高等学校

平成 14 年 度

教育研究員研究報告書

理科

東京都教職員研修センター

平 成 14 年 度

教育研究員名簿(理科)

分 野	学 校 名	名 氏 名
物	都立雪谷高等学校	交 永 露 浩 明
理	都立練馬工業高等学校	交 野 口 禎 久
	都立武蔵丘高等学校	交 塚 田 雅 人
化	都立水元高等学校	交 清 水 薫
学	都立篠崎高等学校	交 郡 司 幹 夫
	都立八王子東高等学校	交 貝 谷 康 治
	都立羽田高等学校	交 橘 都
生物	都立南葛飾高等学校	交 鈴 木 宏 治
	都立永山高等学校	交 土 肥 剛
地 学	都立南多摩高等学校	交 北 川 英 一

担 当 東京都教職員研修センター 指導主事 荒 川 洋

生徒が自ら考える力を育てる 授業展開と評価の工夫

目 次

I	主題設定の理由 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
П	研究方針と研究上の留意点 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
	研究構想図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
Ш	研究内容	
	1 静電気を題材にした生徒が自ら考える力を育てる授業の工夫 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
	2 酸化還元を題材にした生徒が自ら考える力を育てる授業の工夫 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
	3 プレゼンテーションソフトを用いた Quteシステムによる新しい授業展開 ····································	17
IV	研究の成果と今後の課題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24

生徒が自ら考える力を育てる授業展開と評価の工夫

I 主題設定の理由

今日の都立高等学校は、多様化した生徒が入学してくるとともに、新しい理念を基に学校の 改革が進められてきている。我々は、日頃の授業について検討を進めたが、生徒は授業で考え ようとしなくなっているという声が多く出された。また、「理科離れ」と言われて久しい。我々 は「理科離れ」の原因の一つは、生徒が考えなくなっていることと考えている。問題解決能力 を高め、生きる力を養うために、考える力を育てることは、必要不可欠なことである。

「時速 60km で 30 分走ったら何 km 進むか」という問いに対して即座に「1800km!」と答えてしまう生徒がいる。公式を覚えてはいるが、機械的に答えを出すだけで「考える」ことをしない様子がうかがえる。また、考える力はもっているが、問題で問われている内容や状況が思い描けないため、考えることができない生徒もいる。

正解でない答えを発言しにくいと感じる雰囲気があるため、自信がない生徒は、間違うことを恐れ、考えられないことがある。結果だけを求めるため、ひたすら正解が与えられるのを待っている生徒もいる。

理科は面倒だ、難しい、分からない、と言う生徒が多いが、理科は探究心を育てる教科である、分からない事物を探究するため考えるからおもしろいのである。考えることの楽しさに気付かせることができれば、やがて「理科戻り」もおこることが考えられる。

我々は、生徒が自ら考える力を育てるためには、授業展開を工夫するとともに、生徒の学習を支えるための評価方法について研究することが大切であると考え、上記の主題を設定した。

Ⅱ 研究方針と研究上の留意点

本研究では、「生徒が自ら考える力」を育てるために、考える「しかけ」を授業の各所に配することで、生徒が主体的に参加する授業展開とする工夫に取り組んだ。また、新学習指導要領の趣旨を生かすため、その達成状況を見る絶対評価を行うための基本的な要件を検討した。

本研究を進めていくための方針として、以下の3点を柱にして、主題の解決に迫った。

- 1 様々な状況に対応して、授業や観察、実験に利用できるような教材の工夫を行う。
- 2 生徒が予想し、考えることを基にして展開する授業の工夫を行う。
- 3 観点別学習状況の評価を基本に、生徒の学習到達度を適切に評価する工夫を行う。

本研究を具体化するため、物理、化学、生物・地学の3つの班で研究を進めた。物理班では静電気を、化学班では酸化還元を取り上げた。平成15年度から実施される学習指導要領で「理科総合」等の総合的な自然観を育成する科目を指導することも考慮し、学際的分野である地球と生命の移り変わりを題材とするため生物と地学は合同で一つの班として研究に取り組んだ。研究を進めるため以下の点に留意した。

- (1) 生徒の学習状況をフィードバックしながら、研究内容の改善を図る。
- (2) 授業展開の中で、コンピュータ等の情報機器の有効活用を図る。
- (3) メーリングリストを利用することで、研究員相互のIT活用能力を高めるとともに情報の 共有化と研究の効率化を図る。

研究構想図

主題の背景

第二 央 教 育 審 議 会 次 答 (H9.6)教 育 課 程 審 議 会 答 申 (H10.7)習 新 学 導 要 指 領 (H11.3)東 京都教育 委 員会 教育 目 (H13.1)都 改 革 立 校 推 進 計 画 (H9.9)第 次 実 施 計 (H11. 10) 都立高校改革推進計画 新たな実施計画(H14.10)

〈授業の実態〉

- ・問題の意味が徹底できない
- 結果だけを求める
- ・不正解を言いにくい雰囲気

考えることができない

・考えることの大切さ・楽しさ・おもしろさが分からない

主題

生徒が自ら考える力を育てる

授業展開と評価の工夫

物理

化学

生物・地学

エ題を受けての

「物理 I B」 静電気を題材 に選んだ。授業の展開方法や 実験の内容・レポートなどに 考えるきっかけを与えるよう な工夫を行い、自ら考える力 を育成する。

4

「化学 I B」酸化と還元に おいて、視覚的に訴えたり、 発問の仕方やタイミングを工 夫し、生徒の考察活動を主体 に行う授業展開を目指し、自 ら考える力を育成する。

¥

1

実

践

自作装置による実験、デジタル映像機器の活用、実験前の予想や実験後の考察の工夫などにより、生徒の興味・関心を高める。「静電気の発生・性質」「静電気力」「電界」「電位」の授業実践。

デジタルカメラの使用、 実験の進め方の工夫、身近な 事物を題材とした授業展開。 「酸素・水素・電子の授受」 「酸化数・酸化剤・還元剤」 「イオン化傾向」「電池」の 授業実践。

ł

プレゼンテーションソフトを用いたデジタル化教材による「理科総合B」生命と地球の移り変わりの分野の授業実践。観点別の評価基準の設定、学習状況の把握。

実践の評価

実験に対する姿勢やレポートの内容・感想を調べ、分析する。授業に積極的に取り組み、自ら考えることが行われたかを中心に評価する。

¥

講義・実験・考察を通して 酸化還元について生徒が自ら 考え、理解したかを、アン ケートによる自己評価とレ ポート内容等で評価する。

+

地球と生命の移り変わりの授業に積極的に取り組み、発問の答を自ら考え、 理解できたかをワークシートなどから観点別に評価する。

¥

*

主題の達成

Ⅲ 研究内容

1 静電気を題材にした生徒が自ら考える力を育てる授業の工夫

(1) はじめに

物理学は自然の事物・現象を対象とした学問であり、「理論」と「実験」が両輪となって、 発展してきた。学校においては、問題演習を行うためだけでなく、実験を行うのに基礎的な知 識や技能の指導に時間をかけるため、講義中心の授業になってしまうことがある。しかし、高 等学校の物理は観察、実験を通して、自然の事物・現象を「考える」ことができるようになる 科目である。

また、生徒の多様化に伴い、各人がもつ知識や経験等は様々である。同じ物理現象の観察、 実験を行っても、その反応は多種多様であり、考察する内容や理解のレベルは個々に異なって いる。したがって、従来は画一的な指導になりがちであったが、生徒それぞれに合わせた適切 な指導を行うことが「考える力を育てる」ためには必要である。

本研究では、現行学習指導要領の「物理IB」の「電気」の入り口であり、身近な「静電気」の分野において、「生徒が自ら考える力を育てる授業」の工夫を行った。生徒の興味・関心を基に、「どうなるのだろう?」、「なぜだろう?」といった疑問がわくような実験を開発した。また、授業展開に余裕をもたせ、生徒の様々な反応にこたえられる授業方法について研究した。

(2) 指導計画

本研究では、生徒が静電気の発生とその性質を理解し、目に見えない電界や電位などのイメージをつかむことができるのを目標として、次のような流れで指導計画を立てた。

- ① 摩擦による静電気では、一方の物質は正に、他方の物質は負に帯電することを確認する。
- ② 電荷には正と負の2種類が存在し、電荷と電荷の間には静電気力が働くことを確認する。
- ③ 導体と絶縁体の違いを説明し、静電誘導や誘電分極によって起こる現象を考察する。
- ④ 電界の様子を観察し、電界や電気力線の考え方を理解する。
- ⑤ 電荷にする仕事から電位の考え方を説明し、実験で等電位線の測定を行って確かめる。

