新高等学校学習指導要領の趣旨を踏まえた理科教育の在り方に関する研究

新学習指導要領理科の改訂の趣旨として「基本的な概念の一層の定着」「科学的な思考力・表現力の育成」「科学を学ぶ意義や有用性を実感させる」「科学的な体験，自然体験の充実を図る」等が示された。そこで，各研究協力委員が所属校において，これらの方針を意識した指導法を開発し，実践を行った。各実践後の検証から，新学習指導要領の趣旨を踏まえた指導を行えば，授業に対する生徒の興味・関心を高め，理解を深めることができ，さらに，論理的な思考や判断，表現をする力をはぐくむことができることが分かった。

＜検索用キーワード＞　高等学校理科　　新学習指導要領　　理科授業　　理科教育
実態調査　　アンケート調査　　観察・実験　　指導法

研究会委員

県立瀬戸西高等学校教諭	塩屋　雄一（平成21，22年度）
県立知立東高等学校教諭	都築　慶和（平成22年度）
県立松蔭高等学校教諭	牧原　秀一（平成20，21，22年度）
県立中村高等学校教諭	杉嶋　重男（平成20，21，22年度）
県立一宮高等学校教諭	金廣　伸也（平成20，21，22年度）
県立海翔高等学校教諭	鶴見　泰文（平成20，21，22年度）
県立日進西高等学校教諭	平山　麻紀（平成22年度）
県立半田高等学校教諭	若山　正芳（平成21，22年度）
県立足助高等学校教諭	山本　智爾（平成22年度）
県立西春高等学校教諭	野口　裕生（平成20，21年度）
県立刈谷高等学校教諭	川手　文男（平成20，21年度）
県立岡崎東高等学校教諭（現　総合教育センター研究指導主事）岩月　迅美（平成20，21年度）	
総合教育センター研究指導主事	宇野　弘重（平成20，21，22年度）
総合教育センター研究指導主事	櫛田　敏宏（平成20，21，22年度主務者）

１　はじめに

平成20年１月に出された，中央教育審議会答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」を踏まえて改訂された新高等学校学習指導要領が平成21年３月に告示された。高等学校では，理科は，数学とともに平成24年度入学生から年次進行により先行実施される。上記の中央教育審議会答申では，理科の課題として，学習意欲が低い，基盤となる自然体験，生活体験が乏しい，基礎的な知識・理解及び科学的な思考力・判断力・表現力が不十分であるなどが挙げられた。新学習指導要領理科は，それらを改善する方向で改訂されている（**資料１**参照）。

今回，平成24年の新学習指導要領の実施に向けて，その改訂の趣旨を踏まえた学習指導の在り方を実践研究したので報告する。

２　研究の目的

学習指導要領の改訂の趣旨を生かし，各研究協力委員の所属校における生徒の実態などを踏まえて，各校に適した理科の学習指導法を実践・検証を通して開発する。指導法の開発に当たっては，研究協議会で検討して進めていく。各校の実践研究等の成果を広く発信する。

なお，中央教育審議会答申から新高等学校学習指導要領理科の改訂の趣旨を次の４点に整理した。

①　科学に関する基本的な概念の一層の定着を図り，科学的な見方や考え方を育成すること。
②　科学的な思考力，表現力の育成を図ること。
③　科学を学ぶ意義や有用性を実感させ，科学への関心を高めること。
④　科学的な体験，自然体験の充実を図ること。

３　研究の方法

(1) 意識調査

研究協力委員（高等学校９名）所属校において，生徒の理科に対する意識を調査するために，アンケート調査を実施した。調査結果は，実践研究の資料とした（**資料２**参照)。

(2) 実践研究

研究協力委員が担当する理科の適した単元において，新学習指導要領の趣旨を踏まえた授業展開や教材を研究し，実践・検証を通して，新しい指導法を開発した。

４　研究の内容

(1) 意識調査の結果

研究協力委員の所属校各２クラス程度（９校合計 686 名）の生徒に対して，理科に対する意識についてのアンケート調査を実施した。調査内容は，前出の中央教育審議会から出された理科の課題に関する事項を中心に設定した。

生徒に対しては，「理科についてのアンケート」として，無記名で実施した。回答生徒の属性は，学年としては，３年生が 39%，２年生が 34%，１年生が 27%であり，類系としては，理系が 56%，文系が 18%，１年生を中心として 26%が類系は未定（未類系）であった（結果詳細は，**資料２**)。結果の考察に関しては，肯定的回答（とても～，まあ～）と否定的回答（あまり～ない，全く～ない）に分けて行った。

ア　理科授業に対する意識（**図１**）

「理科の授業は好きか」について 71%（グラフ①)，「理科の授業に対して意欲的な取組ができているか」について 67%（グラフ②)，「理科の授業内容は理解できているか」について 71%の生徒が肯定的に答えている。３分の２以上の生徒が「理科の授業は好きであり，意欲的に取り組み，内容も理解している」という状況であることが分かった。今回の調査では理科嫌いという様子は見られなかった。

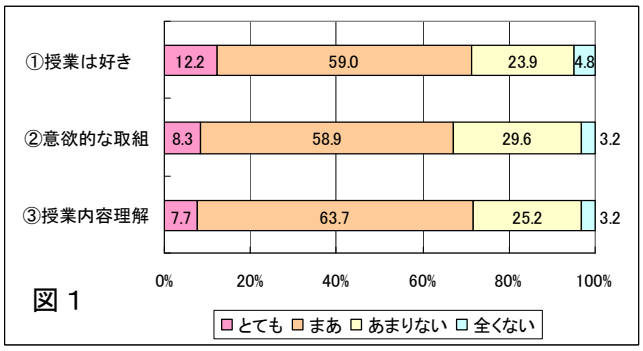


図１

イ　理科に対する意識　将来役立つのか，日常生活との関連はあるのか（**図２**）

「入試や就職試験に役立つか」については 78%（グラフ④）が肯定的に答えた反面，「将来社会に

出て役立つか」の問いに対しての肯定的回答は 50%弱（グラフ⑤）であった。「日常生活や社会と関連しているか」については 71%（グラフ⑥）が肯定的に回答した。

次に，「将来社会に出て役立つか」と「日常生活や社会と関連しているか」について，類系別にクロス集計したところ，どちらの項目も，理系と文系では 20 ポイント以上の差があった。また，１年生を中心とした未類系はほぼ文系と同じような回答パターンであった。このことから，この２項目に関しては，特に１年生における理科科目で重視しなければならない指導項目であることが浮き彫りとなった（**図３**，**図４**）。

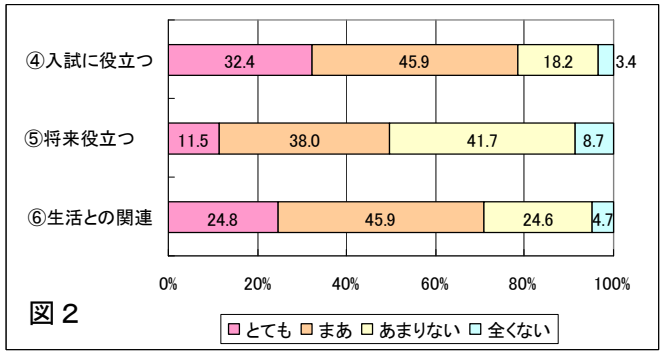


図２

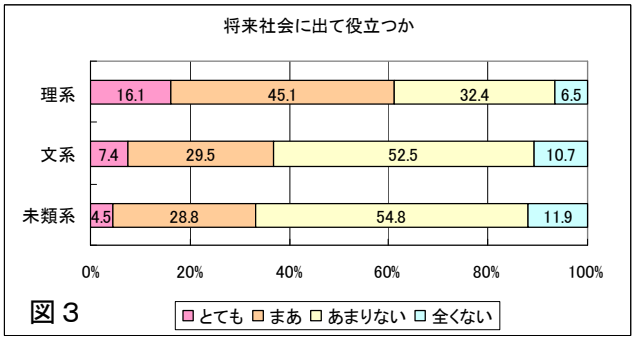


図３

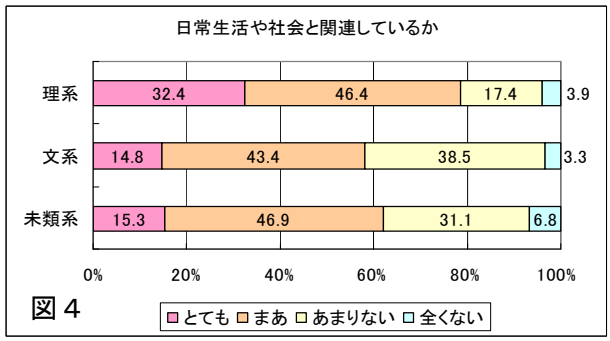


図４

ウ　生徒の意欲　物事への興味・関心，思考，表現（**図５**）

「物事をじっくりと考えることは好きか」について 68%（グラフ⑦），「体験したり，経験したりすることは好きか」について 87%（グラフ⑧）の生徒が好きと答えている。それに対して，「小論文などの文章を書くこと」について 71%（グラフ⑨），「説明したり，解説したりすること」について 68%（グラフ⑩）の生徒が苦手と答えている。

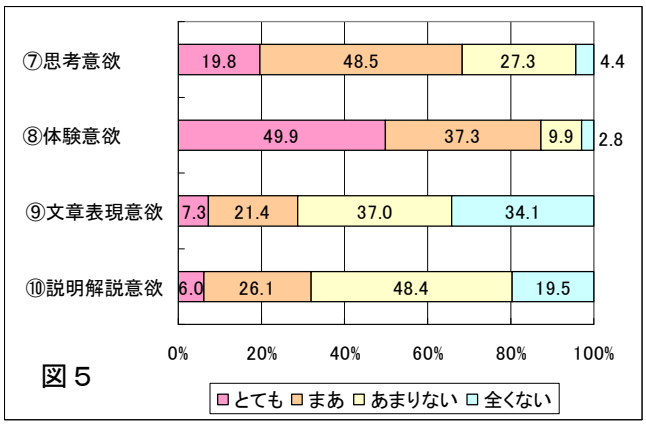


図５

エ　論理的文章を書いたり，グラフの読みかきをしたりすること（**図６**）

グラフを読むことについて 63%（グラフ⑪），グラフをかくことについて 70%（グラフ⑫）の生徒が不得意と答えている。「観察・実験は好きか」の問いに対しては 80%以上の生徒が肯定的に答えているが，観察・実験で結果や考察をきちんと書くことについて 63%（グラフ⑬），論理的な文章を書くこと 66%（グラフ⑭）の生徒が不得意と回答している。

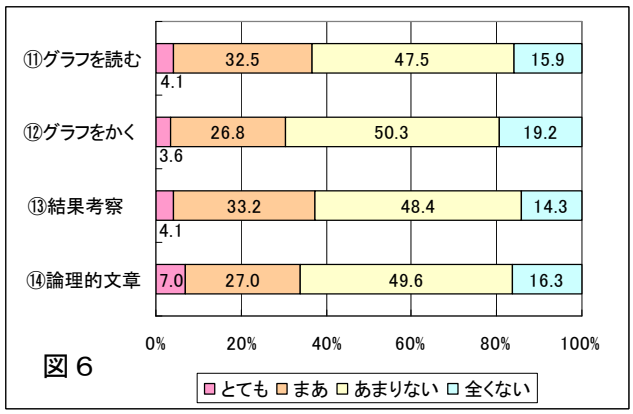


図６

以上のように，じっくりと考えたり，体験や経験をしたりすることは好きであるという思考意欲や活動意欲が高い生徒が多い反面，論理的な思考や表現，グラフの読み，かきを苦手とする生徒が多いという実態が浮き彫りとなった。この傾向は，平成 19 年度の教育研究調査事業「高等学校理科における読解力の育成に関する研究」で行った実態調査でも同様の結果が得られた。

以上から，新学習指導要領で求められる，「科学的な思考力，判断力，表現力の育成を図ること」の重要性が裏付けられる結果となった。

(2) 実践研究について

意識調査の結果も踏まえて，新学習指導要領の趣旨４点を生かした実践研究を行った。

実践１　科学に関する基本的な概念の一層の定着を図り，科学的な見方や考え方を育成すること。
・デジタル教材を活用した実践（web 上のコンテンツを使う場合と自作のコンテンツを使う場合）
実践２　科学的な思考力，表現力の育成を図ること。
・化学を通して言語活動の充実を目指す，グラフ指導，生物の実験指導を通して
実践３　科学を学ぶ意義や有用性を実感させ，科学への関心を高めること。
・長期休業中のレポート課題を利用して，デジタル教材を活用する
実践４　科学的な体験，自然体験の充実を図ること。
・長期的な定点観測，海底堆積物・海岸漂着物の観察，補習を利用した観察・実験の実施

また，「簡易的な霧箱の実験」「原核生物の観察」「簡単なＤＮＡの抽出実験」など新設される物理基礎や生物基礎で扱われる新しい実験についても実践研究を行った。

実践１の基本的な概念の一層の定着や実践４の科学的な体験，自然体験の取組について，該当単元において，生徒の興味・関心を高め，理解を深めることができた。また，実践２の科学的な思考力，判断力，表現力の育成に関する取組により，論理的な思考や判断，表現をする力を育むことができた。さらに，実践３の科学を学ぶ意義や有用性を実感させる取組では，日常生活と科学技術は密接につながっており，理科で学ぶことは将来社会に出てから役立つことに気付かせることができた。以上の成果が実践後の検証から明確になった。

５　研究のまとめと今後の課題

今回と平成 19 年度の「高等学校理科における読解力の育成に関する研究」の生徒意識調査で実施した，「物事をじっくりと考えることが好きか」「体験したり，経験したりすることは好きか」の問いに対して大部分は肯定的な回答をしており，生徒は「やる気」という土台をもっていることが分かった。

観察・実験などの体験活動を積極的に取り入れ，興味・関心を高め，苦手とする論理的な思考や表現の力を育てる工夫をすることにより，新学習指導要領理科が求める力が付いていくと確信する。

今後，さらに実践を積み重ね，今回，あまり触れなかった評価についても深く研究し，新学習指導要領の趣旨を踏まえた理科の指導法を数多く開発していきたいと考えている。

※参考文献

愛知県総合教育センター研究紀要第 97 集「高等学校理科における読解力の育成に関する研究」
平成 20 年３月
http://www.apec.aichi-c.ed.jp/kennkyuuHP/97syuu/koutougakkourikadoku/koutugakkourika.htm

資料１

中央教育審議会答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」平成20年１月より抜粋

理科の課題

・理科の学習に対する意欲は他の教科と比較して高いといえるが、それが大切だという意識が高くないという両者の乖離が課題である。また、国際的に見ると、我が国の子どもたちの理科の学習に対する意欲は低い状況が見られる。

・国民の科学に対する関心が低いことを踏まえ、理科教育については生涯にわたって、科学に関心をもち続けられるようにするという観点から、見直す必要があるのではないかという指摘がある。

・子どもの体験の状況については、過去に比べて、理科の学習の基盤となる自然体験、生活体験が乏しくなってきている状況が見られる。

・教育課程実施状況調査において、過去同一問題の比較から全体としては上昇傾向が見られたものの、てこのつり合いや衝突、人体の構造や働き、物質の状態変化や化学変化における質量の保存、植物の生活と種類などの内容の基礎的な知識・理解が十分ではない状況がある。

・教育課程実施状況調査において、地層のでき方を推論する問題、意味付けや関係付けを伴う説明活動に関する問題、グラフを読み取り考察する問題、実験の途中経過を考察する問題などにおいて、科学的な思考力・表現力が十分ではない状況がある。また、ＰＩＳＡ調査においては、「科学的証拠を用いること」に比べ、「科学的な疑問を認識すること」や「現象を科学的に説明すること」に課題が見られる。

理科の改善の基本方針

○　理科については、その課題を踏まえ、小・中・高等学校を通じ、発達の段階に応じて、子どもたちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験を行うことにより、科学的に調べる能力や態度を育てるとともに、科学的な認識の定着を図り、科学的な見方や考え方を養うことができるよう改善を図る。

○　理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要な意味をもっている。また、科学技術の進展などの中で、理数教育の国際的な通用性が一層問われている。このため、科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達の段階を踏まえ、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善する。

○　科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達の段階、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。

○　科学的な知識や概念の定着を図り、科学的な見方や考え方を育成するため、観察・実験や自然体験、科学的な体験を一層充実する方向で改善する。

○　理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。また、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、理科についても、環境教育の充実を図る方向で改善する。

