

高 等 学 校

平成 2 2 年度

教育研究員研究報告書

理科部会

東京都教育委員会

は じ め に

東京都教育委員会は、平成２２年度から新たに幼稚園・小学校・中学校・高等学校の教員を対象に教育研究員を設置し、平成１７年度まで５０期にわたって行ってきた教育研究員事業を６年ぶりに復活させました。この事業は、教育研究活動の中核となる教員を養成することによって、東京都全体の教育の質を向上させることを目的としています。各教育研究員には１年間の研究活動を通して組織的な研究活動の在り方を身に付け、これからの東京都の教育研究活動の推進者となることが期待されています。

平成２０年３月に告示された幼稚園・小学校・中学校学習指導要領に続き、平成２１年３月に高等学校学習指導要領が告示され、全ての校種が新しい学習指導要領の本格実施あるいは本格実施に向けての移行期間に入りました。このことを受けて、平成２２年度の教育研究員の共通テーマは「新学習指導要領に対応した授業の在り方について」とし、研究の柱が改訂された学習指導要領であることを明確にしました。また、今回の学習指導要領改訂の大きなポイントの一つである「言語活動の充実」については、全ての校種・部会の研究内容の中で取り組むこととしました。

これまで都教育委員会は、都立高校教育の充実・発展のために「生徒による授業評価」を活用した授業改善の促進や、進学指導重点校等での進学指導に関する協議会の開催など、生徒の学力を向上させるための取組を行ってきました。また、平成２２年度からは、進学指導のマネージメントの定着を図る目的で、進学校における外部機関による進学指導診断を実施したり、学力向上に向けて実践的な研究を行う学校を指定し、高校入試結果の分析、学力向上推進プランの作成、学力調査問題の開発・実施・分析を通して学習指導の改善と充実を図ったりしてきました。

そこで、本年度高等学校の各部会においては、全校にわたる共通テーマに加え、「確かな学力の向上を図るための授業等の工夫についての実践研究」を高等学校全体のテーマとして設け、各部会において確かな学力を定義づけた上で、それぞれの研究主題を設定し、研究開発に取り組んできました。

この１年間、高等学校の全１５部会、７０名の教育研究員が、国語、地理歴史、公民、数学、理科、保健体育、芸術（音楽）、外国語、家庭、情報、農業、工業、商業、特別活動及び総合的な学習の時間の各教科等について、研究主題に基づいて研究を行い、協議を重ね、検証した内容を本報告書にまとめました。

各学校におかれましては、本報告書を有効に活用し、学力向上に向けた教科等の指導方法・内容の改善と充実に取り組んでいただくようお願いします。

平成２３年３月

指導部高等学校教育指導課長

宮本 久也

目 次

I	研究主題設定の理由	1
II	研究の視点	1
III	研究の仮説	2
IV	研究の方法	3
V	研究の内容	4
VI	研究の成果	14
VII	今後の課題	16

研究主題	「科学的な思考力・表現力を育成するための指導法の開発」
------	-----------------------------

I 研究主題設定の理由

1 高等学校理科学習指導要領の基本的な考え方

平成18年に実施されたPISA調査の結果では、読解力及び数学的リテラシーで成績低位層が若干減少してはいるものの、OECD平均より高得点のグループである数学的リテラシーにおいて成績上位層の割合が減少し平均得点が低下したこと、科学的リテラシーにおいて平成15年の同調査との同一問題での比較では変化はなかったものの、科学への興味・関心や楽しさを感じる生徒の割合が全般的に低いなどの課題が改めて明らかになった。

こうした各種学力調査結果を踏まえ、中央教育審議会での審議を経て平成21年3月に新しい高等学校学習指導要領において、理科の改訂の基本的な考え方が示された。この考え方の一つとして、「科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から探究的な学習活動をより一層充実する。」ことが打ち出されている。

2 主題設定の理由

各種学力調査結果から、引き続き生徒の科学的思考力や表現力を身に付けさせていく必要性が明らかになり、引き続きこれらの力を育てていくことが求められている。理科の教科指導において、科学的な思考力を育てていくためには、授業及び実験や観察で扱った自然現象について、生徒一人一人が分析を行うとともに、問題点を見出し解決するための方法を論理的に説明する機会を設けることが必要である。

しかし、一部の学校の授業では、生徒に対する問いかけが、「はい」や「いいえ」あるいは「語句」で答えられるものにとどまっており、生徒の思考を助け、考えていることを引き出す効果的な「発問」が行われていない実態が見られる。一方で、試験や実験レポートにおける記述式の問題に対して、無回答で提出する生徒が多いという実態も見られている。

これらの各種の学力調査の結果及び日々の授業の取組や生徒の様子から、基礎的な学力はある程度身に付いているものの、科学的な思考力・表現力が不十分であることが共通の課題として浮かび上がってくる。

そこで本研究では、新学習指導要領の改訂の考え方を踏まえ、生きる力や確かな学力の様々な要素の中から、特に科学的な思考力や表現力を高等学校理科教育の場面で育成するための指導法を開発することを主題として設定した。

II 研究の視点

研究主題設定の理由で述べたように、各種学力調査や学校での生徒の実態から、思考力・表現力の不足が指摘されている。この指摘を受けて、改めて日々の授業を振り返ってみると、生徒に考えさせたり、表現させたりすることができているか疑問になる。教師側から生徒に知識を一方向的に伝達する授業になっていないだろうか、生徒が自分の考えを述べるようなやり取り

をしているだろうかなどと考えると、生徒に考えさせ、表現させる授業が十分にはできていない現状が浮かび上がってくる。この現状から見えてくる教師側の主な課題として、①思考するために必要な知識や理解が生徒にどの程度備わっているかを把握し、生徒に基礎的な知識や概念の定着を図ること、②生徒が考える機会を授業中に十分に設けること、③授業中に生徒が思考した内容や学んだ内容を自分の言葉で表現する機会を設けることが考えられる。本研究は、上記の3つの課題を解決するための取り組みを通して、「確かな学力」の三要素の一つである「思考力・表現力」を育むための指導法を開発することと、その評価を研究授業等を通して検証することを目的として実施した。授業実践には、新学習指導要領への対応を考慮し、できるだけ必修科目である『基礎を付した科目』の項目に対応した内容を選んで実施した。

Ⅲ 研究の仮説

今回の研究では、特に「問答形式の授業」、「結果・考察の共有化」という二つの取組に力点をおいて指導法の開発を行った。「問答形式の授業」とは、知識を答えさせる教師からの発問とそれに対する生徒の返答を繰り返す授業ではなく、「なぜ」「どのように」など、考えを文章化して答える必要のある発問に対して教師と生徒がやり取りを繰り返す授業である。この「問答形式の授業」を中心にして、①問答形式の授業、②実験・観察、③実験結果・考察の共有化という三つの過程を体系化し、生徒の実態に合わせて段階的に実施することで、生徒の科学的な思考力や表現力を育むことができるであろうと考えた。

第一の過程は「問答形式の授業」である。「問答」を中心とした授業では、「問答」を通じて生徒の学習到達度や知識理解度を把握しながら、不足する知識を適宜補い、基礎基本の理解を深めていくことができる。また、「なぜ」、「どうして」など、考えを文章化して答える必要のある発問を介して、生徒は論理的な思考過程をたどることによって、自然と科学的な考え方を学ぶことにもなる。「問答」形式の授業形態が習慣化することで、生徒が常に疑問を持つようになり、思考しながら授業内容を理解していくという能動的な学習活動が期待できる。さらに、「問答」を振り返りながら、学習した内容や思考した内容を自分の言葉でまとめる機会を授業の中に十分設けることで、表現力を養うことも可能である。

第二の過程は、「問答形式の授業」を踏まえた上で行う「実験・観察」である。「問答」形式での学習を踏まえた上で実験・観察を行えば、生徒は実験の目的をより明確に把握することができるので、実験・観察に能動的に取り組むようになり、実験結果の予測や考察をより深めることができるであろう。その際、図や表を用いたり、自分の言葉で結果や考察をレポートにまとめたりすることで、表現力を養うこともできる。

第三の過程は、「結果・考察の共有化」である。理科の授業では、学習内容の確認や補足等の手段の一つとして実験・観察を行うことがある。実験後、生徒にレポートを提出させ、教師がそれを採点・評価して一連の授業は完結してしまうことが多いが、「問答」形式の授業の後に行う実験・観察では、様々な場面で生徒による考察が行われることが期待できる。実験後の授業で、実験結果や考察を生徒にフィードバックし、生徒間で互いに共有化する機会を設けることで、より多くの教育効果が期待できる。例えば、結果の違いがなぜ出たのかを考えさせたり、他の生徒の考察の視点に触れさせたりすることで、科学的な見方や考え方をより確かに育むこ

とができるであろう。

以上の三つの過程を体系化し、繰り返し実施することで確かな知識の定着と学習内容の理解をもたらすだけでなく、本研究が目指す生徒の思考力・表現力を育成することができるだろう。

