自覚化」を促す。このような考え方から、【資料7】に科学的に探究する学習の過程を通して主体的・協働的に学ぶための工夫の視点を整理した。

指導に当たっては、思考力・判断力・表現力等の高まりを見取るために評価規準に基づいて児童生徒の表現例を想定した「判断基準」を設定することで、主体的・協働的な学習の成果を評価しやすくなり、指導と評価の一体化を図ることができる。

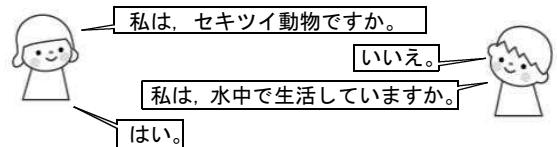
(2) 主体的・協働的に学ぶための工夫の例

ア 中学校理科第2学年「動物の分類」の学習

単元終末において、動物の写【資料8】中学校第2学年「動物の分類」の学習の実践例

真を印刷したカードを、本人に答えが分からないように背中に貼り、その動物が何かを互いに質問し合いながら見いだす学習活動を設定した【資料8】。

このような学習活動を設定したことにより、日頃、発言の少ない生徒も既習事項等を活用しながら積極的に発言し、解決に取り組んでいる姿が見られた。また、「振り返りシート」には、本時の授業反省を前向きな表現で記入している生徒も見られた。

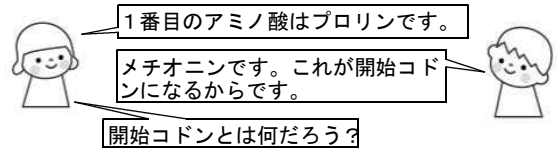
過程	具体的な工夫及び学習活動
課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> 50種類以上の動物カードを提示することで、生徒に身の回りに生ずる動物の種類の多さを改めて実感させ、課題解決への意欲を高めさせる。 本単元の既習事項等を活用して解決できる課題を設定する。「『動物X』は、どんな動物だろうか。」
予想・仮説の設定	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習活動についてICT機器を活用して確認する。その際、条件を与え、生徒の思考を深める工夫を行う。(条件の例) ア 友達一人に質問できるのは一つのみです。 イ 回答は「はい」、「いいえ」のみで答えます。など
計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> より少ない質問で正答を見いだすためにはどのような順番で質問すればよいか、グループで練り合わせる。
質問、回答	 <p>私、セキツイ動物ですか。 いいえ。 私は、水中で生活していますが。 はい。</p>
結果の整理 考察	<ul style="list-style-type: none"> 質問と回答の記録は、ワークシートにまとめさせる。
結論の導出、振り返り	<ul style="list-style-type: none"> 自分の動物カードは何であったかを、質問と回答を基に推論させ、ワークシートに自分の考えをまとめさせる。 正答を見いだすことができなかった生徒には、何を質問すればよかったかを振り返らせ、自分の思考過程を見直すように支援する。

イ 高等学校生物基礎「タンパク質の合成」の学習

この内容については従来、教師の説明と、その後の演習を通して生徒の理解を図っていた。今回は、生徒が主体的・協働的に学ぶ学習を通して理解を図れるように工夫した【資料9】。

課題には、自分なりの解法をもつことができるものの、正しい解法には至りにくいものを設定した。そのため、話合いが活性化し、発表の場面でも論理的に説明する姿が見られた。また、

【資料9】高等学校生物基礎「タンパク質の合成」の学習の実践例

過程	具体的な工夫及び学習活動
課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> DNA→RNA→タンパク質(アミノ酸)という遺伝情報の流れを図式化し、課題解決への手掛かりをもたせる。 生徒の多様な解法や考察が導き出せる課題を設定する。「このDNAからつくられるタンパク質はどのようなものだろうか。」
予想・仮説の設定	<ul style="list-style-type: none"> コドン表を用いて、自分なりの解法をもたせる。
計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> 正答を見いだすためにはどのように読み取ればよいか、グループで練り合わせる。
考察、発表	 <p>1番目のアミノ酸はプロリンです。 メチオニンです。これが開始コドンになるからです。 開始コドンとは何だろうか?</p>
再考察	<ul style="list-style-type: none"> 自分たちの解法と他の解法について意欲的に吟味し、生徒自ら考えを修正させる。
結論の導出、振り返り	<ul style="list-style-type: none"> アミノ酸の置換と貧血症等の病気との関連に気付かせ、実生活との結び付きを考えさせる。

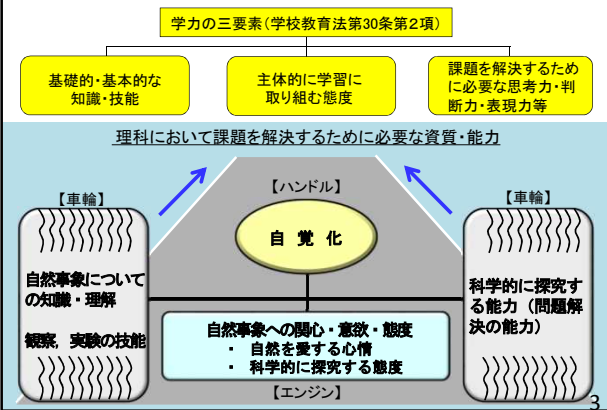
あるグループから多くの生徒が気付かなかった視点が示されたことで、課題意識を一層高め、再考察において自らの考えを修正し、正しい解法に至ることができた。

課題を解決するために必要な資質・能力を
 育成する授業に関する研究
 -主体的・協働的に学ぶ学習の工夫を通して-

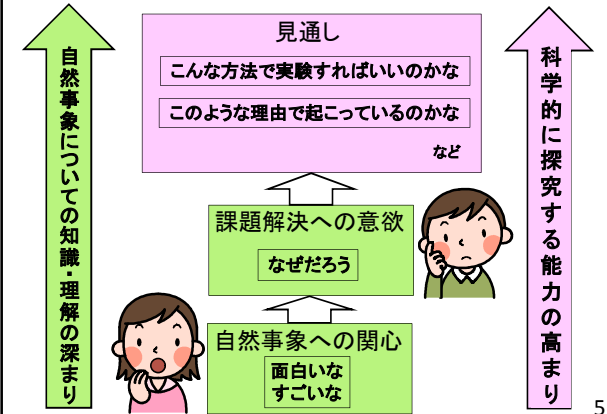
鹿児島県総合教育センター
 教科教育研修課 1

小・中・高等学校における理科の目標

	自然	観察、実験 などを行い	~を育てるとともに	自然の事物・ 現象について	(文末)
小学校	に親しみ	見通しを もって	問題解決の能力と 自然を愛する心情	実感を伴った 理解を図り、	科学的な見 方や考え方 を養う。
中学校	の事物・現象に 進んでかかわり、	目的意識を もって	科学的に探究する 能力の基礎と態度	理解を深め、	科学的な見 方や考え方 を養う。
高等学校	の事物・現象に 対する関心や探究 心を高め、	目的意識を もって	科学的に探究する 能力と態度	理解を深め、	科学的な自然 観を育成 する。



過程	具体的な児童生徒の姿の例	知識・理解、技能	科学的に探究する能力	関心・意欲・態度
自然事象への働き掛け	・ 自然事象に働き掛けたり、情報を収集したりすることができる。	○		
課題の設定	・ 既存の知識や経験と照らし合わせて課題を見いだすことができる。 ・ 課題を自分と関係していることと捉え、学習する意義を見いだすことができる。		○	
予想・仮説の設定	・ 課題に対して科学的な根拠を基に予想や仮説を立てることができる。		○	
計画の立案	・ 観察、実験の観点や対象を明確にすることができる。 ・ 観察、実験の検証方法を考えることができる。		○	○




A	実生活や実社会との結び付きを感じさせる課題	自然事象への関心・意欲・態度
B	自然や科学の面白さを感じさせる課題	自然事象についての知識・理解
C	既存の見方や考え方を生かして、解決への見通しをもたせる課題	科学的に探究する能力
D	多様な解決方法や考察が導出される課題	

2 授業において解決に取り組ませるべき課題は、どうあるべきか p.14	
課題の設定例	視点
小学校 ゴムの伸ばし方によって、車の動き方はどのように変わるのだろうか。 (第3学年「風やゴムの働き」)	B, C
正体不明の水溶液を見分けるには、どうすればよいのだろうか。 (第6学年「水溶液の性質と働き」)	C, D
中学校 赤ワインやみりん、焼酎の中にエタノールが入っていることを確かめるためには、どうすればよいのだろうか。 (第1学年「物質の姿と状態変化」)	A, C
「動物X」は、どんな動物だろうか。 (第2学年「動物の分類」)	B, D
高等学校 このDNAからつくられるタンパク質は、どういうものだろうか。 (生物基礎「遺伝子情報の発現」)	A, D
モーターは、どのような仕組みで回転するのだろうか。 (物理基礎「モーターの仕組み」)	A, C, 7

2 授業において解決に取り組ませるべき課題は、どうあるべきか p.14

このDNAからつくられるタンパク質は、どういうものだろうか。
(高等学校生物基礎「遺伝子情報の発現」)

A	実生活や実社会との結び付きを感じさせる課題
活動内容	タンパク質の構造変化と、貧血症等へのかかりやすさを認識する。




3 ランパフ質の合成
DNA → mRNA → ランパフ質

8

2 授業において解決に取り組ませるべき課題は、どうあるべきか p.14

ゴムの伸ばし方によって、車の動き方はどのように変わるのだろうか。
(小学校第3学年「風やゴムの働き」)

B	自然や科学の面白さを感じさせる課題
活動内容	ゴムで車が動く様子を調べ、ゴムの働きについて関心を高める。




9

2 授業において解決に取り組ませるべき課題は、どうあるべきか p.14

ゴムの伸ばし方によって、車の動き方はどのように変わるのだろうか。
(小学校第3学年「風やゴムの働き」)

C	既存の見方や考え方を生かして、解決への見通しをもたせる課題
活動内容	ゴムを引っ張る長さを変えたときの車の動く様子や移動距離を比較する。



10

2 授業において解決に取り組ませるべき課題は、どうあるべきか p.14

正体不明の水溶液を見分けるには、どうすればよいのだろうか。
(小学校第6学年「水溶液の性質と働き」)

D	多様な解決方法や考察が導出される課題
活動内容	塩酸、石灰水、アンモニア水、ミョウバン水の中から、未習の水溶液であるミョウバン水を見分ける方法を考える。

写真

11

3 主体的・協動的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.14

自然現象への働き掛け

課題の設定

予想・仮説の設定

計画の立案

観察、実験


結果の整理、考察

結論の導出、振り返り

問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動

観察、実験の結果を整理し考察する学習活動

写真



12

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.14

主体的・協働的に学ぶことの必要性

多様な見方や考え方を出し合い、
吟味しながら合理的に判断

課題に対する科学的に
妥当な解

他者の考えと自分の考えを比較

自分の状況を自覚化

〇〇な考え方や、
△△な考えは納得
できるな。

自分は、□□が分
かっていなかった。

13

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.14

主体的・協働的に学ぶための工夫の視点

自然事象への働き掛け	<ul style="list-style-type: none"> 自然体験や科学的な体験の充実を図り、諸感覚の発揮を通して気づきを促す。 既存の見方や考え方では説明できない自然事象に出合わせ、興味・関心をもたせる。
課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる背景を整理させ、問題の焦点化を図る。 出合わせる自然事象と実生活や学習経験とのつながりを把握させる。
予想・仮説の設定	<ul style="list-style-type: none"> 図や表、モデルを用いて表現するように促し、根拠を引き出すなどして自らの考えを明確にさせる。 予想や仮説の差異点や共通点に着目させ、観察、実験の目的を明確にさせる。
計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> 予想や仮説を検証するための方法を考えさせ、結果とそこから得られる結論を明確にさせる。

14

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

主体的・協働的に学ぶ学習の評価

評価規準に基づいた「判断基準」の設定

表現内容を質的に判断するための具体的な目安となる。

課題解決の過程における児童生徒の表現例を想定しておくことで、出された多様な見方や考え方を見取りやすくなる。

指導と評価の一体化

15


3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

工夫の具体例 中学校第2学年理科「動物の分類」

ねらい 学習した脊椎動物、無脊椎動物の特徴や性質を基に身の回りの動物を特定できる。	実態 実験や観察から得られた結果をまとめてきまりを見付けたり、説明したりすることに難しさを感じる。
--	--

「『動物X』は、どんな動物だろうか。」

脊椎動物・・・魚類、両生類、ハチュウ類、鳥類、ホニユウ類
無脊椎動物
節足動物・・・甲殻類、昆虫類
軟体動物・・・イカ、タコ、貝

活用 

16

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

意欲の喚起

50種類以上の動物カードの提示
→ 生物の多様性

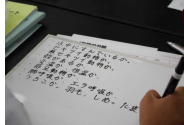
思考を促す工夫

グループでの練り合い
→ 友達一人に質問できるのは一つのみ
→ より少ない質問で正答を見いだすためにはどのような順番で質問すればよいか。

課題設定

習得
⇕
活用

まとめ
振り返り

写真 

17

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

習得 ⇕ 活用

私は、セキツイ動物ですか。
いいえ。
私は、水中で生活していますか。
はい。


→ 日頃、発言の少ない生徒も既習事項を活用しながら積極的に発言し、解決に取り組んでいる姿が見られた。

18

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

課題設定

ワークシートの活用
 → 自分の動物カードは何であったかを、質問と回答を基に推論させ、自分の考えをまとめさせた。



習得 ⇄ 活用

正答を見い出せなかった生徒には、何を質問すればよかったかを振り返らせ思考過程を見直すよう支援した。

まとめ振り返り

「振り返りシート」には、本時の授業反省を前向きな表現で記入している生徒も見られた。

19

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

工夫の具体例 高等学校 生物基礎 「タンパク質の合成」

ねらい
 生徒が自らの力で、課題の解法を導き出せるようにする。

実態
 教師が解法を説明後、演習を通して、学習内容を取得させていた。

「このDNAからつくられるタンパク質はどういうものだろうか」

コドン表

U (ウラシル)	C (シトシン)
UUU フェニルアラニン (Phe)	UUC ユーク
UUC ユーク	UUA ユーク
UUG ロイシン (Leu)	UUG ユーク
CUU セリン (Ser)	CCU プロリン
CUA セリン (Ser)	CCA プロリン
CUA セリン (Ser)	CCG プロリン
AUU イソロイシン (Ile)	AUC イソロイシン (Ile)
...	...