理科の改善の具体的事項

（高等学校）

○　探究的な学習を重視し、中学校理科の学習の成果を踏まえて自然科学の複数の領域を学び、基礎的な科学的素養を幅広く養い、科学に対する関心をもち続ける態度を育てるとともに、生徒一人一人の能力・適性、興味・関心、進路希望等に応じて深く学び、自然を探究する能力や態度を高めることができるよう、科目の構成及び内容等を次のように改善する。

(ｱ) 科学技術が発展し、実社会・実生活を豊かにしてきたことについて、身近な事物・現象に関する観察・実験などを通して理解させ、科学的な見方や考え方を養うとともに、自然や科学に関する興味・関心を高める新たな科目「科学と人間生活」を設ける。「科学と人間生活」は、科学の発展、生活の中の科学、科学と人間生活などで構成する。

(ｲ) 現行の「Ⅰを付した科目」、「Ⅱを付した科目」のうち、中学校と高等学校との接続を考慮しながら、より基本的な内容で構成し、観察・実験、探究活動などを行い、基本的な概念や探究方法を学習する科目として「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」（「基礎を付した科目」）を設ける。その際、実社会・実生活とのかかわりを考慮するものとする。

「物理基礎」は、物体の運動と力、物理現象とエネルギーなど、「化学基礎」は、化学と人間生活、物質の構成、物質の変化など、「生物基礎」は、細胞と遺伝子、生物の多様性と生態系など、「地学基礎」は、宇宙における地球、変動する地球などで構成する。

(ｳ) 「基礎を付した科目」の内容を基礎に、観察・実験、探究活動などを行い、より発展的な概念や探究方法を学習する科目「物理」、「化学」、「生物」、「地学」を設ける。「物理」は、運動、波、電気と磁気、物質と原子など、「化学」は、物質の状態や変化と平衡、無機物質、有機化合物及び高分子化合物の性質と利用など、「生物」は、生物現象と物質、生物の生活と反応、生物の集団、生物の進化など、「地学」は、地球の概観、地球の活動と歴史、地球の大気と海洋、宇宙の構成などで構成する。

(ｴ) 現行の「Ⅱを付した科目」の中の課題研究については、自然を探究する能力や態度を育て、創造的な思考力を高める観点から、一層の充実が求められており、研究を継続して実施できるようにするため、新たな科目「課題研究」を設ける。「課題研究」では、「基礎を付した科目」や「物理」、「化学」、「生物」、「地学」での探究活動の成果を踏まえ、特定の自然事象や科学を発展させた実験に関する研究、自然環境の調査などの中から、課題を設定し研究を行うものとする。

(ｵ)「物理」、「化学」、「生物」、「地学」はそれぞれの「基礎を付した科目」を履修した後に履修させるようにする。

(ｶ)「課題研究」は一つ以上の「基礎を付した科目」を履修した後に履修させるようにする。

(ｷ) 科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、観察・実験、探究活動などにおいて、結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を一層重視する。

(ｸ) 生命科学などの科学の急速な進展に伴って変化した内容については、実社会・実生活との関連や、高等学校と大学の接続を円滑にする観点から見直しを図る。

「高等学校学習指導要領解説　理科編」　平成21年７月より抜粋

改訂の要点：基本的な考え方

(1) 科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに，科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から探究的な学習活動をより一層充実する。中学校との接続に配慮し，高等学校理科の各科目の構成及び内容の改善・充実を図るとともに，科学的に探究する能力と態度の伸長を図ることができるよう改善する。

(2) 物理，化学，生物，地学のうち３領域以上を学び，基礎的な科学的素養を幅広く養い，科学に対する関心をもち続ける態度を育てる。併せて，生徒の能力・適性，興味・関心，進路希望等に応じて学べるよう履修の柔軟性を向上させる。基礎的な科学的素養を幅広く養うことは，今日の「知識基盤社会」において重要である。また，生徒の多様な興味・関心や進路等に応じることも大切である。

(3) 今日の科学や科学技術の発展はめざましく，その成果が社会の隅々にまで活用されるようになっている。このように急速な進展に伴って変化した内容については，その変化に対応できるよう学習内容を見直す。また，科学や科学技術の成果と日常生活や社会との関連にも留意し改善を図る。

（中略）

「第３款各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い」に，各科目の指導に当たっての配慮事項として次の点などを加えた。

①　観察，実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し，それらを表現するなどの学習活動を充実すること。

②　大学や研究機関，博物館などと積極的に連携，協力を図るようにすること。

③　当該科目や他の科目の内容及び数学科や家庭科等の内容を踏まえ，相互の関連を図るとともに，学習の内容の系統性に留意すること。

今回の改訂で，小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図っている。また，高等学校から中学校に移行した主な内容を以下に示す。

［中学校理科・第１分野］

力とばねの伸び，重さと質量の違い，水圧，プラスチック，電力量，熱量，電子，直流と交流の違い，力の合成と分解，仕事，仕事率，水溶液の電気伝導性，原子の成り立ちとイオン，化学変化と電池，熱の伝わり方，エネルギー変換の効率，放射線，自然環境の保全と科学技術の利用

［中学校理科・第２分野］

種子をつくらない植物の仲間，無脊椎動物の仲間，生物の変遷と進化，日本の天気の特徴，大気の動きと海洋の影響，遺伝の規則性と遺伝子，ＤＮＡ，月の運動と見え方，日食，月食，銀河系の存在，地球温暖化，外来種，自然環境の保全と科学技術の利用（再掲）

なお，今回の改訂では，指導を通して身に付けるべき事柄がより分かりやすくなるよう，学習指導要領の内容の中項目や小項目について従前より具体的に記述した。

資料２

生徒アンケート「理科についてのアンケート」結果

愛知県総合教育センター

平成 22 年 6 月実施　愛知県下県立高校 9 校 686 人対象

1　対象

学年	1 年	2 年	3 年		
	184	235	267		
	26.8%	34.3%	38.9%		
性別	男	女			
	414	272			
	60.3%	39.7%			
類系	理系	文系	未類別		
	386	122	177		
	56.3%	17.8%	25.8%		
進路希望	大学進学	短大進学	専門等	就職	未定
	525	23	55	53	30
	76.5%	3.4%	8.0%	7.7%	4.4%

2　質問

1　「アンケート実施授業科目」の授業は、好きですか			
①とても好き	②まあ好き	③あまり好きではない	④嫌い
84	405	164	33
12.2%	59.0%	23.9%	4.8%

2　「アンケート実施授業科目」の授業に対する、意欲的な取組はできていますか。			
①とてもできている	②まあできている	③あまりできていない	④全くできていない
57	404	203	22
8.3%	58.9%	29.6%	3.2%

3　「アンケート実施授業科目」の授業の内容は、理解できていますか。			
①とてもできている	②まあできている	③あまりできていない	④全くできていない
53	437	173	22
7.7%	63.7%	25.2%	3.2%

4　「アンケート実施授業科目」で学ぶことは、入試や就職試験に役立つと思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
222	315	125	23
32.4%	45.9%	18.2%	3.4%

5　「アンケート実施授業科目」で学ぶことは、将来社会に出て役立つと思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
79	261	286	60
11.5%	38.0%	41.7%	8.7%

6「アンケート実施授業科目」で学ぶことは、実生活や現在の社会のいろいろな仕組みや出来事などと関連していると思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
170	315	169	32
24.8%	45.9%	24.6%	4.7%

7　作文や小論文など文章を書くことは好きですか。			
①とても好き	②まあ好き	③あまり好きではない	④嫌い
50	147	254	234
7.3%	21.4%	37.0%	34.1%

8　人に何か説明したり、解説したりすることは得意な方ですか。			
①とても得意	②まあ得意	③あまり得意ではない	④不得意
41	179	332	134
6.0%	26.1%	48.4%	19.5%

9　いろいろな物事について、なぜだろう、どうしてかななどの疑問をもつ方だと思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
175	328	160	23
25.5%	47.8%	23.3%	3.4%

10　いろいろな物事をじっくりと考えることは好きですか。			
①とても好き	②まあ好き	③あまり好きではない	④嫌い
136	333	187	30
19.8%	48.5%	27.3%	4.4%

11　文章を書くとき、筋道を考え、結論をしっかりさせて論理的に書いていると思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
48	185	340	112
7.0%	27.0%	49.6%	16.3%

12　野外観察や、工作、料理など、実際に体験したり、経験したりすることは好きですか。			
①とても好き	②まあ好き	③あまり好きではない	④嫌い
342	256	68	19
49.9%	37.3%	9.9%	2.8%

13　理科において、グラフを読み取ることは得意な方ですか。			
①とても得意	②まあ得意	③あまり得意ではない	④不得意
28	223	326	109
4.1%	32.5%	47.5%	15.9%

14　理科において、グラフをかくことは得意な方ですか。			
①とても得意	②まあ得意	③あまり得意ではない	④不得意
25	184	345	132
3.6%	26.8%	50.3%	19.2%

15　理科において、観察・実験は好きですか。			
①とても好き	②まあ好き	③あまり好きではない	④嫌い
283	280	96	27
41.3%	40.8%	14.0%	3.9%

16　理科において、観察・実験を行うと、授業がよく分かるようになりますか。			
①とても分かるようになる	②まあ分かるようになる	③あまり分かるようにならない	④全く分かるようにならない
238	342	89	17
34.7%	49.9%	13.0%	2.5%

17　理科において、観察・実験のまとめで、結果や考察をきちんと書くことは得意な方ですか。			
①とても得意	②まあ得意	③あまり得意ではない	④不得意
28	228	332	98
4.1%	33.2%	48.4%	14.3%

18　理科において、映像などによって現象の説明を受けると、授業により興味がもてると思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
244	295	121	26
35.6%	43.0%	17.6%	3.8%

19　理科において、映像などによって現象の説明を受けると、授業がよく分かると思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
215	337	113	21
31.3%	49.1%	16.5%	3.1%

20　授業で、黒板に書かれないことでも、大事なことはノートに書き留めるようにしていますか。			
①とてもしている	②まあしている	③あまりしていない	④全くしていない
93	262	231	100
13.6%	38.2%	33.7%	14.6%

21　授業で習ったことはそのまま覚えるのではなく、その理由や考え方も一緒に理解しようとしていますか。			
①とてもしている	②まあしている	③あまりしていない	④全くしていない
104	305	214	63
15.2%	44.5%	31.2%	9.2%

22　授業でわからないことはそのままにせず、わかるまで努力していますか。			
①とてもしている	②まあしている	③あまりしていない	④全くしていない
96	310	230	49
14.0%	45.2%	33.5%	7.1%

23　人類にとって、科学は重要だと思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
316	288	59	22
46.1%	42.0%	8.6%	3.2%

24　あなたは将来の地球の環境のことを考えると心配ですか。			
①とても心配である	②まあ心配である	③あまり心配ではない	④全く心配ではない
269	272	97	47
39.2%	39.2%	14.1%	6.9%

25　あなたはいろいろな環境問題を解決するために何か、行動したいですか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
159	326	153	47
23.2%	47.5%	22.3%	6.9%

26　あなたは将来（例えば５０年後）地球上の環境は今よりも良くなっていると思いますか。			
①とてもそう思う	②まあそう思う	③あまりそう思わない	④全くそう思わない
19	68	305	282
2.8%	9.9%	44.5%	41.1%

＊合計が 686 人（100%）にならないものは、無答、誤答があるため。

実践１－１　科学に関する基本的な概念の一層の定着を図る
－web（ウェブ）上のデジタル教材の活用－

愛知県立松蔭高等学校　牧原　秀一

１　はじめに

平成20年１月の中央教育審議会答申において，学習指導要領改訂の基本的な考え方が示され，現在の理科が抱える課題から改善の基本方針のひとつとして，「科学的な知識や概念の定着を図り，科学的な見方や考え方を育成する」と記述されている。

また平成22年６月に愛知県総合教育センターにおいて実施した県下９校686人を対象にした「理科についてのアンケート」によれば，「理科において，映像などによって現象の説明を受けると，授業により興味がもてると思いますか」の問いに対し539名(78.6%)の生徒が，さらに「理科において，映像などによって現象の説明を受けると，授業がよく分かると思いますか」の問いに対しても552人(80.4%)の生徒が肯定的な回答をしている。

２　研究の目的

本研究では改善の基本方針及び生徒のアンケート結果を踏まえ，その方法として映像を用いてイメージ化を図り効率的な授業展開が予想されるウェブ上のデジタル教材を活用した授業を提案し実践報告する。とりわけ本件では実験装置の取り扱い方法や操作手順をデジタルコンテンツを利用し大画面で提示することで，実験手順を把握し実験中もリピート再生することでホールピペットなどの操作を習得しやすくすることが期待できる。

３　研究の内容

(1) 実践授業

ア　利用デジタルコンテンツ

本研究では，ウェブ上のデジタルコンテンツとして，独立行政法人科学技術振興機構（ＪＳＴ）が開発した「理科ねっとわーく」を活用する。「理科ねっとわーく」の特徴は，普通教室などで一斉授業を想定して制作され，約４万点を超える豊富な素材を含み，自由に編集加工できる点である。以下にトップページと活用したデジタルコンテンツのＵＲＬを示す。

トップページのＵＲＬ：http://www.rikanet.jst.go.jp/

「化学実験Webコレクション」酸と塩基の反応・・・**図１**

http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0080a/contents/05/t_05_b_00.html

「暮らしの中で生きる化学分析」中和・酸化還元滴定・・・**図２**

http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0260e/start.html

図１

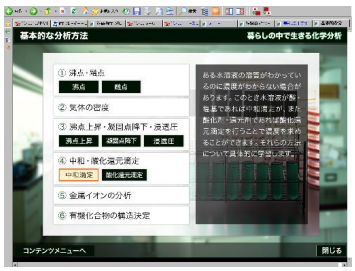


図２

イ　学習指導案

(ｱ) 科目名・単元名　理科総合A・「酸と塩基」－中和反応

(ｲ) 対象　1年

(ｳ) 単元の目標

・酸と塩基が中和するときの量的関係を理解する。

・滴定操作により酸や塩基の濃度を求めることができることを実験を通して理解し，計算方法を習得する。

(ｴ)指導計画（15時間扱い・本時14／15）

①酸と塩基（１時間）

②酸と塩基の分類（４時間）

③水溶液とpH（３時間）

④中和（７時間・本時６／７）

(ｵ)本時の目標

・中和滴定の量的関係式と実験装置の取扱いを，食酢中の酢酸濃度を実験により求めながら理解し操作を習得する。

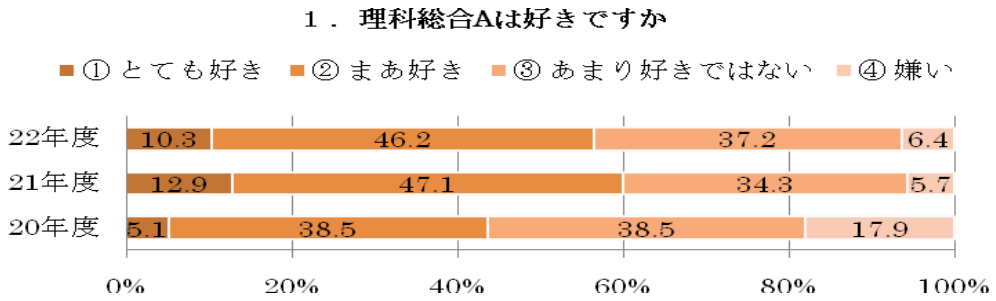
(ｶ)授業展開

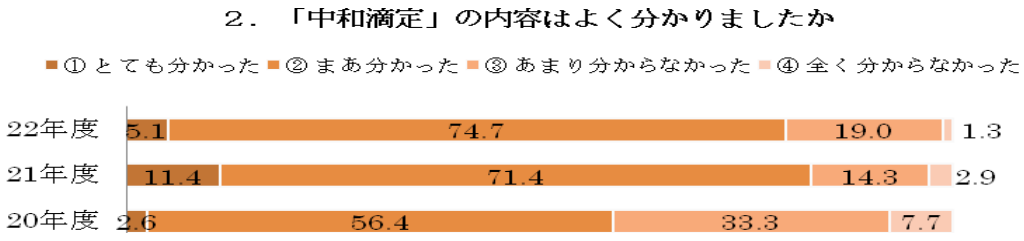
過程	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 ５分	・前時までの復習 ・実験の流れを理解する。	・中和に関する量的関係式の確認	・**図２**を利用して，一連の操作を確認させる。
展開 35分	・10倍に希釈した食酢を濃度既知のNaOHで中和滴定する。	・実験装置の名称及び器具・薬品の取り扱い方を理解する。 ・NaOHをビュレットに注ぎ入れる。 ・ビュレットの先のエア抜き，目盛りの読み方さらに始点の目盛りは，ゼロである必要がないことを理解する。 ・食酢をホールピペットで吸い取り，コニカルビーカーに注ぎ入れる。 ・ビュレットの取り扱い ・中和点の判定 ・フェノールフタレインの有効性 ・中和点が弱塩基性を示す。	・ろうとの安全な使い方 ・ろうと上までNaOHを満たすと，NaOHが溢れるので注意する。 ・目盛りと目盛りの間も読み取らせ記録させる。 ・**図１**を参照し，標線に対して液面の凹を一致させること，最後の一滴の処理方法に注視させる。 ・**図１**を参照し，ビュレットを扱う際，コックを開くこととビーカーを振り攪拌（かくはん）することを同時に行うよう促す。 ・**図１**のシミュレーションを参照し，説明する。 ・中和点で大きくpHが変化し，同時に１滴で無色から赤紫色に変化することに注目し薄い赤紫色の時を中和点と判断させる。

