

平成22年度研究成果報告書《教育課程》

学校名	国立東京学芸大学附属高等学校
-----	----------------

校長名：新田 英雄

所在地：東京都世田谷区下馬4-1-5

電話番号：03-3421-5151

新学習指導要領の趣旨を具体化するための指導方法等の工夫改善に関する研究

研究対象教科	理科
--------	----

《研究主題》

探究活動を実現するための基本実験10の研究

【研究の要点】

- ・新学習指導要領理科では、探究活動はさらに重点が置かれている。
- ・本校理科は、限られた授業時間数の中でも観察、実験や実習を主体とする理科教育を目指しているが、理科教員志望の大学生を対象に、高校生のとときに経験した理科実験を調査した結果、高校の授業で、理科実験や探究活動をほとんど行っていない学校があるという実態が浮かび上がった。
- ・新学習指導要領理科の、物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎、物理、化学、生物、地学の各科目の「基本実験10」を選定し、生徒が意欲的に取り組む観察、実験、他校で導入しやすい教材の開発、指導の工夫の研究を行った。
- ・探究活動の実施によって、学習内容の理解を深めるだけでなく、自然現象の見方・捉え方を身に付けて、目的意識をもって観察、実験に取り組む生徒を増やし、身の回りの現象を科学的にとらえる力を育てることを目指した。

I 研究指定校の概要

1 学校・地域の特色及び実態

本校は、実物や本物を重視した教育活動を従来から展開し、理科においても実験や実習に重点を置き、生徒の主体的な活動を通じて、科学的な見方や考え方が身につけられるような教育を目指している。

2 学校の概要（平成22年4月5日現在）

課程	学科	1年		2年		3年		計	
		学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数
全日制	普通科	8	347	8	358	8	362	24	1067

教員数 55名

理科に関する科目の開設状況

1年必修科目 理科総合B（2単位）、生物I（2単位）

2年必修科目 物理I（2単位）、化学I（3単位）

3年選択科目 物理I（2単位）、物理II（4単位）

化学II（3単位）、生物I（2単位）、生物II

（4単位）地学I（2単位）、地学II（2単位）

II 研究の内容及び成果等

1 研究主題等

(1) 研究主題

探究活動を実現するための基本実験10の研究

(2) 研究主題設定の理由

新学習指導要領理科では、探究活動はさらに重点が置かれているが、本校理科が理科教員志望の大学生に行った調査「高校生のとときに経験した理科実験」で、高校の授業で理科実験や探究活動をほとんど行っていない学校があるという実態が浮かび上がった。

そこで、平成21年度は、新学習指導要領理科の基礎を付した科目（物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎）の「基本実験10」を、平成22年度は4単位科目（物理、化学、生物、地学）の「基本実験10」を選定し、生徒が意欲的に取り組む観察、実験、他校で探究活動を導入しやすい教材の開発、指導の工夫の研究を行った。

探究活動の実施によって、学習内容の理解を深めるためだけでなく、自然現象の見方・捉え方を身に付け、目的意識をもって、観察、実験に取り組む生徒を増やし、身の回りの現象を科学的にとらえる力を育てることを目標とした。

(3) 取組体制

本校は、国立教育政策研究所の教育課程研究指定校事業「新学習指導要領の趣旨を具体化するための指導方法の工夫改善に関する研究」(平成 21 年度, 平成 22 年度) に, 地歴科, 理科, 芸術科 (工芸), 書道科, 情報科の各科目, 特別活動が取り組んだ。

研究部が全体の統括を行いながら研究計画や実施計画を作成し, 必要に応じて校長・副校長の意見や指導を仰いで研究を推進した。

理科は, 物理・化学・生物・地学の各科目から副委員長 1 名を選出し, 平成 21 年度は毎週金曜日 6 限, 平成 22 年度は毎週水曜日 4 限に, 定例的に理科会を行った。各理科教員が持ちクラスで実践した授業や調査等について課題や改善点を見だし, 理科全体に通じる指導の工夫として発展させていくことを基本とした。第 1 学年は生物と地学, 第 2 学年は物理と化学, 第 3 学年は 4 科目の担当教員が中心となって研究を進めた。