表 1-1 は 10 時間分の指導計画を示したものである。ここでは、実験を中心として「生徒が自ら考える」ことができるよう、授業展開を工夫した。

実験では、できるだけ身近な材料を利用したり、手作りの装置を用いて、生徒が興味をもつことができるようにした。また、コンピュータやデジタルカメラなどのデジタル映像機器を積極的に利用した。実験操作の手順を分かりやすく見せたり、実験結果の映像をその場で提示したりして説明を効果的に行うことを試みた。さらに、実験前に結果を予想し、実験後に発展的な考察や調査を行うなどの授業計画やプリント教材の工夫を行い、生徒の自ら考える力の育成を図った。

表1-1 静電気の指導計画

	指導項目・内容	生徒の学習活動	指導上の留意点
第 1 時	静電気の発生・性質 ①原子の構造 ②摩擦電気 ③ 帯電列	原子の構造を復習し、電気の素が陽子と電子によることを理解する。摩擦による電子の移動が生じ、物体が帯電し、その帯電は擦りあわせる物体の種類によって異なることを理解する。	摩擦電気は、陽子ではなく 負の電荷をもつ電子が移動す ることにより生じることに注 意する。
第 2 時	静電気力 ① 静電気力の定性的な性質 ② クーロンの法則	静電気力には引力と反発力があり、それは電荷の正 負によることを理解する。また、力の大きさは距離が 大きくなると小さくなることを理解する。クーロンの 法則を用いた静電気力の計算を練習する。	2つの電荷にはたらくクーロンカは作用反作用の力であり、同じ大きさであることに気付くよう指導する。
第 3 時	静電気の性質(実験) ① 静電気力 ② 帯電列の測定	帯電させたガラス棒やエボナイト棒にはたらく静電 気力には引力と反発力があることを確かめる。 静電気チェッカーを利用して帯電列を調べることに より、電子の移動と摩擦による帯電の様子を調べる。	摩擦電気の正負を測定することで、摩擦により電子が移動して帯電が起こることに気付くよう指導する。
第 4 時	静電誘導・誘電分極 ① 導体と絶縁体 ② 静電誘導と誘電分極 ③ はく検電器	電導性は自由に移動できる電子の存在によることを 理解する。導体と誘電体では、帯電体を近づけたとき の電荷の変化に違いがあることを考える。はく検電器 の構造を理解し、静電誘導によるはくの開閉を理解す る。	静電誘導と誘電分極の違い を区別させる。はく検電器の 振る舞いを電子の移動で理解 できるように指導していく。
第 5 時	静電気力の性質(実験) ① 静電誘導や誘電分極による引力 ② 静電誘導で生じる電荷の正負の確認	帯電体を物体に近づけると静電誘導、誘電分極により引力がはたらくことを調べる。また、はく検電器と静電気チェッカーを利用し、静電誘導によって金属の両端に生じる電荷の正負を確かめる。また、帯電させたはく検電器の電荷の正負を静電気チェッカーで確かめる。	静電誘導や誘電分極により、引力がはたらく様々な現象があることを理解させる。 静電誘導によって金属中の電子が移動することに気付くよう指導する。
第 6 時	電界 ① 電界の性質 ② 電気力線	静電気力のはたらく空間を、電界という考え方でとらえることを身に付ける。電気力線を利用して電界の 様子を表現できるように練習する。	静電気力を空間の変化という考え方で理解できるように 指導する。
第 7 時	電界の観察(実験) ① 点電荷がつくるいろい ろな電界の観察	サラダ油にまいたカラーパウダーの模様の変化を観察し、帯電させた画びょうがつくる電界の様子を観察する。	カラーパウダーの模様と電気力線を対応させられるように指導する。デジタルカメラで生徒の実験結果を即時に提示する。
第 8 時	電位 ① 電位と電位差	静電気力に逆らってする仕事から、電位という概念 を理解する。また、斜面上で物体を持ち上げる仕事と 対比しながら電位のイメージをつかむ。	電圧と電位の違いに注意して指導する。
	等電位線 ① 等電位線 ② 等電位線と電気力線	電界に垂直に電荷を移動させるとき、仕事をしないことを理解し、等電位線のイメージを形成する。さらに、電位の変化と電界の強さの関係式を理解する。また、等電位線と電気力線の関係を作図を通して学習する。	等電位線と電気力線は垂直 に交わることに注意する。
第 10 時	等電位線の測定(実験) ① 平行な直線電極、点電 極と直線電極のつくる 等電位線の測定	導体紙上の等電位点をテスターで測定する。各自が トレーシングペーパーに電位の等しい点を写しとり、 等電位線を記入する。さらに、電気力線を記入してみ る。	測定結果を各自が考えて解析するように指導する。また、予想と結果を検討し、考えを深めるようにする。

(3) 授業実践と教材

ア 実験「摩擦電気と帯電列」

2種類の物体をこすり合わせると静電気が発生し、一方は正に、他方は負に帯電する。どちらが正(又は負)に帯電するかは、物体の材質又は表面の状態が異なる組み合わせで決まる。 正(又は負)に帯電する傾向の相対的な強さを示す目安として帯電列がある。物体の帯電の正負を直接判別できる装置(静電気チェッカー)を手作りで製作し、数種類の物体の帯電列を調 べる生徒実験を行った。

帯電の正負の判別は、静電気チェッカーで簡単に行うことができる。負に帯電した物体の場 合、図1-1の検電アンテナの先端部に近付けると検流計の針は右(正)に振れ、遠ざけると針 は中央に(0の位置に)戻る。また、正に帯電した物体の場合、検電アンテナに近付けても検流 計の針は0のまま振れないが、遠ざけるときに針は右(正)に振れるようになっている。



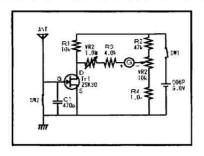




図1-1 静電気チェッカー

図1-2 回路図

図1-3 帯電の判別

(参考文献:エレクトロニクス製作アイディア集・センサー編/CQ出版社)

実験材料に、棒状の物体(アクリル、エボナイト、ガラスなど)数種類とシート状の物体(毛 皮、絹布、ナイロンなど)数種類を用意した。棒状の物体とシート状の物体を自由に組み合わ せて摩擦で静電気を起こさせ、棒状の物体の帯電の正負を静電気チェッカーで調べる実験を行 った。いろいろな組み合わせで行った結果を記録し、比較することで帯電列が求められる。

静電気チェッカーを用いると、帯電の正負が容易に判別できるので、生徒はいろいろな組み 合わせを積極的に試していた。実験後の生徒の感想には、「異なる素材をこすり合わせると、 一方は正に、他方は負に帯電することが分かった。」や「こすり合わせる素材を変えると、正 に帯電したり負に帯電したりすることに不思議を感じた。」という内容が多かった。また、一 部の班では、摩擦する前に、その結果を予想しながら実験を楽しむ様子が見られた。それから、 実験プリントには参考として帯電列の一例を載せたが、実験結果がそれとは異なっていたこと に気付く班もあった。

イ 実験「静電誘導」

先の実験で用いた静電気チェッカーは非常に高感度である。検電アンテナを金属板に取り替 えると、帯電した物体が起こす静電誘導で金属表面に現れる電荷の正負を判別することも可能 である。生徒は静電誘導に関する実験(以下のA~C)を行い、そのとき金属表面に現れる電 荷の正負を静電気チェッカーで調べた。

〈実験 A >

- 電極付きの金属棒を2本の糸で吊す。
- ② 金属棒の一端に、負に帯電した塩ビ棒を近付けたり遠ざけたりする。
- ③ 金属棒の他端に現れる電荷の正負を、静電気チェッカーで調べる。 〈実験 B 〉



- ② 負に帯電した塩ビ棒を、はく検電器の金属円板に近付ける。
- ③ 金属円板から指を離した後、金属円板から塩ビ棒を遠ざける。
- ④ 静電気チェッカーで、はく検電器の帯電の正負を調べる。



図1-4 実験A



図1-5 実験B

〈実験 C 〉

- ① はく検電器A・Bの金属円板の間に1本の金属棒を載せる。
- ② 負に帯電した塩ビ棒を、はく検電器Aの金属円板に近付ける。
- ③ はく検電器A・Bの金属円板上に載せていた金属棒を取り去る。
- ④ はく検電器Aの金属円板から塩ビ棒を遠ざける。
- ⑤ 静電気チェッカーで、はく検電器A・Bの帯電の正負を調べる。 実験A~Cの細かく複雑な操作手順を生徒全員に対して正確に伝え ることは容易でない。そこで、実験操作をあらかじめ撮影しておいた ビデオ映像を大画面提示装置でその映像を繰り返し流すことで、時間 内での操作手順の説明を省いてみた。



図1-6 実験C3



図1-7 実験C⑤

ビデオ映像による説明は、分かりやすく大変効果的だった。生徒から実験手順に関する質問はなく、どの班も指示通りの操作が行われ、机間指導を充実させることができた。

また、実験後に提出するレポートでは、静電気チェッカーが示す、それぞれの実験結果について、その生じるメカニズムを考察する課題を与えた。このことで、課題解決を通して生徒が 自ら考える指導を試みた。