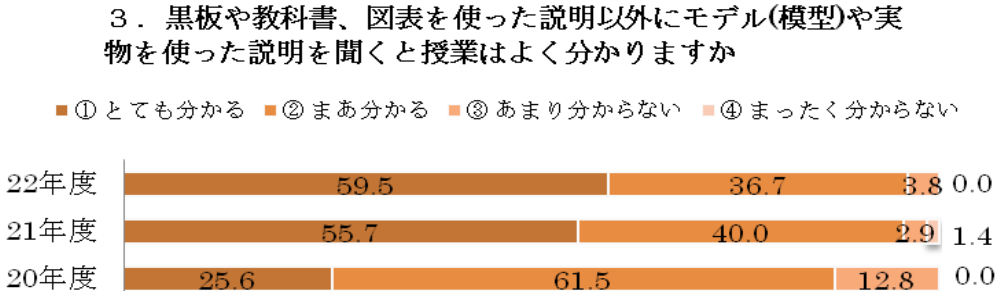
	・後片付け	・滴定実験を行う。 ・コニカルビーカーは，その度に水洗いするだけでぬれたまま使用してかまわないことを理解する。 ・フェノールフタレインの入れ忘れに注意させる。	・**図２**を参照させ，手順を再確認させる。 ・目盛りのあるところで終点となるよう予測し，実験する。不足が予想されるときはNaOHを追加する。 ・１度滴定が失敗しても，すぐに２回目が行えるよう準備を促す。
まとめ 10分	・プリントの計算手順に従って食酢中の酢酸濃度を計算する。	・滴下量の平均，モル濃度，パーセント濃度の計算をする。 ・ビンのラベル表示と実験値を比較する。	・有効数字に気を付けて計算させる。

(2) アンケート結果

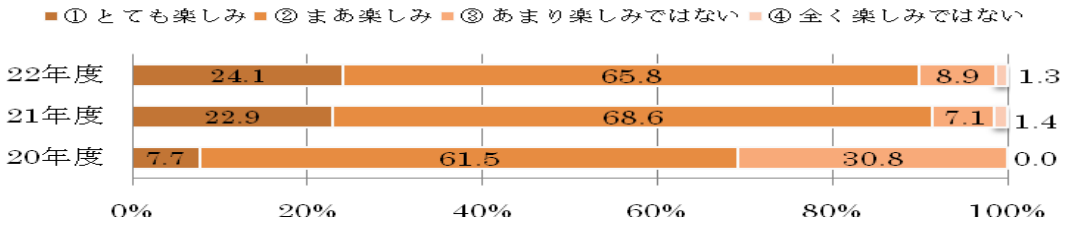
ア　事前アンケート





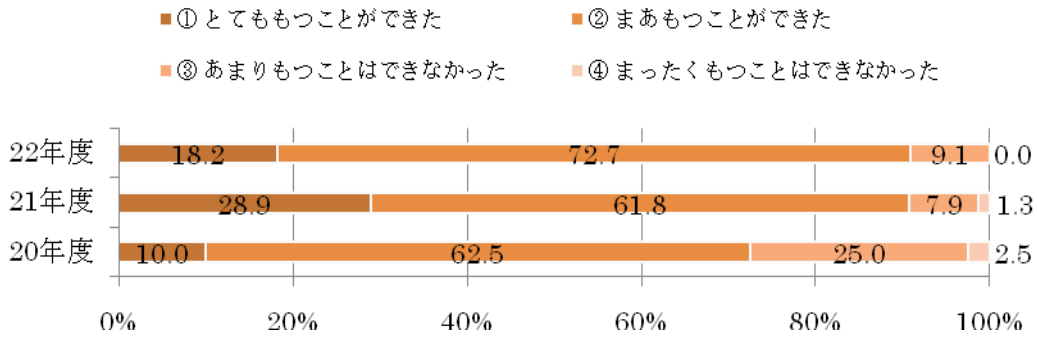


４．「中和滴定」の授業では、デジタル教材（コンピューターの映像）を授業の一部に使います。デジタル教材を用いた授業は楽しみですか

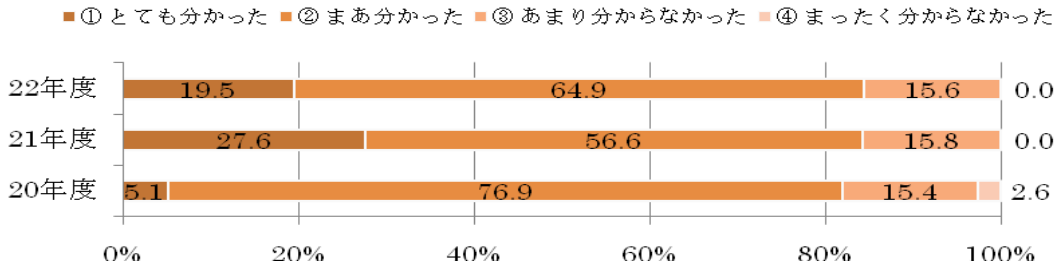


イ　事後アンケート

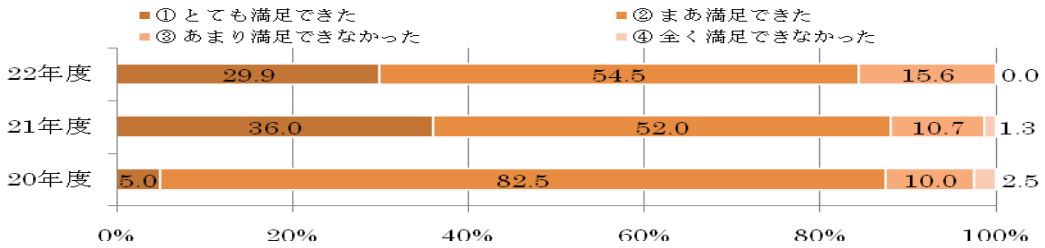
１．「中和滴定」の授業に興味をもつことができましたか。



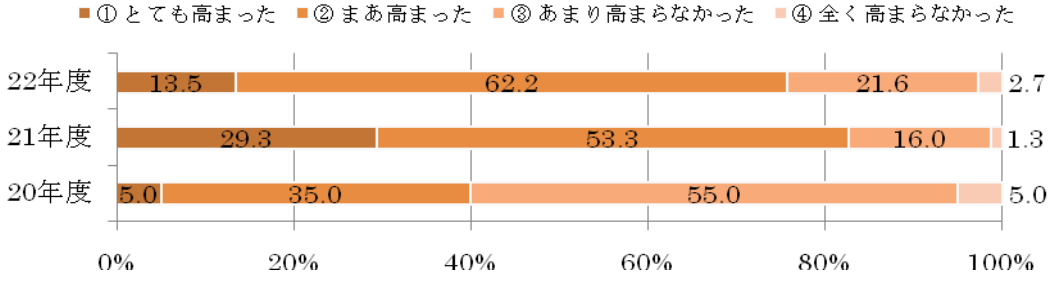
２．「食酢中の酢酸濃度の実験」の授業は、よく分かりましたか。

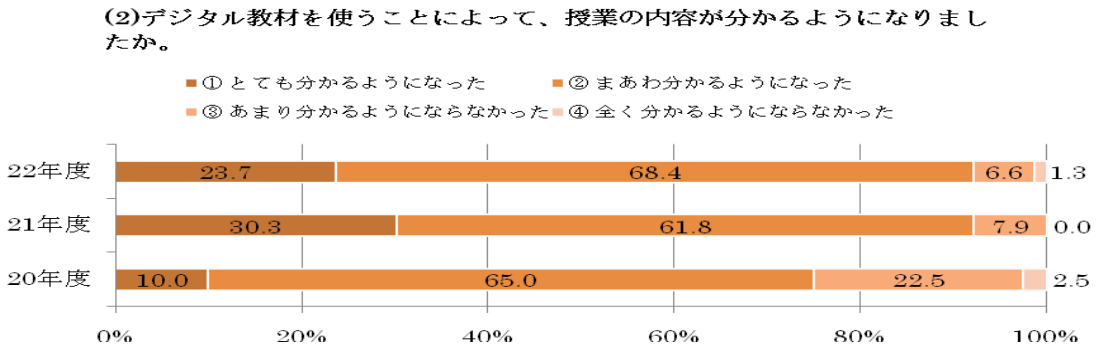


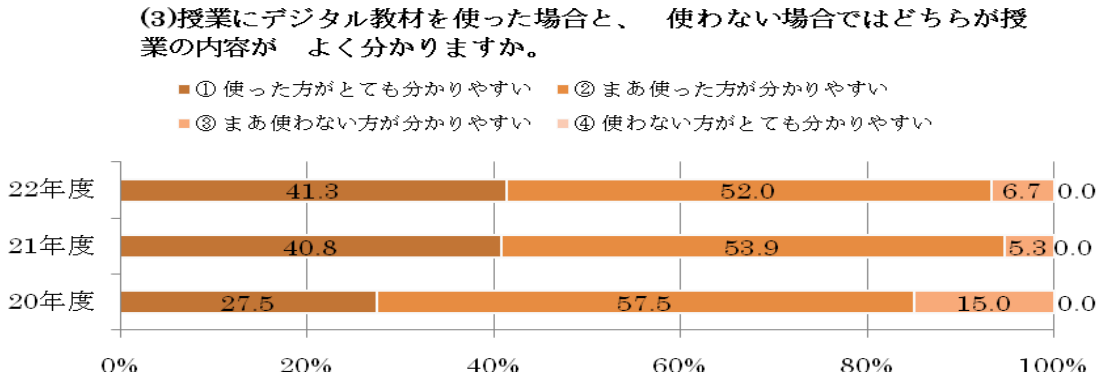
３．「食酢中の酢酸濃度の実験」の授業は満足できる内容でしたか。

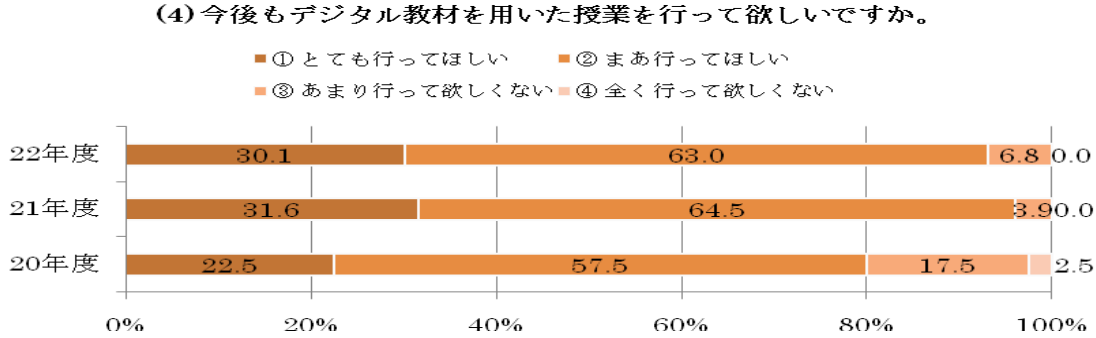


４．(1)デジタル教材を使うことによって、興味や関心は高まりましたか。









(3) アンケート結果からの分析

アンケート対象者は，20年度１クラス40名，21年度２クラス80名程度，22年度２クラス80名程度で男女比もほぼ同数。21,22年度対象クラスは，理科が好きな度合いが20年度と比較して非常に高く，教科内容に対する理解度も事前アンケートを通して「よく分かる」「まあ分かる」割合が20年度よりおおむね20％程度高いことが伺える。さらにデジタル教材に対する期待感は21,22年度では，理科好きな度合いが高いこともあり，約90％の生徒が該当すると推測できる。この理科好きかそうでないかは，他のアンケート項目にも影響を与えている。

事後アンケート３「食酢中の酢酸濃度の実験」の授業については，年度に関係なく80％を超える生徒が「とても満足」「まあ満足」と回答している。生徒の実験レポートには「ビュレット・ホールピペットなど初めて使う器具に触れ，高校理科実験のレベルの高さ感じた，NaOH１滴で指示薬の色が劇的に変化する鋭敏さに驚いた」「一滴で色が変化して緊張した」などの記述が多々あり知的好奇心を満足させたように思われる。また，「あまり満足できなかった」と答えている生徒の理由に自身の操作の不慣れを挙げており，上手に実験できていれば「満足する」と答えることが予測できた。ほとんどの生徒が実験手順がよく分かったと答えていることはデジタル教材を使用した特徴といえる。

事後アンケート４(1)「デジタル教材を使うことで興味関心が高まったか」について，20年度生徒は40％程度の肯定的回答で，あまり理科が好きではない集団が多いことが関心の高まりにつながらなかったのではないかと推測できる。それに対し21，22年度生徒は２倍の70％以上が肯定的である。また４(2)「デジタル教材を使うことで授業内容が分かるよう

になりましたか」は，ともに20年度75％・21，22年度は90％を超える生徒が肯定的であった。またその理由として，「実際に実験しているように感じた」「手もとがアップされていて，よく分かった」「フェノールフタレインの色の変化を何度も確認することができた，色の濃さがよく分かった」「実験の際は，手順がよく分かるので毎回やってほしい」であった。理科があまり好きではない生徒にとっても，デジタル教材の有効性や期待感は高いことがうかがえた。

４　研究のまとめ

デジタルコンテンツを使用する以前の実験では，先生が繰り返し「お手本」を示すことが時間的制約の中で困難であったが，デジタルコンテンツではリピート再生で簡単にその問題が解消された。結果的に生徒の行う滴定回数を増やすことにつながり，経験回数が増えたことで上手に滴定できる生徒が増加した。中和点の薄赤色の判断に関しては，**図１**のスライドバーを動かして微妙な変化を何度も再現させることで中和点以前の状態と入れすぎた場合の赤色が明示でき，「この色でいいですか」と確認を求める生徒が減少したことを感じた。

また従来説明の後「さあ実験を始めよう」と促しても，生徒は周囲を見回して躊躇（ちゅうちょ）しており取組開始が遅かったが，デジタルコンテンツの利用によって生徒の動きが積極的で早くなったように感じられた。実験操作全体のイメージが生徒個々に作られた成果と考えられる。

さらに今回，**図２**の動画をwindows movie maker を用いて，自分が説明しやすいように短縮カット編集し，テロップの挿入などを行った。ウェブ上のデジタルコンテンツをそのまま授業に利用することは効率という点からして時間の無駄が生じる場合があるが，こと動画に関しては先のソフトなどを利用してカットするだけで足りると思われる。テレビ番組のような完璧さは不要である。

以上より中和滴定実験においてデジタル教材を活用することは，第一に生徒一人一人に実験操作全体のイメージ化が図られ取組開始が早くなった。また大画面でのデモ映像によりホールピペットやビュレットの正しい操作・スキルの習得を促すことができた。第二に、一人当たり滴定実験回数が増えたことで，（デジタル教材を使用しなかった従来は，場合によっては１回程度の滴定の時もあったが）中和点でのフェノールフタレイン変色の鋭敏さを複数回体験し，中和の量的関係および中和点を色で判別できるという知識が定着しやすくなったと思われる。第三に教員側にとって説明時間の短縮により，生徒の実験操作に目が届きやすくなった。これは誤った操作の指摘と安全に実験が実施できることにつながった。以上のように、デジタル教材の活用は，「科学的な知識や概念の定着を図る」ことに有効な手段の一つであると考えられる。

