

平成22年度 教科に関する研究
研究主題「思考力，判断力，表現力をはぐくむ学習指導」

理 科

観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造



目 次

1	主題について	1
2	授業研究	2
	【授業研究 1】 小学校第 6 学年「てことつり合い」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造 ーぼうが水平になってつり合うときのきまりを考え，説明し 伝え合う活動を通してー	3
	【授業研究 2】 中学校第 1 学年「力と圧力」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造 ーグラフを作成し規則性を考える学習の指導の工夫を通してー	9
	【授業研究 3】 高等学校第 2 学年生物 I 「細胞への物質の出入り」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造 ー「ユキノシタの原形質分離」における授業展開とワークシート の工夫を通してー	15
	【授業研究 4】 高等学校第 2 学年物理 I 「力のつり合いとはたらき」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造 ー実験から得られた結果を基に考えを伝え合う活動を通してー	21
3	研究のまとめ	27

1 主題について

平成20年1月の中央教育審議会答申において、理科の改善の基本方針については(ウ)で次のように示されている。

科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。

このことから、小学校、中学校、高等学校の各学校種、各学年、発達段階や指導内容に応じて、観察、実験の結果を整理し考察する学習活動や、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動を重視していくことが大切であり、それらを充実させることにより、科学的な思考力・表現力を育成できると考える。

この答申を受けて告示された学習指導要領の中で、理科の目標は以下のとおりに示されている。

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、1 問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を持った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

小学校学習指導要領（平成20年3月、文部科学省）

自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、2 科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

中学校学習指導要領（平成20年3月、文部科学省）

自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、3 科学的な自然観を育成する。

高等学校学習指導要領（平成21年3月、文部科学省）

（ 線は本資料作成者による）

小学校理科の目標において、小学校学習指導要領解説理科編（平成20年8月、文部科学省）では、波線部1について、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心を持ち、そこから問題を見だし、予想や仮説の基に観察、実験などを行い、結果を整理し、相互に話し合う中から結論として科学的な見方や考え方をもちようになる過程が問題解決の過程として考えられる。」と示されている。このことから、児童の科学的な見方や考え方が一層深まるように、観察、実験の結果を児童が相互に話し合う中で整理し考察し表現する学習活動が重視されているといえる。

中学校理科の目標において、中学校学習指導要領解説理科編（平成20年9月、文部科学省）では、波線部2について、「観察、実験などに際しては、計画を立て、いろいろな工夫を行うことで、結果として様々な情報が得られる。その際、数値を処理したり、グラフ化したりすることが必要になってくる。また、それらを分析して解釈し表現する

ことが必要である。このような取組により自然を科学的に探究する能力の基礎と態度の育成が図られ、科学的な思考力や判断力、表現力が養われる。」と示されている。このことから、数値を表にまとめたり、数値をグラフに表したりするなどの理科の表現を用いて結果を整理し分析し、その解釈を再び文章にしたり発表したりするなどの表現活動を通して、科学的な思考力や判断力、表現力が養われるといえる。

高等学校理科の目標において、高等学校学習指導要領解説理科編理数編（平成21年12月、文部科学省）では、波線部3について、「『科学的な自然観を育成する』とあるのは、体系化された知識に基づいて、自然の事物・現象を分析的、総合的に考察する能力を養い、高等学校理科における究極のねらいである科学的な自然観を育成することを示している。」と示されている。このことから、自然の事物・現象に関しての観察・実験などを行い、その結果を分析的、総合的に考察する活動が重視されているといえる。

さらに、平成22年度学校教育指導方針（茨城県教育委員会）では、学校教育推進の柱の一つに確かな学力を身に付けさせる教育の推進を挙げており、理科の努力事項及び具現化の取組の中で、表現活動の大切さと思考力の育成の重視について、次のように示している。

小学校理科

観察、実験の結果を表やグラフに整理し、予想や仮説と関係付けながら考察を言語で表現する学習活動の重視

中学校理科

観察、実験の結果を分析し解釈する活動、レポートの作成、発表、討論等により、科学的な思考力、判断力、表現力等をはぐくむ学習の充実

高等学校理科

自ら調べ、報告書にまとめたり、発表をしたりする機会の確保

以上、中央教育審議会答申、学習指導要領解説及び学校教育指導方針より、観察、実験の結果を整理し、考察し、表現する活動が重視されており、それを行うことにより、科学的な思考力・表現力を養うことができると考え、理科の研究主題を「観察、実験の結果を考察し表現する授業の創造」とした。

2 授業研究

授業研究に当たっては、学年や発達の段階、指導内容の違いを考慮し、小学校1校、中学校1校、高等学校2校（生物分野、物理分野）で実践し、授業研究ごとに分析、考察した。

【授業研究1】

小学校第6学年「てことつり合い」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造

— ぼうが水平になってつり合うときのきまりを考え，説明し伝え合う活動を通して —

1 単元 てことつり合い

2 単元の目標

- てこの規則性を意欲的に追究し，見いだしたきまりを生活に当てはめてみようとする。 【自然事象への関心・意欲・態度】
- てこがつり合うときのおもりの重さと支点からの距離との関係に問題を見だし，推論しながら追究し，てこの規則性について考察し表現することができる。 【科学的な思考・表現】
- てこの規則性についての問題解決に適した方法を工夫し，装置を組み立てたり使ったりして実験やものづくりを行い，その過程や結果を的確に記録することができる。 【観察・実験の技能】
- てこの規則性について理解することができる。 【自然事象についての知識・理解】

3 単元の指導について

(1) 教材について

本単元では，てこを使った実験を通して，そのはたらきや規則性について理解できるようにすることをねらう。また，てこや，てこのはたらきを利用した道具を使い，てこのつり合いの規則性を推論し話し合う活動を通して，てこのつり合いの規則性の理解を実感を伴いながら深めることができるようにする。

(2) 児童の実態について

表1に示す意識調査の結果から，筋道を立てて考えることや，観察，実験の結果を整理し根拠のある考えをもつことを苦手としている児童が半数近くいることが分かった。さらに，自分の考えを分かりやすく説明することを苦手とし，意見交換しながら思考を深めることができない児童が多いことが分かった。

表1 理科学習に関する意識調査 (平成22年5月26日実施，第6学年 37人)

調査内容	回答			
1 筋道を立ててものごとを考えること	とても得意である	5人	得意である	17人
	あまり得意でない	14人	不得意である	1人
2 調べた結果と自分の予想を比べてその理由を考えること	とても得意である	5人	得意である	15人
	あまり得意でない	13人	不得意である	4人
3 調べて分かったことを基に自分の考えをまとめること	とても得意である	9人	得意である	17人
	あまり得意でない	11人	不得意である	0人
4 自分の意見や考えを相手に分かりやすく伝えること	とても得意である	4人	得意である	17人
	あまり得意でない	10人	不得意である	6人
5 他の人の意見や考えと比べて自分の考えをよりよくすること	とても得意である	5人	得意である	14人
	あまり得意でない	15人	不得意である	3人

(3) 主題に迫る具体の手立て

本授業研究では、科学的な思考力・表現力をはぐくむことを目指して、小学校第6学年「てことつり合い」の学習において、グループで導き出した考えをグループ間で説明し伝え合う活動を取り入れる。資料1のような問題解決学習を設定し、問題解決のそれぞれの場面において、説明し伝え合う活動を充実させることにより、てこ

資料1 問題解決学習における説明し伝え合う活動

- | | |
|---|---|
| ① | グループの考えの根拠となる観察、実験の結果を集める活動 |
| ② | 得られた結果と既存する知識を重ね合わせ、話し合いながらグループの考えを導き出す活動 |
| ③ | 説明するために考えをまとめ深めていく活動 |
| ④ | 分かりやすく説明するために表や図、式に表現する活動 |
| ⑤ | 説明を聞く側からの質問や疑問に答えることによってグループの考えの問題点に気付く活動 |
| ⑥ | 説明を聞きながら自分のグループの考えと比較する活動 |

この規則性についての考えを深めていきたい。本時では、8グループに分かれ、実験から推論した「ぼうが水平になってつり合うときのきまり」についての説明と説明を聞いて質問する活動を行う。これらの活動を通して、各グループでてこの規則性について考えを深めることを目指す。

本時の活動を有効にするためには、前時までのグループによる実験、結果の整理、考察、発表の準備の一連の活動が重要となる。

ア 説明し伝え合う活動のオリエンテーションの工夫

学習の見通しがもてるように、単元の導入時に、説明し伝え合う活動の流れと説明のポイントを児童に示す。

イ 説明し伝え合う活動を振り返る方法の工夫

授業参観で、第1次「てこのはたらき」の説明し伝え合う活動を行い、準備した資料や説明が相手グループを納得させるのに十分だったか、質問に答えられたか、相手の説明を聞いて質問できたかなどを確認する機会とする。また、参観した保護者から評価をカードに書いてもらい、そのカードを見ることにより各グループでの活動を客観的に振り返ることができるようにする。

ウ 学習の流れに沿ったワークシートの工夫

実験の結果、グループの結論とその理由、説明原稿、他のグループの説明を聞いて分かったこと（取材メモ）、説明し伝え合う活動後のまとめなどを、学習の流れに沿って記入できるようにワークシートを工夫する。

4 指導計画（11時間扱い）

- 第1次 てこのはたらき・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4時間
 第2次 てこを利用した道具・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1時間
 第3次 てこのかたむき・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6時間

時	学習活動	評価の観点				評価規準
		関	思	技	知	
1	てこ実験器を用いて、棒の傾きとおもりの位置・重さの関係、棒がつり合うときのきまりを調べる。	○			○	てこ実験器を用いて、てこのつり合いの規則性について興味・関心をもち、進んで調べようとしている。 てこ実験器を使い、調べた過程や結果を定量的に記録している。
2	ぼうが水平になってつり		○			数量的にてこのつり合いの規則性について推論しながら

3	合うときのきまりを考え、他のグループに説明するための準備をする。				ら追究し、てこ実験器を使った実験結果と予想を照らし合わせて考察し、言葉や表、図、式、具体物を用いて分かりやすく表現している。
4 (本時)	グループで見いだした考えを他のグループに説明し伝え合いながら考えを深め、まとめる。		○	○	てこのつり合いの規則性は、支点からの距離と力の大きさの積に関係していることを理解している。 水平な棒の支点から等距離につるされた物の重さは等しいことを、てこのつり合いの規則性から推論しながら追究し、自分の考えを表現している。
5 6	つり合いを利用したおもちゃや道具を工夫して作る。	○		○	てこのつり合いの規則性を適用しておもちゃや道具を進んで作ろうとしている。 てこのつり合いの規則性を活用したおもちゃや道具を作っている。

