

高 等 学 校

平成 2 6 年度

教育研究員研究報告書

理 科

東京都教育委員会

目 次

I	研究主題の設定理由	1
II	研究の視点	2
III	研究の仮説	3
IV	研究の方法	3
V	研究の内容	6
VI	研究の成果	22
VII	今後の課題	23

研究主題	既習事項を元にした思考力・判断力・表現力を育むための指導と評価の工夫 ～科学的な概念を形成するための、基礎・基本からの指導法～
------	---

I 研究主題設定の理由

1 研究主題設定の背景

平成15年、18年のOECDのPISA調査¹⁾から、我が国の生徒は、国際的な比較において科学的な疑問を認識することや、現象を科学的に説明すること、論述式問題での無答率が高いこと、科学への興味・関心や楽しさを感じる生徒の割合が低いことなどの課題が明らかになった。子供の学ぶ意欲の低下、家庭や地域の教育力の低下が指摘されており、これらの改善のため、教育の根本を再確認し、行動に移すことの必要性が求められている。

この調査結果を受けて、国は平成18年に教育基本法を改正し、「知・徳・体」のバランスを重視すること、そしてこれらを調和的に育むことが必要である旨を条文に反映させた。さらに平成19年には学校教育法を改正し、我が国の生徒が生涯にわたり学習する基盤が培われるよう、基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な「思考力・判断力・表現力」その他の能力を育み、主体的に学習に取り組む態度を養えるような取組が必要である旨を明確にした。

また、中央教育審議会は平成20年の答申²⁾で、「思考力・判断力・表現力」を育むためには、言語に関する能力の育成を重視し、各教科において言語に関する活動を充実させることを述べている³⁾。その中で理科においては、予想や仮説を立てて、観察・実験行い、その結果を整理し、考察し、まとめ、表現したり改善したりする活動が言語活動にあたるとされ、言語を通じた学習活動を充実することで、「思考力・判断力・表現力」が効果的に図られると述べている。言語活動を充実させるためには、特に国語科で培った能力を基盤に、目標を実現する手立てとして、知的活動（論理や思考）やコミュニケーション感性・情緒の基盤といった言語の役割を踏まえる必要があり、授業者は、授業の構成や指導の在り方自体を工夫・改善していくことが求められている。

2 研究主題設定の理由

平成20年の中央教育審議会答申を受けて平成21年告示の学習指導要領⁴⁾では、基礎的・基本的な「知識・技能の習得」と「思考力・判断力・表現力」の育成を両立させながら、生徒の確かな学力を確立させ、生徒の学習意欲の向上や学習習慣の確立などをねらいとすることを示した。特に各教科において言語活動を充実させることが強調している。さらに、経済産業省からの社会人基礎力⁵⁾の提唱もあった。そこで、東京都教職員研修センターでは、各教科の指導法の在り方を明らかにしていくため、教科基礎調査を行った。

本研究では、この教科基礎調査（1年次）の⁶⁾理科において、二つの報告に注目した。一つは、「予想や仮説を考えること」「観察や実験結果の考察を行うこと」の質問に対して肯定的な回答が少ないことである。これは、「思考力・判断力・表現力」を必要とする学習に対して、生徒が抵抗を感じていることを示している。もう一つは、高校では、「思考・判断・表現」を評価する材料は、ペーパーテストの割合が最も多く、記述分析の割合は少ないことである。

これは、授業者が、知識・理解に重点を置いた指導を行うことが多く、思考力・判断力・表現力を十分に育むための、理論的に考察を進め、既習事項から観察・実験の結果を導き出すことを求めるようなワークシートやペーパーテストを作成し、授業で実践し、評価をフィードバックする必要性を示している。

また、平成 25 年度の東京都教育研究員高等学校理科⁷⁾の報告書では、「知識・理解」の定着や、生徒が自分自身で深く考え、自分の考えを他人に伝える技術の向上を育むような活動を継続的に行うことが課題として報告された。このことは、生徒が思考力・判断力・表現力を問われた場合、周囲に相談して考えることなく、すぐに答えだけを求めてしまう傾向があり、実験・演習においても、結果にのみこだわり、結果に至る過程や結果を用いた考察が不足していることが原因であると考えられる。

これらを踏まえ、本研究では、研究主題を「既習事項を元にした思考力・判断力・表現力を育むための指導と評価の工夫～科学的な概念を形成するための、基礎・基本からの指導法～」に設定し、既習事項を元に、課題を視覚化しながら個人で思考する活動と、グループで伝え、学び合い学習内容を深める活動の 2 つを設け、「思考力・判断力・表現力」の育成を図るとともに、授業の前後で生徒の思考がどう変容したかを生徒や授業者がそれぞれ評価することで「思考力・判断力・表現力」のさらなる育成を目指す実践研究を行った。

Ⅱ 研究の視点

1 教育研究員高校部会テーマとの関わり

平成 26 年度の教育研究員高校部会テーマ「思考力・判断力・表現力等を育むための指導と評価」を受け、高校理科部会では以下を研究の視点として研究を進めた。

(1) 「思考力・判断力・表現力等を育むための指導」

探求活動において、平成24年度、25年度の教育研究員の報告⁷⁾で示されている授業の流れを引き継ぎ、今年度さらに、授業の展開を、生徒が既習事項を用いて課題に取り組み、実験や演習により得られた結果をグループで比較し、学び合いによって理解を深める授業を行うことにした。これにより授業全体が、i) 既習事項の確認を行い、ii) 本時の目標を明確にし、iii) 課題に取り組みせ、iv) 実験・演習で得られた結果と個人で思考した内容を比較し、v) グループで学び合い理解を深め、vi) 生徒、授業者による評価という流れとなり、これを循環させていくことで「思考力・判断力・表現力」も育め、「知識・理解」が定着できると考えた。

(2) 「思考力・判断力・表現力等を育むための評価」

授業者が行う客観的な評価と生徒が行う自己評価の二つの評価方法を設定した。

授業者は、小テストや生徒への発問などを用い本時の学習に必要な既習事項が身に付いているか確認する。そして学習後に本時の目標が達成できているかを学習前と同様な方法で確認することで、学習前後での生徒の変容を客観的に評価する。一方、生徒は、アンケート形式で自己評価を行う。自己評価を行うことで生徒が学習状況を振り返ることができる。

授業者の評価と生徒の評価の相乗効果によって、生徒の学習に対する意欲が上がり、主体的に学習に取り組むようになると考えた。

Ⅲ 研究の仮説

今回の研究では、前述した「Ⅱ 研究の視点」を踏まえ、次の仮説を立てて研究を行った。

既習事項を踏まえた指導を行うことにより、「思考力・判断力・表現力」を高めることができる。さらに、「思考力・判断力・表現力」が高まることにより、知識・理解が定着できるという好循環を作り出すことができる。

グループ内での学び合いは、自分の中で何も考えずに終わらせることなく、必ず考察させることができる。

Ⅳ 研究の方法

全体テーマ 『思考力・判断力・表現力等を高めるための授業改善』

高校部会テーマ 『思考力・判断力・表現力等を育むための指導と評価』

【現状】

- (1) 授業者は、知識・理解に重点を置いた指導を行うことが多く、思考力・判断力・表現力を十分に育むことができず、これらを評価する手法も十分に確立されていない。
- (2) 基礎・基本としての既習事項を活用して考えるなどの思考力・判断力・表現力を育む授業実践が不十分である。

【課題】

- (1) 授業者は生徒から既習事項を十分に引き出せず、活用させきれていない。
- (2) 思考力・判断力・表現力を問われた場合、結果にのみこだわり、結果に至る過程や結果を用いた考察が不足している。
- (3) 評価については、生徒の自己評価方法や授業者の評価方法を工夫する必要がある。

高校理科部会主題

既習事項を元にした思考力・判断力・表現力を育むための指導と評価の工夫
～科学的な概念を形成するための、基礎・基本からの指導法～

仮 説

- (1) 既習事項を踏まえた指導を行うことにより、思考力・判断力・表現力を高めることができる。
さらに、思考力・判断力・表現力が高まることにより、知識・理解がより定着できるという好循環を作り出すことができる。
- (2) グループでの学び合いを行うことで、自分の中で何も考えずに終わらせることなく、必ず考察させることができる。

具体的方策

- (1) 基礎・基本としての知識が定着しているかを発問などで踏まえさせる。
- (2) 授業の目標を明示する。
- (3) 課題を与える。その際、目に見えないものを表現するために、図や文字、式などを有効に活用する。
- (4) 検証実験で実験方法の工夫や実験結果を確認させる。
- (5) グループ内で学び合わせる。その際、実験結果が得られた過程や演習の解法を自分の言葉で他者に表現させる。
- (6) 評価をする。生徒の自己評価アンケートと、授業者による評価の両方を行う。