Ⅳ 研究の方法

「問答形式の授業」「実験・観察」「結果・考察の共有化」という三つの過程を軸とした授業の有効性を「生物」と「地学」の分野では研究授業を通して、「物理」と「化学」の分野では普段の授業を通して検証した。仮説の検証のために、生徒へのアンケート(授業評価)、記述式の授業プリントや実験・観察レポートのチェックを行い、結果を分析した。

1 段階的指導の実践

(1) 問答形式の授業

知識の習得のみを目的とせず、思考することに重点を置いた授業を実践するために、仮説に基づく「問答形式の授業」を取り入れた。「問答形式の授業」は、教師が一方的に知識を伝達するものではなく、双方向のやり取りで成立するものである。このため、事前に生徒の学習状況に合わせた質問をできるだけ多く準備し、「問答」を行うことに努めた。なお、「問答」の繰り返しの中で、生徒の学習到達度や理解度に合わせて、学習進度や質問の内容・形式を適宜調整するように配慮した。さらに、表現力を育成することを目的として、書き込み式のプリントを用い、生徒に学習内容を定着させることとに加えて、思考した内容や学習内容を自分の言葉でまとめる練習を繰り返し行わせた。本研究では、「生物」と「地学」で2回の「問答形式」による研究授業を実施し、授業展開、「問答」の質・形式・きっかけなどについて協議した。

(2) 実験・観察

「問答形式の授業」の内容を活かした「実験・観察」を行い、生徒により深く考えさせる機会を設けた。この過程では、実験や観察の目的や方法などを科学的に考えさせ、積極的に実験・観察に取り組ませた。また、結果及び考察を図表や自分の言葉で表現させ、レポートとして提出させた。その際、「結果」、「考察」及び「感想」の違いがわからない生徒に対して、これらの区別を明確に説明したうえで、実験・観察の指導を行うように留意した。

(3) 結果・考察の共有化

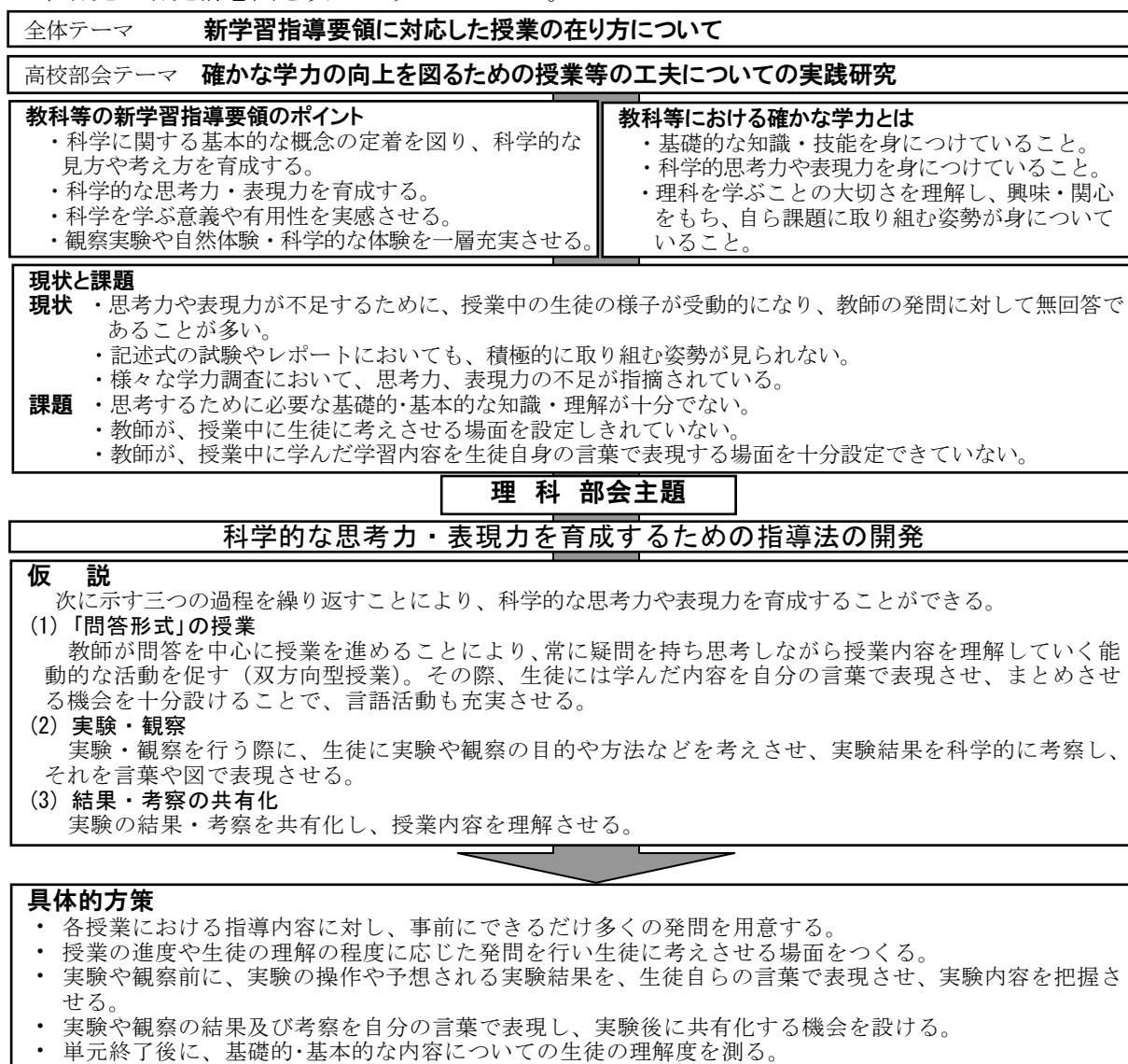
提出された生徒のレポートの結果と考察を整理し、実験・観察後の授業で生徒にフィードバックし共有化して、単元内容のまとめをする機会を設けた。そこでは、結果に違いが生じた原因を考えさせたり、他の生徒がどのような視点で考察をしているかを比較させたりすることで、より科学的に考えさせることを試みた。

2 評価の方法

生徒に対して、授業評価アンケートを実施した。「生物」と「地学」の研究授業においては、「問答形式の授業」形態の印象や授業への取組姿勢についてアンケートを実施し、自ら考え、主体的に授業に参加していたかの評価を行った。また、「物理」では、「問答形式の授業」に対する授業評価に加えて「問答」形式の後に実験を取り入れたことについて、「化学」では、「実験結果・考察の共有化」という段階を取り入れたことについて、それぞれアンケートを実施した。また、実際に生徒の思考力や表現力が今回の取り組みでどのように変化したかを検証するために授業プリ

ントや提出させたレポートを資料として用いた。「物理」では、「問答形式の授業」→「実験・観察」という段階的な授業を行ったクラスと、この方法による授業を行わなかったクラスとで、小テスト(理由や式などを問う記述式問題)の解答率に違いが見られるか比較した。

本研究の研究構想図を次のようにまとめた。



V 研究の内容

(1) 実践事例Ⅰ 生物

科目名	生物Ⅰ〔生物基礎〕	学年	2 年次相当
-----	-----------	----	--------

1 単元(題材)名、使用教材(教科書、副教材)

- ・ 単元名：(1)ア(ア)細胞の増殖と生物体の構造(体細胞分裂)〔(1)イ(イ)遺伝情報の分配〕
- ・ 使用教科書：生物Ⅰ(東京書籍)

2 単元(題材)の指導目標

- ・ 体細胞分裂によって遺伝的に同一な細胞集団を作り上げていることを理解する。

- ・体内で体細胞分裂がどのような役割をもっているかを理解する。
- ・特にDNAの複製と分配に注目し、その重要性を認識する。

3 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断	ウ 技能・表現	エ 知識・理解
単元の 評価 規準	・授業に積極的に参加し、発問に対し自ら考える姿勢が見られる。 ・観察を積極的に行い、多くを学ぼうとする姿勢が見られる。	・発問に対し、ただ答えを待つのではなく、自ら考えることができる。 ・実験において、得られた結果を解釈し、適切に考察することができる。	・説明等のメモを各人で工夫してまとめることができる。 ・観察の際、工夫して見やすいスケッチを行うことができる。	・細胞の増殖におけるDNAの複製・分配のしくみ・意義を理解する。 ・体細胞分裂の役割について理解する。

4 単元（題材）の指導計画（4時間扱い）

時間	学習内容	学習活動	評価規準（評価方法）
1	染色体と核相	・染色体の実体を知り、特にヒトの染色体を例に、その構成を理解する。 ・核相の概念を理解し、体細胞分裂をDNAの視点から考える基礎を獲得する。	・染色体とDNAの関係を理解できたか。 ・核相の概念を理解できたか。
2 (本時)	体細胞分裂の過程	・体細胞分裂のもつ意義を理解する。 ・DNAを複製・分配する巧妙なしくみを理解する。 ・実際の分裂の過程を理解する。	・体細胞分裂におけるDNAの複製・分配の意義としくみを理解できたか。
3、4	体細胞分裂の観察（実験）	・体細胞分裂の進行する様子を、DNAの状態に注目しながら観察する。	・実験が適切な方法で行われ、観察ができていないか。 ・DNAに注目した理解ができていないか。

