

科学的思考力を高める授業の創造 (2)

鳥越 兼治	井上 純一	梶山 耕成	岸 俊之
磯崎 哲夫	古賀 信吉	鈴木 盛久	竹下 俊治
林 武広	前原 俊信	有田 正志	内海 良一
大方 祐輔	佐々木康子	白神 聖也	中田 晋介
平松 敦史	横山 道昭		

1. はじめに—科学的思考力の育成—

科学的思考力という定義は種々あり、どれも理解が得られることと思われる。自然科学において思考するという事は、自然を客観的に実験・観察して得られる様々な結果から、その原因を探り、原因と結果の因果関係をすっきりと説明できる明快な理論を構築することと考えられ、これは必ずしも数式とは限らず言語等でも説明できるであろう。この理論を構築するために、「仮説を立て、実験・観察を行い、仮説を検証し、仮説を修正する」ということを繰り返す。そして、自らの価値観をよそに置き、客観的な実験を計画し、得られたデータを中立的に分析し、仮説の立案と修正に、如何に直観力を発揮するかが理論構築の分かれ目となるだろう。今日では、自然科学は次第に哲学から離れ、技術との結びつきが深くなって、科学とは技術のための基礎と考える風潮があると思われる。しかし、科学的思考に最初から価値観が入ってくると大きな誤りを犯すこともある。例えば、実験計画やデータのとり方が杜撰であったり、データの解釈を捻じ曲げたり、データを改ざんしたりする場合さえ出ている。従って、科学的思考の場には、特に価値観を持ち込まない訓練が極めて重要である。また、何度も実証して忍耐強く考察し、思考する力が必要不可欠である。実験・観察は一度きりにならず何度も繰り返して行なう設定も必要であろう。そして、自分自身が結果を常に省みる訓練を行なうことが科学的思考力の育成の一助になるのではないだろうか。

2. 研究の目的・方法

現行学習指導要領では、基礎・基本を徹底し、自ら

学び自ら考える力などを育成することにより、確かな学力を育み、豊かな人間性やたくましく生きるための健康や体力なども含めた「生きる力」の育成が重要とされている。そのねらいをより一層実現させるために、学習指導要領全体の見直しが進められている。中央教育審議会の審議経過報告(平成18年2月)は、教育内容の改善の方向において、理数教育の改善に触れ、知識・技能の定着のみならず、思考力・表現力等の育成を挙げている。特に理科については、「見通しや目的意識を持った観察、実験を通して探究的な活動を一層充実し、『科学的な思考力』を育成する必要がある、そのための条件整備が重要である。」としている。近年謳われている「科学的リテラシー」の育成を考慮しても、身につけた知識や技能を活用する力として、科学的思考力の育成は重要かつ急務な課題であると考えられる。本研究はこれまでの「発展的学習を取り入れた授業の展開」の研究をふまえ、日々の授業の中で、児童・生徒の科学的思考力をどのように高めていくかを理論的・実践的に研究することを目的としている。本年度は、その第2年次である。

第1年次にあたる昨年度は、小学校において「もの溶け方」の単元で、中学校において「化学変化と原子・分子」の単元で、高等学校において「地球の歴史」の単元で、それぞれ実践を行った。その成果として、小学校では、モデル図と逆問題的な解決活動の有効性、中学校では、実験の工夫により、定量的な実験が可能となること、高等学校では、結果の異なる作業仮説の提示により、生徒の思考が促されることが示された。本年度も、理論・文献研究及び教材開発・実践研究を引き続き行った。

Kenji Torigoe, Junichi Inoue, Kousei Kajiyama, Toshiyuki Kishi, Tetsuo Isozaki, Nobuyoshi Koga, Morihisa Suzuki, Shunji Takeshita, Takehiro Hayashi, Toshinobu Maehara, Masashi Arita, Ryouichi Utsumi, Yusuke Ohgata, Yasuko Sasaki, Masaya Shiraga, Shinsuke Nakata, Atsushi Hiramatsu, Michiaki Yokoyama :
Development of scientific thinking (II)

3. 小学校における実践

指導者 岸 俊之

日時 2006年7月6日(木) 15:15~16:00

場所 理科室

クラス 小学校1部第6学年

(男子20名, 女子19名)