※参考文献

高等学校学習指導要領(文部科学省)
高等学校学習指導要領　新旧対照表(文部科学省)
高等学校学習指導要領解説　理科編(文部科学省)
日本理科教育学会　「理科の教育」平成 21 年 10 月号
平成 20 年度実験・観察融合型デジタル教材活用共同研究報告書　愛知県デジタル教材活用研究会
平成 21 年 1 月

実践１－２　科学に関する基本的な概念の一層の定着を図る
－自作デジタル教材の活用－

愛知県立瀬戸西高等学校　　塩屋　雄一

１　はじめに

デジタル教材は生徒が物理法則，原理を理解するために大きな助けとなっている。それは物理現象を，動画を通して視覚的にとらえることで，教科書に書かれている言葉の意味がより鮮明になるからだろう。今回，自作の演示装置をビデオ撮影することによるデジタル教材を作成し、授業で活用し、その効果を検証してみた。

２　研究の目的

波動分野内容理解のためには，円運動，単振動の内容が基本知識として必要となる。円運動の１次元射影が単振動であり，連続した媒質への単振動の伝達の様子が波動である。これら一連の物理現象を理解させるために適切な教材はないだろうかと考え，自作の教材作りに取り組んだ。

３　研究の方法

⑴ 実験装置の作成とビデオ撮影

円運動・単振動・波動の一連の物理現象が視覚的にとらえることができる装置を作成し，その動きをビデオ撮影する。

⑵ 生徒の理解度の確認

観察後の生徒の理解度をアンケートで確認し、デジタル教材活用による有効性を検証した。

４　研究の内容

⑴ 実験装置について

実験装置Ａ－円運動の１次元射影が単振動であること，連続した媒質への単振動の伝達の様子が波動であることを確認するための装置

ア　材料

・塩ビパイプ（直径 25㎜）２本　　・丸棒（直径５㎜，長さ 260㎜）17 本

・発光ダイオード（赤・黄）計 17 個　・抵抗（470Ω）17 個　・乾電池（９Ｖ）２個

イ　作成手順

⑺ 丸棒，塩ビパイプをスプレーで黒くする。

⑴ 丸棒の先端部にダイオードを取り付け，その下に 470Ω抵抗を取り付ける。17 本作成する。（**写真１**）

⑼ 塩ビパイプにドリルで穴を開ける。（直径５㎜，12㎝ 間隔，30° ずつ位相をずらす。）そこに丸棒を差し込んでいく。

⑵ 塩ビパイプの中央に９Ｖ乾電池をとりつけ，ダイオード，抵抗とつなぐ。（各ダイオード，抵抗と電池は並列接続する）（**写真２**）

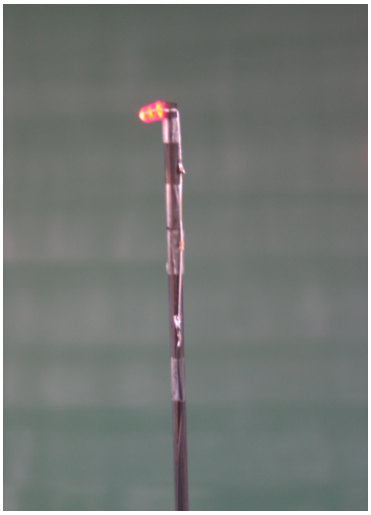


写真１

写真２

実験装置Ｂ－波動の時間変化を確認するための装置

ア　材料

・プラスチック製カーテンレール 11 本　　・ペットボトルのキャップ 11 個

・ベニヤ板２枚

イ　作成手順

(ｱ) カーテンレールを 15cm 間隔でベニヤ板に取り付ける。（11 本）

(ｲ) カーテンレールのコマの部分にペットボトルのキャップを取り付ける。（11 個）

(ｳ) もう一枚のベニヤ板を正弦曲線と直線をつながった形にカットする。（**写真３**）

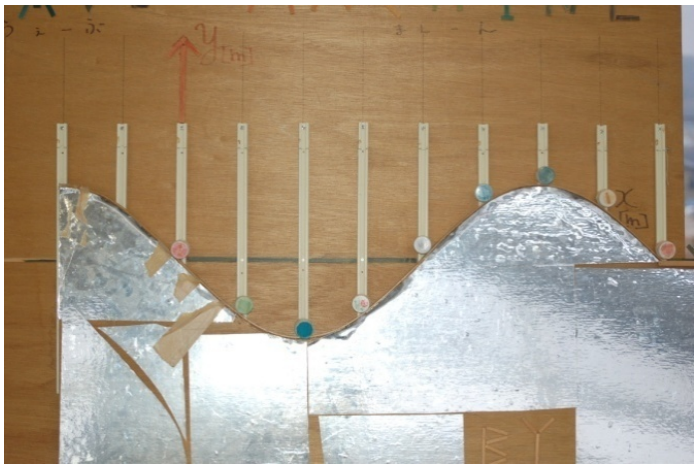


写真３

(2) 授業での実践とアンケート調査

授業では波動一般の内容説明が終わった後，２つの実験装置を使って説明をした。ここまでの授業で円運動，単振動，波動一般についての説明をしてある。円運動の１次元射影が単振動であり，連続した媒質への単振動の伝達の様子が波動であることを確認するために装置Ａを用いた。また，装置Ｂは，波動の時間変化を確認するために問題を解きながら使用した。その後アンケートを行い，実験装置を使用した場合の理解度について調査した。

ア　装置Ａの使用

はじめに装置の説明をした後，教室を暗くして発光ダイオードを点灯させた。まず横からの運動を

見せて，発光ダイオードが円運動していることを確認させた。次に，正面からの運動を見せてダイオード一つ一つが単振動の動きをしていること，全体の動きが波動となっていることを確認した。さらにこの運動をビデオ撮影したものをスクリーンに映し，解説を加えた。ビデオに撮影する利点は、生徒全員に、観察する角度に依存しない動きを示すことができる点と、発光ダイオードの光以外の物体をほぼ完全に消すことができる点である。

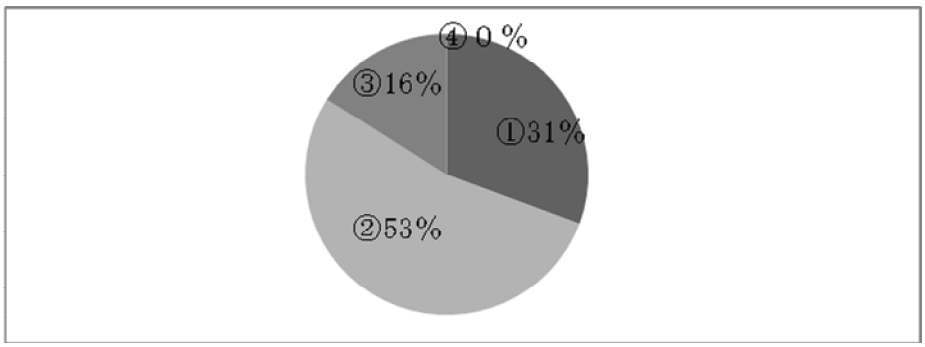
イ　装置Ｂの使用

問題演習の中で出てくる波形と同じ状態を装置Ｂで再現し，その後の波動全体の動きや，一つ一つの媒質の動きに注目させて問題を解説をした。問題で示された時刻や、その前後の波形を具体的に示すことができた。また、市販のウェーブマシンでは調整しにくい波の速さも、自由に調節でき、解説と連動して動かすことができた。

ウ　アンケート調査結果

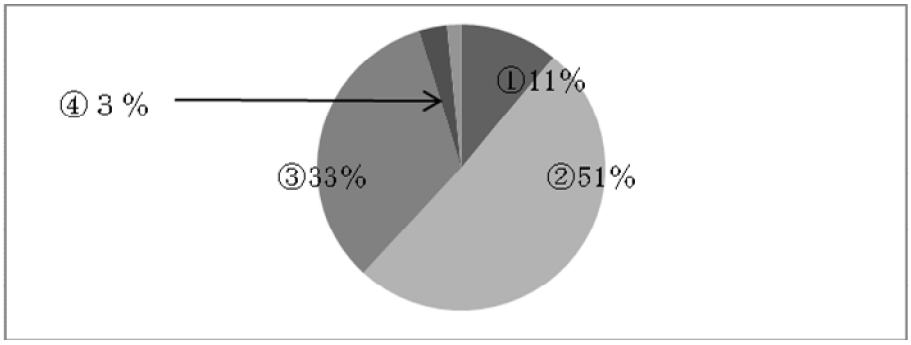
(ｱ)　実験装置Ａの仕組み（円運動，単振動，波動の関係）が理解できたか。

①十分理解できた・・・・・・・・・・・・・・・19 人（31%）
②まあまあ理解できた・・・・・・・・・・・・・33 人（53%）
③あまり理解できなかった・・・・・・・・・・・10 人（16%）
④全く理解できなかった・・・・・・・・・・・・０人（０%）



(ｲ)　この装置を見ることで，見る前に比べて波動についての理解度はどうなったか。

①かなり理解できるようになった・・・・・・・７人（11%）
②まあまあ理解できるようになった・・・・・・32 人（51%）
③あまり変わらなかった・・・・・・・・・・・32 人（33%）
④全く変わらなかった・・・・・・・・・・・・２人（３%）
⑤かえって理解の妨げになった・・・・・・・・１人（２%）



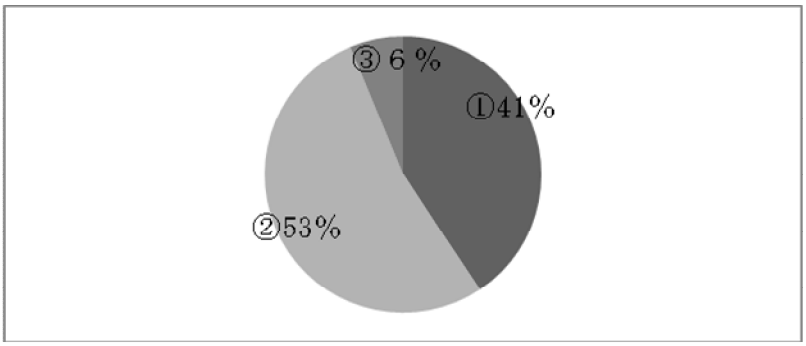
(ｳ)　実験装置Ｂの仕組み（媒質の単振動と波動の関係）が理解できたか。

①十分理解できた・・・・・・・・・・・・・・・・26 人（41％）

②まあまあ理解できた・・・・・・・・・・・・・・34 人（53％）

③あまり理解できていない・・・・・・・・・・・・４人（６％）

④全く理解できない・・・・・・・・・・・・・・・０人（０％）



(ｴ)　この装置を見ることで，見る前に比べて波動についての理解度はどうなったか。

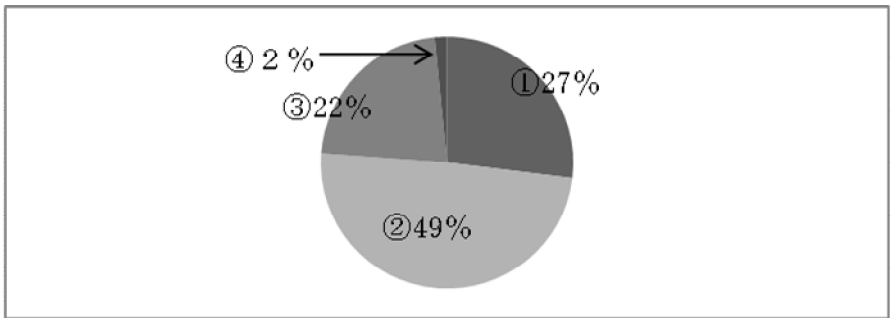
①かなり理解できるようになった。・・・・・・・17 人（27％）

②まあまあ理解できるようになった。・・・・・・31 人（49％）

③あまり変わらなかった。・・・・・・・・・・・14 人（22％）

④全く変わらなかった。・・・・・・・・・・・・１人（２％）

⑤かえって理解の妨げになった。・・・・・・・・０人（０％）



５　研究のまとめと今後の課題

波動は高校物理の内容の中で大きな割合を占めている。波動一般の知識を基本として，音波，光波の理解へと進んでいく。それゆえに波動一般の理解と知識の定着は重要である。今回の実験装置の活用は生徒の内容理解と知識の定着に役立ったと考える。

今後は他の分野でもデジタル教材を活用していきたい。そしてその教材が教師の自作のものであるならば，生徒はより強い関心を示すはずである。

実践２－１　　科学的な思考力・表現力の育成を図る

－化学を通して言語活動の充実を目指した取組に関する実践－

愛知県立一宮高等学校　　金廣　伸也

１　はじめに

現在，ＯＥＣＤのＰＩＳＡなど各種の調査から我が国の児童生徒の課題のうち，思考力・判断力・表現力等を問う記述式の問題，今までに習得した知識・技能を活用する問題への取組に課題があることが指摘されている。そこで，化学分野における思考力・判断力・表現力の向上のために論述課題に取り組ませ，言語活動の充実を目指した教育実践についての研究を行うことの重要性が大きくなっていると考え，今回の実践を行った。

２　研究の目的

最近の授業や演習において，それまでの授業等で得た知識が単なる暗記項目にとどまっており，活用できていない生徒が多いように感じていた。この場合，多くは学習したという実感が得られず，ひいては学習意欲の低下につながっていく。そこで，思考力・判断力を必要とする論述問題を通して，もっている知識を活用する力を身に付け，さらに言語活動を通して知識を表現することで学習したという実感をもたせ，最終的に学習意欲の向上を目指すことを目的として，前任校において平成 21 年度の３年生を対象に次のような研究を行った。

３　研究の方法

⑴ 対象

３年理系４クラスのうち，大学入試で化学を必要とする生徒

⑵ 時期

３学期（１月下旬から２月中旬までの授業）

⑶ 内容

ア　観察・実験に関する論述式課題を提示する。

イ　理科の学習及び夏季休業中でのレポート課題を通して培った基礎的・基本的な知識・技能を生かし，論述文として作成する。

ウ　作成した論述文は，授業時間内に全生徒に回覧し，自分が作成した文章と比較させる。

エ　必要に応じて，生徒間で各自の論述について内容や意図を確認・議論する時間を設ける。

オ　議論した内容を通して，各自の論述文を修正し，論述文を完成させる。

⑷ 留意点

ア　自らの力で文章，論述文を作成するように指導する。

イ　他の生徒の論述文に対して自分の意見をもてるようにし，それを基に討論できるように指導する。

(5) 授業計画（65 分授業）

	内　　容	方法・指導上の留意点	評価方法
導　入 (3 分)	・本時の目的説明	・問題を配付し，本時の目的を理解させる。	・授業態度
展開１ (25 分)	・問題の解答	・自分の力で解答を作成させる。	・解答の内容
展開２ (10 分)	・解答の交換・討論	・適宜解答を交換または巡回させるなどして他の生徒の解答を読ませる。 ・必要に応じて解答に対する意見を述べさせる。	・参加態度
展開３ (15 分)	・自分の解答の修正	・他の生徒の解答で参考になると思われるものを利用して，自分の解答を手直しさせる。 ・他の解答を丸写しさせるのではなく，あくまで自分の言葉に置き換えて解答を作成させる。 ・生徒の学力や解答内容から，場合によっては必要と思われるヒントを与える。	・参加態度 ・解答の内容
展開４ (10 分)	・解答の発表・討論	・数名の生徒を指名して修正した解答を発表させ，必要に応じてその発表に対する意見を他の生徒に求める。 ・「分かりません」などの安易な発言は避けるように指導する。	・参加態度 ・解答の内容
まとめ (2 分)	・発表のまとめ ・アンケート回収	・今回の授業が今後どのようにつながっていくかを説明し，理解させる。	・授業態度

4　結果

今回の授業において，次に示す問題を解答させた。

〔問題１〕100mL のエタノールを 100mL の水と混合しよく振り混ぜた。別に，100mL の 1-ブタノールを 100mL の水と混合しよく振り混ぜた。十分時間がたってからそれぞれを観察したところ，一方は均一であったが，もう一方は二層に分かれていた。