5 本時（全4時間中の2時間目）

(1) 本時の目標

- ア 発問に対して、積極的に答え、課題に意欲的に取り組んでいる。【関心・意欲・態度】
- イ 発問に対して、筋道を立てて考え、自分なりの推論を立てることができる。【思考・判断】
- ウ DNAの半保存的複製の様子や、体細胞分裂での染色体の動きを図示することができる。
また、適切にメモをまとめることができる。【技能・表現】
- エ DNAの相補性と半保存的複製のしくみを理解する。その上で、DNAの動きに注目しながら体細胞分裂の過程を分析し、2nの細胞から均等に染色体が分配し、2nの細胞が2個できるという本質を理解できる。【知識・理解】

(2) 本時の展開

過程	時間	学習活動・学習内容	指導上の留意点	評価規準・方法（ア～エ）
導入	10分	・発問により、本時のテーマである体細胞分裂の重要性を理解させる。 ・体細胞分裂は「細胞の完全なコピー」を目標としていることを説明する。	・「体細胞分裂はいつでも起こっているか」と発問し、体細胞分裂の意義を考えさせる。 ・「どこで」を考えさせる上で、選択肢を用意することで多くの生徒に参加させる。	・授業にのぞむ姿勢（ア） ・発問に対する考察（イ、エ） ・授業への積極性（ア） ・的確な図やメモ（ウ）
展開	30分	・「細胞のコピー」では、特にDNAのコピーと分配が重要であることを理解させる。 ・DNAのコピーミスの与える影響を思い出し、正確なコピーの重要性を確認する。 ・半保存的複製のしくみを理解する。DNAの複製の簡便さが遺伝子としてふさわしい理由の一つであることにもふれる。 ・体細胞分裂のポイントは、DNAを複製して分配することだということを、模式図を用いて説明する。 ・各時期での工夫を発問を通して考察させ、理解させる。 ・体細胞分裂の過程をより実態に近い図で細かい語句の説明も含めて理解させる。 ・細胞質分裂に関しては、ここで初めて説明するので、動物細胞のくびれを中心に説明する。	・DNAとタンパク質の話を出しながら、DNAのコピーの重要性を再確認する。 ・コピーミスの影響も既習事項であるので、再確認する。 ・既習事項であるDNAの塩基の相補性を確認する。 ・実際に相補性を利用してDNAのコピーが取れることを作業を通して理解する。 ・体細胞分裂における染色体の動きの全体像を理解する。 ・模式図を見て、自分でも作図できるようにイメージさせ理解を深める。 ・発問に対して考察しながら理解させる。 ・細かい語句の暗記ではなく、模式図で説明したポイントに着目できるよう留意する。 ・参考として植物細胞についても紹介する。	・発問に対し、自分で考え、推論できているか（ア、イ、エ） ・過去のプリントを参照するなど、積極的に参加しているか。（ア、ウ） ・作業の際、積極的に参加しているか。（ア） ・相補性と複製の関係を理解することができたか。（エ） ・細胞内での染色体の位置関係を正しく理解することができたか。（エ） ・DNAの複製と分配という基本概念を理解できているか。（エ） ・理解できていない部分を的確に把握し、質問をすることで解決を試みようとしているか。（ア、イ、エ）
まとめ	10分	・体細胞分裂は「細胞の完全なコピー」であることを確認し、DNAの複製・分配が最重要であることを確認する。	・ポイントを確認したうえで、確認テストに取り組み、理解できた部分と理解できていない部分を整理させる。	・体細胞分裂の本質を理解することができたか。（エ） ・確認テストで、本時の内容を理解した上で解答できているか。（ア、イ、ウ、エ）

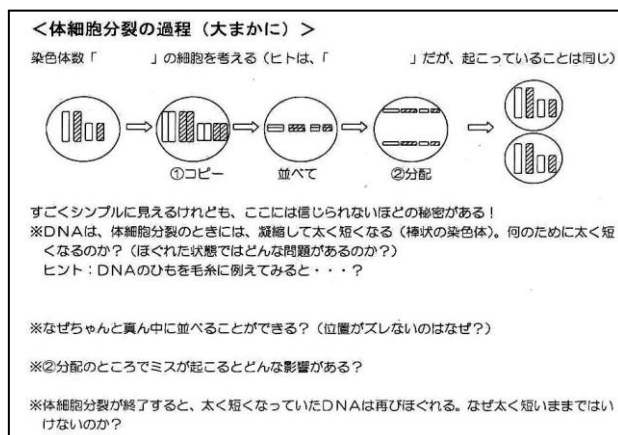


図1 授業展開例1（授業プリントより抜粋）

スケッチ2：根端分裂組織の全体像の観察（最低20個は書き入れること）
 ごくごく簡単なスケッチで！
 ※分裂している細胞はどう見分ける？

観察した細胞の総数 [] 個

分裂期の細胞 [] 個

図2 授業展開例2（授業プリントより抜粋）

- 1、授業プリントでは、「※」の記述式の質問が多いが、これについて当てはまるものに○をして下さい。
- ①「※」の質問をもっと増やしてほしい（1名）
 - ②今のままでよい（7名）
 - ③「※」をもう少し減らしてほしい（3名）
 - ④「※」はなくて欲しい（語句の穴埋めだけでいい）（1名）
- 2、授業では、語句を答えさせる質問よりも、何かを考えて文章で説明する質問を多くしていますが、設問の難易度はどう感じますか？
- ①とても難しく、何も考えることができない（1名）
 - ②何とか考えることができるが、それをうまく文章で表現できない（9名）
 - ③ちょうどよい難しきで、苦労しながらも文章にできる。（2名）
 - ④簡単すぎる（4名）
- 3、授業では、語句を答えさせる質問よりも、何かを考えて文章で説明する質問を多くしていますが、このスタイルをどう思いますか？
- ①ただ説明の講義を聞くだけよりも、色々考える方がおもしろい集中できる（7名）
 - ②ただ説明の講義を聞くだけよりも、色々考える方がおもしろいが、考えるのに疲れたり、面倒くさくなってしまう（5名）
 - ③ポイントを絞って講義をするだけでよい。（考えさせる必要はない）（0名）
- 4、授業では、できる限り多くの生徒を当てて、やり取りをしながら進行していますが、このスタイルをどう思いますか？
- ①当てられた生徒と同じように質問を考えながら進むので、集中でき理解しやすい。（8名）
 - ②当てられていないとあまり考えないが、当てられるとそこで考えるので、このスタイルのほうがよい。（3名）
 - ③当てられなくても同じように考えることができるので、当てる必要はない（0名）
 - ④考えるのも面倒くさいし、当てられるのもいやだ。（0名）無回答（1名）

図3 授業評価アンケートの結果（ ）内は、回答した生徒の数を表す。

実験4「体細胞分裂」レポートまとめ

観察結果

分裂期の細胞の割合

生徒	細胞の総数	分裂期の細胞	分裂期の割合（%）
A	173	11	6.4
B	53	4	7.5
C	124	25	20.2
D	80	7	8.8
E	20	8	40.0
F	20	5	25.0
G	20	12	60.0
H	20	6	30.0

考察

分裂期にある細胞と、分裂期にない細胞はどのように見分けられようか。理由とともに説明せよ。

- 1、染色体が見えるか。間期の細胞はキレイな丸だが、分裂期の細胞は染色体をまとめて扱いやすく、核膜が無くなるので、ひものようなものが見える。
- 2、だまになっているか、ひもになっているか。
- 3、染色体を染めた時にひも状になっているかいないか。
- 4、細胞壁があるかどうか。ひも状かもとまっているか。
- 5、核膜の中に染色体があるか。すでになく、ひも状のDNAがバラついているか。
- 6、核の中心がぼくぼくしてしゃしゃりになっているものとそうでないもの。くしゃくしゃのものは分裂期にある。核の中にあつた染色体が分裂しているのそう見えるのです。たぶん・・・きつと。
- 7、核の中にあるDNAがひものようになって見えるかで見分ける。
- 8、染色体があるか。染色体は分裂期にしか発生しないから。

分裂期にある細胞と、分裂期にない細胞では、どちらが数が多かったか？また、それはなぜか？

- 9、分裂期にない細胞。何故なら、次の細胞分裂の準備に時間がかかっているから。
- 10、ない細胞の方が多かった。分裂がすぐ終わるから。
- 11、1、分裂期にない細胞。間期（分裂期にない細胞）の方が長く、分裂期（分裂している細胞）の方が短いから。
- 12、分裂期にない細胞。間期にかかる時間の方が長いから。
- 13、分裂期にない細胞の方が多かった。間期はG₁期、S期、G₂期など多くの過程があり時間がかかるから。

