

理 科

- 事例 1 「物理基礎」における主体的・対話的で深い学び
～ エネルギーを深く理解するために ～
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 12
- 事例 2 「化学基礎」における主体的・対話的で深い学び
～ 学び合いを通じた課題解決を目指す授業の実践 ～
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 24
- 事例 3 「生物」における主体的・対話的で深い学び
～ 生徒自らが気づき、理解する授業の実践 ～
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 32

研究協力校

栃木県立小山高等学校（理科）

教 諭	赤 澤	勉
教 諭	峯	敬 治
教 諭	岡 本	英 雄
教 諭	高 森	輝 和
教 諭	岸	香 織

研究委員

栃木県総合教育センター

総務部	副主幹	大 高 裕 一
研修部	指導主事	小 野 勝
研究調査部	副主幹	岩 瀬 英二郎

○ 理科における主体的・対話的で深い学びの必要性

平成30年3月に新しい高等学校学習指導要領が公示された。その中で、理科の目標は、以下のよう
に定められている。

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行う
ことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり
育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験など
に関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

今回の改訂で盛り込まれた「理科の見方・考え方」は、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係
や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に
探究する方法を用いて考えること」と示されている。現行の学習指導要領では、基礎を付した科目等
の目標を「科学的な見方や考え方」の育成としているのに対して、新しい学習指導要領では、理科に
おける教科・科目の目標をいずれも「科学的に探究するための資質・能力」の育成とした上で、その
ために働かせるものが「理科の見方・考え方」であるとしている。つまり、「見方・考え方」という
言葉の意味合いが、これまでとは少し異なることに留意する必要がある。

また、これまで「目的意識をもって」観察や実験を行うとしてきた表現が「見通しをもって」と改
められた。この「見通し」という言葉には、例えば、仮説を設定する、検証方法を考える、結果を予
想するなどの意味合いが込められており、探究のプロセスにおいて幅広く見通しをもつことを意味し
ている。

新学習指導要領においては、例えば、「……に関する実験などを行い、……を見いだして理解
する。」という表現が入れられた。これは、観察や実験、資料の活用などを行って探究的な学習を行
うことを求めるものである。理科ではこれまでも、観察・実験を通して探究的な学習を行うよう求め
られてきたが、観察・実験を実施すれば探究的な学習になるというわけではない。例えば、物理法則
の数式を理解させる場面でも探究的な扱いは可能であるし、逆に実験を行っても探究的とは言えない
ケースもある。特に、高等学校における実験は、教師が作成した実験手順書のとおり操作をして、
教科書どおりの結果を確認する検証実験になりがちであった。

検証実験をすることにも教育的な意義が十分にある。しかし、それだけでは科学的に探究するた
めに必要な資質・能力を育成することはできない。これからは、「主体的・対話的で深い学び」の視点
から、生徒が主体的・協働的に課題を見いだしたり、検証方法を考えたり、得られたデータから仮説
の妥当性を検討したりする機会を設け、深い学びをしながら探究する力を育成するという視点で観察
・実験などを行うことが重要である。その際、日常生活や社会との関わりなどにも触れながら、理科
を学ぶことの意義や有用性を実感させたり、理科に対する興味・関心を高めたりして、主体的に探究
を進めようとする態度を育成することも大切である。

以上を踏まえ、本調査研究では、次の三つの事例について紹介する。

事例1 「物理基礎」の力学的エネルギーにおける取組

事例2 「化学基礎」の化学反応式の量的関係における取組

事例3 「生物」の有性生殖における遺伝的多様性における取組

これらの事例を「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を進める上での参考にして
いただきたい。

事例 1 「物理基礎」における主体的・対話的で深い学び ～ エネルギーを深く理解するために ～	
単元名	力学的エネルギー
これまでの課題	物理領域の学習では、様々な物理量や、それらの間に成り立つ法則性を表す式が登場する。その中には、例えば「時間の2乗」などのように感覚的に捉えることが困難なものも含まれており、式の表す意味を深く理解できないため、丸暗記をするだけの学習に陥る生徒が少なからずいた。また、教師側は「わかりやすく説明すること」を、生徒側は「問題が解けるようになること」を重視するあまり、知識偏重型の授業になりがちであり、生徒が物理の学習の有用性に気付いたり、日常生活や社会との関連性に目を向けたりするような機会を設けることが難しかった。
授業改善のポイント	実験や実習を通して、「比例」や「反比例」のような関係性を生徒が見だし、数式化する過程を重視する授業展開にすることで、生徒が実感をもって式の意味を理解できるようにした。また、単元のはじめに、学習の見通しを示し、「なぜ学ぶのか」という意義を理解しながら学習できるよう工夫するとともに、生徒が自らの学びを振り返るための工夫や話し合いの場の設定などにより、主体的な学びや対話的な学びの実現を目指した。

1 指導観

(1) 本単元について

本単元で扱う仕事やエネルギーは、力や変位といった量に比べて抽象度が高く、理解することが難しい。しかし、スカラー量なので立式や計算がしやすく汎用性があり、物理学において重要な概念である。中学校では定性的な扱いしかしないが、高等学校では定量的な扱いをすることで状況分析や予測が可能になる。また、大学等で解析力学を学ぶ際の基盤となるものであり、深く理解をさせたい部分である。

(2) 生徒の実態

何事にも熱心に取り組む真面目な生徒たちである。しかし、物事を抽象化して考えることや、文字で表された式を迅速かつ正確に計算することを苦手とする生徒が多い。また、理系科目においては、一つしかない正解を数式等を用いて論理的に説明することが求められるケースが多いためか、誤答を恐れるあまり、積極的に答えを発表したり自分の考えを伝えたりすることができない生徒が多い。

(3) 生徒に身に付けさせる力

仕事と関連付けて、力学的エネルギー及びその保存について理解させる。また、運動する物体がもつエネルギーについて調べる実験を行い、データを整理し、分析するための技能を身に付けさせる。力学的エネルギー保存則などを用いて物体の運動について思考・判断し、自分の考えを表現することができるようにするとともに、スカラー量であるエネルギーを用いることで、物体の運動を解析するための計算が簡素化できる利点を見だし、身近な現象をエネルギーの観点から説明しようとする態度を養う。

2 単元の指導計画及び評価計画

○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
身近な現象を力学的エネルギーと関連付けて説明しようとしている。	- グラフから、二つの物理量の間に成り立つ関係を見いだしている。 - 実験結果を統合して三つの物理量の間にある関係性を見いだしている。 - 物体の変位と弾性力の関係を表すグラフから弾性力による位置エネルギーの式を導き出している。 - 基礎的な知識を活用して、思考している。	実験で得られたデータを適切にグラフに表している。	- 仕事と関連付けて、運動エネルギー及び重力による位置エネルギーを理解している。 - 保存力と、そうでない力の違いを理解している。 - 力学的エネルギー保存の法則を定量的に理解している。

○単元の指導計画及び評価計画（総時数 7 時間）

時	学習内容	学習活動	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	1 仕事 2 位置エネルギー 3 運動エネルギー	・中学校での学習内容を確認する。				○	・エネルギーとその保存について理解している。	発問 問題演習
		・力学的エネルギーについて調べる実験を行う。			◎		・実験で得られたデータを適切にグラフに表している。	プリント グラフ
2 (実践1)		・実験で得られたデータを分析・解釈する。		◎			・グラフから、二つの物理量の間に成り立つ関係を見いだしている。	プリント
		・2班でペアをつくり、互いに実験結果を説明し合う。その上で、自班と他班の結果を統合して、三つの物理量の間にある関係性を見いだす。		◎			・実験結果を統合して三つの物理量の間にある関係性を見いだしている。	プリント グラフ

3		・既習の知識と関連付けてエネルギーの式を導出する。				◎	・仕事と関連付けて、運動エネルギー及び重力による位置エネルギーを理解している。	プリント ノート
		・等加速度直線運動の変位の求め方を参考にして、弾性力による位置エネルギーの式を、グラフをもとにして導出する。		◎			・物体の変位と弾性力の関係を表すグラフから弾性力による位置エネルギーの式を導き出している。	プリント ノート
4 5		・様々な例から、仕事の原理を確認する。		○			・数式を用いて、仕事の原理を表現している。	ノート 問題集
		・仕事率を理解する。				○	・仕事と仕事率の違いを理解している。	プリント 問題集
		・保存力を理解する。				◎	・保存力と、そうでない力の違いを理解している。	ノート
6 7	4 力学的エネルギーの保存	・自由落下を例にとり、力学的エネルギーの保存を理解する。				◎	・力学的エネルギー保存の法則を定量的に理解している。	発表 ノート プリント
		・力学的エネルギーが保存しない場合があることを知り、保存するための条件を考える。		○			・現実と理想的状態を区別して思考している。	発表 ノート
		・様々な例をもとに、エネルギーの観点で現象を捉えることの有用性を見いだす。	◎				・身近な現象を力学的エネルギーと関連付けて説明しようとしている。	プリント 問題集

◎印で示した評価規準：学習状況を把握し、単元の総括の資料とするためのもの。

○印で示した評価規準：学習状況を把握し、指導の手立てを行うことを重視したもので、単元の総括の資料とはしないもの。

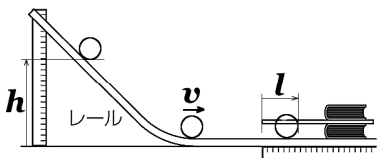
※実践 1 については、本単元の第 2 時において実践した。

※実践 2 については、本単元の第 1 時から第 3 時にかけて実践した。

※実践 3 については、本単元を通して実践した。

実践1 「物理公式の表す意味を理解する」深い学びに向けた授業改善

(1) 本時の展開 (第2時)

題 目		仕事・位置エネルギー・運動エネルギー	
本時の目標		① 自分が測定したデータについて、関係を見いだすことができる。 〈思考・判断・表現〉 ② 他のデータと比較検討することで結果を統合し、物理量間の関係式を導くことができる。 〈思考・判断・表現〉	
準備・資料		実験プリント・グラフ用紙・電卓	
段階	学習活動	指導上の留意点	評価規準
導入 5分	○授業記録から、前時の内容を 確認し、それを基に本時は何 を目標とするのか把握する。 前時の実験 * 奇数班 ــــــــ 最下点での速さ v と、初めの (1・3・5・7・9班) 高さ h との関係 * 偶数班 ــــــــ ものさしが押し込まれた距離 l (2・4・6・8・10班) と、初めの高さ h との関係	○本時の目標を明確に示す。 	
展開 30分	○自分の班のデータやグラフを 班内で確認し合う。 ○奇数班と偶数班がペアを組み、 互いに自班の結果を説明し合 う。 ○自班と他班の結果を統合して、 物体の初めの高さ、運動の速 さ、ものさしが押し込まれた 距離の間に成り立つ関係をま とめる (図1)。 奇数班 高さ h 速さ v 偶数班 高さ h 距離 l  三つの量 h, v, l の 関係を見いだす 図 1	○奇数班・偶数班の二種のデー タを比較検討することの必要 性を意識させる。 ○自班の結果をわかりやすく説 明できるよう工夫するよう促 す。 ○各班のグラフをタブレット端 末で撮影してプロジェクター で投影し、グラフの形に着目 できるようにする。 ○ h と v の2乗が比例すること を確かめるためにはどうすれ ばよいかを問いかける。 ○グラフ用紙は複数枚配布してお き、グラフを何回か描き直し ができるようにする。 ○班の理解度に応じ、適宜アド バイスをする。 ○間違いや「わからない」でも よいから回答するよう強調す る。	【思考・判断・表現】 グラフから、二つの物理量の間 に成り立つ関係を見いだしてい る。 【思考・判断・表現】 実験結果を統合して三つの物理 量の間にある関係性を見いだし ている。
まとめ 10分	○学習記録を記入する。	○簡潔に、自分の表現でよいこ とを伝える。	