(1) 均一になったのはエタノールと 1-ブタノールのどちらを混合した方か答えよ。また，そのように判断した根拠を説明せよ。

(2) 均一になった方の混合溶液の体積は，200mL より多いか少ないか，または同じかを答えよ。また，そのように判断した根拠を説明せよ。

(3) 均一になった方について，硫酸銅(Ⅱ)が水に溶けた状態とは異なる点を説明せよ。

〔問題２〕以下の問いに答えよ。なお，0℃における水の密度を 1.00g/cm^3，氷の密度を 0.92g/cm^3 とする。

(1) 液体の体積を示す目盛りつきの大きな容器に 1000 cm^3 の水を入れて０℃に保ち，これに０℃，1000g の氷の固まりを浮かべた。このとき，水面は容器の目盛りでいくらの位置を指すか。

(2) 数 10g の食塩を溶かした 1000 cm^3 の水溶液を(1)の実験と同様に容器に入れ，これを０℃に保った後に，０℃，1000g の氷の固まりを浮かべた。このときの水面の高さは，(1)の実験の結果と同じか，あるいは異なるか。理由を付け説明せよ。

(3) (2)の実験後，食塩水に氷の固まりを浮かべたまま放置すると，氷の一部は融解したが，このとき食塩水の温度が０℃よりも下がった。温度が下がった理由を説明せよ。

これらの問題を使用した根拠としては以下のとおりである。

(1) 問題１

キーワードとなる用語が想像しやすく，苦手な生徒でも比較的取り組みやすいと思われる問題である。

(2) 問題２

目新しい実験や難しい実験ではなく，生徒が日常生活で経験したことがある現象を題材としたイメージしやすい問題である。

また，解答用紙は以下の様式のものを使用した。生徒の解答例は**資料**を参照。

〔問題１（下書き）〕

(1) キーワード〔 〕

(2) キーワード〔 〕

(3) キーワード〔 〕

〔問題１（清書）〕

(1) キーワード〔 〕

(2) キーワード〔 〕

(3) キーワード〔 〕

〔問題２（下書き）〕

(1)

(2) キーワード〔 〕

(3) キーワード〔 〕

〔問題２（清書）〕

(2) キーワード〔 〕

(3) キーワード〔 〕

さらに，授業の最後に，次のようなアンケートを実施した。

☆アンケート
◎該当する選択肢の番号に○をつけてください

設問１　自分にとって論述問題は得意（不得意）でしたか。
1　得意だった。
2　どちらかというと得意だった。
3　どちらかというと不得意だった。
4　不得意だった。

設問２　今まで課題などで論述問題を解くとき，あなたはどうしていましたか。
1　だいたい何も見ずに自力で文章を書けていた。
2　半分くらいは自力で文章を書けていた。
3　解こうとはしていたが，大半は自力で解くことができず，ほとんど教科書等を調べながら文章を書いていた。
4　初めから解くのをあきらめて，模範解答を赤ペンで写すことが多かった。

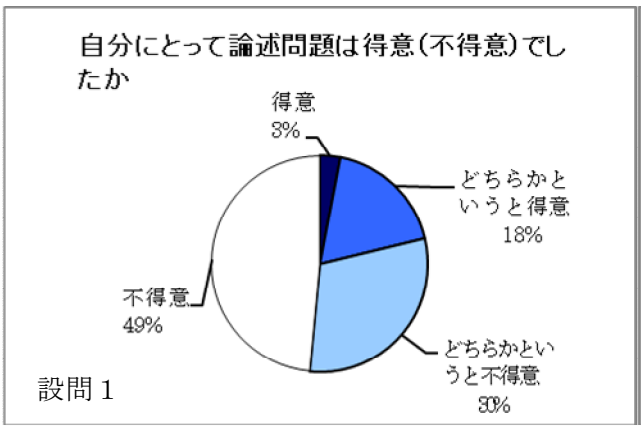
設問３　今回の２つの問題について，それぞれ次の観点で到達度を自己評価してください。

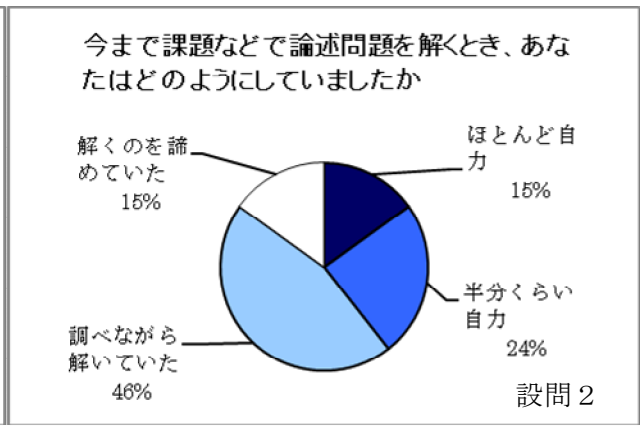
	だいたいできた	少しできた	あまりできなかった	できなかった
〔問題１〕				
キーワードを挙げる	1	2	3	4
キーワードをつなげる	1	2	3	4
正しい日本語にする	1	2	3	4
自分の言葉で文章にする	1	2	3	4
〔問題２〕				
キーワードを挙げる	1	2	3	4
キーワードをつなげる	1	2	3	4
正しい日本語にする	1	2	3	4
自分の言葉で文章にする	1	2	3	4

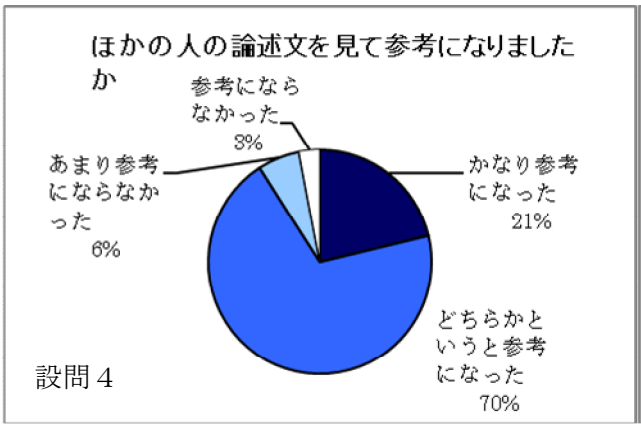
設問４　ほかの人の論述文を見て参考になりましたか。
1　かなり参考になった。
2　どちらかというと参考になった。
3　あまり参考にならなかった。
4　参考にならなかった。

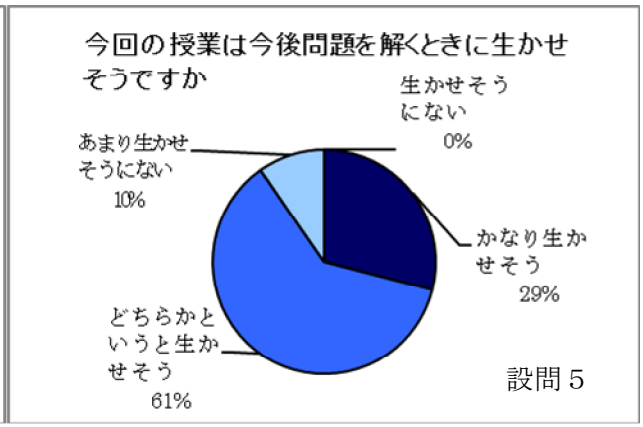
設問５　今回の授業は今後問題を解くときに生かせそうですか。
1　かなり生かせそう。
2　どちらかというと生かせそう。
3　あまり生かせそうにない。
4　生かせそうにない。

このアンケートの集計結果を次に示す。









加えて，アンケートの設問２と設問３を比較し，日常の取組と自己評価の相関性を調べた。

(1) 設問２での回答を基にした設問３での自己評価の結果

設問３での４つの基準について，それぞれ「だいたいできた」と回答したら４点，「少しできた」は３点，「あまりできなかった」は２点，「できなかった」は１点，というように点数化し，計８項目の平均点を設問２での回答別に集計した。

設問２の回答	平均点
１　だいたい何も見ずに文章をつくっていた	2.86 点
２　半分くらいは自力で文章をつくっていた	2.20 点
３　教科書等を調べながら答えていた	2.13 点
４　模範解答を写すだけだった	1.73 点

(2) 設問３での回答を基にした設問２の回答結果

設問２での日常の取組について，「１　だいたい何も見ずに文章をつくれていた」と回答したら４点，「２　半分くらいは自力で文章をつくれていた」は３点，「３　教科書等を調べながら答えていた」は２点，「４　模範解答を写すだけだった」は１点，というように点数化し，設問３の４項目について自己評価別の平均点を算出した。なお，各項目について「だいたいできた」と答えた生徒はそれぞれ０～２名であったので，平均点の算出からは除外した。

	少しできた	あまりできなかった	できなかった
キーワードを挙げる	2.67 点	2.21 点	1.79 点
キーワードをつなげる	2.65 点	2.46 点	1.87 点
正しい日本語にする	2.41 点	2.51 点	1.80 点
自分の言葉で文章にする	2.52 点	2.50 点	1.86 点

５　考察

(1) 問題の内容と授業の実施方法について

今回は２ページに示した２題を用いたが，反省点として，〔問題２〕は浮力の知識を活用して解答する問題であったことが挙げられる。現行の学習指導要領では「浮力」は高校の物理分野で扱うことになっているため，生物選択者の中にはなぜ氷が水に浮くのかすら説明できない生徒もかなりいた。そのため，授業内の「展開２」の意見交換・討論の前に浮力についての簡単な説明を行った。その結果，ある程度の文章が書けるようになった生徒が増加した。今回の研究の目的は，「解答に必要な知識を生徒が既にもっているという前提で，その知識をどのように表現して他者に伝えるか」である。よって，この問題は物理選択者には良問であると思われるが，生物選択者には目的を満たしていないという点でふさわしいものではなかったかもしれない。

また，この研究授業は理系選抜クラスと普通クラスの２講座で行った。選抜クラスは国公立大学を志望する生徒が大半であり，普通クラスは地方の国公立大学や地元私立大学を目指す生徒が中心である。そのため，選抜クラスの生徒は浮力に関することを除いてほぼ自分で文章を作成でき，あとは内容や言葉遣い，表現方法などの細部についての指導ができたが，普通クラスでは「展開１」の段階でほとんど文章を書けなかった生徒が多かった。そこで，普通クラスについては「展開２」の討論の中でこちらからヒントになるような問い掛けを行い，生徒にキーワードとなるべき語句を気付かせてから「展開３」

に入った。その結果，想定していたレベルに近い内容の文章が書ける生徒も現れた。このことから，学力がそれほど高くない生徒でも，教科書に太字で記載されている重要語句はある程度記憶しているが，その語句がただの暗記事項にとどまっており，うまく活用できないことが学力差が生まれている原因の１つであると考えられる。逆に，重要語句を暗記させるだけでなく，日常的にこのような主体的に解答の文章を書いていく取組を行っていけば，知識の活用方法，すなわち考える力も身につき，最終的には学力の向上や，長期的にはその先にある科学技術のさらなる発展にもつながるものと思われる。

この研究授業そのものについては，他の生徒の論述文を見ることが「かなり参考になった」または「どちらかというと参考になった」と答えた生徒が９割を越え，「今後の学習に活かせそう」「どちらかというと活かせそう」と感じた生徒も９割に達した。このことから，この授業方法は生徒には好意的に受け入れられており，有効なものと思われる。なお，「他の生徒の論述文は参考にならなかった」と答えた生徒は全員私立大学専願者であり，出題形式も記述式ではなくマーク式で出題される大学を志望しているので，「受験には参考にならない」という意味でこのような解答になったのではないかと考えられる。

(2) アンケート結果に見る日常的な学習方法の改善について

26 ページに示したアンケート結果では，設問２から課題等で「模範解答を写すだけ」の生徒はキーワードを挙げることも満足にできず，その結果キーワードをつなげて文章にすることができない傾向が伺える。一方，設問３から「キーワードを挙げる」ことについて「少しできた」「あまりできなかった」「できなかった」の各回答で平均点に差が現れているが，その他の３項目については「少しできた」「あまりできなかった」の２つの回答に平均点の差がほとんどなく，「できなかった」という生徒と大きく平均点が開いている，という結果になった。このことから，少なくとも教科書等を調べることだけでも正確な日本語を目にする機会が増え，その積み重ねが語彙力・表現力といった言語活動に必要な能力の向上に役立っているのではないかと思われる。しかし，「キーワードを挙げる」ことはその科目の知識が定着しているかどうかに関係している部分が大きいため，すぐに模範解答を写すことはもちろんのこと，教科書や参考書を機械的に調べてあたかも自力で答えたつもりになっている場合も含めて，普段の学習において自力で答えを導こうとする努力をしていない生徒は，知識の定着度が低いか，語句は知っているけれどどの場面でその語句を使えばいいかが分からないことが多いという結果が見て取れる。

以上のことから，日頃から文章を書かせる機会を多く与えるだけでも言語活動のスキルに関して一定の成果が得られるが，そこに他に頼らずに「考える」という過程を追加することでさらに大きな効果が期待できると考えられる。これを継続していけば，最終的には言語活動能力に加えて，論理的思考力，科学的判断力などの向上につながり，研究者を目指そうとする生徒の育成にもつながるものと思われる。

６　まとめ

近年「理科離れ」が問題になっているが，その原因の１つに，教科書の内容を暗記するだけにとどまり，考えることや発見することの楽しさ・すばらしさを教えることができていない，ということが挙げられるのではないかと思う。「理科」とは「理由を科学する学問」であり，さまざまな現象について覚えるのではなく「なぜ」と疑問に思うことが「理科」を学習する上でのエネルギーとなる。少なくとも，生徒は多かれ少なかれ考える能力をもっているはずであるが，その能力を発揮できていないため，理科の面白さに気付けずにいるのではないか，と強く思う。今回，このような研究を行ってみたが，例えば授業中に生徒を指名して発問する際，安易に「分かりません」と発言させないとか，生徒の答えに対して「なぜそう思ったのか」と発問を重ねるなど，わずかな手間をかけるだけでも生徒と会話する機会が

増える。これだけでも十分言語活動を行っていることになると考える。また，課題を提出させた際，論述問題をどのように解いているかだけでもチェックし，自分の言葉で書くように指導することが，長い目で見た場合に生徒の思考力，表現力の向上の近道になると考えられる。理科と言語活動を関連付けて考えられることはあまりないが，このような言語活動を理科の教科でも積極的に取り入れて，「言葉」を利用して生徒の考える能力を発揮させる手助けをしていくことが，「理科離れ」問題を解決するきっかけの１つになるのではないかと思われる。

※参考文献（問題の出典）
2010　全国大学入試問題正解（旺文社）
2009　全国大学入試問題正解（旺文社）

資料

組　　番　氏名

〔問題1（下書き）〕

(1) キーワード〔　疎水基の割合　〕

エタノール：

判断：エタノールと1-ブタノールを比べると親水基-OHは等しいが疎水基である炭化水素基の割合が1-ブタノールの方が大きいから。

(2) キーワード〔　水和　〕

少ない：水とエタノールが化学反応を起こし、水和したためその分の体積が減少するから。

(3) キーワード〔　水和・イオン　〕

エタノールはイオン結晶ではないので、水分子にエタノール分子が取り囲まれる水和という状態になるのに対し、硫酸銅はイオン結晶なので水中ではイオンに別れる。

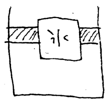
〔問題2（下書き）〕

(1) $\frac{1000g}{0.92g/cm^3} = 1086.9$

$\fallingdotseq 1087cm^3$

$\therefore 1000 + 1087 = 2087cm^3$

2000cm³になる。



(2) キーワード〔　密度　〕

異なる：食塩を溶かした水溶液では密度が大きくなるので、(1)の実験の時より氷が水中にある体積が小さくなり、(1)よりも水面の高さは低くなる。

(3) キーワード〔　下浴郎・凝固点降下　〕

食塩水では純水に加えて凝固点降下により融点が低くなっている。氷から水になる際には水の融点よりも一度さらに低くなる必要があるので、氷の融けた一部が再び氷に戻ったと考えられる。

0.92　1086.9　1000.0　920　800　736　640　552

〔問題1（清書）〕

(1) キーワード〔　疎水基の割合　〕

エタノール

判断：エタノールと1-ブタノールを比べると親水基-OHは等しいが疎水基である炭化水素基の割合が1-ブタノールの方が大きいため混ざりにくいから。

(2) キーワード〔　〕

少ない：水とエタノールを混合すると、水素結合のすき間にエタノール分子が入り混むため、その分体積が減少するから。

混ざるもの→分子間か、or分子の中に入りこむ・水素結合

混ざらない→体積なし

(3) キーワード〔　水和・イオン　〕

エタノールはイオン結晶ではないので、水分子にエタノール分子が取り囲まれる水和という状態になるのに対し、硫酸銅はイオン結晶で、強酸と弱塩基の塩なので水溶液中は完全に電離している。