単元 もの燃え方

構想

本単元は、ものが燃えるためには常に新しい空気が必要であり、空気の成分である酸素がものを燃やすはたらきがあることを理解させる内容となっている。また、植物体が燃焼した場合には空気中の酸素が使われ、二酸化炭素が出されるということから、環境問題にも触れている。

燃焼を扱う場合、「燃える」と「燃焼」は区別して考えたい。「燃える」とは燃える物質の気体が炎を出す現象であるのに対し、「燃焼」は「燃える」も含めた酸化反応全般を指す。教科書で扱う植物体の燃焼は燃えるものが植物体であるため、酸素を消費し、二酸化炭素を発生させる。これまでに児童が扱っているマッチであるとかアルコールランプ、ガスバーナーもそれぞれ燃えるものが気体であったり、気体が発生して燃えているのだが、教科書ではどちらかというとき空気の成分が変化することに重点が置かれた内容となっている。それは環境問題にも目を向けさせようとする意図がはたらいっているということもあるが、やはり物質の変化を扱う上では「燃焼=物質が酸素と結びつくこと」と捉えた方が自然である。指導要領改訂の際に削減となった金属の燃焼や木の蒸し焼きを通して、「燃焼」についてももう少し科学的な概念を育成するべきであると考えている。断片的に燃焼を扱うことによって、あるいは燃えた後の気体だけに焦点を当てることによって、例えば「火を消しているのは二酸化炭素である」または「燃焼するとすべて二酸化炭素が発生し、燃えたものはなくなる」といった素朴概念を生み出す結果となっていることを反省材料としたい。

科学史を紐解けば、この「燃焼」においても素朴概念が一般化されていた時代があった。燃焼とは物質からフロギストン(燃素 *phlogiston*)が失われることであるというフロギストン説が生まれたのである。可燃性物質はフロギストンを多く含む物質であり、燃焼とはそれらの物質がフロギストンを失う現象と考えた。しかし、ラバオジエは1772~1788年にわたって、物質の燃焼が酸素との結合による化学反応であることを明らかにした。また、空気中の燃焼を支える成分すなわち酸素は、空気の体積の約1/5であり、これは同時に動物

の呼吸を支える成分でもあること、空気は酸素と窒素の混合物で単体でないことも明らかになった。

この単元では、ものが燃えるときには酸素が必要であり、植物体が燃えた後で酸素が減り、二酸化炭素がふえるということを学習することになっている。ところが、「燃える」という現象を多面的に考えさせる場面が少なく、科学史でいう「フロギストン説」が子どもの概念の中に生じないとも限らない。ここでは「燃える」という学習の中に、少なくとも以下のような基礎認識も必要であると考える。

- ① 物質には固体、液体、気体があること。
- ② 閉鎖された場所で燃焼がおきたとしても、物質全体の重さは変わらないこと。
- ③ 燃焼の際に使われた酸素はなくなったわけではなく、他の物質に変化したこと。
- ④ 気体にも重さがあり、空気は気体の混合物であること。
- ⑤ ものが燃える際には熱が発生するが、熱には重さがなく、また、熱せられた気体は上へと上昇すること。

本単元の課題提示では、ものの燃え方ではなく、むしろ炎が消えるという現象に目を向けさせている。これは、「燃える」が継続した現象であるのに対し、炎が消えるということは他の要因によって現象が変化することであるため、逆に「なぜ燃えるのか」という点に注目しやすくと考えたからということと、燃えるための条件は複数あり、なぜ燃えているかが見えにくいからである。ものが燃える条件としては、燃えるものがあること、酸素があること、発火点以上の温度であることの3つがあげられる。このうち1つでも条件が欠けると火は消える。そこでまず、ろうそくの火を吹き消し、なぜ火が消えたかという課題から、ものが燃えるときには必ず燃えるもの(気体)があるということを学習する。次に閉鎖した状態のびんや筒の中でろうそくを燃やし、なぜ消えるかという課題から、空気の成分の変化について学習する。また、金属の燃焼から、燃焼によって物質の重さ全体は変わらず、金属(酸素)は別の物質に変化したことを学習する。本時でろうそくの高さによる火の消え方を扱ったのは、上の「基礎的認識」でいうと②、④、⑤の認識力をつけさせ、燃焼についての概念をさらに確かなものにしようとしているためである。

