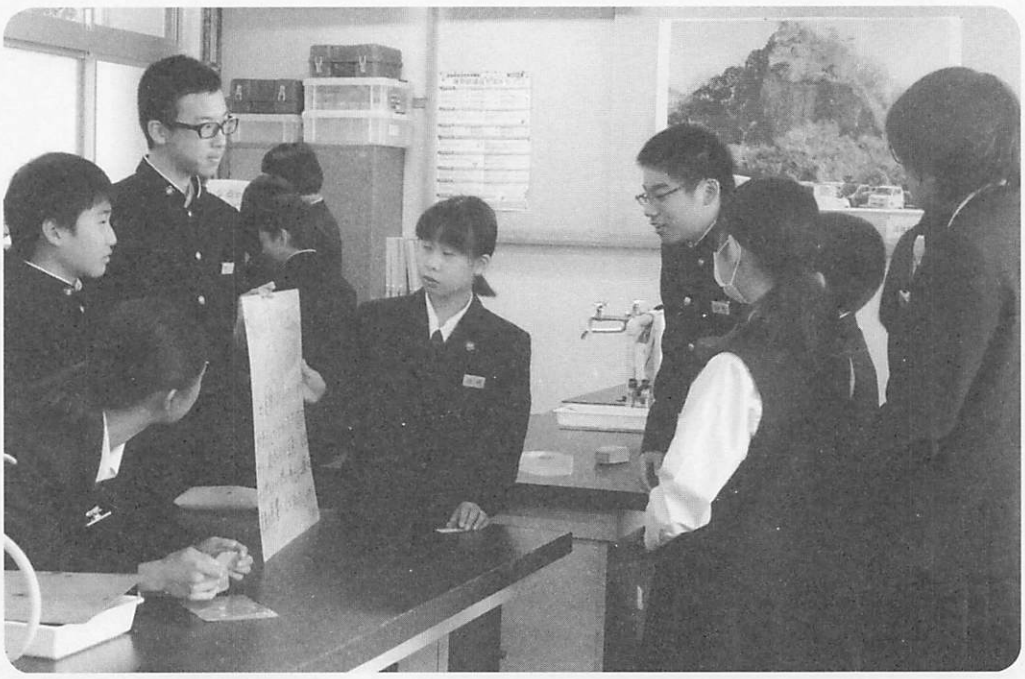
理科

教科領域研究テーマ
【科学的根拠に基づき判断する態度の育成】



理　科

科学的根拠に基づき判断する態度の育成

実　践　者　岡本　慎次，沖野　俊也，森山由香里
愛媛大学研究パートナー　中本　　剛，細田　宏樹，向　　平和

第１章　はじめに

昨年度，理科では，生徒に身に付けさせたい資質・能力として「問題解決力」を掲げ，その実現のため，「課題の解決に向け，自ら考え，見通しを持って行動する力が育つ理科学習の展開」をテーマに研究を進めた。その結果，次のような成果と課題が見えた。

○「自ら考える」ためには，問題の把握の場面で生徒の実態に応じた身近な現象を取り上げることが有効であるが，その土台として基礎・基本が確実に生徒に定着していることが必要である。また，ペアという学習形態が，すべての生徒が自ら考える姿勢を生むのに効果的である。
○「見通しを持って行動する力」を高めるため，単元を通して同じような思考の流れをパターン化して繰り返し行わせることで，次第に生徒たちも生き生きと活動できるようになり，質の高まりが見えた。一方で，論理的思考が形だけに終わらず，よりよく使いこなせるものになるよう磨いていく指導の工夫が必要である。

これらを受け，本年度は，「科学的根拠に基づき判断する態度の育成」を教科領域研究テーマとして掲げた。なぜかというと，「科学的根拠に基づき判断する態度」が，理科でいう「持続可能な社会を支える資質・能力」にあたると考えたからである。本校生徒の実態として，自分の言葉で予想や考察を書ける生徒が多い。しかしながら，それが相手を納得させるものであるかというと課題がある。相手に分かりやすく伝え，相手を納得させるためには，「科学的な根拠」を示すことが重要であると考えた。さらに，「論理的に思考し表現する学び合い」についても，引き続きよりよい在り方を探っていきたいと考えた。

なお，平成29年３月の新学習指導要領公示に合わせ，研究の内容や方法について見直しを図った部分もある。私たち３名がどのように「科学的根拠に基づき判断する態度の育成」を目指したのか，**表１**に示す。

表１　理科における各個人研究テーマと実践を行った単元

	実践者	個人研究テーマ	学年	単元名
その１	岡本　慎次	科学的に探究する力と科学的根拠を基に表現する力の育成	３年	生命の連続性 「遺伝の規則性と遺伝子」
その２	沖野　俊也	知識や概念から予測し，科学的根拠により集団決定を行う学習展開 ―コンセンサスゲームの手法を通して―	２年	天気とその変化 「気象観測と雲のでき方」
その３	森山由香里	科学的根拠を基に議論を深める生徒が育つ理科学習の展開	１年	身のまわりの物質 「物質の姿と状態変化」

以上のような個人研究テーマを基に，持続可能な社会を支える生徒の将来の姿に思いを馳せながら，資質・能力を高めるための研究を行った。

第２章　研究の実際

研究（その１）

科学的に探究する力と科学的根拠を基に表現する力の育成

（実践者）岡本　慎次

１　研究テーマ設定の理由

自然の事物・現象を扱う理科の学習においては，観察，実験などを行うことで，理解を深め，理科の見方・考え方を養うことを軸としている。「持続可能な社会」の形成に資するためには，自然の事物・現象に進んで関わり，目的意識を持ち，自ら考え，見通しを持って判断する授業展開が重要だと考える。そこで本研究では，得られた結果を分析して解釈するなど，科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力が科学的根拠に基づき判断する態度につながるものと考え，本研究テーマを設定した。

２　研究の内容と方法

(1)　問題解決の過程を重視した授業実践

問題解決の過程とは，問題の把握，問題の追究，問題の解決の過程で構成される。問題の把握においては，生徒の事象に対する「驚き」から授業が始まり，「不思議さ」に気付かせ，「なぜだろう？」という「疑問」を持たせる。問題の追究においては，その事象から得た「疑問」から「学習問題」を立て，生徒が持つ既習事項や生活経験に照らし合わせ，予想・仮説を設定し，検証計画を立てる。また，観察・実験を通して得た結果に基づいて，「学習問題」に対する科学的な思考を行う。その際，「学習問題」に対する考察を集団の中で高め合い，思考と表現をより深める。問題の解決においては，科学的な証拠に基づく分析・解釈を行い，それを言語化する。生徒が，実感を伴い納得する結論を導くとともに，日常生活や社会との関わりや新たな疑問について取り上げる。