その他の考察

- 33、皿面に押すより、少し横にすらしながら押しつぶした方が細胞がバラバラになって観察しやすかった。
- 34、酢酸オルセインはくさい。
- 35、植物や動物によって染色体が違った。これには何らかの進化過程に秘密があると思う。
- 36、観察中に魚のうろこのような透明な物体があった。あれは何だろう。
 ギョウギに似たようなものがアミエビのカーゲにいた。
- 37、終期にくびれはでない。
- 38、細胞分裂しているのが、だいたい一箇所にとまっていた。

感想

- 39、染色体が全極気持悪い。
- 40、目が疲れた。プラネタリウム行きたい。
- 41、前回より染まりがよく見やすかった。ただ、終期、後期が分かりにくかった。
- 42、途中からだったからよくわからなかった。
- 43、前回失敗しただけに、分裂期の細胞が見れて嬉しかった。あれが自分の体でも行われているなんて信じられない。
- 44、うまくいけば観察者？が見れたらいいですね。
- 45、観察する場所によって、細胞の大きさや多さが違った。
- 46、見えて嬉しかった！

スケッチ

図4 実験後のまとめのプリント

6 本時の振り返り

(1) 「問答」形式の授業

4月当初から「問答形式の授業」を続けていたことで、この形式の授業に生徒も慣れてきている様子であった。授業後アンケートの結果からも、多くの生徒は考えることを楽しんでいるようである。しかし、難解な内容や普段慣れない文章での表現を盛り込みすぎると、生徒は集中力を欠き、教育効果が落ちてしまう可能性がある。本研究授業では、生徒の状況に応じて、教師の「発問」に対して生徒が答えを選択して選べるように工夫したり、文章で回答させるようにするなどの工夫を行い、教師が生徒の思考を助けるとともに、思考力、表現力のどの要素が足

りないのかを授業中に確認しながら実施した。指名された生徒との「問答」だけでは、他の大多数の生徒の思考が停止し、指名されたときだけ考えればよいという発想になることが考えられるが、アンケートの結果からは、指名された生徒に対する「問答」であっても、自ら進んで考えようとする姿勢が見られ、このスタイルでの授業が、生徒の思考力を育むのに非常に有効な手段であると考えられる。

(2) 記述形式のプリント

記述形式の問いを多用したプリントを使用した。それに対する拒否感はそれほど大きくない。生徒は、記述形式の問いが増えることを望んでいないが、この形式のプリントに満足している生徒が多数である。「思考力（問題に取り組み何かを考えようとする力）」と、さらにそれを表現する「表現力（思考した内容を文章にまとめる力）」が両方あって初めて思考力を問う論述形式の問題に取り組むことができる。アンケートからは、考えようとする姿勢は見えるが、それを文章化できない実態が見える。これは、従来「思考力」の不足とされていたケースが、実は思考はできているが論述できないという「論述力」の不足である可能性を示唆するものである。

(3) 「確認テスト」に関して

授業で学んだ基本的な内容の定着を確認する「確認テスト」を本時の最後に実施した。体細胞分裂の過程の模式図を並び替える問題は全員が正答できていたことから、基礎的な知識・理解はなされていると考えられる。一方で、染色体の模式図を自分で書くという学習では多くの生徒がつまずいていた。このことから、教え込みスタイルではない「問答形式の授業」スタイルでも、基礎・基本を徹底することができるが、授業で学んだ概念を模式図で表す等の思考力・表現力を養うには、生徒にさらに思考させる時間の確保と授業者の工夫が必要であることが分かった。

7 本時後の展開

本時では、体細胞分裂におけるDNAの挙動を理解させるために、分裂前期にDNAが凝縮する現象を「引越しの際の段ボール詰め」に例えて説明し、その上で染色体を表す模式図を使って説明を行った。本研究の方法の一つとして、「例え話→モデル(要点が分かるように簡略化した図)の提示→実際の事象との照合」という段階的指導があり、最終的に実際の事象と結びつけるため、本時後にニンニクの根を用いて体細胞分裂の観察実験を行った。

観察においては、体細胞分裂におけるDNAの挙動に注目させ、間期と分裂期ではDNAの状態にどのような違いが見られるかを重点的に指導した。単に、分裂期の各時期にある細胞の個数を数えるだけではなく、思考過程を文章で表現できるような考察課題を多く取り入れ、思考力・表現力の向上を目指した。

実験後には、提出された生徒のレポートの結果と考察を整理したまとめプリントを作成し、生徒にフィードバックし共有化して、単元内容のまとめをする機会を設けた。まとめプリントを作成し配布するだけでは教育効果は薄いと考え、まとめプリントからさらに考察できる簡単な課題を設けて、まとめプリントに積極的に向き合うことができるように工夫した。まとめプリントによる考察と、それに関するアンケート調査の結果から、「結果・考察の共有化」には以下のような利点があると考えられる。

- ・自分の結果だけからは考察できない部分を他の生徒の結果から補って考察できる。
- ・科学的思考の基本である客観性を鍛えるトレーニングになる。

- ・教員から生徒への一方向の学びではなく、生徒相互の情報交換から学びが広がる。
- ・実際の生徒のレポートから、「結果」「考察」「感想」の違いを理解することができる。
- ・よい部分を取り入れ、考察の方法やレポート作成技術を向上させることができる。
- ・他の生徒のレポートから刺激を受け、次のレポート作成への意欲につながる。

アンケート調査の結果では、まとめプリントでの課題を負担に感じる生徒が多かった。課題の分量が多すぎたり、難易度が高すぎたりすると教育効果が半減するので、注意を要する。しかし、上述したように、まとめプリントの作成による「結果・考察の共有化」は、基礎的・基本的な知識・技能、思考力・表現力、学習への意欲という、「確かな学力」につながる全ての要素に高い教育効果があると考えられる。指導計画の中に是非位置づけるべき手法である。

(2) 実践事例Ⅱ 地学

科目名	地学Ⅰ〔地学基礎〕	学年	2 学年
-----	-----------	----	------

1 単元（題材）名、使用教材（教科書、副教材）

- ・単元名：(1)イ(ア)地球内部の構造と性質〔(1)イ(ウ)地球内部の層構造〕
- ・使用教材：(教科書) 地学Ⅰ 新訂版（実教出版）・(副教材) 新訂 地学図表（浜島書店）

2 単元（題材）の指導目標

- ・地球内部を調べる方法と地球内部の構造及び性質について理解する。

3 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断	ウ 技能・表現	エ 知識・理解
単元の評価規準	授業に積極的に参加し、自ら考えようとする姿勢が見られる。	科学的な論理性をもって、現象の原因について様々な角度から考察を行うことができる。	話を正確に聞き取ったり、グラフを正確に作成したりできる。また、自分の言葉で自分の考えを表現できる。	地球の内部構造とその根拠について、正しい知識や理解をもつ。

4 単元（題材）の指導計画（3時間扱い）

時間	学習内容	学習活動	評価規準（評価方法）
1 (本時)	・速度について復習する。 ・走時曲線の意味を理解する。 ・モホロビッチ不連続面、マントルの存在を理解する。	・速度の概念を確認する。 ・走時曲線を作図する。 ・走時曲線の折れ曲がり考察する。	・速度の計算が正しくできる。 ・グラフが正しく作成できる。 ・現象の原因について様々な角度から考察を行うことができる。
2	・現象の原因について様々な角度から考察する。 ・地震波の性質の理解の定着。 ・核の存在を理解する。	・実際の走時曲線を複数取りあげ、実際のデータとモデルとの違いを考察する。 ・地震波の性質を確認する。 ・シャドーゾーンが生じる理由を考察する。	・現象の原因について様々な角度から考察を行うことができる。 ・地震波の性質が正しく理解できる。 ・核の存在が理解できる。
3	・現象の原因について様々な角度から考察する。 ・内核の存在を理解する。地球内部構造全体像のまとめ。	・モデルとの違いの考察結果をフィードバックしてさらに考察を深める。 ・シャドーゾーンにも弱い P 波が見られることの理由を考察する。	・現象の原因について様々な角度から考察を行うことができる。 ・地球内部構造全体像が理解できる。

5 本時（全3時間中の1時間目）

(1) 本時の目標

- ・地震波の伝わり方に基づいて地球内部の構造を理解する。

(2) 本時の展開

過程	時間	学習活動・学習内容	指導上の留意点	評価規準・方法
導入	10分	＜地震波の性質（復習）＞ ・地震波の速さは、岩石の密度が大きいほど速い(※1) ＜速さの概念の確認＞・時速とは。 ・問い「クルマで100km 行くのに、2時間かかった。同じクルマで200km 行くのに3時間で到着した。速度違反はしていない。なぜか？」(※2)一解答例：途中で高速道を利用した。	(※1) 既学習事項の確認 (※2) 生徒に考えさせるが短時間で切り上げる。本時後半の内容のヒントになる。	・地震波の速さは、岩石の密度が大きいほど速いことが理解できる。(エ) ・速度の概念が理解できる。(エ) ・現象の原因を様々な角度から考察することができる。(イ)