指導計画(全13時間)

1. ものを燃やし続けるための条件は何かを調べる。
.....3時間

2. 空気中の何がものを燃やしていたのかを調べる。
.....4時間
3. 空気中の何が火を消していたのかを調べる。
...3時間 (本時2/3)
4. 燃焼について調べる。.....3時間

本時の目標

高さの違う2本のろうそくの火が消える様子を観察し、消える時間に差がある原因が空気の対流によるものであることや、二酸化炭素だけによって火が消えたのではないということを理解することができる。

本時の指導過程

学習活動	指導の意図と手だて	評価の観点
1 前時の学習を想起する。 2 本時の課題を知る。	○ ものが燃えた後の空気は酸素が減り、二酸化炭素が増えていたことを確認し、本時の課題につなげる。	○ ものが燃えたあとの空気中の成分を理解しているか。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 筒の中に入れた高さのちがう2本のろうそくの火は、どうなるだろうか。 </div>		
3 自分の考えを持ち、どうしてそう考えたかについて意見交流する。 4 火の消え方から、自分の考えを強化、修正する。また、何度か現象を観察することで、なぜそうなったのかを考える。 5 どのようにすれば高い位置の火が消える原因を明らかにすることができるかを話し合い、次時につなげる。	○ ものが燃えるときに発生する気体の性質や、空気があたまるときに起こる対流など、既習の学習内容から考えるようにさせる。 ○ 自分の考えを工夫しながら相手に説明することができるように助言する。 ○ 火が消えた原因を多面的に考えさせるようにし、目的に合ったより現実的な実験方法を引き出す。	○ 既習の学習から、自分の考えを持つことができたか。 ○ 実験結果から自分の考えを説明することができたか。 ○ 目的にあった実験方法を考えることができた。 ○ 課題を解決する過程で新しい課題を生み出すことができたか。



実践結果と課題

本時では2本のろうそくを空気の入替わらない容器の中で燃焼させ、どちらが先に消えるかを課題にすることで、科学的思考力を高めようと試みた。見えな

い現象をより見えやすい状態、つまり「火が消える」という現象を通じて、ものが燃える条件を思考させたわけである。この授業で、子どもたちは二酸化炭素が火を消していたのではないことや、燃焼は熱をとるため、空気の対流が起こること、そして、空気というのは混合物であり、二酸化炭素だけが下にたまっているわけではないということを学習することができた。このことから、課題は本時だけで解決しなければ学習成果が上がらないというものではなく、課題を解決しようとする思考そのものが、子どもたちの素朴概念をより科学的概念に近づける役割を持つということがわかる。

ところが、ここまでの学習でいろいろな意見は出されるものの、二酸化炭素が火を消しているという素朴概念は変わりにくい。また、二酸化炭素が重いという知識から、二酸化炭素だけが下にたまっているとする

考えも根強い。次時の実験では、二酸化炭素が火を消したのではなく、酸素の濃度が火を消す原因だったことを、二酸化炭素の濃度を変えた中で燃焼実験をすることにより確かめた。これにより、これまでの素朴概念はほぼ払拭され、さらには、酸素センサーで酸素濃度を調べたり、筒をいろいろな大きさに変えて実験したりするなどの実験により、これまで二酸化炭素が下にたまっていたとする素朴概念を持つ子どもも大幅に減ったことは大きな成果といえるだろう。



4. 中学校における実践

指導者 梶山 耕成

日時 2006年11月10日(金) 10:35~11:25

場所 第1物理教室

クラス 中学校第3学年B組(男子19名, 女子20名)

題目 運動の規則性

目標

1. 物体の運動やエネルギーに関する観察, 実験を通して, 物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解する。
2. 物体に一定の力が働く運動及び力が働かない場合の運動についての観察, 実験を行い, 得られた結果からそれらの規則性を見いだす能力を養う。
3. 条件の異なる実験結果を比較, 検討することによって, より一般的な規則性を導くための科学的思考力を育成する。