(2)　積極的なグループ学習を図る，学び合いの場の充実

積極的なグループ学習を実現するため，個々の考えを持たせた上で，ペア・グループ学習を中心にした効果的な仲間との学び合いの場を多く取り入れる。

３　研究の実際

(1)　生徒の実態

本学級の生徒（40名）は，理科の観察・実験に対して興味・関心が高く，探究心を持って学習に取り組めている。(40名中40名) また，観察・実験した結果をもとに意見を出したり，話し合ったりする活動にも積極的に取り組む生徒が多い。(40名中26名) しかし，仲間の意見を参考にして自分の考えや見通しを持つまでには至っていない。また，積極的な生徒の意見に押しつぶされ，自分の意見や考えを十分発表できていない生徒も少なからずいる。(40名中５名) そのため，積極的に自分の意見が言える生徒は，授業は楽しいが，それが困難な生徒にとっては，学習意欲の低下や理解度の低下にもつながる状況が見られた。こうした生徒の実態を踏まえ，できるだけ観察・実験を取り入れることで，探究心を持たせるようにした。また，すべての生徒が意見を出せるように，個々の考えをしっかり持たせてからグループ学習を取り入れるようにし，一人でも多くの生徒が学習課題の解決に向け，自ら考え見通しを持つことができるようにした。

(2)　論理的に思考し表現する力を高めるための工夫

身近な事物・現象に対する不思議さや面白さに直接触れさせるようにし，日常生活に見られる現象と結びつけて，身近な現象に対する興味・関心を高めるようにしたい。

まず，日常生活との関わりが深く，直接体験が可能な現象を取り上げる。生物に関する観察・実験を通して，それらの結果を図示して考察することなどによって，規則性を見いだす意欲や，身のまわりの現象と関連させて調べようとする主体的な態度を身に付けさせたい。次に，生物の成長とふえ方や遺伝現象の基礎的な仕組みを学ぶとともに，仕組みを図で表して考察する方法，結果を表にするなどの測定値の処理の仕方など，科学的な方法を習得できるようにしたい。

本時は，遺伝の規則性の発展で，Fast　Plantsの観察を通して，２遺伝子雑種における遺伝の規則性を理解させる。その際，話合い活動（「ペア→小集団（班）→全体」）を取り入れ，遺伝の規則性について根拠を基に説明するなど仲間と学び合いながら課題を解決させたい。

(3) 授業の実際

ア 指導の実際

(ア) 逆向き設計を活用した指導計画　　単元名「遺伝の規則性と遺伝子」

(a) 研究テーマ（育成したい持続可能な社会を支える資質・能力）

科学的に探究する力と科学的根拠を基に表現する力の育成

(b) 教科領域で育成すべき「論理的に思考し表現する力」　　時数：全22時間

科学的根拠に基づき判断する態度の育成　　実施時期：平成29年11月

<table>
<tr><th colspan="2">第１段階：求められている結果</th></tr>
<tr><td colspan="2">本単元における設定されている目標：　【G】goals
(a) 研究テーマに対して：
生物の遺伝の規則性について理解を深め，多様性と共通性の視点から探究するために必要な観察・実験等に関する基本的な技能を身に付け，科学的に探究する態度を高めることができる。
(b) 「論理的に思考し表現する力」に対して：
生物の交雑実験について遺伝子のモデルなどを用いて科学的に探究し，メンデルの遺伝の規則性を基に，他者と議論を深めようとする。</td></tr>
<tr><td>永続的な理解　【U】understanding
細胞分裂などの観察を行うと，生物の成長や生殖を細胞レベルで捉えることができる。また，遺伝現象に目を向けると，「子は親に似る」と言われるように，遺伝により形質が親から子へどう伝わるかは，昔から人々の興味の対象であった。このような遺伝現象が近代科学と成立したのは，メンデルの功績によるものが大きい。生物の成長や生殖について，細胞や染色体，遺伝子レベルで理解することで，成長や遺伝の仕組みを科学的に捉え，生命の連続性について認識を深め，生命を尊重する気持ちを高めることができる。</td><td>本質的な問い　【Q】questions
身近な生物の成長とふえ方，遺伝現象の仕組みはどのようになっているのだろうか。</td></tr>
<tr><td>生徒は次のことを知る　【K】knowledge
• メンデルの交配実験がどのようなものか知ること
• 染色体にある遺伝子を介して親から子へ形質が伝わること
• 生殖細胞の分裂方法について知ること
• 分離の法則について知ること
• 染色体が対になっていること
• 遺伝子の本体がＤＮＡであること
• 優性の法則を知ること
• 形質の表れ方の規則性を知ること</td><td>生徒は次のことができるようになる　【S】skills (a)
(a)について
• 安全な観察・実験ができる。
• 表やグラフに結果を表すことができる。
• 遺伝の規則性をモデル等を用いて説明できる。
• 他者に自分の考えを適切に伝えたり，他者の考えを聞いて自分の考えと照らし合わせ自分の考えを再構成したりすることができる。
• 規則性を持って親から子に形質が伝えられること，遺伝子の本体がＤＮＡであることに関する研究成果が，日常生活や社会に関わる様々な分野で利用されていることについて，文献や情報通信などを活用し，理解を深めることができる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">生徒は次のことができるようになる　【S】skills (b)
(b)について
• 課題について自分なりに考え，科学的根拠を基に自分の考えを筋道を立てて表現すること。
• 結果を分析，解釈し結果から分かることを，遺伝のモデルや交雑表を用いて，他者に分かりやすく説明し合うことで，議論を深めることができる。</td></tr>
<tr><th colspan="2">第２段階：評価のための証拠</th></tr>
<tr><td>(a)に対して　【T】tasks (a)
あなたは，生物学者です。友人からある植物（Fast Plants）の茎の色と葉の色の遺伝について教えてほしいと相談を受けました。友人に分かるように遺伝の規則性を説明してください。また，説明内容が「なるほど，そういうことなのか。」と分かるような図を使ってかき表してください。</td><td>他の根拠　【ＯＥ】other evidence (a)
• ２つの形質の遺伝子を優性の形質を大文字のアルファベット，劣性の形質を小文字のアルファベットで表すことができているか。
• 分離の法則から生殖細胞の持つ遺伝子の組み合わせを表すことができているか。
• 交雑表を用いて遺伝の伝わり方を表すことができているか。</td></tr>
<tr><td>(b)に対して　【T】tasks (b)
• 各実験レポートにおける課題に対する自分の考えの記述が科学的根拠を基にして書かれてあるか。
• 各実験レポートにおける考察の記述が，科学的根拠に基にして書かれてあるか。</td><td>他の根拠　【ＯＥ】other evidence (b)
• 相手の考えを自分の考えと比較しながら聞き，６Ｗ１Ｈを生かして質問することができているか。
• 相手の考えを適切に捉え，自分の考えを深めることができているか。</td></tr>
<tr><th colspan="2">第３段階：学習計画</th></tr>
<tr><td colspan="2">1　有性生殖と無性生殖は，どのように行われるのだろうか。
2　染色体は，どのような仕組みで，親から子へ受け継がれるのだろうか。
3　親の形質は，どのようにして子や孫に受け継がれるのだろうか。</td></tr>
</table>