(4) 2 年間の主な取組

平成 21 年度	<p>探究活動の実践, 新しい教材や新学習指導要領の趣旨に基づいた教材の導入を試みながら, 基礎を付した科目の「基本実験 10」の選定を行った。</p> <p>教育実習生に対して「中学校および高等学校の理科の授業で体験した観察, 実験および探究活動のアンケート調査」を実施, 高校の授業で理科実験や探究活動をほとんど行っていない学校があるという実態が判明した。</p> <p>学校行事として, 高校 1 年生の城ヶ島野外実習 (11 月), プラネタリウム実習 (12 月), 科学見学実習 (2 月), 高校 3 年生 (理系) の物理化学実験講習を実施した。</p> <p>11 月 7 日 (土) 本校公開研究大会では具体的な指導案の作成, 授業実践・研究協議を行った。また, 成果の一部を, 東京都理化教育研究発表会で研究発表した。</p>
平成 22 年度	<p>物理, 化学, 生物, 地学の 4 単位科目の「基本実験 10」の選定, 授業実践を行った。実験準備, 観察, 実験の際の注意事項, 学習意欲を高めるための指導の工夫, 発展的な実験課題の例について研究を進めた。平成 21 年度</p>

<p>に実施した, 基礎を付した科目の探究活動や野外実習は, 平成 22 年度も同様に実施し, 本校の研究紀要に著した。6 月 21 日 (月) 本校授業研究会では具体的な指導案の作成, 授業実践・研究協議を行った。また, 成果の一部を, 全国附属学校連盟の研究大会や, 東京都理化教育研究発表会で研究発表を行った。</p>
--

2 研究内容及び具体的な研究活動

(1) 各科目の基本実験 10

[物理基礎]

- ①重力加速度 g の測定
- ②運動の法則 (力学台車の運動) ③摩擦力の測定
- ④フックの法則 ⑤オシロスコープによる音波観察
- ⑥弦の振動 ⑦気柱の共鳴
- ⑧力学的エネルギー保存の法則
- ⑨比熱の測定 ⑩手軽な電気実験

[物理]

- ①衝突やはね返り ②円運動や単振動
- ③気体の性質 (ボイルの法則など)
- ④波の性質 (水波や簡易分光器の製作)
- ⑤レンズの焦点距離 ⑥静電気 (箔検電器など)
- ⑦直流回路 (非線形抵抗, プランク定数 h の測定)
- ⑧コンデンサ (電気容量の測定)
- ⑨電磁力 (モーターの製作など)
- ⑩電磁誘導や交流回路

[化学基礎]

- ①ペットボトルからポリエステルの繊維を作る
- ②クロマトグラフィーによる色素の分離
- ③炎色反応 ④水溶液や融解塩の電気伝導性
- ⑤物質の極性と溶解性との関係 ⑥分子量既知の気体との比較による気体の分子量の測定
- ⑦金属と酸の反応における量的関係 ⑧中和滴定
- ⑨代表的な酸化剤と還元剤の反応の実験
- ⑩硫酸銅 (II) 水溶液の電気分解

[化学]

- ①減圧・加圧下での沸騰 ②極性分子・無極性分子の溶解 ③ファラデーの法則の検証

- ④濃度，温度，触媒の反応速度への影響
- ⑤ル・シャトリエの原理の検証 ⑥アルカリ金属
- ⑦酸化チタン（IV）の光触媒作用
- ⑧エステル合成と加水分解
- ⑨サリチル酸誘導体，アゾ染料の合成
- ⑩ナイロン，熱硬化性樹脂の合成

[生物基礎]

- ①細胞の観察 ②酵素の反応と条件
- ③光合成反応と環境 ④アルコール発酵
- ⑤DNA の抽出と分子模型 ⑥体細胞分裂の観察
- ⑦ゾウリムシの浸透圧調節 ⑧ニワトリの心臓の観察
- ⑨学校内の植生と環境 ⑩土壌生物と多様性