5 本時の指導

(1) 目標

- てこのつり合いの規則性は、支点からの距離と力の大きさの積に関係していることを理解することができる。 【自然事象についての知識・理解】
- 水平な棒の支点から等距離につるされた物の重さは等しいことを、てこのつり合いの規則性から推論しながら追究し、自分の考えを表現することができる。 【科学的な思考・表現】

(2) 準備・資料

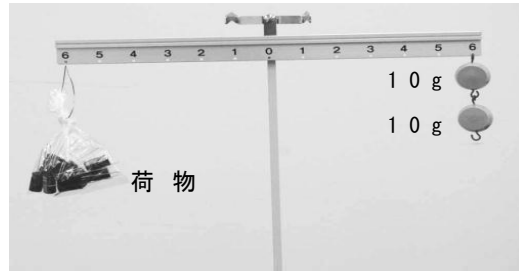
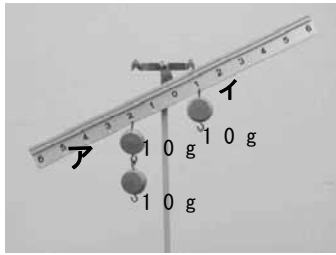
説明に使用する掲示物や道具、取材メモワークシート、まとめの実験の予想を書き込むためのワークシート

(3) 展開

学習活動	指導上の留意点 ㊦は評価（評価方法）
1 学習課題を確認する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">「ぼうが水平になってつり合うときのきまり」を説明し合いながら、考えをまとめよう。</div>	・前時までの活動を振り返り、本時の課題と説明活動の方法を確認する。
2 グループ間で考えを説明し意見交換する。 (1) 「ぼうが水平になってつり合うときのきまり」を説明する。 (2) 考えた理由を説明する。 聞く側は取材メモを取りながら説明を聞く。 (3) 質問を受ける。 (4) 説明側と聞く側の役割の交代	・前時で児童は、説明原稿に考えを明確化している。その原稿を基に自分の言葉で表現できるようにする。 ・結論を最初に示し、次になぜそのような結論になったのか説明するという順番で行う。このことで結果を基にした考えを表現できるようにする。 ・同じ実験をしていない相手に説明することを想定して、図や絵、実物、結果の表やグラフなどを活用して分かりやすく説明できるようにする。 ・ワークシートを工夫することで、聞くポイントや質問するポイントが押さえられるようにする。 ・考えを比較検討し合う説明活動を通して、てこの規則性についての理解を深める。
3 「ぼうが水平になってつり合うときのきまり」についてまとめる。 (1) 各自が取材メモを利用してまとめる。 (2) グループの代表がまとめを発表する。	・取材メモに、「自グループの結論」、「相手グループの結論」、「説明を聞いて気付いた点」、「質問した内容と、相手の回答」が書き込まれているか確認し、それらを基に結論をまとめるように助言する。 ㊦てこのつり合いの規則性は支点からの距離と力の大きさの積に関係していることを理解している。 (ワークシート、発表)
4 本時の学習のまとめをする。	・学んだてこの規則性を活用して問題を解くことで、自

・次の三つの場合の結果をつり合うときのきまりを利用して予想する。

分の学習を自己評価できるようにする。このことで学習に対する満足感や達成感をもたせる。



- ①イのおもりを動かして水平にするには？
- ②イにおもりを付け加えて水平にするには？

③つり合っているときの荷物の重さは？

- ・てこのつり合いの規則性を確認する。
- ・授業を振り返り、自己評価を行う。

- ・予想後、教師による演示実験で結果を確認する。
- ④水平な棒の支点から等距離につるされた物の重さは等しいことを、てこのつり合いの規則性から推論している。(ワークシート、発表)

6 授業の分析と考察

(1) 説明し伝え合う活動のオリエンテーションの工夫について

図1は、単元の導入時に行った説明し伝え合う活動のオリエンテーションで児童がノートに記した「説明し伝え合う活動の流れと説明のポイント」である。説明し伝え合う活動に向けたオリエンテーションをすることで、児童に学習の見通しと説明し伝え合う活動に向けての意欲をもたせることができた。その結果、説明し伝え合う活動に向けて、グループの考えを導き出すために実験結果を自ら表にまとめたり、その実験結果を話し合いながら分析したりするなどの活動が意欲的に行われた。

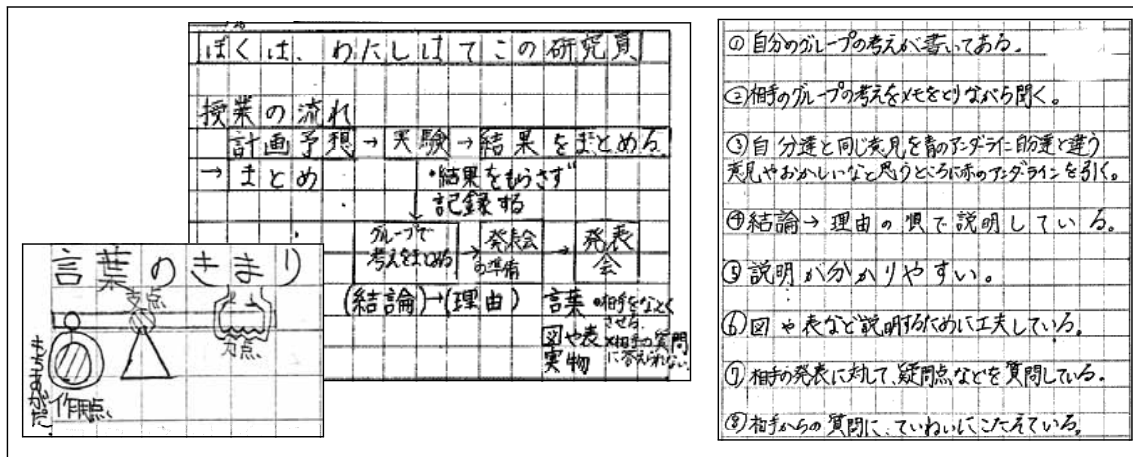


図1 説明し伝え合う活動の流れと説明のポイント

(2) 説明し伝え合う活動を振り返る方法の工夫について

説明のポイントを示し、それを自己評価・相互評価の基準とした。第1次「てこのはたらき」の説明し伝え合う活動を行う場面では、基準を基にグループの取組を反省した。改善すべきこととして児童からは次の3点が挙げられた。

- ① 説明が分かりづらい。

- ① 自分と同じ意見や違う意見にそれぞれの色でアンダーラインが引けていない。
- ③ 相手への質問ができていない。

資料2 発表の様子



これらの改善点を踏まえて本時の活動に取り組んだ結果、それまでは結論とその理由を言葉のみで説明していたのが、資料2に示すように、画用紙に自分たちの結論を文章や式でまとめたり、図や実物を利用したりして、具体的に例を挙げながら説明する仕方に変わった。実験の結果も、単に数字や文章で記録した状態から、自分たちの結論を説明するのに必要な部分を抜き出したり強調したりして示すように変化した。また、説明することに重点を置きがちだった児童は、「自分の考えを更によいものにするために、他の意見を聞いて自分の意見と比べてみるのが大切である。」と、聞く活動の大切さを意識するようになり、図2～4のように取材メモや説明メモ、説明原稿（ワークシート）への書き込みが多くなった。

(3) 学習の流れに沿ったワークシートの利用について

説明し伝え合う活動の流れに沿って記入できるように工夫した図2～4のワークシートの記述から、児童が見通しをもって説明の準備を進めることができたことが分かった。また、説明を聞くときの取材メモとし

発表準備用<聞く側用>

① 自分の研究所の結論
同じ重さで同じおもりの場合だと
水平になり、ちがう重さで
ちがうおもりで、おもりを動かして
動かす位置が水平になる

② 相手の研究所の結論
(相手に1分間書き出す時間をもらう)
これは同じおもりの重さは同じおもりの
ところに置くのと水平になり、2つの違う
おもりの最小公倍数の倍だけ動かすと
水平になると考える

③ 同じ意見に青のアンダーライン、違う意見や疑問点に赤のアンダーラインを引く

④ 説明を聞きながら、気づいた点をメモを取る。(時間は5分間)

おもりのおもりにおもり(60g)より、
水平になる 30g → 1 × 2 = 60
おもりのおもり
おもりのおもり
おもりのおもり
おもりのおもり

⑤ ①と②を参考に質問を考える。(相手に2分間質問の準備をする時間をもらう)
どこまで最小公倍数が求められると
考えられる人ですか?
重さが同じでも、作用点の位置を
変えるか、おもりの大きさを変えてみるか
作用点の位置はどおきか変えましたか

⑥ 相手に質問する。
⑥の質問に対する相手の回答を書き取る。

最小公倍数は決まっている
↓
に

図2 取材メモ (聞く側)

(4) 発表機会の保障について

グループの考えを話し合ったり、表や図、式、具体物を利用した説明を考えたりする過程で、再実験を行って導き出した考えを確認し修正する行動が見られた。その

これらの実験からわかったことをグループで話し合おう。

<グループ(研究所)の意見>

結論 (これは、同じおもりの重さはおもりのおもりにおもりとおもりになり、2つの違うおもりの最小公倍数の倍だけ動かすと水平になる。)

理由 同じ重さの時は、どちらのおもりを動かすと平行になり、2つの重さが違う時は、例えば、20gと40gの最小公倍数は40gより40gを動かすとき、20gのおもりを動かすと水平になる。

片からである。

図3 説明メモ (説明側)

発表準備用<発表する側用>

① 発表原稿の準備
(図や表を示しながら読み上げ、5分間になるように)
(※ゆっくり大きな声ではっきりと発音する)

① 私達の研究所は、同じ重さのおもりは同じおもりのところに置くのと水平になり、2つの違う重さのおもりで水平にするとき、2つの重さの最小公倍数を考えてその倍の数だけ動かすと水平になるという結論になりました。

② 理由は、(実物を見せる) 1つのおもりと1つのおもりは重さが同じなので、同じおもりの位置におもりを置くのと水平になります。そして、1つと1つのおもりのどちらかをめもり6の方へ動かすと、動かしたほうが重くなります。