評価・検証

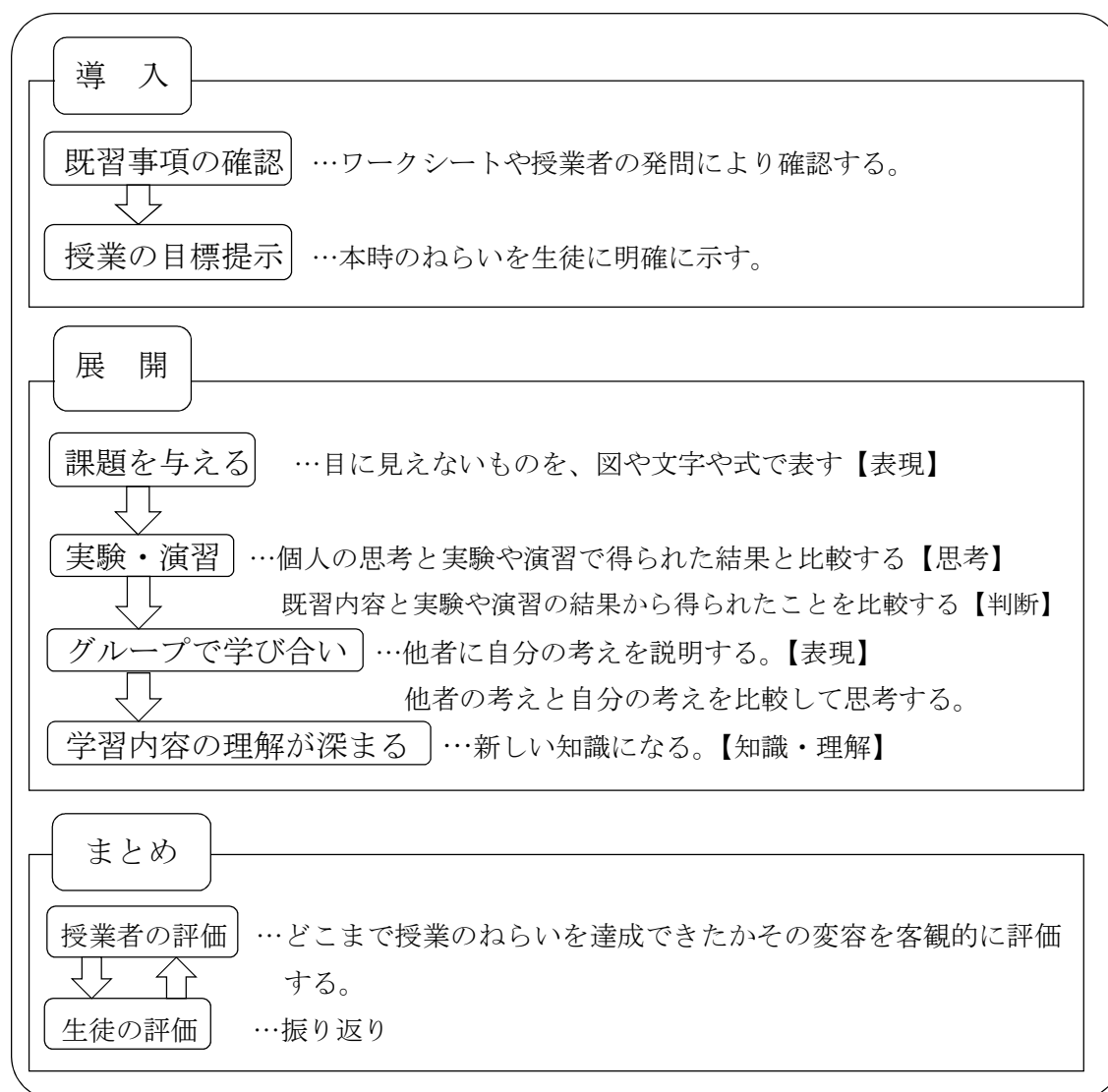
- (1) 生徒に自己評価アンケートを行い、教師と生徒が双方向で学習に取り組んでいるか検証する。
- (2) 授業者は生徒の変容や思考したことが身に付いているか評価し、生徒にフィードバックする。

図Ⅳ. 1 研究構想図

授業の準備として、生徒が思考力・判断力・表現力を身に付けるために必要な、授業の目標と課題を準備し、グループワークでの生徒の話し合いを生かすためのワークシート(図Ⅳ.3に例示)を作成した。

授業では、今までに学習した知識などの既習事項の確認を行い、既習事項を踏まえた新たな課題を示し、課題から考えた結果をワークシートに記入させ、検証実験を通して得られた結果と予測を比較検証するためにグループワークでの生徒の話し合いを行わせた後、実験条件が異なるなどの類題に取り組ませた。生徒に与える課題は、目に見える現象の中で、力や化学反応がどのようなはたらきや変化を物質に及ぼしているのか、科学的な概念を考えさせるものとした。グループワークでは、生徒同士で考えを話し合わせ、検証実験の結果を確認した後などに、自分の考えを他人に伝え、また、他人の考えを聞くことにより、目に見える現象の中でどのようなはたらきや変化が起きているのかの理解を深めるものとした。

授業後、ワークシートを回収後、授業者は、グループワーク前後の生徒の変容を客観的な評価を行った。最終的に授業者は上記の評価を踏まえ、生徒への適切なアドバイスを添えてワークシートを返却し、生徒はワークシートの返却を受け、既習事項の振り返りを行った。



図Ⅳ. 2 検証授業の流れと評価

2 評価基準

昨年度の研究では生徒による自己評価を3段階(ABC)で実施したが、今回はグループワークの前後で自分の考えがどのように変化し正しい答えにたどり着いたかの変容に着目し、ワークシートによる評価については2段階(AB)とした。授業者による評価は3段階(ABC)の基準を用いた。評価基準については、4科目共通で一定の基準(表Ⅳ. 1と表Ⅳ. 2)を設定し、関心・意欲・態度、思考・判断・表現、観察・実験の技能、知識・理解の各観点の具体的な評価規準については各学校の実態に応じて作成した(各科目の実施事例を参照)。

3 授業アンケート

検証授業前後に、授業アンケート(表Ⅳ. 2)を実施した。アンケートの質問項目は各授業共通とした。アンケートを分析することにより、授業前後の学習に対する姿勢や、話し合い活動が学習する上で生徒にとってどのような効果があるかなどについて考察し、成果と課題を明らかにする。

表Ⅳ. 1 各科目共通のワークシートの評価基準

評価	評価基準
A	理解している
B	努力を要する

表Ⅳ. 2 各科目共通のワークシート以外の評価基準

評価	評価基準
A	十分満足できる
B	概ね満足できる
C	努力を要する

問題 (考力)

① おもりの重さ(おもりにかかる重力の大きさ)をばねばかりでばらたら W_1 であった。

② おもりを水に浸したときに、ばねばかりの目盛りは W_2 であった。(おもりは浮力を受ける) おもりの受ける浮力の大きさは_____。

③ おもりと水入りのビーカーの重さの合計は W_3 であった。水入りビーカーの重さは_____。

④ 上皿ばかりの上で、図のように(②のこもりを行う)したとき、上皿ばかりの目盛りはいくらになるか

a. W_3 b. $W_3 - W_1$
 c. $W_3 - W_2$ d. $W_3 - (W_1 - W_2)$
 e. その他

14 組 番 氏 名 _____

図Ⅳ. 3 ワークシートの例(物理基礎)

表Ⅳ. 2 授業アンケートの例(物理基礎)

物理基礎授業アンケート

このアンケートは、授業をよくすることを目的に行います。次の質問を読んで今のあなたに当てはまるものを回答欄の中から一つ選んで、○で囲んで下さい。これはテストではありません。成績には関係ありませんので、詳しく考えずに素直な気持ちで回答して下さい。

質問	A	B	C	D
1 この授業の目的に沿って、授業を受けることができたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
2 力の伝わり方、作用・反作用の法則の内容はわかっていましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
3 力の伝わり方、作用・反作用の法則の内容を復習して、考えることができましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
4 授業を通して、学習内容の理解は深まりましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
5 学習内容を、数式や自分の言葉を用いて説明することができましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
6 問題をグループで協力して解決することはできましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
7 グループ内で、自分の意見を言ったり、理解してもらえましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
8 グループ内で、人の意見を聞いて、理解することはできましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
9 グループ内の意見交換によって学習内容の理解は深まりましたか	あてはまる	ややあてはまる	あてはまらない	あてはまらない
10 その他が気になる書いて下さい【自由記入】				

1年 組 番 氏 名 _____

V 研究の内容

1 実践事例（物理）

科目名	物理基礎（2単位）	学年	1年次
-----	-----------	----	-----

(1) 研究の概要

研究の課題に基づき、目標の提示と課題を与え、生徒の話し合いを生かした、グループワークを用いた授業を計画した。生徒にとって躓きやすい「力のつり合い」と「作用反作用の法則」を利用して考える浮力の問題を設定し、検証には演示実験を導入した。

(2) 単元（題材）名、使用教材（教科書、副教材）

- ・単元名 (1)物体の運動とエネルギー イ 様々な力とその働き
- ・題材名 (ア)様々な力
- ・使用教材 教科書『物理基礎』（104 数研／307）、ワークシート

(3) 単元（題材）の指導目標

- ・液体や気体の中では物体は圧力を受けることや、圧力の式とその単位について理解する。
- ・液体や気体中にある物体には浮力がはたらくこと、及び、浮力の大きさについてアルキメデスの原理が成り立つことを理解する。
- ・浮力に対しても作用反作用の法則が適用できることを理解する。
- ・グループワークでの学び合いを行い、理解を深めることができる。

(4) 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 知識・理解
単元 の 評価 規準	①水中や空気中で圧力があることに関心を寄せ、それらの圧力はどうのようにしてはかることができる。 ②圧力とは何か、ということを知る意欲をもつことができる。	①圧力を求める式を理解できている。 ②水中にある物体にはどのような浮力が働くかを説明でき、水中と同じように他の液体中や気体中でも浮力が働くことを理解し、浮力の大きさを表現できる。	①与えられた物体の、水中における浮力の大きさを実験で求めることができる。	①浮力とは何かについて説明できる。 ②水中にある物体が静止しているとき、物体にはたらく力のつりあいの式を立てることができる。

(5) 単元（題材）の指導と評価の計画（4時間扱い）

	学習活動	評価の観点				評価規準 (評価方法など)
		関	思	技	知	
第一時	〔圧力、水圧浮力とアルキメデスの原理〕圧力の概念を学習し、圧力の求め方、単位について学ぶ。液体の圧力である水圧について学ぶ。また、浮力について理解し、それを求めるためのアルキメデスの原理を学ぶ 【ねらい】圧力の概念について理解し、その表し方を学ぶ。アルキメデスの原理と浮力の求め方について理解する。	●			●	ア①②（行動観察） エ①（発問に対する返答、行動観察）
第二時（本時）	〔浮力と作用反作用〕演示実験を通して、物体に浮力が働くことを確認する。浮力に対しても反作用の力が働くことを理解し、力のつり合いを考える。 【ねらい】浮力の存在を実際に確認し、浮力の働いている物体の力のつりあいの式をたてられるようにする。その際、作用反作用の法則を正しく利用できるようにする。	●	●	●	●	ア①（行動観察） イ①②、ウ①、エ②（発問に対する返答、ワークシートの記述分析、机間指導、話し合いの観察）
第三時	〔浮力の式を導く、空気抵抗について理解する〕水圧の差から浮力の式を導く方法を学ぶ。空気抵抗とその性質を学ぶ（発展の内容は扱わない）。 【ねらい】浮力の式を水圧の差から求められるようにする。空気抵抗とその性質の概略を理解する。	●	●		●	ア②（行動観察） イ①②、エ②（発問に対する返答、ワークシート記述）分析
第四時	〔問題演習・確認小テスト〕教科書の例題や練習問題を通して、理解を確認し定着を図る。確認の小テストを行う。 【ねらい】物体を引く力と物体の質量をそれぞれ変化させた場合で、物体に生じる加速度がどうなるかを調べ、運動の第2法則を検証する。	●			●	ア①②（行動観察） エ①②（行動観察、机間指導、答案分析）