[生物]

- ①タンパク質の特性と立体構造
- ②呼吸に関わる脱水素酵素のはたらき
- ③光合成色素の分離 ④遺伝子の発現調節
- ⑤ウニの発生 ⑥ブタの眼球の解剖
- ⑦植物ホルモンの働き ⑧植物群落と層別刈取り法
- ⑨ネコの毛色の遺伝子と集団遺伝
- ⑩ニワトリの手羽先の比較解剖

[地学基礎]

- ①太陽の観察・測定 ②地球の大きさの検証
- ③日本列島の震源分布 ④火山灰中の鉱物観察
- ⑤地層の野外観察 ⑥地層形成の実験
- ⑦気象衛星画像の解析 ⑧海流と海面温度分布
- ⑨環境調査 ⑩都市の気象

[地学]

- ①重力加速度の測定
- ②岩石や鉱物の偏光顕微鏡観察
- ③野外観察 ④地層や化石の観察
- ⑤レーダーや気象衛星画像の解析
- ⑥転向力の実験 ⑦偏西風波動の実習
- ⑧恒星の南中，日出・日没の時刻と方位の実習
- ⑨火星軌道の作成
- ⑩木星の衛星データを用いたケプラー第3法則の検証

(2) 物理基礎・物理の具体的な取組

物理基礎⑦ 気柱の共鳴の生徒実験

アクリルパイプ（外形 30mm，厚さ 2mm，内径 26mm，長さ 1m）で安価な気柱共鳴装置を作り，使用した（写真1）。ガラスのように割れず，扱いやすい。気柱に目盛はないため，輪ゴムや付箋など，生徒は工夫して共鳴点に印をつけて計測している。

また，両端が開いた紙筒でも共鳴音が聞こえるか，発展的な探究活動に取り組みさせた（写真2）。印刷機のマスター芯と丸めた工作用紙を組み合わせ，紙筒の全長が 14～80cm 程度に変えられるようにした。

「両端が開いていると，音が反射する所がないから共鳴しない」と予想した生徒が多かったが，両端が開いた紙筒でも共鳴音ははっきりと聞こえ，この結果に驚く生徒が多かった。



写真1 共鳴点に輪ゴムで印をつけている実験班



写真2 静かな廊下で紙筒の共鳴音を観察する班

物理⑦直流回路 キルヒホッフの第2法則

ブレッドボードなど安価な電気部品を使用して、生徒一人一人に器具を操作させて個人実験を行った。
 [器具] デジタルマルチメータ (¥600), ブレッドボード (¥150), 電池ボックス (単3×2本, スイッチ付), 単3マンガン電池 (2本), 炭素皮膜抵抗 10kΩ (6本, 1人分¥6), コンデンサ 100μF (3個, 1人分¥30)

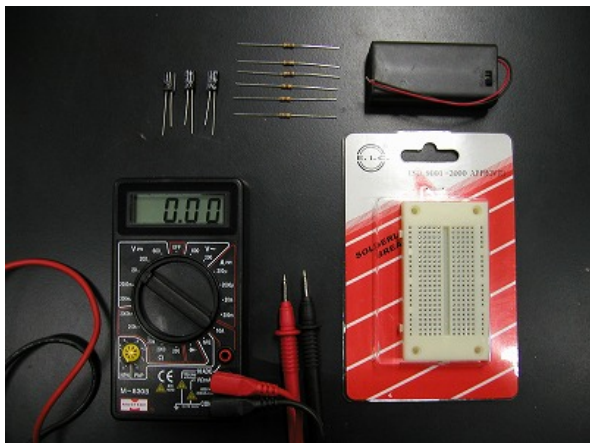


写真3 実験器具 (一人分)