③ (実物を見せる) 次に、2つのおもりの重さが違うときに、片方のおもり40gをめもり1に置くとし、もう片方のおもり20gをめもりのどこかに置くのと水平になります。そのめもりの場所を調べるとき私達は60gをめもり1に置き、30gをめもり1に置くとし、

④ そして、60と30の最小公倍数は60です。なので、60gはめもり1で動かさず、30gを60gにするには2倍すると60gになります。そしておもりを最小公倍数のめもりを移動すると水平になりました。

⑤ なので、私達の結論は最初に言ったように同じ重さのおもりは同じおもりのところに置くのと水平になり、2つの違う重さを水平にするとき2つの重さの最小公倍数を考えてその倍の数だけ動かすと水平になるということになりました。

図4 説明原稿 (説明側)

結果、資料3のよう **資料3 児童が導き出した「てこのつり合いの規則性」**

にたくさんの「てこのつり合いの規則性」についての考えが導き出された。発表の準備の時間を児童が活用し、聞く側を納得させられる考えを見つけ出そうと意欲的に取り組んだ結果と考える。

また、分かりやすく説明をするための

- ① 支点からの距離×おもりの重さが左右同じ場合につり合う。
(「目盛りの数」, 「おもりの数」と表現したグループもある)
- ② 左右同じ重さで支点からの距離が同じ場合につり合う。
(「目盛りの数」と表現したグループもある)
- ③ 左右違う重さのおもりがついている場合は、二つのおもりの重さの最小公倍数になるようにかけ算する分だけ左右のおもりを外側に移動するとつり合う。(この考えは左右のおもりが1の目盛りにある場合のみ成り立つ)
- ④ 目盛りの数×おもりの数が左右同じでない場合は、足りない方に足りない分を補えるように目盛りとおもりの数を算出し、その位置におもりをつけるとつり合う。
- ⑤ 左右が違うおもりの重さで違う目盛りだと、どちらかに傾いてしまうので、持ち上がったしまった方のおもりを外側にずらすとつり合う。
- ⑥ 作用点のおもりの重さ÷力点のおもりの重さ=目盛りの数, 持ち上がったしまった方のおもりをこの目盛りの所に移動するとつり合う。
(この考えは左右のおもりが1の目盛りにある場合のみ成り立つ)
- ⑦ おもりの重さ×支点からの距離=つり合う重りのおもさ
(この考えは、1の目盛りにおもりをつける場合のみ成り立つ)

アイディアを出し合ったり、教師にアドバイスを求めたり、発表の練習を行って改善点を話し合ったりする行動も見られた。

(5) 説明し伝え合う活動後の児童の自己評価より

授業後に行った自己評価(各項目は5点満点)は、図5の結果になった。「てこのつり合いの規則性」についてグループごとに考えを見だし、その考えを式や図、表を利用し聞く側に分かりやすく伝えることができたと考える。

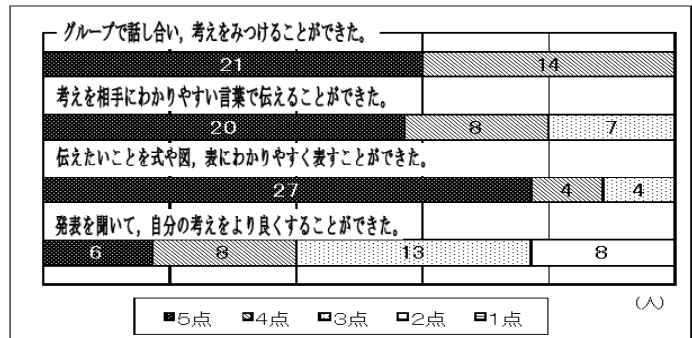


図5 授業後に行った自己評価の結果

(平成22年7月7日実施, 第6学年 35人)

7 成果と課題

(1) 成果

ア 説明のポイントを示し、それを自己評価・相互評価の基準として説明し伝え合う活動を振り返る工夫をすることにより、相手に考えを分かりやすく説明するための児童の取組が活発になり、考えを表現する力を高められた。

イ 説明し伝え合う活動を授業に取り入れ、説明の機会を保障することにより、よりよい考えを導き出そうとする児童の取組が活発になり、科学的な思考力を高められた。

(2) 課題

今回の取組では、説明し伝え合う活動において児童の聞く力を高める手立てが不十分であった。聞く力を高めることで、児童の考察し表現する力を高めていきたい。

参考文献

森田和良著「科学的読解力を育てる説明活動のレポーター」学事出版, 2008年

中学校第 1 学年「力と圧力」における観察、実験の結果を考察し表現する授業の創造

— グラフを作成し規則性を考える学習の指導の工夫を通して —

1 単元 力と圧力

2 単元の目標

- 物体に力を加えたときの様子や圧力などについての観察・実験を進んで行い、力学的事象に関心をもったり、それらの事象を日常生活との関わりでみようとする。

【自然事象への関心・意欲・態度】

- 物体に力を加えたときの様子や圧力などについて調べる方法を考え、観察・実験などを行い、規則性を見いだすために考察し表現することができる。

【科学的な思考・表現】

- 物体に力を加えたときの様子や圧力などについての観察・実験を行い、基本操作を習得するとともに、結果の記録や整理の仕方を身に付けることができる。

【観察・実験の技能】

- 観察・実験などを通して、力の単位や力の働きと圧力、空気の重さと大気圧などの基本的な概念や原理・法則を理解することができる。

【自然事象についての知識・理解】

3 単元の指導について

(1) 教材について

力という言葉は日常的にも使用されており、曖昧な意味で使われている。この力を物理学でいう「力」の概念へ発展させるために、基本的な知識や概念を獲得させるのが、中学校第 1 学年「力と圧力」における学習のねらいと考える。

物理学でいう「力」は直接目にすることができない。しかし、力が作用した物体の形の変化や、その運動の変化で力をとらえることができる。そこで、力の働きをとらえながら定式化することで、力学現象を説明できるようにしたいと考える。

本単元で学ぶ「フックの法則」は、力の働きを定式化する最初の学習である。グラフを解釈してとらえる概念であり、今後、グラフから定性的、定量的に解釈を進めていく上で大切な基礎となる学習である。この学習において、「ばねののびは力の大きさに比例する」という規則性を理解させるとともに、グラフを作成し考察するという追究の仕方を身に付けるきっかけをつくりたいと考える。

(2) 生徒の実態について

表 1 の意識調査 (p. 10) の結果から、生徒の多くは、考察することを苦手ととらえていることが分かった。その理由として生徒は、観察・実験の結果からまとめに至るまでの考える過程や手順が分からないことを挙げている。実験結果を考察し表現する力を身に付けさせるためには、実験結果から規則性を見いだす学習に重点を置く必要

がある。

そこで、実験結果を記録する技能としてのグラフのかき方を事前に指導し、「力の大きさとばねののびの関係」を表すグラ

フをかきながら「ばねののびは力の大きさに比例する」という規則性を生徒自らが見いだせるようにする。この学習を通して、グラフのかき方を身に付け、グラフを活用しながら考察する過程を中学校理科の早い時点で経験させることができ、今後その経験を重ねることで、観察、実験の結果を考察し表現する力が身に付くと考える。

(3) 主題に迫る具体の手立て

ア グラフを作成する導入時の授業展開を工夫する。

今までは、実験結果をグラフに表すよう指示した後に、並行してグラフのかき方の基本事項を指導してきた。そのために往々にして、教師により「与えられた知識」と生徒にとらえられ、生徒はかいたグラフから「見いだした」と実感できない場合が多かった。また、生徒に身に付けさせたい以下の項目を定着させることが困難であった。

- ① データをグラフにする意義を理解する。
- ② グラフに必要な項目、目盛りなどを方眼紙に書き込む。
- ③ 方眼紙に測定点を打ち、測定点の並び方から直線か、なめらかな曲線かを判断して線を引く。

そこで、グラフ作成の技能を定着させる授業を1時間設定し、小学校第6学年算数で学んだ「人が走るときの時間と距離の関係をグラフ化する学習」を改めて取り上げ、グラフ作成の基本事項を指導する。その学習後に、「力の大きさとばねののびの関係」の実験を行い、結果をグラフに整理し、そこから考察する学習を設定する。データをグラフにする技能を事前に学ばせ、活用できるようにすることにより、実験結果を処理する方法として積極的にグラフを活用し、規則性を見いだせると考える。そのことで、生徒が学習内容を「自ら見いだした知識」と実感することができると思う。

イ 見方や考え方に応じて解釈の視点を与える。

「力の大きさとばねののびの関係」をグラフに整理し、「ばねののびは力の大きさに比例する」という規則性を自ら見いださせる。そのために、グラフに整理した結果から最終的に定量的にとらえる見方に変えていけるよう、解釈の視点を個に応じて段階的に与えていく。

- ① 結果を自分なりに解釈する。
【例】分銅の数が増えていくとばねののびはどうなるか考える。
- ② 定性的な関係が見られるか考える。
【例】増加していく、減少していく、一定で変化しない。

表 1 意識調査 (平成22年5月11日実施, 第1学年 28人)

調査内容	回答
1 実験や観察をした後、その内容から分かることを自分で考えることができますか。	はい 8人 いいえ 20人
2 1で「いいえ」と答えた人に聞きます。 実験や観察をしたことから分かることを考えることができないのは、自分ではどうしてだと思いますか。	分からない 9人 結果と考察の区別がよく分からない 3人 どう書いたらよいか分からない 3人 どのようにして考えていったらよいか分からない 5人