イ　本時の指導（1／22時間）

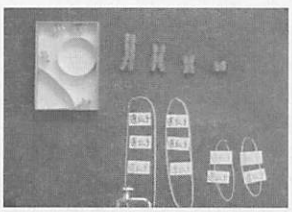
(ア)　主　題　親の形質は，どのようにして子や孫に受け継がれるのだろうか。

(イ)　ねらい

○メンデルが行った1遺伝子雑種の交配実験を踏まえ，2遺伝子雑種の交配実験の結果から，親のもつ染色体に遺伝子がどのように配置されているか考えることができる。

○遺伝の仕組みについて，図などを用いながら根拠を基に分かりやすく伝えることができる。

(ウ)　展　開

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ　•予想される生徒の反応	○指導の工夫　◇評価（方法）
1　既習事項の復習をする。　（一斉）	5	○エンドウの種子の形質（まる・しわ）が子や孫にどのように伝わるか。 • 両方の親の遺伝子が半分ずつ伝わる。 • 両方の親の遺伝子を受け継ぐがどちらか一方の形質が現れる。	○本時の内容を理解しやすくするために，ワークシートを使って1組の遺伝子の形質の分離比を復習させた。 ○すべての生徒が考えられるようにするため，細胞，染色体，遺伝子について，モデルを使って分かりやすく確認した。
2　導入を行う。　（一斉）	5	○染色体と遺伝子の関係はどのようになっているか。 • 細胞の中に核があり，核の中に遺伝子がある。 • 核の中に染色体があり，その中に遺伝子がある。	
3　本時のパフォーマンス課題を聞く。　（一斉）	3	○1つの染色体には，遺伝子がいくつものっていることを確認した。	
あなたは，生物学者です。友人からある植物（Fast Plants）の茎の色と葉の色の遺伝について教えてほしいと相談を受けました。友人に分かるように遺伝の規則性を説明してください。また，説明内容が「なるほど，そういうことなのか。」と分かるような図を使って書き表してください。			
4　観察をする。 （個人→グループ→全体） 	10	○観察を行い，Fast Plantsの茎の色と葉の色の組合せの個数を確認した。 	○観察しやすいように図を用いて組合せを確認した。  **○ペアで観察を行わせ，記録させ，話し合わせることで考えを深めさせた。**
	22	○結果を全体で合わせる。 （茎の色/葉の色） （紫/緑）:（紫/黄緑）:（緑/緑）:（緑:黄緑） 9　:　3　:　3　:　1 ※種の個数が200個と少ないため分離比を知らせた。	◇きちんと組み合わせを確認でき，全体の個数を求めることができている。 （観察・実験の技能） ○茎の紫，葉の緑が優性であり，茎の紫の遺伝子をＡａ，葉の緑の遺伝子をＢｂとして考えることを知らせた。
5　パフォーマンス課題について考える。 （個人→グループ） 		○個々の考えをしっかり持たせ，整理させた。 ○茎の色の遺伝子と葉に色の遺伝子はどのように表しますか。 • AA,Aa,aa,BB,Bb,bbと表す。 ○2組の遺伝子が染色体にどのように乗っているか考える。 • Aの遺伝子と異なる染色体にBの遺伝子をのせると，観察結果の比になる。	○遺伝の規則性を見いださせるため，2つの形質の遺伝子が染色体にどのように乗っているかを意識させた。 ◇遺伝の規則性を染色体モデルを用いるなどして見いだせている。　（ワークシート） 〔パフォーマンス課題〕
6　本時の学びを振り返る。 （グループ→個人）	5	○グループでパフォーマンス課題を発表し合う。	**○個々の考えを深めるため，問答ゲームを行った。**

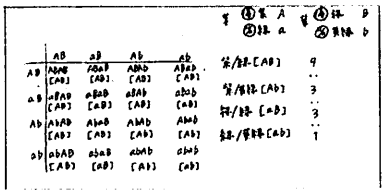
ウ　考　察

(ア)　生徒の学びの実際より

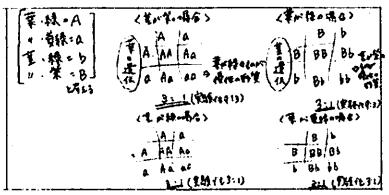
今回は，Fast Plantsの茎の色と葉の色の二つの形質について遺伝の規則性を探らせた。生徒たちは，一つの形質の交雑実験（メンデルの交配実験）を基に考えを述べていたが，遺伝子が染色体にどのように乗っているか，生殖細胞で行われる減数分裂の様子がはっきり理解できていないため，議論が難しい生徒がいた。そのため，個々の考えをしっかり持たせたかったが，個々の考えをしっかり持てなかった生徒が見られた。その後，問答ゲームを取り入れたことで，個々の考えが持てなかった生徒は，考えが持てた生徒の意見に流されたようになった。

パフォーマンス課題に対する生徒のワークシートの記述を評価した。(**図１**）二つの形質の遺伝子が染色体にどのように乗り，子に伝わっていくかを遺伝子のモデルと交雑表で正しく記入できている生徒（評価Ａ）は全体の40％程で，二つの形質の遺伝子が染色体にどのように乗っているかは正しく説明できないが，形質の組合わせから考えている生徒（評価Ｂ）は全体の50％程いた。残りの生徒は，一つの形質の交雑実験は理解できているが，二つの形質になるとどこから考えていいか分からなくなっている生徒がいた。

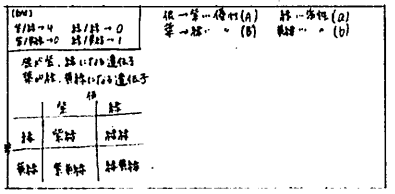
生徒の思考を考えると，遺伝子の組み合わせの段階で，遺伝子が染色体に乗っている条件をしっかり理解させる必要があった。



評価Ａ



評価Ｂ



評価Ｃ

図１　生徒のワークシート（パフォーマンス課題に対する解答）

(イ)　授業研究の視点から

参観された先生から，以下のようなご意見を頂いた。

○パフォーマンス課題について考えさせることは，科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力の育成に効果的であったか。

- 優性，劣性が現れる割合を，科学的（数学の組合せの場面と捉えて）に探究している生徒がほとんどで，解決できていた生徒も半数くらいいたので，効果はあった。
- 根拠を基に表現するところでは，パフォーマンス課題の設定としては良かったものの，実際の解決の場面では根拠が明らかになっていない生徒が多かった。その原因としては，組合せの大前提となる，各要素の条件がはっきり理解できていないことが挙げられる。

○授業を通して，得られた結果を分析して解釈する姿が見られたか。

- 実験では，少しずれた結果になったけれど，大まかな割合の予想と科学的な調査がつながった生徒がいた。
- 中には，科学的な調査の結果を伝えてそこで終了してしまった生徒がいた。
- パフォーマンス課題としての結論「実際と論理のつながり（考えた仕組みが，実験の結果としても表れているという）」を明らかにさせる発問，コーディネートが必要である。

４　成果と課題

どの評価の生徒に対しても積極的に課題について解決しようとする意欲は見られた。これは，身近な生物の発芽を用いた教材であったため，現象を目で確かめながら考えることができたためだと考える。また，ペア・グループ学習を取り入れたため，お互いがしっかり協力し観察したり，話し合ったりする機会が多くなったためだとも考える。

問題の把握においては，今回のように身近な現象を取り入れれば，「なぜだろう？」という疑問を持たせることができ，次の問題の追究につながることが分かった。問題の追究においては，しっかりとした基礎・基本の定着（今回の授業では，遺伝子と染色体の関係，分離の法則）と条件整理（染色体に遺伝子が乗る条件）が不十分だと，説明や図示の仕方に過りや解決が明確でないことが生じ，最終の問題の解決にたどり着かないことも分かった。