実験の前に、初めて見る電気部品の名称とマルチメーターの使い方を説明し、あとは実験プリントに従って、抵抗やコンデンサの直列接続や並列接続、抵抗とコンデンサを組み合わせた回路などの、それぞれの端子電圧を測定させて、電圧の足し算の関係性(キルヒホッフの第2法則)に気付かせるようにさせた。普段の相談しながらの賑やかな雰囲気と異なり、ブレッドボードに黙々と部品を差し込んで端子電圧の測定を行う静かな個人実験であったが、理解しながら実験を進めていることが伝わってきた。

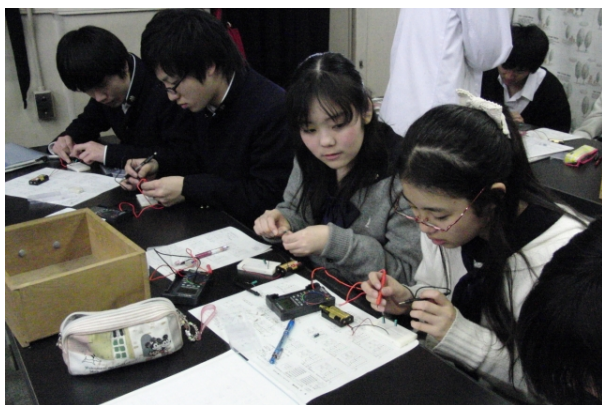


写真4 電気回路の個人実験

(3) 化学基礎・化学の具体的な取組

化学基礎・化学の基本実験

10 は新学習指導要領解説の具体例から取り上げた。生徒実験を行って測定値を得るだけでなく、教員と生徒、あるいは生徒同士の相互理解を重視した授業形態を実現



学 習 指 導 案

指導日時 平成21年11月7日 第4時限 (11:40~12:30)

指導学級 2年A組 指導教室 化学実験室

指導単元 物質の変化 酸化還元反応 電気分解の法則

指導目標 電気分解の法則(ファラデーの法則)を実験で検証する。

時間	指導内容	指導上の留意点
導入 10分	<ul style="list-style-type: none"> ・前時の復習 (電気分解の生成物) ・実験方法の説明 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気分解する物質によって、陽極と陰極での生成物が異なることを演習で復習する (レスポンスカードを利用)。 ・電極の銅板の前処理の確認。 ・電流を 200mA で一定に保つ。 ・電流を流す時間を決めて測定させる。
実験 指導 10分	<p>実験の机間指導</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 電極の銅板の前処理 (紙やすり→酸処理、水洗い、アセトン処理) と 評量 ② 銅板の硫酸銅(II)水溶液へのセット ③ 一定電流を流し、その時間を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・油脂が付着しないように注意させる。 ・完全に乾燥させてから、秤量させる。 ・銅板を間違えないように注意させる。 ・金属板を接触させないように注意させる。 ・電流計で、電流の大きさを確認させる。
演習 変化 の予 想 20分	<p>観察：電極の変化の確認 (質量変化を予想)</p> <ul style="list-style-type: none"> →気体が発生していないことを確認する。 ・両極での反応をe-を用いた式で表わす。 ・20分後の両極の質量変化を、計算によって予想させて、レスポンスカードで報 	<ul style="list-style-type: none"> ・この実験は、電気分解中の化学変化が分かりにくく、質量変化が明確に分かるので、実験途中で質量変化を予想させることにした。 ・陽極と陰極の反応式から、電子と生成する物質質量(質量)の関係を確認する。 ・電子1個の電気量が分かることで、

	告させる。	1mol分の電子の電気量が求められる。 ・問題演習の形で提示し、各自の計算結果をレスポンスカードで回答させる。
実験 指導 まとめ 10分	実験の机間指導 1) 電気分解後の銅板の後処理（静かに水洗い→アセトン処理）と秤量。 ・質量変化が予想通りになったかを確認させる。	・陰極での質量増加と陽極での質量減少が等しくなることが理想であるが、実際には陰極の質量増加が予想より大きくなるのが予想される。その理由を考える。 ・陽極での質量減少が予想と一致することを期待したい。