展開	35分	<走時曲線の作成> ・走時、震央距離とは(*4) ・グラフの作図、伝播速度の計算(*5) ・グラフの折れ曲がり、地震波の速さの違いを表す。震源の近くでは伝播速度が遅く、震源から離れた場所では伝播速度が速い <走時曲線の考察> ・いっどこで起きた地震でも、グラフに同様の折れ曲がりが見られる(*6) ・波には密度が異なる2層の境界で屈折する性質がある。地震波も波の性質をもつ(*7) <仮説の提示と検証> ・仮説1と仮説2をそれぞれ検証する。 ・仮説1は、比較的容易に考え付くが、(*6)の事実と矛盾する。(*8) ・仮説2は、どの観測事実とも整合性がある。(*9) ・高速道路のたとえ話で内容を再確認する。 ・マントルは地球全体に広がっている→地球の層構造が判明する。	(*4)説明して生徒に書き取らせる。 (*5)点の取り方、結び方に注意する。プロジェクトで見本を段階的に提示し、さらに机間巡視を行い全員のグラフを完成させる。時間がなければ、伝播速度の計算は結果のみ知らせる。 (*6)実際のデータは、次回の授業で考察する。 (*7)事実の紹介にとどめる。 (*8)仮説の検証欄の文章は、生徒各自が考えて書く。 (*9)仮説2の点線部は、生徒と「問答」を重ねて、概要を説明する。その後、正確な説明を口頭で指示して書き取らせる。ワークシートの()内は、生徒各自が考えて書く。	・走時、震央距離の定義が理解できる。(エ) ・走時曲線が正しく作図できる。(ウ) ・科学ではデータの蓄積が有効であることを理解できる。(ア) ・波の性質が正しく理解できる。(エ) ・現象の原因を様々な角度から考察することができる。(イ) ・屈折波、直接波について正しく理解できる。(イ)
まとめ	5分	・地殻とマントルの境界面を「モホロビッチ不連続面」という。 ・モホ面の深さは、走時曲線が折れ曲がる震央距離等から計算できる。海洋で5～10km、大陸で平均40km程度。 ・ワークシートを回収する。	・モホ面の深さの算出方法については、計算式がやや複雑であるため本時では省略する。	・走時曲線の折れ曲がりの理由を理解できる。(ウ)

6 本時の振り返り

(1) 「問答形式の授業」と生徒の反応

授業評価アンケートの結果から、現象の理由を考えたり考察を行う場面において、自分の考えを文章化することが苦手な生徒がいることが分かった。しかし、教員と生徒が「問答」しながら進める授業形態は、指名された生徒とされていない生徒は同じように考えながら授業をすすめるため、授業に集中でき授業が分かりやすいという回答が圧倒的に多かった。

(2) 授業時間の配分

本研究授業では、生徒に「問答」形式の発問を行ったため、授業時間が不足し、仮説の提示と検証については教師が説明することになった。生徒への発問により思考力・表現力を育むことをねらいとする取組としては不十分なものとなった。思考力・表現力を育む授業を行うためには相応の時間を確保する必要がある。この時間を確保するためには、年間授業計画を作成する際に授業のねらいを絞り込む（本時ではグラフはあらかじめ印刷しておく等）必要がある。

本研究授業での「問答」の例

○Q(授業の冒頭で)「地震波のP波とS波で速いのはどちら?」→A「S波」→Q「惜しい」→A「P波」→Q「正解。ありがとう」[これは生徒が文章化して答える必要がないので「問答」ではないが、その後の授業内での発言を促すため、間違った解答をしてはいけないとは思わせたいよう配慮した]

○Q(距離と時間と速さの復習の後)「クルマで100km行くと、2時間かかった。同じクルマで200km行くと3時間で到着した。速度違反はしていない。なぜか?」→A「制限速度が100kmだった。」→Q「それも正解。そういう発想の転換が大事。この後の授業の話に関係があるよ。」→[内容の解説へ「さらに、生徒に対して「どうしてそう思ったの?」などの発問を行うと、深い「問答」に発展できた]

○Q「途中で地震波が伝わる速度が変わるのはどうしてだろう?」→A「(反応なし)」→Q「地震波の速さは何と関係が深かったっけ?」→A「岩石の密度が違う?」→Q「どこが違うと思う?」→A「(反応なし)」→[内容の解説へ「教員からの質問を変えることで生徒の反応を引き出す工夫を行った。「問答」にまで発展はできなかった。]

図1 授業で扱った「問答」の例

生徒にとっては、問いかけられる内容がやや難しく答えにくい発問もあった。発問は、生徒が答えやすいように、生徒の思考を助けるように細かく段階を踏んだものとなるよう心がけることが重要である。また、生徒からの返答が単語だけに終わらないようにするためには、いくつかの発問を用意しておき、適切に誘導するようにすることが有効であると考えられる。

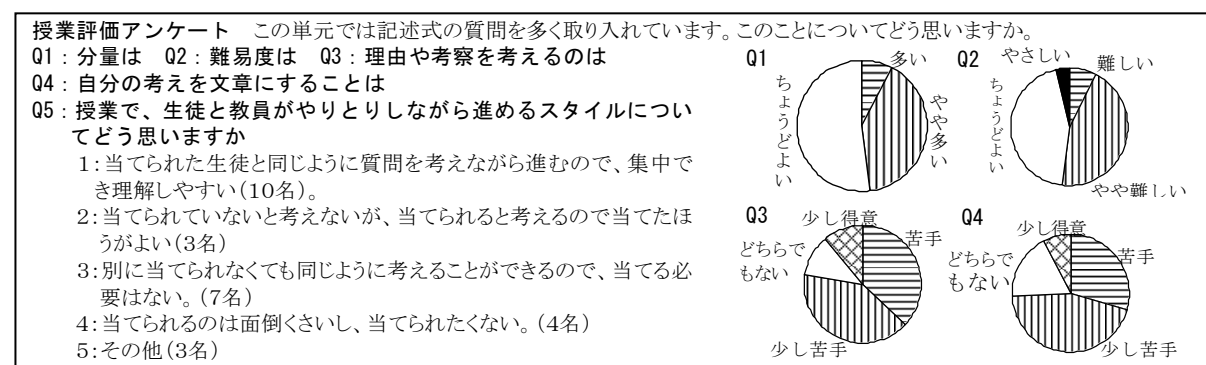
(4) 経験の積み重ね

これまでの授業では、生徒に思考力・表現力を求める「問答」をあまり行っていなかったが、「問答

形式の授業」の経験を積み重ね、発問の仕方の工夫やノウハウの蓄積を行うことが必要だと感じた。

7 本時後の展開

本時で作成した走時曲線（モデル）と、実際の観測データによる走時曲線を提示し考察を行った。グラフの傾き、観測データのバラつき、座標軸の取り方、観測点の数とデータ数の関係等について、モデルと観測データで相違が生じる原因をこれまでの地震波についての知識から検討した。生徒からの多くの意見が出され、「問答」のやりとりを通して、生徒は実際の地殻中の複雑な構造をイメージすることができた。



(3) 実践事例Ⅲ 物理

科目名	物理Ⅰ〔物理基礎〕	学年	2年次相当
-----	-----------	----	-------

1 単元（題材）名、使用教材（教科書、副教材）

- 単元名：(3)イ(ア)エネルギーの測り方（仕事の原理）

※この単元は新学習指導要領では中学校に移行する内容であるが、移行後、この実践は「中学校における既習事項の確認」とし高校で活用することが考えられる。

- 使用教材（教科書）： 高等学校 物理Ⅰ 改訂版（啓林館）

2 単元（題材）の指導目標

- 仕事の原理を、仕事の定義に関連付けて理解させる。生徒は滑車に関する基本的な知識が不足しているため、ここでは滑車についての基本的な内容を理解させ仕事の原理が成り立つことを確認させることが目標である。

3 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断	ウ 技能・表現	エ 知識・理解
単元の評価規準	・積極的に「問答」や実験に参加し、学ぼうとする姿勢が見られる。	・実験において、得られた結果を解釈し、適切に考察することができる。	・自分の考えをワークシートに記述し発表することができる。 ・自分の考えを検証するための実験を適切に行うことができる	・実験結果をもとに的確な考察を行い、滑車についての基礎知識を身に付けている。

4 具体的な方策

- 本授業に入る前に、生徒が滑車についてどの程度理解しているかを「事前アンケート」で確認する。その結果、生徒が十分理解していると判断できれば、「問答」や実験は行わずに既習事項の確認程度にとどめ、次の単元に移る。
- 「事前アンケート」の結果を生徒に提示し、項目ごとに、そのように考えた理由を「問答形式の授業」により確認する。
- 「問答」により生徒の理解を定着させた後に実験を行い、正しい結果を確認する。
- 実験後、理解したことを自分の言葉でワークシートに記入させる。