グループで解法を導く

課題に対する生徒の表現例の想定

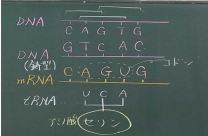
- CGAから読むと1番目のアミノ酸は**プロリン**
- AUGから読むと1番目のアミノ酸は**メチオニン**
- 異なるRNAに着目すると**グリシン**

20

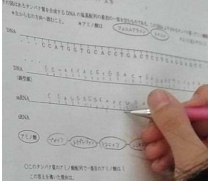
3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

課題設定

既習内容の確認
 遺伝情報の流れを図式化
 → 課題解決への手掛かり



思考を促す工夫
 課題の設定
 → 自分なりの解法をもてるものの、正しい解法には至りにくいもの



習得 ⇄ 活用

まとめ振り返り

21

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

課題設定

発表
 → グループでの話し合いが活性化
 → 発表の場面でも、論理的に説明
 → 多くの生徒が気付かなかった新しい視点

再考察
 → 再考察では、自らの考えを修正し正答へ

写真

習得 ⇄ 活用

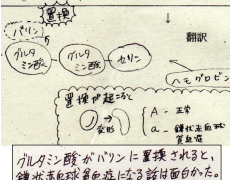
まとめ振り返り

22

3 主体的・協働的に学ぶためには、どのような工夫が効果的か p.15

課題設定

教師による説明
 → アミノ酸の置換と貧血症等の病気との関連に気付かせ、**実生活との結び付き**を考えさせる。



習得 ⇄ 活用

他者の意見に関して、自分の意見で考え直すことができた。

先生がすべてを説明しないことで、自分たちが気づくことの大切さを感じた。

まとめ振り返り

23

まとめ

○ 課題を解決するために必要な資質・能力とは

- 自然事象への関心・意欲・態度
- 科学的に探究する能力
- 観察、実験の技能
- 自然事象についての知識・理解

これらをどのような場面で重点的に育成するかが重要

○ 解決に取り組ませるべき課題とは

- 児童生徒の「自然事象についての知識・理解」を深め、「科学的に探究する能力」を高められるような課題
- 科学的に探究する楽しさ
- 既存の見方や考え方の更新

○ 主体的・協働的に学ぶには

- 他者の考えと自分の考えを比較
- 自分の学習状況を自覚化

自分の深い思考が、他者の考えを深く理解

24

課題を解決するために必要な資質・能力を育成する授業に関する研究
 — 第6学年「水溶液の性質と働き」の実践を通して —

鹿児島市立伊敷台小学校
 教諭 鎌田 正樹

1 単元の概要

- (1) 単元名「水溶液の性質と働き」
 (2) 単元について

児童は、これまでに物が一定量の水に溶ける量には限度があることや物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと、また、この性質を利用して溶けている物を取り出すことができること、物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないことを捉えてきている。

そこで、本単元では、いろいろな水溶液の性質や金属を変化させる様子について興味・関心をもって追究する活動を通して、水溶液の性質について推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、水溶液の性質や働きについての見方や考え方をもちることができるようにすることがねらいである。

本単元の展開に当たっては、いろいろな水溶液を蒸発させたときの様子やリトマス紙に付けたときの色の变化、金属を入れたときの様子等を基に、それぞれの水溶液の性質や働きを推論しながら調べることを大切にしたい。また、水溶液の性質や金属の質的变化について十分に説明するために、推論したことを図や絵、文を用いて表現することを大切にしたい。

なお、ここでの学習は、物質の性質及び物質の状態変化の様子について調べることを通して、物質の性質や溶解、状態変化の様子について理解し、物質をその性質に基づいて分類したり分離したりする能力を育てる学習へと発展していく。

表1 粒子の結合・粒子の保存性に関する内容の系統

小3年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年
物と重さ ○ 形と重さ ○ 体積と重さ	物の溶け方 ○ 物が水に溶ける量の限度 ○ 物が水に溶ける量の変化 ○ 重さの保存	燃焼の仕組み ○ 燃焼の仕組み 水溶液の性質 ○ 酸性, アルカリ性, 中性 ○ 気体が溶けている水溶液 ○ 金属を変化させる水溶液	水溶液 ○ 物質の溶解 ○ 溶解度と再結晶 状態変化 ○ 状態変化と熱 ○ 物質の融点と沸点	物質の成り立ち ○ 物質の分解 ○ 原子・分子 化学変化 ○ 化合 ○ 酸化と還元 ○ 化学変化と熱 化学変化と物質の質量 ○ 化学変化と質量の保存 ○ 質量変化の規則性	水溶液とイオン ○ 水溶液の電気伝導性 ○ 原子の成り立ちとイオン ○ 化学変化と電池 酸・アルカリとイオン ○ 酸・アルカリ ○ 中和と塩

- (3) 児童の実態(調査人数31人, 質問紙法, 描画法, 重複回答, 主な項目のみ掲載)

ア 「食塩が水に溶ける」とは、どういうことですか。言葉とモデル図を使って説明しましょう。

言葉による説明の内容	回答率(%)	モデル図による説明の内容	回答率(%)
均一性と透明性の両方にふれている【正答】	14	溶けた食塩が均一に広がっている様子を描いている【正答】	79
均一性のみにもふれている	24	溶けた食塩が底に集まっている様子を描いている	5
透明性のみにもふれている	24		
均一性にも透明性にもふれていない	22		
無回答	16	無回答	16

イ 食塩の中に砂が混ざってしまいました。この砂が混ざっている食塩から、食塩のみを取り出すにはどうすればいいですか。また、そのときにどんな実験器具を使えばいいですか。

食塩を取り出す方法	回答率 (%)	必要な実験器具	回答率 (%)
正答 (溶解, ろ過, 蒸発を挙げている)	19	必要な実験器具をほぼ挙げている	15
一部正答	67	必要な実験器具の一部を挙げている	59
不正答 (いずれも無回答)	14	必要な実験器具を挙げていない	10
		無回答	16

ウ 五つの液体 (酢, 海水, 石けん水, 炭酸水, 食塩水) と水をそれぞれ比べると何が違いますか。違うと思うことを全て答えましょう。(複数回答, 数字は回答率)

観点	酢	海水	石けん水	炭酸水	食塩水
味	59	65	16	16	51
溶質	0	22	19	19	46
様子	3	3	38	70	0
におい	8	5	8	3	0
手触り	0	0	8	0	0
色	57	3	24	3	8

【考察】

設問アでは、水溶液中の溶質の均一性と水溶液の透明性に触れて回答することが求められるが、言葉による説明でその両方を挙げた児童はわずかであった。ただし、モデル図による説明では多くの児童が均一性を意識して表現していることがうかがえることから、均一性についてはよく理解していると捉えられる。また、日頃の学習を通して、モデル図で自分の考えを表現することに慣れてきているので、今後は、図示したことを文章で説明することを重視し、理解を深める必要がある。

設問イでは、食塩のみを取り出す方法として、三つの既習事項「食塩は水に溶けること」、「砂はろ過によって取り除けること」、「食塩は、蒸発乾固によって取り出せること」を活用することが求められるが、十分にできた児童は少なかった。このことから、既習事項を別の場面で適用することはまだ難しいと考えられるため、単元末等において取り組ませていく必要がある。また、実験に必要な実験器具を挙げることができない児童が多いことから、器具名や用途についても繰り返し習得を促す必要がある。

設問ウの結果から、多くの児童がこれまでの学習や生活経験を生かして、液体の性質を味や様子に着目して捉えていることが分かる。また、食塩水と海水については溶質に着目していることから、液体の特徴を溶質がもつ性質と関係付けて捉えようとする見方や考え方が育ちつつあると考えられる。水溶液の性質を多面的に捉えようとする見方や考え方も育ちつつあると考えられるので、これらの更なる育成を図りたい。

2 単元の評価規準

自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
① いろいろな水溶液の液性や溶けている物及び金属を変化させる様子に興味・関心をもち、自ら水溶液の性質や働きを調べようとしている。 ② 水溶液の性質や働きを適用し、身の回りにある水溶液を見直そうとしている。	① 水溶液の性質や働きについて予想や仮説をもち、推論しながら追究し、表現している。 ② 水溶液の性質や働きについて、自ら行った実験の結果と予想や仮説を照らし合わせて推論し、自分の考えを表現している。	① 水溶液の性質を調べる工夫をし、リトマス紙や加熱器具などを適切に使って、安全に実験をしている。 ② 水溶液の性質を調べ、その過程や結果を記録している。	① 水溶液には、気体が溶けているものがあることを理解している。 ② 水溶液には、酸性、中性、アルカリ性のものがあることを理解している。 ③ 水溶液には、金属を変化させるものがあることを理解している。

3 指導計画（全11時間）

次	主な学習活動・児童の思考の流れ	指導上の留意点，評価計画（※）																														
<p>第1次 水溶液に 溶けている 物 (3時間)</p>	<p>5種類の水溶液には、どのような違いがあるのだろうか。</p> <table border="1" data-bbox="328 300 963 501"> <thead> <tr> <th></th> <th>食塩水</th> <th>石灰水</th> <th>アンモニア水</th> <th>塩酸</th> <th>炭酸水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>泡</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>におい</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>蒸発 におい</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>残る物</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table> <p>固体が溶けている水溶液だ。泡やにおいはあるけど、何も残らなかったよ。</p> <p>アンモニア水、塩酸、炭酸水を蒸発させて何も残らなかったのは、なぜだろうか。</p> <p>炭酸水 $\xleftarrow{\text{取り出せた}}$ 二酸化炭素 $\xrightarrow{\text{溶けた}}$</p> <p>アンモニア水、塩酸、炭酸水を蒸発させて何も残らなかったのは、気体が溶けているからだ。</p> <p>5種類の水溶液には、固体が溶けている物と気体が溶けている物があるという違いがある。</p>		食塩水	石灰水	アンモニア水	塩酸	炭酸水	泡	×	×	×	×	○	におい	×	×	○	○	×	蒸発 におい	×	×	○	○	×	残る物	○	○	×	×	×	<p>○ それぞれの水溶液の溶質に着目させるために、においなどが違う理由について話し合わせる。その際、溶質を取り出す方法を想起させる。</p> <p>※ 関心・意欲・態度①（発言，記述分析）</p> <p>※ 技能①（行動観察・記録分析）</p> <p>○ 塩酸等には気体が溶けていることを推論させるために、気泡やにおいは観察できるが蒸発させても何も残らなかった理由について話し合わせる。</p> <p>○ 炭酸水には二酸化炭素が溶けていることを多面的に捉えさせるために、炭酸水から集めた気体は二酸化炭素であることと、二酸化炭素は水に溶けることを実験方法や結果の見通しをもたせながら調べさせる。</p> <p>※ 思考・表現①（記述分析）</p> <p>※ 知識・理解①（記述分析）</p>
	食塩水	石灰水	アンモニア水	塩酸	炭酸水																											
泡	×	×	×	×	○																											
におい	×	×	○	○	×																											
蒸発 におい	×	×	○	○	×																											
残る物	○	○	×	×	×																											
<p>第2次 水溶液の 仲間分け (2時間)</p>	<p>5種類の水溶液は、リトマス紙を使うとどのように仲間分けできるのだろうか。</p> <p>水では、色が変わらないね。</p> <table border="1" data-bbox="328 1034 948 1151"> <thead> <tr> <th>リトマス紙の色の変化</th> <th>青→赤</th> <th>変化なし</th> <th>赤→青</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水溶液</td> <td>塩酸，炭酸水</td> <td>食塩水</td> <td>石灰水，アンモニア水</td> </tr> <tr> <td>水溶液の性質</td> <td>酸性</td> <td>中性</td> <td>アルカリ性</td> </tr> </tbody> </table> <p>5種類の水溶液は、リトマス紙を使うと、酸性，中性，アルカリ性の水溶液に仲間分けできる。</p> <p>身の回りには、どの性質の水溶液が多いかな。調べてみよう。</p>	リトマス紙の色の変化	青→赤	変化なし	赤→青	水溶液	塩酸，炭酸水	食塩水	石灰水，アンモニア水	水溶液の性質	酸性	中性	アルカリ性	<p>○ リトマス紙の色の変化から三つに分類できることに気付かせるために、正しく調べ、結果を表に記録させる。</p> <p>※ 技能①（行動観察・記録分析）</p> <p>※ 知識・理解②（記述分析）</p> <p>○ 身の回りにある水溶液への興味・関心を高めるために、どの性質の水溶液が多いか予想させた上で調べさせる。</p> <p>※ 関心・意欲・態度②（発言，記述分析）</p>																		
リトマス紙の色の変化	青→赤	変化なし	赤→青																													
水溶液	塩酸，炭酸水	食塩水	石灰水，アンモニア水																													
水溶液の性質	酸性	中性	アルカリ性																													
<p>第3次 水溶液の 働き (4時間)</p>	<p>水溶液には、金属を変化させる働きがあるのだろうか。</p> <p>炭酸水 \longleftrightarrow 塩酸</p> <p>アルミニウムや鉄を溶かさなかった。アルミニウムや鉄を溶かした。</p> <p>塩酸に金属が溶けた液を蒸発させると、溶けた金属を取り出すことができるのだろうか。</p> <p>取り出せたが、元の金属とは見た目の違う固体だ。</p> <p>金属が溶けた液から出てきた固体は、元の金属と同じ物なのだろうか。</p> <p>固体は、元の金属とは違う物だと判断できる。</p> <p>水溶液には、金属を別の物に変化させる働きがあるものがある。</p> <p>金属の製品には、酸性やアルカリ性の洗剤などを使ってはいけないという注意が表示されている物があるのは、なぜだろうか。</p>	<p>○ 水溶液の金属を変化させる働きについて興味・関心を高めるために、銅像の写真の提示し、その表面が変化している原因を話し合う。</p> <p>○ 溶けた金属を再び取り出せるか問題意識を高めるために、固体が溶けた水溶液からは溶質が取り出せたことを想起させる。</p> <p>○ 取り出した固体の性質を既習事項を活用して調べさせるために、塩酸に溶ける前の金属の性質を確認させる。</p> <p>※ 技能②（行動観察・記録分析）</p> <p>※ 思考・表現②（記述分析）</p> <p>※ 知識・理解③（記述分析）</p>																														
<p>第4次 単元のま とめ (2時間) 本時</p>	<p>正体不明の水溶液を見分けるには、どうすればよいのだろうか。</p> <p>塩酸，石灰水，アンモニア水，ミョウバン水の中から学習していないミョウバン水を見分けるには、学習したことが使えそうだ。</p> <p>正体不明の水溶液を見分けるには、溶けている物やリトマス紙の変化，金属の変化などを調べるとよい。</p>	<p>○ 筋道立てて論理的に考えることができるように、実験方法と結果の予想を考えさせたり、複数の実験をどの順番で行うかを考えさせたりする。</p> <p>※ 思考・表現②（記述分析）</p> <p>※ 関心・意欲・態度②（発言，記述分析）</p>																														

4 検証授業の実際

(1) 本時の目標(10・11/11)

複数の水溶液から未習の水溶液であるミョウバン水がどれかを推論する活動を通して、既習事項を適切に活用して水溶液の性質を調べたり、水溶液を判断したりすることができる。

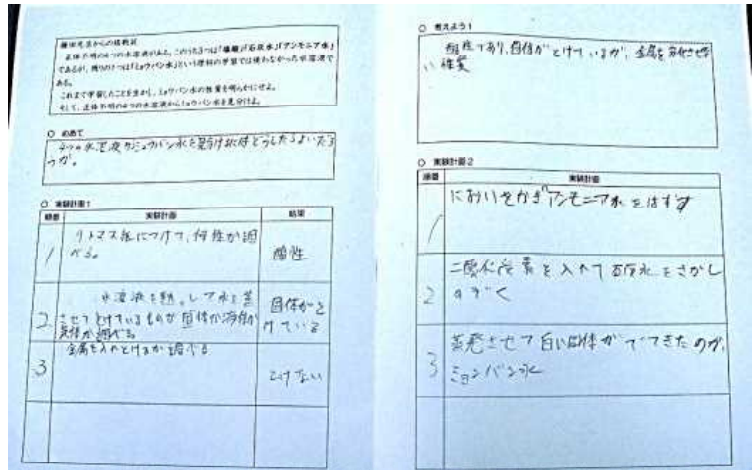
(2) 本時の課題と「判断基準」

授業で取り組ませる課題		
<p>〔きっかけ〕 無色透明の4種類の水溶液(塩酸, 石灰水, アンモニア水, ミョウバン水)の中から未習の水溶液であるミョウバン水を見分けるには, どうすればよいか考えさせる。</p> <p>〔課題〕 正体不明の水溶液を見分けるには, どうすればよいのだろうか。</p>		
課題を主体的・協働的に解決するための学習活動		
<p>1 ミョウバン水の性質を調べる計画を立て, 実験を行う。</p> <p>2 ミョウバン水を見分ける計画を立て, 実験を行う。</p> <p>3 実験結果を基に推論したことをグループごとに発表し, 考えを比較・検討する。</p>		
〔活動形態〕 4人グループ 〔教具〕 実験ボード, ホワイトボードを用いた計画立案や考察		
評価規準(科学的な思考・表現)		
未習の水溶液の性質や働きについて既習事項を活用して調べることができる。また, 明らかにした性質を用いて複数の水溶液の中からミョウバン水がどれかを推論し, 筋道立てて説明することができる。		
評価の場面及び評価の対象(思考・判断に基づく表現内容)		
実験の計画を立てる場面で, 既習事項を活用して実験の計画を立てることができたかどうかを児童の発言や実験計画の記述などを基に評価する。		
判断の要素		
ア 既習事項を活用した実験計画の立案		
イ 得られた実験結果と既習事項を照らし合わせた推論		
尺度	判断基準	予想される表現例
B	ア 「においなどの様子を観察する」, 「蒸発させて, 溶質を取り出す」, 「リトマス紙の色の変化から酸性, 中性, アルカリ性を判断する」, 「金属を変化させる働きがあるか調べる」といった観点を既習事項を活用して導き出し, ミョウバン水の性質を調べる実験計画を立てることができる。	「溶けている物を調べるために, 蒸発させるとよい。また, リトマス紙を使って, 酸性, 中性, アルカリ性のどれかを調べるとよい。さらに, 水溶液の中に金属を入れて, その変化を調べるとよい。」
	イ ミョウバン水には固体が溶けており, 酸性であること, また金属を溶かす働きはない」などの実験結果を基にミョウバン水を見分ける実験計画を立て, 実験結果からミョウバン水を見分けることができる。	「ミョウバン水は酸性の水溶液で, 固体が溶けているので, リトマス紙を使ったり, 水溶液を蒸発させたりすると見分けることができる。」
A	〔判断基準Bに加えて〕 できるだけ少ない実験でミョウバン水を見分けることができるような実験計画を立てることができる。(まず, リトマス紙の色の変化で酸性の塩酸とミョウバン水, アルカリ性の石灰水とアンモニア水に分ける。次に, 酸性の二つの水溶液を蒸発させれば塩酸とミョウバン水を見分けることができる, など。)	
C状況の児童への補充指導		B状況の児童への深化指導
既習事項が不明確な児童については, これまでの実験と結果を整理した実験ボードを活用することで, 既習事項を振り返ることができるようにする。		他の児童が書いた実験計画を見ながら, できるだけ正確に早く見分けるためにはどの順番で実験を行えばよいか考えさせる。