③ 定量的にとらえ規則性について考える。

【例】比例，一次関数，反比例

④ 関数として定式化する。

【例】ばねの長さの変化は $y = ax + b$ ，のびの変化は $y = ax$

これにより，生徒は見通しをもって学習活動に臨むことができると考える。

4 指導計画（13時間扱い）

第1次 力をさがそう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1時間

第2次 いろいろな力を調べよう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6時間

時	学習活動	評価の観点				評価規準
		関	思	技	知	
1	物体に力を働かせる実験を行い，力の働きを見いだすとともに，いろいろな力があることを知る。	○				日常見られるいろいろな力に関心を持ち，どのような種類に分けられるか，意欲的に調べようとしている。
2 3	力の大きさは，ばねばかりで測ることができ，ニュートンを単位とすること，力を矢印で表すことを知る。		○		○	力を矢印を使って作図したり，力の大きさをニュートンを単位として表したりしている。 いろいろな力の大きさは，重力を基にして表せばよいことを見いだしている。
4	グラフの作成で気を付けることを知り，実際にグラフを作成する。				○	測定値には誤差が含まれていることから，測定値を結ぶときはなめらかな線で結んで，グラフを正しく作成している。
5 (本時)	ばねに働く力とのびの関係を調べる実験を通して，ばねの伸びと力の大きさには比例関係があることを見いだす。		○			実験結果のグラフから，ばねののびは加えた力の大きさに比例することを考察している。
6	重さと質量の違いを知る。				○	重さと質量の違いを理解し，知識を身に付けている。

第3次 圧力とは何だろう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2時間

第4次 空気の圧力を調べよう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2時間

第5次 水の圧力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1時間

第6次 水中ではたらく力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1時間

5 本時の指導

(1) 目標

おもりの数を変えたときのばねののびを調べる実験を通して，実験結果をグラフにまとめ，ばねののびは加えた力の大きさに比例することを考察することができる。

【科学的な思考・表現】

(2) 準備

つまきばね（強さが違うもの2種類），おもり（20gの分銅）4個，ものさし，実験用スタンド，セロハンテープ

(3) 本時の展開

学 習 活 動	指導上の留意点 ㊦は評価（評価方法）
1 本時の学習課題を確認する。 力の大きさとばねののびの関係は，どのようにな	・前時と同様に，ばねが同じ長さになるように，ばねを手で伸ばすところを演示して，分銅をつるすことで力の大きさを定量的に変化させることができるこ

<p>っているのだろうか。</p>	<p>とを生徒がしっかりと理解できるようにする。</p>
<p>2 実験をする。</p> <p>①スタンドにつるまきばねを取り付ける。</p> <p>②おもりをつるし、ばねののびを測る。</p> <p>③おもりの数を増やし、ばねののびを測る。</p> <p>④結果を表にする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・おもりの数が変わることが、ばねに加える力が変わることと同じであることを再度確認し、力の大きさとばねののびの関係を調べるといった目的を明確にとらえられるようにする。 ・実際に実験装置を組み立てて見せ、スムーズに測定に入れるようにし、結果の分析に十分時間を確保できるようにする。
<p>3 実験結果を整理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの質量を基に、力の大きさを計算する。 ・各自が前時に決定した方法で分かりやすく結果をまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・変化する量と変化させる量の確認をし、変化させる量がおもりの数であること、それが力の大きさを示すことを生徒一人一人がとらえられるようにする。 ・結果がまとめ終わったら、グループ内で相互評価するよう促す。 ・100 gのおもりに働く重力の大きさを1 Nとして計算することを確認する。 ・相互評価の後、グループでもっとも分かりやすいと考えられる生徒を代表として、結果を報告し合うことをあらかじめ指示しておく。
<p>4 結果を報告し合う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・班の代表がノートを提示し、結果を報告する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・友達の記録を自分の記録と比べてみるように指示し目的意識をもって発表を聞くことができるようにする。
<p>5 実験で調べなかった力の大きさについて予想する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもり2.5個分では、ばねは何cm伸びるか。 ・おもり5個分では、ばねは何cm伸びるか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験で調べていない力の大きさとばねののびを予想する活動を通して、グラフの有用性と値の連続性について、生徒が考えられるようにする。
<p>6 結果から分かることを考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラフの横軸の量が増加していくと、縦軸の量がどうなるか。 (増加？、減少？、一定で変化しない？) ・比例、反比例のいずれかに当てはまるか。 (規則性があるか？) ・関係を式で表せるか。 ($y = ax$) 	<ul style="list-style-type: none"> ・解釈の視点を与え、グラフから変化を定量的にとらえられるようにする。本時に作成したグラフを用いて規則性を見いだせるようにする。 ・グラフからすぐに比例の関係に気付いた生徒には、正確を期すために前時に学習した手順を踏んで考えるように指示し、グラフの解釈の仕方を身に付けることができるようにする。 ⑩実験の結果から、ばねののびは加えた力の大きさと比例することを考察することができる。 (行動観察、ノートへの記録)
<p>7 本時のまとめをする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ばねののびは、ばねに加える力の大きさに比例する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・学習課題の答えを書くように指示し、それを発表させることで、生徒の言葉を使ってまとめの文章を作成する。

6 授業の分析と考察

(1) グラフを作成する導入の授業展開の工夫について

第2次第4時では、結果を表す方法として、16人が表、10人がグラフ、2人が表とグラフで表そうと考えた。表で表そうと考えた生徒のうち14人は「グラフで表すのは難しい。」と答え、2人は「グラフは面倒だから。」と答え、グラフで表すことを難しいと感じる生徒が半数程度いることが分かった。小学校で既習の「走る人のデータのグラフ化」を行ったところ、正しくグラフをかくことができた生徒はいなかった。この後、グラフのかき方を説明し再度グラフをかかせた。その結果、22人の生徒が正

しくグラフをかくことができた。正しくグラフにかけなかった6人も、「グラフ作成チェックシート」で自ら間違いに気付くことができ、その後正しくかくことができた。

第4時に、結果を表す方法として「表」のみを挙げていた生徒は、第5時には全員が「グラフをかいてみる」と考えを変更した。その結果、ほとんどの生徒がグラフをかいて結果をまとめることができた。

その後、実測値以外の数値としておもり2.5個分のばねののびを予想する問いかけをしたところ、表による変化量から導き出した考え方と、グラフから読み取った考え方が発表された。生徒は、表とグラフのどちらで表した方が結果を分かりやすくまとめられるのか、意見を出し合った(表2)。

表2 生徒が考えた表とグラフの有用性の比較

	長所	短所
表	<ul style="list-style-type: none"> ・慣れているのですぐ作成できる。 ・簡単なのでミスが少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・二つの量の関係が見だしにくい。 ・実測値以外の値について推量するのが難しい。
グラフ	<ul style="list-style-type: none"> ・二つの量の関係が分かりやすい。 ・実測値以外の値について推量することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・慣れていないので、作成に時間がかかる。 ・結果に応じて判断することが多く、作成するのが難しい。

この話合いで生徒は、グラフにはある程度の大きさが必要であり、そのために、横軸や縦軸の最大値を知る必要があることを結論付けた。そして、そのようなグラフを作成するためには、結果を表にしてからグラフに整理することがよい方法であるということまで言及することができた。このように、グラフのかき方を指導してから実験を行ったことにより、結果をグラフに整理してさらにそれを活用することができた。

(2) 見方や考え方に応じて解釈の視点を与えることについて

実験結果をグラフに整理しながら、多くの生徒が、「加える力が大きくなると、ばねののびも大きくなる。」と定性的な関係について見いだすことができたが、定量的な関係については思考できなかった。そこで教師から、「力の大きさが規則的に増えていくとき、ばねののびの変化にも規則性があるか」と投げかけたところ、26人の生徒がグラフを基に、「加える力の大きさを2倍、3倍にしていくと、ばねののびも2倍、3倍の大きさに変化していく」という関係に気付き、そこから「ばねののびは力の大きさに比例する」という定量的な規則性を見いだすことができた(資料1)。また、実験していない値についても、定量的に推測できた生徒もいた。さらに、比例の関係を $y=ax$ と定式化して表現している生徒も見られた。解釈の視点を与えることで、生徒はより深く思考し、新たな見方や考え方をつかむことができた。

資料1 生徒の考察

〈考察〉結果から分かったことは？

- ・分銅1つ、2つと増やした時のばねののびは、ほとんど同じ数ずつのびることからばねののびと力の大きさは比例していると考えられる。
- ・分銅1個増やすごとに、ほとんど比例して増えていくことが分かった。なので、これ以上増やしても比例して増えると考え。
- ・この実験には誤差があるので、大体比例している。力の大きさでばねののびは変化する(大きいほどのび、小さいほどのびない)ことが分かった。

(3) 意識調査より

学習前と学習後の生徒の意識調査(図1)から、グラフのよさを理解し、それを使ってみるという意識が生まれたと考えることができる。「難しいと思っていたかき方のコツが分かったので今後利用したい。」、「グラフは便利だから、結果をグラフに表せるときはどんどん使いたい。」などの記述から、グラフのかき方を練習してから実験の結果を処理する学習に取り組むと、生徒はグラフをかくことに自信をもち、スムーズに学習活動に取り組めることが分かった。

考察に対しては、実際に文章を記述できたという達成感から、自分で考察をすることができると答えた生徒が増えた。「自分で考察が書けてうれしい。」、「実験から分かることを話し合うのは楽しい。」などの記述が見られた。結果を基に考察するとき、解釈の視点が与えられれば、生徒は自分で考えることができ、それを自分の言葉で文章化することができるようになることが分かった。

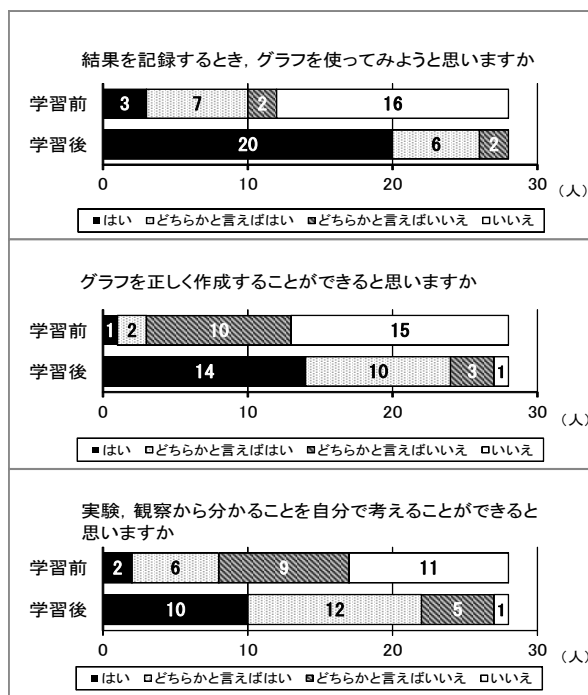


図1 学習前後の生徒の意識調査

学習前：平成22年5月11日実施，
学習後：平成22年7月20日実施，第1学年28人

7 成果と課題

(1) 成果

ア グラフを作成する導入時の授業展開を工夫し、グラフをかく技能を身に付けてから実験し、その結果を分析できるように授業を展開することにより、生徒がグラフに整理する意義を理解し、グラフを正しくかき活用できるようになった。