(6) 前時まで（既習事項）の概要

前時までの授業を通して、力のつり合いやニュートンの力学の3法則の学習は終了している。本単元においては、圧力の求め方、浮力とその求め方（アルキメデスの原理）についての学習が終了している。

(7) 本時（検証のための授業）〔全4時間中の2時間目〕

ア 研究の仮説に基づき実践した内容

生徒は、物理を学習する前から経験に基づいた運動の概念を獲得してきているが、それらの運動の概念は物理法則と整合しない場合が多く、力学を教える際の隠れた障害となっている（新田，2012⁸⁾）。2力のつり合いにおいて物体が静止しているときには物体に作用する力は存在しない、作用と反作用の2力は大きさが同じで向きが逆なのでつり合う、といった概念といえるような誤理解が生徒の間に存在し、物理の学習を困難なものにしている実態があることを、授業者は常々感じていた。今回の検証授業では、誤った概念を念頭に置いた課題を設定し、生徒の話し合いによるグループワークを授業の一部に導入して、生徒の思考力・判断力・表現力を高め、理解の向上をはかる授業の構築を目指した。

設問（検証問題）は以下のようなものである。

「おもり」の重さ（おもりにはたらく重力の大きさ）をばねばかりで計測したところ W_1 であった。

そのまま、「おもり」をビーカーに入った水に浸したところ、ばねばかりの目盛りは W_2 となった。

「おもり」と「水の入ったビーカー」の重さを上皿秤で計測したところ W_3 であった。

問：「水の入ったビーカー」を上皿秤にのせたまま、ばねばかりにつるしたおもりをビーカーの水に浸したら、上皿秤の目盛りはいくらになるか。

選択肢 1 W_3 2 $W_3 - W_1$ 3 $W_3 - W_2$ 4 $W_3 - (W_1 - W_2)$ 5 その他

選択肢は、3が正答で誤選択肢に関しては、次のような誤った理解を想定して作成している。

1：浮力が働いても、物体の質量は変わらない。

2：おもりはばねばかりにつるしているので、おもりの重さは上皿秤には加わらないはずだ。

4：浮力の分だけ、物体の重さは軽くなるはずだ。

グループワークの手順は、例えば「①選択肢問題スライドで出題する。②生徒にクリッカー（簡易な生徒応答システム）で解答させる。③付近の生徒同士で議論させる。答えが異なる相手に対しては自分の答えの論拠を述べ説得を試みさせる。④同じ問題に対してもう一度クリッカーで解答させる。⑤正解を示し、解説する。」というプロセスが提示されている（兼田・新田，2009⁹⁾）。今回の授業では、問題の提示と回答にはワークシートを用い、生徒の回答集計にはクリッカーは用いず、挙手による概略の集計とした。また、正解の提示では、演示実験を行い実験結果から示すことにした。

イ 本時の目標

浮力に関して理解するとともに、浮力を含む力のつり合いや、作用反作用の法則の適用について考え理解する。

ウ 本時の展開

過程	時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準 (方法)
導入	10	- 挨拶、出欠確認 - 既習事項の復習 - 本時の目標の確認	- アルキメデスの原理を中心として復習を行う。 - 本時の目標の確認(浮力についての理解と定着、既習事項(運動の法則等)を利用した問題の思考方法を身に付ける)	ア①②(行動観察)、エ①(発問への解答)
展開	5	i. 設問の提示、回答。	本時の問題(答えは選択式)を提示し、最初は各自で考えて解答する(相談はさせない)。解答後、発表集計。	ア①②(行動観察)、エ②(ワークシート分析)
	12	ii. 設問のグループでの話し合い解決。	- 設問について、グループごとに話し合いをしながら再び考えさせる。(複数のグループが合体するなどの状況は加げない) ※途中で、今回の設問に関係するより簡単な問題(中学校程度)を出題する。今回の設問を考えるために必要な既習事項を提示する。以上のことを、話し合いの状況を机間巡視で確認しながら途中で行う。 - 話し合いに参加しない生徒には参加を即す。 - 話し合いが行き詰っているグループには適宜助言をする。	ア①②(行動観察)、イ①エ②(ワークシート分析)
	13	iii. ①再度の回答(3分) ②検証実験(演示)(2分) ③問題の解説(8分)	- グループでの話し合いを踏まえて、自分の考えをもう一度書き直す。 - 設問に再び個人で回答させ集計する。 - 検証実験を演示実験で行い、結果を確認する。 - どうしてそのような結果になるか、解説をする。	イ②ウ①エ②(アンケート、ワークシートの記述分析)
まとめ	10	- 復習問題の提示 - アンケートの実施	- 問題集にある同様な問題を提示し、復習を課す。 - 授業アンケートを実施する。 - ワークシートと授業アンケートの回収	ア①イ②ウ①エ②(アンケート、ワークシートの記述分析)

エ 検証問題の評価基準

問題証	「水の入ったビーカー」を上皿はかりに乗せたまま、ばねばかりにつるしたおもりをビーカーの水に浸したら、上皿はかりの目盛はいくらになるか？	
評価基準	A (理解している)	正答→正答、誤答→正答
	B (努力を要する)	正答→誤答、誤答→誤答

(8) 本時の振り返り

ア 生徒の取組

生徒にとって、グループワークを取り入れた授業は初めてであったため、その進め方について戸惑っている者もいた。適宜、助言や注意を与え、話し合いへ積極的に参加するように即した結果、話し合いが積極的に行われるようになった。また、特に授業者からグループの指定は行わなかったため、話し合う相手を変えていろいろな相手と議論をする姿も見られた。

課題については、そのままでは難易度が高いと考えられたので、適宜ヒントを与えることとした。ヒントは既習事項の確認を主目的にするものとし、具体的には力のつり合いの式の立て方(図を描くこと、力の探し方)、作用反作用の法則である。ヒントを与えるにしたがって、話し合いが深まっていく様子が見られた。

また、同様の設問を扱った副教材の問題集の問題を宿題に課し、また後に小テストも行うことで、振り返りと定着を図るようにした。

イ 生徒による自己評価と授業者による評価、フィードバックについて

図V.1は生徒による授業アンケートの結果を集計したものである(全回答者数186名)授業アンケート項目は統一のものである。

概ね、このような授業形態には好意的な感想がみられる。一方で、学習内容の表現に関して(質問5)約35%、話し合いへの参加に関して(質問6～9)は15～25%程度の否

定的意見が存在することは考察すべきであろう。また、図V. 2はワークシートから、話し合い前後の解答の変容を集計したものである。話し合い前後の回答がそろっているもののみを集計の集計対象とし、空欄があるものは集計対象外としている。正解率は話し合い

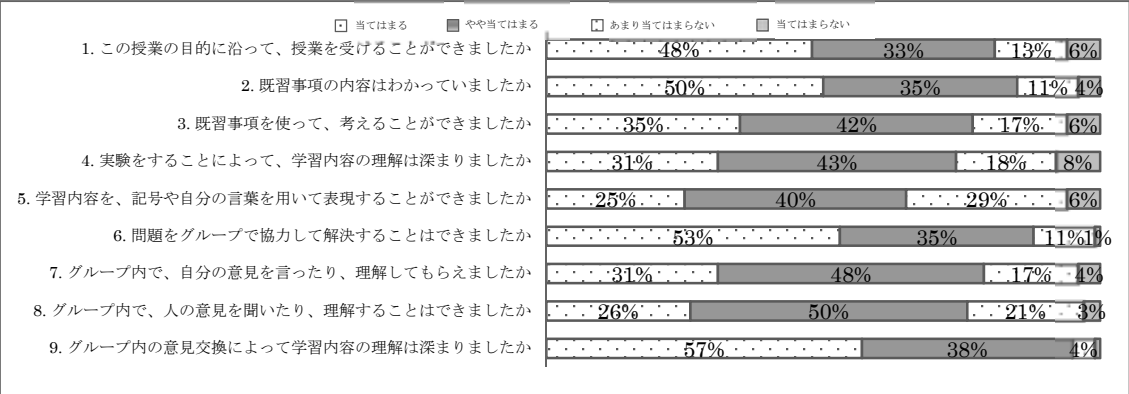


図 V. 1 [物理基礎] 授業アンケート

前では 19.7%、話し合い後（評価A）では 32.9%となっており、13%程度正答率が向上している。しかし、話し合い後も正答率は約 3 割であり、決して高いとは言えない。

	後	1	2	3	4	5	合計 (人)	割合 (%)
前								
1		7	4	5	1	0	17	11.2
2		0	7	8	6	0	21	13.8
3		0	6	17	7	0	30	19.7
4		9	17	19	34	2	81	53.3
5		0	0	1	1	1	3	2.0
合計	(人)	16	34	50	49	3	152	
割合	(%)	10.5	22.4	32.9	32.2	2.0		

図 V. 2 課題に対する解答の変容

(9) 成果と課題

Redish, 2012¹⁰⁾によれば、オックスフォード大学の Mazur が、このようなグループワークで使う問題は、最初の正解者が 35%～70%の間にあるように調節するのが良いと提案している。これより少ないと正解して他の生徒に助言できる学生が少ないことになるからである。今回の検証授業では、最初の正解者は 19.7%であり、この提案より少ない。さらに、話し合い前後とも正答の生徒は 17 名であり、これは自信を持って最初から正答を導いた生徒と推測できる。その生徒が平均すると各クラスに 3 名強という人数では、各グループに 1 名はいない状態であった。今回の授業での第一の反省点は、課題となる問題の難易度が高かったため、話し合いによる活動で正解から議論を引っ張る生徒が少なかったということであろう。そのため、話し合い後の正答率も 13%程度向上したものの、3 割程度にとどまったと推測できる。生徒アンケートの分析からは、話し合いに関する否定的意見が 15%～25%程度存在した。これらの生徒は、話し合いに十分に参加していない、あるいは基礎知識等の不足から参加できない生徒であると考えられる。これらの生徒にどのように対応し、話し合いに参加させていくか、また、物理に関する基礎力が不足する生徒の話し合いへの参加をどう図っていくかも課題であるといえる。

それらの課題を踏まえたうえで、生徒アンケートでもこのような話し合い活動を含めた授業はおおむね好意的な評価を得られており、正答率も向上したことから、課題の難易度等を適切に工夫すれば、生徒の思考力、判断力、表現力を高めるために有用な授業方法であるといえる。