ウ 実験「電界の観察」

電気力線を観察するため、スチロール容器の裏底にサラダ油を入れ、カラーパウダー(木粉に着色したもの)をまいたものを用いる。帯電体として、空き缶にラップをはり付け、剥がすことで帯電させたものを用いる。容器に置いた画びょうを帯電させる方法では、

- ・生徒にとって空き缶を帯電させることが難しい
- ・電荷の放電などですぐに変化してしまう

などの問題点があった。そこで、安定して観察ができるように、プラスチックコップとアルミ 箔を用いたコンデンサーに静電気をためて画びょう等の電極に電圧を加えるよう工夫した。

図1-8は実験の概略図である。プラスチックコップの底から約1 cm ほどを切り取り、ひ

っくり返したコップの底に接着して観察容器に した。容器の底に刺した画びょうと、容器のふ ちに貼ったアルミテープを電極とした。この容 器にサラダ油を入れてカラーパウダーをまき、 塩ビの棒をティッシュペーパーで摩擦してコン デンサーに電荷をため、電極に電圧を加えた。

器にサラダ油を入れてカラーパウダーをまき、 塩ビの棒をティッシュペーパーで摩擦してコン デンサーに電荷をため、電極に電圧を加えた。 図1-9~11 の写真は実験結果

の例である。ほぼ どの班でもきれい な電気力線が観察

できた。また、長 図1-9 負の点電荷

図1-10 正と負の電荷

カラーパウダーをまいた油

図 1 -11 負と負の電荷

時間安定しているので、すべての生徒がしっかりと観察し、スケッチすることができた。

実験プリントのはじめに、復習をかねて実験結果を予想させる設問を設けた。生徒はいつも

いつもより考え、実験中も結果と予想を比べていたようである。 実際、実験後のアンケートで「予想通りの結果であった。電気の 向きで絵が変わるのがとっても不思議だと思った。なかなか楽 しかった。」といった意見があった。予想の設問や実験の操作説 明は、デジタルカメラでとった画像をスライドショーのように連 続して示すことで、明瞭で効率的な説明を行うことができた。



図1-12 実験風景

実験器具は、身近な材料を用いて手作りしたものである。アンケートでは、「実験で電界の様子をはっきり理解することができた。この実験は簡単に用意できるので、実験してみようと思います。」や「なぜカラーパウダーが電気力線と同じ様になるかが疑問に思った。」といった意見があり、生徒が自ら考えるきっかけを与えることができたと考えられる。

エ実験「等電位線の測定」

図1-13 に実験の概略図を示す。直流電源装置で導体紙上に固定したアルミの電極間に 10 V の電圧を加え、テスターを用いて 2 V置きに等電位の点を5点ずつ探し、導体紙上に白の色鉛筆で記録した。班の測定結果を各自でトレーシングペーパーに写し、個人作業で等電位線と電気力線の記入をし、生徒が自分で考えるように工夫した。

実験は、「平行直線電極」と「直線電極と 点電極」で2種類実施した。右の図1-14、 15 は生徒の実験結果である。

正確な実験結果を得るためには、入力 抵抗の大きなデジタルテスターで実験す べきである。今回の工業科の実践では、

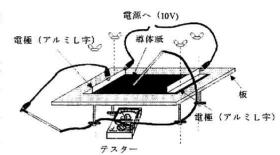


図 1-13 実験装置

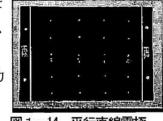




図 1 - 14 平行直線電極

図1-15 直線電極と点電極

身近な道具として、生徒が工業科の実習で製作したテスターを利用した。今後、デジタルテスターや、抵抗が小さいカーボンシートを利用することも検討したい。

(4) デジタル映像機器の活用

本研究では、授業進行を円滑に行うために、デジタル映像機器の積極的な活用を試みた。具体的には、コンピュータやデジタルカメラなどを用いて演示用の映像資料を作成し、授業時にそれらを大画面提示装置で提示しながら説明を行い、発問を行った。

ア デジタルカメラの活用

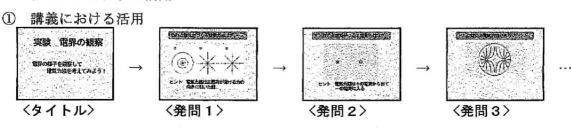


図 1-16 画像を順番に提示した生徒への発問 / 電界の観察

② 実験の説明における活用

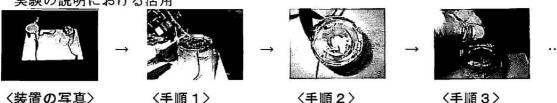


図1-17 実験装置及び実験方法の説明 / 電界の観察

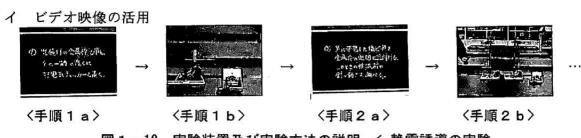


図1-18 実験装置及び実験方法の説明 / 静電誘導の実験

このような映像機器の活用により、授業での発問や説明の場面では調子よく展開でき、実験の説明は分かりやすく、なおかつ確実に伝えることができた。また、映像教材は生徒の関心を引く力が強く、生徒の発言や発問を引き出す効果の大きいことが、手応えとして感じられた。

生徒への指示や説明を効率的に行う工夫をすることで時間的な余裕が生まれ、生徒の疑問や 反応に対して十分にコミュニケーションを取りながら授業を進めることができた。

(5) 結果と考察

本研究では、考える「きっかけ」を生徒に与える実験方法や展開の工夫に取り組んだ。 第一に、生徒の興味・関心を喚起するため、身近な素材・自作装置による実験を実施した。 生徒はこうした装置に興味を示し、「先生が作ったの?僕にも作れるかなぁ。」、さらに「この 道具はやりづらい。他のものを使えないの?」など実験方法を考えるようになる者もいた。

第二に、デジタル映像機器を活用し、発問や説明を効率的に行う授業を展開した。まず、スペースを気にせずに教材提示が可能なので、分かりやすい実験手順の説明ができた。さらに、 黒板に向いている時間を減らすことにより、生徒の疑問や反応に対してコミュニケーションを 取りながら授業できるので、生徒が考えようとしたときの適切な対応が可能となった。

第三に、実験前の予想や実験後の考察などの方法を工夫した。デジタル映像機器の活用で、 予想させる時間をとることができた。レポートの感想等を見ると、今までより目的意識をもっ て実験に取り組んだ姿勢が読みとれ、考えるきっかけを与えるのに効果的であったと思われる。 これらの工夫により、積極的に取り組む生徒が増え、自ら考える力を育てる授業をつくるこ とができたと考えられる。

(6) おわりに

今回の研究では、授業方法の研究が中心になり、評価方法の検討が十分にできなかった。授業後に学習結果に対する適切なフィードバックをすることは、生徒のやる気を持続させるために重要である。授業展開を効率的にすることで生まれる時間的な余裕を利用すれば、生徒のきめ細かな評価を行うことも可能である。今後、有効な評価方法を検討していきたい。

2 酸化還元を題材にした自ら考える力を育てる授業展開の工夫

(1) はじめに

中学校までの学習で酸化還元が酸素との結合に関係することを生徒たちは学んでいる。しか し、高校化学で酸素が関係しない酸化還元を学習すると、理解度に大きな差が生じてしまうこ とがある。生徒によっては戸惑った状態で酸化数や酸化剤・還元剤、イオン化傾向の学習に入 るため、酸化還元反応は「難しいもの」というイメージをもってしまい、身近にある現象に結 びつけられずにいるようである。