イ 実験からまとめに至る過程での生徒の見方や考え方に応じて解釈の視点を与えることにより、生徒自身が実験結果から規則性を見いだしたり、定式化したりすることができるようになった。

(2) 課題

グラフの作成と活用により、生徒の見方や考え方が深まったが、本単元の後、第2学年「電流とその利用」の学習までグラフを作成する機会がない。その間、効果的に補充学習を行っていく必要があると考える。

参考文献

清原洋一，中村日出夫，山口晃弘編著「中学校理科学力向上6つの授業改善」東洋館出版社，2007年

清水誠，熊野善介編著「新中学校理科重点指導事項の実践開発」明治図書，2009年

【授業研究 3】

高等学校第2学年生物I「細胞への物質の出入り」における観察、実験の結果を考察し表現する授業の創造 — 「ユキノシタの原形質分離」における授業展開とワークシートの工夫を通して —

1 単元 細胞への物質の出入り

2 単元目標

- 細胞の透過性に関する事象に興味をもち、意欲的にそれらを探究しようとする。
【関心・意欲・態度】
- 原形質分離の実験などを通して、細胞膜の性質について思考的に表現することができる。
【思考・判断・表現】
- 原形質分離の実験において、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果についての確に記録し整理することができる。
【観察・実験の技能】
- 細胞膜の半透性や選択的透過性について、その仕組みを理解し、知識を身に付けることができる。
【知識・理解】

3 単元の指導について

(1) 教材について

本授業研究では、「第1章 細胞」の「2節 細胞への物質の出入り」の学習における「ユキノシタの原形質分離」の観察を行った。細胞への水の出入りそのものは実際には観察できないが、植物細胞の原形質分離という現象を通して水の出入りを理解し、その考察をすることで思考力の育成を図ることができると思う。

(2) 生徒の実態について

意識調査の結果からは、「実験には積極的に取り組める」と答えた生徒は28人中20人であり、講義中心の授業と比べると生徒は積極的に取り組む傾向にあることが分かる。一方で、「結果から考察できている」と答えた生徒は9人で、十分に考察するところまで至っていない。アンケートの自由記述でも「実験は好きだが、考察はめんどろ。」、「どうやってまとめたらよいか分からない。」という回答が半数以上みられた。

これまでの実験レポートにおいては、考察が単なる感想になってしまう生徒が多かった。これは、1時間の授業の中で実験と考察を行うと、思考する時間を十分に保障できなかったこと、生徒の表現力が十分に育っていなかったことが大きな要因だと考える。そこで、目の前で

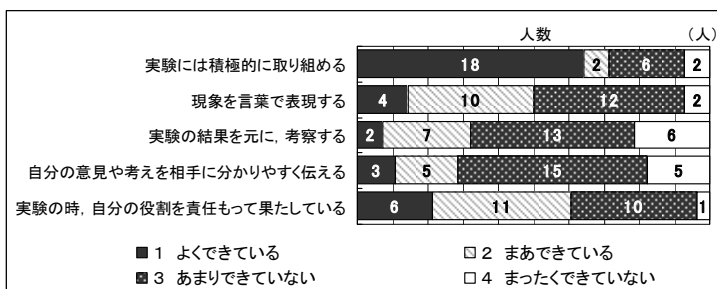


図1 生徒の意識調査（事前）

（平成22年6月2日実施，第2学年 28名）

起きた現象を「言葉で的確に表現する（結果をまとめる）」活動と、その現象の背景に考えられる「科学的な根拠をまとめる（考察する）」活動に、十分な時間を保障することと、授業の展開を工夫することが必要だと考える。これまでのような結果を観察してそこで終了してしまう授業から、生徒自身が新たな発見をして疑問を見だし、自らの言葉で表現しながら考察を深めていく授業へと変えていきたいと考える。

(3) 主題に迫る具体の手立て

ア 授業展開とワークシートの工夫

授業展開や実験で用いるワークシートを工夫することで、生徒は科学的現象を自分の言葉を用いて的確に表現することができると思う。

授業展開の工夫としては、「ユキノシタの表皮細胞への水の出入り」について、濃度の異なる外液に細胞を浸したときに水の出入りが起こることにより、細胞の体積に変化が見られることを実際に確認するための実験1を行う。その後、実験1の結果からワークシートへまとめたことをグループごとに発表し、グループ間での比較・検討を行う。その過程における生徒の考え方を評価し、不十分なところは適宜支援する。次に、更に異なる濃度の外液に浸すとどのような結果が得られるか予想をして臨む実験2を行う。実験1と実験2の間に、実験1の結果やその考察をグループごとにまとめ検討する時間をもつことで、着目すべき現象を的確にとらえて実験2に臨めるようになると思う。

ワークシートの工夫としては、結果や考察をまとめる際に、「定型文」（資料1）や「キーワード」を提示し、生徒が活用できるようにすることで、科学的現象を文章で表現することができるようになると思う。

資料1 「定型文」の例

～考察のまとめ方～ (例)
 0%滴下では、○○○という結果が見られたことから、○○○が起きたと考えられる。
 15%滴下では、○○○という結果が見られたことから、○○○が起きたと考えられる。

イ グループ構成と役割分担の工夫

活発な意見交換を引き出し、責任をもって学習に取り組ませるため、1グループを3～4名とし、グループメンバーを生徒自身が編成するようにする。また、グループの中の特定の生徒が一人で実験を進めてしまわないように、必ず一人一人に役割が分担されるように工夫する。

さらに、実験結果や考察をグループごとに発表するだけでなく、理解度の違いに基づく現象の見方の違いから生じる結果の違いを比較し、全体で意見交換を行うことで理解を深めていけるようにする。

4 指導と評価の計画（5時間扱い）

時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	浸透と浸透圧	○				浸透現象に関心をもち、意欲的に探究しようとする。	行動観察
2	細胞への水の浸透				○	動物細胞と植物細胞の構造の違いから、浸透現象の違いを理解している。	ノート

3 4	植物細胞への水の出入り（本時）		○		植物細胞への水の出入りを原形質の体積変化から思考し、思考したことを表現している。 外液濃度と原形質の体積変化の関係を的確に記録している。	ワークシート 行動観察
5	細胞への物質の透過	○		○	細胞膜を介した物質輸送の性質に関心を持ち意欲的に探究しようとする。 受動輸送と能動輸送の違いを細胞膜の選択的透過性とともに理解している。	行動観察 小テスト

5 本時の指導（2時間扱い）

（1）目標

2種類の濃度のスクロース溶液に浸した植物細胞の浸透現象の観察を通して、高張液、低張液の概念と細胞に起きた変化を結び付けて科学的に思考し、導き出した考えを言葉で的確に表現できる。 【思考・判断・表現】

外液の濃度の違いと原形質の体積変化を比較し、細胞が原形質分離を起こした割合から等張液の濃度を導き出すことができる。 【観察・実験の技能】

（2）準備

ユキノシタ、スクロース溶液（20%、15%、10%、0%）、顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、ワークシート

（3）展開

前半

過程	学習活動	指導の留意点と評価
導入 10分	1 実験1の目的や方法について説明を聞き把握する。	・手順がよく分かるようにプロジェクターを用いて実験1の手順を説明する。
展開 30分	2 グループごとに2種類の濃度のスクロース溶液に浸した表皮細胞を顕微鏡で観察する。比較対象として未処理細胞を同時に観察する。 3 結果をまとめる。 ① それぞれの視野の中で代表的な細胞を二つスケッチする。 ② 文章でまとめる。 グループごとに話し合いをし考察をまとめる。	・方法を理解し、手順に従って進められているか机間指導し確認する。 ・「代表的な細胞」とは目立つものではなく最も多く見られる状態の細胞であることを確認する。 ・自ら考察がまとめられ表現できるように、「定型文」を参考に表現するよう助言する。 ⑨ 結果から、高張液、低張液の概念と細胞に起きた変化を結び付けて科学的に思考し、導き出した考えを言葉で的確に表現できる。（ワークシート）
まとめ 10分	4 結果を考察する。 グループごとにまとめた考察を発表する。 5 次時の実験2の内容を聞き理解するとともに、実験の予想を立てる。	・グループごとの表現はバラバラであるが、共通している視点は、「色の変化」や「原形質の体積変化」であることに気付かせる。 ・次時の実験2の説明をする。 ・スクロース溶液の濃度と原形質の体積との関係について、予想を立てさせる。

後半

過程	学習活動	指導の留意点と評価
導入 5分	1 実験2の内容を確認して準備する。	・全員が本時の実験の予想を立てることができているか確認する。
展開 35分	2 グループごとに4種類の濃度のスクロース溶液に浸した表皮細胞を顕微鏡で観察する。 原形質分離を起こしている細胞の数と視野中の全細胞数を数える。 3 結果をまとめる。 ① それぞれの視野の中で代表的な細胞の原形質の様子をスケッチし、予想と比較する。 ② 原形質分離を起こした割合を表にまとめる。 4 結果を考察する。 ① 濃度変化とともに原形質の体積はどのように変化したか。 ② 原形質分離がおきた割合から等張液は何%に最も近いと考えられるか。 5 グループごとに話し合いをし、考察をまとめる。	・方法を理解し手順に従って進められているか、机間指導し確認する。 倍率は15×10倍にそろえて観察するよう指示する。 ・グループのメンバーで協力し、各濃度の観察と細胞数のカウントを要領よく進めるよう指示する。 ・原形質分離の割合が50%のとき、その外液濃度を等張液とすることを説明する。 ③ 外液の濃度の違いと原形質の体積変化を比較し、細胞が原形質分離を起こした割合から等張液の濃度を導き出すことができる。 (行動観察)
まとめ 10分	6 考察の結果をグループごとに発表する。 ① 外液濃度と原形質の体積変化について適切に表現できているか比較する。 ② 原形質を起こした割合をグループごとに比較し、等張液の濃度を導き出せているか検討する。 7 本時のまとめをする。	・考察をグループごとに発表させ、その発表を基に①、②について比較検討させる。 ・実験2のまとめを黒板に示す。