(2) 本実践のポイント

I 実験で得られたデータを分析・解釈して、関係性を見だし、数式化する過程を重視する。

II グループでの討論や学び合いの場面を設定する。

(3) 本実践の様子

ア ポイントIについて

前時に行った実験のデータは、どの班もほぼ理論値に近いもので、グラフの形も本時の考察に適するものであった(図2・図3)。

本時では、このグラフから比例定数を k として、奇数班は v と h の関係を、偶数班は l と h の関係を表す式を求めるようにした。偶数班では、全ての班で $l = k h$ と正しい式が求められたが、奇数班では、 $v = k h$ 、 $v = k h l$ といった式が多く、正しい式である $v = k \sqrt{h}$ を求められた生徒は見られなかった。

グラフの形から平方根を想起させることを企てたものの、無理関数は理系選択者が第3学年で履修する「数学Ⅲ」で学ぶ内容であるため、1年生にはやや難しすぎた。

そこで、すでに学んだ「運動の法則」の検証で「質量の逆数を横軸にとる」ことにより反比例の関係を検証する例が教科書に載っていることを指摘し、軸のとり方を変える方法に着目させた。さらに、縦軸に惑星の公転周期の2乗；横軸に軌道長半径の3乗をとった「ケプラーの第3法則」、縦軸に哺乳類の標準基礎代謝量；横軸に体重の0.75乗をとった「哺乳類の基礎代謝量と体重の関係」のグラフをその例として提示した。

v^2 を縦軸にとって再描画させることで、全ての生徒が、曲線のグラフから原点を通る右上がりの直線に変換される過程を体験でき、興味と関心をもって取り組んでいた。

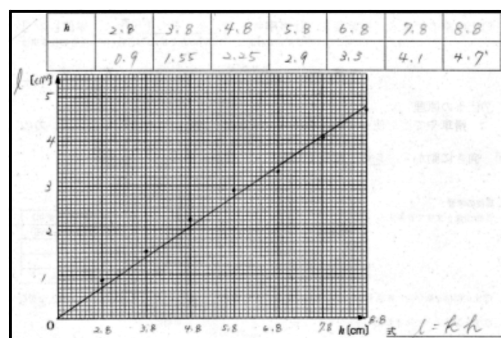


図2 l と h の関係

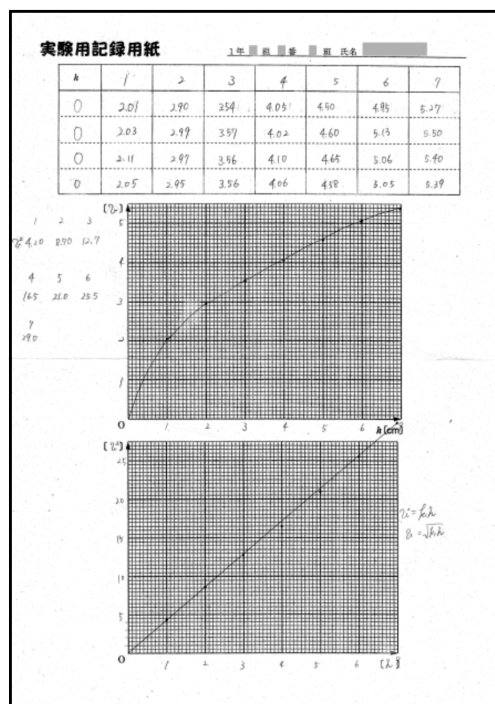


図3
 v と h の関係(上)・ v^2 と h の関係(下)

イ ポイントIIについて

これらのグラフを基に、奇数班は v と h の関係について、偶数班は l と h の関係についてそれぞれ相手に1対1で説明する場面を設けた。このような活動を苦手とする生徒でも、今回はグラフという資料があったためスムーズに説明できていた。

奇数班と偶数班が合同で v^2 を縦軸にとってグラフを再描画し、その意味と比例関係を考察するところで本時は終了した。この後、奇数班の実験結果から導かれる $v^2 = k_1 h$ と偶数班の結果から導かれる $l = k_2 h$ を統合して、 $l = k v^2$ を導く……と進めていった。

(※ k_1 、 k_2 、 k は、比例定数。)

(4) 更なる改善に向けて

ア 成果

グラフの形から、物理量の間にある関係性を見だし、式で表現するという学習活動を通して、これまでは、例えば「データの個々の数値が正しいかを検討する」などのように狭い視野でしか思考ができなかった生徒が、データを俯瞰して傾向を把握するなどの見方ができるようになった。つまり、量的・関係的に捉え、既習事項と関係付けて考えるという「理科の見方・考え方」を働かせて深い学びをするための第一歩とすることができたのではないかとと思われる。

また、グラフを基に説明し合ったり、複数の班のデータを統合して課題を解決したりする場面を設定したことで、相手に伝わるように表現する力や協働的に問題解決をする力を発揮させることができた。

イ 課題

探究の過程で生じた課題を解決する場合の「課題」として、無理関数に着目させるのは難しすぎた。今回は、ケプラーの法則などを提示して、 $y = kx^a$ の形の関係に気付かせようとしたが、やや無理があったように感じる。縦軸と横軸を置き換えて（グラフを90°回転させて）見ると、中学生でも見慣れた2次関数の放物線のグラフになっていることに気付けるはずであり、そこから $x = k'y^2$ の関係を見いだして、 $y = k\sqrt{x}$ の関係を導き出すこともできたのではないかと思う。理科においては（生徒の実態にもよるが）、定着した既習事項を組み合わせ問題解決をするような展開にするのが望ましいと考える。直面する課題と既習事項を生徒がうまく関連付けられるよう、ヒントの与え方などに工夫が必要である。本時の次の授業で「無理関数」について簡単な説明をしたところ、多くの生徒が理解することができていた。今回の実践のような場合には、カリキュラム・マネジメントの観点から、数学科の教師に参加してもらい、短時間でもいいから教科横断的に専門的な解説をしてもらおうといった方法も効果的なのではないかと考える。

また、生徒が思考したり作業をしたりするスピードは、個人・班・クラス・学年によって異なるため、指導や評価の仕方にも工夫が必要である。指導計画・評価計画に、ある程度の柔軟性をもたせる必要があると感じた。

実践2 「生徒が協働的に取り組む」対話的な学びに向けた授業改善

(1) 本実践の展開

本単元の第1～3時の展開を示す〔「2 単元の指導計画及び評価計画」(p.13、14)を参照〕。

時	授業展開	生徒の学習活動	ねらいと指導上の注意
1	①中学校での学習内容を確認する。 ②高校ではどのように学ぶか、それによってどのようなことができるようになるのかを知る。(図4) 図4 ③簡単な問題について、結果を予測する。 ④「比例」の関係を数式化するとともに③の予想を検証するための実験を行う。	*班内で、中学校での学習内容を確認し合う。 *単元の目標を理解する。 *使用する文字の確認 - 高さ h ← height - 速さ v ← velocity - 距離 l ← length *「初めの高さ h を2倍にしたら最下点での速さ v は $\square$ 倍、ものさが押し込まれた距離 l は $\square$ 倍になるだろう」を予測する。 *以下の分担で実験を行う。 ◇奇数班 (1・3・5・7・9班) 最下点での速さ v と、初めの高さ h との関係 ◇偶数班 (2・4・6・8・10班) ものさが押し込まれた距離 l と初めの高さ h との関係	・今まで学んだことの振り返りをするとともに、それがどう発展し、どう活用できるのかを明確にする。 ・英単語との関連を指摘して、多種の文字を使用する意味とそれらの区別ができるように配慮する。 ・不正解を恐れないですむよう簡単に答えられる問題とする。 ・l が仕事量の目安になるため h と v を l で表せば、エネルギーの式が予想できるということに注目させる。 ・奇数班と偶数班の結果を統合することで、位置エネルギーと運動エネルギーの式が導けることを説明し、そのためには各自の結果の伝え合いが必要であることを意識させる。

	⑤データを処理して、グラフ化する。	*データを何回とるべきか、縦軸と横軸の単位や目盛りの設定はどうか、プロットしたデータをどうつなげてグラフ化するか等について班内で話し合う。 *他班にわかりやすく説明できるよう班内で意見を統一する。	・数値の正誤にこだわって問題の本質を見失わないように、「高さを2倍3倍……にしたときに、速さや距離が何倍になるか」を知ることが目的であることを強調する。 ・グラフ用紙は、描き直しができるよう複数枚用意する。
2	実践1を参照		
3	⑥縦軸を v^2 にして描画したグラフから、速さの2乗 v^2 と高さ h の関係式を導出する。 ⑦奇数班の $v^2 = k_1 h$ を変形して $v = \sqrt{k_1 h} = k_1' \sqrt{h}$ とし、課題の答を考え、評価する。 ⑧奇数班の $v^2 = k_1 h$ に偶数班の $l = k_2 h$ を代入して v^2 と l の関係式 $v^2 = k_1/k_2 l = k_3 l$ を導出する。 ⑨位置・運動エネルギーともに質量 m に比例するものとして、これらの式の形について検討する。 ⑩教科書で公式を確認するとともに、U や K が理論的にどのような式になるかを導き、実験の結果と比較する。	*前時に描き直したグラフを基にペアになった奇数班・偶数班の8人で話し合いながら、速さの2乗 v^2 と高さ h の間の関係式を考え、文字式で表現する。 *初めの高さ h を2倍にしたら最下点での速さ v は $\sqrt{2}$ 倍、ものさしが押し込まれた距離 l は2倍になった。 *ものさしの押し込まれた距離 l が仕事の大きさの目安を示すことから、奇数班の式から h を消去し、仕事と速さの関係式を導く。 *今までの結果を基にして、位置エネルギーと運動エネルギーの式の形を、比例関係がわかるように表現する。 *比例定数が、U は 9.8 (重力加速度 g)、K は 1/2 であることをプリントに従って確認する。	・比例定数は $\sqrt{k_1}$ を k_1' に置き換えたり、$\frac{k_1}{k_2}$ を k_3 に置き換えることが可能であることを、数値を用いた簡単な例で説明しておく。 ・高さが2倍なら速さも2倍になる等の単純性を期待する感覚を人は潜在的にもつことを説明し、バイアスがかからないよう注意を促す。 ・比例定数は新たに k と k' を用いることとし、$U = kmh$ 及び $K = k'mv^2$ と表現できているかを確認する。 ・実験から導かれた式と、理論から導かれた式が同じ形になることに着目させる。