2 実践事例（物理）

科目名	物理基礎（2単位）	学年	2年次
-----	-----------	----	-----

(1) 研究の概要

研究の仮説に基づき、グループワークを取り入れた授業を実施した。ばねばかりと上皿ばかりを使った浮力の測定実験を行い、それを基に考察問題を与え「自分の考え」を記述させた。その後グループワークによる話し合いを行わせながら、再び考察問題について考えさせ、話し合い後の「自分の考え」を記述させた。話し合いの途中では、既習事項である物体にはたらく力や、作用反作用の法則について助言を行い、話し合いが活発になるよう促した。

(2) 単元（題材）名、使用教材（教科書、副教材）

- ・単元名 物体の運動とエネルギー イ 様々な力とその働き
- ・題材名 (ア) 様々な力
- ・使用教材 教科書『新編物理基礎』（2 東書／物基 302）、ワークシート

(3) 単元（題材）の指導目標

- ・浮力について、既習事項である物体にはたらく力や、作用・反作用の法則を使って考え、測定実験を通じて理解できる。
- ・グループワークを通して、他生徒の考えを理解しようとし、話し合いから自分の知識自己の考えを整理、深めることができる。

(4) 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 知識・理解
単元 の 評価 規準	①浮力に関心を寄せ、それらを知ることに関心を持てることができる。 ②意欲的に実験結果について予測をし、話し合い活動に参加する。	①水中にある物体にはどのような浮力が働くかを説明できる。 ②力のつり合いや作用反作用の法則を応用し、浮力が働いている物体の力のつり合いを式で表現できる。	①実験の方法について適切に理解している。 ②実験の結果から、力に関して力のつり合いと作用反作用を明確に分別して解釈できる。	①浮力とは何か、どのように生じるかを説明することができる。 ②水中にある物体が静止しているとき、力のつり合いの式をたてることができる。

(5) 単元（題材）の指導と評価の計画（3時間扱い）

	学習活動	評価の観点				評価規準 (評価方法など)
		関	思	技	知	
第一時	圧力、気体の圧力、液体の圧力、浮力、アルキメデスの原理 【ねらい】実際に水に押される感覚を体験させながら、流体中にある物体に流体から働く力について理解する。	●	●		●	ア①（行動観察） イ①（ワークシート記述） エ①（ワークシート記述）
第二時 (本時)	〔実験〕 浮力（続き）、浮力と力のつり合い・作用反作用 【ねらい】ばねばかりの使い方を理解し、おもりの重さや浮力を測定する。その測定値を利用した問題を解き、浮力と力のつり合い・作用反作用を理解する。	●	●	●	●	ア①②（行動観察） イ②（ワークシート記述） ウ①②（ワークシート記述） エ②（ワークシート記述）
第三時	水圧や浮力についての問題演習 【ねらい】これまで学習した水圧や浮力について、問題演習することにより、水圧と水深との関係や浮力と周りの流体の密度との関係などを理解させる。	●			●	ア①（行動観察） エ①（ワークシート記述）

(6) 前時まで（既習事項）の概要

前時までの授業を通して、液体や気体の中では物体は圧力を受けること、圧力の式とその単位、液体や気体中にある物体には浮力が働くこと、及び浮力の大きさについてアルキメデスの原理が成り立つことについて学習を終了している。

また、物体に働く力や作用・反作用の法則、物体に働く力については矢印を使って表す方法も学習を終了している。

(7) 本時〔全3時間中の2時間目〕

ア 研究の仮説に基づき実践した内容

液体や気体の中では物体は圧力を受けることや、圧力の式とその単位、液体や気体中にある物体には浮力が働くこと、および浮力の大きさについてアルキメデスの原理が成り立つことについての学習を終えており、浮力の学習を通して、作用・反作用の法則を踏まえた力の関係性を考察できるようにするのがねらいである。今回の課題に取り組む中でグループワークを取り入れ、思考力・判断力・表現力の向上やコミュニケーション能力の向上を図った。

イ 本時の目標

実験結果を基に、浮力が働いている物体の力のつり合いを式で表現できる。また、グループワークで、浮力についての考えを深めることができる。

ウ 本時の展開

過程	時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準 (方法)
導入	5	- 挨拶、出欠確認 - 前時の授業内容の確認 - 本時の説明	- 前時の授業内容を確認させる（浮力、アルキメデスの原理）。 - 本時の目標を説明する。	ア①（行動観察）
展開	10	- 実験の説明 - ばねばかりを使った実験 - 設問の提示、解答	- 実験操作を確認させる。 - ばねばかりを使い、浮力の有無によるおもりの重さの違いを確認させる。 - 本時の問題を提示し、最初は各自で考えて解答する（相談はさせない）。解答後、発表集計。	ア②イ①② ウ①②（ワークシート記述） エ①②（ワークシート記述、行動観察）
	15	設問についてグループで話し合い	- 設問について、グループごとに話し合いしながら再び考えさせる。 ※途中で、今回の設問に関係するより簡単な問題（中学校程度）を出題する。今回の設問を考えるために必要な既習事項を提示する。以上のことを、話し合いの状況を机間巡視で確認しながら途中で行う。）	
	10	- 再度の回答（3分） - 検証実験（各班）（2分） - 問題の解説（8分）	- 設問に再び個人で回答させ集計する。 - 検証実験を各班で行い、結果を確認する。 - どうしてそのような結果になるか、解説をする。	
まとめ	5	- 実験の感想、反省を記述 - 実験のまとめ - ワークシートの提出、挨拶	実験全体を振り返って、感想と反省を記述させる。	

エ 検証問題の評価基準

課題	「水の入ったビーカー」を上皿はかりに乗せたまま、ばねばかりにつるしたおもりをビーカーの水に浸したら、上皿はかりの目盛はいくらになるか？	
評価	A（理解している）	正答→正答，誤答→正答
基準	B（努力を要する）	正答→誤答，誤答→誤答

(8) 本時の振り返り

ア 生徒の取組

検証問題とその前の問題とのつながりをあまり意識できない生徒が多かったため、前の問題にあるばねばかりや上皿はかりの数値に意識を向けるために授業の途中で確認をさせた。また、力の向きや作用・反作用についても授業の途中で振り返りを行った。「自分の考え」はほとんどの生徒が書いたが、グループワークでの話し合いは活発な班とそうでない班とに分かれた。

イ 検証問題・ワークシートの結果

(1)

①

(2)

②
浮力の大きさは
①-② (※)

(3)

③
水入りビーカーの重
さは
③-① (※)

(4)

?

上皿はかりの目盛は
いくらになるか? (※
※)

a. ③
b. ③-①
c. ③-②
d. ③-(①-②)
e. その他

図 V. 1 「物理基礎」ワークシート抜粋 (※) 生徒に考えさせた部分 (※※) 検証問題

	初めの自分の考え (人)	話し合い後の自分の考え (人)
a	3	2
b	2	0
c (正解)	10	15
d	4	3
e	2	1

表 V. 1 「物理基礎」検証問題回答結果 (回答数 21)

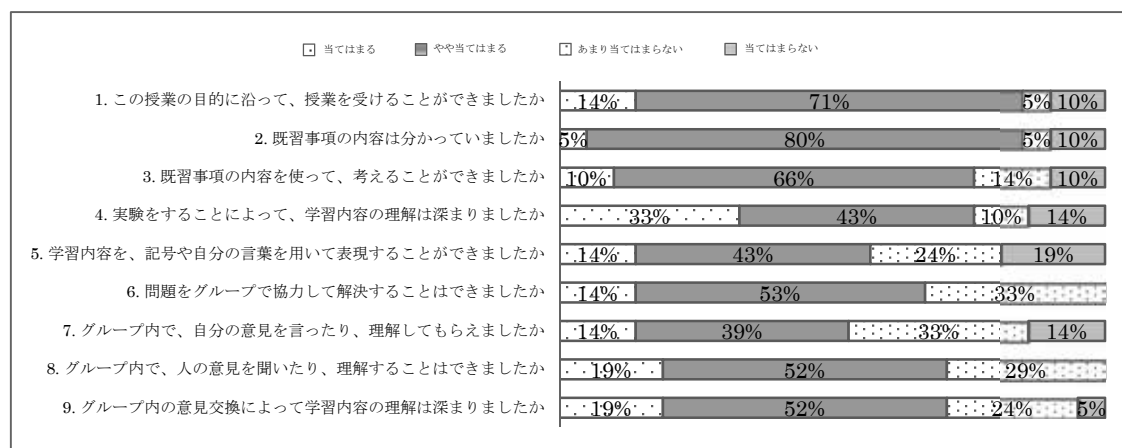
A (理解している)	71%
B (努力を要する)	29%

表 V. 2 「物理基礎」検証問題結果の分析

図 V. 1 は、生徒に配布したワークシートからの抜粋である。(1) から順に (4) の検証問題へと進んだ。検証問題では初めに「自分の考え」を書かせ、その後、グループワークにおける話し合いを行い、話し合いを経た上で最終的な「自分の考え」を書かせた。初めの「自分の考え」は、根拠のない考えを書く生徒も多かった。しかし、グループワークを経て、自分にはない他者の意見を取り入れたり、途中で与えたヒント (既習事項である力の向きや作用・反作用等) により考えが深まったりする様子が伺えた。最終的な「自分の考え」は、初めの「自分の考え」よりも正答率が上昇したことが、表 V. 1 や表 V. 2 より明らかとなった。

ウ アンケートの結果

アンケートの結果から、生徒はグループワークや実験によって、学習内容の理解が深まっていることが分かった。しかし、その学習内容を、記号や自分の言葉を用いて表現することは苦手な生徒が多いことも伺えた。さらに、グループワークで人の意見を聞いて理解は深まっているものの、自分の意見を言って理解してもらうことが苦手な生徒が多いことも分かった。



図V.3 【物理基礎】授業アンケート

(9) 成果と課題

仮説に基づく授業により、生徒にグループワークで思考力・判断力・表現力が高まるような機会を提供することができた。また、アンケート回答9の結果より、グループワークによって学習内容の理解を深める効果があることが確認できた。今回の授業では、ばねばかりと上皿ばかりを使った浮力の測定実験を行い、既習事項である物体にはたらく力や、作用・反作用の法則を使った検証問題を課した。自分一人で記入しているときには、考えが適当であったり、根拠のないものであったりした生徒も、他者と意見交換することで色々な考えを表現することができた生徒もいた。また、途中で既習事項である物体に働く力や、作用・反作用の法則をヒントとして与えると、よりいろいろな意見が出るようになった。「浮力（水中のおもりに鉛直上向きに働く力）とおもりが水を押す力（鉛直下向き）は同じ大きさである」という考えや、「上皿ばかりにかかる力は水入りビーカーの重力と浮力の合計である」と詳しく考えることができた生徒もいた。アンケート回答3の結果より、既習事項を使って考えることができた生徒が多く見て取れる。