6 授業の分析と考察

(1) 授業展開とワークシートの工夫

表1 (p.19) に示すように、実験1におけるワークシートの記述では、「原形質に変化は見られなかった。」「原形質の体積が半分ぐらいになっていた。」など原形質の体積変化を適切に表現できた生徒は28人中8人だった。これらは、水の出入りと細胞の変化の関係を見いだしている表現である。一方、「原形質」という言葉を用いることができなかつた生徒の多くは「ピンク色の部分が少し大きくなった。」や「すき間が見えた。」のような表現をしており、変化は観察できているのにもかかわらず、両者の関係を見いだしていないことが表現から読み取れた。「ピンク色に染まっているところと

染まっていないところがあった。」など、根本的に理解できていない表現の生徒も9人いた。そこで、実験2に入る前にこれらの結果をグループごとに発表し、比較・検討する時間をとった。発表の内容については、①比較しやすいよう一覧にして提示する、②観察した細胞の一例をプロジェクターで映し出す、といった比較・検討しやすい工夫をした。さらに、観察する視点や不十分な表現について、教師から補足説明を加えた。

これらの比較・検討を経て、実験2に入った。実験2において、外液濃度の違いにおける細胞の変化を実験1と同様にまとめさせたところ、28人全員の生徒が、「原形質」という用語を用いて、変化を的確に表現できた。さらに、外液濃度の違いによる原形質分離の程度の違いを比較するところまで表現できた生徒は28人中24人であった。同じ生徒の実験1と実験2の結果の表現を比較すると、明らかに科学的な表現力が身に付いたといえる(資料2)。

また、「考察」において、「定型文」や「キーワード」を提示したことにより、28人中24人が外液の濃度と細胞の変化の関係について、的確に表現し考察できた。

(2) グループ構成と役割分担の工夫

今回生徒自身がグループ編成を行ったことにより、話し合いが活発かつスムーズに行われていた。生徒の感想(資料3)でも、28人中27人が「自分たちで考えたグループのほうが実験しやすい」と答えていた。その結果、実験中は全員が責任をもって顕微鏡を操作することができた。鮮明な細胞像を観察ができた生徒が友達にアドバイスする姿なども見られ、実験へのより積極的な取組につながったと考えられる。

資料3 グループ編成に関する生徒の感想

今回の実験でのグループ編成をどう思いますか。	<input type="radio"/> 親しい友達との方が話し合いがしやすい (14人) <input type="radio"/> 協力して実験できる (10人) <input type="radio"/> 遠慮せず実験できる (2人) <input type="radio"/> やる気が起きる (1人) <input type="radio"/> 関係ない (1人)
------------------------	--

(3) 意識調査から

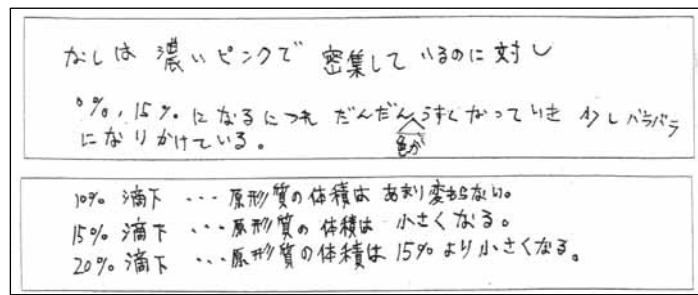
図2は、授業研究の事前、事後の生徒の意識調査の結果をまとめたものである。すべての質問項目で「よくできている」、「おおむねできている」と感じた生徒の割合が増加した。特に「現象を言葉で表現できる」、「実験の結果を基に考察する」が授業後で増加したことは、考察しまとめる時間を十分にとれたことと、ワークシートに「キ

表1 ワークシートの考察 (人)

		できた	できない
生物用語(原形質)を適切に用いて表現する	実験1	8	20
	実験2	28	0
外液濃度と体積変化の関係を表現し考察する	実験2	24	4

資料2 実験1・実験2の記入内容の変化

(上: 実験1, 下: 実験2)



ワード」や「定型文」を提示したことにより、結果や考察を的確に表現できるようになったためと考える。また、「実験のとき自分の役割を責任をもって果たしている」が授業後で増加したことは、グループ編成を工夫したことと役割分担を明確にしたことにより、多くの生徒が責任をもって実験に取り組めるようになったためと考える。自ら実験に取り組んだことが、積極的に思考し表現しようという意欲にもつながったと考えられる。

7 成果と課題

(1) 成果

ア 実験1から実験2へとつながる中で、結果と考察をグループごとにひとつひとつ確認し、更に比較をしながら進めるとともに、ワークシートにおいて「定型文」や「キーワード」を示すことにより、目の前で起きた現象を「言葉で的確に表現する」ことや、その現象の背景に考えられる「科学的な根拠をまとめる」ことができるようになった。

イ グループ構成を工夫し役割分担を明確にすることにより、意見交換が活発になり、実験に積極的に取り組めるようになった。

(2) 今後の課題

事後の意識調査からも分かるように、現象を言葉で表現したり実験の結果を基に考察したりすることよりも、自分の意見や考えを相手に分かりやすく伝えることにおいて、「よくできている」あるいは「おおむねできている」と答えた生徒が少なかった。意見や考えを相手に分かりやすく伝えることについての支援を講じる必要がある。

参考文献

田中隆荘他著「高等学校 改訂 新生物 I」第一学習社、2010年

本川達雄・谷本英一他著「高等学校 新編生物 I 改訂版」啓林館、2009年

北海道生物教育会編「生物なんでもハンドブック」北海道生物教育会、2002年

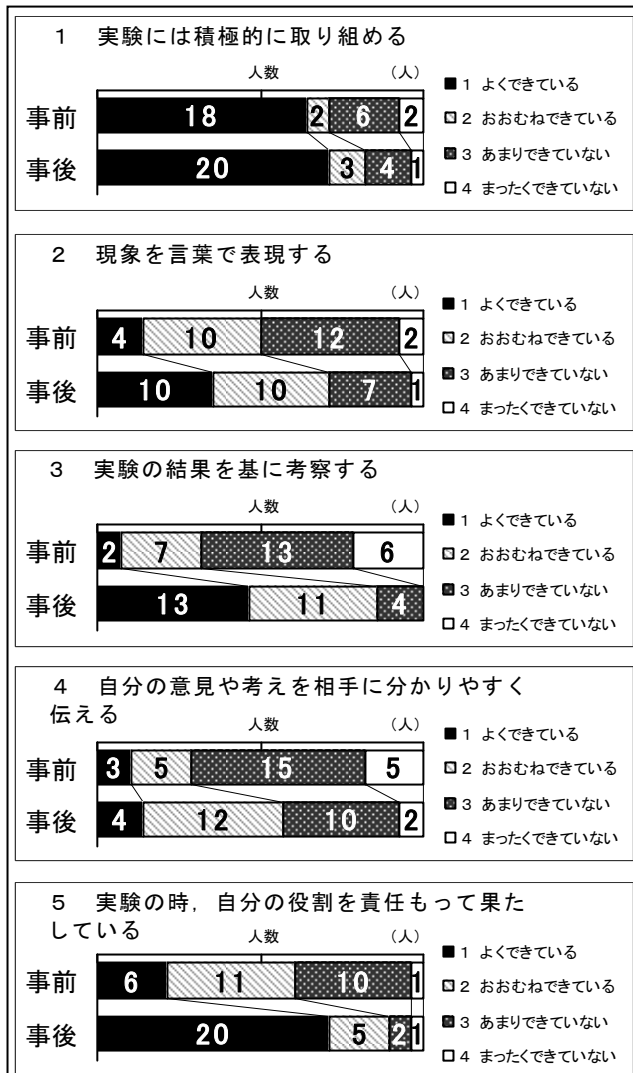


図2 意識調査の結果（事前・事後の比較）

（事前：平成22年6月2日実施，事後：7月20日実施，第2学年 28名）

【研究授業 4】

高等学校第2学年物理I「力のつり合いとはたらき」における観察，実験の結果を考察し表現する授業の創造
— 実験から得られた結果を基に考えを伝え合う活動を通して —

1 単元 力のつり合いとはたらき

2 単元の目標

- 力の性質や働きに関心をもち，力と物体の運動の様子を意欲的に探究しようとする。
【関心・意欲・態度】
- 様々な力が物体に働く場合を考察し，それぞれの場合における運動方程式をつくることができる。
【思考・判断・表現】
- 運動の三法則や剛体に働く力について実験を行い，力と運動との規則性を見いだす活動を通して，的確な操作をすることができる。
【観察・実験の技能】
- 大きさのある物体（剛体）に働く力について理解し，剛体のつり合いについて知識を身に付けることができる。
【知識・理解】

3 単元の指導について

(1) 教材について

加速度運動とそれらの数式での表し方を学んだ後の単元である。ここでは，力の性質や働き，物体に働く様々な力を学習し，それぞれの力の法則について理解する。その後，力のモーメント，剛体のつり合いなどを学習する。しかし，力についての理解が不十分なために，この後の運動方程式（質量を m ，加速度を a ，力を F とすると， $ma = F$ ）の力の項がうまくつukれない生徒も多い。

(2) 生徒の実態について

生徒は授業に熱心に取り組み，学習への意欲も高い。しかし，公式を暗記することが物理の学習であるといった誤った学習観をもつ生徒も多い。そこで，物理の既習事項に対する生徒の理解状況を知るために，資料1のアンケート調査を行った。いくつかの物理の用語について，「言葉」と「数式や記号」を用いて表現させ，そこから理解の状況を調べた。

図1はその結果である。回答欄に空欄が多いのは「数式等による表現」（以下「数式」）のほうである。「言葉による表現」（以下「言葉」）のほうが表現しやすく，「力のつり合い」や「作用反作用」は「数式」で表現することに戸惑いを感じる生徒も多かった。

資料1 物理の既習事項に関するアンケート（一部）

以下の物理用語の意味について教えてください。また，右の欄には数式や数値，記号，図などを用いて教えてください。正確な意味が分からないときでも，用語から感じるイメージなどを自分なりの表現でよいので教えてください。小学校や中学校で学習した表現でも構いません。

言葉	数式，数値，記号，図
質量 ：	

一方、「言葉」は不正確な表現の割合が高かった。既習事項であっても、基本的な物理量の理解が不十分であることが分かった。

また「言葉」で正確な生徒は「数式」でも正確であったのに対し、「数式」が正確でも「言葉」が不正確な生徒が多かった。このことから、言葉で理解せず数式等を丸暗記している生徒が多い可能性がある。