しかし，今回の授業のようにペア・グループ学習を多く取り入れ，問題解決の過程を重視した学習を取り入れれば，自然の事物・現象に進んで関わり，目的意識を持ち，自ら考え，見通しをもって行動する力が育ち，よりよい社会を切り拓こうとする力の育成につながると感じた。

研究（その2）

知識や概念から予測し，科学的根拠により集団決定を行う学習展開

―コンセンサスゲームの手法を通して―

（実践者）沖野　俊也

1　研究テーマ設定の理由

今後の社会で重要な資質･能力となるのは,「情報を正しく収集し,認識する力」「分析する力」「アイディアを出す力」「他者の意見を聞く力」「アイディアを練り合う力」などがある。理科の資質･能力とは,「科学的な知識や概念を用いて合理的に判断し，科学的な根拠に基づいて賢明な意思決定ができるような力を身に付ける」ことであると考える。

話合い活動を行っていても，生徒は意見を出すだけで，意見を練り合うことを意識していない場合が見られる。そのため，科学的根拠に基づき判断する態度を培う上で，授業展開の中でコンセンサスゲームの手法を用いることが有効と考えた。コンセンサスゲームとは，一人で行動を決めるのではなく，グループで行動方針を決める活動である。お互いに高め合える集団を形成するには，妥協ではなく議論による決定が重要である。目的達成のための論理的な思考の重要性や，集団決定の大切さを学ばせることができると考え，このテーマを設定した。

2　研究の内容及び方法

(1)　生徒が疑問を持って取り組む学習課題の設定

大切なのは生徒自身が気付き，学習しようとする動機を起こさせることである。意欲を持って学習に取り組める学習課題や導入の工夫を各単元で設定したい。

(2)　コンセンサスゲームの手法を用いた効果的な話合いの場の設定

学級活動でコンセンサスゲームを含むグループワークトレーニング（ＧＷＴ）を行う。より幅広く，より深い学びを成立させるためにその手法を教科で用い，他者との対話的な学びの場を設定したい。

3　研究の実際

(1)　生徒の実態

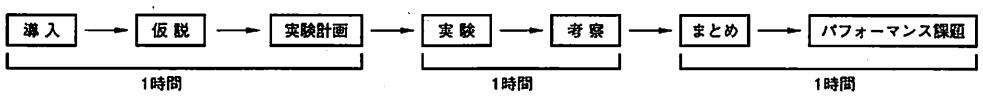
本学級の生徒（39名）は，理科の学習に対して前向きで，実験・観察等に積極的に取り組むことができる。アンケート（９月実施）では,「理科の学習は楽しい」30名（76.9%),「楽しくない」２名（5.1%）であった。「楽しくない」と答えた２名はいずれも「暗記することが苦手だから」との理由であった。本単元を学習する上で行った事前調査（10月25日実施）の結果から見ると，約89%の生徒が天気の学習に興味・関心があり，約71%の生徒がこれからの天気の動向が気になっている。このことから本単元は生活と密接にかかわる内容であるといえる。また，天気予報ができるようになりたいと考えている生徒が約82%いることから，本単元に対する生徒の意欲は高い。

本学級では，４月当初から11月までに学級活動で「観る･聴く･伝える･まとめる」といったコミュニケーションの基礎力を向上させる目的のＧＷＴを９時間行った。また，培った力を活用するコンセンサスゲームを用いた学級活動を３時間行った。生徒たちは自分の意見を伝えることや人の意見を聞くことを面白いと感じていた。振り返りでも前向きな意見が出ていた。アンケートでも「ＧＷＴは好きではない」「ＧＷＴはこれからの生活に役に立たない」と答えた生徒は０名であった。また，９割以上の生徒が「コンセンサスの手法は大切だ」と答えた。

(2)　論理的に思考し表現する力を高めるための工夫

科学的な現象に対して生徒は自分なりの概念を持っている。その知識から仮説を立て，その仮説を小集団で出し合い，コンセンサスをとるという手法を取り入れることで現象に対する興味・関心や現象を説明する表現力を高めたい。また，実験・観察の方法を考える場面や，結果から考察を行う場面でもコンセンサスをとることを設定し，個々の意欲や理解を高めたい。

実験が必要な授業を１時間で構成することは困難である。下の図のように課題解決を２時間で行う構成にした。今回はエアコンの再熱除湿のしくみを考える身近な現象の説明を行う課題を設定した。試行錯誤しながら課題を探究する過程を大切にし，永続的な理解につなげたい。



(3) 授業の実際

ア 指導の実際

(ア) 逆向き設計を活用した指導計画　　単元名「気象観測と雲のでき方」

(a) 研究テーマ（育成したい持続可能な社会を支える資質・能力）

知識や概念から予測し，科学的根拠により集団決定を行う学習展開
－コンセンサスゲームの手法を通して－

(b) 教科領域で育成すべき「論理的に思考し表現する力」　　時数：全10時間

根拠を明らかにして予想や考察を行う力　　実施時期：平成29年11月

第１段階：求められている結果

本単元における設定されている目標　【G】goals

(a) 研究テーマに対して：

空気中の水蒸気の変化についてさらに理解を深め，時間的・空間的な視点から探究するために必要な観察・実験等に関する基本的な技能を身に付け，科学的に探究する態度を高めることができる。

(b) 「論理的に思考し表現する力」に対して：

空気中の水蒸気の変化に関する観察・実験などについて日常の現象の知識等を用いて科学的に探究し，科学的根拠を基に他者と互いに議論を深めようとする。

永続的な理解 【U】understanding	***本質的な問い*** 【Q】questions
日常何気なく見過ごしている様々な気象現象には，主な気象要素である気温・湿度・気圧・風向・風力などが相互的に関連し，その変化には規則性がある。窓やコップがくもるなど大気中の水蒸気が水滴に変化する現象は，気温による飽和水蒸気量の変化が原因であり，その考え方は霧や雲の発生につながる。また，気象現象は地球規模で変化しており，我々の日常生活や経済活動に大きな影響を与えていることを理解する。	身近な気象現象は何が要因で起こっているのか。
生徒は次のことを知る 【K】knowledge	**生徒は次のことができるようになる** 【S】skills (a)
• 水蒸気が水滴に変化するのは水蒸気の量と温度が関係すること • 空気がふくむことのできる水蒸気の量に限界があること • 空気のしめりぐあいは湿度で表すことができること • 空気が上昇すると気圧が下がり，膨張し，気温が下がること • 地表付近でも霧という現象が起こること • 地球上の水は，絶えず海と陸地と大気の間を循環していること • 空気は気圧の高いところから低いところへ向かって移動すること • 気象要素の意味と調べ方を理解すること	(a)について • 自分や他者の経験から現象を説明する態度を身に付ける。 • 安全な器具の取り扱い方や的確な実験操作を身に付ける。 • 大きな気象現象を身近な現象と関連させて説明できる。 • 他者の意見と自分の意見を練り合い，１つの意見を構築していく態度を身に付ける。 • 大気中の水蒸気が凝結する現象を気圧，気温及び湿度の変化と関連付けて捉えることができる。

生徒は次のことができるようになる 【S】skills (b)

(b)について

• 課題について自分なりに考え，科学的根拠を基に自分の考えを筋道立てて表現すること。
• 結果を分析・解釈し，結果から言えることを，日常の気象現象を参考に，他者とともに分かりやすく説明し合うことで，議論を深めることができる。