(2) 本実践のポイント

Ⅲ 単元や授業の始めに、「なぜ学ぶのか」「学ぶとどうなるのか」「今まで（中学校）学んだことをどう活用し、発展させていくのか」を明確にする。

Ⅳ 課題を複数に分割し、それらを組み合わせて考察する場面を設定することで、全体の知識や理解が得られるように工夫するとともに、個々の考えを伝え合う場とそれらを統合して新たな知見を協働的に見いだす場を設定する。

(3) 本実践の様子

ア ポイントⅢについて

単元のはじめに、中学校の教科書をプロジェクターで提示して、「仕事」「位置エネルギー」「運動エネルギー」を中学校でも学習していることを確認した。しかし、それは「位置エネルギーは、質量が大きいほど、高さが高いほど大きい」「運動エネルギーは、質量が大きいほど、速さが速いほど大きい」等の定性的な扱いにとどまっている。そこで、高等学校では、数式により定量的に扱うことで、現象の予測を可能にすることを説明し、学習の方向を示すとともに、その後に行う実験の動機付けを行った。

イ ポイントⅣについて

初めから式の形を予測させることは難しいので、まず簡単な数値予測をさせて、予測→実験→検証というプロセスを経ることにした（図5）。

3. 仕事・位置エネルギー・運動エネルギーの定式化

①エネルギーの考え方のきっかけ
「釘の上に重いものを置いて打ち込まれていないのに、はるかに軽い金槌でたたくと打ち込まれるのはどうしてか？」ガリレオ ガリレイ(1600年頃)

②1の①を文字式化すると $W = Fx$
よって、右の図のxの大きさと、仕事の大小が比較できる。

③中学の復習から、「位置エネルギーは h に比例する」と、「運動エネルギーは v に比例する」とは学んでいるが、この比例関係が $k\sqrt{x}$ 、 kx 、 kx^2 ...のどれに相当するか確かめる。

④予測 h を2倍にしたら、 v は $\sqrt{2}$ 倍、 l は 2 倍になるだろう。

④実験
(1) 目的：位置エネルギーは高さ h と、運動エネルギーは速さ v とどのような比例関係にあるか調べ、定式化する。
(2) 原理：鉄球が物差しを押し込む仕事により、図の l がエネルギーの大きさの目安となる。

⑤ 実験器具 奇数班...右図の装置、ビースビ 偶数班...右図の装置

⑥ 手順：

奇数班	偶数班
①実験装置を組み立てる	①実験装置を組み立てる
②レール下端での鉄球の速さ v を測定する	②棒が押し込まれた距離 l を測定する
③高さ h を変えて v を測定する	③高さ h を変えて l を測定する
④データをもとにグラフを描く	④データをもとにグラフを描く
⑤ v と h の比例関係を式で表してみる	⑤ l と h の比例関係を式で表してみる

h	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8
v	0.9	1.55	2.25	2.9	3.3	4.1	4.7

⑦ グラフ

実験

⑤ 結果と考察
①自らの結果を班内で確認し、他班に説明できるように準備する。
②前の班は後ろを向き、対面した相手に自班の結果を説明する。
③向かい合った奇数・偶数班全員(8名)で、曲線のグラフがあれば比例の直線にする方法を話し合い、計算・描画1で確かめ、必要なら式を修正する。そして $v = k\sqrt{h}$ と $l = kh$ を h で定めた式を書く。

h	1	2	3	4	5	6	7
v^2	2.89	6.76	10.24	14.46	16.00	17.36	20.49

⑧ グラフ

検証

④⑥で求めた2式を用いて l と v の間の関係式を書く
結果 h を2倍にすると、 v は $\sqrt{2}$ 倍、 l は 2 倍になる。
⑤結果を文章表現する。
「位置エネルギーは、質量と h に比例し、
運動エネルギーは、質量と v^2 に比例する。」
⑥教科書の式と比較する。
⑦教科書の式を、「力×距離」の計算として導出する。
⑧位置エネルギー：質量 m の物体が、高さ h の位置にあるとき
「力」は重力 $W = mg$ 、「距離」は高さ h よって $U = mgh$
⑨運動エネルギー：静止していた質量 m の物体が、一定の力 F を l 秒間受け、一定の加速度 a で加速し速さ v になったとき
「力」は運動方程式より $F = ma$ 、「距離」は加速運動の変位の式から
 $x = \frac{1}{2}at^2$ よって $K = \frac{1}{2}mv^2$ ここで加速運動の速さの式
 $v = at$ を代入すると最終的に $K = \frac{1}{2}mv^2$ となる。

図5 ワークシート（予測→実験→検証のプロセス）

対話の場面を生み出すために、奇数班は物体を放す高さ h と最下点での速さ v の関係を見いだす実験、偶数班は物体を放す高さ h とものさしが押し込まれた距離 l との関係を見いだす実験に分割した（図6・図7）。偶数班の実験からは、位置エネルギーが高さに比例することが比較的簡単に導ける。これに対して、奇数班の実験では、エネルギーを知るための量（ものさしが押し込まれた距離 l ）を測定しておらず、直接的には運動エネルギーと速さの関係を導くことはできない。そのため、偶数班の結論と統合して考察する必要がある。このようにして、両班が協働して考える場を設定した。比例定数の扱いに苦勞する班もあったため、補足説明をした結果、最終的には全ての班が正しい式の形に到達できていた。

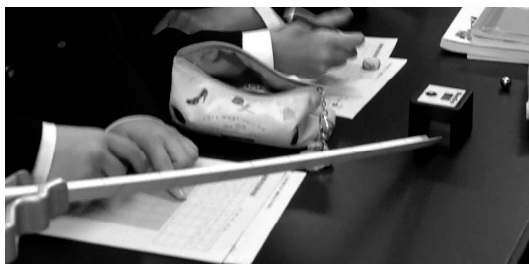


図6 奇数班の実験
(速さ v と高さ h の関係を調べる)



図7 偶数班の実験
(押し込まれた距離 l と高さ h の関係を調べる)

(4) 更なる改善に向けて

ア 成果

中学校の学習においては、エネルギーの概念が言葉による説明だけであるのに対して、高等学校においては数式化することで、厳密で論理的な説明ができたり、予測することが可能になったりする。そのような利点を生徒たちに理解させることができた。本事例では、「運動エネルギーは、質量が大きいほど、また速さが速いほど大きい」という定性的な概念を、 $K = k mv^2$ と数式化するのに、運動方程式等を用いて理論的に導くのではなく、実験によってデータを集め、そのデータの間にある関係性を見いだすという授業展開にした。その際、 v そのものではなく v^2 に比例することを示すためにはグラフが有効であること、また、データを2乗したり逆数をとったりしてグラフ化する方法があることなどを実践的に理解させることができた。実際に自分たちで実験を行って得られたデータから導いた関係式が、理論的に導いた式と同じ形になることを体験したことで、実感を伴って公式の表す意味を理解することができたばかりでなく、実験と理論が相互に補完し合いながら真理に迫るといふ本来の探究の姿の一端を経験させることができたのではないかと考える。

本事例では、班によって探究する課題を変えて、最終的には二つの班の結果を統合することで全体的な課題解決を図るような工夫をした。これは、一種のジグソー法的な手法である。このような工夫をすることで、必然的に自分の考えを整理して他者に伝えるとともに、他者の考えを聞き、最終的にはそれらを統合して結論を導くということを協働的に行うといった対話的な学びを実現することができた。生徒間で説明し合ったり教え合ったりする機会を設けたことで、たとえ誤った考えでも対話の中で修正されるという経験を重ねることができ、失敗を恐れず探究を進める姿勢が見られるようになった。

イ 課題

本実践では、本校の生徒の実態に合わせて課題を用意し、得られた結果を統合することで協働的に解決できるような展開の工夫をして、対話の場面を創出した。このような工夫をするためには、単元を通して教材をよく吟味し、適切な場面で適切な展開ができるよう研究する必要がある。また、ワークシートも新しく作成したため、準備には相当な時間を要した。継続的に実施するためには、更に研究を重ねて、効率よく準備ができるような工夫が必要であると感じた。

しかし、チームやグループで協働しながら、データやグラフを分析して関係性を見だし、定式化や一般化をするという場面は、科学的な研究はもちろんであるが、その他の様々な分野でも見られる。こういった場面で活躍できる力を育む必要性は高いと考える。

イ ポイントVIについて

1 学年の普通科 5 クラスのうち、3 つのクラスを担当しているが、クラスごとに進度等が違うため、それぞれ指導記録シートを作成することにした（図 9）。内容や図は、ほぼ共通なので、そのままコピーすることができ、大きな負担感はなかった。

(4) 更なる改善に向けて

ア 成果

授業冒頭の復習で、生徒はノートや教科書よりも、授業記録シートを見て発問に答えるようになった。また、記入に慣れてくるにつれて、積極的に記入をする生徒も見られるようになった。記録が文章であるため、その内容や書き方から、個人個人の課題解決力や意欲などの違いと、クラスの集団としての相違も把握することができた。（例えば、図 8 の左右で書き方に違いが見られる。）

ところで、当初の授業記録シート（図 10）には自己評価をする欄が無かったのだが、自発的に自己評価を行う生徒が出てきた。そこで、授業記録シートを改良して、理解度を A B C D の 4 段階で自己評価する欄をつくった（図 11）ところ、授業が終わった後の生徒同士の会話に、「今日は B だった」「C かな」といった声が聞かれるようになった。また、指導者にとっても試験を介さずに生徒の理解度や学習目標の達成度を見ることができ、指導改善や個別指導の必要性を知るための貴重な資料になるということがわかった。

指導記録シートを用いることで、クラス毎の意欲や反応の違いが明確になり、教師自身が指導方法や内容をどのように対応すればよいかを考える上で役立つことがわかった。

指導記録シート

1 年 5 組					
日時	時間	単元名	学んだこと(文章で)	学んだ公式等	備考
8/28 (火)	3	力のはたらき	中学校の復習 1 力の働き・2 種類・3 バネ・4 重さと質量・5 単位と定義・6 力の3要素	なし	中学では「100 g の物体に働く重力の大きさが 1 N」バネののびの計算はしているので、簡単な計算は皆できている。
9/4 (火)	3	力のはたらき	関係の数式化 ① y は x に比例 ② y は z に反比例 ③ y は x に比例し z に反比例	① $y = ax$ ② $y = \frac{b}{x}$ ③ $y = \frac{c}{x}$	文字種が多くなると戸惑う生徒が出てきた。バネののびも x 重さも W として「200g のおもりをつると 3cm 伸びるバネ」を数式化させることを意識した。
9/7 (金)	5	力のはたらき	おもりの重さ W から伸び x を求める式 重さを力 F に置き換えた式 伸び x から力 F を求める式 その式の比例定数の単位と名称、意味	$x = \frac{3}{200} W$ $x = \frac{3}{200} F$ $F = \frac{2}{3} x$ $\frac{2}{3} x [\text{cm}]$ $F [\text{N}]$	単位は $x = 10$ から整理させた。例の割合上 $10(\text{cm})$ で求めると、数計算と比較させた。簡単な数値計算はできる。
9/11 (火)	3	力のはたらき	フックの法則の式とばね定数の意味 力の「運動状態を変化させる」作用から力の決め方 水平ばねによる物体の射出の考察	$F = kx$ $k [\text{N/m}]$	バネによる加速を「等加速度」と答えた生徒がいたがここでは深入りせず、エネルギーの導入の際にその関連性を利用する予定とした。
9/14 (金)	5	力のはたらき	水平ばねによる物体の射出の考察 バネが「押している間」と「離れた後」の力の図示 静止も等速度、曲がるも等加速度に分類		離れた後の図では、運動方向に「慣性力」を描いた生徒があった。大きな関係は理解していた。
9/18 (火)	3	力のはたらき	上下方向には運動しないことから「力のつりあい」を確認 「慣性力」について簡単に説明		「慣性力」は中学で習っていない。慣性力は「加速を妨げるように」「運動している物体にだけ作用」という点のみを指摘。今後「慣性力」をどう扱うか？
9/26 (水)	5	力のはたらき	加速度は、力の向きに生じる 力が無いからつりあっているときは等速度 加速度は、力に比例し質量に反比例する		速度が速くなったので、グループ学習の時間を少くした。話し合いは課題の明確化と、問題設定により生徒の反応は大きく変わってきた。