表1 電気分解の法則の学習指導案

するため、生徒全員に情報入力端末（レスポンスカード）を持たせ、それを瞬時に集計・投影する装置（ターニングポイント）を利用して、実験結果の検証や議論を行った。



写真5 実験の様子

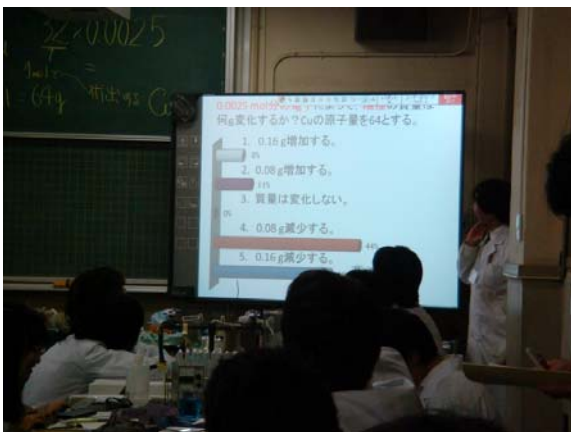


写真6 実験しながらレスポンスカードを利用

(4) 生物基礎・生物の具体的な取組

生物基礎①細胞の観察

アオミドロやシヤジクモはほぼ周年の観察に適しており、本校では実験室内で20年以上継続して生育させている。タマネギは手に入りやすいが、小中学校でも使われ、生徒にとって目新しさが無いが、染色や検鏡の練習用の素材としては良好である。

野菜類では、トマト、ピーマン、バナナなどの果肉細胞が染色も不要で観察しやすい。これらは通年市販され、価格も安く入手しやすい。色素体やデンプン粒の観察も易しく、身近な材料が細胞からなることを実感することができる。

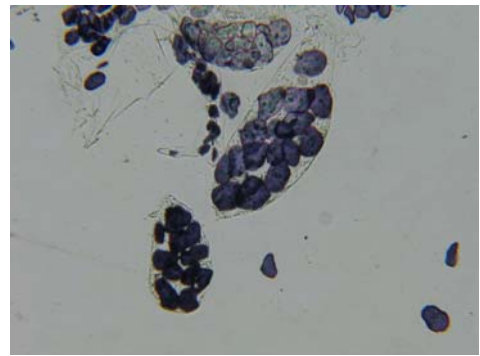


写真7 バナナの果肉の細胞とデンプン ×150

生物⑦植物ホルモンの働き「ジベレリンの働き」

市販の種子から双子葉類としてツルなしエンドウ、単子葉類としてライ麦の種子を用意し、ホームセンターなどで市販されているジベレリン製剤を用いた。

[方法] 5～10個ずつ用意した種子の一方は純水に浸し、他方は100ppmに調製したジベレリン溶液に浸す。それぞれ室温で6時間程度おく。それぞれの容器中の液を捨て、水道水で洗い、水を満たして一晩おく。条件をなるべく同一にした鉢を用意し、土を入れて種子をまき、かぶる程度に土をかけて室内におき、発芽を待つ。発芽から二週間程度、3日おき程度の間隔で観察し、スケッチなどを行う。

[結果] 今回実験した種子の両方とも、ジベレリン処理により発芽率の増大、発芽後の伸長生長の促進などが観察された。

[種子発芽の実験] Aはエンドウ、Bはライムギの芽

生え。各写真の左が純水、右が 100ppm のジベレリン溶液に6時間浸したもの (10/18)。播種は 10/19、①は6日後の 10/25。②は9日後の 10/28 撮影。室温は 19℃。)

ジベレリンには、休眠打破・種子発芽促進作用があるが、このような実験により播種後5日目頃から明らかな違いが認められる。初期の生育程度の差異はその後もずっと引き続いているため、播種後3週の間、その作用を確認し続けることができる。