時間配当

1. 運動における速さと向き・・・・・・・・・・1時間
2. 物体の運動と力の関係・・・・・・・・・・2時間
3. 物体に力が働いているときの運動
・・・・・・・・・・3時間(含む本時)
4. 物体に力が働いていないときの運動・・・2時間
5. エネルギーの種類と保存・・・・・・・・・・3時間

指導の経過と今後の計画

学習指導要領(1)身近な物理現象(イ)力と圧力において, 物体に力が働くとその物体が変形したり動き始めたり, 運動の様子が変わったりすること, ならびに物体に2力が働く場合の力が釣り合う条件を学習している。さらに, 物体が運動する場合について, 記録タイマーや距離センサーなどを使った定量的な実験を通して, 物体には速さがありその大きさを比べることができること, また運動には向きがあることなどを学習している。このように物体の運動に着目した視点に続いて物体に一定の力が働いている場合の運動を, 斜面を下る物体を例に考えていくのが本時の学習である。生徒達は, 斜面を下る物体が次第に速くなることは, 日常経験などから知識として定着しているであろう。ところが, 移動距離と時間に規則的な関係があることは十分理解できていないものと思われる。そこで, 身の回りにある材料を用いた実験を行い, 得られた結果を処理し, 既存の知識と関連付け, 規則性を見だし, 得られた知識をもとに他の条件の場合について類推することを通して, 科学的思考力を育成することができるものと考えられる。

今後は, 等速直線運動やエネルギーの考え方を観察, 実験を行い学習することを通して, 運動の規則性を見だし科学的思考力を高める授業を行う予定である。

本時の題目 斜面を下る物体の運動

本時の目標

1. 斜面におかれた物体のように, 物体に一定の力が働いた状態で運動する場合, 物体は次第に速くなっていくことを理解する。
2. 物体が斜面を下る場合について, 移動距離と時間との関係を調べる実験を行い, データを処理し規則性を見いだす力を養う。
3. 得られた規則性を他の条件の場合に当てはめ, 規則性の有用性を確かめることを通して, 科学的思考力を育成する。



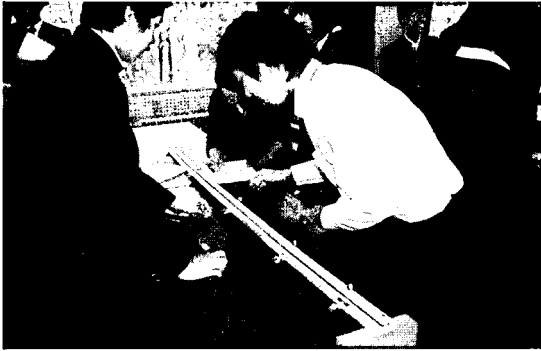
本時の指導過程

学習内容	指導過程・学習活動	評価・指導上の留意点
<p>[導入] 力が働く場合の運動の観察</p> <p>[展開] 斜面を下る物体の運動について、移動距離と時間との関係を調べる実験をする。また、データの処理を行い、規則性を発見する。</p> <p>[発展] 等加速度運動する物体の規則性について条件を変えて確かめる。</p>	<p>・平面上で一定の力が働いている場合、物体は次第に速くなることを示す。[演示実験] ・移動距離と時間との関係に注目させ、ガリレオの斜面の実験を紹介する。</p> <p>・斜面を落下する物体について、等時間間隔での移動距離を確かめる実験をする。[生徒実験] ・実験方法 メジャー付き滑走台を用意し、針金の先に鈴を付け他端をクリップに固定した装置（以降鈴付きクリップという。右図参照）を小球が転がり始める側の端の方に固定する。その後、小球を転がし、鈴付きクリップに当たると衝突時間間隔が一定になるように次々に鈴付きクリップを滑走台に取り付ける。（右図参照）取り付け位置を測定する。</p> <p>・データの整理 横軸を時間、縦軸を移動距離にしたグラフを書く。 得られた結果から、これらの関係に何か規則性がないか生徒に問う。</p> <p>・横軸を時間の2乗にしたグラフを書き、直線になることを確かめる。</p> <p>・転がりはじめの位置からはじめに衝突する鈴までの長さを任意に決めたととき、どの位置に他の鈴をセットすると等時間間隔で鈴が鳴るか、予想し実際に確かめる。</p>	<p>・定性的な関係を示すのみにとどめる。（関心・意欲・態度） ・ガリレオについて科学史の視点から彼の意義に触れる。（興味・関心）</p> <p>・斜面があまり急にならないようにする。また、等間隔の時間はガリレオの時代に模して、人間の脈拍を用いる。（知識・理解）</p> <p>・誤差が±1cm程度は出ることを確認する。（思考） ・各班の斜面の角度は任意にする。</p> <p>・グラフの書き方を復習する。（技能・表現） ・生徒からの意見をできるだけ引き出すようにする。（思考）</p> <p>・落下距離が時間の2乗に比例することは、加速度の大きさ（すなわち、どのような角度の斜面でも）に依存しない関係であることを確認する。（思考）</p>
備考	<p>使用教科書：理科1分野下（啓林館） 使用器具：スケール付斜面台（自作）、鈴付きクリップ（自作）（各班5個）、小球</p>	