したがって、言葉による十分な表現をした上で数式による表現へ移行していくことが必要と考える。そして、生徒の表現を促すためには、ワークシートを活用しながら話し合い活動の中で自分の考えを伝え合うことが重要であると考えます。

(3) 主題に迫る具体の手立て

実験を通して得た結果を、各自がワークシートを利用しながら言葉によって表現する。次に班のメンバーにそれを伝え合いながら、数式を用いた表現にしていく活動を通して、「力のモーメント」という新しい物理概念を実感をもって理解することができるように考え、以下のような手立てを設定した。

ア 考察の基となる実験データの精度がある程度確保できるように、生徒にとって仕組みが分かりやすい実験装置を用い、精度の高い実験が行えるようにする。

イ 生徒が思考したことや班で意見交換したことを表現できるように、時間を確保する。また、生徒が思考したり表現したりしやすくなるようワークシートを工夫する。

ウ 「力のモーメント」という用語は最後に伝えることにし、物理量にふさわしいと感じる名称を生徒が考え表現することで、物理量に対する理解やイメージを深められるようにする。

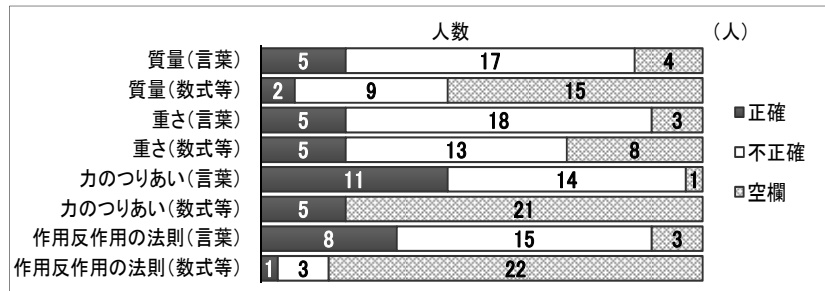


図1 物理的な概念に対する実態調査

(平成22年7月8日実施, 第2学年物理I選択者 26人)

4 指導と評価の計画 (15時間扱い)

第一次 力のつり合い・・・3時間

第二次 いろいろな力・・・6時間

第三次 大きさのある物体に働く力・・・6時間

時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	剛体と回転させる力 (本時)	○			○	剛体の定義を理解している。 話し合いに意欲的に取り組み、実験方法を考えている。	ワークシート 行動観察
2	力のモーメントの概念導出 (本時)		○		○	正しい方向に力を加え正確な結果を得て、それを整理して記録している。 「回す力」(力のモーメント) = 「加える力の大きさ」×「回転軸と作用点との距離」という関係を導き出している。	行動観察, ワークシート ワークシート
3	剛体のつり合いの実験	○	○			発問に対して理論的に考え、発表している。 実験に意欲的に取り組んでいる。	行動観察, ワークシート 行動観察

4	剛体のつり合いの計算		○		○	二つのつり合いの式をつくっている。 つり合いの条件を理解し、計算で求めている。	行動観察, ワークシート 行動観察, ワークシート
5	剛体に働く2力の合成と偶力		○		○	2力の合成について思考し、力を合成している。 合力および偶力のモーメントについて理解し、求めている。	行動観察, ワークシート 行動観察, ワークシート
6	重心	○			○	実験に意欲的に取り組んでいる。 実験結果から重心を求めている。	行動観察 行動観察, ワークシート

5 本時の指導（2時間扱い）

(1) 目標

- ・ 話合いに意欲的に取り組み、実験方法を考えている。 【関心・意欲・態度】
- ・ 「回す力」(力のモーメント) = 「加える力の大きさ」×「回転軸と作用点との距離」という関係を導き出すことができる。 【思考・判断・表現】
- ・ 実験器具を正しく操作し正確な結果を得て、それを整理して記録することができる。 【観察・実験の技能】
- ・ 「剛体」の定義を理解することができる。 【知識・理解】

(2) 準備

ワークシート、ばねばかり、多数の穴のある金属プレート、画びょう、ベニヤ板、ばね

(3) 展開

第1時

過程	学習活動	指導上の留意点と評価
導入 5分	1 力や質点について確認し、剛体にかかる力を学ぶことをつかむ。	・「力の働き」「力の3要素」「質点」について確認する。
展開 一斉 25分	2 「剛体」について知る。 剛体：変形しない大きさのある物体	・剛体の条件を説明し、定義を理解させる。 ㊦ 剛体の定義を理解することができる。 (ワークシート)
	3 「質点」のつり合いの条件と比較して、剛体のつり合いの条件について考える。	・復習をしながら、つり合いの状態にある質点への複数の外力は、作用点が一致することを思い出させる。
	4 バットを回転させる演示実験を観察し、気付いたことを発表する。 ・バットの太さと回す力の関係	・「作用線が一致しない2力が剛体に働くと静止状態になるか」と問いかけることで、剛体のつり合いは「回転」を考慮しなければならぬことに気付かせる。
	5 剛体を回転させる作用について予想する。 ・加える力の大きさ ・回転軸と作用点との距離	・力の大きさだけでなく、回転軸と作用点との距離が現象に関係していることを気付かせる。
	6 「剛体を回転させる作用」にふさわしい名前を考え、発表する。	・未習である「力のモーメント」は使わず、自由な言葉で表現させることで、新しい概念をイメージしやすくする。
班別 25分	7 「回転力」(力のモーメントの仮称)と加える力の大きさ、回転軸との距離との関	・力のモーメントと力の大きさ、回転軸との距離の関係を確かめる方法を見いだせるよ

	係について、予想を検証する実験方法を考える。 ①各自で実験方法を考える。 ②班で意見交換しまとめる。 ③各班の代表者が、実験方法を発表する。 ④他の班の実験を参考にして方法を見直す。	うに、実験器具を配布する。実際に操作しながら検討させることで、具体的な計画を立てられるようにする。 ㊦ 話し合いに意欲的に取り組み、実験方法を考えている。(行動観察) ・各班からの発表を参考に、具体的な測定方法を確定するよう促す。
--	---	---

第2時

過程	学習活動	指導上の留意点と評価
導入 5分	1 前時を振り返り、実験のポイントを確認する。	・前時の内容を思い出させ、実験のポイントを確認させる。
展開 班別 35分	2 各班(3～4名)で予想の検証実験を行う。 ① 測定装置を組立てる。 ② ばねばかりで引く位置を変えながら、力の大きさを記録する。 ③ 条件を変えながら同様に測定する。 ④ データをワークシートに記録する。 ⑤ 結果をグラフに整理し、考察する。 3 考察したことを班内で意見交換しながら、「回転力」を表す式を考え、ワークシートに記入する。 ・「回転力」=力の大きさ×回転軸と作用点との距離	・正しく測定ができるよう机間指導する。 ㊦ 実験器具を正しく操作し正確な結果を得て、それを整理して記録することができる。(行動観察、ワークシート) ・データをグラフ化し、見いだした特徴を班ごとに話し合わせ発表させる。 ㊦ 「回転力」(力のモーメント) = 「加える力の大きさ」×「回転軸と作用点との距離」という関係を導き出すことができる。(ワークシート)
一斉 10分	4 考えた式を班ごとに発表する。	
まとめ 5分	5 「力のモーメント」についてまとめる。	・「回転力」を「力のモーメント」ということを伝える。

6 授業の分析と考察

(1) 生徒の行動観察から

バットを用いた演示実験では、太い方をつかんだ者が回すのに有利であり、剛体の回転は力の大きさだけでは決まらないことを生徒に見いださせることで、「バットの太さ」という表現から一般化して「回転軸と作用点の距離」という表現を引き出すことができた。

「剛体を回転させる作用」にふさわしい名前の考案については、初めは生徒が戸惑っていたが、「長さ」や「力」などの身近な物理量を例に挙げて好きな名前をつけるよう促すと、ほとどの班も「回転力」という名前を付けた。初めから「力のモーメント」というなじみのない言葉を伝えるよりも新しい物理量をイメージしやすくなった。

実験装置は図2のように組み立てた。左側のばねで一定の「回転力①」を発生させ、それにつらう「回転力②」を、位置を変えながらばねばかりを引いて発生させる。仕組みが分かりやすい実験装置を用いたことと、事前に実験方法を班ごとに考えさせたことで、生徒は実験装置の仕組みを理解し、じっくりと実験を行うことができたと考える。

実験の中で、つり合いの状態を確認する係、

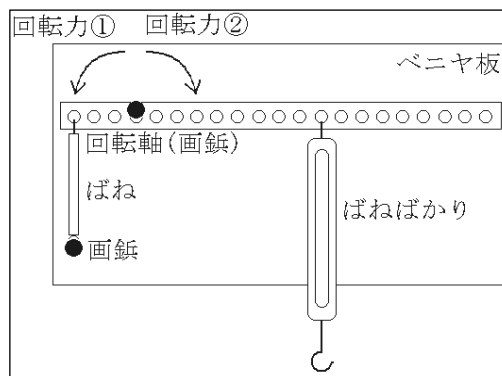


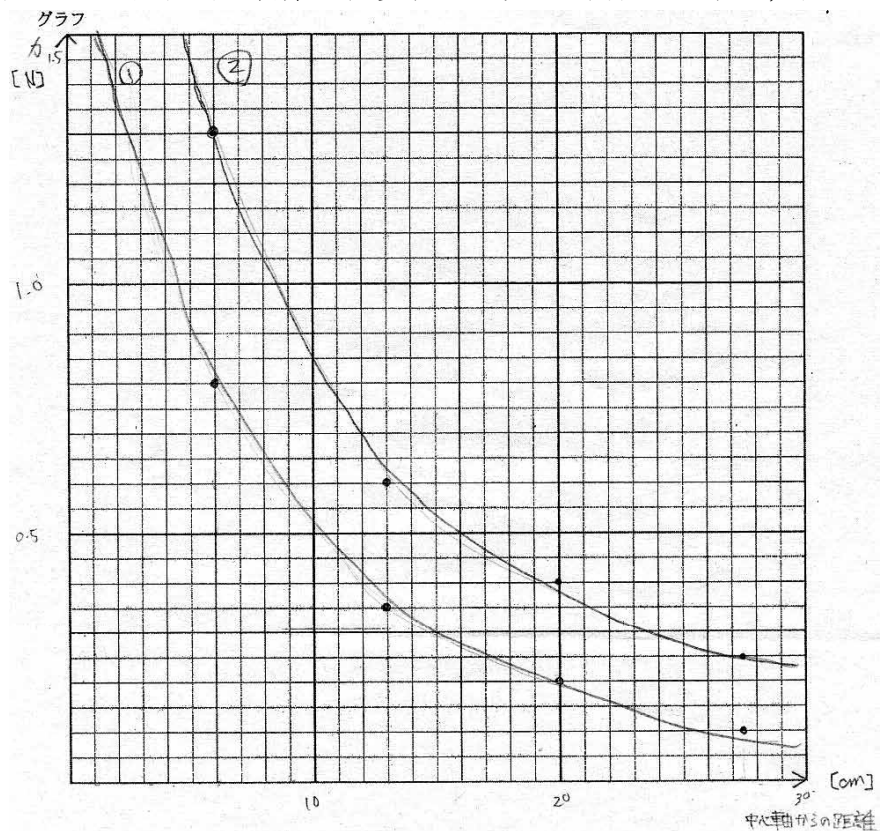
図2 実験装置の略図

ばねばかりの目盛りをよむ係、金属プレートに対してばねばかりやばねが直角になっているかを確認する係、記録する係といった役割を分担しながら、多くの班が精度の高い実験を行うことができた。金属プレートとベニヤ板の摩擦の影響が小さくなるように、ベニヤ板を垂直にして実験するなど、創意工夫が見られる実験となった（資料1）。