図 9 指導記録シート（教師用）

授業記録シート					
日時	時間	単元名	学んだこと(文章で)	学んだ公式等	
8/28 (火)	3限	力のはたらき	中学の復習 ① 力の働き ② 力の種類 ③ 力の関係 ④ 力の単位 ⑤ 力の定義 ⑥ 力の3要素		
9/4 (火)	3限	"	比例・反比例を数式で表す。	$y = ax$ $y = \frac{b}{x}$ $y = \frac{c}{x}$	
9/7 (金)	5限	"	単位と質量の換算 バネののびと重さの関係 バネののびと力との関係	$\frac{2}{3} N/cm$ (2g につき 1cm 伸び) $\frac{2}{3} N/cm$ (2g につき 1cm 伸び)	

図 10 当初の授業記録シート

授業記録シート					
日時	時間	単元名	学んだこと(文章で)	学んだ公式等	理解度
8/28 (火)	3限	力のはたらき	中学の復習 ① 力の働き ② 力の種類 ③ 力の関係 ④ 力の単位 ⑤ 力の定義 ⑥ 力の3要素	$Q = k \cdot h$ $l = k \cdot h$	A B C D
9/4 (火)	"	"	比例・反比例を数式で表す。	$Q = k \cdot h$ $l = k \cdot h$ $Q = k \cdot h$ $l = k \cdot h$	A B C D
9/7 (金)	5限	"	単位と質量の換算 バネののびと重さの関係 バネののびと力との関係	$V = mgh$ $k = \frac{1}{2} m \omega^2$	A B C D

図 11 改良した授業記録シート

イ 課題

本校の授業は 1 コマ 45 分である。授業記録シートの記入時間に 5 分をとると、実質授業を進められるのは 40 分となってしまうため、時間が確保できないことが何回かあった。個々の授業を更に計画的に実施しなければならないと感じた。また、中には授業記録シートの意義を見いだせず、意欲的に書けない生徒もいた。学習したことを振り返る（認知プロセスの外化をする）ことで、学びの定着を図るという意義を十分に理解させる必要があると感じた。

事例2 「化学基礎」における主体的・対話的で深い学び ～ 学び合いを通じた課題解決を目指す授業の実践 ～

単元名	物質の量と化学反応式
これまでの課題	一方的な講義形式の授業では、生徒同士による意見交換をして深い思考を促したり、自分で考える習慣を付けさせたりすることができなかった。また、教師が説明している時間が長く、生徒がじっくりと考える時間を確保できない授業展開になっていた。
授業改善のポイント	黒板にまとめる時間を短縮することで、その分生徒が問題を解き、考える時間を増やした。授業の中で生じた疑問や課題について、自分で考える機会を設け、生徒同士での協働的な学び合いを通して課題解決に向かう深い思考を促した。

1 指導観

(1) 本単元について

物質の量を示す概念として、物質の量とその単位の「モル」を導入し、化学反応式と関連させて化学変化に関わる物質の間には一定の関係があることを扱う。モル質量やモル濃度にも触れる。

この単元は、計算問題演習に終始してしまうことが多い。化学反応の一例を使って実験し、測定結果を数的処理することで、反応物と生成物の間に成立する量的関係を考えさせたい。

(2) 生徒の実態

2年生文系クラスの生徒であり、学習に対する意欲がある。しかし、化学に対する苦手意識がある生徒も見受けられる。また、間違えることに抵抗を示す生徒もいるため、年度当初は周囲と対話することなく、個々で解決している様子が見られた。しかし、少しずつ生徒同士で話し合う習慣がついてきており、与えられた課題を協働的に解決することができるようになってきている。

(3) 生徒に身に付けさせたい力

本事例では、自分たちで行った実験の結果を基に、自らグラフを作成し、そこから化学反応式の係数比が物質の物質質量比になっていることを見いだすこと、また、生徒同士で学び合うことにより、課題を解決し、互いの理解力の向上を目指すことに重きを置きたい。

2 単元の指導計画及び評価計画

○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
- 粒子の個数を物質の量で表すことに関心をもっている。 - 課題の解決に向けて、協働的に取り組んでいる。 - 化学反応式の係数に着目して、正しい化学反応式をつくらうとしている。	- 物質の量と質量、粒子の個数、気体の体積との関係を単位に注目して考察している。 - 質量パーセント濃度とモル濃度との関係を理解し、換算している。 - 化学反応式の係数比が、物質の物質質量比になっていることを見いだしている。	予想を立てて観察・実験を行い、正確なデータを記録している。	- 相対質量の考え方を理解している。 - 原子量、分子量、式量の求め方を理解している。 - 質量パーセント濃度とモル濃度の求め方を理解している。

○単元の指導計画及び評価計画(12 時間)

◎印で示した評価規準：学習状況を把握し、単元の総括の資料とするためのもの。

○印で示した評価規準：学習状況を把握し、指導の手立てを行うことを重視したもので、単元の総括の資料とはしないもの。

時	学習内容	学習活動	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	原子量 分子量 式量	・相対質量の考え方を理解する。				◎	・相対質量の考え方を理解している。	発問 ノート
		○				・相対質量の考え方に関心をもっている。	ノート	
2		・原子量、分子量、式量の求め方を理解する。				◎	・原子量、分子量、式量の求め方を理解している。	発問 ノート 問題演習
3	物質質量	・化学反応と粒子の個数の関係を考える。	◎				・粒子の個数を物質質量で表すことに関心をもっている。	発問 ノート
4 5		・物質質量と物体の質量、粒子の個数、気体の体積との関係を考える。		◎			・物質質量と質量、粒子の個数、気体の体積との関係を単位に注目して考察している。	問題演習
6	濃度	・質量パーセント濃度とモル濃度の求め方を理解する。				◎	・質量パーセント濃度とモル濃度の求め方を理解している。	発問 ノート
7		・濃度の意味を理解し、質量パーセント濃度とモル濃度を換算する。		◎			・質量パーセント濃度とモル濃度との関係を理解し、換算している。	問題演習
8 9	化学反応式 と物質質量	・化学反応式で表す。		○			・化学変化を化学反応式で表している。	演習 プリント
10		・化学反応の量的関係の実験を行う。			◎		・予想を立てて観察・実験を行い、正確なデータを記録している。	行動観察
11 本時		・実験を通して、化学反応式の係数比が物質質量比になっていることを見いだす。	◎				・課題の解決に向けて、協働的に取り組んでいる。	行動観察
				◎			・化学反応式の係数比が、物質の物質質量比になっていることを見いだしている。	実験 プリント
12		・化学反応式の係数が粒子の個数比、物質質量比、体積比を表していることを確認する。	◎				・化学反応式の係数に着目して、正しい化学反応式をつくらうとしている。	発問 演習 プリント

3 本時の展開（第 11 時）

題 目	化学反応式の量的関係			
本時の目標	1. 課題の解決に向けて、協働的に取り組む。 〈関心・意欲・態度〉 2. 化学反応式の係数比が、物質の物質質量比になっていることを見いだす。 〈思考・判断・表現〉			
準備・資料	2.0mol/L 塩酸、炭酸カルシウム、コニカルビーカー、電子天秤 メスシリンダー、ピペット、雑巾、実験プリント			
段階	具体目標	学習内容・活動	指導上の留意点	評価規準
導入 (5 分)	○本時の目標を理解する。	○前時の実験目的とその結果を確認する。	○実験結果を基にグラフを描いて、そこから何が分かるかを考えさせる。 予想 炭酸カルシウムを加えるほど、より多くの二酸化炭素が発生する。	
展開 1 (10 分)	○実験から得られたデータを基に、物質量を求める。	○使用した炭酸カルシウム、発生した二酸化炭素の物質量を求める。	○各班で意見を出し合いながら、効率よく計算するように指示する。	
展開 2 (20 分) 考察	○計算で求めた各物質の物質量をプロットし、グラフを描く。 ○グラフから分かることを考える。	○加えた炭酸カルシウム、発生した二酸化炭素の物質量を用いてグラフを描き、その特徴から物質量の比を求める。 ○どのようなグラフが描けたのかを確認し、そこから何が分かるかを考える。	○方眼紙に、自分たちで軸をとってプロットさせる。目盛の入れ方など、適宜、助言を与える。 ○プロットした点を基に、実線を引いてグラフを描かせる。	【関心・意欲・態度】 課題の解決に向けて、協働的に取り組んでいる。
まとめ (10 分)	○グラフから読み取れることをまとめる。	○グラフを描くポイントを学ぶ。 ○グラフから、炭酸カルシウムと二酸化炭素及び塩化水素との物質量の比を求め、化学反応式を完成させる。	○以下の点に気付くよう支援する。 ・原点を通る直線が引ける。 →両者の間に比例関係があり、その比が 1 : 1 になっている。 ・二酸化炭素の発生が途中から止まる。 （予想と異なる） →比例関係を示す直線部分と発生が止まっていることを示す直線部分の交点がちょうど過不足なく反応する点になっている。 ○本時の目標が達成できたか確認する。	【思考・判断・表現】 化学反応式の係数比が、物質の物質質量比になっていることを見いだしている。

4 実践の様子

今回の実践に当たって、2学期から生徒に考えさせる時間を確保するため、プレゼンテーションソフトを活用し、授業での説明時間の短縮を試みてきた。また、授業で生徒同士での学び合いを活発化させるため、理解の進んでいる生徒に指導役を頼み、自席を離れての学び合いができる雰囲気づくりを行った。こうすることで、他者に口頭で説明する機会を通して、指導役を頼まれた生徒自身の知識・理解の整理も促す効果を期待している。

本報告では、(1)前時の実験、(2)本時における考察に分けて報告する。

(1) 前時の実験 (第10時)

炭酸カルシウムと2.0mol/L塩酸35mLを反応させ、反応前後の質量差を電子天秤により計測させた。既に学習している質量保存の法則が成り立っていることから、質量の差が発生した気体の質量になることを理解した上で実施している(図1)。実験結果を基に、加えた炭酸カルシウムと発生した気体の物質量の関係から、その物質量が化学反応式の係数比になっていることに気付かせたいと考えた。