第２段階：評価のための証拠

(a)に対して 【T】tasks (a)	他の根拠 【OE】other evidence (a)
パフォーマンス課題： あなたはエアコンのしくみを知らない家族に「エアコンのドライ機能はどうやって見えない水分をとっているの？」と質問されました。以下の２点に触れて分かりやすく説明してあげてください。 ①身近で起こる現象 ②冷房・暖房よりも電気代が高いこと	• エアコンの除湿機能のしくみを自分の知識から予想してその考えをまとめることができているか。（ワークシート） • 実験計画書に自分の考えと他者の考えをまとめることができているか。（実験計画書） • 湿度を求める計算を正確にすることができているか。（小テストなど）
(b)に対して 【T】tasks (b)	他の根拠 【OE】other evidence (b)
• 各実験レポートにおける課題に対する自分の考えの記述が科学的根拠を基にして書かれてあるか。 • 各実験レポートにおける考察の記述が，科学的根拠を基にして書かれてあるか。	• 相手の考えを自分の考えと比較しながら聞き，６Ｗ１Ｈを生かして質問することができているか。 • 相手の考えを適切に捉え，相互評価を行うことができているか。など

第３段階：学習計画（「水蒸気の変化」のみ）

1　水蒸気と水滴の違いは何だろうか。
2　空気中の水分をとる方法はないか。（エアコンのしくみを題材としたコンセンサスゲーム）
3　結露が起こる温度を計測する方法を考えよう。（班で１つの実験を行うためのコンセンサスゲーム）
4　実験結果を基に飽和水蒸気量を理解する。
5　パフォーマンス課題に取り組む。
6　湿度の計算方法について知る。

(イ) 学習計画１～３の指導（１／10時間）

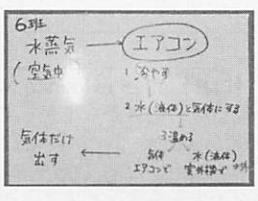
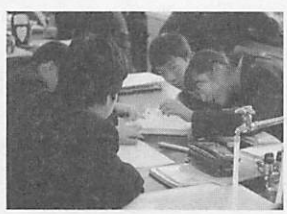
① 主　題　エアコンの除湿のしくみを考えよう

② ねらい

○除湿をする機能のしくみを知識や概念を用いて考え，自分なりの説明をすることができる。

○水蒸気が水滴になる条件を確かめる実験計画を班員と協力して立てることができる。

(ウ) 展　開

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ　•予想される生徒の反応	○指導の工夫　◇評価（方法）
1　小学校の学習内容の復習をする。（一斉）	2	○水と水蒸気の違いは何だろう。 • 湯気は見えるので水。 • 気体は見えない。	○実際に目で見えるようにするために，各班に湯，教卓に沸騰している湯を置いた。 ○小学校の既習事項を復習することによって，自分なりの予想をしやすくした。
2　課題の提示をする。（一斉）	3	○この教室には見えない水蒸気がたくさんありますね。 ○この水蒸気をとる方法はありますか。 • 乾燥剤 • エアコンのドライ	
エアコンはどのようにして空気中の水分をとっているのだろうか。			
3　仮説を立てる。（個人→小集団→全体） 	20	○エアコンの除湿はどのようなしくみか予想して班で一つの意見にしよう。 • 空気中の水蒸気を水滴にすればよい。  	◇自分なりの予想を説明することができている。（ワークシートの記述） **○現象を根拠を持って説明できるようにするために，仮説を一つにまとめる議論（コンセンサスゲーム）を行った。**
4　結露のようすを観察する。（一斉→小集団） 	5	○水蒸気が水滴になる身近な例はないかな。 • 冷たいものを入れたコップの表面に水滴がつく。 • なぜ冷やすと水滴がつくのだろうか。 • 温度差なのかな。 ○水蒸気が水滴になるには温度が関係ありそうだね。定量的に調べよう。	○水蒸気が水滴になることを確かめるために，結露のようすを観察させた。 
水蒸気が水滴になる条件を調べる実験の計画を立てよう。			
5　次時に行う実験の計画を立てる。（個人→小集団）	20	○実験計画書を作成しよう。 	○露点測定の実験を，皆が主体的に活動できるように，実験に適した実験道具を考えさせた。 **○実験のポイントを考えさせるために，一つの実験計画を立てる議論（コンセンサスゲーム）を行わせた。** ◇次時の実験がスムーズに行える計画書を作成することができる。（実験計画書）

イ　考　察

(ア)　生徒の学びの実際

意図する生徒の思考の流れは，**図１**の通りである。個人予想の段階で，「空気中の水蒸気を一度冷やして水滴にする」という発想を持った生徒は11名であった。その他は「風で飛ばす」「化学反応を起こす」「フィルターのようなもので水蒸気をとる」といったものがあった。班でコンセンサスをとった後は，「空気中の水蒸気を一度冷やして水滴にする」８班，「水の電気分解でとる」１班，「水蒸気を吸い取る」１班であった。最初に湯気を見せたのだが，個人の予想では正解が少なかった。コンセンサスをとることで「なるほど」と納得した生徒が多数いた。また，普段使っているエアコンを考えることで生徒の興味・関心は高まっていたように感じた。

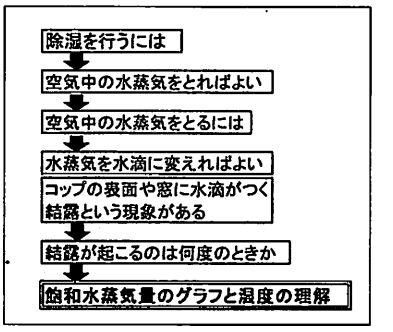


図１　生徒の思考の流れ

計画した実験を次時に行い，露点や飽和水蒸気量の考え方を伝えた。その後の時間で課題への確認としてパフォーマンス課題に個人で取り組んだ。身近な例も踏まえて，空気を凝結させて水滴をとり，一度冷やした空気を室温に戻すことが説明できている（評価Ａ）は，全体の18％程で，通常の冷房よりコストがかかること以外は正しく説明できている（評価Ｂ）は全体の82％であった。それらが説明できていない評価Ｃは０％であった。除湿機能は凝結を利用したもので，身近にも凝結の例があることは全員説明できていた。冷やした空気をまた温めることでコストがかかることに気付くことは，難易度が高かったようであった。

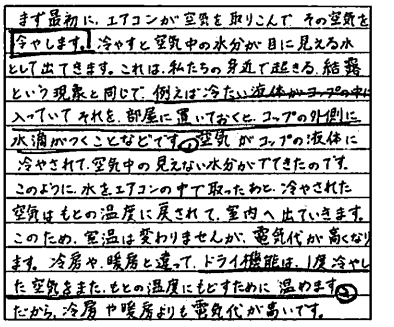

まず最初に，エアコンが空気を取りこんで その空気を
冷やします。冷やすと空気中の水分が目に見える水
として出てきます。これは，私たちの身近で起きる，結露
という現象と同じで，例えば冷たい液体がコップの中に
入っていて それを，部屋に置いておくと，コップの外側に
水滴がつくことなどです。②空気 がコップの液体に
冷やされて，空気中の見えない水分が でてきたのです。
このように，水をエアコンの中で取ったあと，冷やされた
空気はもとの温度に戻されて，室内へ出ていきます。
このため，室温は変わりませんが，電気代が 高くなり
ます。冷房や，暖房と違って，ドライ機能は，1度冷やし
た空気をまた，もとの温度にもどすために 温めます③
だから，冷房や暖房よりも電気代が高いです。