→水素結合をしている

×

(完全には電離していない、そのまわりに水分子がとり囲み水和)

〔問題2（清書）〕

(2) キーワード〔　〕

異なる：食塩を溶かした水溶液では純水よりも密度が大きいので(1)の実験の時より氷が水中にある体積が小さくなり、(1)よりも水面の高さは低くなる。

プールより海水の方が浮力が大きい。

(3) キーワード〔　塩化ナトリウムの吸熱反応　融解熱と凝固点降下　〕

塩化ナトリウム（食塩）は水に溶ける時に吸熱反応をおこす。氷から水に変化した一部は、塩化ナトリウムと反応し、吸熱反応がおこるため、温度は下がる。

氷が融けるとき→まわりから熱をもらうため、まわりが温度が低くなる。

組　　番　氏名

〔問題1（下書き）〕

(1) キーワード〔 炭素数、疎水性 〕
エタノールとくらべ 1-ブタノールは炭素数が多いため、疎水性を示す。
よってエタノールが水にとけていると考えられる。

(2) キーワード〔 水分子の中にエタノール分子が入りこむ 〕
水分子と水分子の間にエタノール分子が入りこむため かさがへるため
200 mlよりも少なくなる。

(3) キーワード〔 硫酸銅はイオンで分離 〕
硫酸銅は ~~水素~~ 銅イオンと硫酸イオンに分離するが、
エタノールは分離せず水分子の間に入りこんでいるだけだから。

〔問題2（下書き）〕

(1) 1000gの氷のかたまり
$\frac{1000}{0.92} = 1087 cm^3$
1087 + 1000 = 2087
2000
~~2087~~ cm³を指す

92）100000 = 1086.9
92
80.0
73.6
64.0
55.2
88.0
82.8

(2) キーワード〔 食塩をとかすと浮力が発生 〕
食塩を水にとかすと水中で塩化物イオンとナトリウムイオンに電離し、

(3) キーワード〔 融解熱（吸熱）が発生 〕
食塩と水とが反応するときに食塩が吸熱反応を起こして
融解するため
と考えられる

〔問題1（清書）〕

(1) キーワード〔 疎水性 〕
エタノールとくらべて1-ブタノールは炭素数が多いため、疎水性を示し、
水と混ざりにくくなる。
よってエタノールが水にとけていると考えられる。

(2) キーワード〔 水分子 〕
水分子と水分子のすきまにエタノール分子が入りこむため、
200 mlよりも少なくなると考えられる。

(3) キーワード〔 硫酸イオン、銅イオン 〕
硫酸銅(Ⅱ)は水中で硫酸イオンと銅イオンに分離するが、
エタノールは分離せずに、水分子の間に入りこんでいるから。

〔問題2（清書）〕

(2) キーワード〔 〕
食塩水の密度が大きくなるため、浮力も大きくなる。
そのため氷がおしのける水量がへるので水面の高さは低くなると
考えられる

(3) キーワード〔 凝固点降下 〕
水の融点は0℃であるが、食塩を溶かすことにより凝固点降下がおこり、
0℃でも氷にならなくなる。~~また食塩が水に~~ 氷が とけるときに吸熱反応が
おこるために、0℃よりも低くなると考えられる。

〔問題1（下書き）〕

(1) キーワード〔 アルコールの中に含まれる炭素鎖 〕

均一になったのはエタノールの混合溶液であるなぜなら
アルコールでは炭素数が少ないものがよりと溶けやすく
多いものが水に溶けにくいからである。

(2) キーワード〔 親水基 〕

200mLより少なくなる なぜなら エタノールと水が混じり合う
ときに親基であるOH⁻の分だけへるから.

(3) キーワード〔 混合物と水和物の違い 〕

エタノールと水の混合物は均一な液体になるが
石灰酸銅の場合は水和物なので水に溶けるというより
は水を含んでいる状態に近い。

〔問題2（下書き）〕

(1)

100 cm^3 は

(2) キーワード〔 〕

(3) キーワード〔 高生点の違い 〕

組 番 氏名

〔問題1（清書）〕

(1) キーワード〔 アルコールに含まれる炭素鎖 〕

均一になったのはエタノールであるなぜなら
アルコール中のCは疎水基でOHは親水基だから
Cの数が少ないほど水に溶けやすいと言える。

(2) キーワード〔 親水基 〕

200mLより少なくなる

(3) キーワード〔 混合物と水和物 〕

エタノールは水に溶けて均一な液体になるが $CuSO_4 \cdot xH_2O$ は
水に溶けるというよりは水を含んでいる状態に近いので
均一な液体にはなっていないと1.5点

〔問題2（清書）〕

(2) キーワード〔 比重 〕

水と食塩水では食塩水のかたまり方が大きいなので
①の実験と目盛りは異なる。どう異なる？
目盛りは上がる？下がる？

(3) キーワード〔 凝固点の違い 〕

水と食塩水では凝固点が違うので0°を下回っても食塩水
は固体にならない。一般に純物質の高生点や沸点を
縦軸に温度を横軸にとったグラフは直線になるが、食塩水などの
混合物は曲線になる。 このことと水との関係は？

実践２－２　科学的な思考力，表現力の育成を図る

－グラフ指導を通して－

愛知県総合教育センター　　岩月　迅美

１　はじめに

今回の高等学校学習指導要領改訂の基本的な考え方の１つである「科学的な思考力，表現力の育成を図ること」は,PISA2006 調査で問われた「科学リテラシー」の一部分に該当すると思われる。PISA2006 調査は，主な学力調査の分野を，「読解リテラシー」（読解力）「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」の３つに分け，特に「科学リテラシー」と中心に調査が行われた。国立教育政策研究所総括研究官の小倉康氏によれば，このとき定義された「科学的リテラシー」とは，

『個人のもつ，

①疑問を認識し，新しい知識を獲得し，科学的な事象を説明し，科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とそれを活用する能力

②科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解する能力

③科学とテクノロジーが我々の物質的，知的，文化的環境をいかに形づくっているかを認識する能力

④思慮深い一市民として，科学的な考えを持ち，科学が関連する諸問題に，自ら進んでかかわる能力

（「Science Window 2008 March」より抜粋）』

である。

小倉氏は，科学的リテラシーをもつ人とは、『①科学と技術が関係するさまざまな「状況」で，②物理学や生物学といったいわゆる「科学の知識」や，実験計画や仮説の設定など，科学的な探究や説明に特徴的な「科学についての知識」を用いて，③科学的な疑問を認識したり，現象を科学的に説明したり，科学的な証拠に基づいて推論するといった「科学的能力」を発揮でき，④そのような行動に影響する良好な「態度」として，科学への興味を保ち，科学的な探究や問題の解決を支持し，環境や資源などに責任ある態度を示すことができる人（「Science Window 2008 March」より抜粋，下線は筆者）』としてPISAの問題が作成されたようだとしている。

「科学的な思考力，表現力の育成を図ること」はこの③の育成を図ることと考えられる。

物理の場合，実験のデータはグラフ化などした上で，現象の解釈を試みることが多い。また，考察を分かりやすくするためにはグラフの効果的な使用が不可欠である。よって，思考力，表現力の育成を図る際，グラフ作成は外せない。

２　研究の目的

新科目「物理基礎」の冒頭に「（１）ア（ア）物理量の測定と扱い方」が設けられた。ここで扱う学習内容は，『「物理基礎」の学習全体に通じる手法であり，各項目の中でそれぞれの内容に合わせて取り扱うことも考えられ，学習の進展に応じて理解を深めさせていくことが大切である』（新学習指導要領解説より，波線は筆者）としている。実験，観察に直接関わる内容であり，冒頭の配置に関係なく，各項目での探究活動に合わせて学習するような工夫を教員各自に求めていると考えてよい。

以下は前任校（愛知県立岡崎東高等学校）にて，「物理量の測定と扱い方」の中心にグラフ作成をおき，「物理基礎」の探究活動に関連させた指導を検討してみた結果である。

「物理基礎」で実施する生徒実験の例示は新学習指導要領解説に多くあり，ほとんどは現在の「物

理Ⅰ」と重なっている。その生徒実験のうち前任校で実施したもの（の一部）を以下に抜き出す。

(1)　自由落下を用いた重力加速度の測定実験
(2)　一定の力を加えたときの台車の加速度の実験
(3)　振り子の力学的エネルギー保存の実験
(4)　簡易熱量計を用いた熱量保存の実験
(5)　振動子を用いた弦の定常波の実験
(6)　気柱の共鳴実験

前任の高校では，(1)は定量的な実験をし，データ処理の際にグラフを作成するが，他の実験については定性的な実験にとどめることが多かった。物理の実験ではグラフを作成し考察するケースが少なくない。ただ，「生徒アンケート」にあるように，グラフの読み取りや作成を苦手に感じている生徒が多いため，定性的な実験にとどめている高校も少なからずあると思う。

しかし，以前の研究（注１）で「グラフが書けるようになることで，グラフから読み取る内容が増えていく傾向」を示すことができた。また苦手意識も改善し，グラフ作成を繰り返すことで定着が図られる結果も出ている。そこで，「物理基礎」の年間指導の中で，グラフ指導を取り込んだ生徒実験として(1)，(3)，(4)，(5)の４つを設定する。その実験を通して，自らグラフを作成し科学的な思考の段階に持っていける生徒の育成を図る。さらに，ここで得たスキルが選択「物理」の探究活動や「理科課題研究」につながるように工夫する。ただ，今回の改訂では理科３科目の教育課程をもつ高校が増え，生徒全員が第１学年で「物理基礎」を学習する状況も想像される。その点も考慮してまとめていく。

３　研究の方法

グラフ作成の第１段階は，グラフの基本的な書き方と一次線形になるグラフ作成の指導をする。このグラフがあれば，比例関係にある物理量の考察ができる。逆に，物理量の比例関係を確認するために，グラフを作成する。まず「２(1) 自由落下を用いた重力加速度の測定実験」を行う。続けて「２(5) 簡易熱量計を用いた熱量保存の実験」で，スキルを定着させる。

グラフ作成の第２段階は，データの加工をしてグラフ化する方法について指導する。選択「物理」の探究活動や「理科課題研究」につながる工夫として，一方の物理量を２乗するグラフ作成を行う。まず「２(4) 振り子の力学的エネルギー保存の実験」で実験データの処理の仕方を学習させ，続けて「２(6) 振動子を用いた弦の定常波の実験」を行い，実験を通して物理量の関係を導き出せるようになるかを考察する。

４　研究の内容

(1) 自由落下を用いた重力加速度の測定実験

放電式記録タイマーを用い，従前の実験のように，打点から求めた各区間の平均速度を縦軸，経過時間を横軸にとり，比例関係を示すデータの傾きから加速度を出させる（**図１**）。加速度は生徒のほとんどが導いたものの，各区間の平均速度という概念を理解していないグラフも見受けられた。

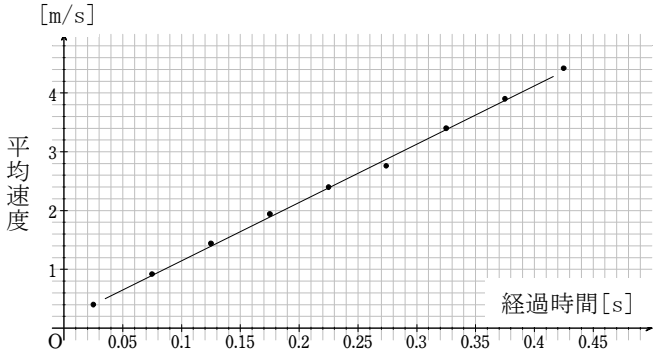


図１　平均速度と経過時間の例

(2) 簡易熱量計を用いた熱量保存の実験

図２のような実験装置を組み立てる。簡易熱量計（発泡ポリスチレン製容器）に水を入れ，ニクロム線と温度計のついた測定器セットでふたをし，電源装置で一定電流を流しながら，一定時間ごとに水温を測定する。縦軸に水の得た熱量（Q2），横軸に電源の供給したジュール熱（Q1）をとり，比例関係を示すデータの傾きから熱効率を求める。**図３**のように必ずしも直線的でないデータも多かったが，担当教員からの指示が無くても，多くの生徒がグラフを作成し，近似するための直線を書いて熱効率を出していた。

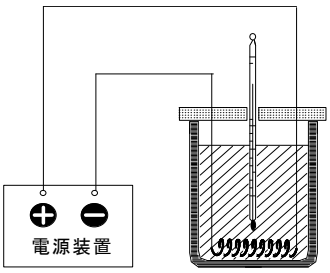


図２　簡易熱量計

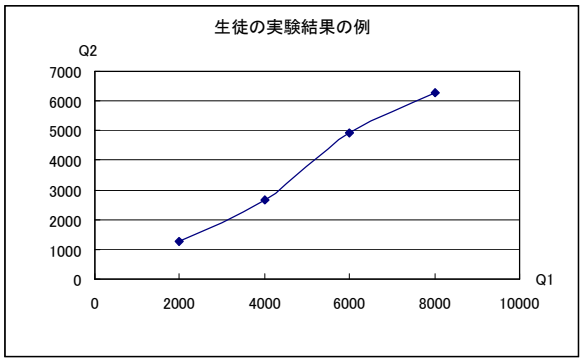


図３　電源によるジュール熱と水の得た熱量の例

(3) 振り子の力学的エネルギー保存の実験

スタンドで固定した糸の他端におもりをつける。最下点を基準の高さとしたおもりの中心の高さを測り，静かに手を離したのち最下点での速さをビースピ(簡易速度測定器)で測定する。

教科担当の指導の下，縦軸に速さの２乗，横軸に高さをとったグラフを書かせるとグラフは直線状になる(**図４**)。そこから，縦軸と横軸の比例関係から傾きが $2g$ となり $v^2=2gh$ となることを導く。

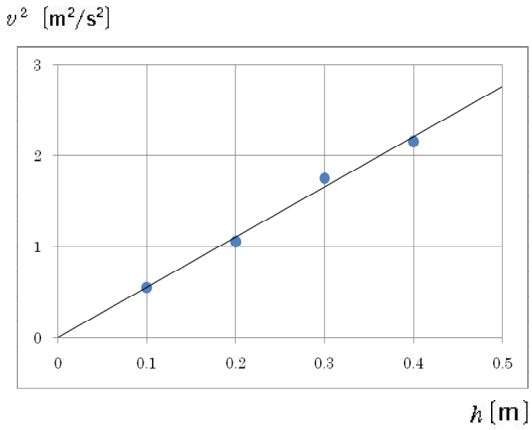


図４　速さの２乗と高さの例

しかし，自分の実験データからグラフを書くことはできても,関係式の導出までできた生徒はいなかった。そこで，次の時間に物理量の関係まで導く考え方の説明を改めて行った。

(4) 振動子を用いた弦の定常波の実験

洗濯バサミと偏芯モーターを接着して振動子を作り，洗濯バサミで糸をはさむ。糸の他端を手で持ち振動子を振動させながら吊し，２倍振動ができたときの糸の長さ（＝波長）を測る（**図７**）。振動子につるすおもりを変えて同じことをする。定常波の波長（ λ ）と糸にかかる張力（ T ：振動子全体の重さ）の関係を考察するために，波長の加工方法を生徒各自が工夫してグラフを書く（**図５**）。

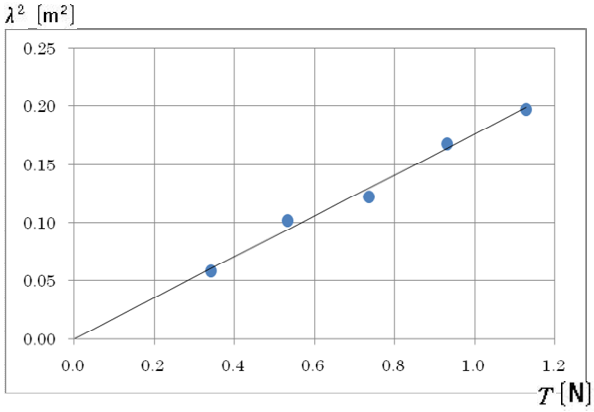


図５　波長の２乗と周期の例

実験後に行った，弦にできる定常波の条件の理解についての自己評価は「まあまあ進んだ」と答えた

生徒が大きく増加した（**図６**）。ただし，直線状になるグラフを作成し，定常波の波長と張力の関係まで考察できた生徒は１割以下であり,理解は定性的なものにとどまったと考えてよい。