実験を行うに当たり、発生する気体を予想し、どのような確認方法があるか生徒に考えさせた。ほとんどの生徒は、発生する気体が「二酸化炭素」であること、「石灰水に通すこと」で確認できることも分かっていた。そこで、炭酸カルシウムと塩酸を二また試験管内で反応させ、発生した気体を石灰水に通す演示実験を行った。このとき、炭酸カルシウムを加えれば加えるほど、より多くの二酸化炭素が発生するという予想を基に、どのようなグラフが描けるか、クラス全体でその見通しを共有した。生徒は原点を通る直線のグラフをイメージしたようである。実験操作に関する注意点なども確認できたところで、生徒は実験を行った。炭酸カルシウムを1.0gずつ、合計5.0gになるまで、塩酸の入ったコニカルビーカーに加えていき、反応の様子を観察した。塩酸のしぶきがビーカーから出ないように慎重に操作している生徒、ビーカーの壁面に付着した炭酸カルシウム粉末を塩酸としっかり反応させるためにビーカーを傾ける工夫をする生徒も見られた(図2)。炭酸カルシウムが合計3.0gまではすべて反応したが、4.0g以降は、反応せずに溶け残る炭酸カルシウムが存在していることに生徒は気づき、「えっ？」という反応を示した。生徒はあくまでもすべて反応して溶けてしまうと思っていたからである。しかし、周囲を見渡して、ほかの班も同様の結果になっており、少し安心したような表情を示していた。

実験 化学反応式の量的関係 手順プリント

【目的】化学反応式の係数比と物質の物質量の比の関係を導く。

【準備】炭酸カルシウム〔化学式: CaCO_3 〕 式量: 100
2.0 mol/L 塩酸、200mL コニカルビーカー、50 mL メスシリンダー、
電子天秤、電卓、駒込ビペット

【操作】

- 5枚の葉巻紙にそれぞれ炭酸カルシウムを1.0gずつ量り取る。(済み)
- メスシリンダーと駒込ビペットで塩酸を35 mL量り取り、コニカルビーカーに入れる。天秤の数値を0に合わせ、塩酸の入ったビーカーの質量を量り、
『【結果】の実験1回目の①の欄』に記録する。(この後は天秤の『0ボタン』は押さない)
- 2のビーカーに炭酸カルシウムを 少しずつ加えて、攪拌しながら 反応させる。
(理由):
- 反応が終わり、数値が安定したら、天秤に乗せ、数値を読み取り③に記入する。
- 1.0gずつ増やしていき合計5.0gになるまで、1~4を繰り返して行う。
(実験2回目以降の③は、一つ前の③の結果と同じ数値を記入)

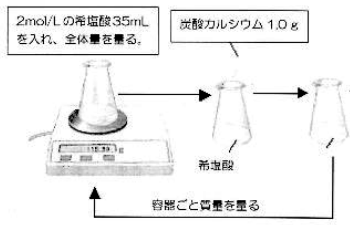


図1 実験で用いた手順プリント



図2 実験の様子

(2) 本時における考察 (第 11 時)

ここでは、各班の実験結果に基づいて、炭酸カルシウムと二酸化炭素の物質量との関係を導き出し、物質の物質量比は化学反応式の係数比になっていることを見いださせることが重要である。そこで、加えた炭酸カルシウムの物質量と、反応により発生した二酸化炭素の物質量をそれぞれ求め、それをグラフ化することで何が読み取れるか、考察した。

ア 生徒の様子

物質量の計算を終えると、グラフの作成に取りかった。これまでは、軸や目盛が既に印刷されたプリントを用いて、グラフを描かせていた。作業時間の短縮には効果があるものの、得られたデータをただプロットするだけの作業となっていたことが以前から気になっていた。したがって、市販の方眼紙を配付し、全て任せることにした。生徒にとってはグラフの縦軸・横軸を描くところから始まり、目盛のとり方にも苦戦していたようだが、互いに見比べ、班で協力しながら作成していた(図3)。ここではなるべく授業者は介入せず、生徒同士の学び合いを見守った。



図3 生徒の様子

イ グラフの作成について

加えた炭酸カルシウムの合計が 3.0g(0.03mol)となる実験3回目までは完全に反応が進行したことをどの班も確認している。次の 4.0g(0.04mol)のときに未反応の炭酸カルシウムが残ったことから、この間で反応が終了していることを気付かせたかった。ところが、生徒はプロットしたデータ点を直線で結ぶグラフや滑らかな曲線で結ぶグラフ(図4)を作成した。これでは、どの時点で反応が完了したかを見極めるための重要なポイントが見えなくなってしまった。そこで、プロットが終わっている生徒に以下のように問いかけた。

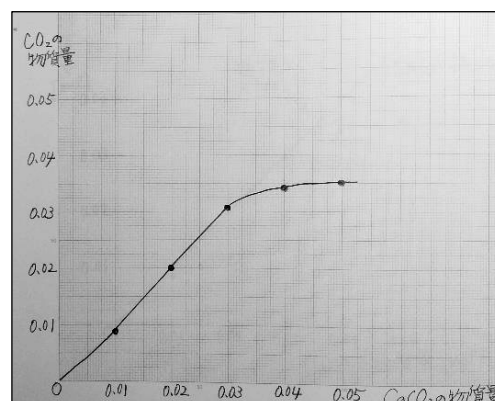


図4 生徒が最初に描いたグラフの例

「もし、この実験で加える炭酸カルシウムの量が 0.5g ずつだったとしたら、そのときの結果はどこにプロットされると考えられるか？」

事前の見通しでは、加えた炭酸カルシウムの量に応じて、二酸化炭素の発生量も増えていくと考えていた生徒も、こちらの問いかけの意味を理解し、グラフの描き直しを始めた。自分で 2.5g や 3.5g の場合の発生量も予想して新たにグラフ(図5)を完成させ、考察の中で「反応が終了して、二酸化炭素が発生しなくなったのではないか?」、「そもそも、なぜ二酸化炭素が出てこなくなったのか?」という意見が出てきた。

ウ まとめ

前時の実験で失敗することなく、信頼できる結果を得られたので、作成したグラフから、加えた炭酸カルシウムと発生した二酸化炭素の物質量の間に比例関係が成立していることを生徒は読み取った。原点を通るグラフの傾きから、炭酸カルシウムと二酸化炭素の物質量比

が1 : 1になっていることは理解できた。ところが、グラフの横軸 0.04mol、0.05mol においては二酸化炭素の発生がないことから、予想と異なる結果となったため、戸惑う生徒が見られた。あくまでも二酸化炭素の発生が続くことを予想していたからである。一部の班の中で、「実はビーカー内の塩酸の方が足りなくなったのではないか？」という意見が出た。そこで、比例関係を示す直線と、発生が止まったことを示す直線からどんなことが分かるかを考える時間を設けた。周囲の班の意見も交えながら色々考えた結果、二つの直線の交点がちょうど過不足なく反応している量を示していることを見いだしたようであり、生徒の間から「あーっ！」という声が上がった。

ほとんどの生徒は反応後の生成物を列挙することができ、化学反応式の骨組み部分はでき上がっていた。そこから先は何をすればいいのか、分からずにいる生徒もいたが、班の中で理解の進んでいる生徒から教わることで実験プリントの考察(図6)と一緒に取り組んでいた。授業者が特に指示をしなくても、互いのコミュニケーションを通して自分の考えを発表し、班で共有することで、あるところから二酸化炭素の発生が

なくなるのは、反応で塩酸が消費されたために足りなくなり、これ以上は炭酸カルシウムと反応ができなくなったと結論付けることができた。生徒から、「塩酸を加えれば、溶け残っている炭酸カルシウムが反応するのか？」という質問が出たので、実際に少量の塩酸を加えて観察させた。盛んに二酸化炭素が発生している様子を見て、料理のレシピ(ハンバーガー)と材料(バンズとパティ)に例えた発言をする生徒もいた。反応が進行するためには、両方の材料(反応物)がなければならないことがイメージできたのか、この例えは言い得て妙である。

この実験で使用した塩酸 35mL 中に含まれる塩化水素の物質質量 (0.07mol) を計算で求め、過不足なく反応した時の炭酸カルシウムと塩化水素の物質質量比が 1 : 2 になっていることも導き出した。生成物の化学式 (CaCl_2) も正確に記すことができ、係数の 1 は省略して記さないことも確認し合いながら、化学反応式を無事に完成させた。これらの考察を通して、化学反応が進行するための条件や化学反応式の係数が意味するものを見いだして理解することができたと考えられる。

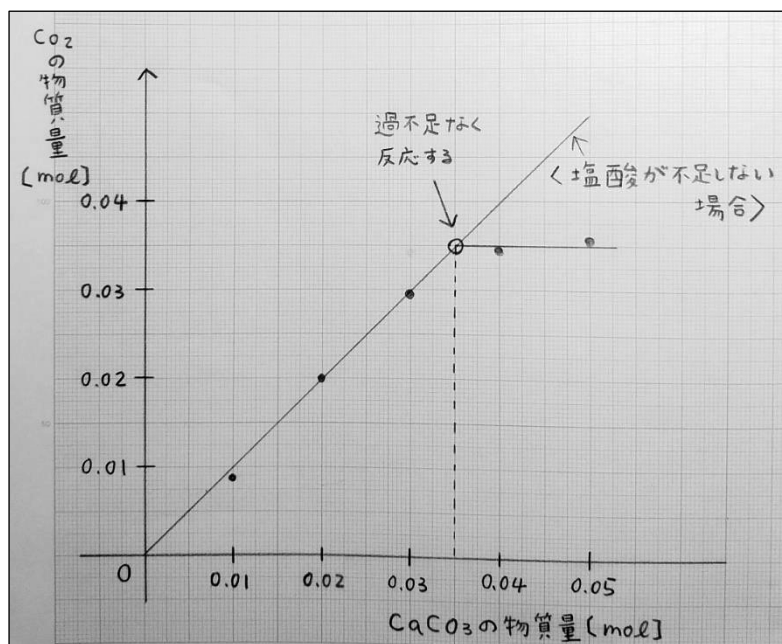


図5 生徒がグラフから読み取ったことの一例

(4) 塩酸と過不足なく反応する CaCO_3 と発生する気体の物質質量 [mol] 比を、作成したグラフから求めよ。

$\text{CaCO}_3 : (\text{CO}_2) = 1 : 1$

$\text{CaCO}_3 : \text{HCl}$
0.035 : 0.07
1 : 2

(5) この実験の化学反応式を書きなさい。

↓ 係数比はモル比

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$

図6 実験プリントの考察の様子

5 更なる改善に向けて

(1) 成果

ア 化学反応の量的関係を自ら見いだして理解することについて

実験結果に対する事前の予想や見通しをもたせることで、そのとおりにならなかった場合に原因の究明や別の視点での考察を促すことができるようになる。本実験では、炭酸カルシウムが溶け残ったという観察事実を全員で共有しておくことで、そこから「過不足なく反応するときがある」ということに考えが及んだ。班内で協力して効率的にデータを収集したこと、それを基に化学反応における量的関係を見いだせたことにより、化学反応式の意味することが理解できたと考えられる。