↑写真8 A① ↓写真9 A②



↑写真10 B① ↓写真11 B②



(5) 地学基礎の具体的な取り組み 地学基礎⑤地層の野外実習

4クラスずつ2回に分けて城ヶ島(三浦半島)で実施している。4~5人のグループで、観察・記録し、地層の生い立ちを考察させた。

野外実習後の生徒の感想の一部を記す。

- ・事前学習の必要性を痛感した。
- ・写真ではなく、スケッチをすべきであった。



写真12 地質断面図の作成



写真13 野外実習の様子



写真14 野外実習の様子



写真15 火炎構造

- ・現地で詳細に観察・記録することの大切さを痛感した。
- ・観察したことから、矛盾がないように自由に考察することは楽しい。

地学⑦偏西風波動の実習

地上天気図にあらわれる温帯低気圧の発達と衰弱を扱う場合、上空の偏西風波動との関わりについて考えるが、該当する地上天気図と高層天気図を横に並べてみたもわかりにくい。そこで、透明なフィルムに各天気図を写し取り、地上天気図の上方に高層天気図のフィルムを重ねさせて、大気の鉛直構造を掴まえた。発達期における温帯低気圧の鉛直構造と、最盛期前後の大気の様子を、瞬時にイメージできるように工夫した。

気象分野の定番実験は少なかったが、実践を重ねながら教材開発を行い、実用性が高く取り組みやすい教材を開発することができた。例示した「偏西風波動の実習」は、それまでの平面（例えば黒板）での授業では理解が得にくかったテーマを扱ったが、透明フィルムを使用し、生徒自身で実習することで、生徒の興味を引き出すことができ、イメージしにくい3次元的な現象にもかかわらずスムーズに理解が得られた。実習を開始して間もなく「なるほど!」といった声が聞かれ、生徒の反応は非常に良かった。以上を踏まえると、今回は10テーマを厳選したが、授業時間の限られた現場における実用性を考えると、短時間でできる実験・実習を数多く実施することが

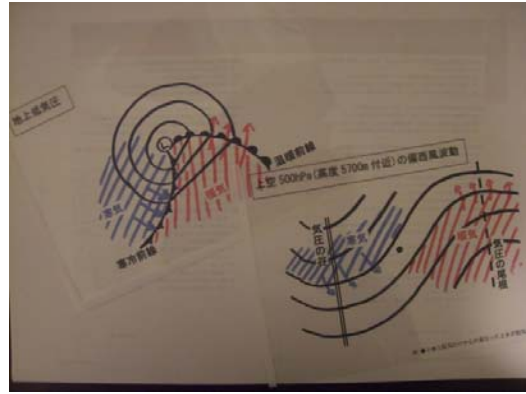


写真16 使用した教材

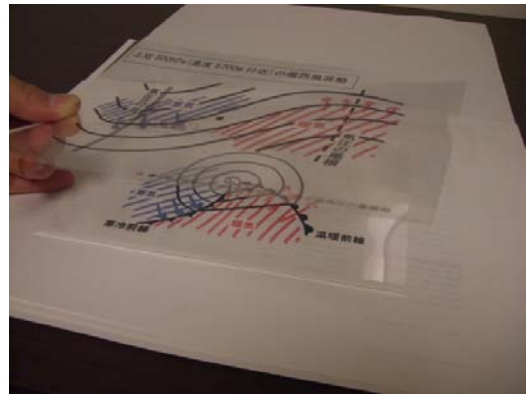


写真17 実習中の様子
効果的であるように思われた。

3 研究の成果と課題

[物理基礎・物理] 気柱共鳴装置の自作などコストを抑えたり、少人数の班で実験に取り組みせたりするなどの工夫を行った。自分で器具を操作し、自身が得たデータの解析を行うことによって、知識として習得する以前に抱いていた素朴な疑問に立ち返らせ、原点からの探究活動を行わせることを目指した。

身近な素材を利用した探究的な実験に取り組みさせたことで自ら法則性を発見し、事象を分析して解釈し、自分なりの方法で表現を試みる生徒が増えた。「実験データを解く」から、「実験データを説く」という姿勢を育てることができたと考えられる。