今回、発問と実験の組み合わせ方を工夫して授業を行うことにより、知識を与えられるのではなく生徒が自ら考えながら学習に取り組み、理解を深める授業展開を工夫してみた。

また、新学習指導要領の実施にあわせ、生徒の「考える力」がどのように変化したのかを評価する方法を研究した。

(2) 指導計画

本研究は、現行の学習指導要領の「化学 I B」における単元「酸化と還元」において表 2 - 1 の指導計画を立て、実践し、生徒が自ら考える授業について考察する。

表 2-1 酸化と還元の指導計画

		指導項目・内容	生徒の学習活動	指導上の留意点
第 1 時	導入5分		・使い捨てカイロから酸化についての学習を確認する。	・生徒に問い、考えさせる。
	展開 35 分	・酸素・水素の授受 による酸化還元の 実験	・銅の円板を強熱し、メタノールに入れる実験から酸化 躍元反応が起こったことを確認する。	・酸化還元反応と酸素・水素 の関係について、生徒自ら が気づき、主体的に考える 授業展開とする。
	まとめ5分	・実験プリント記入	・酸化還元反応と酸素・水素の関係について考える。	
	導入 5分	・実験の説明	・実験の目的、方法等について理解する。	
第 2 時	展開 25 分	酸化還元の実験	塩素と銅線から銅イオンが、銅イオンと鉄くぎの反応 から銅が生じることを確認する。	・電子の授受と酸化還元との 関係を理解する。
	まとめ 20 分	・身近な酸化還元に ついてクイズ形式 で紹介する。	・燃焼やさびなど身近な酸化還元反応についてまとめ る。	酸化還元と生活との関連に 気付かせる。
	導入 10 分	・電子による酸化還 元	・イオン結合の物質 (CuO) の電子の移動と酸化還元の確 認。	
第 3 時	展開 35 分	・酸化数の定義 ・酸化数と酸化還元 の具体例	・酸化数の決まりについて、具体例から確認する。 ・酸化数の増減と酸化還元の関係をイオン結合の物質で 理解する。	・電子対の偏りから理解させ る。
	まとめ5分	・酸化数による定義	・共有結合の物質(例 H ₂ 0)の性質から酸化と還元を酸化 数の変化で理解する。	
	導入5分	・酸化剤・還元剤の 具体例からの説明	・酸化還元と酸化剤・還元剤の違いをまとめる。	
第4時	展開 40 分	例	・代表的な酸化剤・還元剤のはたらきについて電子を用いた化学反応式で考える。・電子を用いた化学反応式を組み合わせ、電子を消去して、酸化剤と還元剤との反応を理解する。	・電子の移動を意識させる。
	まとめ5分	・電子の移動の確認	・酸化剤と還元剤の反応式で電子がどのように移動した かをまとめる。	

		指導項目・内容	生徒の学習活動	指導上の留意点
第5・6時		・実験の説明 ・実験 I KMnO₄とK I ・実験 II いろいろな酸化剤と 還元剤	 実験の目的と実験Iの方法を理解する。 検流計を用いて、電子がどちらの物質からどちらの物質に流れたか確認する。また、電子が流れた時の物質の色の変化を確認する。 実験IIの方法を理解する。 KMnO」とKIの色の変化から、色々な物質でその物質が酸化剤になるか、それとも還元剤になるかを調べる。 	・検流計の針が振れる方向と 電子の移動の方向を確認す
	まとめ 10分	・実験プリント記入	・感想、疑問点、気付いたこと、自己評価を記入する。 ・後片付けをする。	
第7時	導入5分	・酸化剤・還元剤の 復習	・金属樹の生成から金属と金属イオンの性質に関心を向ける。	・金属樹の演示はデジタルカメラで撮影した映像を見せて問いかけ、考えさせる。
	展開40分	・イオン化傾向	・イオン化傾向は金属の酸化されやすさ・金属イオンの 還元されやすさの大小関係であることを学ぶ。 ・金属と以下の物質との反応性を具体的に見ていく。 ①H ₂ O、②酸、③酸化力のある酸、④酸素	・演示実験で生徒の興味・関 心を引き出す。
	まとめ5分		・イオン化傾向と酸化還元反応の関係を自ら見出す。	
	導入5分	・実験の説明	・目的、方法等について理解する。	・薬品・実験器具の取扱いに 注意させる。
第 8 味	展開 40 分	・イオン化傾向と酸 化還元	実験を通してイオン化傾向と酸化還元反応の関係を理解する。	・生徒実験で行う。
時	まとめ5分	・イオン化傾向と電 池	・イオン化傾向を知り、酸化還元反応が起こるときに流れる電子を外部に電流として取り出し、電力として利用する、電池の原理についてまとめる。	
	導入 10 分	前回の授業の確認 実験の説明	・「どのように流れ出た電子を取り出したか」の確認 実験の目的・方法について理解する。	
第 9 時	展開 30分	・電池の仕組み 起電力の測定	・実験を通してイオン化傾向と起電力の差を関連づけ て考え、どのようにすればより大きな電流を得られ るか工夫する。	・実験を進めるためのヒント (電解質、金属を変える) を与える。
	まとめ 10 分	・起電力と電池の仕組み	・各班の電圧、電流値の発表。電池の原理、また、ど うすれば大きな電流が得られるか理解する。	
第 10 時	導入5分 展開 40 分 まとめ	・電池の原理の復習 ・いろいろな電池と その仕組み	・イオン化傾向の異なる金属の組み合わせで電池ができることをまとめる。・ダニエル電池、ボルタ電池、マンガン電池、鉛苦電池の仕組み、その他の電池についてまとめる。・酸化還元反応による電子の移動を外部に取り出す装	・それぞれの電池を実際に見せ電流を取り出す。
	5分		置が電池であることを確認する。	

(3) 研究内容

① 酸化と還元

酸化還元については、中学校において既に、酸素の授受という観点で学んでいる。ここでは、 酸化還元を水素・電子の授受という観点で理解するとともに、生徒が自ら主体的に考える授業 を展開することを目指し、発問の仕方を工夫した。なお、以下の「問」は授業で用いる発問例 を意味している。

ア 使い捨てカイロについて考える。

- (問1)使い捨てカイロを包装から取り出して振るとどうなるか確かめよう。(実際に振る。)
- (問2)包装された使い捨てカイロをそのまま振るとどうなるか確かめよう。(実際に振る。)
- (問3) (問1) と(問2) の結果から使い捨てカイロは、何と反応したか考えよう。
- (問4) (問1) の場合は何という反応が起きたか考えよう。
- イ 銅の円板をきれいにしてみる。
 - (ア) 銅の円板について考える。
 - (問1) 銅の表面の黒茶色のものは何か考えよう。(表面が黒茶色の銅の円板を見せる。)
 - (問2) 銅の円板を加熱し、メタノールに入れるとどうなるか確かめよう。(実際に行う。)
 - (問3) (問1) と(問2) の結果から、どのような変化が起こったのか考えよう。
 - (イ) 銅の円板を加熱し、メタノールに入れる実験をしたとき、匂いが変化する。
 - このことでメタノールからホルムアルデヒドができることについて考える。
 - (問1) このとき、どのような変化が起きたか考えよう。
 - (ウ) 酸化還元と酸素・水素の授受との関係をまとめる。
- ウ 銅の酸化について考える。
 - (ア) 塩素を満たした集気びんに熱した銅線を入れる。

[確認点] 反応前・後の銅線と集気びんの様子を確認する。

(イ) この銅線を取り出し、純水の中に入れる。

[確認点] 反応後の集気びんの様子を確認する。

[考察点] a 銅イオンの生成 b 電子の移動 c 電子の授受と酸化の関係 を考える。

(ウ) (イ)で生成した水溶液に、鉄くぎを入れてみる。

〔確認点〕 a 鉄くぎの成分元素・色 b 実験後の鉄くぎの様子 を調べる。

[考察点] a 銅の析出 b 電子の移動 c 電子の授受と還元の関係 を考える。

- エ 身の回りの酸化還元反応を紹介する。
 - (7) リンゴを切って、空気に触れさせておいたら茶色くなった。
 - (4) 緑茶を置いておいたら茶色くなった。
 - (ウ) 赤いバラを漂白剤(次亜塩素酸ナトリウム)につけたら、白くなった。
 - (エ) 都市ガス (メタン) が燃える。
 - (オ) 鉄くぎがさびた。
 - (カ) 乾電池を用いると、電気が流れる。
 - (キ) 鉄鉱石を溶鉱炉で加熱すると、鉄ができる。
- ② 酸化剤·還元剤

酸化剤・還元剤については学習した後で、結果を観察して記入するだけでなく、実験中に生 徒が現象について考えることを目指した。

- ア 実験 I KMnO₄とKIの反応
 - (ア) 図2-1のように、シャーレにろ紙を入れ、2 M硫酸を少量加え全体に広がるようにする。小さく切ったろ紙2枚を、0.02MのKMnO $_1$ 水溶液と0.1MのKI水溶液に浸し、シャーレに入れる。検流計の先に炭素棒を接続して、KMnO $_4$ 水溶液とKI水溶液を浸したろ紙に触れ、検流計の針の動きと動く方向を観察する。

- (問1) 検流計の針の振れから、電子はどちらの物質からどちらの物質に流れたか。
- (問2) この実験で酸化剤と還元剤はそれぞれ何か 考えよう。次に、炭素棒に触れたろ紙の色の変 化を観察する。これにより、電子の移動で物質 が変化したことが分かる。
- (問3) それぞれどういう物質に変化したか考えよ う。
- (問4) 電子を用いたイオン反応式でこの変化を表 そう。
- (4) 硫酸酸性の $KMnO_4$ 水溶液とKI水溶液を別の試験管にとり、両方の水溶液を混ぜる。あらかじめ、ろ紙の色の変化から、色を予想してみる。