今回は、使用する塩酸の量をあえて 35mL とした。これを 30mL にすると、炭酸カルシウムを 3.0g 加えたときに過不足なく反応したことになるので、データ点同士を直線で結ぶだけでグラフが完成してしまう。これでは、生徒の疑問やそれを解決するための考察に入ることなく終わってしまう。このような生徒の思考を促すようなひと工夫が大切である。

また、実験上の注意事項にも関心を示し、安全に実験を進めてくれた。濃度計算などのこの単元で学んだ知識をうまく組み合わせて活用しながら、課題に取り組んでいた。自分たちで実験することで、化学反応を身近な科学現象として捉え、その中に量的関係が存在していることを実感させることが大切であり、理科を学ぶ意義につなげていきたい。

イ プレゼンテーションソフトの活用について

これによって、黒板のスペースを有効活用できるようになった。以前は、実験室や講義室の黒板のほかに、ホワイトボードなどを準備して、注意事項や操作の指示などを示しておいた。場合によっては、それを消して次の板書内容を書かなければならず、授業の途中で振り返ることができなかつたり、再度空いたスペースに書き直したりするなどして対応していた。その時間が生徒にじっくり考えさせることや発表させる機会を奪っていた。黒板をスクリーンの一部と見なして、プロジェクターで必要な情報を簡単に黒板に提示できることは、授業の展開において劇的な改善となっている（図 7）。

授業は単に黒板の内容をノートに写すという作業を行うことではない。自分たちで判断して必要な部分をメモすることが重要であることを繰り返し伝えてきた。そのため、実験上の注意事項など、授業者が口頭で伝えたことをノートや実験プリントへ記録できるようになってきた。生徒が考えて動けるようになってきており、実験結果から何を読み取るのか、何を求めなければならないのかを自分で考える機会を提供できた。問題や課題について考え、解決していく時間を確保できるようになったことは大きな成果である。以前よりも生徒はいろいろと考えながら、周囲との対話を交えて授業に臨むようになってきたと実感している。クラス全体に学びに向かう雰囲気ができつつある。

結果	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
① 反応前の全体質量	96.87 g	97.52 g	98.03 g	98.60 g	99.47 g
② 加えた CaCO ₃	1.0 g	1.0 g	1.0 g	1.0 g	1.0 g
③ 反応後の全体質量	97.52 g	98.03 g	98.60 g	99.47 g	99.44 g
④ 発生した気体の質量 (①+②-③)	0.35 g	0.49 g	0.43 g	0.13 g	0.03 g
未反応の CaCO ₃ の有無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無

図 7 実験結果の提示法

(2) 課題

今回の実験で、どの時点で反応できる塩酸がなくなったかについて気付かせるのは、かなり難易度の高い要求だった。しかし、授業者の問いかけに対して、生徒自身が悩みながらも一生懸命に考える姿勢を見せてくれた。思考を促すためにも、より効果的な発問を適宜取り入れるなど、生徒の学びを支援していくことが大切である。例えば、今回の実験と同じ手法を用いて、濃度の

不明な塩酸のモル濃度を、計算で導き出すというアプローチの仕方も考えられる。生徒の実態をよく把握した上で、より発展的な取組にチャレンジしてみたい。

授業者が一方的・即座に説明してしまえば、時間の短縮につながるだろうが、生徒の「なぜ？」と感じる部分を大切にしたい。化学反応式は中学校で基礎的なことは学習しているが、高等学校において、計算問題演習中心の授業展開に終始してしまうのはもったいない。また、手順どおりに操作して結果を得るだけの単なる確認実験では、生徒も作業をするだけの受け身の姿勢になってしまう。ましてや、時間短縮や効率性を重視するあまり、班内での作業分担を厳格にしてしまうと、一部の生徒だけが操作や観察をし、ほかの生徒は結果を記録するのみであったり、片付け作業を行っていたりと、せっかくの観察のチャンスを逃してしまう恐れもある。全員で実験に臨むようにさせたい。

本実験では事前に予想や見通しをもたせ、そのとおりにならなかった時の問題解決に向けた生徒の自主性を伸ばしたいと考えた。疑問が生じた時に、分かっている生徒が積極的に分からない生徒に話しかけ、協働して課題に取り組める環境づくりに配慮してきた。当然のことながら、個人でじっくりと考えることも重要である。自分の考えをもった上で、生徒同士でいろいろな考えや意見に触れ合い、新たな気付きや知識の整理が生まれるようにしたい。また、生徒に対して何を学ぶかを授業の最初に提示し、最後にこの時間で何が分かったかを確認することで、その時間に学んだことを整理するという習慣を付けさせたい。

実験 化学反応式の量的関係

年 組 番 氏名

【目的】化学反応式の係数比と物質の物質量の比の関係を導く。

【準備】炭酸カルシウム〔化学式： 式量： 〕
2.0 mol/L 塩酸、200mL コニカルビーカー、50 mL メスシリンダー、
電子天秤、電卓、

【操作】は別紙参照。

【結果】

	実験1回目	実験2回目	実験3回目	実験4回目	実験5回目
①反応前の全体の質量	g	g	g	g	g
②加えた CaCO ₃ の質量	1.0 g	1.0 g	1.0 g	1.0 g	1.0 g
③反応後の全体の質量	g	g	g	g	g
④発生した気体の質量 (①+②-③)	g	g	g	g	g
未反応の炭酸カルシウムの有無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無

(測定値:) 計算値:)

【考察】〔原子量: H=1.0 C=12 O=16 Cl=35.5 Ca=40 〕

(1) 反応前後の質量差は、発生した気体が空気中に散逸した分に相当する。従って、反応前の質量と反応後の全体の質量は等しくなるはずである。この法則は何と呼ばれるか。
[] の法則

(2) 今回使用した 2mol/L 塩酸 35 mL 中の塩化水素の物質量 [mol] を求めよ。
物質量 [mol] = 濃度 [mol/L] × 体積 [L]
[]

(3) 実験で使用した HCl の物質量を記入せよ。また、炭酸カルシウム及び発生した気体 () について、結果の表を参考に、各回の実験データを足し合わせて、合計質量を以下の表にまとめ、それぞれを物質量 [mol] で表せ。
また、グラフ用紙に、縦軸に CO₂ の物質量 [mol]、横軸に CaCO₃ の物質量 [mol] を取り、グラフを完成させよ。

	1回目まで	2回目まで	3回目まで	4回目まで	5回目まで
HCl の物質量 [mol] (実験 1~5 まですべて同じ)	mol	mol	mol	mol	mol
CaCO ₃ の合計質量	1.0 g	2.0 g	3.0 g	4.0 g	5.0 g
CaCO ₃ の物質量 [mol]	mol	mol	mol	mol	mol
発生した気体の合計質量	g	g	g	g	g
発生した気体の物質量 [mol]	mol	mol	mol	mol	mol

(4) 塩酸と過不足なく反応する CaCO₃ と発生する気体の物質量 [mol] 比を、作成したグラフから求めよ。
CaCO₃ : () = :

(5) この実験の化学反応式を書きなさい。

(6) この実験のグラフからわかることを書きなさい。
[]

【自己評価】当てはまるものに○をつけてください。

- 化学反応式の係数比が物質量比を表している事が理解できたか？
よく理解できた 理解できた あまり理解できなかった 理解できなかった
- 班で積極的に話し合って考察することができたか？
よくできた できた あまりできなかった できなかった

図 8 実験で用いたプリント

事例3 「生物」における主体的・対話的で深い学び ～ 生徒自らが気づき、理解する授業の実践 ～

単元名	有性生殖
これまでの課題	これまでの授業展開を振り返ると、イラストや動画の提示、発問等で生徒の理解を促すような工夫をしていたものの、結果的には、一方的な説明に終始し、生徒にとっては受動的な授業展開になっていた。本事例の単元「有性生殖」で扱われる内容は、目に見えない部分で起こっている現象なので、「理解させたい」という思いから、特にその傾向が強く、生徒を主体とした授業が実現できていなかった。
授業改善のポイント	今回の実践では、教師が教えて理解する場面と生徒が気付いて理解する場面を明確にし、生徒自身の気づきを伴った理解を意識した単元展開を試みた。生徒が気付いて理解する場面では、前時までに学んできた内容では説明が成り立たない事象を生徒に提示することで、「なぜだろう」という思いを喚起して、理解に向けて主体的に取り組むよう工夫した。併せて、生徒たちの意見交換が促されるよう、染色体モデルを用いたグループ活動を取り入れた。最終的には、受精や減数分裂における配偶子への遺伝子の独立した分配や組換えがあることが、遺伝子の組合せの多様性を高めていることに気付かせたい。

1 指導観

(1) 本単元について

本単元の主なねらいは、減数分裂から受精の過程を経て多様な遺伝的な組合せが生じることを理解させることにある。生徒は、遺伝子の組合せの多様性と受精の関係は比較的理解がスムーズである。しかし、受精前の配偶子形成、つまり、減数分裂における「組換え」や「独立」については、現象としては理解し、どういう遺伝子型の配偶子がどういう比率で生じるかに着目することはできるものの、遺伝子の多様性を高めているという点ではあまり印象に残っていないのではないかと感じている。ここでは、中学校での既習事項を踏まえて、「染色体と遺伝子の関係」「独立」「完全連鎖」を学習した上で、配偶子形成に関する実験結果から減数分裂における染色体の乗換えの存在に気付かせ、総じて、有性生殖では減数分裂と受精によって多様な遺伝子の組合せが生じることを理解させたい。

(2) 生徒の実態

文系クラスの2年次の生徒であり、大学入試センター試験等で生物基礎を受験科目とする必要がある生徒が大部分である。減数分裂を扱った授業後の振り返りシートには、「減数分裂でなぜ2回の分裂が必要なのか」「細胞分裂時に長い染色体をなぜ短い染色体にする必要があるのか」などの記述が見られ、学習した内容に対して疑問をもち、考えながら授業を受けている。しかしながら、生物は「暗記」さえすればよいと認識している生徒も少なくない。

(3) 生徒に身に付けさせる力

遺伝子の組合せの変化についての理解とともに、疑問に感じたことを解決していこうとする力、また、観察・実験の場面では、その技能を身に付けさせる。その際、他者に自分の考えを伝えたり他者のアイディアから新たな考えを導き出したりするなど他者と協働する力も身に付けさせたい。

2 単元の指導計画及び評価計画

○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
・既習事項で説明できない事象の解決に意欲的に取り組もうとしている。	・減数分裂における染色体の乗換えに気付き、ワークシートに表現している。 ・独立や組換えが遺伝子の多様な組合せの要因となることを考察している。	・減数分裂の観察に適した部位を用いて、適切に観察している。	・遺伝子座と遺伝子型について理解している。 ・減数分裂の各時期の特徴を理解している。 ・独立と連鎖によって生じる配偶子とその比率について理解している。

○単元の指導計画及び評価計画（7 時間）

◎印で示した評価規準：学習状況を把握し、単元の総括の資料とするためのもの。
○印で示した評価規準：学習状況を把握し、指導の手立てを行うことを重視したもので、単元の総括の資料とはしないもの。