(3) 児童が主体的・協働的に学ぶための工夫

ア ワークシートの活用

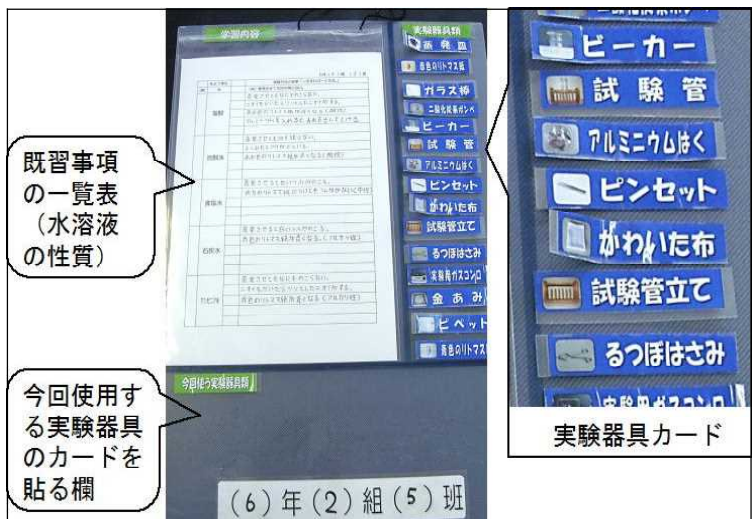
児童一人一人が自分の考えを明らかにしてグループでの話し合いに臨めるようにワークシートを作成した。その際、実験計画や考察を記入する欄は広く設けた。また、実験の順序を考えさせることで、グループでの協働的な活動が計画的に進められるようにした。さらに、実験結果を表に整理させることで、実験後は根拠を明確にして考察できるようにした【写真1】。



【写真1】ワークシート（一部）

イ 「実験ボード」の活用

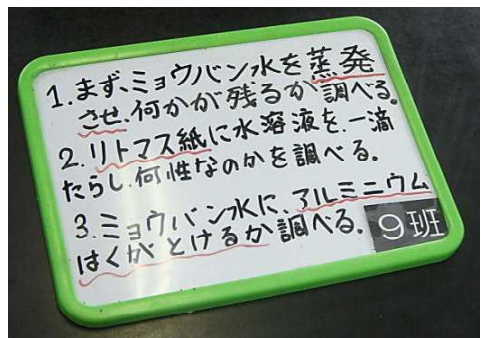
新たな学習問題の解決方法を既習事項を活用して考えることができるように、「実験ボード」を各グループに用意した。これは、本単元で明らかにした水溶液の性質をまとめた一覧表や、実験器具の写真と器具名を掲載した「実験器具カード」をプラスチックボードに貼ったものである。ボードの下の方には、その時間で使用する実験器具のカードを貼る欄を設けることで、実験方法を明確にすることができるようにした【図1】。



【図1】実験ボード

ウ ホワイトボードの活用

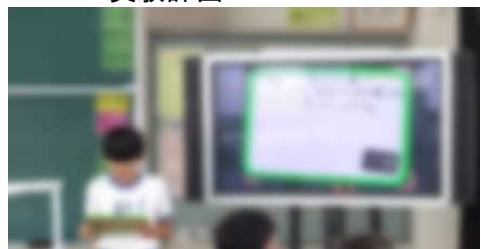
グループでの話し合いの際には、一人一人から出された考えを整理、集約させるために、ホワイトボードを活用させた。ホワイトボードは、予想の設定や実験計画の立案、考察、説明活動など様々な場面で活用することで、児童が互いの考えを共有したり、修正したりすることができるようにした。また、記入に当たっては、実験の順序や推論したことの根拠が明確になるように留意させた【写真2】。



【写真2】ホワイトボードに整理された実験計画

エ ICTの活用

ホワイトボードに書いたグループの考えは、書画カメラを用いて大型テレビに投影するようにした。大型テレビに考えが映し出されることで、自分のグループの考えと比較しながら聞いたり、必要に応じてグループの考えを修正したりすることができるようにした【写真3】。



【写真3】ICTを活用して説明する児童

(4) 指導の実際 ※「つかむ」「見通す」過程を第10時に、それ以降を第11時に25分間実施した。

過程	主な学習活動	時間	指導上の留意点
つかむ	<p>1 学習問題を確認する。</p> <p>鎌田先生からの挑戦状 正体不明の四つの水溶液がある。このうち三つは「塩酸」、「石灰水」、「アンモニア水」であるが残りの一つは「ミョウバン水」という理科の学習では使わなかった水溶液である。 これまでに学習したことを生かし、ミョウバン水の性質を明らかにせよ。そして、正体不明の四つの水溶液からミョウバン水を見分けよ。</p> <p>正体不明の水溶液を見分けるには、どうしたらよいだろうか。</p>	5(分)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 既習の水溶液である塩酸、石灰水、アンモニア水の3種類と未習の水溶液であるミョウバン水をあらかじめスポイト瓶に入れておき、A～Dのラベルを付けておく。 ○ ICTを用いて短時間で説明し、活動内容や時間を確実に把握させる。 
	<p>2 ミョウバン水の性質を調べるための実験計画を立てる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ においや様子を調べよう。 ・ 溶けている物を調べるために蒸発させてみよう。 ・ 酸性、中性、アルカリ性を調べるために、リトマス紙の色の変化を調べよう。 ・ 金属を溶かすか調べるために、アルミニウム箔を入れたときの変化を調べよう。 	15	<ul style="list-style-type: none"> ○ これまでの学習を想起できるように、「実験ボード」を見ながら検討してもよいことを知らせる。 また、必要な実験器具も確認するように助言する。 
見通す	<p>3 実験計画にしたがって、ミョウバン水の性質を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸発させると白い固体が出てきたよ。 ・ 青色のリトマス紙が赤色に変化したので酸性だ。 ・ アルミニウム箔を入れても変化はないな。 	15	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験の目的と方法を明確にさせるために「まず、～を調べるために～を行う。次に、～を行う。」という思考モデルを提示する。 ○ 実験をスムーズに進められるように、まず必要な実験器具等を準備してから始めるように助言する。 ○ 4種類の水溶液からミョウバン水を見分ける際、実験方法を考えやすいように、実験結果を表に整理しながら記録するように助言する。
	<p>4 4種類の水溶液からミョウバン水を見分けるための実験計画を立てる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ まず、リトマス紙で酸性の塩酸とミョウバン水を見付ける。次に、その二つを蒸発させ、白い固体が残った方がミョウバン水だ。 	10	<ul style="list-style-type: none"> ○ 各自が考えた後に、グループごとにホワイトボードを用いて考えを整理、集約させる。その際、結論を確実に導き出せるように、実験方法は簡単で結果が分かりやすいものを選ぶことを助言する。
調べる	<p>5 実験計画にしたがって、ミョウバン水を見分ける実験を行い、グループで結論を出す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ つんとしたにおいがしたからアンモニア水だ。 ・ 二酸化炭素を通すと白く濁ったから石灰水だ。 ・ アルミニウム箔を入れると泡を出して溶けたから塩酸だ。 ・ 二つの酸性の水溶液を蒸発させると、一方から固体が出てきたからこちらがミョウバン水だ。 	10	<ul style="list-style-type: none"> ○ どの児童も主体的に実験や考察をさせるために、実験を一人に任せるのではなくグループ全員で方法や結果を確認しながら進めるようにさせる。 ○ 多面的に考えることよき気付けさせるために、自分たちの推論を他のグループに納得してもらうためにはどのような結果を示すとよいか考えさせる。
まとめる・振り返る	<p>6 グループの結論を発表し合い、検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ まず、～をして、～となったので、～は～といえる。次に、～。 <p>7 本時の学習を振り返る。</p> <p>正体不明の水溶液を見分けるには、蒸発させたり、リトマス紙や金属の変化を調べたりしてそれぞれの性質を明らかにするとよい。</p>	15	<ul style="list-style-type: none"> ○ 論理的に説明させるとともに、聞く視点を共有させるために、実験順序や判断の根拠を明確にして説明させる。また、ICT等を用いると分かりやすいことも振り返らせる。 

(5) 各学習過程における児童の具体的な姿

ア 「つかむ」, 「見通す」過程

これまでに、5種類の水溶液（塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水）について、性質と働きを学習してきた。ここでは、この5種類の水溶液から3種類（塩酸、石灰水、アンモニア水）を選び、そこに、未習の水溶液であるミョウバン水を加えた4種類からミョウバン水を見分ける学習を行うことを伝えた。児童には、まず、ミョウバン水の性質を明らかにした上で、ミョウバン水を見付け出すための実験計画を立てさせた。

(ア) ミョウバン水の性質を調べる場面

児童は、①様子を見る、②においを調べる、③蒸発させて溶質を調べる、④石灰水に通して色の変化を見る、⑤リトマス紙の色の変化から、酸性、中性、アルカリ性に分類する、⑥金属を入れて変化を見る、といった既習の方法を手掛かりに実験計画を立てることができた。その際、より短時間で正確な結果を得られるように助言することにより、実験を効率的に行えるような順番を考えたり、結果が明確な実験を選択したりすることができた。その結果、「固体が溶けている」、「酸性である」、「金属を変化させる働きはない」といった性質を見いだすことができた【図2】。

実験計画	
2	まず蒸発させて、何かとけているのかを調べる。
1	次に、リトマス紙につけて、何性が調べる。
3	最後に、金属を入れて、とけるか調べる。

↓

ミョウバン水は、酸性で固体がとけていて、金属を変化させない性質。」

【図2】実験計画と結論の例

(イ) ミョウバン水を見分ける実験計画を立てる場面

児童は、ミョウバン水の性質を調べる実験を計画した時と同様に、短時間で正確な結果を得られる計画を立てるように助言すると、「リトマス紙は青色のみを使用すればよい」、「酸性であることが分かった二つの水溶液のみを蒸発させればよい」などと、使用する実験器具類を減らしたり、調べる水溶液の数を減らしたりして、より効率的な実験計画を立てる姿が見られた【図3】。

実験計画	
1	リトマス紙をつかう 青色を使って、塩酸とミョウバン水を見分ける。
2	蒸発させる。 固体が出てくる。

【図3】ミョウバン水を見分ける実験計画の例

イ 「調べる」過程

各グループの実験計画に基づき、4種類の水溶液の中からミョウバン水を見分ける活動に取り組ませた。特に、「実験ボード」を活用させたことにより、「今回使う実験器具類」の欄を用いて準備する器具等を確認したり、水溶液の性質に関する既習事項を確認したりする主体的な姿が見られた。特に、リトマス紙の色の変化と液性の関係等が定着していない児童にとっては、「実験ボード」で確認しながら実験に取り組みせることは、基礎的な知識の習得を促す上で有効であった。

また、アンモニア水と塩酸をにおいて見分けようとしたものの、水溶液を薄めているためにはっきりと区別できず判断に迷っている児童も見られた。そのような児童には、「実験ボード」でこれまでの実験を確認させることで、「金属を入れて変化を見るとよい」など

順番	実験	結果			
		水溶液A	水溶液B	水溶液C	水溶液D
1	においをかく。	なし	つんとしたにおいがした	なし	なし
2	二酸化炭素を入れる。	変化なし	/	白くにごる	変化なし
3	金属を入れる。	変化なし	/	/	あわをだしながらとけた

【図4】実験方法と結果の一覧の例

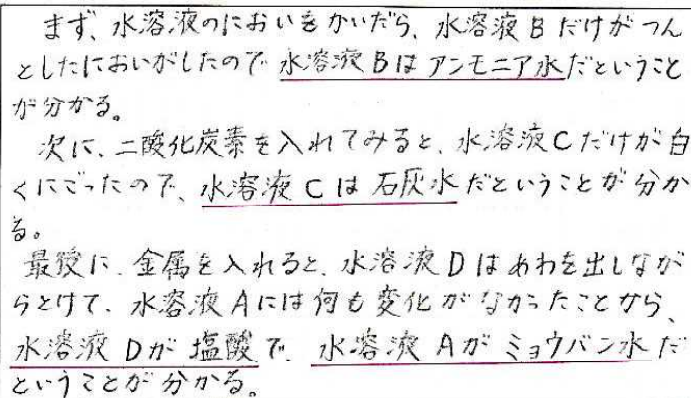
どと気づき、他の方法を用いて多面的に判断する姿が見られた【図4】。

ウ 「まとめる」、 「振り返る」 過程

グループでの実験及び話し合いを基に、各自で考えをまとめた後に発表させるようにした。どのグループも計画どおりに実験を行い結論付けることができていたが、それを記述するとなると、文章化できなかつたり、文章が長くなりすぎて分かりにくくなってしまったりする児童が見られた。そこで、根拠を明確にしながら筋道立てて考えを書き表せるように、話型を例示したところ、参考にしてまとめる姿が見られた。

発表し合う際には、グループごとに実験結果から同定した水溶液の名前を大型テレビに映し出して説明させることで、聞いている児童が自分たちのグループとの共通点や差異点を考えながら聞くことができるようにした。

発表では、既習の水溶液を先に見分けることで残った水溶液をミョウバン水と判断したグループ【図5】や、ミョウバン水を見分けた後にそれ以外の水溶液についても一つずつ性質を確認することで推論の妥当性を高めたグループも見られた。



まず、水溶液のにおいをかいたら、水溶液Bだけがつんとしたにおいがしたので、水溶液Bはアンモニア水だということが分かる。
次に、二酸化炭素を入れてみると、水溶液Cだけが白くにごったので、水溶液Cは石灰水だということが分かる。
最後に、金属を入れると、水溶液Dはあわを出しながらとけて、水溶液Aには何も変化がなかったことから、水溶液Dが塩酸で、水溶液Aがミョウバン水だということが分かる。

【図5】児童のまとめの例

5 研究の成果と課題

(1) 成果

- 4種類の水溶液の中から、これまでの学習で扱わなかったミョウバン水を見分ける活動を取り入れたところ、既習事項を主体的に振り返りながらミョウバン水の性質を調べる実験計画を立てることができていた。
- ミョウバン水を見分ける実験の計画はほとんどの児童が立てることができていた。そこで、深化指導として、できるだけ少ない実験でミョウバン水を見付けるように伝えたとこ、使用する実験器具類を減らしたり、実験の順番を入れ替えることで使用する水溶液の数を減らしたりして計画を立てることができていた。
- グループで実験をして得られた結果から、ミョウバン水を見分ける際、実験の結果を表にまとめたり、共通する話型を使用して筋道立てて説明したりさせることで、根拠を明確にして説明することができるようになってきた。

(2) 課題

- 自分の考えをもつことができない児童に対して行った教師の助言が、同じグループの他の児童の考えにも影響を与え、児童の多様な考えを引き出す妨げとなることがあった。このような場合には、ノートや掲示物を参考にして自ら振り返るように促し、考えをもつことができるようにしていく必要がある。
- 実験を複数同時に行う際、決まった児童だけが実験を行い、実験を見ているだけになってしまう児童が見られた。児童一人一人が主体的・協働的に活動していくためにも、実験計画の段階で実験の役割分担まで行わせ、全ての児童が実験を行うことができるようにするとともに、自分が担当する実験に責任をもって取り組ませるようにする必要がある。

課題を解決するために必要な資質・能力を育成する授業に関する研究
 — 第1学年「物質の姿と状態変化」の実践を通して —

いちき串木野市立串木野中学校
 教諭 山口 幸作

1 単元の概要

- (1) 単元名 「物質の姿と状態変化」 [大単元 身の回りの物質]
 (2) 単元について

日常生活の中で、私たちは、多くの状態変化を見たり利用したりしている。しかし、物質が状態変化する温度は決まっていることや物質の状態変化と質量や体積の変化を関連付けて考えることはほとんどない。本単元では、物質の状態変化の様子についての観察、実験を行い、結果を分析して解釈し、状態変化について理解させるとともに、実験器具の操作や、実験結果の記録の仕方やレポートの書き方などの技能を習得させること及び物質をその性質に基づいて分類したり分離したりする能力を育てることが主なねらいである。また、物質の状態変化を粒子モデルと関連付けて理解させることで「原子・分子」や「イオン」の基礎となる微視的な見方や考え方を養うことができる単元である。