(問5)何色に変化するかを予想しよう。

(ウ) まとめとして、KMnO4が酸化剤として働いたと きと、KIが還元剤として働いたときの色の変化を 再確認する。

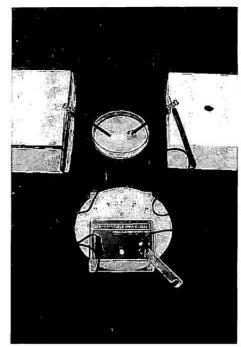


図2-1検流計による確認 左: KI 右: KMnO₄

イ 実験Ⅱ いろいろな酸化剤と還元剤

- (ア) 大きめのシャーレにろ紙を入れ、硫酸酸性の 0.02MのKMn O_4 水溶液を少量加え、全体に広がるようにする。
- (イ)シュウ酸、ビタミンC、硫酸鉄(II)、ブドウ糖、二クロム酸カリウムの各 0.1M水溶液と 3% 過酸化水素水をそれぞれ 1 滴、 $KMnO_4$ 水溶液のシャーレに滴下し、色の変化を観察する。
- (ウ) (ア) と同様に大きめのシャーレにろ紙を入れ、硫酸酸性の 0.1MのKI 水溶液を少量加え、全体に広がるようにする。
- (エ) シュウ酸、ビタミンC、硫酸鉄(Ⅱ)、ブドウ糖、二クロム酸カリウムの各 0.1M水溶液と3%過酸化水素水をそれぞれ1滴、KI水溶液のシャーレに滴下し、色の変化を観察する。
- (問6)色の変化から滴下した各水溶液が酸化剤、還元剤のどちらに当たるか考えよう。
- (オ) 身近な物質であるビタミンCを多く含む清涼飲料水と、過酸化水素を含む漂白剤を用いて、実験 I と同様に検流計とろ紙を用いて、電子がどちらの物質からどちらの物質に流れるかを観察する。
- (問7)電子はどちらからどちらへ流れるかを予想しよう。
- ウ 実験終了後のアンケート結果 (3年化学選択者8名)
 - (ア) 今回の実験について
 - ・共同実験者といろいろ相談、確認ができ、理解するのにはよい機会だと思う。
 - ・自分でレポートを書いている時は、分からない部分はそのままにしてしまうけど、実験中 にやると理解できてよかったと思う。

- (イ) 酸化剤・還元剤についての理解について
- ・実験をやる前よりは理解できたと思う。
- ・ある程度理解できた。
- (ウ) 以前の実験に比べて考えることは多かったかどうか。
- ・従来の自分で調べる方法だと、考えずに調べて終わりだけど、実験中の発問に答える形式 だと考えられるから、頭に入る。
- ・考えることは多かった。いつもより理解しながら実験ができたのでよかった。
- ・いろいろなことを考える機会や物質の性質などに興味がわいてくることが多くなったと思う。
- エ 今回は、化学選択者8名という少人数のクラスで、2時間続きの実験の利点を活かし、 通常レポート形式で事後に行う実験の考察などを実験中に行い、理解しながらできるよ うに工夫した。生徒のアンケート結果に表れているように、生徒は従来より考えながら実 験を行い、酸化剤・還元剤についての理解も深まったと思われる。

③ イオン化傾向

実験中の生徒に対して、「試験管の中で今どのような反応が起こっているか」と発問したところ、何も答えられない生徒が多くいることに気が付いた。また、化学反応式から実際の化学変化の様子をイメージすることが難しいと感じる生徒もいた。一連の実験作業をこなすだけに気を取られ過ぎなのか、または、生徒は考えていないのではなく、考えるポイントが分からないだけなのか。生徒から話を聞いてみると「実験の結果をうまく観察し、まとめ、化学的にその変化を表現することに慣れていない」ことに気が付いた。反応結果を自ら観察して表現することができなければ、化学変化を化学反応式で表すことは難しい。また、化学反応式をみて化学反応の様子を頭の中に想像することはさらに難しい。

そこで、実験をデジタルカメラで写し、その映像を使って教師が実験の観察の仕方や表現の 仕方の例を提示し、生徒が化学反応について自ら考え、表現するための手助けとした。

ここでは、酸化還元反応を電子の動きからとらえ、イオン化傾向の違いを利用することで電子を外部電流として取り出せることを学ぶ。デジタルカメラを用いて化学変化の様子を撮影し、生徒の頭の中で、化学反応式が表す内容と化学変化の様子が一致することを補助した。また、発問の仕方を工夫し、生徒が自ら考える授業が展開できるように努めた。

- ア 課題 1 「金属樹ができる様子を観察して気が付いたことを書きだそう」 硝酸銀水溶液に銅を浸し、時間の変化とともに何が起こっているかを尋ねる。変化の様 子は反応前後のデジタルカメラによる映像で示す。
 - (問1) 硝酸銀水溶液に銅を入れて時間が経つとどうなるか予想しよう。
 - (問2) 十分に時間が経った後の映像と比較して自分の予想と照らし合わせてみよう。
 - (問3) 実際の様子をよく観察して何が起こっているか自分の言葉で説明してみよう。
 - (問4)銀イオンと銅に注目し、電子を含むイオン反応式で変化の様子を表現してみよう。
 - (問5)酸化剤・還元剤を復習し、金属樹はどのようなときにできるのか考えよう。
- イ 課題2 「金属が金属イオンになるとはどういうことか考えよう」 金属の反応性とイオン化傾向に関係があることを実験から考える。実験は演示で行うか、

場合によって、実験の様子をあらかじめデジタルカメラで撮った映像で示す。

- (問1) 金属ナトリウムを水に入れたらどのような変化が起こるか予想しよう。
 - (・発生した水素に点火する・水溶液中のナトリウムイオンは炎色反応で確認する。)
- (問2) 金属亜鉛を水に入れたらどのような変化が起こるか予想しよう。

(この反応で水素は発生しないが、マッチの火を近づけて(問1)と比較する。)

- (問3) 次に亜鉛を塩酸に入れたらどのような変化が起こるか予想しよう。 (発生した水素に点火する・反応の前後で亜鉛の存在の有無を確認する。)
- (問4) 銅を塩酸に入れたらどのような変化が起こるか予想しよう。

(この反応で水素は発生しないが、マッチの火を近づけて(問3)と比較する。)

- (問5) 次に銅を濃硝酸に入れたらどのような変化が起こるか(問4) と比較しよう。 (この反応では、主に赤褐色で有毒な二酸化窒素ガスが発生するため、事前にデジタルカメラで撮影しておく。また、(問4) と比較する。)
- (問6)金属は紙が燃焼するように空気中で反応するか考えてみよう。 (マグネシウムリボンに点火する、銅をガスバーナーで加熱するなど。)
- 以上、(問1)~(問6)を総合して気が付いたことは何か、まとめよう。
 - ウ 課題3 「2種類の金属を使って電子オルゴールの音楽を聴こう」

酸化還元反応は、電子の授受反応であるが、この反応で移動する電子を電流として取り出せるかどうか考える。

- (問1)酸化還元反応は電子の授受反応であるが、この電子を電流として取り出すことはできるか考えてみよう(電極として亜鉛と銅、硝酸カリウム水溶液を染み込ませたろ紙、電子オルゴールと検流計(又は電流計)を用意する。)
- (問2) 電極としてどの金属を使ったら、電子オルゴールを鳴らして音楽を聴くことができるか考えてみよう。

④ 電池

ア 電池の仕組み

金属のイオン化傾向の学習で、酸化還元反応に伴い、電子の流れが生じることについては 学んでいるが、イオン化傾向を復習しながら、電池を組み立て、高い電圧を生じさせたり、 大きな電流を取り出したりするための工夫をしながら実験から電池の仕組みについて考える ことを目指した。

実験 正極、負極、電解質を変えることでモーターを動かしてみる。

(ア) イオン化傾向の単元で行った、亜鉛、銅、硝酸カリウム水溶液の実験で電流が流れたことを示し、どのようにすればより大きな電圧、電流を取り出せるか工夫して実験する。

電極となる金属(亜鉛板、銅板、アルミニウム板、ステンレス板、鉄板等)

電解質となる物質(食塩、塩化物、硝酸塩、硫酸塩、酸、塩基等)

その他、炭素電極、紙ヤスリ、ろ紙等を用意する。

それぞれの学校での生徒たちの知識・理解等を考慮し実験への取り組み方を変える。

a 実験方法をある程度指定する。

用意した素材を使い、実験結果を予想しながら、組み合わせを変える実験を行う。

b 自由に実験を行う。

電池の実験用に市販されている金属板や生徒実験でよく用いられる酸・塩基・塩を用意し、 また、実験中に生徒から要望された素材を提供する。安全に配慮した上で、素材の組み合 わせや実験方法等一切自由に実験を行う。

c a と b の中間 共通で行うことを指定する。それ以外のことはヒントを与えた上で 自由に実験を行う。

イ いろいろな電池とその仕組み

電池の基本的な仕組みと歴史について解説する。現在使われているさまざまな電池がどのような機器に使われているのかを考え、その機器を動かすためにどのような性能が必要なのかを考える。また、数種類の電池を実際に示すことで、それらの構造や長所・短所等を確認する。

(5) 評価について

生徒が自ら考える力を育てるために、評価において、「意欲・関心・態度」「知識・理解」 「技能・表現」「思考・判断」の4観点の評価を授業でどのように取り入れるか検討した。