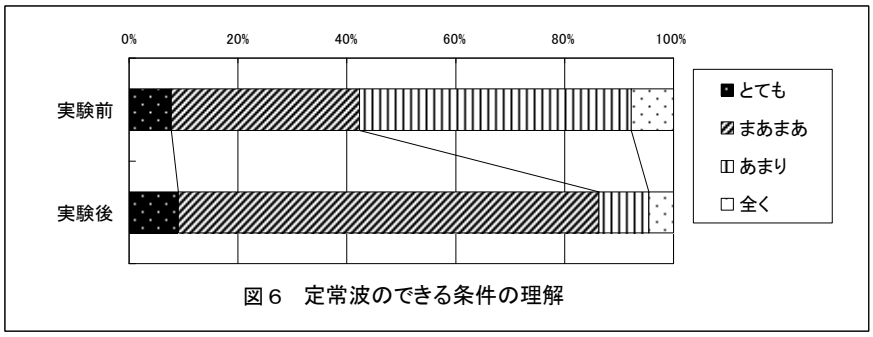


図６　定常波のできる条件の理解

右：図７　２倍振動

４　研究結果のまとめと今後の課題

グラフ指導によってグラフ作成のスキルは上達する。１回でもグラフ作成の実験を行えば，グラフに対する抵抗感を減らすことは以前の研究で分かっている。「３(1)」と「３(2)」から，比例関係（または一次近似できる関係）の式が得られる物理量の実験においては，２回の実験にてグラフを用いた考察がほぼできるようになった。

「３(4)振動子を用いた弦の定常波の実験」の実験をすると，固有振動の定性的な理解においては効果的だ。基本振動に比べ２倍振動や３倍振動についてはイメージし難いようだが，「３(4)」の実験をすると生徒の理解は進む。

今回は，この「３(4)」の実験を測定値の分析の方法として，物理量を加工した（一方の物理量を２乗する）グラフから関係式を求める指導まで実践した。しかし，生徒をそこまで至らせることはできなかった。「３(3)」で同様な処理を学習させたのだが，なかなか難しかったようである。

これらの実験を行ったのは，理系の物理選択者である。今回の改訂では理科３科目の教育課程をもつ高校が増え，生徒全員が第１学年か第２学年で「物理基礎」を学習する状況が想像される。前任校の場合，２単位という「物理基礎」の中で「測定値の分析の方法」としてのグラフ指導は，比例関係（または一次近似できる関係）までにとどめておいた方がよい，というのが結論である。

ただ，物理量を加工した（２乗や３乗する）グラフを作成し，直線状になったグラフから物理量の比例関係を導く考え方は，物理を少し上のレベルで学習する場合には必要になる。もし可能なら，物理量を加工してグラフを作る分析方法までの指導ができるとよいのではないか。また，そこまで求めるのが難しい高校でも，選択の「物理」や「理科課題研究」の中で是非指導し，生徒のスキルの幅を広げ，思考力，表現力向上の一助としてもらいたいと思う。

※参考文献

小倉康『Science Window 2008 March』「科学的リテラシーって何？」（2008 年，独立行政法人科学技術振興機構）

『高等学校理科における読解力の育成に関する研究』（2007 年，第 47 回愛知県総合教育センター研究発表会第３部会）

文部科学省編『高等学校学習指導要領解説理科編』（2009 年，実教出版）

注１）愛知県総合教育センター研究紀要第 97 集「高等学校理科における読解力の育成に関する研究」平成 20 年３月

実践２－３　科学的な思考力，表現力の育成を図る

－生物の実験指導を通して－

愛知県立刈谷高等学校　川手　文男

１　はじめに

平成 24 年度より理科，数学において新学習指導要領が実施される。この新学習指導要領は「理数教育の充実」を目指して改訂されたものであり，理科については探究活動を一層充実させる内容が盛り込まれている。新学習指導要領の内容の構成とその取扱いに以下のような記述が見られる。

『「探究活動」においては，各項目の学習活動と関連させながら観察，実験などを行い，報告書を作成させたり発表を行う機会を設けたりすること。また，その特質に応じて，問題を見いだすための観察，仮説の設定，実験の計画，実験による検証，調査，実験データの分析・解釈などの探究の方法を習得させるようにすること。その際，コンピュータや情報通信ネットワークなどの適切な活用を図ること』

また，文部科学省は「ＰＩＳＡ調査（読解力）の結果を踏まえた指導の改善」において以下のような提言を行っている。

『…理科では，「科学的に解釈する力や表現する力の育成を目指した指導の充実」を求めているが，そのためには，観察・実験において，結果を整理して科学的に解釈し，考察するとともに図やモデルなどを使って別の角度から考えることも大切である。また，観察・実験を探究的に行う中で，自分の予想や仮説，その検証方法や結果，考察等をまとめたり，観察・実験の結果についての自分の考えをまとめたりする表現活動も有効である』

これらのことから，授業で実験･実習を行った後に，生徒に報告書を作成させたり，発表を行う機会を与えたりするなど，新学習指導要領の趣旨を生かした指導を行うことで，生徒の科学的思考力，表現力を高め，読解力の向上を図ることができるのではないかと考えた。また，実験のまとめをする際にはコンピュータを活用することも検討した。

２　研究の目的

新学習指導要領には「報告書を作成させる機会」「発表を行う機会」を設けることが示されている。このうち，従来から報告書の作成は生徒に課されてきたものだが，授業後に家庭学習的に実施されていることが多い。また，発表については，教師の発問に対する回答としてデータの報告や考察結果の発表は行われてきたものの，生徒が実験全般について体系的に発表する機会が確保されているとは言い難い。

そこで，「報告書を作成させる機会」「発表を行う機会」などを実験実施後の授業時間内に設定し，科学的思考力や表現力の育成に効果があるかどうか調べることにした。

３　研究の方法と内容

(1) 実験　～ＤＮＡの抽出～

まず，生徒実験としてＤＮＡの抽出を行った。これは試料に食塩水を加えてＤＮＡを溶解させた後にアルコールを注いでＤＮＡ（を含む物質）を析出させる方法である。その手順を以下に記す。

材料　タマネギ

・学校ではタマネギを準備したが，生徒にはブロッコリーやバナナも使用可能であること伝え，任意の材料を準備させた。

器具　乳鉢，乳棒，ガーゼ，ビーカー，試験管，ピペット

薬品　エタノール（冷凍庫中で冷やしておいたもの），台所用洗剤，20％食塩水

方法　ⅰ）材料をきざみ，20％食塩水５ｍｌを加えて乳鉢と乳棒を用いてすりつぶす。

ⅱ）すりつぶした液に台所用洗剤を数滴加え，静かに混ぜる。その後，数分間放置する。

ⅲ）乳鉢内の液をガーゼで絞ってビーカーに取る。

ⅳ）絞った液を試験管に移し，よく冷やしたエタノールを静かに注ぐ。

ⅴ）材料の液とエタノールの境界面にＤＮＡ（を含む白い物質）が析出してくる。

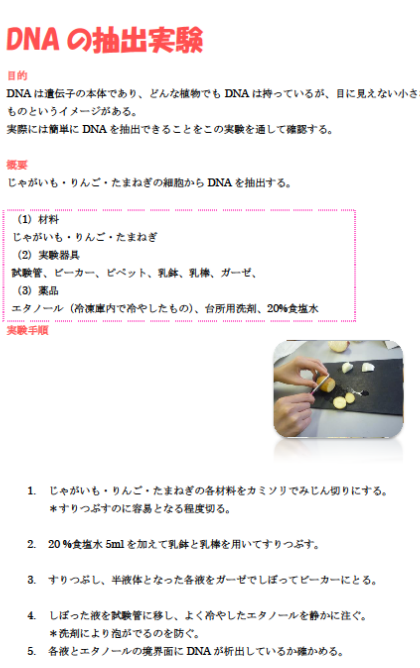
あらかじめ生徒には実験の次時にコンピュータのワープロソフトを用いてレポート作成し，その後，プレゼンテーションの作成を行うことを予告しておいた。それらの準備のためにデジタルカメラを用いて実験の過程を撮影してもよいことを伝えておいた。

なお，以下の研究①②③は別々のクラスを対象に行い，その効果を比較することにした。

(2) 研究①　～レポート作成時間の設定～

「報告書を作成させる機会」を与えるために，実験を行った次の授業時間にコンピュータを利用したレポート作成の時間を設けた。生徒実習用のコンピュータ室でレポートを作成させ，プリントアウトしてレポートとそのデータを提出させた。生徒が提出したレポートの一部を以下に示す。

生徒Ａのレポート（１枚目）



DNA の抽出実験

目的

DNA は遺伝子の本体であり、どんな植物でも DNA は持っているが、目に見えない小さなものというイメージがある。
実際には簡単に DNA を抽出できることをこの実験を通して確認する。

概要

じゃがいも・りんご・たまねぎの細胞から DNA を抽出する。

(1) 材料
じゃがいも・りんご・たまねぎ
(2) 実験器具
試験管、ビーカー、ピペット、乳鉢、乳棒、ガーゼ、
(3) 薬品
エタノール（冷凍庫内で冷やしたもの）、台所用洗剤、20%食塩水

実験手順

1. じゃがいも・りんご・たまねぎの各材料をカミソリでみじん切りにする。
＊すりつぶすのに容易となる程度切る。
2. 20％食塩水 5ml を加えて乳鉢と乳棒を用いてすりつぶす。
3. すりつぶし、半液体となった各液をガーゼでしぼってビーカーにとる。
4. しぼった液を試験管に移し、よく冷やしたエタノールを静かに注ぐ。
＊洗剤により泡がでるのを防ぐ。
5. 各液とエタノールの境界面に DNA が析出しているか確かめる。

生徒Ａのレポート（２枚目）

使用した薬品
20%食塩水・・・DNA は塩化ナトリウムに溶解しやすい。
台所用洗剤・・・界面活性剤が含まれており、これは細胞膜とたんぱく質を破壊する。
エタノール・・・DNA は比重が小さいため、エタノール層に浮き、層が分かれる。

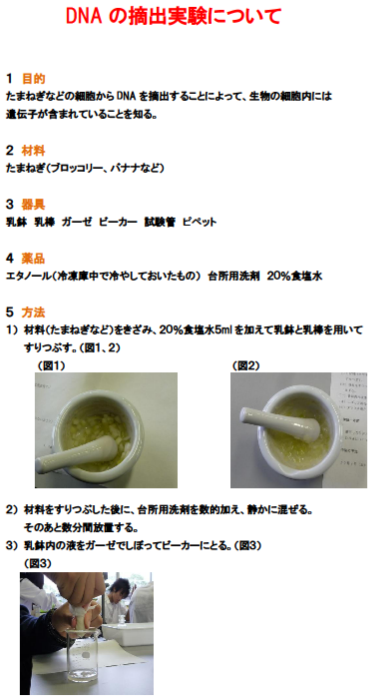
実験結果

	結果	結果写真
じゃがいも	層の間に DNA と見られるものが抽出された。	
りんご	上の層と下の層の間に白いつぶつぶの DNA とみられるものが微量抽出された。	
たまねぎ	上部の層にはっきりと DNA が抽出された。	

考察

DNA はじゃがいも、りんご、たまねぎ全てにおいて抽出することができたが、
たまねぎ、じゃがいも、りんごの順ではっきりと現れた。
たまねぎよりもじゃがいもやりんごのほうが繊維がおおく、すりつぶす量のわりにあまり DNA 量が多くなかったと考えた。
DNA がかんたんに抽出できて、意外と身近なものに感じられてよかったと思う。

生徒Ｂのレポート（１枚目）



DNA の摘出実験について

1 目的
たまねぎなどの細胞から DNA を摘出することによって、生物の細胞内には遺伝子が含まれていることを知る。

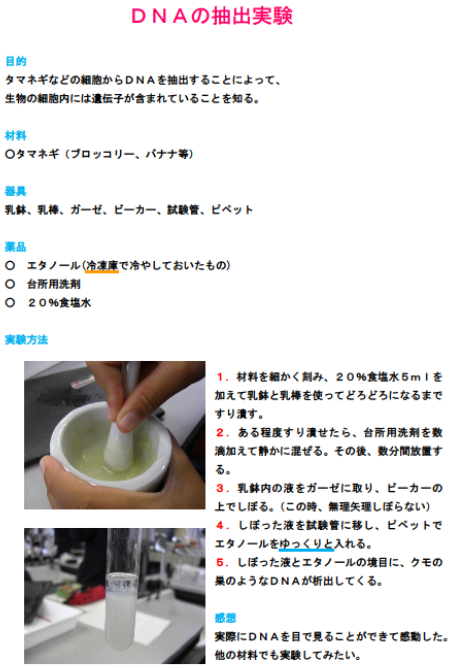
2 材料
たまねぎ(ブロッコリー、バナナなど)

3 器具
乳鉢 乳棒 ガーゼ ビーカー 試験管 ピペット

4 薬品
エタノール(冷凍庫中で冷やしておいたもの) 台所用洗剤 20%食塩水

5 方法
1) 材料(たまねぎなど)をきざみ、20%食塩水5ml を加えて乳鉢と乳棒を用いてすりつぶす。(図1、2)
(図1) (図2)
2) 材料をすりつぶした後に、台所用洗剤を数的加え、静かに混ぜる。そのあと数分間放置する。
3) 乳鉢内の液をガーゼでしぼってビーカーにとる。(図3)
(図3)

生徒Ｃのレポート（１枚目）



ＤＮＡの抽出実験

目的
タマネギなどの細胞からＤＮＡを抽出することによって、生物の細胞内には遺伝子が含まれていることを知る。

材料
○タマネギ（ブロッコリー、バナナ等）

器具
乳鉢、乳棒、ガーゼ、ビーカー、試験管、ピペット

薬品
○ エタノール(冷凍庫で冷やしておいたもの)
○ 台所用洗剤
○ ２０%食塩水

実験方法
1．材料を細かく刻み、２０%食塩水５ｍｌを加えて乳鉢と乳棒を使ってどろどろになるまですり潰す。
2．ある程度すり潰せたら、台所用洗剤を数滴加えて静かに混ぜる。その後、数分間放置する。
3．乳鉢内の液をガーゼに取り、ビーカーの上でしぼる。(この時、無理矢理しぼらない)
4．しぼった液を試験管に移し、ピペットでエタノールをゆっくりと入れる。
5．しぼった液とエタノールの境目に、クモの巣のようなＤＮＡが析出してくる。

感想
実際にＤＮＡを目で見ることができて感動した。
他の材料でも実験してみたい。

(3) 研究②　～プレゼンテーション作成と発表時間の設定～

「発表を行う機会」を与えるために，実験を行った次の授業時間にコンピュータを利用したプレゼンテーション作成の時間を設けた。さらに，その次の授業時間を発表の時間に充てた。