実践結果と課題

中学校の事例では、物体に一定の力が働いている場合の運動について、斜面を下る物体を例に考えた。今回製作した斜面と、斜面上で小球が衝突する際に音を発生する鈴付きクリップを用いた実験は、一定時間ごとの小球の移動距離の間隔が簡単な整数比になる、というものである。このアイデアはガリレイの実験を模したものであるが、現代の生徒実験でも、結果の単純

さ故に学習者には十分新鮮な驚きとして受け止められた。更に、生徒達は、得られた結果を整理し、既存の知識と関連付けたり、得られた規則性を基に、斜面の傾きを変えたり小球の質量を変えたりして実験条件を変えた場合の結果を予測するなどして、科学的な思考力を育成することができた。課題としては、得られた規則性をエネルギーの考え方と結びつける学習を通して、科学的思考力を高める必要があろう。



5. 高等学校における実践

指導者 井上 純一

日時 2006年11月10日(金) 9:30~10:20

場所 第2生物教室

クラス 高等学校 I 年4, 5組選択クラス 40名

(男子11名, 女子29名)

単元 体液とその恒常性

目標

1. 内部環境や恒常性の概念およびそれらを維持するしくみについて理解させる。
2. 恒常性の維持に関わる種々の構造や調節作用のしくみを、自分自身の問題として身近にとらえ、生命維持の精巧さや複雑さについて深く探究することのできる見方や考え方を育成する。
3. 観察・実験技能を習得させるとともに、結果を考察し、自らの考えを導き出すことのできる科学的な思考力を高める。
4. 生命尊重の精神や倫理観を養う。

時間配当

1. 内部環境としての体液・・・・・・・・・・6時間
2. 自律神経系とホルモンの働き
・・・・・・・・・・4時間(含む本時)
3. 恒常性を保つ働き・・・・・・・・・・4時間

指導の経過と今後の計画

生徒はこれまでに様々な動物の組織、器官を用いて観察、実験し、実物に触れながら学習する機会を得ている。しかし、それらの精巧かつ複雑なしくみを自分自身の問題に置き換え、身近なものとして考えることは容易ではない。生命現象を自分自身の問題として深く探究できるようになるためには、「今自分の体内で起こっている現象」を目の当たりにし、形態的、生理的な変化を科学的に分析することが必要であると考え。

そこで、今回の授業実践では、まず、貝類の心臓拍動における周期的な形態変化を観察することにより、「今自分の体内で起こっている現象」を五感で体感さ

せる。次に、実験結果からノルアドレナリンやアセチルコリンといった神経伝達物質の作用により、拍動の促進・抑制が行われていることを理解させる。そして、これらの活動を通して、心臓拍動が不変的なものではなく、微量な調節作用をくり返すことによって自律的に維持されていることを見いださせたい。また、その複雑かつ精巧なしくみについて問題意識を持ち、既存の知識を用いて科学的に探究することができるようなきっかけを与えたい。