観 点	項目
意欲・関心・態度	レポート、授業プリント等の提出状況 発言状況、積極的な行動、授業態度の観察
技能・表現	レポート
思考・判断	レポート、演習問題、テスト
知識・理解	演習問題、テスト

(6) おわりに

身近な素材を用いた実験を行うと生徒は積極的に、興味・関心をもって取り組むようになった。授業においても、発問を工夫して、教師と生徒と意識的にコミュニケーションを図るようにした。また、実験においても、教師が生徒に質問しながら行ったり、レポートに書き込んだりすることで、生徒が自ら考える授業を行うことができた。

考察を進めながら実験を行ったところ、レポートに「いろいろなことを考える機会や物質の性質などに興味がわいてくることが多くなったと思う」という感想があった。アンケート結果などから自ら考える意欲が生まれてきたことが分かった。やはり「興味・関心をもって、実験で内容確認をし、結果を考察し、まとめることで学習内容が身に付きやすい」と実感した。また、プリント内容を工夫することで、生徒が授業時間内に考察しながら実験することができた。デジタルカメラで実験装置や反応の様子を撮影し、テレビモニターで映し出し、あらかじめ授業で見せることは、実験の作業時間が短縮でき、効果的だった。その結果、実験中に生徒が自ら考える時間を増やすことができた。今後、授業や実験を通して、よりよい発間内容を考えたり、デジタル映像機器を活用したりして、生徒が自ら考える工夫を疑らしたい。

3 プレゼンテーションソフトを用いたQuteシステムによる新しい授業展開

(1) はじめに

生徒は授業で考えているだろうか?主体的に学習に参加しているだろうか?眠気をこらえながら黒板を写しているだけではないだろうか?正解が与えられるのを待っていないだろうか? 頭を使って充実した時間を過ごせた実感を得ているだろうか?授業を通して理科が好きになっているだろうか?

新学習指導要領において「自ら学び、自ら考える力」の重要性がうたわれているが、我々は、 生徒が自ら考える力をはぐくむ授業を行うために、従来の教え示すことを中心とした授業に対 し、「発問と指導の系列」による授業を展開するコンセプトをもった教材を開発した。

理科の授業においては、観察、実験が重要なことは論を待たないが、一方においては観察、 実験を行いにくい学習分野や内容が多く存在していることも事実である。本研究では観察、実 験が難しい分野での一斉授業においても、高い教育成果が得られるような教材を開発し、実践 する研究を行うこととした。

新学習指導要領では新たに「理科総合B」が導入されるが、その中で「生命と地球の移り変わり」は「生命と地球が共に影響を及ぼしあいながら進化してきた」という新しい地球観・生命観を提示する分野である。しかし、理科の教師にとって、総合的な知識が求められる分野でもある。本研究では、横断的な知識や専門知識がないため、敬遠されがちな学際的分野において、気軽に利用でき、生徒が主体的に授業に参加し、考える力が身に付くような指導方法を研究した。

また、絶対評価の考えを取り入れた評価方法が導入されるため、本研究では、学習指導計画において観点別評価基準を導入し、学習状況を把握し、絶対評価が行えるような試みも行った。

(2) 新しい指導方法—Question & Teaching System (Qute)—の開発

生徒に「あなたはどちらがいいですか?」というように個人的な見解・意見を聞いても、「わかりません」という答えが返ってくることが多い。生徒は、受動的に正解だけを聞き、記憶するのが学習であるかのような姿勢を身に付けている。

「学習の前では、間違えることは当然であり、まずは、自らの見解をもち、今までの知識や 思考から考えることが重要である」という態度を身に付ける必要があろう。

これまでの授業を振り返った時、生徒が誤りを気にしないように配慮して「どれが正しいか予想してみよう」「どうなると思うか、自由に書いてみよう」といった問を発することが、生徒が授業に向かい、考えることにつながると考えた。こうした発問によって生徒は自分なりの見解を得ようとし、教師の解答や解説を聞くことを通して新しい知見を得て、学習へのモチベーションが高まる。

我々は、そのような授業展開の積み重ねを構造化することが、「予想することは楽しい営みである」「間違った理由を学ぶことが楽しい」というような雰囲気を創り出せると考えた。

そこで重要なのは発問の質である。答えが生徒の常識を裏切るような新鮮なしかけや、誤っ

ても恥ずかしくないよう、単に知識の有無を問うような内容でないものを準備する必要がある。 また、一つの発問が次の発問につながるような流れを生み出すような構成も大切である。

有効な発問が、生徒の授業への主体的な参加を促し、考えるようにする。生徒に探究する姿勢が芽生え、解答と解説などによる解決から、新たな疑問が生じてくる。更に次の発問から探究が深化して行く…。このような展開になるよう授業を構成することが求められる。

我々は、「生命と地球の移り変わり」の学習内容を精査し、授業が「発問と指導の系列」を軸 とする流れとなるように、単元全体にわたって授業展開を組み立て直した。

近い将来、全教室にコンピュータやプロジェクタなどを整備する計画がある。一般教室において気軽にコンピュータ機器が利用できる時代が目前になっている。

「発問と指導の系列」による授業展開の流れを効果的に実現する手段として、Power Point などのプレゼンテーションソフトを用いた。以下にその利点をまとめる。

① 「発問と指導の系列」による授業展開に極めて有効である

プリント等に発問を並べると、その展開から正解が自ずと知れてしまうが、プレゼンテーションソフトを使用すると、正解→解説→次なる発問→…の流れは隠れているため、「発問と 指導の系列」を軸とする授業展開に極めて有効である。

② 豊富な資料を挿入できる

黒板とチョークの授業はともすると単調になりがちである。プレゼンテーションソフトはビジュアルで豊富な資料を挿入することができる。静止画のみならず、動画を入れることも可能である。

③ Trunk (幹) と Branch (枝) の構造がとれる

「発問と指導の系列」による展開がメイン構造のTrunk (幹)を構成しながら、多岐にわたる関連事項をサブ構造である Branch (枝)として作ることができ、生徒の興味・関心や学習到達度に応じて Branch を利用する授業展開が可能になる(図 3-1)。

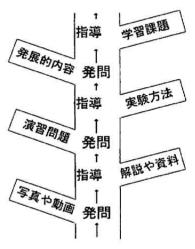


図3-1 Trunk と Branch

プレゼンテーションソフトを使用する一斉授業は、様々な資料を盛り込みながらもともすれば教え示すことが中心の展開になりがちである。「発問と指導の系列」を Trunk とし、多様な生徒の実態に合わせた豊富な Branch を置く構造とすることで、生徒が主体的に授業に参加し、考えながら進行できる授業展開を工夫した。

我々は、プレゼンテーションソフトを利用して、「発問(Question)と指導(Teaching)の系列(System)」をビジュアルに展開し、生徒の多様な考えに対応できる新しい授業展開の方法を「Question & Teaching System(Qute=キュート)」と名付けた。

我々は Qute を実際の授業に活用することによって、生徒が自ら考える力を育てる指導について研究した。その一方で知識の定着のために、手を動かして書くことを重視し、Qute による授業展開と並行してワークシートを導入することにより、生徒が考えをまとめたり重要事項を記入したりしながら授業が展開できるようにした。学習の定着のため、ワークシートの裏には確認問題も付けた。