(5) (2)～(4)を繰り返し行う。

5 授業実践と結果・考察

「事前アンケート」の内容と結果を次に示す。

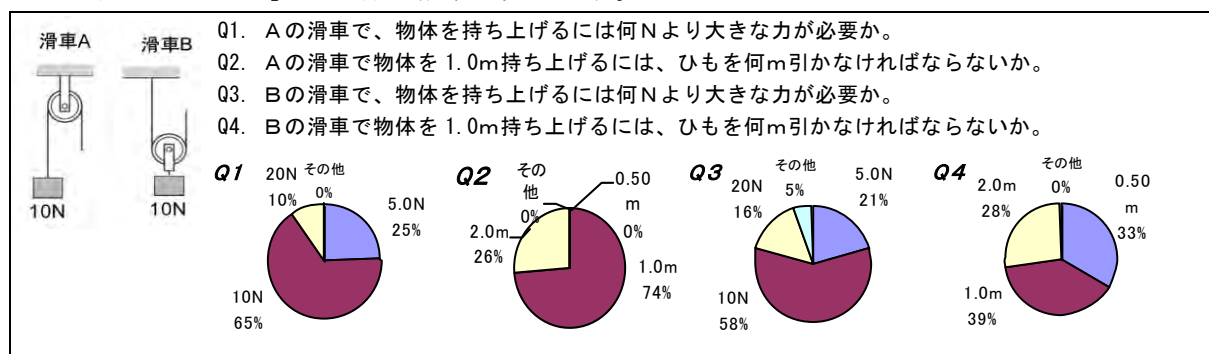


図1 「事前アンケート」の内容と結果

この調査結果より、生徒は滑車についての基本的な内容を十分に理解していないことが分かった。特に動滑車について誤った理解があることが分かった。この結果を生徒に提示し、下に示すワークシートを用い、設問ごとになぜそう考えたのかを生徒に問いかけて「問答」を行った。その後、滑車に関する実験を行って、知識の定着を図るとともに、観察した内容を考察させ、自分の言葉でワークシートに記述するということを繰り返し行った。

「アンケート Q3 で、滑車 B で持ち上げるのに必要な力について様々な結果が出ているが、それぞれの結果に対しての考えを述べて下さい。」

(生徒の回答には、「滑車 A のときと同じ滑車を使ったため 10N である。」「物体を支えている場所が 2 カ所あるから、力が分散され 2 等分されて半分の 5.0N である。」「記憶があいまいで 2 倍であるので 20N である」) 等があり、この回答に対して教師がさらに理由を聞いていく。

次に、実際に実験を行ったところ、持ち上げる力は、5.0N よりやや大きくなる結果に対して、多くの生徒が疑問を抱いていた。これに対して、

「持ち上げる力は小さくなるが、ちょうど半分ではなく少し大きい理由は何か？」

(生徒からは、「摩擦だよ」という反応があった。)

「そうだね。確かに摩擦は無視できないが、この違いは摩擦だけでは説明できないのではないかな？」

(しばし沈黙の後、生徒から、「おもりだけではなく滑車もぶら下がっているので、滑車の重さも考える必要がある。」「物体を引く力も半分になるので、滑車の重さも半分になる。つまり滑車の重さの半分の重さの分だけ引く力が大きくなる。」と答えを引き出すことができた。)

(その後、滑車の重さをはかり、その半分の力がさっきの違いであることを確認した。)

図2 本授業における問答の実例〔滑車 B (動滑車) について T は教員の発問〕

次の授業では、理解の度合いを確かめるために同じワークシートを用いて小テストを行った。さらにこの方法で授業を行わなかったクラス(「問答なし」グループ)でも同じ小テストを行い成績を比較した。その結果、それぞれの滑車の名称を問う設問や仕事の原理を問う設問においては、正答率にほとんど差は見られなかったが、それ以外の設問については右図に示すように「問答あり」グループの正答率の方が高いことが分かった。

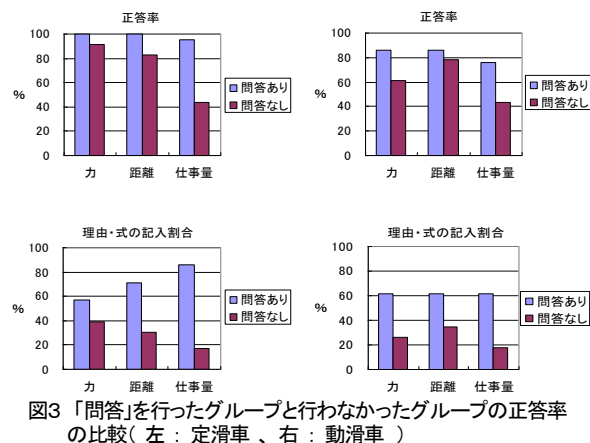


図3 「問答」を行ったグループと行わなかったグループの正答率の比較(左: 定滑車、右: 動滑車)

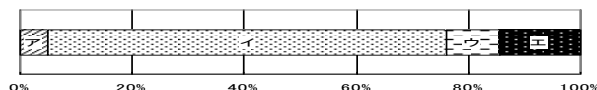
また、記述式で回答する「理由」や「式」の記入割合については、「問答あり」グループは「問答なし」グループに比べて、「理由」や「式」を記述している割合が高い。これは主体的に授業に参加しようとする意欲の現れであると考えられる。授業後に行った「物理授業アンケート」

からもそれを確認することができる。

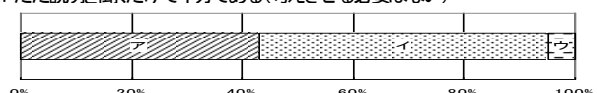
この授業実践からは、「問答」を行うことによって、自ら考える思考力と自分の言葉で記述する表現力の向上が確かに期待できることが分かった。課題として、「問答」をとおして生徒に思考させるためには、かなりの時間を必要とすることが挙げられる。今回の実践では、「問答あり」グループは「問答なし」グループに比べておよそ倍の授業時間を要した。今後、生徒の思考を高める「問答」を研究・開発し、効率よく授業を進める工夫を重ねていく必要がある。また、「物理授業アンケート」の2の回答では、考えたことをうまく表現できないためか「考えるのに疲れる、面倒くさくなる」という生徒が多いことから、理科の授業だけではなく、学校における様々な教育活動の場面において、思考したり表現したりする機会をつくる力・表現力を育むことが期待できる。

物理授業アンケート

1. 今回の授業プリントでは、理由を書くような記述式のところが多かったですが、これについてどう思いますか。
 ア. このような部分をもっと増やしてほしい
 イ. このような部分は、これくらいがちょうどいい
 ウ. このような部分をもっと減らしてほしい
 エ. このような部分はなくしてほしい(語句の穴埋めや計算式だけでよい)



2. こういった授業のスタイルをどう思いますか。
 ア. ただ説明を聞いただけよりも、いろいろ考える方がおもしろい集中できる
 イ. ただ説明を聞いただけよりも、いろいろ考える方がおもしろいが、考えるのに疲れたり、面倒くさくなってしまう
 ウ. ただ説明を聞いただけで十分である(考えさせる必要はない)



3. 今回の授業では、生徒の意見を聞き、それについてやり取りをしながら実験交えて授業を進めていきましたが、これについてはどう思いますか。
 ア. やり取りをしてから実験をするので、興味関心が高まり、理解しやすい
 イ. やり取りは必要なく、ただ実験だけすればいい
 ウ. やり取りだけで答えを導ければ、実験は必要ない
 エ. やり取りや実験は必要なく、ただ要点が理解できればそれでいい

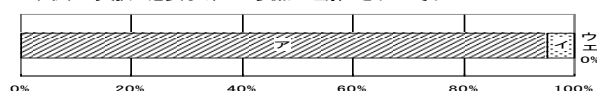
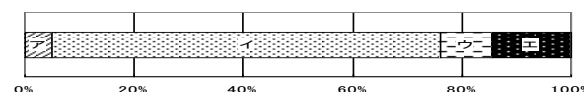


図4 授業評価アンケート



(3) 実践事例Ⅳ 化学

科目名	化学Ⅰ〔化学基礎〕	学年	2 年次相当
-----	-----------	----	--------

1 単元(題材)名、使用教材(教科書、副教材)

- ・単元名 : (1)イ(イ)物質の質量(化学反応の量的関係)〔(3)ア(イ)物質の質量〕
- ・使用教科書 : 化学Ⅰ新訂版(実教出版)

2 単元(題材)の指導目標

- ・化学反応の量的関係を理解させる。実験では、反応物が過剰でも不足でもないときに生成物まで含めて量的関係が成立していることを確認させる。

3 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断	ウ 技能・表現	エ 知識・理解
単元の評価規準	・積極的に「問答」や実験に参加し、学ぼうとする姿勢が見られる。	・実験において、得られた結果を解釈し、適切に考察することができる。	・実験データを整理しグラフを描くことができる。 ・実験後の結果と考察を共有することで、考察を深めることができる。	・実験結果から単元の学習内容の理解を深めることができる。

4 単元(題材)の指導計画(6時間扱い) 太字が検証対象

時間	学習内容	学習活動
1 時間目・2 時間目	化学反応の量的関係と化学反応式	化学反応式に関するルールを理解する。
3 時間目・4 時間目	実験「化学反応の量的関係の確認」	化学反応式の量的関係を確認する実験を行い反応物と生成物の関係を理解する。
5 時間目	実験結果と考察の共有化	実験結果を振り返り、他者の実験結果と比べ量的関係の理解を深める
6 時間目	まとめプリント、検証アンケート	単元のまとめを行う。