こうした展開を受けて、次時の授業では、恒常性を維持するために働く自律神経系やホルモンについて学習していく。心臓拍動の調節においては、延髄が中枢であることや交感神経と副交感神経が拮抗的に働いていることなどを学習する。そして、血液中の酸素の消費量や二酸化炭素濃度など、これまでに得られた知識を結びつけて拍動調節の全体的なしくみをとらえるようにさせたい。また、体内で働く種々のホルモンやその調節作用について、日常生活における具体例と関連づけて深く探究できるようにさせたい。

このような学習を通して、生徒は自分自身の健康問題、あるいは他の生物との共生などについても考えるようになり、科学的な思考力を高めることができると考える。

本時の題目 貝類(大型二枚貝)の心臓拍動の調節
本時の目標

1. 恒常性を維持する臓器である心臓の拍動における周期的な形態変化を理解させる。
2. 2種類の神経伝達物質の作用により、拍動の促進・抑制が行われることを理解させる。
3. 拍動による周期的な形態変化が、自律神経系やホルモンの働きによる微量な調節作用をくり返すことで自律的に維持されていることを見いださせる。
4. 生命維持の複雑かつ精巧なしくみを身近な問題としてとらえ、科学的に探究できる力を育成するとともに、生命尊重の精神や倫理観を養う。



本時の指導過程

学習内容	指導過程・学習活動	評価・指導上の留意点
<p>【導入】 本時の目的の理解</p> <p>【展開】 貝の内部形態の確認</p> <p>観察、実験の手順の理解</p> <p>【観察・実験】 貝類の拍動調節の観察</p> <p>【終結】 実験のまとめ</p>	<p>本時の目的を理解する。</p> <p>1) 心臓はどのように拍動しているのだろうか。</p> <p>2) 2種類の神経伝達物質の作用により、拍動はどのように変化するか。</p> <p>3) 心臓の拍動はどのようにして一定に保たれているのだろうか。</p> <p>動物実験における配慮事項を理解する。</p> <p>実物投影機にて、貝の内部形態および心臓拍動のようすを確認する。</p> <p>手順を演示し、注意事項と観察、実験のポイントを確認する。</p> <p>貝を開き、左殻を丁寧に取り除く。</p> <p>右殻上部の囲心腔にある薄膜をピンセットで取り除き、心臓を露出させる。</p> <p>心臓の部分に①～⑤の溶液を順に投与し、1分間あたりの拍動数を測定する。</p> <p>① 水 (対照実験)</p> <p>② ノルアドレナリン (1mg/100ml)</p> <p>③ ノルアドレナリン (10mg/100ml)</p> <p>④ アセチルコリン (1mg/100ml)</p> <p>⑤ アセチルコリン (10mg/100ml)</p> <p>1分間あたりの拍動数の測定結果を集計し、全てのデータに基づいたグラフを提示する。</p> <p>実験結果より、2種類の物質の投与と拍動数の変化の関係についてどのようなことが言えるか。</p> <p>私たちの心臓の拍動はどのようにして一定に保たれているのだろうか。日常生活において不安や恐怖を感じているとき、逆に安静時や疲労回復時などを例にして、その調節のしくみについて考察する。</p>	<p>2×20班で観察、実験を行う。</p> <p>1), 2) については予想させる。</p> <p>3) については、1), 2) の結果をもとに考察することを伝える。</p> <p>本時の目的を理解しようと努め、すすんで観察、実験を行おうとする姿勢が伺えるか。(関心・意欲・態度)</p> <p>生命尊重についての指導を行う。</p> <p>心臓の位置と拍動による形態変化を確認させる。</p> <p>カッターや眼科バサミの使用、薬品(劇物)の取り扱いに注意させる。</p> <p>ゴム手袋の装着を徹底させる。</p> <p>班員と協力して観察・実験の準備を行っているか。(関心・意欲・態度)</p> <p>すすんで観察・実験を行っているか。(関心・意欲・態度)</p> <p>安全に注意し、また、生命に配慮しながら、丁寧に観察・実験を行えているか。(技能・表現)</p> <p>拍動のようすの変化にも着目させる。</p> <p>実験結果を適切に表現できているか。(技能・表現)</p> <p>実験結果について正しく発表することができるか。(技能・表現)</p> <p>2種類の神経伝達物質の作用により、拍動の促進・抑制が行われることを理解しているか。(知識・理解)</p> <p>拍動の周期的な形態変化が、自律神経系やホルモンの働きによる微量な調節作用をくり返すことにより、自律的に維持されていることを見いだすことができるか。(思考・判断)</p>
<p>備考</p>	<p>使用教科書：高等学校理科総合B、高等学校生物I (第一学習社)</p> <p>準備物：オオアサリ (ウチムラサキ)、人工海水、ノルアドレナリン、アセチルコリン、蒸留水、ピペット、カッター、眼科バサミ、ピンセット、解剖皿、シャーレ、ストップウォッチ、解剖用手袋、消毒液、ペーパータオル、雑巾</p>	