図２　評価Ａのワークシート

(イ)　授業研究の視点から

参観された先生方から，次のようなご意見をいただいた。

○課題について予想させ，予想を一つにまとめる（コンセンサスをとる）ことは科学的根拠に基づき判断する態度の育成につながったか。

- 知識や概念を精一杯活用しようと，生徒は懸命であった。導入時の観察が生かされた。
- 個人の予想にはばらつきが見られ，一つにまとめる際もその能力や発言力に左右されていた。
- コンセンサスをとる視点が科学的根拠に向かないと方向がちぐはぐな話合いになりそうだと思われた。課題の一番重要な要素とは何かを共有してもよいかと感じた。

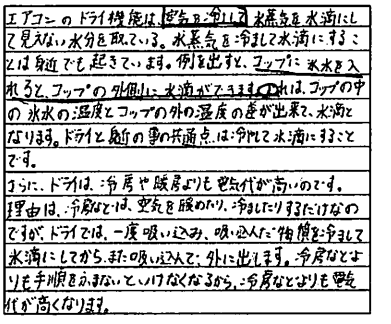

エアコンのドライ機能は 空気を冷して 水蒸気を水滴にし
て見えない水分を取っている。水蒸気を冷やして水滴にする
ことは身近でも起きています。例を出すと、コップに氷水を入
れると、コップの外側に水滴がでてきます。これは、コップの中
の氷水の温度とコップの外の温度の差が出来て、水滴と
なります。ドライと冷房の事の共通点は、冷やして水滴にすること
です。
ちがい、ドライは、冷房や暖房よりも電気代が高いのです。
理由は、冷房などは、空気を暖めたり、冷やしたりするだけなの
ですが、ドライでは、一度吸い込み、吸い込んだ物質を冷やして
水滴にしてから、また吸い込んで、外に出します。冷房などよ
りも手順をふまないといけなくなるから、冷房などよりも電気
代が高くなります。

図３　評価Ｂのワークシート

- 生徒の持っている科学的根拠が弱い感じがした。水滴と水蒸気の違いの既習事項も意外と理解できていなかった。バランスよく教え，発揮させる方法をとるのも良いと感じた。

○予想や実験の計画を行う過程で科学的に探究することの楽しさを生徒が実感する姿が見られたか。

- 予想に時間をとり，生徒の生活経験を活用させてアイディアを考えさせることで，理論と経験を生徒は行き来できていた。コップの周囲に水滴がつくことを新しい目で見ることができ，探究する楽しさを味わっていたと感じた。
- 自分の生活体験の中から考えて探究しようとする，生き生きとした姿が見られた。

４　成果と課題

成果としては，学校全体で取り組んでいる問答ゲームで伝える方法を学ぶ，その方法を生かして学級活動のＧＷＴでまとめる技術を学ぶ，その技術を生かして，理科で実際の問題に取り組むという流れが本校の研究目標の実現につながったことである。また，知識や概念に個人差は見られたが，知っている者が教え，知らない者は教わるといった活動が生徒の中でできていた。概念を一度崩して正しいものを築くために，予想や実験計画の段階でコンセンサスの手法をとることは有効であったと考える。

課題としては，このような実践が単発にならないように年間を通して学習課題を見直すことが必要であること。また，論理的な思考力を高めるために，３年間を見通した段階的な共通の学級活動を行うことが必要となると感じた。

研究（その３）

科学的根拠を基に議論を深める生徒が育つ理科学習の展開

（実践者）森山由香里

１　研究テーマ設定の理由

昨年度までの研究の成果から，論理的に思考し表現する学び合いを行う姿が教科の枠を超えて多く見られるようになった。そこで，予想や考察の際，議論の場を積極的に設けるとともに，生徒一人一人が科学的根拠を基に議論を深められるような学習活動を工夫し，生徒の「科学的根拠に基づき判断する態度」を育てていきたいと考え，本研究テーマを設定した。

２　研究の内容と方法

次の２点を目指すべき生徒の姿と考えた。

(1)　根拠を基に自分の考えを述べることのできる生徒（自立）
(2)　相手に考えが伝わるように筋道立てて表現することのできる生徒（共生）

研究の方法は次のとおりである。

(1)　生徒の実態把握　　(2)　逆向き設計に基づくゴールイメージを明確にした指導計画
(3)　永続的な理解を目指したパフォーマンス課題に基づく授業実践と評価

３　研究の実際

(1)　生徒の実態

第１学年の生徒(40名)を対象にアンケートを行った。本学級の生徒は知的好奇心が旺盛であり，生き生きと授業に取り組んでいる。しかしながら，約17.5％の生徒は理科を「あまり好きではない」と答えており，中学に入り理科の学習内容が分かりにくいと感じる生徒が現れている。特にそういう生徒には個別に声を掛けるようにしている。

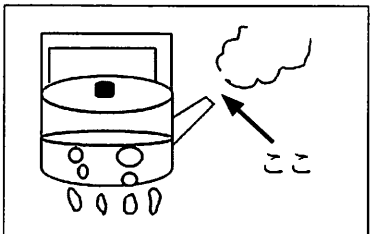


図１　実態調査より

生徒は，小学校第４学年で「金属，水，空気と温度」について学習している。水を加熱した時の変化の様子に関する生徒の意識について調べた。**図１**のやかんの吹き出し口に何か「ある」か問うと95％の生徒が「ある」と答えており，目に見えなくても何か物質が存在することは，概ね理解できていることが分かる。何があるのかについて，92.1％の生徒は「水蒸気」と答えたが，「空気」と答えた生徒や「水蒸気になる前のもの」と答えた生徒もいた。湯気の存在と関連付けて水蒸気の存在に言及することができていない。また，やかんの水（湯）の中の「泡」の正体について問うと「空気」といった記述もあり，水が沸騰するときに見られる泡の正体について，既習事項であっても正確に理解できていない生徒がいることが分かった。ろうそくについては，家庭のケーキや仏壇等において，使った経験がある生徒が多くいた。

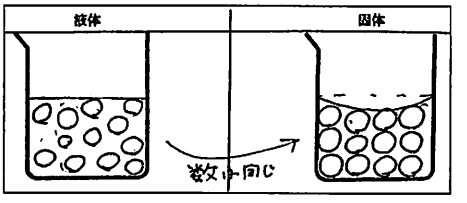


図２　生徒による粒子モデル

(2)　論理的に思考し表現する力を高めるための工夫

まずは，単元を通して，生徒が現象を質的・実体的な視点で捉えられるようにした。「ロウが液体から固体になるとき，ミクロの目で見てみるとどう違っているのだろうか」について，**図２**のように粒子モデルを用いて話合わせた。また，個人の意見を書かせた後，問答ゲームを用いて意見交換を行い，その後班で議論させるようにした。