以上のことから、自分一人の考えから、グループワークへと発展させ、思考力・判断力・表現力が高まるような機会を提供することが効果的であると考え。また、生徒に思考・判断・表現を行わせるための適切な課題を提示し、既習事項を使うと解決できる体験をより多くさせることで、既習事項の定着が図れると考える。

3 実践事例（化学）

科目名	化学基礎（2単位）	学年	2年次
-----	-----------	----	-----

(1) 研究の概要

研究の仮説に基づき、既習事項の確認、目標の明示、目に見えないものを図や文字で表現する活動を取り入れた授業を実践した。内容は、中和滴定の反応をモデルを用いて表現し、酸の強弱によって中和に必要な塩基の量が増えたり減ったりするかを話し合わせた。

(2) 単元（題材）名、使用教材（教科書、副教材）

- ・単元名 (3)物質の変化 イ 化学反応 (ア) 酸・塩基の中和
- ・題材名 酸・塩基の強さと量的関係
- ・使用教材 教科書『高等学校 化学基礎』（183 第一／化基 331）、ワークシート

(3) 単元（題材）の指導目標

- ・酸・塩基や中和反応に関心を持ち、それらを日常生活と関連づけて、意欲的に探求しようとする。
- ・酸・塩基の定義を理解し、実験を通じて酸・塩基の強弱や価数を判断できる。
- ・中和滴定の手法を習得し、濃度が未知の酸の濃度を求めることができる。
- ・酸・塩基の性質をふまえて、pH や塩の水溶液の性質を理解できる。

(4) 評価規準

	ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 知識・理解
単元の評価規準	①身近な現象と関連づけながら、酸や塩基について意欲的に探求しようとする。 ②中和滴定の実験に積極的に取り組もうとしている。	①中和反応が進んで行く様子をモデルを使って考えられる。 ②実験結果から酸や塩基の強弱と価数の関係を考察できる。	①酸や塩基の取り扱い方を習得し、安全に実験を行うことができる。 ②中和滴定の実験手法を取得し未知の濃度の酸の濃度を求めることができる。	①酸や塩基の定義を説明できる。 ②中和滴定における量的な関係の式を書ける。 ③水素イオン濃度と pH の関係について説明できる。

(5) 単元（題材）の指導と評価の計画（6時間扱い）

	学習活動	評価の観点				評価規準 (評価方法など)
		関	思	技	知	
第一時	〔酸塩基の定義〕酸と塩基の電離式を書かせ、酸と塩基の定義を推測させ、気づいたことを発表させる。 【ねらい】酸・塩基の電離式を書けるようにし、酸塩基の定義を理解できる。	●			●	ア①（行動観察） エ①（発問、授業プリントの記述分析）
第二時	〔実験 酸塩基の反応〕酸と塩基を毛糸と反応させる。固体の酸と塩基を水と反応させる 【ねらい】酸・塩基の取り扱いの注意点を覚え、水の作用を理解する。			●	●	ウ①（行動観察） エ①（発問、授業プリントの記述分析）
第三時	〔中和反応と量的関係〕色々な酸と塩基の中和反応を書いてみる。中和するときの量的関係をモデルや式で確認し、練習問題に挑戦してみる。 【ねらい】中和反応の定義を理解し、具体的な物質で中和反応を説明できる。		●		●	イ①（行動観察） エ②（発問、授業プリントの記述分析）
第四時	〔実験 中和滴定〕シュウ酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定を、手順に従い進めていく。 【ねらい】中和滴定の実験器具の名前と使い方を覚え、滴定操作を習得する。			●	●	ウ①（行動観察） エ②（発問、授業プリントの記述分析）
第五時	〔酸の強弱と電離度〕酸の強弱と電離度の関係を理解する。酸と塩基が中和していく様子をモデルを使って表現する。 【ねらい】酸・塩基の強弱を理解する。モデルで中和反応を説明できる。		●	●		イ①（ワークシートの記述分析） ウ①（ワークシートの記述分析）
第六時 (本時)	〔探究活動〕中和滴定で起こる反応をモデルを使って図示する。酸塩基の強弱と中和の量的な関係を理解する。 【ねらい】中和滴定の様子をモデルで表すことができる。酸の強弱と中和と量的な関係について説明できる。	●	●		●	ア②（行動観察） イ①（ワークシートの記述分析） エ②（ワークシートの記述分析）

(6) 前時まで（既習事項）の概要

前時までの授業を通して、酸・塩基の定義や電離式、中和の量的関係や中和滴定の器具の使い方、酸・塩基には強弱が存在すること、強弱は酸や塩基の電離度によって決まることの学習が終了している。また、中和反応において、酸の強弱によって、中和に必要な塩基の量は増えたり減ったりするのかを予測させ、強酸と強塩基の中和滴定を、モデルを用いて表現する方法を学習した。

(7) 本時〔全3時間中の2時間目〕

ア 研究の仮説に基づき実践した内容

前時の酸の強弱が中和の量的な関係に影響するかの予測を導入で振り返り、四人一組の班で実験や考察を行った。授業者は生徒に、自分の予測を他者に伝え、班の意見をまとめて紙に記入するよう指示した。話し合いの後、班の予測を黒板に貼り付け、代表者に予測の理由を説明させた。正解を確認した後、自分の考えと正解を見直し、強酸と強塩基の中和、弱酸と強塩基の中和の共通点と相違点についてまとめさせた。探究活動のまとめとして、本時の内容が含まれる検証問題に取り組ませた。また、本時の活動についてのアンケートと感想を記入させ、実験プリントを回収した。

イ 本時の目標

「酸の強弱によって中和に必要な塩基の量は、増えたり減ったりするか」について説明できる。

ウ 本時の展開

過程	時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価基準 (方法)
導入	3	・本時の説明	・中和していく様子をモデルを用いて書くことができる質問する。 ・酸の強弱によって、中和に必要な塩基の量は変化するか質問する。	
展開	12	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定を行い、その反応の様子をモデルを用いてワークシートに記入する。	・中和滴定を注意に基づき正確に行い、実験結果を前時の授業を踏まえて記入させる。 ・書けた結果を班員で話し合い、正解を導かせる。	イ① (ワークシートの記述分析)
	15	酢酸と水酸化ナトリウム水溶液が中和反応する様子をワークシートに記入する。 酢酸に水酸化ナトリウム 1 mL 加えたときのビーカー内の様子を書く。	・弱酸 CH_3COOH 5 個を、強塩基 NaOH で中和するときの反応の様子をモデルを使って図示させる。 具体的な指示 ・水酸化ナトリウム 1 mL 加えたときの図を書かせ、結果を班で話し合わせる。また、予測を紙に書いて発表させる。	ア① (行動観察)
	5	黒板に書かれた正解と自分の予測を比較する。 ワークシートに加筆や修正をする。	・正解と自分の考えを比較し、中和の進んでいく過程を正しく理解させる。 ・1 mL 加えたときの図を間違えてしまったものは、黒板の正解を見ずに 2 mL の図を自分で書くように指示する。	イ① (ワークシートの記述分析)
展開	5	強酸と強塩基の中和の様子と、弱酸と強塩基の中和の样子の共通点と相違点をまとめる。	・本時の目標を再確認し、「酸の強弱によって中和に必要な塩基の量は、増えたり減ったりするか」を考えさせる。 ・滴下が進んでいくときの水素イオンの量がどのように変化するかに注目させる。 ・中和反応が完全に起こった後に、ビーカー内に何が入っているかを書き出させる。	エ② (ワークシートの記述分析)
まとめ	5	・探究活動と本時のまとめ ・ワークシートの提出、挨拶	・探究活動と本時全体を振り返る。 ・ワークシートに感想と反省を記入させ、回収する。	

エ 検証問題の評価基準

問題検証	1. 強酸と強塩基、弱酸と強塩基の中和反応で、反応の共通点と相違点を理解している。 2. 酸の強弱によって、中和に必要な塩基が増えたり減ったりするのかを説明できる。		
基準評価	A (理解している)	正解→正解 誤答→正解	
	B (努力を要する)	誤答→誤答	

(8) 本時の振り返り

ア 生徒の取組

本校の化学基礎においては、これまでもグループワークを複数回行ってきたが、いつもよりさらに活発な話し合いが行われていた。今回の課題は「酸の強弱によって、中和に必要な塩基の量は増えたり減ったりするのか」についての考察で、既習内容と照らし合わせて考えられる取り組みやすい内容であった。授業者は、考えてみなさいという抽象的な指示ではなく、この状況について考えなさいと明確な指示を行いながら授業を展開したので、生徒は考えるべき事項が限定され、自分の意見を考えたり、他者に自分の意見を伝えるなどの活動が活発に行えていた。最後に、前時に行ったものと同じ検証問題を解答させたところ、今回の探究活動と考察の課題をもとにして、正答を導き出す姿が見られた。

イ 検証問題・ワークシートの結果

前時に学習した、強酸と強塩基が中和してく様子は、実験結果をもとに正しくモデルで書いている生徒がほとんどであった。塩酸が水酸化ナトリウムによって中和されていく図を正しく書き表すことができ、水溶液中の水素イオンの数についても正しく記入できていた。酢酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応においては、水酸化ナトリウムを 1 mL 加えた図は、既習内容を基に、課題の図を自分の考えと結びつけながら記入している生徒が多数みられた。班の意見を拡大した用紙に記入する際も、班のメンバーでどのようになるか話し合っている場面が多く見られ、正解にたどり着いた班が 6 班中 5 班あった。モデルで中和反応を書き表した後、酸の強弱による中和の様子も共通点や相違点を各班で見つけることができていたことがワークシートから読み取れる。

	設問①(人)	%	設問②(人)	%	設問③(人)	%	設問④(人)	%
誤答→正解	21	72	21	72	10	34	19	66
正答→正答	6	21	7	24	18	62	7	24
誤答→誤答	2	7	1	4	1	4	3	10

設問①は既習事項の確認の問題である。授業前の結果で誤答の生徒が最も多く、学習内容が十分に定着していないことが分かる。しかし、検証授業後には誤答が正答に変化した生徒の割合が 72 %と最も多く、探求活動によって、既習内容の定着がみられた。また、正答を選択することができた生徒は 93 %となった。

設問②は、検証授業で最も理解させたい学習内容である。授業前の結果で誤答の生徒が最も多く、中和反応が段階的に進んでいく様子をイメージできていない生徒が多いことが分かる。しかし、検証授業後には誤答が正答に変化した生徒の割合が 72 %と最も多く、探求活動によって、酸の強弱によって中和に必要な塩基の量が増えたり減ったりしないことが理解できた生徒が増加したといえるのではないだろうか。正解した生徒は 96 %であった。