実践結果と課題

今回の実践では、大型のオオアサリ（1個150～200円）を用いることで、心臓が拍動しているようすを肉眼で見ることができるという利点があった。しかし、心臓を丁寧に露出させることが大変難しい作業であったため、いくつかのグループが心臓を傷つけてしまい、貝を死なせてしまうことになった。ただ、最初に実物投影機で心臓の拍動を提示したときに、生徒が真剣な表情を浮かべて見ていたことは大変印象的であり、小さな生命がゆっくりでも生きていることを実感できたのではないかと考えている。

また、今回は、ノルアドレナリンとアセチルコリンという拮抗的なはたらきを持つ2種類の神経伝達物質を順に投与し、拍動数の変化を調べることを試みた。しかし、上述したように、心臓を露出させることに失敗したグループがいくつかあり、予備の貝もすべて使ってしまったので、残念ながらすべてのグループがデータを得ることはできなかった。教師の予備実験では、ノルアドレナリンを投与すると通常に比べて1分間当たり3～5回ほど拍動数が増加し、アセチルコリンを投与すると通常の拍動数に戻り、さらに濃度を高くすると心臓がほぼ停止状態になることが分かっていた。実験結果が得られたグループのデータを集めて平均値を算出したところ、ノルアドレナリンで拍動促進、アセチルコリンで拍動抑制というある程度の傾向が見られた。これにより、生徒は2種類の神経伝達物質の拮抗的な作用についてある程度理解できたのではないかと考えている。

次時では、実験結果をもとに、心臓がどのようなしくみで一定に保たれているかを考察させた。その際、今回用いた物質が低濃度かつ微量であったことを意識させるとともに、神経伝達物質が神経における興奮の伝達にはたらいていることを回想させた。また、今回の実験で目の当たりにした現象を、自分の体内の現象と照らし合わせることで、日常生活の例をふまえて考えるようにさせた。その結果、大半の生徒が、2種類の伝達物質の分泌量が互いに調節されているとか、それらが自律的に行われているなどと考察することができていた。さらに何人かの生徒は、自分が不安や恐怖を感じているときや安静などときのしくみについて述べたり、自律神経のはたらきについて述べたりしていた。このことから、今回の実践は、多くの生徒に対して、恒常性というものが常に調節作用をくり返すことにより、自律的に維持されるものであることを理解させ、それらの現象をより身近な問題として考えるきっかけを与えることができたのではないかと考えている。

一方で、今回の実践は時間的制約もあり、生徒に生

命現象をじっくり観察させることや、それらについて深く探究させたり表現させたりする場面を設定することができなかった。科学的思考力の育成のみならず、生命尊重の精神を育む意味でも、ひとつの生命とじっくり向き合い、それに対して何かを問いかける機会は大変重要である。また、実験技能についても習熟させる機会を提供できず、失敗したグループには残念な思いを与えてしまった。これらのことを受け、今後は、生命現象の複雑かつ精巧なしくみを身近な問題としてとらえさせ、科学的思考力を高めさせる実践になるよう、実験計画・方法を含めて再検討し、改善していきたいと考えている。



6. 研究のまとめ

本年度は、小学校において「ものの燃え方」の単元で、中学校において「運動の規則性」の単元で、高等学校において「体液とその恒常性」の単元でそれぞれ実践を行った。小学校では、ものが燃える条件を、反対に「火が消える」という現象から思考させることを試みた。その結果、二酸化炭素が火を消しているとか、下にたまっているなど、多くの児童が持つ素朴概念を払拭させることができた。また、課題解決においては、連続した思考の過程を経ることで、児童の素朴概念が科学的概念に近づいていくことが明らかにされた。