物理基礎や電気の分野は、安価な素材や電気部品を利用して生徒実験を実現することができる。しかし、高価な実験器具を使用しなければならない分野もあり、本校では3年生1学期末の三日間「夏の実験」で、輪番で実験器具を使って発展的な実験に取り組みさせてきたが、これらを安価な方法で行う実験

の開発が今後の課題である。

[化学基礎・化学] 化学基礎については、新学習指導要領解説の「化学基礎」に述べられている28実験のうちから、探究活動として実践が容易であると考えられる実験を10テーマ取り上げ、これらについて多くの高校で実践可能な形態になるような指導の工夫を検討し、幾つかを実践した。特に電気分解の実験などについては、情報機器の活用としてレスポンスカード（個々の生徒の回答を瞬時に集計して教室に投影する装置）を用いた授業実践を行った。

平成22年度東京学芸大学附属高等学校公開研究会では研究授業を行い、外部の教育関係者からの指摘を参考にして改善を図ることができた。課題としては、継続して授業実践していくための実験準備の時間の確保、実験室の環境整備が必要である。十分な予算がつけば実践集をつくり発表などの場を通じて広く高校化学の教員に周知し、普及に努めたい。

[生物基礎・生物] 生物基礎では、観察や実験を通して、自然現象の見方や捉え方を養い、身の回りの自然現象を科学的に捉える力を育成するため、身近な素材を用いた観察・実験や、学校内に見られる生物の観察・実験など、どの学校でも取り組みやすい10テーマの実験を設定した。

生物の基本実験10においては、さらにその範囲を広げ、代謝・遺伝・恒常性・生態・進化などの分野を含めて設定した。その内訳は、学校内外で入手しやすい身近な材料を使った取り組みやすい実験・観察(②⑥⑨⑩)、および学校内に見られる生物を用いた実験・観察(③⑦⑧)、さらに、生徒に経験しておいてほしい実験、生徒に是非経験しておいてほしい実験(①④⑤)である。これらの実験や観察を通して、自然現象の見方や捉え方を養うための方法を研究する。そして、身の回りの自然現象を科学的に捉える力を育成することを目指していきたい。

[地学基礎・地学] 地学基礎では、新学習指導要領の探究活動の例示の中から、特に「地層の観察」、「堆積岩の観察」に関して重点的に研究を行った。野外実習については、課題の達成度の評価と、生徒への

アンケート調査を行い、地学的テーマに対する総合的な課題への取組について、その有用性と改善点を表面化させることができた。それに基づいて、基本実験10のマニュアル化を図った。

地学は、気象分野、天文分野のテーマを多く設定し、地学基礎と地学をあわせて分野のバランスが取れるようにした。地学基礎では総合的な判断能力を育てることを想定したが、地学では、より専門性の高い探究活動となるように工夫した。

野外実習を行う際、基本的な知識は事前学習によって身に付けることができるが、現地では、地学に関する多くの知識と現地での総合的な判断が要求されるため、従来は、自然物に対する苦手意識や、総合的判断力の不足が生徒にみられる場合もあったが、基本実験10の授業実践を通して、体験不足を補うための、より丁寧なマニュアルをつくることができた。これらの体験を踏まえ、より総合的に判断する能力を育てる要素・工夫を盛り込んだ実験を、今後も考案していきたい。

4 基本実験10の今後について

基本実験10の内容は、授業実践を通して改善し、今後も新しい実験も開発していく予定である。探究活動や野外実習の指導法は紙面だけで伝えることは難しいので、教員と生徒の実際の活動の様子を、本校の公開研究大会や現職教員研修講座等で公開し、基本実験10の普及を図っていく計画である。平成22年度は下記の現職教員研修講座を実施した。今後の計画は本校ホームページを通して告知する。

・公開授業研究会、情報交換会

・現職教員研修講座

①「夏期特別実験講座物理 体験講習会」

②「夏期特別実験講座化学 体験講習会」

③「国立科学博物館・科学関係研究施設見学実習」

④「野外観察講座」(城ヶ島で地層観察)

※①② 3年生 物理および化学選択者対象

③④ 1年生全員必修