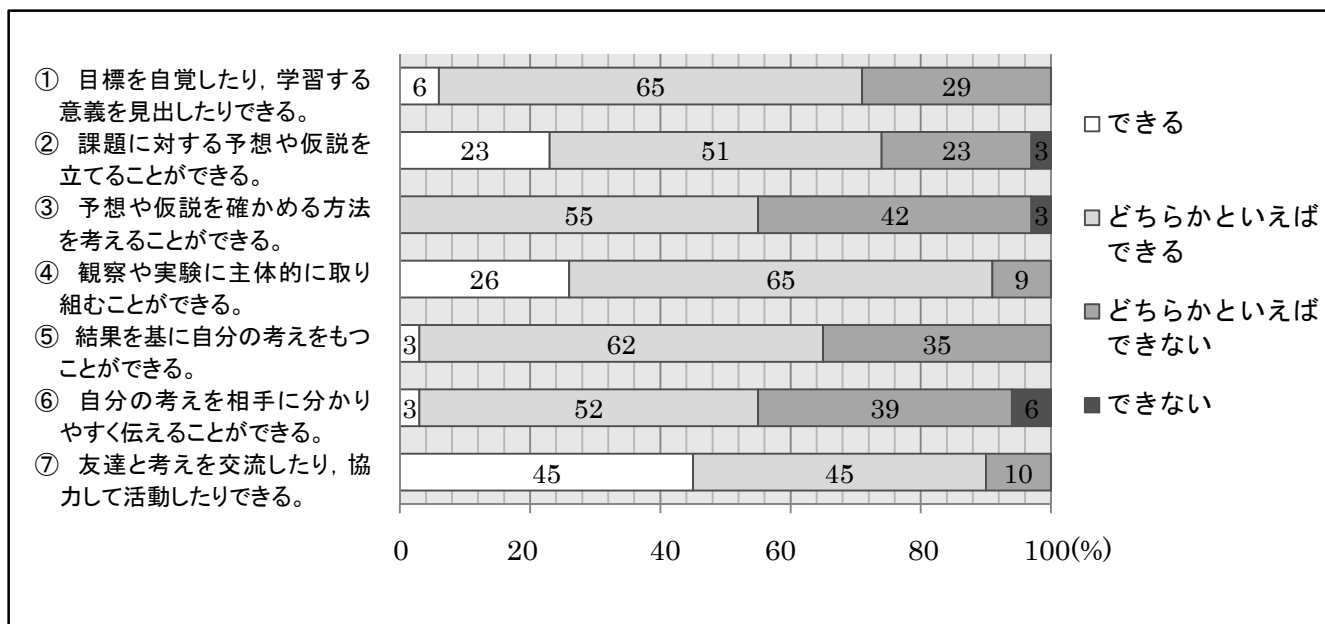
生徒は、小学校で物質の性質や変化に関する内容として、「金属、水、空気と温度」などの学習をしている。また、日常的な生活の中で水溶液や気体などの物質を利用し、加熱や冷却による物質の状態変化にも接している。しかし、物質に直接触れたり、その性質や変化を調べたりする体験が少ない生徒も多い。さらに、定性的な観察や実験には意欲的に取り組むが、定量的なものになると、操作技術等の未熟さから正確なデータが得られず、苦手意識をもつ生徒もいる。特に、測定値の取扱い、実験結果の記録、グラフ化等のデータ処理、データからの規則性の発見については重点的に指導していく必要がある。

そこで、指導に当たっては、課題解決に向けて主体的に取り組む姿勢を養うために、器具の操作、記録の仕方などの基本的な技能を習得させるとともに、実験企画や結果を分析・解釈する場面を計画的に取り入れていきたい。さらに、身の回りの物質について、加熱や冷却したときの状態変化の様子を観察させ、「物質についての巨視的な見方や考え方の学習」を通して、粒子モデルを用いることで微視的な見方の基盤を養い、これらの事象に対する関心・態度と科学的な見方や考え方を身に付けさせたい。

表1 「粒子」に関する内容の系統

小3年	小4年	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年
物と重さ ○ 形と重さ ○ 体積と重さ	空気と水の性質 ○ 空気の圧縮 ○ 水の圧縮 金属、水、空気と温度 ○ 温度と体積の変化 ○ 温まり方の違い ○ 水の三態変化	物の溶け方 ○ 物が水に溶ける量の限界 ○ 物が水に溶ける量の変化 ○ 重さの保存	燃焼の仕組み ○ 燃焼の仕組み 水溶液の性質 ○ 酸性、中性、アルカリ性 ○ 気体が溶けている水溶液 ○ 金属を変化させる水溶液	物質のすがた ○ 身の回りの物質とその性質 ○ 気体の発生と性質 水溶液 ○ 物質の溶解 ○ 溶解度と再結晶 状態変化 ○ 状態変化と熱 ○ 物質の融点と沸点	物質の成り立ち ○ 物質の分解 ○ 原子・分子 化学変化 ○ 化合 ○ 酸化と還元 ○ 化学変化と熱 化学変化と物質の質量 ○ 化学変化と質量の保存 ○ 質量変化の規則性	水溶液とイオン ○ 水溶液の電気伝導性 ○ 原子の成り立ちとイオン ○ 化学変化と電池 酸・アルカリとイオン ○ 酸・アルカリ ○ 中和と塩

(3) 生徒の実態（調査人数 31 人，質問紙法，平成 27 年 7 月 18 日実施）



課題の目的を理解し，予想や仮説を立てて観察，実験に取り組んでいる生徒が約 70%おり，観察，実験に主体的に取り組んだり，友達と協力して活動したりできると答えた生徒も約 90%いる。全体的には課題意識をもって友達と協力し合いながら，主体的に観察，実験に取り組んでいる。しかし，「予想や仮説を確かめる方法を考えることができるか」という質問や「結果を基に自分の考えをもつことができるか」，「自分の考えを相手に分かりやすく伝えることができるか」という質問に対して「できる・どちらかといえばできる」と答えた生徒は他項目に比べて低い。以上のことから，「課題解決のための実験を企画すること」や「実験結果を基に分析・解釈を行うこと」，「自分の考えを伝えること」については，経験が少なく，自信がもてていない状況がうかがえる。

そこで，課題解決能力を育てるために，実験の企画を行う場面に重点を置いて単元を構成したい。また，建設的相互作用を通して自分の考えを深めるために「協調学習」の手法である「知識構成型ジグソー法」を取り入れ，結果を分析・解釈する力やコミュニケーション能力を養い，自然事象を科学的に探究する能力を育成したい。

2 単元の評価規準（中単元：物質の姿と状態変化）

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
状態変化と熱，物質の融点と沸点に関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとするとともに事象を日常生活と結び付けて考えようとしている。	状態変化と熱，物質の融点と沸点に関する事物・現象の中に問題を見だし，目的意識をもって観察，実験などを行い，粒子のモデルと関連付けた状態変化による体積の変化，融点や沸点を境にした物質の状態変化，沸点の違いによる物質の分離などについて自らの考えを導き，表現している。	状態変化と熱，物質の融点と沸点に関する事物・現象についての観察，実験の基本操作を習得するとともに，観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことや物質は融点や沸点を境に状態が変化すること，沸点の違いによって物質の分離ができることなどについて基本的な概念を理解し知識を身に付けている。

3 単元の指導計画と配当時間（全6時間中4～6時）

中単元名	小単元名	時間	主な学習活動	評価規準
物質の姿と状態変化	状態変化するときの温度	4	・ パルミチン酸やナフタレンなどの固体が融けるときの温度(融点)を調べる。	【思考・表現】物質の状態変化する温度は物質ごとに決まっていることを説明できる。
		5 本時	・ 赤ワインなどの混合物にエタノールが入っていることを確かめる実験方法を企画する。	【思考・表現】水とエタノールの沸点の違いを利用して、加熱することで分離できることを説明できる。
		6	・ 前時で企画した実験方法を用い、赤ワインなどの混合物を水とエタノールに分離する。	【技能】水とエタノールの混合物の蒸留を正しく行い、分離した物質を同定できる。

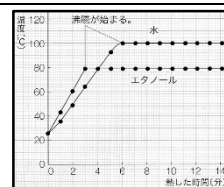
4 検証授業の実際

(1) 本時の目標（5／6）

物質によって沸点が決まっていることに気付き、水とエタノールの混合物からエタノールを分離し、同定する方法を説明することができる。

(2) 本時の課題と「判断基準」

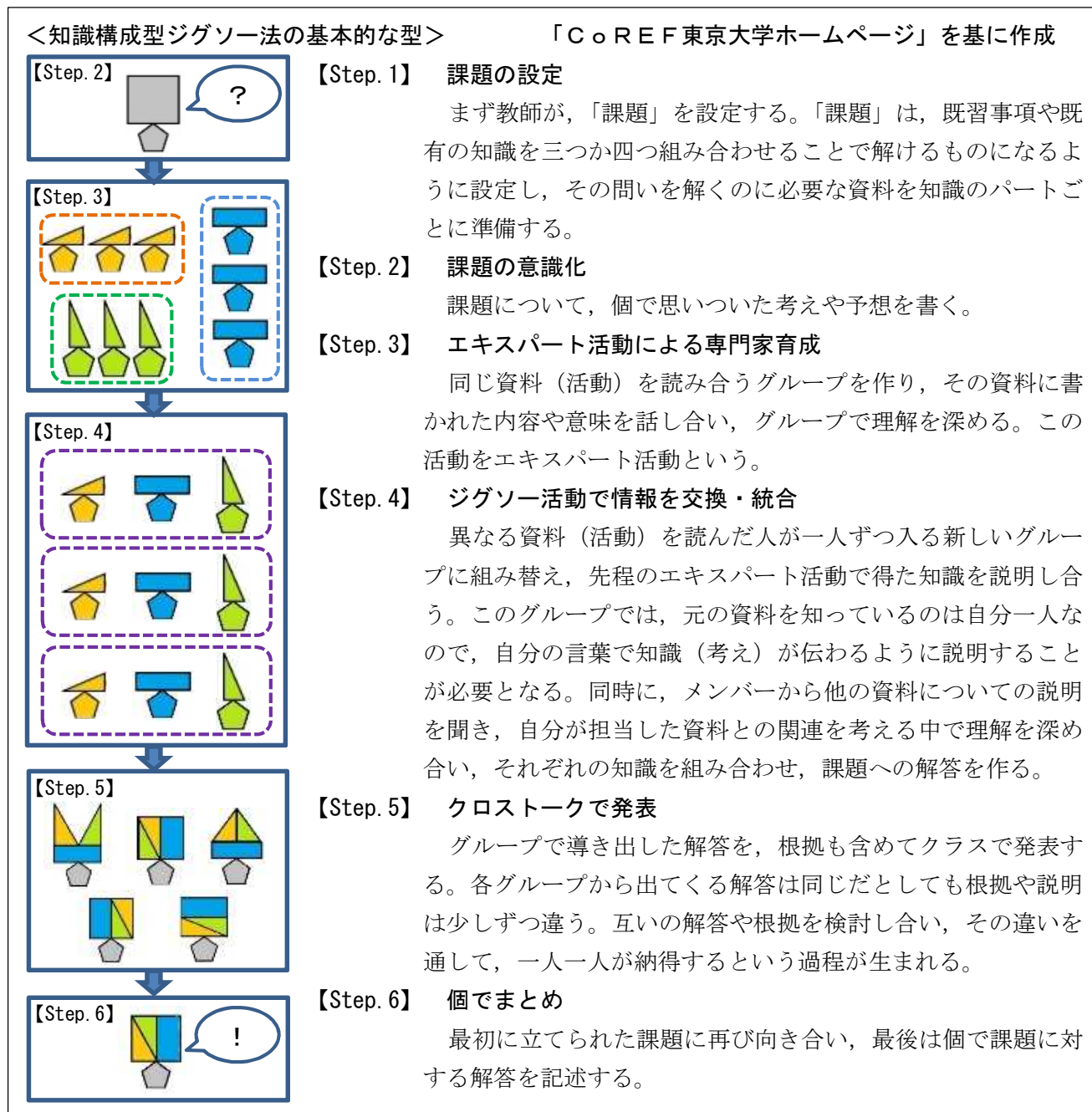
授業で取り組ませる課題		
<p>【きっかけ】 アルコール飲料の燃焼実験と食品表示ラベルから、飲料中のアルコールの存在をどのようにすれば実証できるか考えさせる。</p> <p>【課題】 赤ワインの中に、エタノールが入っていることを確かめるためにはどうすればよいだろうか。</p>		
課題を主体的・協働的に解決するための学習活動		
<p>1 課題に対する予想を個で考える。(選択制により個の予想を立てやすくする)</p> <p>2 エキスパート活動：個々の課題に応じた実験に取り組む。</p> <p>【活動形態】 3種類の実験に分かれ、同じ課題をもつ生徒と共に活動に取り組む。</p> <p>3 ジグソー活動：エキスパート活動で得た複数の情報と考えを交流させ、課題解決を図る。</p> <p>【教 具】 ホワイトボードに結果及び結論を記述する。</p>		
評価規準（科学的な思考・表現）		
水とエタノールの沸点の違いを利用して、混合物から純物質を分離できることを説明できる。		
評価の場面及び評価の対象（思考・判断に基づく表現内容）		
ジグソー活動の場面で、ホワイトボードを用いた生徒の説明やワークシートへの記述で評価する。		
尺度	判断基準	予想される表現例
B	<p>ア 水とエタノールの沸点の違いに着目し、蒸留による混合物の分離を説明することができる。</p> <p>イ 実験結果をグラフ化できる。</p>	<p>混合物を熱すると、水よりも沸点の低いエタノールが先に気体となって出てくる。この気体を集め、冷やすことによりエタノールだけを取り出せる。</p>
A	<p>【判断基準Bに加えて】 エタノールの同定方法（引火性）まで記述できている。</p>	
C状況の生徒への補充指導		B状況の生徒への深化指導
<ul style="list-style-type: none"> グラフにして比較させ、エタノールの方が先に沸騰（状態変化）することを確認させる。 冷却により気体が液体に戻ることを確認させる。 		<ul style="list-style-type: none"> エタノールの性質を振り返らせ、同定方法を考えさせる。 〔引火性・殺菌作用・脱色作用など〕



(3) 授業設計の工夫

ア 課題を主体的・協働的に解決するための学習の工夫



生徒が対話を通して学び合うことにより、思考力・判断力・表現力とともに、コミュニケーション能力や課題解決能力を育むことができる。そこで、本授業では、生徒に異なる課題を与えて考えさせた後、異なる情報や考えを持ち寄って教え合うことで理解を深めさせる「知識構成型ジグソー法」を取り入れる。下記は、「C o R E F 東京大学ホームページ」を基に作成した知識構成型ジグソー法の基本的な型である。



イ 科学的に思考・表現させるための言語活動の工夫

科学的な思考力・表現力を育成するためには、科学的な言葉や概念を使用して考えたり、他者に分かりやすく説明したりする言語活動が重要である。そのため、ホワイトボードを用いた説明活動に取り組ませ、考えの共有、集約、表現を図りやすくする。