中学校では、先人である科学者のアイデアを取り入れ、自作の実験装置を用いて、斜面を下る運動における移動時間と距離の規則性について思考させることを試みた。先人のアイデアは、結果の単純さから生徒にも十分な驚きを与えることができ、科学的な内容を取り込むことの有効性を改めて提示することができた。また、それにより、生徒が得られた結果を整理し、既存の知識と関連付けたり、得られた規則性を基に、実験条件を変えた場合の結果を予測したりすることができるようになった。このように、生徒が思考を深める場面が生まれたことは大きな成果であった。

高等学校では、心臓の拍動における形態的・生理的

な変化を肉眼で観察させ、その結果を分析させることにより、生命現象を身近な問題として思考させることを試みた。生命現象を五感で捉えるとともに、結果を日常生活と関連づけて考察させることにより、生徒の様々な思考を引き出すことができた。また、恒常性が維持されている背景にある、種々の調節作用やその複雑かつ精巧なしくみに対して探究心を持ち、生命現象をより身近な問題として思考するきっかけを与えることができた。

理科においては、自然体験を重視し、感動を言葉で表すことができるようになると、面白いと感じられるのではないかと考えている。新学習指導要領においては、「体験」的な活動をできるだけ取り入れるようになることが予想される。その際、安価で身近なものを使い、生徒に感覚的に捉えさせることが大切であり、指や体を使うことで、知識と体験がまとまりを持ち、自分のものとなるであろう。実験のための実験ではなく、何をしようとしているかをはっきりさせ、実験・観察をさせる必要がある。また、新学習指導要領では、上記の体験的な活動とともに、「言葉」の重要性が謳われるであろう。理科では、何が最終的にわかったのかをはっきりさせ、言葉で厳格に説明できることが求められる。そのためには自然科学の広いバックグラウンドが必要である。これらの点については、本年度の小・中・高の実践で、多くの成果を上げることができたのではないかと考えている。今後は、それぞれの課題を改善し、科学的思考力をさらに高めることのできるような授業の創造に向けて努力していきたい。

<引用・参考文献>

1) 文部科学省中央教育審議会初等中等教育分科会 教

- 育課程部会、「審議経過報告 平成18年2月」、2006。
(http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/hukyo0/toushin/06021401.htm)
- 2) 湯本信夫、「科学的思考を伸ばす指導原理」、東洋館出版社、1958.
 - 3) 中野栗夫、「科学的思考力育成の実際」、東洋館出版社、1965.
 - 4) 日置光久、「展望 日本型理科教育」、東洋館出版社、2005.
 - 5) 日本理科教育学会編、「科学的思考力をどう育てるか」、『理科の教育 7月号 Vol.54』、東洋館出版社、2005.
 - 6) 日本理科教育学会編、「生命尊重の心を育むー理科教育の新たな挑戦ー」、『理科の教育 5月号 Vol.55』、東洋館出版社、2006.
 - 7) 日本理科教育学会編、「理科における読解力の育成」、『理科の教育 6月号 Vol.55』、東洋館出版社、2006.
 - 8) 日本理科教育学会編、「新学習指導要領への期待ー理科の立場からー」、『理科の教育 11月号 Vol.55』、東洋館出版社、2006.
 - 9) 岩本伸一他著、「実験観察 生物図説」、秀文堂、2005、p. 204.
 - 10) 廣瀬一美他著、「新版 水産動物解剖図譜」、成山堂書店、2006、pp. 32-33.
 - 11) 岡田要著、「原色動物大図鑑第Ⅲ巻」、北隆館、1970.
 - 12) 渡辺採朗、「高校生のためのハマグリの解剖マニュアルと図譜の作成」、『生物の科学 遺伝 Vol.60 No.3』、NTS、2006、pp. 12-14.
 - 13) D.ノーブル著、有田真訳、「心臓拍動の生理」、学会出版センター、1981.