時	学習内容	学習活動	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	遺伝子と染色体	・染色体の構造と構成を理解する。				○	・DNAと染色体の関係や相同染色体と性染色体について理解している。	発問 振り返りシート
2		・染色体と遺伝子の関係について理解する。				◎	・遺伝子座と遺伝子型について理解している。	問題演習
3	減数分裂と遺伝情報の分配	・有性生殖における減数分裂の意味を確認する。	○				・有性生殖において個体の染色体数が一定に保たれるしくみについて関心をもち、意欲的に探究しようとしている。	発問
4		・減数分裂の過程を理解する。				◎	・減数分裂の各時期の特徴を理解している。	発問 振り返りシート
		・減数分裂の観察を行う。			◎		・減数分裂の観察に適した部位を用いて、適切に観察している。	実験プリント
5	遺伝子の多様な組合せ	・2組の対立遺伝子を例に、遺伝子の独立と連鎖について理解する。				◎	・独立と連鎖によって生じる配偶子とその比率について理解している。	発問 ワークシート 振り返りシート
6 本時		・独立と連鎖では説明できない配偶子形成について確認する。	◎				・既習事項で説明できない事象の解決に意欲的に取り組もうとしている。	行動観察 ワークシート 振り返りシート
		・配偶子形成において、乗換えが起きることに気付く。		◎			・減数分裂における染色体の乗換えに気付き、ワークシートに表現している。	

7	・遺伝子の多様な組合せの要因を考察する。	◎	・独立や組換えが遺伝子の多様な組合せの要因となることを考察している。	振り返りシート 問題演習
	・組換え価について考察する。	○	・組換えを起こした配偶子の数を計算している。	

3 本時の展開（第6時）

題 目		減数分裂における染色体の乗換え		
本時の目標		① 事象の解決に意欲的に取り組む。 〈関心・意欲・態度〉 ② 減数分裂における染色体の乗換えに自ら気づき、表現する。 〈思考・判断・表現〉		
準備・資料		モール（2色各2本）、実験結果資料、ワークシート		
段階	学習活動	指導上の留意点		評価規準
導入 15分	「独立」「完全連鎖」について復習する。 - 独立や完全連鎖では説明できない配偶子形成について確認する。	- 完全連鎖については、前時のワークシートを使って確認する。 - スイートピーの実験結果を提示し、「独立」または「完全連鎖」しているときの配偶子の遺伝子型の比とは異なることに気付けるように比較の視点を助言する。		
展開 20分	染色体に起こっていることを染色体モデルで探究する。	- 染色体がひも状であることに着目できるようにモデルについて説明する。 - 減数分裂のどの時期に、染色体がどのような動きをすることで説明できるかを想起できるように、前時の完全連鎖のワークシートと比較しながら、現象を捉えるよう助言する。 - 机間指導を行い、グループ内での意見交換を促す。		【関心・意欲・態度】 ・既習事項で説明できない事象の解決に意欲的に取り組もうとしている。
まとめ 10分	見いだした染色体の動きをワークシートに模式的にまとめる。	机間指導を行い、生徒の理解度を把握し、適宜指導する。		【思考・判断・表現】 ・減数分裂における染色体の乗換えに気づき、ワークシートに表現している。

4 実践の様子

(1) 第6時（本時）

本事例の中心となる授業である。ここでは、生徒自身が減数分裂における染色体の乗換えによ

り遺伝子が組み換わっていることに気付かせることが主なねらいである。そのことに留意して、前時（第5時）と本時の導入、展開を次のように行った。なお、教科書には減数分裂の過程の詳細が示されているので、前時と本時は教科書を用いず、ワークシートや資料を基に展開した。

ア 前時（教師が教えることにより理解する）

(ア) 「遺伝子の独立」の理解

第3時に学習した減数分裂の過程に触れながら、2組の対立遺伝子を例に、どのような配偶子がどのような割合で生じるかを、生徒自身が模式図で表現しながら確認した。その際、4種類の配偶子が同じ比率で生じることを押さえた（例 $AB : Ab : aB : ab = 1 : 1 : 1 : 1$ ）。さらに、染色体数が多くなるほど、生じる配偶子の種類が多くなることを理解できるように、染色体数の異なる生物を例に配偶子形成について説明した。

(イ) 「遺伝子の完全連鎖」の理解

2組の対立遺伝子を例に、どのような配偶子がどのような割合で生じるかを、生徒自身が模式図で表現しながら確認した。その際、2種類の配偶子が同じ比率で生じることを押さえた（例【 AB と ab が連鎖している場合】 $AB : Ab : aB : ab = 1 : 0 : 0 : 1$ ）。また、1本の染色体上には複数の遺伝子が存在する（連鎖している）ことを理解できるように、ヒトの染色体数と遺伝子数を挙げて説明した。

イ 本時の導入

(ア) 「遺伝子の独立」「遺伝子の完全連鎖」の復習

各現象について、模式図（図1）を用いて、減数分裂の過程における染色体と遺伝子の関係を踏まえながら、前時の復習を行った。

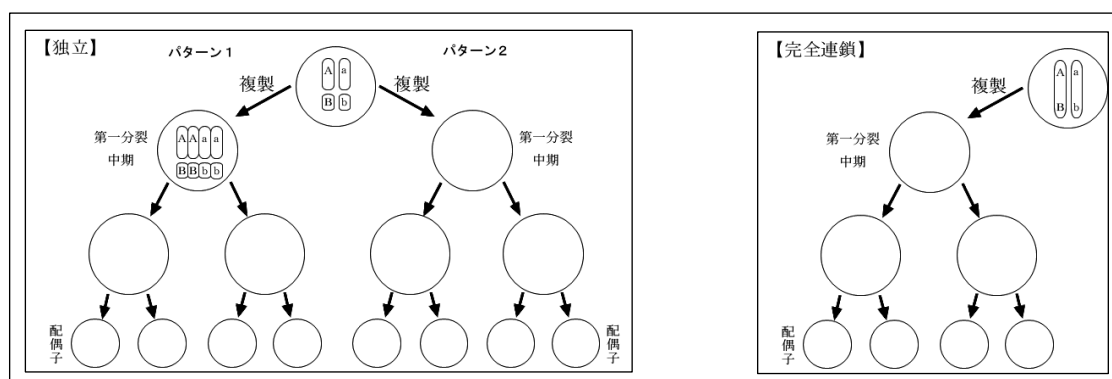


図1

(イ) 「遺伝子の独立」「遺伝子の完全連鎖」では説明できない配偶子形成例の提示

スイートピーの花色と花粉の形（2組の対立遺伝子）についての交配実験結果（図2）を提示した。その後、F1から生じる配偶子の遺伝子型と比率を考えさせた（その際、検定交雑には深く触れず、劣性ホモを掛け合わせると、相手の作る配偶子が分かることを伝えた）。

この実験結果については、前時までに学習した、生じる配偶子の種類と比率の関係からは説明できない。あえて、それを提示することで「なぜだろう」という疑問を抱き、減数分裂においてどのような染色体の動きがあったのか探究したいという意欲の高まりを図った。

【スイートピーの交配実験と結果】

スイートピーの花色と花粉の形について、次のような実験を行った。ただし、花色の遺伝子は、青色（遺伝子A）が赤色（a）に対して優性、花粉の形の遺伝子は、長花粉（B）が丸花粉（b）に対して優性であることが分かっている。また、遺伝子A（a）と遺伝子B（b）は連鎖している。

純系の青花・長花粉と赤花・丸花粉を両親として交配すると、F1は全て青花・長花粉となった。F1に劣性ホモ（ $aabb$ ）を掛け合わせると、青花・長花粉…287株、青花・丸花粉…39株、赤花・長花粉…41株、赤花・丸花粉…275株が生じた。

図2

ウ 展開

(ア) モデルの活用

教科書等では、減数分裂の過程を模式図を用いて解説をしている。本時の導入では、その模式図を参考に作成したもの（図 1）を用いて、前時の復習を行ったが、染色体の乗換えに気付かせるためには、動きを表現できる立体的なモデルがあった方が生徒の思考を促せるのではないかと考え、手芸工作用のモールを染色体モデル（図 3）として用いることにした。

生徒には色の異なるモールを 2 本ずつ配付し、色の異なるモール 1 対を、複製前の染色体モデルとした。その後、復習で作成した完全連鎖の減数分裂の過程のワークシートと照らし合わせながら、複製後の染色体の様子を、自由に検討させた。

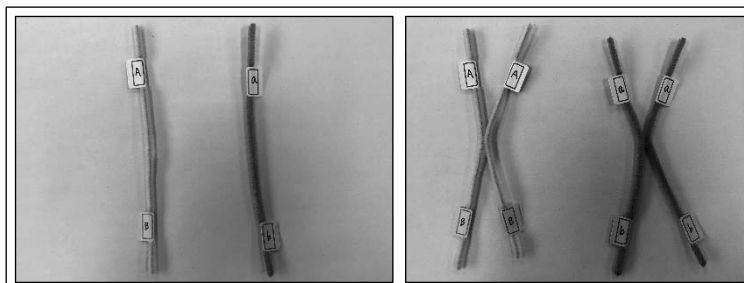


図 3

(イ) グループ活動

モデルを取り入れたことに期待するもう一つの効果は、モデルを手掛かりとした、グループ内における意見交換の活性化である。染色体に見立てたモールを変形させることが、染色体の様々な動きを想起させ、染色体の動きや遺伝子の組合せを視点とした話合いが深まると考えた。

◎生徒の様子

○生徒間のやりとりの様子

- ・生徒① 「AとB、aとbが連鎖した状態からは、Aとb、aとBの組合せはできないよね」
- ・生徒② 「そう、だから、どうなったらAとb、aとBの組合せをもった染色体ができるかってことでしょ」
(…間…)
- ・生徒③ 「突然変異が起きたんじゃないかな？」
- ・生徒④ 「染色分体がひっくり返るんじゃない？」
(モールを使って、説明を始める)

○生徒が説明をしている様子

モールを使って考えたことを、横軸を時間軸とした模式図を書いて、考えを整理しながら説明をしているグループが見られた（図 4）。

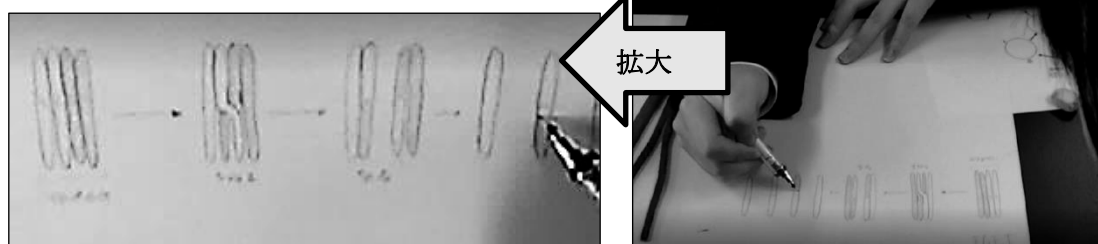


図 4

○「振り返りシート」からみる生徒の様子

授業では、学習内容について「考えたこと」「分かったこと」となどを振り返らせている。本時の活動の前後でどのような考えの変化が見られたかという記述では、**図5**のような記述が見られた。