(4) 指導の実際

過程	時間	形態	学習活動	指導上の留意点	◎評価				
課題把握	7分	全体	1 純粋なエタノールと混合物である赤ワインの燃焼実験（演示）を観察する。 2 学習課題を設定する。 赤ワインの中に、エタノールが入っていることを確かめるためにはどうすればよいだろうか。	1 赤ワインの食品表示ラベルを教材提示装置で拡大して示し、赤ワインが水とアルコールの混合物であることを確認させる。					
情報収集	3分 5分 15分	個別 全体 班	3 学習課題を解決する方法（キーワード）を考える。 4 本時の活動の流れを確認する。 5 <エキスパート活動>を行う。 A： 水の沸点の測定 B： エタノールの沸点の測定 C： 蒸留の実験方法（食塩水）	3 いくつかのキーワードを用意し、選択させる。必ずどれかを選択させ、自分なりの予想をもたせる。 4 見通しをもって学習に取り組めるようにジグソー法の説明とグループ分けを行う。 5 エキスパート班に分け、実験を行わせる。 ※ 3種類の実験セットとワークシートを準備しておく。 ※ 結果をグラフ化などでまとめさせる。					
整理・分析	10分	班	6 <ジグソー活動>を行う。 ① 学習班に再編成し、エキスパート活動で得た結果を説明し合う。 ② 課題の解答について、考えを出し合う。 ③ ホワイトボードを使い、他者に分かりやすくまとめる。	◎ 評価（思考・表現）	<table border="1"> <tr> <td>B</td> <td>ア 水とエタノールの沸点の違い イ 蒸留の方法 ウ グラフの作成</td> </tr> <tr> <td>補充</td> <td>ア グラフ化による沸点の違い イ 蒸留 加熱（液体→気体） 冷却（気体→液体）</td> </tr> </table>	B	ア 水とエタノールの沸点の違い イ 蒸留の方法 ウ グラフの作成	補充	ア グラフ化による沸点の違い イ 蒸留 加熱（液体→気体） 冷却（気体→液体）
B	ア 水とエタノールの沸点の違い イ 蒸留の方法 ウ グラフの作成								
補充	ア グラフ化による沸点の違い イ 蒸留 加熱（液体→気体） 冷却（気体→液体）								
表現	5分	全体	7 <クロストーク>を行う。 ○ 班で考えた方法を発表し合う。	7 黒板にホワイトボードを一斉掲示する。いくつかの班を口頭発表させる。					
まとめ	5分	個別 全体	8 まとめを行う。 混合物を熱すると、水よりも沸点が低いエタノールが先に気体となって出てくる。この気体を冷やすことでエタノールだけ取り出せる。	8 班の話合いの結果や他班のホワイトボードを基にした発表を参考にしながら、課題解決の解答を個でまとめさせる。 9 赤ワイン、みりん、焼酎などの混合物から班毎に教材を選んで行うことを伝える。					

(5) 知識構成型ジグソー法の人数や組み方

①学習班・・・男子2人・女子2人×8班（教師の意図的なグループ編成）
②エキスパート活動・・・男女混合の4人組（ランダム）×8班（3種類：自主的なグループ編成）

(6) 知識構成型ジグソー法に用いた資料（4種類）

学習課題 氏名 ()

赤ワインの中に、エタノールが入っていることを確かめるためにはどうすればよいか

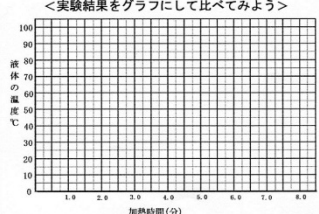
<予想> 水とエタノールの混合物からエタノールを取り出すためには？ 予想

ア ろ過する イ 加熱する ウ 冷却する

(1) エキスパート活動A～Cに分かれて、実験や資料をもとに課題に対する答えを考えよう。
A 水の温度を測定しよう。(1人)
B エタノールの温度を測定しよう。(1人)
C 食塩水から水をとり出そう。(1人～2人)

(2) 各班に戻り、エキスパート活動A～Cの実験結果やわかったことを発表し合い、情報をお互いに共有しよう。
<活動A～Cの情報をまとめよう> <実験結果をグラフにして比べてみよう>

A :
B :
C : 蒸留とは、



(3) エキスパート活動の結果をもとに、水とエタノールの混合物(赤ワイン)にエタノールが入っていることを確かめる方法について、話し合おう。

班での考え

(4) 話し合った結果を、ホワイトボードにまとめ、全体に発表しよう。

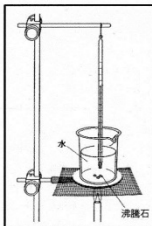
(5) 他の班の結果も聞いて、再度、課題に対する答えを<予想>のA～エから選び直し、自分なりにまとめ直してみよう。

記号	赤ワインにエタノールが入っていることを確かめる方法は
----	----------------------------

【資料1：ジグソー活動用ワークシート】

水とエタノールの混合物(赤ワイン)からエタノールだけを取り出す方法を考えよう。 氏名 ()

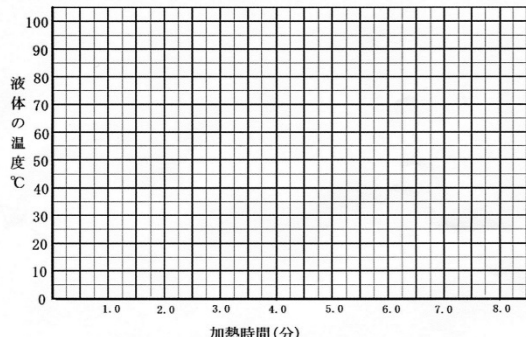
理科エキスパート活動【A】 ～水の沸点の測定～



(1) ビーカーにお湯 80cm³と沸騰石を入れ、図のような装置を準備する。
(2) ガスバーナーでゆっくりと水を加熱していく。
(3) 加熱を始めた後、ガラス棒でビーカー内の温度が一定になるように時折かき混ぜる。
(4) ストップウォッチで1分ごとに温度を測定する。(7分前後)

時間(分)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
温度(℃)									

(5) 測定結果を下のグラフにする。



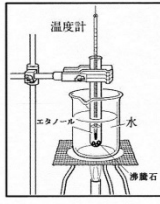
(6) 実験結果からわかったことは

水の沸点 : 約 ℃

【資料2：エキスパート活動A】

水とエタノールの混合物(赤ワイン)からエタノールだけを取り出す方法を考えよう。 氏名 ()

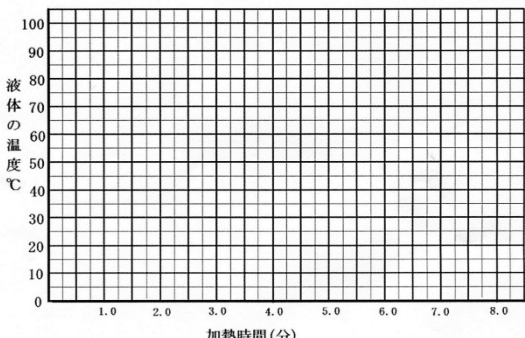
理科エキスパート活動【B】 ～エタノールの沸点の測定～



(1) ビーカーにお湯 80cm³、エタノール 6cm³が入った試験管に沸騰石を入れ、図のような装置を準備する。
(2) ガスバーナーでゆっくりと加熱していく。
(3) ストップウォッチで1分ごとに温度を測定する。(7分前後)

時間(分)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
温度(℃)									

(4) 測定結果を下のグラフにする。



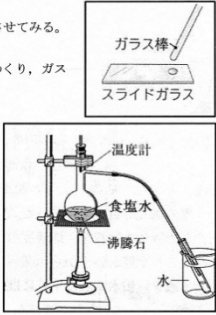
(5) 実験結果からわかったことは

エタノールの沸点 : 約 ℃

【資料3：エキスパート活動B】

水とエタノールの混合物(赤ワイン)からエタノールだけを取り出す方法を考えよう。 氏名 ()

理科エキスパート活動【C】 ～食塩水から水(液体)のみを取り出す～



(1) 食塩水からスライドガラスにガラス棒で1滴とり、蒸発させてみる。右図を参照して行う。(食塩が入っていることを確認する。)
(2) 枝付フラスコに食塩水を全部入れ、右図のような装置をつくり、ガスバーナーで加熱を行う。
(3) 試験管の中に液体が1cm程たまったら、加熱をやめる。

液体の逆流を防ぐため、ガスバーナーの火を止める前に、必ずガラス管を試験管の中から抜いておく。

(4) 試験管の中にたまった液体を(1)と同じ手順で、加熱してみる。(水だけが出てきたことを確認する。)
※ 別のガラス棒を使用すること!

↓

混合物から、溶けている固体の物質などをとり出すときには、ろ過や蒸発などを行います。しかし、液体は加熱すると気体へ状態を変え空気中に逃げてしまいます。そこで、液体から気体へと姿を変えた物質を試験管などに集めて冷やすことにより、気体を再び液体へ戻してとり出すことができます。

このように混合物から液体をとり出す方法は

混合物を熱して液体を沸騰させ、出てくる蒸気(気体)を冷やして再び液体としてとり出す。この方法を「蒸留」という。

【資料4：エキスパート活動C】

(7) 知識構成型ジグソー法の実際取組

ア 課題設定の工夫

既存の知識だけでは解決が難しく、情報を多面的に収集・検討する必要がある課題「赤ワインのエタノールを取り出すにはどうすればよいだろうか」を設定した。また、実験を計画する課題を設定することで探究する能力を育成したいと考えた。授業後のアンケート結果では、「課題を自覚し、学習する意義を見いだすことができた」と答えた生徒が、「できた・どちらかといえばできた」を合わせて97%に達し、課題解決に向けて意欲的に授業に取り組んだことが分かる。



【課題を焦点化する場面】

イ 課題の意識化（予想を立てる場面）における工夫

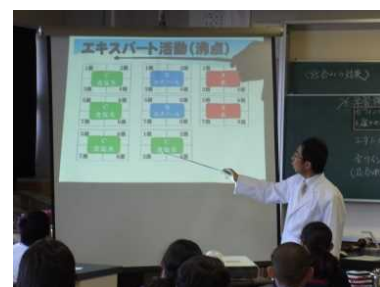
見通しをもって課題解決を進めるためには、自分なりの予想を立てる場面が必要である。しかし、生徒の中には、予想を立てることを苦手とし、見通しをもてないまま実験に臨む生徒も一部見られる。そこで、一人一人が予想をもって、課題解決を行えるように、予想をキーワード化して選択させた。授業後のアンケート結果では、予想をすることが「できた・どちらかといえばできた」と答えた生徒が93%に及んだ。理由は十分でないながらも一人一人が課題をしっかりと意識し、自分なりの予想や仮説を立てるためのスモールステップとして有効だったと考える。

ウ エキスパート活動における工夫

課題を解決するために必要な資料（活動）を3種類に分けて準備した。

- | | |
|-----|------------------------|
| 活動A | : 水の沸点の測定 |
| 活動B | : エタノールの沸点の測定 |
| 活動C | : 蒸留の実験方法（食塩水から水を取り出す） |

一つの資料だけで解答が導き出されてしまうと、次のジグソー活動が安易なものとなり、話し合い活動が深まらない。したがって、視点の異なる資料作りに努めた。また、資料には各活動がスムーズに行えるように実験の手順を記載し、簡単な考察まで行えるように工夫を行った。



【グループ編成の場面】

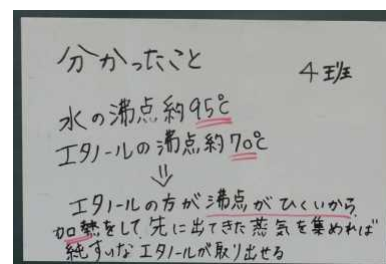
エキスパート活動では、新たなグループ編成や数種類の実験が行われるため、生徒が活動にスムーズに入れるように、ICT機器を用いた説明や実験セットを事前に準備しておいた。生徒は、通常の学習班から分かれ、自らが選択した実験を行い、情報や考えを学習班に持ち帰る必要があったので、活動に対する責任感や意識も高まり、一人一人が意欲的にエキスパート活動に取り組んでいた。授業後のアンケート結果では、実験に主体的に取り組むことが「できた・どちらかといえばできた」と答えた生徒が97%に達し、活動に対する意識の高まりがうかがえる。



【活動Cの場面】

エ ジグソー活動における工夫

エキスパート活動で得た情報や考えを学習班で共有し合えるように、ワークシート【資料1】に他のエキスパート活動の結果を簡単に記入できる欄を用意した。次に、課題に対する解答を学習班で話し合う際、ホワイトボードを活用させた。ホワイトボードを活用することで、情報や考えを視覚化し、何度でも情報や考え



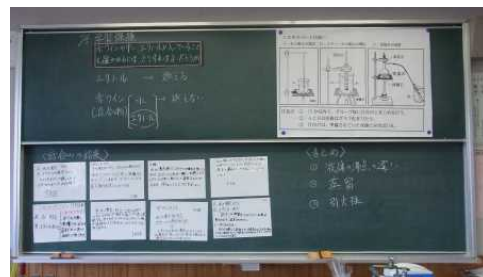
【ホワイトボードの例】

を交換・統合し直すことができる。したがって、話し合い活動のツールとしても有効である。

ジグソー活動は、一人一人が自分の得た情報や考えを伝え合うことから始まる。つまり、グループ全員が話し合い活動に参加し、知識を組み合わせていく中で解答を導き出そうとするため、思考活動に深まりが見られた。授業後のアンケート結果では、友達と考えを交流「できた・どちらかといえばできた」が100%、自分の考えを相手に分かりやすく伝えることが「できた・どちらかといえばできた」が83%と7月のアンケート結果から比べても飛躍的に表現力やコミュニケーション能力を育むことができていることが分かる。「自分だけしかもたない情報や考え」が、生徒の表現活動に対する意識を高揚させた一因と考えられる。

オ クロストークにおける工夫

各班は、話し合いの結果を記したホワイトボードを用いて、発表を行った。その後、全体で各班の共通点と相違点をポイントとしてまとめ、それを基に個人のまとめを行うように指導した。



【ホワイトボード等の掲示】

カ 「判断基準」を生かした指導

(ア) ジグソー活動後の記述例 (学習班でのまとめ)

班での考え (水の沸点…約95℃)(エタノールの沸点…約80℃)
エタノールのほうが沸点が低いから先に蒸発する。出てきたエタノールを冷やして、再び液体として取り出せばエタノールだけを取り出せる。

班での考え 水よりエタノールが先に沸とうするから、蒸留すればエタノールだけ、先に取り出すことができる。

班での考え アルコールと水の沸点は、アルコールが80℃、水が95℃なので一緒に加熱すれば、アルコールが先に蒸発するので、それを冷却すればよい。

【B状況の見取り】

ジグソー活動を行った結果、全ての学習班の解答に水とエタノールの沸点の違いと蒸留の方法が書かれており、B状況である。

【深化指導】

クロストーク後、各班の共通点に付け加え、エタノールの確認方法について発問した。

(イ) クロストーク後の記述例 (個人のまとめ)

記号 イ 赤ワインにエタノールが入っていることを確かめる方法は
エタノールの方が沸点が低いから加熱をして先に蒸発する。出てきた気体を水で冷やし再び液体として取り出す方法を使うと物質を分けられる。

【B状況の記述例】…16人

クロストーク後に、表現が具体化していたり科学用語が使われたりしている記述が増えた。

記号 イ 赤ワインにエタノールが入っていることを確かめる方法は
赤ワインを80℃くらいで加熱し、蒸発したものを冷却する。それがアルコールか確かめるには、火をつければよい。

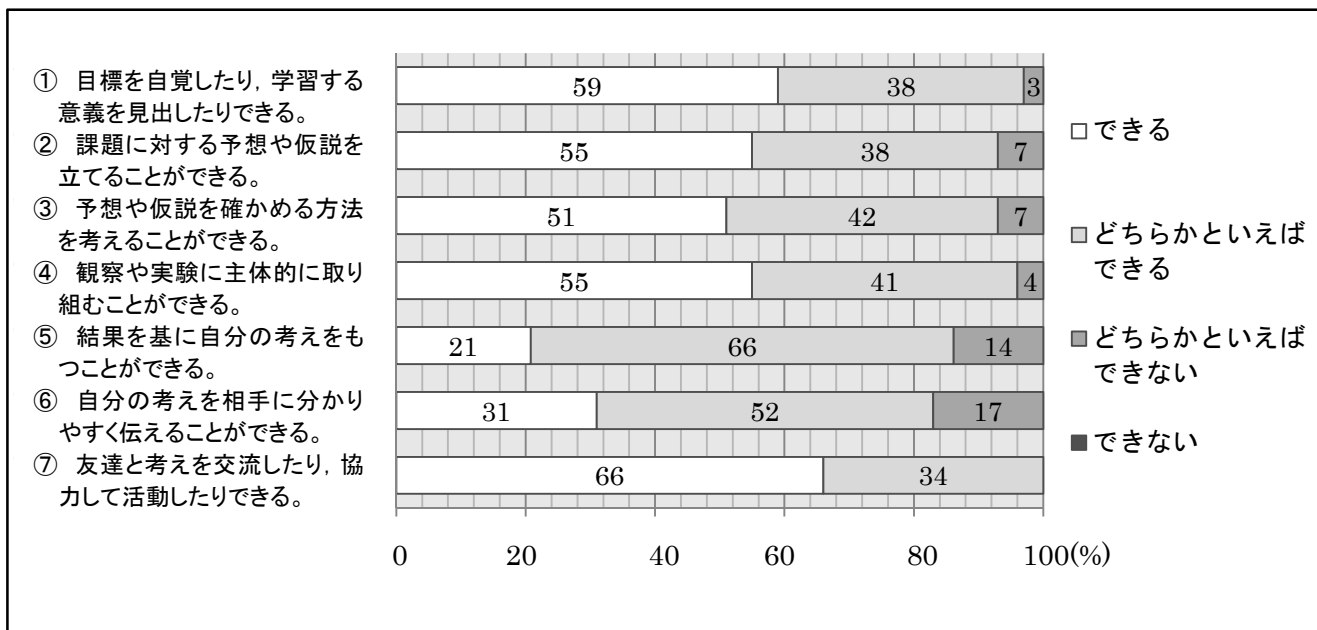
【A状況の記述例】…9人

沸点の違いや蒸留の説明に加え、エタノールの引火性について表現できている。

記号 イ 赤ワインにエタノールが入っていることを確かめる方法は
赤ワインを熱して沸騰させ、出てくる蒸気を冷やして再び液体にして、その液体に火をつけ、エタノールを確認する。