設問③は中和滴定の途中でコニカルビーカー内がどのようになっているかが理解できているかを問う問題である。授業前の結果では、正答の数が 62 %と最も多く、誤答はクラスの 3 分の 1 程度であった。授業後に、誤答が正答に変化した生徒と始めから生徒の合計を合わせると 96 %となるので、違いがあることは理解できているといえる。

設問④は設問③と対になる問いで、コンカルビーカー内の様子がイメージできているかを問う問題である。授業前の結果では、誤答の数が最も多い。設問③が正答にも関わらず、設問④を誤答にしている生徒も6名いることから、授業前に中和反応が進行する様子を正しくイメージできている生徒は半数程度と推測できる。しかし、授業後に、誤答が正答に変化した生徒と始めから生徒の合計を合わせると90%となるので、検証授業によって反応の様子の理解が深まったといえる。

ウ アンケートの結果

アンケート調査による質問1～9の回答結果の割合を記す。回答者数は27名である。

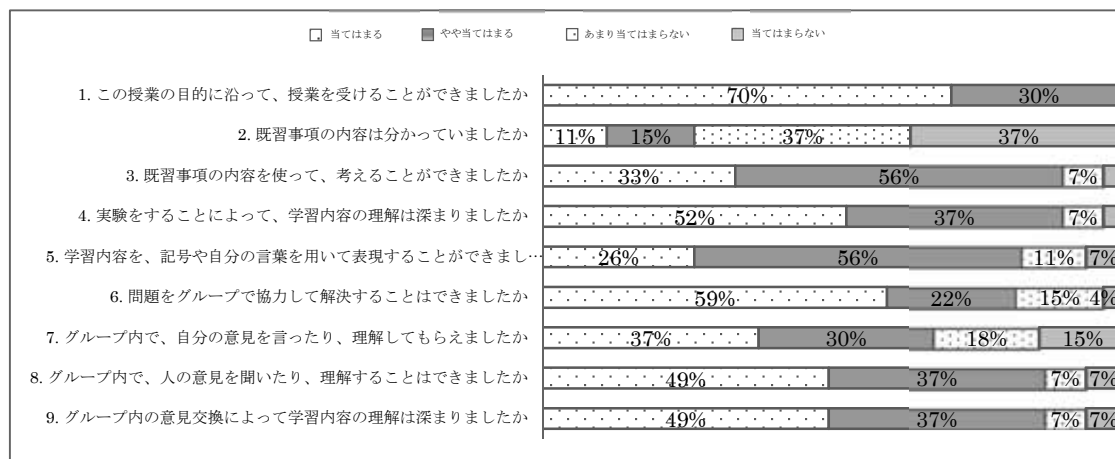


図 V. 4 「化学基礎」授業アンケート

上記のアンケート結果から、生徒は授業の目的を踏まえた上で、授業を受けることができていたといえる。そして、学習内容を図やモデルや自分の言葉で表現できたと答えた生徒が9割近くいることから、モデルを使って酸の強弱と中和に必要な量を考えられているといえる。

また、グループで問題を協力して解決したり、自分の意見を他者に言う、他者の意見を聞くことができていたので、探求活動において正解にたどり着いていたグループが多かった。しかし、「自分の意見を言ったり、理解したりしてもらえなかった」と回答した生徒が3割程度いるため、自分の考えを言葉や文字で相手に伝える能力を今後も繰り返し育成していく授業を行う必要がある。

(9) 成果と課題

既習事項の確認から始まる検証授業によって、生徒の思考力、判断力、表現力を育てることができた。探求活動によって、既習内容の定着がみられ、酸の強弱によって中和に必要な塩基の量が増えたり減ったりしないことが理解できた生徒が増加した。また、コンカルビーカー内の様子がイメージでき、反応の様子の理解が深まったといえる。

課題についてだが、アンケートや検証問題によって授業前後の自分の考え方の違いを把握させる時間が不十分であったと考えられる。今後の授業では、授業前後の検証問題や実験で書いたワークシートを自分や友人とともに比較し、思考の変化や自分は何がわからなくて、授業後に何ができるようになったのかを話し合う、確認する時間を増やすことが必要である。

4 実践事例

科目名	生物（4単位）	学年	2年次
-----	---------	----	-----

(1) 研究の概要

研究の仮説に基づき、既習事項の確認、目標の提示、本時の課題を与え、酵母の呼吸を測定する実験を行った。事象の可視化のために呼吸によって発生した気体をグラフで示し、気体の判定も行った。結果をグループワークで話し合い、考察した結果を自分の言葉で発表した。実験の前後で検証問題を実施し、最後に自己評価のためのアンケートを実施した。

(2) 単元(題材)名、使用教材(教科書、副教材)

- ・単元名 (1) 生命現象と物質 イ代謝
- ・題材名 (イ) 呼吸
- ・使用教材 教科書『生物』(生 303 数研)、ワークシート

(3) 単元(題材)の指導目標

- ・酵母は酸素条件によって呼吸と発酵の両方を行う生物であり、酵母の呼吸を観察することにより呼吸と発酵の違いを理解する。

(4) 単元(題材)の評価規準

ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 知識・理解
①呼吸・発酵に関心を持ち、その違いを理解しようとする。 ②実験・観察に積極的に取り組み、班での話し合いに意欲的に取り組んでいる。	①酵母の呼吸方法を理解し、条件から呼吸か発酵かを判断することができる。 ②気体発生量の測定により呼吸か発酵かを思考・判断・表現できる。気体が二酸化炭素であることを判断できる。	①実験の目的に沿って操作を行って発生気体量を測定し、正しいグラフを書くことができる。 ②発生気体を実験操作により特定できる。	①呼吸と発酵のしくみについて理解する。 ②発生した気体が二酸化炭素であることを理解する。

(5) 単元(題材)の指導計画と評価計画（6時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点				評価規準 (評価方法など)
		関	思	技	知	
第一時	[代謝とエネルギーの出入り]生命活動にはエネルギーが必要であること、エネルギー物質としての ATP について学ぶ。 【ねらい】有機物より ATP を作ることが呼吸であることを理解する。	●			●	ア①(行動観察) エ①(発問、定期考査)
第二時	[呼吸とミトコンドリアの構造]ミトコンドリアの構造について学習する。 【ねらい】ミトコンドリアの構造と呼吸の反応過程の概要を理解する。	●			●	ア①(行動観察) エ①(発問、定期考査)
第三時	[呼吸の仕組み(解糖系・クエン酸回路・電子伝達系)]呼吸の各反応系から ATP が産生される仕組みを学ぶ。 【ねらい】呼吸では有機物を完全に無機物まで分解され多くの ATP が産生できることを理解する。	●			●	ア①(行動観察) エ①(発問、定期考査)
第四時	[発酵(乳酸発酵・アルコール発酵)]乳酸発酵、アルコール発酵の反応過程より ATP が産生される仕組みを学ぶ。 【ねらい】発酵では有機物が完全に分解されないため、呼吸より ATP 産生量が少ないことを理解する。	●			●	ア①(行動観察) エ①(発問、定期考査)
第五時(本時)	[観察:酵母の呼吸と発酵の観察]酵母の呼吸と発酵を観察する。実際に酵母菌を材料に発酵液を作成し、発生する二酸化炭素を測定する。二酸化炭素の発生も確認を行う。 【ねらい】酵母が呼吸によって出す二酸化炭素量の違いより酵母の呼吸方法を理解する。	●	●	●	●	ア①②(行動観察) イ①②、ウ①、エ①(イ・ウ・エ:発問、検証問題の記述分析)

第六時(本時)	[観察の続きと結果の考察]実験の続きと、その結果と考察についてグループワークで話し合い、考えを深める。	●	●	●	●	ア①②(行動観察) イ①②、ウ①②、エ①② (イ・ウ・エ：発問、検証問題の記述分析)
	【ねらい】発生気体が二酸化炭素であることを理解し、条件による呼吸方法の違いをグループで話し合い、自分の理解を深めることができる。					

(6) 前時まで(既習事項)の概要

呼吸・発酵とは生物が有機物を分解して生命活動の化学エネルギーである ATP (アデノシン三リン酸) に変える生体内化学反応であることを学習し、呼吸・発酵それぞれの反応経路、酸素条件、産生 ATP の違いについて学習した。この既習事項を踏まえて実際の酵母の呼吸を観察する課題を与え、学習内容が深まったかどうかを検証する。

(7) 本時〔全6時間中の5・6時間目〕

ア 研究の仮説に基づき実践した内容

酸素条件を変えたグルコース溶液(酸素なし：A、酸素あり：B)を四人一組の班を二つ分けたグループに用意し、グループごとに酵母の呼吸を観察し、20秒ごとに発生気体量(二酸化炭素)を測定し事象の可視化のためグラフ化した。また、発生気体が二酸化炭素であることを水酸化カリウムによる脱気作用によって確認させた。二酸化炭素の追確認のため、pH試験紙、リトマス紙を用いた測定も行った。発酵ではエタノールの発生が生じるため、においなどでエタノールの有無を確認させた。実験終了後、二酸化炭素の気体発生速度とエタノールの発生の有無より、酵母はA・Bどちらにおいて単位グルコースあたり二酸化炭素発生量が多くエタノール未発生の「呼吸」を行ったか、二酸化炭素量が少なくエタノール発生のある「発酵」を行ったかを話し合わせて考察を行い、根拠を明示した上で判断させた。その後、結論を発表させまとめを行った。授業の前後で呼吸と発酵について違いを述べさせる同一問題の検証問題を実施し、最後にアンケートを行った。グループワークの内容は、ワークシートに書き込めるようにし、評価として還元した。

イ 本時の目標

酸素条件を変えた酵母の呼吸・発酵の二酸化炭素量測定・エタノール発生の確認により、呼吸か発酵かを特定することができ、呼吸と発酵の違いを説明できるようにする。

ウ 本時の展開(2時間連続 100分)