(3) 学習指導計画と評価基準 4 観点による観点別評価基準を定め、バランスよく評価が行えるよう留意した(表 3 - 1)。

表3-1「生命と地球の移り変わり」学習指導計画と評価基準

	16-46-4-	夜3ー1「生命と地球の移り		The state of the s
\vdash	指導項目	生徒の指導内容	評価方法	評価の観点 評価基準
		太陽系の惑星の特徴と地球	ワークシート	関心・意欲 正しく記入している。
第	- 地球(1)	・太陽系における地球の位置	ソークシート	知識・理解 項目の内容を理解している。
		・太陽系の惑星の特徴	4.4 n 70 =	技能・表現 適切に表現している。 関心・意欲 授業に積極的に参加している。
1		・地球型惑星と木星型惑星	生徒の発言	関心・意欲 授業に積僅的に参加している。 関心・意欲 積極的に配入している。
時			質問・感想	科学的思考 発展的な思考をしている。
			定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
\vdash	1 生命の惑星	地球の特徴	足别与且	関心・意欲 正しく記入している。
1	- 地球(2)	・生命の星-地球の特徴	ワークシート	知識・理解 項目の内容を理解している。
第	20M (D)	・太陽からの適当な距離		科学的思考 自ら論理的に考えている。
2		・大気を持つことができる重力	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
時		ACCOUNT OF THE PARTY OF THE PAR	質問・感想	関心・意欲 積極的に記入している。
				科学的思考 発展的な思考をしている。
			定期考査	知職・理解 項目の内容を理解している。
3.5	2 地球の誕生	地球の誕生と地球環境の形成	ワークシート	関心・意欲 正しく記入している。
第		・原始太陽系星雲と微惑星	44 n W =	知識・理解 項目の内容を理解している。
3		・地球の形成	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。 関心・意欲 積極的に配入している。
時		・原始海洋と原始大気の形成 ・海洋存在による地球環境への	質問・感想	科学的思考 発展的な思考をしている。
		寄与	定期考査	知識・理解「項目の内容を理解している。
\vdash	3 生命の誕生	生命誕生の過程		関心・意欲 正しく記入している。
第	O Thursder	・いつ誕生したか	ワークシート	知識・理解 項目の内容を理解している。
		・どこで誕生したか	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
4		どのように誕生したか	質問・感想	関心・意欲 積極的に記入している。
時		= :n	SAMEON DESCRIPTION	科学的思考 発展的な思考をしている。
			定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
		地球も生命も姿を変えてきた	ワークシート	関心・意欲 正しく記入している。
第	と生命の移り	・地球はどのように変わってきた・生命はどのように変わってきた	生徒の発言	知職・理解 項目の内容を理解している。 関心・意欲 授業に积極的に参加している。
5	変わり	・時代区分と化石		関心・意欲 積極的に配入している。
時		・時代区分と10位	質問・感想	科学的思考 発展的な思考をしている。
1 1			定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
	5 光合成生物	・ストロマトライトの形成	ワークシート	関心・意欲 正しく記入している。
第	の誕生と環境	・光合成生物のはたらき	シークシード	知識・理解 項目の内容を理解している。
6	の変化		生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
時		影響	質問・感想	関心・意欲 積極的に記入している。
h-d		・地球大気の大変化	AVENUESII COMMONIO	科学的思考 発展的な思考をしている。
\vdash	0 4 4 0 1 4	14 th 0 1 th	定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。 関心・意欲 正しく記入している。
	6 生物の上陸と降上動物	生物の工程 ・先カンブリア代の生物の特徴	ワークシート	知識・理解 項目の内容を理解している。
第	の繁栄 (1)	・古生代の生物の特徴	1 / / / /	技能・表現 創造的な思考をしている。
7	V) 糸木(1)		生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
時		地球環境の変化		関心・意欲 積極的に記入している。
h-1		・上陸した生物の特徴	質問・感想	科学的思考 発展的な思考をしている。
		・陸上に進出した順序	定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
		陸上動物の繁栄	ワークシート	関心・意欲 正しく記入している。
第	と陸上動物	・古生代末の生物大絶滅		知識・理解 項目の内容を理解している。
8	の繁栄(2)	・アンモナイトの特徴	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
時	li i	・ハ虫類の特徴	質問・感想	関心・意欲 積極的に配入している。 科学的思考 発展的な思考をしている。
44		・恐竜の繁栄・鳥類の進化	定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
	7 生命と地球			関心・意欲 正しく記入している。
44	の共進化	・中生代末の大絶滅	ワークシート	知識・理解 項目の内容を理解している。
第		・繰り返す一斉同時絶滅	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
9		・適応放散と大進化	質問・感想	関心・意欲 積極的に記入している。
時		・生命と地球の共進化の概念		科学的思考 発展的な思考をしている。
L_			定期考査	知識・理解 項目の内容を理解している。
	8 ヒトへの	ホ乳類の進化とヒト		関心・意欲 正しく記入している。
**	進化と人間	・ホ乳類とは何か	ワークシート	
第	の未来	・新生代の適応放散	# dt m ===	科学的思考 自ら論理的に考えている。
10		・森林に適応したサル	生徒の発言	関心・意欲 授業に積極的に参加している。
時		・草原への適応とヒトへの進化	質問・感想	関心・意欲 積極的に配入している。 科学的思考 発展的な思考をしている。
		・ヒトの進化と環境への負荷 ・人類の未来への考察	定期考査	科学的思考 発展的な思考をしている。 知識・理解 項目の内容を理解している。
4		・八規の不木への与祭	足別与宜	川田 住所 スロッパコイで住所している。

(4) 授業実践

①授業環境

- a) Power Point などのプレゼンテーションソフトが使用できるパソコン、b) プロジェクター、c) スクリーンが必要である。スクリーンの代わりにホワイトボードを用いれば、マーカーで生徒の予想や解答を画面に書くことができ、討論の素材にすることも可能となる。
- ②「Qute」の教材例と作成意図 (第7時『6. 生物の上陸と陸上植物の繁栄』より)

授業はスライド(例図3-2)を次々に提示し「発問→探究→指導→解決→発問→探究→ ・・」という系列で進められる。取り組むにあたっては間違いを気にせず自由に考え、また、 考えたことはどんなささいなこともワークシート(例図3-3)に記入するよう指導する。

「問4」は生物が陸上に進出するための環境の変化を考え、生物の進化と地球環境の変化 が密接に関連していることに気付くようにする発問である。

- 問4)生物が陸上に進出できたのは地球の環境がどう変わったからだろうか?
- ①酸素が増えオゾン層が形成されたから
- ②温暖化が進み海がほとんど干上がってしまったから
- ③二酸化炭素が減り適切な気候になったから
- ④海の生物が大繁栄し海に食べ物がほとんどなくなってしまったから

問に直面した生徒は自分の有する知識を 総動員させて答えを予想する。従来の授業で は始めから「光合成生物の誕生→酸素形成→ オゾン層形成→紫外線遮断→生物上陸可能」 と指導内容を羅列することが多かった。そこ では生徒の思考力ははたらいていない。この 間は光合成生物の果たした役割を理解して いれば予想できる(正解は①)が、もちろん 誤ってもいい。この問により生徒を授業に引 きつけ、その後の展開で、なぜ自分はそれを 選んだのか、他の答えがなぜ誤りなのかを考 えさせていくことが思考の訓練となる。

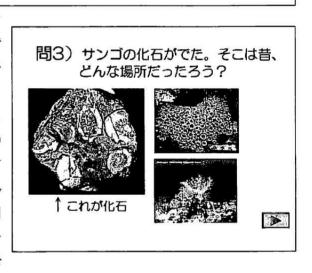


図3-2 スライド例

次の「問5」はゲーム感覚で取り組める並び替えの問題だが、これも生徒は自らの知識などを基に楽しみながら答えを予想していく。

問5) 陸上に現れた順番に並べてみよう

①ムカデなどの節足動物 ②コケやシダ植物 ③魚類 ④両生類

スライドには写真を入れて視覚から生物をとらえられるようにする。生徒が困惑する場合は、「生物のからだのつくりや被食捕食関係から考えてみよう」と答えを予想し易いように教師が導いていくことが要求される。正解は②①③④の順である。順番を確認した後、次はどうすれば陸上に進出できるか生物のからだの変化について考えていく。

問6) 魚が陸に上がるなんてそう簡単にいかなかったはずだ。魚が陸に上がるためには どんな問題を解決しなければならなかっただろう?

生徒の思考を促すには、「問6」のような自由回答問題も大いに有効と考えられる。しか

し多くの場合、この種の問題に生徒は何も答えられないことが多い。そこで生徒が食らいつける程度の問題を設定し、上記のような自由回答とするなどの工夫が必要である。この問の場合、実際の授業では「えら呼吸から肺呼吸へ」「手足ができる」の答えはすぐに出たのでまずボードに書き、「他にはないだろうか」と問いかけ、さらに答えを導き出すよう促した。しばらくすると「乾燥に耐える皮膚」など他の答えを思いつく生徒も現れた。

問7) 最初に陸に上がった魚はどんな形をしていただろう。想像して描いてみよう

問6を受けて絵で表現する問題である。意味を言葉で理解したつもりでも、表現しようとすると戸惑う場合がある。絵で描いてみて初めて上陸した生物のからだの変化がつかめたという生徒もいた。授業はこの後、最初に上陸した魚(ユーステノプテロン)、最古の両生類(イクチオステガ)の化石写真や復元図が提示され、両生類の特徴の説明へと続いていく。

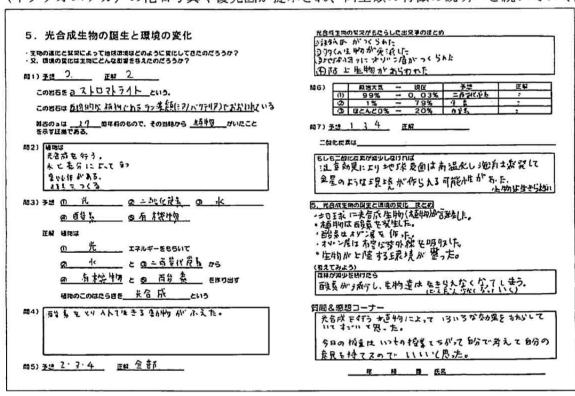


図3-3 ワークシート例

③授業風景

実践では手を挙げさせたり、口頭で答えさせたりという工夫をした(図3-4)。生徒たちはこちらの意図したように発問の答えを予想し、正答に一喜一憂しながら次々に出される問題に取り組んだ。従来、板書を用いた授業では受け身的な生徒も、Quteを用いた授業には興味を示し、答えを見つけようとする姿が見られた。これを繰り返していくと、次は正解するぞと真剣になる生徒が徐々に増し、手を挙げることに大きな抵抗があった生徒も誤りを気にすることなく参加していた。