【C状況の記述例】…4人

理解があいまいでエタノールの確認方法は述べているが、沸点の違いが述べられていない。



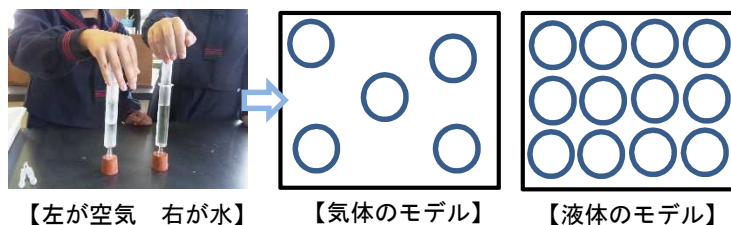
5 知識構成型ジグソー法の他の取組例

実践例 課題「エタノールの状態変化を粒子のモデルで考えよう。」

＜エキスパート活動 3種類＞	視点
活動A : 注射器に入れた水（液体）と空気（気体）の違い	→ 物質の状態と粒子の間隔
活動B : 「バット」の中の小豆の運動と間隔の違い	→ 粒子の運動と粒子の間隔
活動C : 温度による水の粒子の動きの違い	→ 温度と粒子の運動

(1) エクスパート活動A

注射器に入れた水と空気に力を加えたときの結果の違いから物質の状態と物質をつくる粒子の間隔に違いがあることに気付かせた。



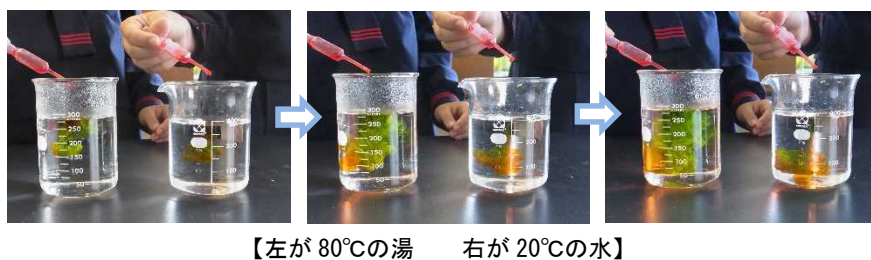
(2) エクスパート活動B

小豆の動きを少しずつ激しくしていくと，小豆同士の間隔が広くなることから，粒子の運動と間隔に関係があることに気付かせた。



(3) エクスパート活動C

80℃の湯と20℃の水に赤インクを数滴ずつ同時に落とすと，20℃の水に入れたインクは沈むが，80℃の湯に入れたインクは短時間で全体に広がる。このことから，物質の状態が同じでも温度が高くなると，粒子の運動が激しくなることに気付かせた。



(4) クロストーク後の個人でのまとめ

粒子モデルで表そう! 袋の中は液体のエタノール以外何も入っていない。袋に入れた液体のエタノールの粒子を○で表している。

液体 気体 湯

説明文 上のモデル図(粒子について)を「熱湯をかけると」に続く言葉で具体的に説明しよう。
熱湯をかけると、
袋の中の粒子の動きが激しくなり、
すき間がたくさんできるから。

【B状況の記述例】…17人

粒子の運動と間隔の違いが関連付けて示されており、モデル図にも粒子の運動が表現されている。活動Bと活動Cの情報を取り入れることにより、状態変化と粒子の運動の関係に注目するようになった。

粒子モデルで表そう! 袋の中は液体のエタノール以外何も入っていない。袋に入れた液体のエタノールの粒子を○で表している。

液体 気体 湯

説明文 上のモデル図(粒子について)を「熱湯をかけると」に続く言葉で具体的に説明しよう。
熱湯をかけると、粒子の数は変わらないが、
粒子が活発な動きをするため、すき間が大きくなり、
体積が増える。

【A状況の記述例】…8人

B状況に付け加え、粒子の数が変わらないことも表現されている。前時のロウの実験において体積は変わっても質量は変わらないということを、水溶液の粒子モデルと関連付けている。

粒子モデルで表そう! 袋の中は液体のエタノール以外何も入っていない。袋に入れた液体のエタノールの粒子を○で表している。

液体 気体 湯

説明文 上のモデル図(粒子について)を「熱湯をかけると」に続く言葉で具体的に説明しよう。
熱湯をかけると、液体が気体になって気体は粒子が激しく動いたから、
はってたまがいき体積がふえる。

【C状況の記述例】…4人

文章表現では、B状況に達しているが、粒子モデルには粒子の運動の様子が表現されていない。または、粒子モデルはB状況だが文章表現がC状況の生徒も見られた。

例年と比較し、状態変化と粒子の運動の関係に考察が焦点化し、活発な対話がなされていた。多くの個人のまとめに粒子運動の様子が表現されており、定着が図られていた。次時でA状況の生徒の表現を教材提示装置で示し、深化指導を行った。対話を通して、互いがもつ情報を組み合わせることにより、事象への理解が深まることを確認できた。

6 研究の成果と課題

(1) 成果

- エキスパート活動を行うことで、学習班に情報や考えを持ち帰る必要があるため、生徒一人一人が課題解決に向けて高い意識をもって活動(実験)に取り組むことができた。
- ジグソー活動を通して、他者への説明が必然的に行われたり、いろいろな情報を基に思考を深め合ったりすることで、科学的な思考力や表現力、コミュニケーション能力や情報処理能力の高まりが見られた。
- 知識構成型ジグソー法は、COREFが推進しており、活動より資料から得た情報を基に話し合うことから始まっている。つまり、観察、実験の少ない2分野においても活発に話し合い活動を行うことができる。新たな指導法として大きな可能性があると感じた。
- 「判断基準」を作成し、判断を行う場面を設定することで、生徒の思考を深めさせる手立てや発問、支援の方法を事前に用意することができ、評価と指導を効率よく行うことができた。

- 図やモデルを用いた活動により生徒の思考を促すことができた。また、グループ活動を取り入れることで互いの考えを深め合うことができた。

(2) 課題

- 知識構成型ジグソー法のメインはジグソー活動である。ジグソー活動の時間を確保するためには、エキスパート活動の時間を15分～20分以内で行う必要がある。そのため、エキスパート活動には、複雑な実験などは向いてない。事前準備や活動の精選が必要であり、2時間計画が必要な場合もあるので、単元の指導計画に計画的に取り入れる必要がある。
- 「白い粉末」や「融点」について、教材の種類を変えてジグソー法に取り組んでみた。例えば、物質の融点では〔パルミチン酸、ナフタレン、メントール、氷〕の4種類の物質の融点を調べるエキスパート活動を行ったが、物質により融点は異なるという結果にとどまり、ジグソー活動での話合いの深まりはあまり見られなかった。このことから、教材の種類を増やすことではなく、視点の異なる資料や活動を準備することが思考を深め合う知識構成型ジグソー法につながると考える。
- 「判断基準」の作成に当たっては、単元を見通して、どの場面で生徒の考察を見取るかを計画的に設定する必要がある。
- 評価し、補充指導や深化指導を行う際に、同じようなつまづきをしている生徒が多い場合、全体的な補充指導に切り替えるなど柔軟性も必要である。

課題を解決するために必要な資質・能力を育成する授業に関する研究
－第2学年物理基礎「モーターの仕組み」の実践を通して－

鹿児島県立出水工業高等学校
教諭 永田 大樹

1 単元の概要

- (1) 単元名 「電気（モーターの仕組み）」
- (2) 単元について

本単元は、モーターに関する観察、実験を通して電流が磁界から受ける力の向きを理解させ、モデル図などを用いて原理を科学的に説明できる能力を養い、身近な物理現象に関する科学的な見方や考え方を育成することをねらいとしている。本時の内容は、モーターとは表裏一体の関係である発電機の仕組みを理解する上で身に付けておかねばならない重要な内容である。具体的には、磁石による磁界と電流によって発生する磁界を確認した上で、それらの相互作用により電流が受ける力の向きをフレミングの左手の法則と関連付けながら理解する。そこで、簡易モーターの実験を行い、「モーターはどのような仕組みで回転するのだろうか」という課題を設定し解決する学習を通して、生徒の思考力・判断力・表現力を高めるとともに、電磁気についての基礎的なイメージ形成を図りたい。

- (3) 生徒の実態

電子機械科2年B組は男子のみのクラスで、生徒は明るく和気あいあいとしている。特に、専門教科に熱心に取り組み、難関資格を取得している生徒がいる一方で、基礎学力の定着が十分とは言えない生徒もおり、学力の差が大きい。また、将来は技術職に就きたいと考えている生徒が多く、実験や実習に積極的に取り組むことができている。本校卒業後に就職する生徒が多いため、即戦力として仕事ができるための思考力や行動力が必要とされる。そこで、専門教科「工業」の基礎となる「物理基礎」の学習においては、特に思考力・判断力・表現力を高めるために、次のような目標を達成させることに留意しながら授業の工夫を行っている。

- 基礎用語や基礎知識を単に暗記するのではなく、これらを活用できるようになる。
- 既習内容との関連を考えたり、モデルを用いて考えたりするなど、課題を解決するための考え方を身に付ける。
- 観察、実験の結果を基に仲間と協力して考察し、科学的な用語を用いて表現する能力を身に付ける。

これらの目標を達成させるために、まず、物理的な現象に興味をもたせ積極的に学習に参加させる必要がある。そこで、図や映像をできるだけ多く授業に取り入れることで、生徒が物理的な語句の意味やイメージを捉えやすくしている。次に、観察、実験の結果を考察する場面では、班を編成して意見交換を行わせ、積極的に思考させている。さらに、まとめたことを文章だけではなく図や表も用いて表現するような機会を多く取り入れるようにしている。その結果、物理に興味をもつ生徒が多くなり、授業に積極的に取り組む姿が見られるようになった。本学級の生徒は、もともと物怖じすることなく堂々と発表することができており、現在は、どのように発表すれば聞き手にとって理解しやすいかを考え工夫するなど、より深く思考した表現ができるようになってきている。

2 単元の評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
電気や磁気に関する物理現象と利用について関心をもち、意欲的に探究しようとするとともに、科学的な見方や考え方を身に付けている。	電気や磁気の利用に関する事物・現象の中に問題を見だし、探究する過程を通して、事象を科学的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。	電気や磁気の利用に関する観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理し、科学的に探究する技能を身に付けている。	電気や磁気の利用に関する基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

3 指導計画（全 15 時間）

単元	学習事項	時間	目 標
電 気	電気の働き	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 静電気について意欲的に調べようとする。 【関心・意欲・態度】 ・ 電流が流れる向きと電子が移動する向きを理解する。【知識・理解】
	電流と電気抵抗	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直流回路における電圧と電流を正しく測定し、それらの関係をグラフに表すことができる。 【観察・実験の技能】 ・ 電圧と電流の関係から、オームの法則とその比例定数である抵抗値の決定要因を導出することができる。 【思考・判断・表現】
	回路での電流の流れ方	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直列回路と並列回路を正しく作成し、それぞれの回路の電圧と電流を測定することで、回路による電圧と電流の違いを見いだすことができる。 【観察・実験の技能】 ・ 直列回路と並列回路における合成抵抗を導出することができる。 【思考・判断・表現】
	電力と電力量	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギーは変換できることを確認し、消費電力量は電圧と電流と時間で決まることを理解する。 【知識・理解】
	電流がつくる磁界	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 磁石がつくる磁界と電流がつくる磁界を理解する。また、直線電流と円形電流及びソレノイドに流れる電流がつくる磁界を理解する。 【知識・理解】
	モーターの仕組み	2 本時 (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流による磁界の向きと磁石による磁界の向きを図示し、電流が受ける力を説明できるとともに、モーターが回転する仕組みを推論することができる。 【思考・判断・表現】
	発電機の仕組み	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 条件を制御しながら電磁誘導の実験を行い、発電の仕組みを見いだすことができる。 【観察・実験の技能】
	直流と交流	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流には直流と交流があり、それぞれの利点や変換について関心をもって調べようとする。 【関心・意欲・態度】
	電磁波	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電磁波が身の回りでどのように利用されているかを、関心をもって調べようとする。 【関心・意欲・態度】

4 検証授業の実際

(1) 本時の目標 (10/15)

電流による磁界の向きと磁石による磁界の向きを図示し、電流が受ける力を説明できるとともに、モーターが回転する仕組みを推論することができる。 【思考・判断・表現】

(2) 「判断基準」の設定

ア 班での話し合いにおける個人の学習活動

判断基準 A (十分満足できる)	判断基準 B (おおむね満足できる)	C 状況 (努力を要する)
「判断基準 B」に加え、 ○ モーターが 180° 回転するごとに、絶縁体が電流を流さないようにしていることに気づき、これにより、モーターが一定の向きに回転し続けられるということを表現できる。(整流子の働きと関連付けた表現) ○ モーターが回転し続ける要因として、既習の「慣性」についても関連付けて表現できる。	○ 磁石による磁界と電流による磁界の相互作用が理解でき、電流が受ける力を図示できる。 ○ 磁界によって生じる力によりモーターが回転することを表現できる。	○ 磁石による磁界と電流による磁界の違いが理解できない。 ○ 磁界によって生じる力の向きが図示できない。 ○ 力が回転運動の源になっていることが理解できない。
	[深化指導] ○ 絶縁体があるモーターとないモーターの回転の違いに着目させ、絶縁体の働きを考えさせる。	[補充指導] ○ 電流による磁界の向き、磁石による磁界の向きを理解させる。 ○ フレミングの左手の法則を理解させる。

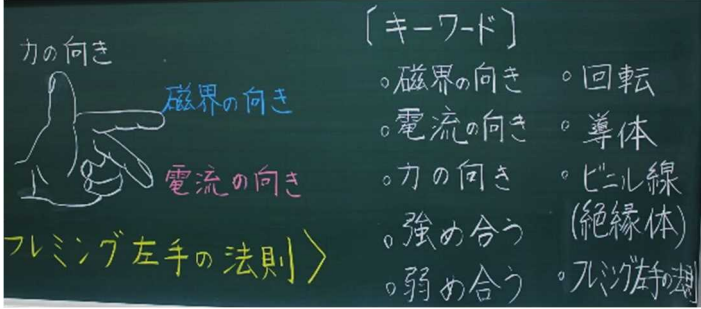

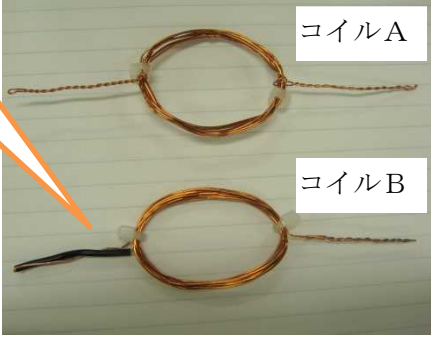

イ 「振り返りシート」の自己評価 (※) と気付いたことの記述

判断基準 A (十分満足できる)	判断基準 B (おおむね満足できる)	C 状況 (努力を要する)
○ 自己評価 20 点 「判断基準 B」に加え、 ○ 磁界と電流が受ける力について図示できるとともに、回転の向きが一定の向きになるための説明を表記している。 ○ 班での話し合いにおいて、多くの気づきがある。	○ 自己評価 15 点～19 点 ○ 磁界と電流が受ける力と回転の向きの全てについて図示できる。	○ 自己評価 14 点以下 ○ 磁界と電流が受ける力と回転の向きについて図示できない。
	[深化指導] ○ 記述内容を基に個別指導を行う。	[補充指導] ○ 記述内容を基に個別指導を行う。