対合面にある非姉妹染色分体が「それぞれ切れて、下半分が入れ替わる」と考えていたものを、活動後には、「交叉（乗換え）を経て入れ替わる」ことが正しいのではないかと考えている。

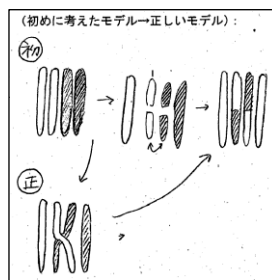


図5

○ワークシートにみる生徒の様子

図6では、第一分裂（図中の○）で対合した相同染色体の非姉妹染色体間の乗換えは生じず、第二分裂（図中の□）までに、相同染色体のそれぞれの染色分体が入れ替わり、かつ、交叉すると考えている様子が見られる。「交叉する」という発想はよいが、減数分裂の過程の理解が不十分であったことがうかがえる。このようなグループに対しては、補足説明を行った。

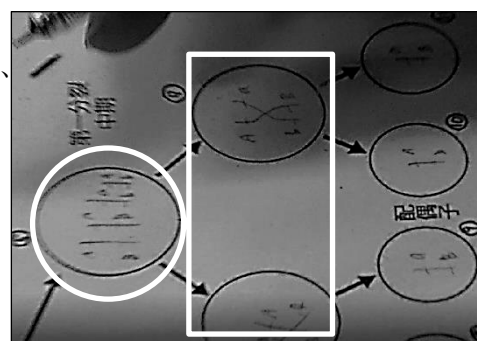


図6

(2) 第7時

第6時では、「減数分裂（配偶子形成）における遺伝子の多様性」に関して、生徒自らが気付くことを意識して授業を行った。第7時の前半では、「独立」「完全連鎖」「不完全連鎖」「受精」を総合的に捉え、遺伝子の多様性の高まりについてグループで考える場面を設定した。

【課題】完全連鎖と乗換えが起きたときの子の遺伝子の組合せの違い

○図1の染色体の組合せを親として自家受粉するときの子の遺伝子型を求めよう！
 [同じ色の塗りつぶし（白抜きは除く）の枠には、同じ遺伝子型が入ること意味する]

①完全連鎖のとき

図1

生じる配偶子

	ABC	ABc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABbCc	AaBbCc	AaBbcc
ABc	AABbCc	AABbcc	AaBbCc	AaBbcc
abC	AaBbCc	AaBbCc	AabbCc	AabbCc
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	aabbcc

※子の遺伝子型は何通りあるか。

②乗換えが起きたとき

生じる配偶子

	ABC	ABc	abC	abc				
ABC	AABBCC	AABbCc	AaBbCc	AaBbcc				
ABc	AABbCc	AABbcc	AaBbCc	AaBbcc				
abC	AaBbCc	AaBbCc	AabbCc	AabbCc				
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	aabbcc				

※子の遺伝子の組合せは何通りあるか。

図7

授業では、既習事項である「独立」「完全連鎖」「受精」と前時に気付いた「不完全連鎖」の知識を関連させて整理できるようにワークシートを工夫することで、深い理解である「受精と組換えによる遺伝子の多様性」に気付くことをねらって、図7のワークシートを工夫した。ワークシートは、破線部分で山折りにした状態で生徒に配布し、生徒は、はじめに「完全連鎖」における子の遺伝子の組合せの種類数を求めた。次に、折り返しを開き、「不完全連鎖」のときの遺伝子の組合せの種類数を求め、配偶子形成と受精による遺伝子の多様性について考えた。

ワークシートを見開きの1枚にすることで、生徒が組合せの数の違いを比較できるようにし、視覚的にも遺伝子の組合せ数の違いが印象に残るようにした。

なお、図7中の②と③の遺伝子の組合せは同じになり、④には①と共通な組合せがあることから、合計数の実際は①と②（または③）の数と、④の数から①との共通な組合せの数を引いた数の合計になることを補足した（今回は、それぞれの数ではなく、違いが大きいことが分かることを重視した）。

(3) 振り返りシート（図8）

生徒自身が、今日の授業では何を学んだかを振り返り、自身の学びや不十分なところを認知する手がかりとなることを期待して実施した。

2. 授業で分かったこと

② 減数分裂

③ 授業で分からなかったこと

アリントでは（動物細胞）の減数分裂だが、植物細胞では違うのか

1. モールで考えた乗換え、組換えを思い出し、考えた思考の流れを考える。
(初めに考えたモデル→正しいモデル):

① ②

③

2. 遺伝子の組換えによって生じる多様性について記述する。感想風のコメントでもかまいません。

染色体 4本 23組

遺伝子 (ヒト) 約20,000

染色体1本あたり 20000

約870個の遺伝子

約870個の遺伝子が組換えが起こると、本当にすごい数の組み合わせができることわかった。

図8 振り返りシートの記入例

5 更なる改善に向けて

(1) 成果

ア 既習事項で説明できない実験結果の提示（主体的な学びの実現に向けて）

今までの授業では、組換えを学習した上で、教師が実験結果を検証的に示していた。しかし、それでは授業が生徒にとって受動的なものになってしまう。受け身の理解になってしまい、生徒の主体性や深い理解につながらない。「なぜだろう」「どうしてだろう」という思いが十分に高まったところで、初めて主体的な学びが起こると考える。

今回の取組について生徒にアンケートを行ったところ、9割の生徒から「なぜだろうと思ったり、考えてみようとした」という回答が得られた。主体的な学びにつながる、課題に取り組む意欲を引き出すことができたと考えられる。

イ モデルの活用とグループ活動（対話的で深い学びの実現に向けて）

生物学では、肉眼では見えない現象を扱うことが多く、生徒はその実体を捉えにくい。今までも、イラストや動画、モデルを用いて生徒にその現象を提示してきたが、生徒自身にモデルを操作させて思考を促すことはしていなかった。

今回、動きを表現できるモールを使うことによって、生徒は染色体と遺伝子の関係を意識しながら、減数分裂の過程で起きる乗換え現象を試行錯誤して、見いだそうとしていた。

グループ活動においては、乗換え現象をモールを用いて他のメンバーに説明したり、モールを用いてイメージした乗換えを伴った減数分裂の過程を他のメンバーと協働しながらワークシートに整理したりしている様子が見られた。図 10 からは、8 割近くの生徒が考察の過程を楽しみ、意欲的に取り組んでいた様子が見える。

図 11 にあるように約 4 分の 3 の生徒が、「教師からの説明中心の授業より、グループで考える学習の方が記憶に残ると思う」という問いに対し、肯定的に回答している。また、自由記述には「色々な組換えができるため様々な組合せができると思った」「 $AB/a b$ の個体から組換えが起きなければ 2 種類の配偶子しか生じないが、組換えが起きれば 4 種類にもなる」「組換えが起きるほど、遺伝子の組合せが多様になる」という記述が見られた。教師から教わることなく、自ら気付いて理解することに一定の成果がみられ、「遺伝子の多様性」という視点で深い理解をさせることができた。

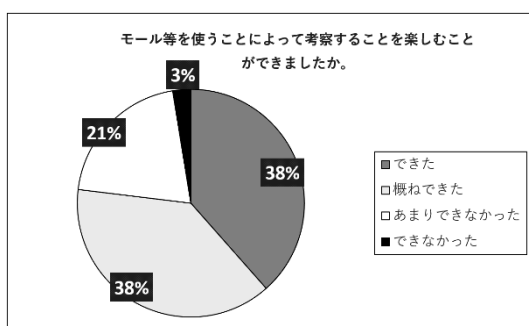


図 10

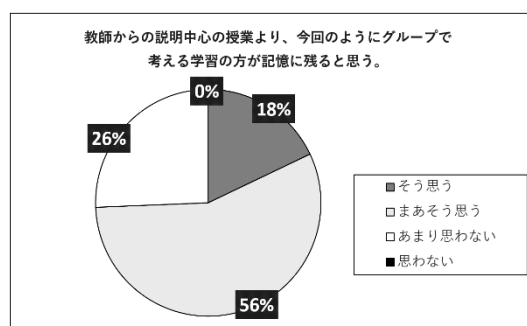


図 11

ウ 振り返りシート（主体的な学びの実現に向けて）

振り返りシートを継続して実施したことで、生徒自身による学びの確認を促すことができた。また、教師にとっても、授業ごとに生徒がどこでつまづいているのかを把握できるだけでなく、その理解の不十分さが次時の授業の理解不足につながることを捉えることができ、授業冒頭での復習をポイントを絞って行えるようになった。「組換えが起きるか起こらないかは何か条件があって決まるのか」「遺伝子の組換えで体に異常など生じるのか」などの疑問を記述する生徒もいた。これらの疑問にも授業後にすぐに対処することができ、生徒の生物への興味・関心、授業参加への意欲を高めることができた。

(2) 課題

新学習指導要領解説理科編の「第 1 章 総説 第 1 節 改訂の経緯及び基本方針 2 改訂の基本方針(3)

『主体的・対話的で深い学び』の実現に向けた授業改善の推進に「…（中略）…生徒が考える場面と教師が教える場面とをどのように組み立てるかを考え、実現を図っていくものであること」とある。乗換えに気付く活動において、既習事項（減数分裂の過程）の理解が不十分であったため、課題の意味が分からなかつ

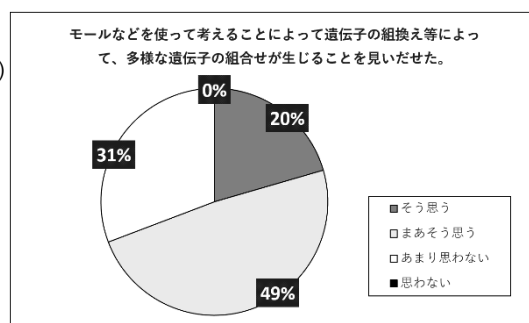


図 12

た生徒がいたり、誤った方向で思考が進んでいたグループがあったりした。また、図 12 では、約 3 割の生徒が、自分自身で「見いだせたか」という問いに否定的な回答をしている。生徒が自ら考え、気付いて理解するためには、その拠り所となる知識の定着の重要性を改めて感じた。

今回の研究をまとめるに当たり、改めて、自身の授業のビデオを見たところ、生徒がグループで協議し思考を巡らしている最中に、発問を投げかけたりして活動を停止させてしまっている場面があった。その場面で本当にその発問が必要なのか、どのような声掛けが協議を活性化させるかなどについて今後さらに研究していく必要があると感じた。

今後、課題について、研究と実践を繰り返し、「教師が教える場面」と生徒が自ら考え、「気付いて、理解する場面」をうまく取り入れながら、生徒の学力の向上を図っていきたい。

〔参考文献・引用文献等〕

- ・文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』（平成 21 年）
- ・文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』（平成 30 年 7 月）
- ・澤村京一『生命科学Ⅲ－遺伝学－』（サイエンス社 2005 年）
- ・中村千春 編著『遺伝学』（化学同人 2007 年）