過程	時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準(方法)
導入	25	既習事項の確認、目標の明示 課題の確認 ・挨拶、出欠確認 ・検証問題(実験前)、既習事項の確認 ・本時の目標、課題の明示、実験方法の説明(本時のワークシート配布)	・検証問題(実験前)を行う。 ・既習事項を発問により確認する。 ・本時の実験の目的および実験方法について伝える。 <u>具体的な指示</u> この実験の目的は酵母が呼吸・発酵のどちらを行っているかを特定することであり、班ごとの結論を出してもらう。	ア①エ① (行動観察・発問)
展開	40	実験(酵母の呼吸・発酵の観察) ・酵母液の作成(最適温度まで湯煎) ・キューネ管を用いた酵母の呼吸・発酵による発生気体の測定 ・におい等によるエタノールの推定 ・pH試験紙、リトマス紙による液性の確認 ・KOHによる二酸化炭素の確認	・初めて使用するキューネ管の操作方法に留意する。 ・発酵液の作成と二酸化炭素量の測定までは連続作業になるので、班ごとにスムーズに操作が行われるよう机間巡視を行う。 ・KOH(アルカリ)の使用方法についての注意を確認する。	ア① イ①② ウ①② エ①② (行動観察・ワークシートの話し合い)

	25	グループ学習 ・ 班ごとにグループで測定した結果を共有し、グラフの作成、エタノール等の観察結果をまとめる ・ 班としての結論を決める ・ 班ごとの結果の発表	・ 各グループの結果を共有させ、班で話し合いにより結論を出させる。 ・ なぜそう結論できるかの根拠を示すよう机間巡視を行い、適宜助言を与える。 ・ 班ごとに黒板に班の結論と、二酸化炭素発生量のグラフ、結論の根拠を板書させ、結果を発表させる。	
まとめ	10	まとめ ・ 結果発表、まとめ ・ 検証問題授業後 ・ アンケート ・ ワークシートの提出、挨拶	・ 各グルコース液の酸素条件を発表し拡販の結果についてまとめる。 ・ 検証問題、アンケート、ワークシートを回収する。	ア① イ①② エ①② (行動観察・ワークシートの話し合い)

エ 検証問題の評価基準

検証授業の前後において、実験における事象の可視化、グループワークにより学習内容が深まり、思考力・判断力・表現力が高まったという仮説の検証のために検証問題を実施した。以下に判定基準を示す。

検証問題の評価基準[生物]

課題	1. 呼吸と発酵の違いを説明せよ。 2. 酵母が呼吸と発酵のどちらを行っているかを調べるにはどうしたらよいか説明せよ。		
評価基準	A (理解している)	1. 酸素条件、二酸化炭素発生量、エタノールの発生、ATP 生成量の違いなど呼吸と発酵の違いを挙げることができている。 2. 特定する方法を挙げることができている。	
	B (努力を要する)	Aの基準を満たしていない。(例：誤った記述である。白紙である。)	

(8) 本時の振り返り

ア 生徒の取組

生徒は生物の授業の中でさまざまな実験を行ってきたが、通常は結果がある程度予測できるものを確認する実験であり、呼吸と発酵の両方を測定し判断し結論を出すという実験は生徒にとって初めてであった。班を二つに分けてそれぞれデータを持ち寄るため、少人数で協力して実験に取り組んでいた。データが取れた後も班で共有し、積極的に話し合いが行われていた。既習事項を用いないと結論が出せない実験であるため、話し合い行い結論を出す過程で既習事項の内容を深めることができたと考えられる。話し合い後に、班ごとに黒板にグラフ（結果）と班の結論とその根拠を書かせ、発表させた。それによって他班の結果や根拠などを聞くことで更に理解が深まったと考えられる。

イ 検証問題・ワークシートの結果

検証問題の結果を以下に記す。回答生徒数は 103 人である。

	[実験前]			[実験後]		
課題 1	A	63.1%	B 36.9%	A	98.1%	B 1.9%
課題 2	A	31.1%	B 68.9%	A	93.2%	B 6.8%

課題 1、課題 2 とも実験後の評価が上がっており、既習事項が実験・グループ学習を通して身についたことがわかる。（課題 1）の呼吸と発酵の違いについては 1.9%と答えられない生徒はほぼいない結果となった。また実験後は今授業で扱った以外の探究的な回答「酵母の成長速度を調べる（呼吸をしているほうは ATP 生産量が多いため成長が速い）」「蒸留してエタノールを取り出して燃やしてみる」「ATP 生成量を測定する」なども見られた。このような回答は既習事項を応用しなければ出せない例であり、様々な方法を活用して酵母の呼吸方法を調べ、生徒同士で話し合いをして考えを深めたことで、呼吸と発酵についての理解が深まったといえる。

ワークシートの考察では、多くの班は単位時間当たりの二酸化炭素発生量とエタノールの発生の有無（におい）によりAかBかを論理的に判断していた。しかし、実験過程で酸素が少ないグルコース溶液にも酸素が混入したと考えられる実験データを示す班（Aの活性（二酸化炭素量）が高い）も見られた。これは湯煎条件のグループごとの相違や作業時の酸素混入が原因と考えられる。そのため、結果だけでなく、論理的に結論を出せているかもワークシートの評価とした。

ウ アンケートの結果

アンケート調査による質問1～9の回答結果を以下に記す。回答生徒数は101名である。

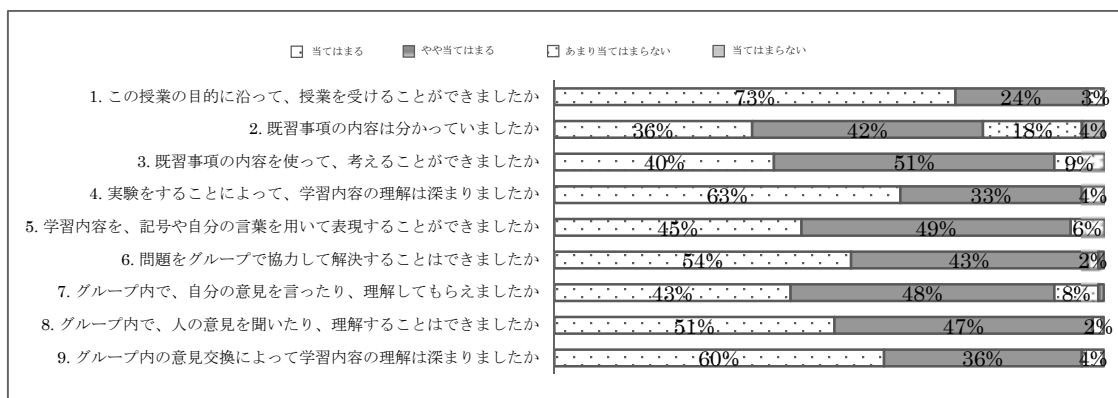


図 V. 5 [生物] 授業アンケート

（質問2）の結果より既習事項である呼吸と発酵の内容について理解していたに比べると、（質問4）実験をすることで学習内容の理解が深まったと回答した生徒は増加しており（あてはまる 36%→64%）、（質問9）意見交換によっても学習内容についての自己評価が向上（あてはまる 36%→61%）したことが分かる。このことより今回行った既習事項を踏まえた目標の明示→事象の可視化→実験演習→学びあい・表現という検証授業は既習内容の理解を深めた指導の工夫という点で一定の効果があったと言える。また、（質問6）よりグループで協力して仮説の検証を行うことができたことが分かる。

(9) 成果と課題

仮説に基づき既習事項の確認から始まる検証授業による生徒の思考力・判断力・表現力の育成には一定の効果があったと考えられる。課題を与えて実験を行い、グループで話し合って判断し結論を出すという今回の授業形態に対しての生徒の反応は良好であり、アンケートの自由意見には「班で協力できて楽しかった」「実験することで勉強したことの理解が深まった」などの好意的な評価が見られた。根拠を示させて発表させることで論理的に考察をする練習にもなった。この後の実験においても考察を論理的に書こうとする姿勢が見られ、有効な授業手法であったと考えられる。

課題としては、生徒の作業でも理論通りの結果にできるだけ近づくような実験方法の工夫や、自分の意見を述べさせるようなワークシートの工夫、発表方法の工夫などが挙げられる。これらを解決し、この手法を他の生物の分野や実験に応用していくことで、3つの力をより高めることができると考えられる。

VI 研究の成果

研究のまとめとして、物理・化学・生物で実施した検証授業における検証問題とアンケート9項目を集計し、研究の成果について考察した。

1 検証問題の回答結果の分析

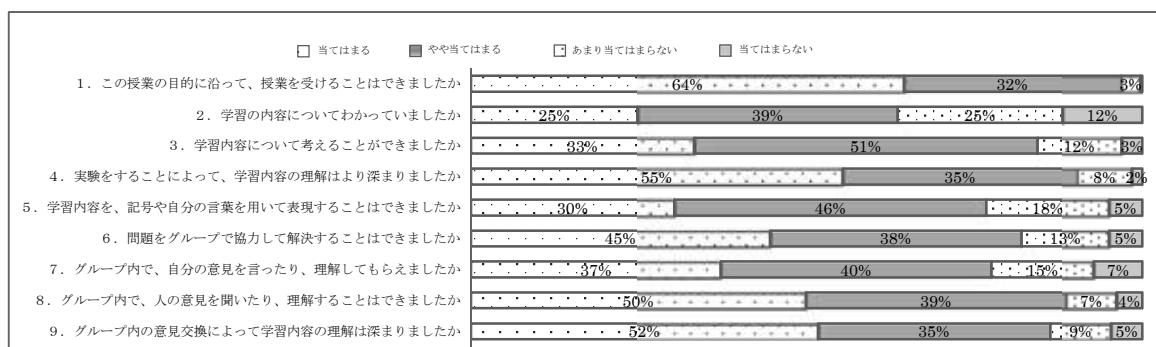
物理では、演示実験（上皿はかりを用いた力の向きや、作用・反作用の考察）における事象の可視化とグループワークにより予想の検証を行った。検証問題の正答率は、実証事例2では、話し合いの前47.6%、後71.4%。検証問題の評価基準がAとなる生徒の割合が上がっているが、実証事例1では、話し合いの前19.7%、後32.9%と話し合い後でも、正答率は3割程度であった。

化学では、生徒実験（中和滴定）における事象の可視化とグループワークにより予想の検証を行った。検証問題の設問①（実験後、誤答が正答に変化した生徒の割合が72%、全体の正答率93%）、設問②（実験後、誤答が正答に変化した生徒の割合が72%、全体の正答率96%）、設問③（実験後、誤答が正答に変化した生徒の割合が32%、全体の正答率96%）、設問④（実験後、誤答が正答に変化した生徒の割合が66%、全体の正答率96%）ともに、検証問題の評価基準がAとなる生徒の割合が上がっている。