※ 「振り返りシート」の自己評価 (20 点満点) の項目

- | |
|---|
| ① 電流による磁界の向きと磁石による磁界の向きから、電流が受ける力を図示できる。
② 電流による磁界の向きと磁石による磁界の向きから、電流が受ける力を説明できる。
③ モーターが回転する仕組みについて説明できる。
④ 発表をよく聞くことができた。
⑤ 発表を聞いて理解を深めることができた。
(4 : よく当てはまる 3 : やや当てはまる 2 : あまり当てはまらない 1 : 全く当てあまらない) |
|---|

(3) 指導の実際

過程	時間	学習活動	指導上の留意点
導入 (既習内容の確認)	7分	<p>1 電気と磁気に関する基礎用語と基本法則の復習をし、キーワードを確認する。</p>  <p>2 磁石による磁界の向きと電流による磁界の向きから、電流が受ける力の向きを考え、説明する。</p>  <p>電流は、磁界が強め合う方から弱め合う方へ力を受けます。</p>	<p>○ 科学的な用語を用いて考えさせたり説明させたりするために、前時までの復習をしながら、キーワードを提示する。</p> <p>○ ICT機器を用いて説明させることで、磁界のイメージを捉えやすくし、また、モーターの仕組みを考える際に必要な知識を想起させる。</p>
展開① (実験結果の予想)	4分	<p>3 2種類のコイルの違いに着目し、どちらのコイルがうまく回転し続けるかを予想する。</p>  <p>コイルA</p> <p>コイルB</p> <p>Bには、半分絶縁テープが巻いてあるね。</p> <p>コイルには、ここを流れて電流が流れそう。</p>  <p>Bは、半回転したら電流が流れないだろうね。</p> <p>電流が力を受けるのだから、Aは回転し続けるけど、Bは回転が止まると思う。</p>	<p>○ 2種類のコイル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コイルA (絶縁体なし) ・コイルB (絶縁体あり) <p>を示し、観察からその違いに気付かせ、どちらのコイルがうまく回転し続けるかを予想させる。</p> <p>○ コイルを乾電池に接続したとき、電流がどのように流れるかについても考えさせる。</p>

<p>展開② (実験結果から課題の設定)</p>	<p>4 4分</p> <p>4 コイルA, Bを使って作った2種類の簡易モーターに電流を流し, それらの運動の様子を観察する。</p>  <p>5 課題を設定する。</p> <p>モーターはどのような仕組みで回転するのだろうか。</p>	<p>○ 絶縁体の有無による回転の仕方を観察し, 課題を生徒自ら設定させる。</p>
<p>展開③ (班での考察)</p>	<p>6 10分</p> <p>6 モーターが回転する仕組みを, 4人編成の班で考える。</p>  <p>磁石による磁界の向きは上向きで, この電流による磁界の向きは左回りだね。</p> <p>あれ, そこから180°回転すると, モーターの回転の向きが逆になるよ。これじゃうまく回らないはず。どうなっているのかな。</p> <p>それなら, その電流は左向きに力を受けるよ。もう一方の電流は逆向きだから……。</p> <p>電流が逆向きなら, 受ける力も逆向きだよ。だからモーターは左回りに回転するんだ。</p>	<p>○ ホワイトボードを使うことで, 自由に考え, 説明しやすくするとともに解決に向けての方向性がぶれないようにする。</p>  <p>磁石と電流をホワイトボード上に自由に張り付け, 磁界や力などをマジックで自由に書き込めるようにした。</p> <p>○ 考えたことを科学的な用語や図で表現させ, 班員の考えに意見を出しながら, 班で根拠に基づいた考察をまとめさせる。</p>

<p>展開④ (班の考察を全体へ発表)</p>	<p>15分</p>	<p>7 モーターが回転する仕組みについて班の考察をまとめ、班から選ばれた代表が全体へ発表する。</p>  	<p>○ 班で導き出した考察を全員が理解できるように分かりやすく発表させる(一班が2～3分)。</p> <p>……この状態までは、磁石と電流による磁界の向きを考えると、電流が受ける力の向きは左回りになります。ここから先は、よく分かりません。</p> <p>……180°回転すると、逆向きの回転になるような力を受けることになりませんが、絶縁テープが巻いてあるので、このときは電流が流れません。だから、この力は受けず、勢いで回転して……</p> <p>○ 説明が不十分なときは、質問して説明のやり直しをさせる。</p>
		<p>終末 (結論の導出)</p>	<p>10分</p>

(4) 「振り返りシート」の自己評価の結果及び感想の例

ア 自己評価（「振り返りシート」の自己評価の項目は4(2)イ※）

(ア) 項目別平均点

項目	①	②	③	④	⑤
平均点	3.4	3.1	3.1	3.9	3.7

(イ) 合計点別人数（20点満点）

合計点	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
人数	2	0	2	1	2	5	3	1	6	
「判断基準」	C 4人 18.2%			B 12人 54.5%					A 6人 27.3%	

イ 感想の例

- グループで学習することで、自分の考えたことを発言しやすく感じた。また、他の人の考え方を聞くことで、自分の考え方より他の人の考え方の方が分かりやすいと思うことが多かった。個人学習に比べてグループ学習の方が、印象に残りやすい気がした。
- 他のグループの発表を聞くと、自分たちのグループで出された意見と共通しているところや違ったところがあったので、新しい自分の考えにたどり着くことができた。
- 実際に人の前に立つと、自分の考えをうまく説明できず、結論に強引にもっていってしまうことがよくあった。発表前に自分の考えを整理することで、自分がどれだけ理解しているか分かることができた。
- 他の人の意見と自分の意見を比較しながら話合いができると、もっといい学習になると思いました。発表については、みんなが興味をもつような発表ができるようになりたいと思います。

5 研究の成果と課題

(1) 成果

- 発表の中で、「ここまでは分かっているが、これ以上は分からない」という発言があった。生徒は、他者に分かりやすく説明するために自分の考えを整理することで、自分の理解の状況を把握するとともに、これから解決しなければならないことは何かを捉えることができた。
- 班で協力して課題を解決することにより、生徒同士の信頼関係が高まった。また、生徒は、話し合うことで、自分の考えと他者の考えを比較して自分の考えを修正したり、分からないことが明確になったりして、学ぶことの楽しさを味わい、学習意欲を向上させた。
- 生徒は、生徒同士の話し合いで解決できなかった点が明確になると、その後の一斉指導の際に教師の説明を聞く姿勢が真剣になり、理解を深めた。
- 「振り返りシート」の活用により、生徒は、自分の考えの変容を確認できるとともに、個人で学習内容を整理するため、更に理解を深めることができた。また、教師は、生徒の思考の過程や理解の度合いを見取ることができ、個別指導や次時の授業に生かすことができた。

(2) 課題

- 生徒は、話し合いながら深い思考ができるようになってきているため、「判断基準A」については、より高度なものを設定していく方がよいと思われる。
- 図を使った説明の後、それを文章で表現する活動をもっと多く取り入れ、生徒の思考力・判断力・表現力を更に高めていきたい。

(3) まとめ

課題を解決するために必要な資質・能力を育成するためには、教師が一方的に教え込むのではなく、生徒が能動的に学べるような仕掛けと支援をしていくことが大事であると考え、授業改善に取り組んできた。その結果、本時の「振り返りシート」の感想にあるように、「よく分かった」、「理解できた」という生徒の感想が増えてきつつある。また、考査受験後にも生徒は、「発表形式のグループ活動を経て理解が深まり、よく理解してテストに臨めた」と言っていた。これらは、課題解決的な学習を通して、科学的な根拠を基に思考してきたことで、単なる知識の暗記だけではなく、実感を伴った理解ができたからではないかと考える。また、目の前の物理現象を科学的な用語を用いて分かりやすく説明することで、身に付けた知識が整理され、学習内容についての理解を深めることができたのではないかと考える。

主体的・協働的な学習活動を行わせるには、まず、発表しやすい雰囲気作りが重要である。そのために、このような学習活動を実施し始めた頃は、全ての発表に対して肯定的な助言を心掛けた。また、一番に発表する生徒は間違ふことが多いため、最初に意見を言うことの難しさや勇気のもち方を褒め続けた。これにより、積極的に挙手して発表できる雰囲気を作ることができた。このように、良いところを見つけて自己肯定感をもたせながら指導することが大事である。学習活動は、まさに学級経営であり生徒指導であると考え、大事にしてきた。

最後に、本時の授業に関してだけでなく、主体的・協働的な学習活動を実践するために、これまで行ってきた主な工夫の例を以下に示す。

- 班活動を充実させるための導入時における一斉指導
 - ・ 科学的な用語を用いての表現を促すためのキーワードの提示
 - ・ モデル図等を示して物理現象のイメージを捉えさせるためのICTの活用
- 話合いや発表を楽しむための雰囲気作り
 - ・ 間違いを恐れず、勇気をもって発言することの大切さの指導
 - ・ 発言者の考えをよく聞き、努力を認める人間関係作り（発言することへの安心感を構築）
 - ・ 発表の仕方に関する事前指導と発表用ボードを支える台などの準備
 - ・ 発表順は生徒の挙手の順番（生徒の主体性、積極性を育成）
 - ・ 学級担任からの情報も考慮した班編成（逆に、生徒の話合いの様子などを学級担任に報告）
 - ・ 表現力が十分身に付いていない生徒の発表に対するフォローの準備
 - ・ 発表に対する感想（生徒には、参考になった点を含めて述べさせる）
 - ・ 解決に向けて考えを出し合った過程を評価（結果的に班で解決できなくても価値がある）
- 各班の話合いを円滑にし、進捗状況や理解度を把握するための机間巡視
 - ・ 提示した話合いの時間や発表の時間の確認を促す言葉掛け
 - ・ 話合いが停滞している班に対する言葉掛け
 - ・ ホワイトボードへの記入の仕方の指導（図をかいて説明したり、班員の意見を自由に書き込んだりしてよい）
 - ・ 発表後の指導助言の準備のための、ホワイトボードへの記入内容や話合いの内容の把握
- 内容理解を確実にするための一斉指導
 - ・ 一斉指導の効果を高める班活動（班活動で十分思考したり、分からない点や解決したい点が明確になったりすると、その後の一斉指導で教師の説明を聞くときの集中力が高まる）
 - ・ 正しく理解させるための修正（発表での間違いはその場で指摘し、全員に考えさせる）

課題を解決するために必要な資質・能力を育成する授業に関する研究
 ー第２学年生物基礎「タンパク質の合成」の実践を通してー

鹿児島県立鹿児島中央高等学校
 教 諭 西 孝 典

1 単元の概要

- (1) 単元名 「タンパク質の合成」
- (2) 単元について

本単元は、生体を構成するタンパク質の具体的な名称とその働きについて学習する。タンパク質は、20種類のアミノ酸が多数結合しつながった高分子であることから、その組合せは膨大で、多くの種類が存在する。遺伝子の本体であるDNAの遺伝情報の本質は、タンパク質のアミノ酸配列を決定することであり、その情報を担っているものはDNAの塩基配列である。具体的には、DNAの遺伝情報からタンパク質が合成されることを、DNA→RNA→タンパク質の順に一方向に伝達されるという考え（セントラルドグマ）に基づいて理解させる。この内容については従来、教師の説明とその後の演習を通して生徒の理解を図っていたが、生徒の興味・関心の程度や理解度から判断すると、教科書にある発展的な用語や内容を用いて指導する方が、生徒の学習意欲を高めるとともに、具体的なイメージをもって課題に取り組むことができると思われる。そこで、「トリプレット」、「コドン」、「アンチコドン」、「tRNA」の用語や「コドン表」を活用するとともに、主体的・協働的な学びを取り入れながら、多面的に理解の向上を図りたい。

- (3) 生徒の実態

本クラスは第２学年普通科文系特進クラスであり、全員が国公立大学への進学を希望している。1年次に物理基礎と化学基礎を履修し、2年次からは生物基礎と地学基礎を大学入試の受験科目として履修する。日頃から授業中の私語等は少なく、板書なども懸命にまとめる生徒が多い。また、生物に対する興味・関心も高く、熱心に学習に取り組む生徒も見られる。

事前アンケートの結果から、小学校からこれまでの生物について「好き」、「どちらかといえば好き」と答えた生徒は合わせて全体の70.6%であったが、「得意」と答えた生徒は55.9%であり、生物の学習は好きではあるが得意科目と感じている生徒は5割強とそれほど高くはないのが現状である。そこで、理解の深化を図るために、授業で取り扱う生物等の実物を活用したり実生活との結び付きを認識させたりすることで興味・関心を高めたい。また、多様な解決方法や考察を導き出させる課題を設定し、生徒により深く思考したり表現させたりする学習を取り入れながら工夫、改善に取り組むたい。

2 単元の評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
生物と遺伝子に関する事象について関心をもち、意欲的に探究しようとするとともに、科学的な見方や考え方を身に付けている。	生物と遺伝子に関する事象の中に問題を見だし、探究する過程を通して、事象を科学的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。	生物と遺伝子に関する事象について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理し、科学的に探究する技能を身に付けている。	生物と遺伝子に関する事象について、基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

3 単元の指導計画

第1編 生物と遺伝子

第1章 生物の特徴

第2章 遺伝子とその働き (全13時間)

1 遺伝情報とDNA (全5時間)

2 遺伝情報の発現 (全4時間)

(1) 遺伝情報とタンパク質

(2) RNAの働き

(3) タンパク質の合成 (本時)

(4) パフの観察

3 遺伝情報の分配 (全4時間)

単元	学習事項	時間	目標	
第2章 遺伝子とその働き	第1節 遺伝情報とDNA	2	遺伝子という概念がDNAという具体的な物質として理解されることに興味をもつ。 【関心・意欲・態度】	
		3	遺伝子の本体であるDNAについて、構造及び遺伝情報はその塩基配列にあることを理解する。 【知識・理解】	
	第2節 遺伝情報の発現	遺伝情報とタンパク質	1	多種多様なタンパク質はアミノ酸の配列によって決定されること、DNAが遺伝子として機能することを理解する。また、タンパク質の構造を理解する。 【知識・理解】
		RNAの働き	1	RNAの構造とDNAの構造との違いを理解する。また、RNAがDNAからのタンパク質合成過程で重要な働きをしていることを理解する。 【知識・理解】
		タンパク質の合成	1本時	多種多様なタンパク質に関する情報がどのように保持され、その情報を基にどのような過程でタンパク質が合成されるかに関して、タンパク質とDNAとの関係を論理立てて考察し、その関係を的確に表現することができる。 【思考・判断・表現】
		パフの観察	1	ユスリカの幼虫のだ腺染色体を染色し、観察する。その際、DNAとRNAの染色の手法も学ぶ。 【観察・実験の技能】
	第3節 遺伝情報の分配	分化した細胞の遺伝情報	2	どの細胞にも全ての遺伝情報が維持されているにも関わらず、分化した細胞がそれぞれ異なるのはなぜか、ということに興味をもつ。 【関心・意欲・態度】
		細胞分裂と遺伝情報の分配	2	遺伝情報は正確に複製されて受け継がれること、それぞれの細胞では全ての遺伝子が発現しているわけではないことについて理解し、説明することができる。 【思考・判断・表現】

4 検証授業の実際

(1) 本時の目標

DNAの情報に基づいてタンパク質が合成されることを理解させる。また、転写と翻訳の概要について、DNAの塩基配列からmRNAの塩基配列へ、mRNAの塩基配列からアミノ酸の配列へ、そしてタンパク質へという遺伝情報が伝わる流れを理解させる。


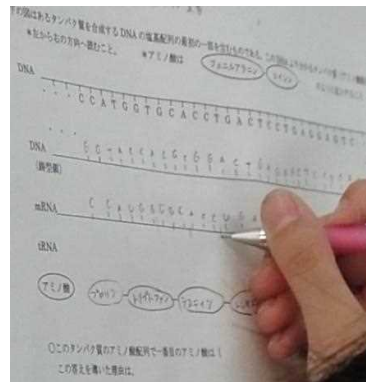
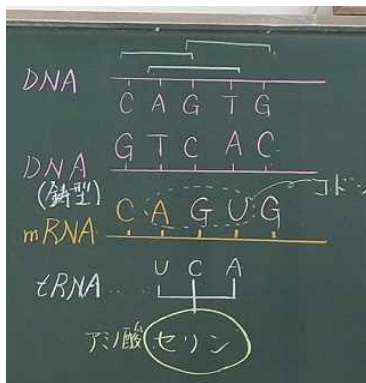
(2) 資料・教材・教具等