5 授業実践と結果・考察

検証授業は、化学 I の 2 講座において、実験「化学反応の量的関係の確認」を題材とし、「結果・考察の共有化」を行うことを主な目的として、単元の指導計画に示した全 6 時間を、次の手順により検証した。

(1) 1・2 時間目で、「水素と酸素が反応して水が生成する」という文を分子モデルにより表現してイメージさせ、個数の関係を把握させた。次に、分子モデルを化学式に置き換えて化学反応式をつくった。ここでは、反応の前後において個数関係が維持されることをあわせて確認した。

(2) 3・4 時間目の実験「化学反応の量的関係の確認」(図 1) では、「(1) 化学反応の量的関係の確認」で確認したことを踏まえ、探究的な活動を加え、図 1 の「(2) 塩酸の濃度の測定」、「(3) 未知物質の推定」を連続して行った。それぞれの活動において、炭酸塩が塩酸と反応して二酸化炭素を生成するので、使用した塩酸と炭酸塩の物質量が化学反応式の係数比となったときに、量的関係が満たされることを気付かせるように授業を進めた。

ここでは、図 2 のように炭酸カルシウムと生成した二酸化炭素の物質量をプロットして結んだ 2 本の直線の組み合わせでできたグラフが折れ線となることを理解させることが重要である。

生徒は、グラフが折れている点が、量的関係を満たすことは、コニカルビーカー内の変化の様子から理解しており、実験レポートを提出した全員が折れ線グラフを描いていることを確認した。

理解の不十分な生徒が最初に描いたグラフは、炭酸塩を過剰に投入しても二酸化炭素が発生しないことはわかっていたが、グラフはプロットした点を滑らかに結んだ曲線であった。また、本授業直後の定期考査において、量的関係をグラフから読み取る問題を出題したが、正答者が少数にとどまったことから、授業において演習問題を行うなどして、学習した内容の定着を図る必要がある。

(3) 5 時間目に実験で得られた「結果と考察の共有化」を行った。提出された実験レポートを

4 方法

(1) 化学反応の量的関係の確認

- (1) 2 mol/L 塩酸 25 mL をメスシリンダーで量り、コニカルビーカーに入れる。(2 mol/L $\times$ 0.025 L = 0.05 mol)
- (2) コニカルビーカーを塩酸が入ったまま計量する。0.01 g まで正確にはかる。
- (3) 5 枚の葉包紙に炭酸カルシウムの粉末を 1.00 g ずつ量りとり。
- (4) コニカルビーカーの中に炭酸カルシウム 1.00 g を少しずつ加える。全体をゆすって反応させる。
- (5) コニカルビーカーに息を吹き込み、生成した二酸化炭素を追い出したのち、コニカルビーカーごと計量する。
- (6) 以下(4)と(5)を繰り返す。

モル質量 (g/mol, 1 mol あたりの質量) のデータ
炭酸カルシウム (CaCO_3 = 100)、二酸化炭素 (CO_2 = 44)

(2) 塩酸の濃度の測定

- (1) x (mol/L) 塩酸 60 mL をメスシリンダーで量り、コニカルビーカーに入れる。[x (mol/L) $\times$ 0.060 L = 0.06x (mol)]
- (2) コニカルビーカーを塩酸が入ったまま計量する。0.01 g まで正確にはかる。
- (3) これ以降は (1) の(3)~(6)と同様。

(3) 未知物質の推定

- (1) 2 mol/L 塩酸 25 mL をメスシリンダーで量り、コニカルビーカーに入れる。(2 mol/L $\times$ 0.025 L = 0.05 mol)
- (2) コニカルビーカーを塩酸が入ったまま計量する。0.01 g まで正確にはかる。
- (3) 5 枚の葉包紙に未知物質の粉末を 1.00 g ずつ量りとり。
- (4) これ以降は (1) の(4)~(6)と同様。

未知物質の選択肢 (どれも塩酸と反応して二酸化炭素が生成する)

炭酸ナトリウム (Na_2CO_3 = 106)、炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3 = 84)、炭酸カリウム (K_2CO_3 = 138)

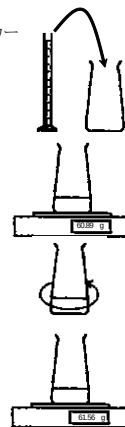


図1 本実験で使用した実験プリント

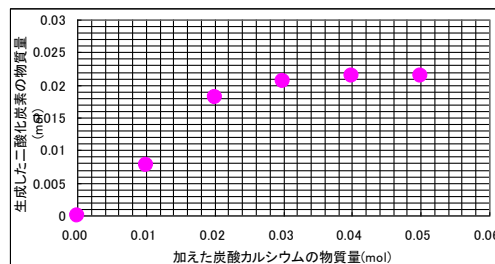


図2 「(1)化学反応の量的関係の確認」生徒結果例

- Q. 炭酸カルシウムを加えたら二酸化炭素が生成していたときは、塩酸と炭酸カルシウムのどちらが足りなかったのですか？
- A. 炭酸カルシウムです。
- Q. なぜそう考えましたか？
- A. コニカルビーカーの中の炭酸カルシウムがすべて溶けたからです。
- Q. 炭酸カルシウムが不足していたのは何 g 加えたところまでですか？
- A. 2.00 g 加えたところまでです。
- Q. それはグラフのどの部分に当たりますか？
- A. 始めの 3 点までです。
- Q. それでは、炭酸カルシウムを加えても二酸化炭素が生成しなくなったときは、塩酸と炭酸カルシウムのどちらが足りなかったのですか？
- A. 塩酸です。
- Q. なぜそう考えましたか？
- A. コニカルビーカーの中の炭酸カルシウムが溶け残ったからです。
- Q. 塩酸が不足していたのは何 g 加えたところからですか？
- A. 3.00 g 加えたところまでです。
- Q. それはグラフのどの部分に当たりますか？
- A. 4 点目以降です。
- Q. それでは炭酸カルシウムを 2.00 g 加えたときと 3.00 g 加えたときの間は何が起こったと考えますか？
- A. 2.00 g と 3.00 g の間に、炭酸カルシウムと塩酸がちょうど反応したときがあると思います。

図3 5 時間目の問答の例

生徒に返却し、グラフがどのように描けたかを生徒に発表させ、その結果を教師が黒板に書き出した。このことにより、それぞれの生徒が自分と他者の結果を比較し検討する時間を確保した。次に、グラフが折れ線になることの理解を深めるために図3に示した「問答」により生徒に考えさせ、自分の実験結果を見直す活動を行った。

- (4) 6時間目に単元のまとめを行い、図4に示した化学Ⅰ授業アンケートを行った。考察の難易度を問う質問4の回答からは、生徒は「発問」に対して、頭の中では「発問」の内容を理解して答えをイメージすることができていたが、それを言葉で表現することに苦労していることが分かった。引続き表現力を育てる取組を行っていく必要がある。また、質問2の回答から、「結果・考察の共有化」したことにより、6割の生徒が再び考察を行ったことが分かった。思考力、知識・理解の充実を図るため、「まとめの時間」を設定することが有効であることが確認でき、この活動が、自分と他者との実験結果の違いを見出すとともに、それぞれの生徒が再び実験結果を見直し、再度考察することを促す効果があり、単元全体の学習内容の理解を深めるきっかけとなっていることが分かった。

化学Ⅰ授業アンケート（今回の実験について）《有効回答8名》
 今回の実験ではまとめの時間を取り、実験結果の検討と全員の共有を図っています。

質問1、このことで、自分の中で講義内容と実験結果が結びついたと思いますか？
 ①とても思う ②やや思う ③あまり思わない ④まったく思わない

①とても思う62.5%	②やや思う37.5%
-------------	------------

質問2、他の生徒の実験結果と自分の実験結果を比較することで、実験結果について再び考えたり検討したりしましたか？
 ①積極的にした ②少しした ③あまりしなかった ④する気が起こらずしなかった ⑤必要がないのでしなかった。

①積極的にした12.5%	②少しした50%	③あまりしなかった37.5%
--------------	----------	----------------

今回の実験では講義内容を確認するだけでなく、それを利用して未知の濃度や未知の物質を求めています。

質問3、このことで、自分の中で講義内容の理解が深まったと思いますか？
 ①とても思う ②やや思う ③あまり思わない ④まったく思わない

①とても思う62.5%	②やや思う37.5%
-------------	------------

質問4、考察の難易度と回答についてどう感じましたか？
 ①とても難しく、何も考えることができない。 ②何とか考えることができるが、それをうまく文章で表現できない。
 ③ちょうどよい難しさで、苦労しながらも文章にできた。 ④簡単すぎた。

②何とか考えることができるが、それをうまく文章で表現できない37.5%	③ちょうどよい難しさで、苦労しながらも文章にできた62.5%
-------------------------------------	--------------------------------