(3) 授業の実際

ア 指導の実際

(ア) 逆向き設計を活用した指導計画　　単元名「物質のすがたと状態変化」

(a) 研究テーマ（育成したい持続可能な社会を支える資質・能力）

科学的根拠を基に議論を深める生徒が育つ理科学習の展開

(b) 教科領域で育成すべき「論理的に思考し表現する力」　　時数：全７時間

根拠を明らかにして予想や考察を行う力　　実施時期：平成29年11月

第１段階：求められている結果

本単元における設定されている目標　【G】goals

(a) 研究テーマに対して：

物質の状態変化について理解を深め，質的・実体的な視点から探究するために必要な観察，実験等に関する基本的な技能を身に付け，科学的に探究する態度を高めることができる。

(b) 「論理的に思考し表現する力」に対して：

物質の状態変化に関する観察，実験などについて粒子のモデル等を用いて科学的に探究し，科学的根拠を基に自分の考えを構築することができる。

永続的な理解 【U】understanding	***本質的な問い*** 【Q】questions
いかなる物質も，温度変化によって固体，液体，気体と三つの状態をとる。水も，氷，水，水蒸気と姿を変える。しかし，姿（状態）は変わっても，水という物質であるということや（水蒸気のように目に見えなくても）そこに水があるという実体は変わらないことを説明できる。	物質の状態変化はどのような仕組みで起こり，どのように探究できるだろうか。
生徒は次のことを知る 【K】knowledge • 物質は固体，液体，気体と姿を変えること • 物質は状態変化をしても物質そのものは変化しないこと • 状態変化によって体積は変化するが質量は保存されること • 物質の状態が変化する温度は物質ごとに決まっていること • エタノールを加熱する際の留意点 • 沸点の違いを利用して混合物から物質を分離できること • 蒸留を利用した分留が社会で利用されていることについて理解する。	**生徒は次のことができるようになる** 【S】skills (a) (a)について • 器具の取り扱いや正しい実験操作を身に付ける。 • 表やグラフに結果を表す方法を身に付ける。 • 試薬等の適切な扱い方とその解釈を身に付ける。 • 粒子をイメージし，粒子のモデルを用いて状態を表す。 • 他者の考えを聞いて自分の考えと照らし合わせ自分の考えを再構成する。 • 状態変化を自分たちの生活との関わりで捉え，どのようなところで使われているのか説明する。

生徒は次のことができるようになる 【S】skills (b)

(b)について

• 課題について自分なりに考え，科学的根拠を基に自分の考えを筋道立てて表現すること。

• 結果を分析・解釈し，結果から言えることを，粒子の考え方を用いて自分の考えを分かりやすく表現すること。

第２段階：評価のための証拠

(a)に対して 【T】tasks (a)	他の根拠 【OE】other evidence (a)
パフォーマンス課題： 私はファラデーです。ろうそくの炎を消します。その後すばやく火を近付けます。するとどうでしょう。火のつながりがろうそくまで届くのをご覧になれますね。この現象をクリスマス講義で見せました。それを聴きに来てくれた中学１年生が「どうして」と何度も質問します。彼が納得できるような説明の仕方を私に教えてください。	• ロウの状態変化について，粒子のモデルを用いて表すことができているか。 • 状態変化に伴う粒子のモデルについて他者と協同的に体の動きで表すことができているか。 • 「状態変化と温度変化のグラフ」からグラフの形の根拠を述べることができているか。 • 水とエタノールの混合物の蒸留の実験から「初めに出てくるのは何か」推論することができているか。
(b)に対して 【T】tasks (b) • 各実験レポートにおける課題に対する自分の考えの記述が科学的根拠を基にして書かれてあるか。 • 各実験レポートにおける考察の記述が，科学的根拠を基にして書かれてあるか。	他の根拠 【OE】other evidence (b) • 相手の考えを自分の考えと比較しながら聞き，６W１Hを生かして質問することができているか。 • 相手の考えを適切に捉え，相互評価を行うことができているか。

第３段階：学習計画

1　物質が状態変化するとき体積や質量はどう変化するのだろうか。

2　ろうそくはどのような仕組みで燃えているのだろうか。

3　状態変化が起こるときの温度変化にはどのような規則性があるのだろうか。

4　沸点の違いを利用して，混合物から純粋な物質を取り出すことができるのだろうか。

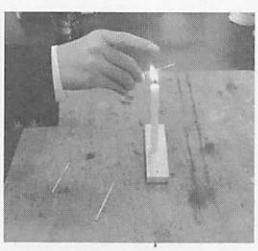
(イ) **本時の指導（2／7時間）**

① **主　題**　ろうそくの炎が燃える理由を探ろう

② **ねらい**

○ロウを燃焼させる実験を行い，現象を質的・実体的な視点で捉え，ろうそくが燃える仕組みについて，根拠を明らかにして自分の考えを述べることができる。

③ **展　開**

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ　・生徒の反応	○指導の工夫　◇評価（方法）
1　ろうそくの燃焼の様子を観察する。（一斉）	5	○ろうそくの燃焼する様子をじっくり見てみましょう。 	○本時の課題と科学史を結び付けるために，ファラデーがろうそくに関する実験を基に講義を行ったことを紹介した。
2　白煙実験を見る。（一斉）	3	○ファラデーが行った実験（白煙実験）の一つを見せます。 ・すごい！煙に火が付いた。	○本実験を行う動機付けのため，ファラデーも行った実験であることを伝えた。
3　白煙実験を行う。（小集団）	2	○なぜこのような現象が起こるのでしょうか。	○現象にじっくり向かわせるため，交代しながら繰り返し実験を行わせた。
4　課題を提示する。（一斉）	10	○今日はこの現象の不思議に迫っていきたいと思います。	
パフォーマンス課題：私はファラデーです。ろうそくの炎を消します。その後すばやく火を近付けます。するとどうでしょう。火のつながりがろうそくまで届くのをご覧になれますね。この現象をクリスマス講義で見せました。それを聴きに来てくれた中学１年生が「どうして」と何度も質問します。彼が納得できるような説明の仕方を私に教えてください。			
5　考える手掛かりとなるヒント実験を行う。（小集団） 	20	○次の実験を行い，結果と考察をまとめ，パフォーマンス課題を解く手掛かりにしてください。 実験１　炎のＣＴスキャン ・炎の上・中・下それぞれにつまようじを入れ，焦げの分布を見る。 実験２　炎の輪切り ・炎の中に金網を入れて輪切りにし炎の様子を観察する。 実験３　ロウの燃焼 ・固体のロウを燃焼さじにのせて加熱し，様子を観察する。 実験４　炎からガス ・内炎にガラス管を入れ，出てくる白煙に火をつけてみる。	○生徒一人一人に責任を持って課題解決にあたらせるため，４つの実験を分担して行わせた。 ○全体で事実を確認するために途中で実験を止めさせ，炎が３重構造になっていることを理解させた。 
6　課題に対する考えを議論し合う。（個人→小集団→全体）   	10	○白煙に火を近付けると火がつくのはなぜでしょうか。	**○科学的根拠を基に議論させるため，どの結果を根拠にしたのかを明らかにするよう指示した。** ◇現象を質的・実体的な視点で捉え，火がつながる仕組みについて，根拠を明らかにして自分の考えを述べることができる。　（ワークシート）
授業研究の視点	○パフォーマンス課題について考えさせることは，科学的根拠を基に議論を深める生徒を育てるうえで効果的であったか。 ○授業全体を通じて，科学的に探究することの良さを生徒が実感している姿が見られたか。		