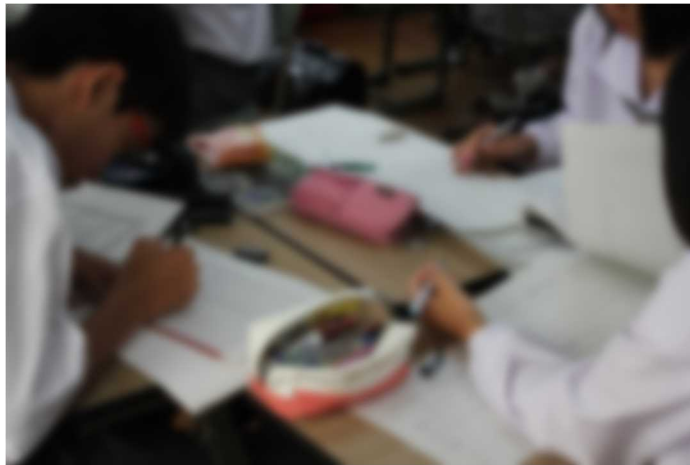
ワークシート（タンパク質合成に関する考察問題，コドン表）

(3) 「判断基準」の設定

評価規準（思考・判断・表現）
mRNAを基にしてアミノ酸配列を導き出し、それを表現することができる。
評価の対象
記入した各自のワークシートの内容や生徒のグループ発表，説明の様子
判断の要素
ワークシートに記入されたDNAの塩基配列及びRNAの塩基配列が正しく記入されている。また，コドン表から正しく読みとられたアミノ酸を表現することができる。
判断基準B（おおむね満足できる）
複製で相補性を理解した上でDNAの塩基配列を正しく記入できている。 転写で相補性を理解した上でRNAの塩基配列を正しく記入できている。また，DNAのAに対してRNAのUで記入できている。 コドン表を用いてmRNAのコドンに対応するアミノ酸を記入できている。 【予想される生徒の表現例】 プロリンー……， ロイシンー……，
C（努力を要する）状況
コドン表を用いてmRNAのコドンに対応するアミノ酸を記入できていない。 tRNAのコドンを読み取っている。 【予想される生徒の表現例】 グリシンー……
C状況生徒への補充指導
[補充指導] 塩基3つで1つのアミノ酸を指定すること，転写，翻訳を正しく理解しているかを確認させる。 コドン表の正しい読み取り方を理解させる。 mRNAのコドンを読みとることを理解させる。
判断基準A（十分満足できる）
【判断基準Bに加えて】 開始コドンに気付き，正しいアミノ酸配列を導き出している。 【予想される生徒の表現例】 メチオニンーバリンーヒスチジンーロイシンートレオニンープロリンーグルタミン酸ーグルタミン酸ー
B状況生徒への深化指導
[深化指導] 終止コドンの存在等から，開始コドンの存在に気付かせる。

(4) 指導の実際

過程	時間	主な学習活動	指導上の配慮事項																																																		
導入	5分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 復習：ペアをつくる。 <div data-bbox="343 324 1045 459" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【問】 生体で働くタンパク質の例を二つ上げよ。 (酵素, コラーゲン, アクチンとミオシン, ホルモン, フィブリン, 抗体など)</p> </div> <div data-bbox="343 459 861 806">  </div> <div data-bbox="861 492 1045 772" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> <p>「カタラーゼやペプシン等の酵素」はどうか?</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 遺伝情報をもつDNAからタンパク質が合成される過程を学ぶことを確認する。 ○ ワークシート①, コドン表の配布 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ペアで答えを確認させる。 ・ 積極的に自らの意見を発表するよう促す。 ・ 出した答えが合っているかもペアで確認させる。 ・ 多くの種類のタンパク質が、どのように合成されるか考えさせる。 ・ 授業の流れを確認させる。 																																																		
展開	40分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 遺伝情報の流れ(セントラルドグマ)を考える。 ○ 転写を理解する。 ○ 翻訳を理解する。 <ul style="list-style-type: none"> ○ 既習内容の確認 遺伝情報の流れを図式化する。 ○ 考察問題への取組 <div data-bbox="343 1288 1045 1512" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・ ワークシート①の説明を聞き, DNA→RNA→タンパク質(アミノ酸)の記入例を確認する。 ・ まず, 一人で問題を解く。 ・ 3~4人の班をつくり, 意見を交換する。 ・ 各班の代表者が最初のアミノ酸を答える。 </div> <div data-bbox="351 1568 662 1937"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">U (ウラシル)</th> <th colspan="2">C (シトシン)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">1番目の塩基</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">U</td> <td>UUU</td> <td>フェニルアラニン (Phe)</td> <td>UCU</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UUC</td> <td></td> <td>UCC</td> <td>セリ:</td> </tr> <tr> <td>UUA</td> <td>ロイシン (Leu)</td> <td>UCA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UUG</td> <td></td> <td>UCG</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">C</td> <td>CUU</td> <td></td> <td>CCU</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CUC</td> <td>ロイシン (Leu)</td> <td>CCC</td> <td>プロ:</td> </tr> <tr> <td>CUA</td> <td></td> <td>CCA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CUG</td> <td></td> <td>CCG</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">A</td> <td>AUU</td> <td></td> <td>ACU</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AUC</td> <td>イソロイシン (Ile)</td> <td>ACC</td> <td>トリ:</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">コドン表(一部分拡大)</p> </div> <div data-bbox="678 1568 1045 1948">  <p style="text-align: center;">ワークシート</p> </div>			U (ウラシル)		C (シトシン)		1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン (Phe)	UCU		UUC		UCC	セリ:	UUA	ロイシン (Leu)	UCA		UUG		UCG		C	CUU		CCU		CUC	ロイシン (Leu)	CCC	プロ:	CUA		CCA		CUG		CCG		A	AUU		ACU		AUC	イソロイシン (Ile)	ACC	トリ:	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予習として教科書を読んでいることを確認する。 ・ mRNAではTがなく, Uがあること, コドンによりアミノ酸が指定されていることに気付かせる。 <div data-bbox="1069 1198 1436 1400" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>説明の時間は15分と短くした。あとは, コドン表の扱い方のみ簡単に説明した。</p> </div> <div data-bbox="1069 1433 1436 1814">  <p style="text-align: center;">板書の一部</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポイントを整理させ, 課題解決の手掛かりをもたせる。
		U (ウラシル)		C (シトシン)																																																	
1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン (Phe)	UCU																																																	
		UUC		UCC	セリ:																																																
		UUA	ロイシン (Leu)	UCA																																																	
		UUG		UCG																																																	
C	CUU		CCU																																																		
	CUC	ロイシン (Leu)	CCC	プロ:																																																	
	CUA		CCA																																																		
	CUG		CCG																																																		
A	AUU		ACU																																																		
	AUC	イソロイシン (Ile)	ACC	トリ:																																																	



考察の様子

- ・ 課題は、自分なりの解法をもてるものの、正しい解法には至りにくいものを設定し、思考を促した。
- ・ まず自分一人で考えさせるが、思考が進まない場合は隣の生徒と協力し考えさせる。
- ・ 自分が記入したことは消さないようにさせる。
- ・ 班で協力し合っているか、互いに話し合っているかを、声掛けしながら確認する。

【思考・判断・表現】



班の代表による発表

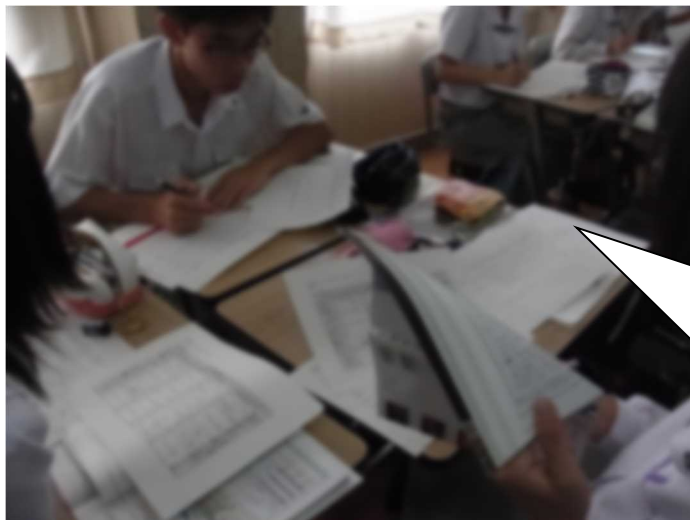
私たちの班は、メチオニンだと考えました。どこから読み始めればいいのか分からなかったので、とりあえず1番左からコドン表で読んでいきました。すると終始コドンという配列に当たりました。このことで、開始コドン(メチオニン)という配列があるのではないかとということに気付いたからです。

1番目のアミノ酸はプロリンだと思います。その理由は、最初のmRNAが、CCAだからです。

九つの班中八つの班の最初のアミノ酸の解答がプロリンまたはグリシンなど「判断基準B」、又は「判断基準C」であった。一つの班だけ解答がメチオニンで「判断基準A」であった。

- ワークシート②, ③を配布し改めて同じ問題を解く。
- 再考察(各自, 各グループ)

- ・ tRNAの塩基配列よりアミノ酸を導いていないか。また、開始コドンから翻訳を開始しているかどうか気付かせる。
- ・ 机間指導と声掛けを行う。
- ・ 全ての班に正解は伝えず、改めて問題に向かわせる。



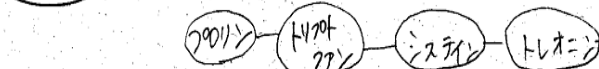
再考察の様子

自分たちの班とは違う答えがあった。なぜ、1番目のアミノ酸がメチオニンになることがあるのだろうか。自分たちの答えは合っているのだろうか。何か自分たちの考え方が、間違っているのではないだろうか。

mRNA . . . C C A U G G U G C A C C . . .

tRNA G G U A C C A C G U G G

アミノ酸 グリシン トロネン トロネン トロネン

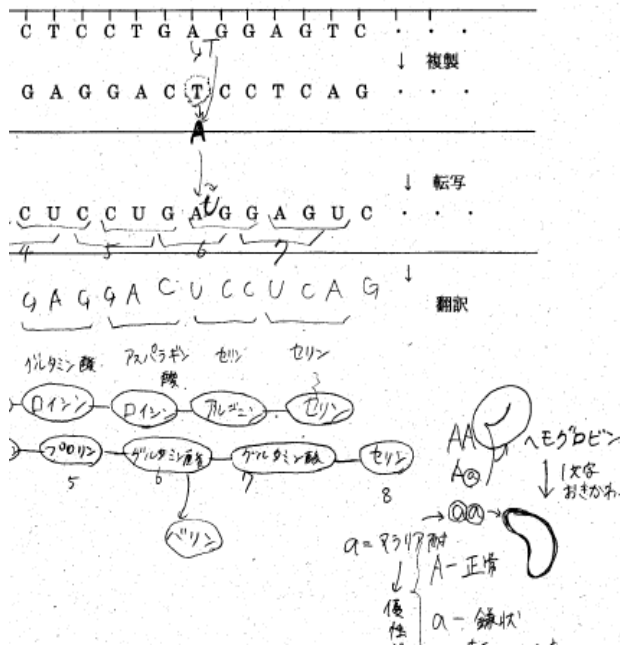


気づいたこと
メチオン 開始コドン
バリン 1
セリン 2
ロイシン 3

再考察のワークシート

再考察において、生徒が自ら tRNA を読みとった間違いに気付いたり (C 状況の生徒), mRNA の開始コドン (AUG) に気付く (B 状況の生徒), AUG から読み取る生徒の変容を見取ることができた。

- ヘモグロビン β6 番目のアミノ酸のグルタミン酸がバリンになることで鎌状赤血球貧血症が引き起こされることを理解する。
また、グルタミン酸がバリンに置き換わるということが 1 つの塩基の異常だとした場合、DNA の塩基配列のどの部分で何が起きているのか考える。



- ヘモグロビン β6 番目アミノ酸の DNA 塩基配列 (鋳型鎖) GAG → GTG になることを理解させるとき、1 つの塩基の違いだけであることを気付かせる。
- 塩基配列の重要性、塩基が一文字異なるだけで、タンパク質の立体構造に変化が起これること、コドン表の使い方、開始コドンと終始コドンの存在などを、再度考察させる。
- 塩基が一つ換わるだけでヘモグロビンの立体構造が変わり貧血症になりやすくなる。このことから病気との関連に気付かせ、実生活との結び付きを考えさせる。

- 次の時間の指示を受ける。

終末 5分

(5) 主体的・協働的に学ぶ学習を効果的に行うための工夫

- ・ 授業の導入で、生体内で働く身近なタンパク質についての発問をし、自らの意見を発表させたり、出し合った意見が正しいかペアで確認させたりし、話し合う雰囲気を作った。
- ・ 遺伝情報の流れを図式化し、課題解決への手掛かりをもたせた。
- ・ 課題は自分なりに解をもつことができるものの、正しい解には至りにくいものを設定した。そのため、話し合いが活性化し、発表の場面でも自分の考えを論理的に説明することができた。
- ・ 終止コドンの存在から開始コドンの存在に気付かせるような、ワークシートの問題を設定した。
- ・ 机間指導の中で班の状況に応じたヒントを与え、補充指導や深化指導を行った。
- ・ ワークシートの問題には、鎌状赤血球貧血症の話題にスムーズに移行できるような問いを設定した。

5 研究の成果と課題

(1) 成果

- 導入で、ペアによりタンパク質の種類と働きを確認させることで、主体的な学びの意識付けができた。
- あるグループから、多くの生徒が気付かなかった視点を示されたことで、生徒の課題意識を一層高め、再考察において自らの考えを修正し、正しい解法に至ることができた。
- これまでであれば、説明に2時間以上かかる学習内容のテーマである。しかし、グループによる問題解決を通して転写、翻訳、コドン表の扱い、開始コドンと終始コドンの存在と必要性、鎌状赤血球貧血症、メンデルの法則によるマラリアとの関連、置換などの突然変異による塩基の変化がもたらすことを1時間で確認でき、理解の深化につなげることができた。
- 班での発表で全9班中AUGの開始コドンに気付き一番目のアミノ酸はメチオニンと答えた「判断基準A」の班は1班のみであった。また、この時、メチオニンを正解とは生徒に伝えずに再考察させることで、各班とも他の班の解答と自分たちの班の解答を比べ、より深く思考することで、主体的・協働的に学ぶ学習を行うことができた。事後アンケートより「たくさんの仕掛けがされていた分、分かった時に『なるほど!』と思えたのが楽しかった。」など、教師側の説明なしに再考察をして各自、各班が、思考を深化させることができた。
- 一番目のアミノ酸をグリシンと導いた生徒は、mRNAのコドンではなくtRNAのアンチコドンに気付く補充指導を実施し、指導と評価を一体的に行うことができた。

他人の意見を聞いて、自分の意見を
考えることに心がけてきた。

授業後アンケートより

アイデアを出し合い、試行錯誤することで
理解しやすかった。

先生がすべてを説明しないで自分たちで
気づくことの大切さを感じた。

授業後アンケートより

- 一番目のアミノ酸をプロリンと導いた生徒は、正しく転写を理解してコドン表を扱うことができることからB状況にあると見取ることがきる。この際、左から5番目のアミノ酸はUGAで終止コドンとなり、アミノ酸が続かないことにも気付く生徒も見られた。この場合、生徒の再考察の後、「ここは終止コドンとなっているね。終止コドンがあるなら、何があるかな。」という深化指導により開始コドンに気付かせ、1番目のアミノ酸をメチオニンと導き出させることができた。
 - 完成したワークシートを基に鎌状赤血球貧血症の話題を紹介することで、学習内容が病気等の身近な実生活と結び付いていることに関係することにつながった。事後アンケートには、「鎌状赤血球の話は面白かった。」、「マラリアに対する豆知識を知れてよかった。」などの答えがあり、より興味・関心を高めることができた。
 - 今回の考察学習等、観察、実験の場面だけではなく、その前後の学習においても、主体的・協働的な学びを取り入れることで、効果的に授業を展開できた。
- (2) 課題
- 事前アンケートで「どこが要点か言ってくれれば嬉しい」など受け身的な授業態度も見られる。また、教師の説明が短く、板書量も少ないと不安になる生徒も見受けられる。主体的に学習内容を理解し、学習ポイントを確認することができるような指導の工夫が必要である。
 - 互いに意見交換する場面で、自分の考えをうまく表現できない生徒が見られた。中には、学習内容が理解できないままの生徒もいたことから、授業後や、次の授業時間で、補充となる指導の在り方をしっかりと考えておく必要がある。