生物では、生徒実験（酵母の呼吸・発酵の観察）における事象の可視化とグループワークにより予想の検証を行った。検証問題の課題1（実験後、課題に答えられない生徒が1.9%）・課題2（実験前の評価基準A31.1%、実験後93.2%）ともに、検証問題の評価基準がAとなる生徒の割合が上がっている。

2 生徒による授業評価アンケートの分析

アンケート結果（図VI.1）より、1「授業の目的に沿って、授業を受ける」は当てはまる・やや当てはまるを合わせ96%と高く、生徒が目的を理解し授業を受けていたことより、授業の冒頭で教師が本時の目標を明確にできていたことが分かる。2、4の項目は授業の前後における生徒自身の変容を問う項目である。2「学習の内容は分かっていたか」に当てはまる25%、授業後のアンケートで、当てはまると答えたものは25%であったが、4「学習の内容の理解が深まったか」の結果と比較すると、授業前と授業後で、自分が授業前に理解していたかどうかも含め理解度の変容を感じた生徒が多かったことが分かる。3、5、7の項目は主体的な行動に関する項目である。3「本時の学習内容を使って考えることができた」7「自分の意見を言い、理解してもらえたか」5「記号や自分の言葉を用いて表現する」これらについては、他の7項目と比べ、当てはまると答える生徒より、やや当てはまると答えた生徒



図VI.1 アンケート結果

が多い。自分の考えや意見に満足できていないことが考えられる。6、8、9の項目はグループで学び合うことについてである。当てはまる・やや当てはまると答えた生徒は6「グループで協力」83%、8「人の意見を聞く、理解する」89%、9「意見交換により理解が深まった」87%であった。グループワークを取り入れることにより、学習内容の理解度に対する自己の満足感が得られることが分かった。

3 研究の成果

本研究から以下のことが確かめられた。

- (1) 既習事項を踏まえた指導を行うことで、課題に対して既習事項を応用し、具体的な方策を挙げられるようになり、目に見えない事物事象においても、文章や図等を用いて、自分の考えを表現することができた。このことから、「思考力・判断力・表現力」を高めることができたことが分かった。
- (2) 自分の考えを文章や図等を用いて表現し、各々の考えをグループ内で見せ合うことで自分の考えを振り返り、迷い、悩むことで深い考察が見られた。これらの「三つの力」が高まることにより、グループ内での学び合いを通じて、自分の中で何も考えずに終わらせることなく、深く考察させることができることが分かった。

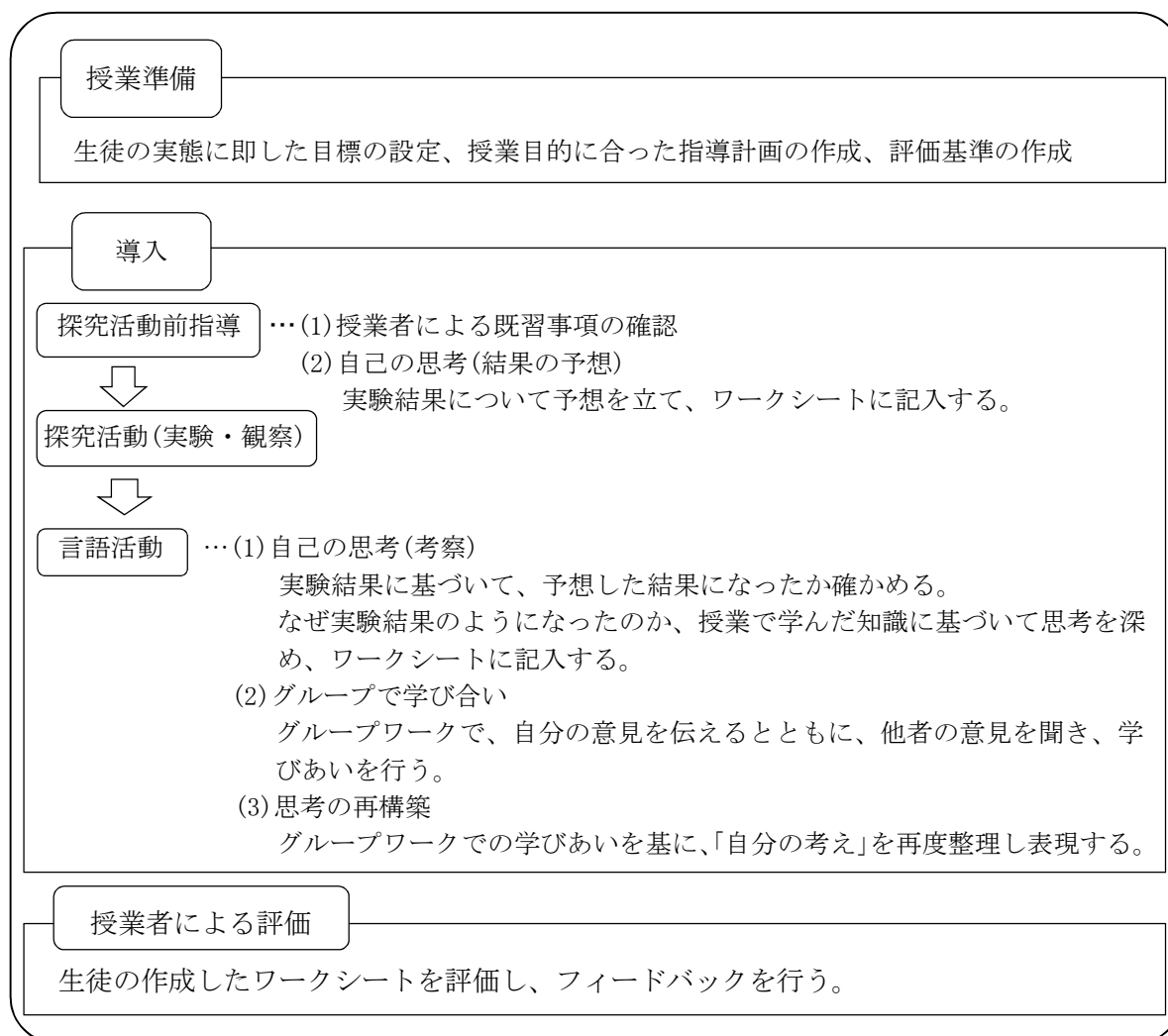
VII 今後の課題

本研究における検証授業や結果分析、アンケートから次に示す課題も明らかになった。生徒の学力向上のために、今後もこれらの課題に取り組み、教育研究を継続していく必要がある。

- (1) 本時の目標や評価基準が生徒の実態に合っていれば、生徒は主体的に活動でき、高い学習効果が期待できる。しかし、生徒の実態に合っていない場合は活動内容をうまく把握できず、学習効果があまり上がらない。学校により生徒の実態が異なるため、授業における本時の目標や評価基準の設定に授業者の工夫が必要である。
- (2) 生徒が主体的に思考・判断・表現するため、言語活動をさせる上で必要な「知識・理解」の定着が前提であることが本研究でも感じられた。学習指導要領に示されている通り、知識・理解を定着させる授業と、探究活動と言語活動を含む授業を生徒の実態に合わせバランス良く配置し、生徒の学習意欲を高めていくことが必要である。
- (3) アンケートでは、話し合いに関する否定的な意見があった。話し合いに十分に参加していない、あるいは基礎知識等の不足から参加できない生徒であると考えられる。これらの生徒にどのように対応し、話し合いに参加させていくか、また、理科に関する基礎力が不足する生徒の話し合いへの参加をどう図っていく必要がある。
- (4) アンケートや検証問題によって授業前後の自分の考え方の違いを把握させる時間が不十分であった。また、生徒が「できた」、「分かった」、「伝わった」という生徒自身の変容に気付かせ、自己肯定感を高めさせるための授業展開や教材の工夫が必要である。
- (5) 生徒は、既習事項と、新たに取り入れた知識から、自分の考えを文章やグラフなどにし、それを他者に伝え、他者の意見を聞き、またそれを自分が理解したことと比較し、論理的に判断する。これを繰り返すことにより思考力・判断力・表現力が高まることが期待できる。私たち教師は、生徒が、自分一人で考え結論を導く学習から、グループワークで他人の考え

と比較検討し結論へ導く学習へと発展させることのできる機会を、繰り返し生徒に提供していく必要がある。

最後に、以上の本研究の課題を踏まえたモデル授業案を(図Ⅶ. 1)に示した。モデル授業案では、「結果の予想－探究活動－言語活動」のサイクルを意識した。



図Ⅶ. 1 モデル授業案

参考文献

- 1) OECD、OECD生徒の学習到達度調査、平成 15 年 平成 18 年
- 2) 文部科学省、幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申) 平成 20 年 1 月
- 3) 言語活動の充実に関する指導事例集、第 1 章 言語活動の充実に関する基本的な考え方
- 4) 文部科学省、高等学校学習指導要領、平成 23 年 3 月
- 5) 経済産業省、産学の有識者による委員会、平成 18 年 2 月
- 6) 教科基礎調査(1 年次)、平成 24 年
- 7) 東京都教育委員会、教育研究員研究報告書 理科、平成 24 年、平成 25 年
- 8) 新田秀雄、素朴概念の分類、物理教育第 60 巻第 1 号、2012
- 9) 兼田真之・新田秀雄、クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践、物理教育第 57 巻第 2 号、2007
- 10) E. D. レディッシュ(日本物理教育学会監訳)、科学をどう教えるか、丸善出版、2012

平成 2 6 年度 教育研究員名簿

高 等 学 校 ・ 理 科

学 校 名	課 程	職 名	氏 名
都立石神井高等学校	全日制	主任教諭	田中 恵子
都立富士高等学校附属中学校	全日制	主任教諭	鈴木 将志
都立武蔵高等学校附属中学校	全日制	教 諭	◎ 藤田 信幸
都立武蔵丘高等学校	全日制	教 諭	小田島 寛子
都立荒川工業高等学校	定時制	教 諭	加賀谷 愛
都立一橋高等学校	定時制	教 諭	野村 浩人
都立八王子拓真高等学校	定時制	教 諭	新林 圭
都立五日市高等学校	全日制	教 諭	池田 有紀子 (平成 26 年 4 月～8 月)

◎ 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 徳永 政雄

平成 2 6 年度
教育研究員研究報告書

高等学校・理科

東京都教育委員会印刷物登録

〔平成 2 6 年度第 1 8 6 号〕
平成 2 7 年 3 月

編集・発行 東京都教育庁指導部指導企画課
所 在 地 東京都新宿区西新宿二丁目 8 番 1 号
電 話 番 号 (0 3) 5 3 2 0 - 6 8 4 9
印 刷 会 社 正和商事株式会社