資料1 実験に取り組む生徒



実験データからグラフをつくり、考えをワークシートにまとめる場面では、各生徒が自分の言葉で表現していた。更にそれを班で意見交換しまとめる場面では、初めは意見交換の少ない班が見られた。データをよく確認し、比例や反比例といった定性的な言葉で表現するように方向性を示すと、徐々に意見交換が活発になった。既習の公式における物理量と演算の意味を説明すると、「力のモーメント」の式をスムーズに導き出すことができた。それぞれの場面で若干戸惑いを見せる生徒もおり教師による支援が必要であったが、考え方やポイントをつかんだことで主体的かつ積極的に取り組む姿が見られた。これらのことから、実験結果を言葉で表現し意見交換することで、思考が深められたと考える。



(2) ワークシートの記述から

結果のまとめでは、図3のようにグラフの形からデータの相関を読み取り、自分の考えを記述していた。その後、班で話し合うことで、生徒の記述は定量的な言葉を

グラフからよみとれること...
回転軸と力点との距離が長くなるほど、力の大きさは小さくなっている。つまり、この2つは反比例の関係にあることがわかる。

「剛体の回転」と「回転軸と力点の距離」「加える力の大きさ」との関係について

自分の考え	班で話し合った結果
加える力を倍にすると、回転力も倍になる。回転軸と力点の距離が小さく、加える力が大きいときと、距離が大きく、加える力が小さいときとで、剛体の回転力が同じ。	同じ力であれば、距離が倍になると回転力も倍になる。 同じ距離であれば、力が倍になると回転力も倍になる。
結論 加える力の大きさ = $\frac{\text{回転力}}{\text{中心からの距離}}$ ⇔ 回転力 = 力の大きさ × 距離	

図3 定性→定量→式へと変わる表現

用いた表現へと変化した。
さらに、数式を用いた表現にまとめていた。

一方、記入できずにいる生徒に対しては、自分なりの言葉で書くようにアドバイスした。さらに、図やイラストを使ってもよいと伝え、図4のように記入した生徒も見られた。自分なりの表現で学習を進めて行けるワークシートにより、実験結果を考察し、表現することができたといえる。

(3) 実態調査から

授業前と同様に、物理的な概念に対する生徒の理解を授業後に調査した。

図5をみると、授業で学んだ力のモーメントについては「言葉」で7割以上、「数式」でも6割以上が正確に表現できた。力のモーメント以外の既習概念についても、「言葉」、「数式」ともに正確な表現が増加し、不正確な表現が減少した。理解を深めるために、物理概念について思考し、言葉で表現してから数式で表現するという手順を展開することは有効であったと考える。

7 成果と課題

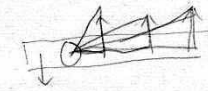
(1) 成果

- ア 仕組みが分かりやすい実験装置を用いたことで、生徒は積極的に実験を行い、高い精度の実験データを得ることができ、実験結果の分析・解釈が正確になった。
- イ ワークシートの工夫により、生徒が実験結果を考察し、それを表現することができた。またその内容を班内で意見交換することにより、言葉を用いた定量的な表現から数式を用いた表現に高めることができた。
- ウ 新しく出会う物理量の名前(力のモーメント)を生徒自身が考え表現したことで、物理量への理解やイメージが深まり、積極的な取組へと結び付いた。

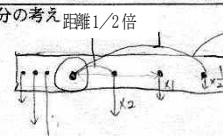
(2) 課題

- ア 今回、生徒は自分なりに表現しながら思考し、思考することで理解が深まった。理解をより深めるために、実験から原理・法則をつかむまでの学習過程のどこで、何について思考し表現するのかを明確に位置付けたい。
- イ このような表現活動を取り入れた授業展開を、どのタイミングで行うことがより効果的なのかを、年間指導計画の中で検討していく必要がある。

グラフからよみとれること
反比例になる。
距離と力をかけた値は一定になる。



「剛体の回転」と「回転軸と力点の距離」「加える力の大きさ」との関係について

<p>自分の考え</p>  <p>距離1/2倍 距離2倍</p>	<p>班で話し合った結果</p> <p>回転軸からの距離と加える力の大きさをかけると一定。 反比例している。</p>
--	--

結論
回転させようとする力 = 軸からの距離 × 力
「力のモーメント」 反比例だから

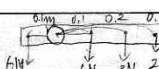


図4 図を用いた表現

	人数			(人)
質量(言葉)	5	18	3	■ 正確 □ 不正確 □ 空欄
質量(数式等)	5	9	12	
重さ(言葉)	11	11	4	
重さ(数式等)	12	6	8	
力のつりあい(言葉)	17	7	2	
力のつりあい(数式等)	13	3	10	
作用反作用の法則(言葉)	9	12	5	
作用反作用の法則(数式等)	12	3	11	
力のモーメント(言葉)	19	7		
力のモーメント(数式等)	17	1	8	

図5 物理的な概念に対する事後調査

(平成22年9月8日実施、第2学年物理I 選択者 26人)

3 研究のまとめ

理科では、研究主題「観察、実験の結果を考察し表現する授業の創造」の下、グラフに整理し解釈する活動や、話し合い活動などを取り入れた観察、実験についての研究を進め、県内小学校1校、中学校1校、高等学校2校で授業研究に取り組んだ。

以下、授業研究の取組から、本研究について主な成果と課題を述べる。

(1) 成果

ア 授業研究1（小学校）

- ・ 説明のポイントを示し、それを自己評価・相互評価の基準として説明活動を振り返る工夫をすることにより、相手に考えを分かりやすく説明するための児童の取組が活発になり、考えを表現する力を高められた。
- ・ 説明活動を授業に取り入れ、発表の機会を保障することにより、よりよい考えを導き出そうとする児童の取組が活発になり、科学的な思考力を高められた。

イ 授業研究2（中学校）

- ・ グラフをかく技能を身に付けてから実験を行い、その結果を解釈できるよう授業を展開することにより、生徒がグラフに整理する意義を理解し、グラフを正しくかき活用することができるようになった。
- ・ 実験からまとめに至る過程での生徒の見方や考え方に応じて解釈の視点を与えることにより、生徒自身が実験結果から規則性を見いだしたり、定式化したりすることができるようになった。

ウ 授業研究3（高等学校生物分野）

- ・ 基本的な自然事象を確認する実験の後にまとめや意見交換を行い、それを踏まえて条件を制御した実験を行うことで、生徒は着目すべき現象を的確にとらえることができた。
- ・ 定型文やキーワードを用いて表現活動をすることにより、生徒は言葉で現象を的確に表現したり、その現象の科学的根拠をまとめたりすることができた。

エ 授業研究4（高等学校物理分野）

- ・ 仕組みが分かりやすい実験装置を用いることで、高い精度の実験結果を得ることができ、実験結果の解釈が正確になった。
- ・ 生徒が思考したり表現したりしやすくなるようワークシートを工夫したことで、実験結果を基に的確な考察ができた。それを班内で意見交換することにより、事象への理解が深まった。

(2) 課題

ア 授業研究1（小学校）

- ・ 今回の取組では、説明活動において児童の聞く力を高める手立てが不十分であった。聞く力を高めることで児童の科学的な思考力を高められるようにしたい。

イ 授業研究2（中学校）

- ・ グラフの作成と活用により、生徒の見方や考え方が深まったが、本単元の後、第2学年「電流とその利用」の学習までグラフを作成する機会がない。身に付け

た技能を他の単元でも活用できるようにしたい。

ウ 授業研究 3（高等学校生物分野）

- ・ 生徒が思考し表現するためには、その時間を保障する必要がある。年間指導計画を見直し、限られた授業時数の中で効果的に思考力、表現力を高められるようにしたい。

エ 授業研究 4（高等学校物理分野）

- ・ 本研究で、生徒は自分なりの表現しながら思考し、思考することで理解が深まった。理解をより深めるために、実験から原理・法則をつかむまでの学習過程のどこで、何について思考し表現するのかを明確に位置付けたい。

〈引用文献〉

文部科学省「小学校学習指導要領」平成20年3月

文部科学省「小学校学習指導要領解説 理科編」平成20年8月

文部科学省「中学校学習指導要領」平成20年3月

文部科学省「中学校学習指導要領解説 理科編」平成20年9月

文部科学省「高等学校学習指導要領」平成21年3月

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12月

茨城県教育委員会「平成22年度学校教育指導方針」平成22年3月

関係者一覧

1 研究協力員

銚田市立旭東小学校	教 諭	生井澤 洋司
稲敷市立新利根中学校	教 諭	廣瀬 美和
県立友部高等学校	教 諭	大山 美和
県立藤代高等学校	教 諭	大西 武彦

2 茨城県教育研修センター

	所 長	中村 一夫
教科教育課	課 長	橋本 清明
同	指導主事	磯邊 裕一
同	指導主事	大貫 弘敏