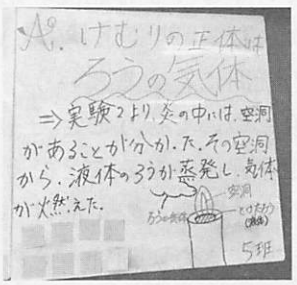
イ　考　察

(ア)　生徒の学びの分析より

前時の議論が不十分なまま終わってしまったため，次時に続きの議論を行わせた。生徒たちは４つのヒント実験の結果を基に考えを述べていたが，気体が何であるのかがはっきりしないため，議論が難しい班もあった。中には，黒い煙が出たことや，ガラス管に黒いすすのような物質が付着したことから，炭素になったと述べた生徒もいた。このことは，第２学年の「化学変化と原子・分子」の学習に結び付く。その後，２つの班ごとに分かれ，相手の班の意見が十分分かれば付箋紙を一人２枚，少し分かれば１枚，分からなければ０枚貼らせて相互評価を行わせた。

パフォーマンス課題に対する生徒のワークシートの記述を評価した。「気体のロウ」が燃えていると述べている生徒が約66.7%，「液体のロウ」が燃えていると述べている生徒が約18.2%，「その他の気体」という生徒が約15.1%であった。また，実験結果を根拠として述べられていた生徒は約36.3%であった。生徒の思考を考えると，ロウの燃焼実験で気体が燃えたのか液体が燃えたのかはっきりしなかったことも数字が低くなった一つの要因であると思われる。





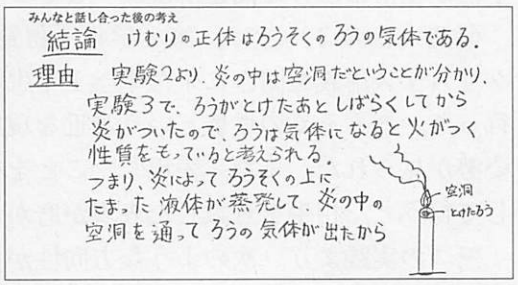


図３　議論と相互評価の様子（左），班によるホワイトボードの例（中），生徒のワークシートによるパフォーマンス課題に対する成果物の例（右）

(イ)　授業研究の視点から

参観された先生から，次のようなご意見をいただいた。

○パフォーマンス課題について考えさせることは，科学的根拠を基に議論を深める生徒を育てるうえで効果的であったか。

- 「中学１年生に分かるように」という設定が効果的であった。
- 身近にあるろうそくを用いて考えることは，生徒の探究心をくすぐる。

○授業全体を通じて，科学的に探究することの良さを生徒が実感している姿が見られたか。

- 全員の生徒が実験に参加するため４つの実験を用いたことで，探究心の向上につながった。
- 火のつながりが起こる理由として仮説を立て，その検証を実験で行う流れにしてはどうか。
- ４つの実験の結果を板書し，すべての生徒が考えられるようにすべきである。

４　成果と課題

本研究の成果は，「ろうそくの燃焼」という身近な現象を用いたパフォーマンス課題に取り組ませ，一人ずつ実験に参加できるようにしたことで，生徒の学びの意欲が高まり，協働的に実験に取り組むことができた点である。火がつながった理由を懸命に考えようとしていた。

課題は，生徒が根拠を明らかにするための支援が不十分であったことである。パフォーマンス課題に初めて取り組んだ１年生なので，結果を分かりやすく提示し，どうつないでいけばよいのか見通しを持たせる必要があった。昨年度の研究で行った，昔話の話型を用いる手法や，起承転結を基に４コマ漫画としてまとめる手法を活用することも考えられた。発達段階から考えても，まずは思考の枠組みを固定化して，型を自分たちなりに使わせることで，科学的根拠に基づいて自分の考えを述べられる個を育てることが，議論を深める生徒の育ちにつながるものと考える。

第３章　おわりに

研究（その１）では，第３学年「遺伝の規則性と遺伝子」において，「生物学者」になって，友人の相談に答えるというパフォーマンス課題を基に実践を行った。親から子へと形質がどう受け継がれるか生徒が実感を伴って理解できるようにするため，ファストプランツを用いた。自分で蒔いた種子の芽生えに表れた子葉や茎の色の形質を基にして考えるため，生徒にとって問題が身近である。そのため，生徒が意欲的に取り組む姿が見られた。細胞の模型や，マグネットを用いた染色体モデルなど，生徒一人一人が思考をしやすくするためのツールを効果的に用いた。

研究（その２）では，第２学年「気象観測と雲のでき方」において，エアコンの除湿機能の仕組みについて，コンセンサスゲームの手法を基にして仮説や実験計画を一つにまとめていくという実践を行った。「集中ちゃん（仮称）」という仕切り板を用いて個で考えるときは一人の力で考え，その後，仕切り板を取り払い，小集団で合意形成に向けて話し合わせた。ＧＷＴでの学びの手法が生活における問題解決につながっていくような可能性が見えた。

研究（その３）では，第１学年「物質の姿と状態変化」において，「ファラデー」になって，クリスマス講義を聞きに来た中学１年生の疑問に答えるというパフォーマンス課題を基に実践を行った。ろうそくの燃焼という身近な現象について扱うことで，生徒が主体的に問題解決を行う姿勢が見られた。また，表現したことを相互評価させることで，今後こうした学習活動を繰り返して行うと，相手を意識した表現が磨かれてくるような可能性が見えた。

三つの実践より，次のような方向性が見えてきた。研究（その２）のように，仮説や実験計画といった学習活動において科学的根拠を基にした話合いを行う場合には，生徒一人一人が既に持っている知識や概念を基に話合いを行うため，個々が多様であるほど話合いの意味が大きくなる。一方，研究（その１）（その３）のように，考察において行う場合には，生徒がある程度同じスタートラインに立てるよう基礎的・基本的事項を理解させておく方が，すべての生徒に意味のある学習となりやすい。そのための支援が必要である。

生徒自身が「結論は○○です。このように考えた根拠は二つあります。」と，結論に，その結論を導き出した科学的根拠を添えて自分の述べられる姿を目指したい。さらに，その結論を得るための根拠を，自分たち（集団）の力で導き出すような実験・調査を行い，結論を述べるというような理科の学習の在り方について，今後も探っていきたいと考える。

参考文献

西岡加名恵（2016）「『資質・能力』を育てるパフォーマンス評価　アクティブ・ラーニングをどう充実させるか」明治図書出版
山口晃弘（2016）「アクティブ・ラーニングを位置づけた中学校理科の授業プラン」明治図書出版
財団法人　日本レクリエーション協会（1995）「新グループワーク・トレーニング」遊戯社
坂野公信（1994）「協力すれば何かが変わる」遊戯社
坂野公信（1989）「改訂　学校グループワーク・トレーニング」遊戯社
西川純　編集　坂田康亮・阪本龍馬・高見聡・對比地覚（2016）「すぐ実践できる！アクティブ・ラーニング中学理科」学陽書房
ファラデー　三石巌　訳（1962）「ロウソクの科学」角川文庫
伍井一夫（2003）「科学大好き実験・観察シリーズ③ろうそくの科学」星の環会
山口晃弘･江崎士郎（2017）「新学習指導要領対応！中学校『理科の見方･考え方』を働かせる授業」東洋館出版社