図3-4 授業風景

(5) 結果と考察

①結果

以下は、ワークシートの最後の項目、「質問&感想コーナー」に書かれたものの一部である。

- 普段より自分から進んで授業に参加できたような気がする
- 今日はすごく自分なりに考えたと思う
- 時間が過ぎるのが速かった。ふだんより考えたョ!
- こういう授業は楽しいし、わかりやすいし、 やる気でる!!
- こういう勉強の仕方はとても楽しいのでどん どんやってほしいです。

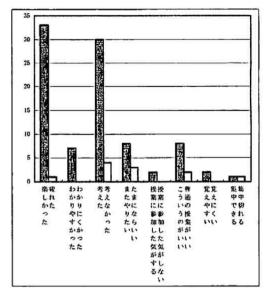


図3-5

図3-5は62人分の感想をまとめたもので、縦軸は人数である。

授業に背を向けがちだった生徒が、授業に参加し、考え、楽しんでいる様子が手に取るように分かる。本研究の課題を達成するための我々の方法はねらい通りの成果を見た。

Qute は、自然に「考える」学習活動へ導くことができる有効な指導方法と考えられる。 ②考察

ア 生徒は確かに考えていた

生徒は Qute による授業展開に引き込まれ、いつしか意識することなく「考え」ようとしていた。そして、意外な事実に驚き、思いを巡らせ、新たな疑問を抱き、もっと詳しく知りたいと意欲を示すようになった。ワークシートに書かれた予想、感想、質問を見ても、確かに生徒は「考え」ていたことがわかる。この変化は、明らかに Qute の導入によるものである。また、Qute は、「間違えたって恥ずかしくない」という和やかな授業の雰囲気を作り出してくれたので、生徒たちはのびのびと考え、活発に発言するようになった。

イ プレゼンテーションソフトを使ったことは正解だった

(ア) 授業展開に極めて有効

生徒から「先生、まだ答え出しちゃダメだよ!考えてるんだからねっ!」という声が飛んだ。解答スライドが表示されると、「エーッ!?」というどよめきが起こることもしばしばであった。発問と教示の系列による授業展開に極めて有効であった。

(イ) ビジュアルな資料による効果

生徒の感想には、「映像見てわかりやすかった」「きれいだった」というものが多かった。これまでは教科書や図録、ポスターなどで見せることが多かったが、生徒に与える 印象がまるで違っていた。

(ウ) Branch の構造を持つことの有効性と可能性

「パスツールが、生物は自然発生しないことを証明した。」というスライドが表示されたとき、「どうやって?」と聞かれたので、Branchに入って「つる首フラスコの実験」の解説をした。Branch はメリハリのきいた授業の流れを作る上で多くの可能性を秘めていると言える。

③ 課題 ~よりよい Qute をめざして~

Qute は生徒に大変好評であったが、それには"目新しい授業方法だったから"、という理由も含まれているかもしれない。今後は、定着した Qute によって生徒が主体的に授業に参加し、考えることが当たり前の姿になっていることが求められる。順調に実施できることが分かった Qute だが、実施してみて気が付く問題点もある。今後は、次のような課題の解決に取り組み、改善を図ることが必要である。

ア 展開の工夫

- ・選択問題は、生徒を引き込むには有効だが、そればかりだと飽きてしまうので、「どうなるかな?」「これは何かな?」「どう違うのかな?」などの考える発問をバランスよく配置する。
- ・直感がはずれ、意外な答えを知り、なぜだろうと考える、という流れを生む発問内容を考える。
- 1 時間あたりの問題数は、生徒の集中が切れないように、内容を精選して「10」以下 に抑える。
- ・生徒とのやりとりの中から改善点をみつけ、すぐに対応してよりよい発問にする。
- ・黒板や紙媒体、実験などとの有効な組み合わせ方を追求する。

イ スライド構成

- ・Trunk と Branch の構造を明確化する。Trunk の基礎・基本の流れを軸としながら、Branch で多様な生徒の学習到達度に応じた展開ができるようにする。
- ・写真は効果的だが、多いと生徒の集中が切れるので、厳選し数を抑える。
- ・流れにメリハリをつけ、短い動画や、ティータイム的な Branch を用意する。

ウ 実施にあたって

・「発問と教示の構成」や「展開における間の取り方」、「Trunk と Branch の使いこな し」などは、教師の指導力に負うところが大きい。

エ 効果的なワークシートの利用

- ・書く量が多いと、書くことに追われて内容をかみしめる余裕がなくなってしまい、また、流れも途切れてしまうので、要点だけを完結に書き込めるように工夫する。
- ・「まとめ」や「確認問題」の他、適切な評価につながる記述項目を検討する。

(6) おわりに

Qute は、生徒が積極的に授業に参加し、考えることができる指導方法であると考えられる。 理科の他の科目・単元で同様の教材が製作可能であり、また多くの教科においても実施可能な 汎用性のあるコンセプトとなっている。数年後は Qute による指導が多くの教科で行われ、い きいきと学習する生徒がどの教室にも満ちあふれていることを願っている。

今回併せて、学習指導計画において観点別の評価基準を設定し、生徒の学習状況の絶対評価 が行えるような試みも行った。今回得た成果をもとに、さらに研究を重ねていく必要がある。

Qute による指導が、生徒自らが主体的に考え力を育てることができると考えている。考える力を身に付け、判断し、創造する能力をもった人間に育てるための一助となるものと信じている。

IV 研究の成果と今後の課題

本研究は「生徒が自ら考える力を育てる授業展開と評価の工夫」という主題のもとに、①物理、②化学、③生物・地学の3つの分野で研究を行い、次のような成果があった。

物理では、静電気の分野を題材として、身近な素材や自作の器具を用いた実験を数多く行う 授業を行い、生徒の興味・関心を高めることができた。また、デジタル映像機器を効果的に活 用することで、発問や説明を能率的・効率的に行う授業展開を工夫することで、教師が黒板に 向いて板書している時間を減らし、生徒とコミュニケーションを取りながら、疑問や反応に応 じた授業を進めることができ、自ら考え、授業に積極的に取り組む生徒が増えた。

化学では「酸化還元を題材にした自ら考える力を育てる授業展開の工夫」というテーマで研究を行った。使い捨てカイロなどの身近な事物を用い、酸化還元反応についての定義を発問の内容・方法を工夫しながら説明し、酸素の授受による定義から電子の授受による定義へと展開できた。また、酸化還元反応が電子のやりとりで起こることを考えさせながら実験を行った。金属のイオン化傾向の指導については、デジタルカメラを用い、視覚的に教材を提示する工夫を行った。このような工夫を行うことで、教師と生徒とのコミュニケーションが密になり、生徒の酸化還元に対する理解を深めることができた。

生物・地学では、プレゼンテーションソフトを活用した指導方法の開発に取り組み、実践した結果、生徒たちは授業に参加し、考えるようになった。また、観点別に評価基準を設定し生徒の学習状況を把握することで、「生徒が自ら考える」力を育てられると考えている。今後、Quteによる指導方法を発展させていけば、考えることの楽しさ、勉強することの楽しさ、そして理科の楽しさを自然に身に付けることができると考える。さらに研究を深め、よりよいQuteの完成を目指したい。

次に、今後の課題は次のとおりである。

物理では、授業展開の研究に重心が偏り、評価方法についての検討が十分にできなかった。 生徒の学習意欲を持続させ、生徒の学習結果から授業に適切にフィードバックするためには、 どのような評価方法が有効であるかを考えていきたい。

化学では、よりよい発問の方法を考え、実験を伴う授業においても、また、実験を伴わない 授業においても、生徒が疑問に感じ、考える力を高める研究を深めていきたい。また、今回不 十分であった評価法についてもさらに検討を進めたい。

生物・地学では、開発した指導方法を用いた授業が単に楽しいということで終わらせず、生徒がきちんと考えることができるシステムとしていくことが課題である。そのためには、指導内容・発問内容の精査、学習内容の構造化、そして、生徒の学習を助ける評価方法の具体化が必要である。

最後に、今後、科学技術はさらに高度に進歩していくことが予想される。これからの時代に 生きる生徒たちは、自然に対する好奇心と科学に対する関心をもち、学んでいく姿勢が必要で ある。生徒が受け身の授業から脱し、自ら考え、積極的に授業に参加することを目指した本研 究を通して、授業を工夫すれば生徒は変わることが実感できた。授業に対する研究にかける努 力や熱意は必ずや生徒に伝わると信じている。我々も、常に向上心をもち、次代を担う生徒の ため、これからも本研究をきっかけとして教材研究に励んでいきたい。