質問5、最後に、この実験でもっとも印象に残ったことはなんでしたか？（カッコ内の数字は回答数）
 【見た目の印象を述べたもの（2名）】「黄色のチョークを塩酸に入れるとホットケーキの内側みたいな見た目になったこと」「塩酸と粉末がぶくぶくと反応するのを見たこと」
 【大変さを述べたもの（1名）】「データを書くのに少し大変だった。」
 【気体の質量が失われたことを述べたもの（1名）】「炭酸カルシウムを加えるのに、加えた後のほうが重さがへったこと」
 【探究活動の面白さを述べたもの、予想通りであることを述べたもの（3名）】「未知物質が何かわからない状況だったので、とても印象に残った」「実験の結果から未知の物質が求まったこと。HClと発生した二酸化炭素が1：1というだけで、簡単に未知物質が求まってびっくりした。すっきりした。」「実験結果が予想していたものとはほぼ同じである点」
 【講義と実験のつながりを述べたもの（1名）】「実際に動かして反応させたものを数字で（molなど）考えると、計算ばかりで苦しい量的関係が近くなったように思えたのが印象的です。」

図4 化学Ⅰ授業アンケートの結果（ ）内は、回答した生徒の数を表す。

Ⅵ 研究の成果

Ⅳ研究の方法で示したように、「問答形式の授業」「実験・観察」「結果・考察の共有化」という三つの過程を軸にした授業の有効性を「生物」と「地学」の分野では研究授業を行い、「物理」と「化学」の分野では、普段の授業を通して検証した。

「生物」においては、研究授業の様子や授業評価アンケートの結果から、生徒は教師からの発問に対して考えようとする姿勢は見られたが、自ら考えた内容を文章として表現することを苦手としている実態が見られた。このことは、これまで「思考力」の不足とされていたことが、実は「表現力」の不足である可能性を示唆するものであった。また、教師からの「問答」を楽

しんでいる生徒が多く、指名されていない生徒も指名された生徒と同じように、答えを考えながら授業に参加している生徒が多いという実態が明らかになった。「問答形式の授業」は自ら進んで考えようとする姿勢と「思考力」を育む上で非常に有効な手段であると考えられる。また、基本的な内容の理解度を測るテストを実施したところ、全員が正答しており、基礎的な知識・理解が習得されていることが分かった。更に、実験後に提出されたレポートと考察を整理したプリントを作成し、生徒にフィードバックして生徒間で共有化したところ、他の生徒の実験結果や考察から、自分が不足している内容を補って考察でき、良い部分を取り入れ、考察の手法やレポート作成技術を向上させることができていた。このことから、三つの過程を軸とした授業が、基礎的・基本的な知識・技能、思考力・表現力、学習への意欲という確かな学力につながる全ての要素において高い教育効果をもつことが分かった。

「地学」においても、研究授業の様子と授業評価の結果を合わせると、記述式の質問を多く取り入れたことに対して肯定的な回答をした生徒が多かった。多くの生徒が、理由や考察等、自分の考えを文章にすることが少し苦手であると答えているが、教員と生徒が「問答」しながら進める授業スタイルについては、指名された生徒と同じように考えながら授業に参加するので、集中でき理解しやすいとの回答が圧倒的に多かった。授業者自身が、普段は「問答形式の授業」をあまり実施していないので、今回の研究授業は成果を収めたと考えてよい。

「物理」では、授業前に、単元の中で扱う内容について生徒がどの程度理解しているか「事前アンケート」を行い、その結果を生徒に提示して「問答」による授業を行ったクラスと行わなかったクラスにおいて、同じ内容の小テストを実施した。その結果、基本的な内容についての設問の正答率に両者の差異はほとんど見られなかったが、理由や考えを記述する設問の正答率は「問答」形式の授業を行ったクラスの方が明らかに高かった。授業後のアンケート結果からも能動的に授業に参加しようとする意欲の表れが見られた。

「化学」においては、化学反応式に表れる量的関係を題材に実験、実験結果と考察の共有化、アンケートによる検証など計6時間の授業を行った。その結果、レポートに書かれたグラフから、授業の内容はほぼ理解できているが、直後の定期考査において、同内容の設問の正答者は少ないため、演習問題で定着を図る必要があることが分かった。また、アンケート結果から、どの生徒も考えたことを言葉にして表現することに苦労していることも分かった。このような授業を進めていく中で、実験のまとめの時間をとり、実験結果を共有して全員で検討することにより学習内容と実験結果を結びつけることができた。「計算ばかりで難しい量的関係に親しみをもって学習した」と、単元の学習内容の理解につながったと感想を述べる生徒が多く、一連の授業の成果によるものであると思われる。

- 理科の4科目の研究授業・実践事例とアンケートの結果を次のようにまとめることができる
- (1) 「問答を中心とした授業」では、生徒の知識・理解の度合いを把握しながら、不足する知識を適宜補い基礎・基本の理解を高めていくことができ、論理的な思考をたどりながら「問答」を展開することで、科学的な思考力が身に付くようになる。また、語句でなく文章でやり取りする「問答」を中心とした授業を繰り返し行い、記述式の質問が多いプリントを用意して生徒が自分の言葉でまとめる機会を多く設け、さらに「例え→モデル→事象」の順で説明を行うことは、表現力を養ううえで、非常に有効な手段であると思われる。
 - (2) 「問答」を中心とした授業後に実験・観察を行い、実験結果と考察を生徒間で共有化するこ

とは、学習内容と実験結果を結びつける有効な手段であると思われる。

以上のことから、生徒の科学的な思考力・表現力は、①「問答形式の授業」、②「実験・観察」、③「結果・考察の共有化」という三つの過程を体系的、段階的に繰り返し実施することで育むことができるであろうという**Ⅲ研究の仮説**が正しいことを証明することができた。

VII 今後の課題

本研究は、共通研究テーマ「新学習指導要領に対応した授業の在り方について」と高等学校全体テーマ「確かな学力の向上を図るための授業等の工夫についての実践研究」を受けて、「理科の授業において、「科学的な思考力・表現力を育成するための指導法の開発」を研究主題として行ってきたものである。**Ⅵ研究の成果**で述べたとおり、①「問答形式の授業」、②「実験・観察」、③「結果・考察の共有化」という三つの過程を体系的、段階的に繰り返し実施することで生徒の科学的な思考力・表現力を育むことができるであろうという**Ⅲ研究の仮説**を証明することができた。しかし、4科目の検証結果から、次に示す課題が明らかになった。

- (1) 「問答形式の授業」の実施にはかなりの時間を要することから、「問答形式の授業」の経験を積み重ねるとともに、「発問」の工夫を図って効率よく授業を進める工夫が必要であること。
- (2) アンケートにおいて「自分の考えをうまく表現できない」「考えるのに疲れる、面倒くさくなる」と回答した生徒も多いことから、思考力・表現力を育む取組は理科の授業だけでなく、教科・科目を含めた教育活動全体を通して継続的に行われなければ効果は上がらないこと。
- (3) 教師から質問されることを嫌う生徒に対しては指導が難しいが、これらの生徒に対しては粘り強く問いかけることが必要であること。

生徒の「思考力・表現力」を高めるためには、生徒が自然の事物や現象を正しく読み取り、問題点を論理的に説明する学習活動が必要であり、そのためには本研究で成果が見られた「生物」分野の検証で紹介した「記述形式の問いを多用したプリント」の活用が有効であると考えられる。今回の学習指導要領改訂では理数教育の時数が増えることも見込まれる中で、この方法を実施すればプリントの準備や提出物の点検にはかなりの時間を要し、移行措置実施の際に教員一人当たりの持ち時数の増加も考えられることから、(1)と(3)をはじめに実践していくことが妥当である。

最後に、新学習指導要領では、「言語活動の充実」が改善の大きな柱として明確に示されている。言語活動は、すべての教科の基本であり「生きる力」を育む上で必要な活動である。本研究によって、①「問答形式の授業」、②「実験・観察」、③「結果・考察の共有化」という三つの過程を体系的、段階的に言語活動を通じて繰り返し行うことによって、生徒の科学的な思考力・表現力が育成できることがわかった。この手法は、校種や教科・科目を問わず、指導計画の中に取り入れられる時宜に適った手法である。今後も、「問答形式の授業」の工夫と改善を図り、「言語活動の充実」を含めて、生徒の「思考力」と「表現力」の育成に努めていく。

平成 2 2 年度 教育研究員名簿

高 等 学 校 ・ 理 科

学 校 名	課程	職名	氏名
新宿山吹高等学校	定時制	教 諭	○大野 智久
新宿山吹高等学校	定時制	教 諭	松本 隆行
豊多摩高等学校	全日制	主任教諭	平山 大
神代高等学校	定時制	主任教諭	中野 清吾
大崎高等学校	全日制	主任教諭	野中 悟
井草高等学校	全日制	教 諭	◎塩野 浩伸

◎ 世話人 ○ 副世話人

〔担当〕 東京都教育庁指導部高等学校教育指導課 指導主事 佐藤聖一