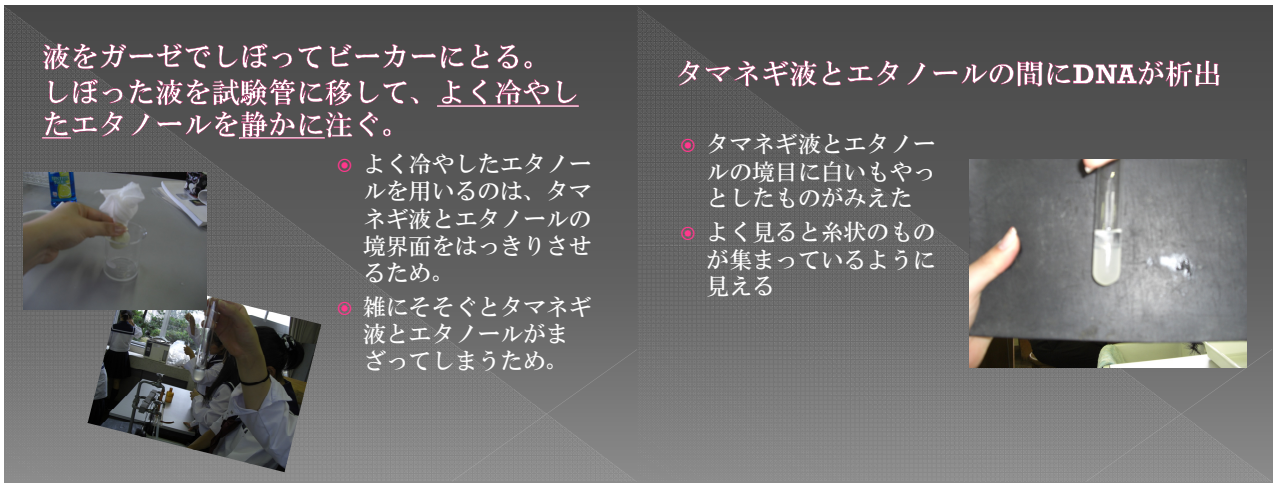
以下に生徒が作成したプレゼンテーションの一部を示す。

生徒Ｄのプレゼンテーション（実験方法）

液をガーゼで絞ってビーカーに取る。絞った液を試験管に移してよく冷やしたアルコールを注ぐ。

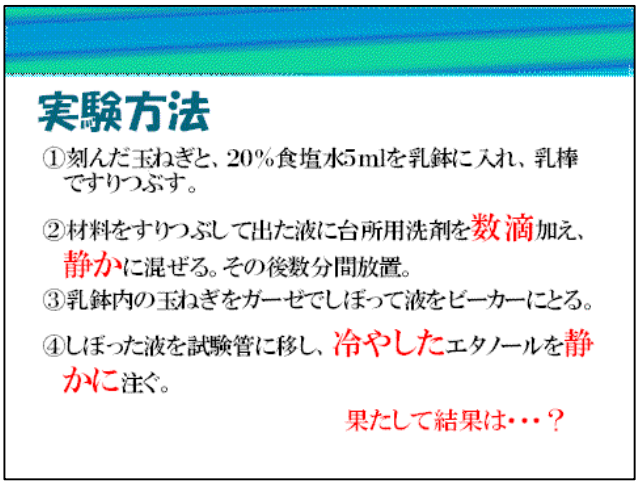
生徒Ｄのプレゼンテーション（実験結果）

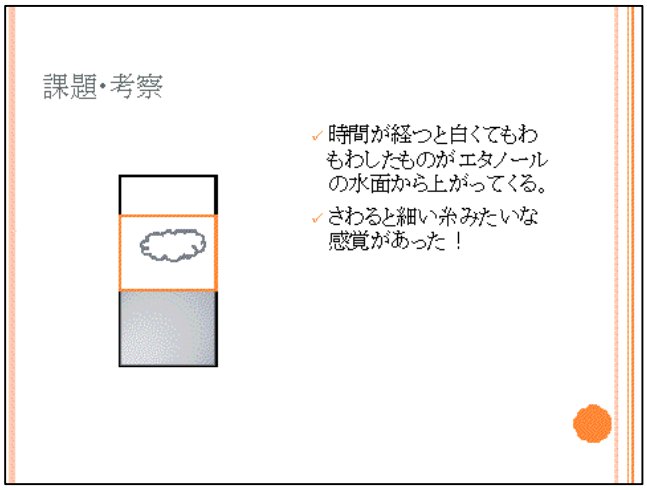
タマネギ液とエタノールの間にＤＮＡが析出



生徒Ｅのプレゼンテーション（実験方法）

生徒Ｆのプレゼンテーション（実験結果）





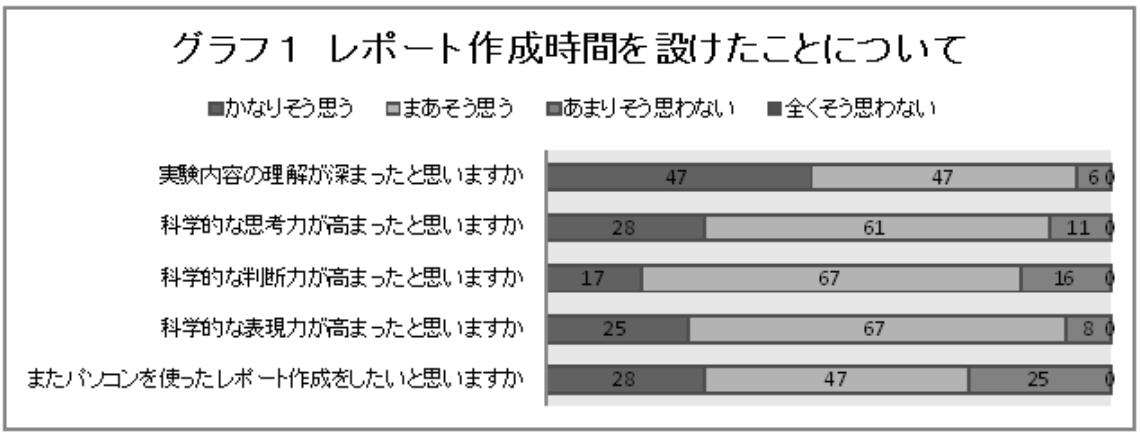
(4) 研究③　～グループ討議と意見交換時間の設定～

「発表の機会」を与えるとともに，探究活動を深化させるために，実験を行った次の授業時間に実験内容について２，３名のグループを作り討議をさせた。討議場所は図書室を利用することにし，実習後の調べ学習ができるようにした。さらに，その次の授業時間を利用してグループ内で話し合った内容を発表させ，クラス内で意見交換をさせた。

４　研究の内容と結果

(1) 研究①について　～レポート作成時間の設定～

授業後に行った生徒アンケートの結果（**グラフ１**）と生徒の感想を以下に示す（グラフ中の数字は%）。



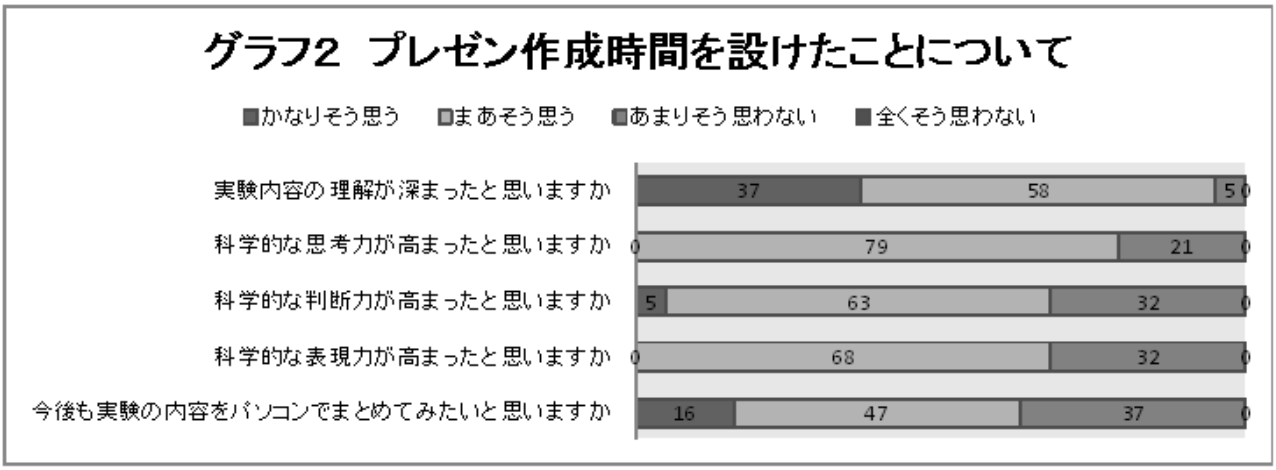
実験の次時のレポート作成は，コンピュータ室を使用した。その際，インターネットについても利用させた。生徒の中にはコンピュータの操作を苦手とする者もいたが，多くの者のコンピュータ活用能力は高く，スムーズにレポート作成が進行した。授業時間内にレポート作成の時間を設けたことで，従来には見られた粗雑なものが減り，内容の濃いレポートが増えたと感じた。生徒の感想からも実験内容の理解度が高まったことがうかがえる。

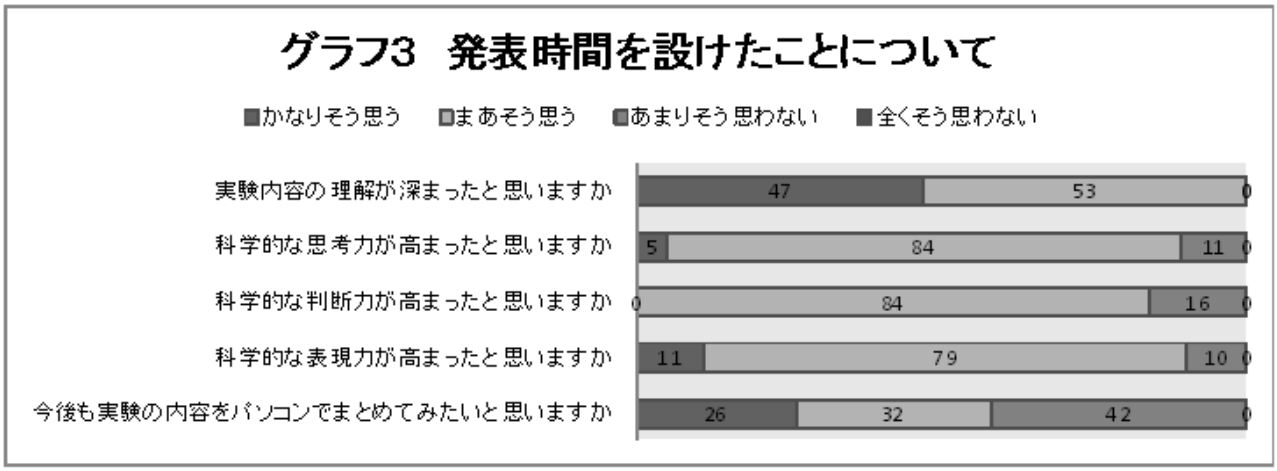
【生徒の感想（自由記述）】

・思ったより楽だった。
・パソコンでレポートを作るのは新鮮だった。
・自分で撮った写真をレポートに貼ったり，配置を考えたりするのは楽しかった。
・授業でのレポート作成は興味深く，科学的な要素を身に付けたいと思った。
・説明だけではなく，実験において使う薬品の意味や実験手順の理由をプリントに書いて欲しい。
・実験に失敗しても，その理由を考えることができた。
・レポートにどんなことをまとめればいいのか分からなかったが，自分が書きたいと思うものをまとめることができた。
・パソコンが苦手で苦労した。
・レポート作成には戸惑ったが，実験についてはよく理解できた。
・レポート作成の時間がもう少し欲しい。
・実験は楽しい。（多数）

(2) 研究②について　～プレゼンテーション作成と発表時間の設定～

授業後に行った生徒アンケートの結果（**グラフ２、３**）と生徒の感想を以下に示す（グラフ中の数字は%）。





研究①と同様に，コンピュータ室を使用した。その際，インターネットについても利用させた。概

して生徒のパソコン活用能力はかなり高く，個性的で興味深いプレゼンテーションを作成していた。実験内容をクラス内で発表する，という意識が生徒たちに働いていたため，実験そのものにも前向きな姿勢で臨む様子が見られた。また，分かりやすく発表しようと工夫することによって，自分自身の理解度が高まったようである。

発表については，生徒全員が同じ実験を行っているので，内容が類似したために冗長になりがちな部分もあったが，生徒たちは他人の意見にも耳を傾け，自分では気付かなかった事項などに注目していた。

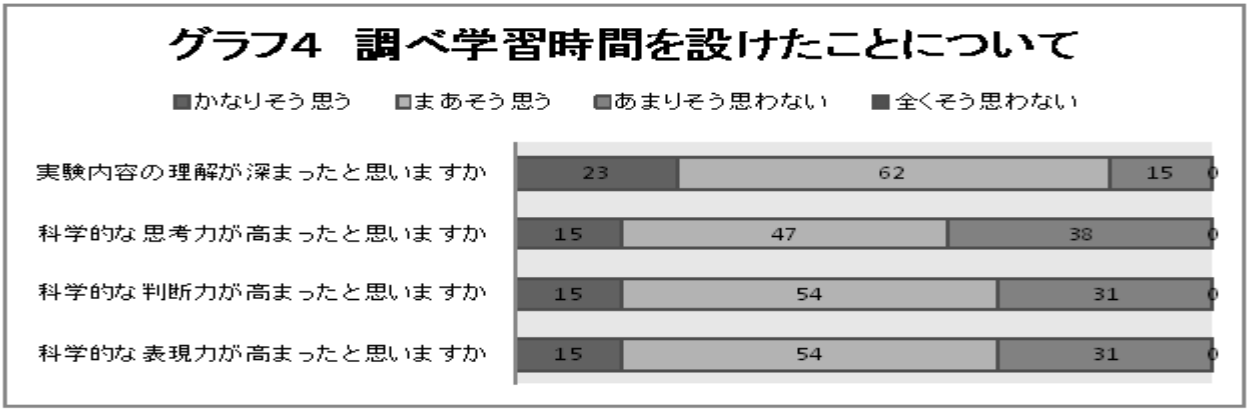
残念ながら，生徒の発表技術についてはまだ稚拙である。今後，話し方や説明の仕方などを含めて，発表能力を高める指導が必要だと感じた。

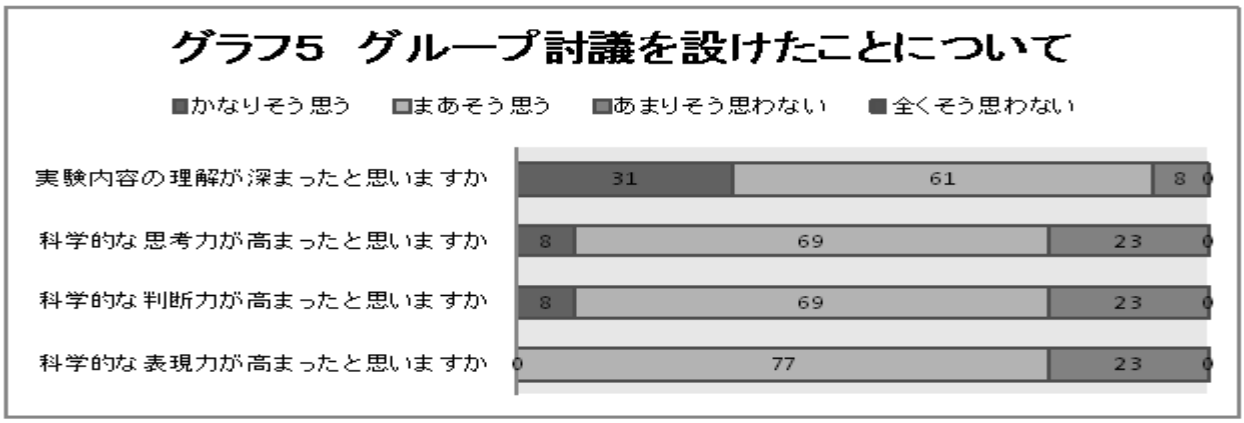
【生徒の感想（自由記述）】

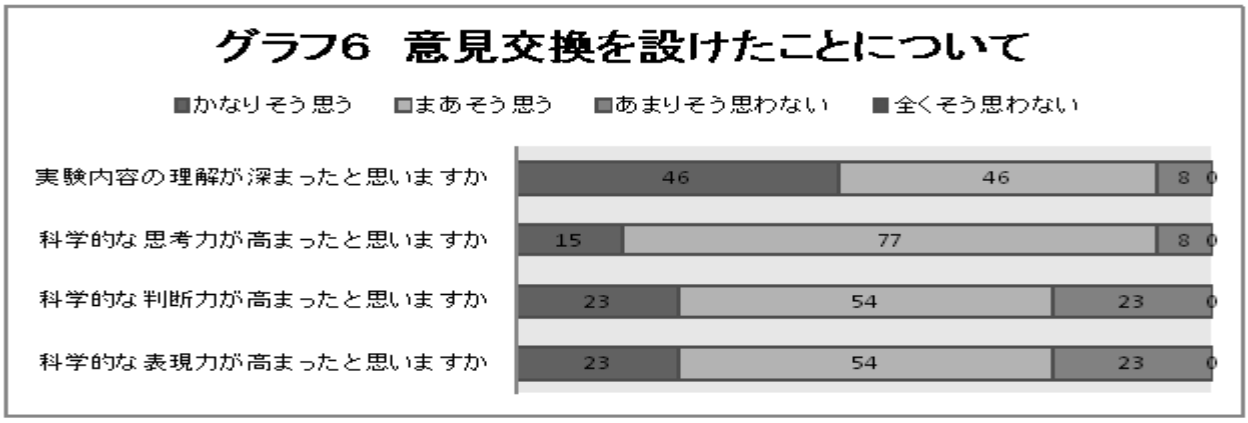
・発表が前提だったので，実験での集中力が増した。
・分かりやすく発表することを意識してプレゼン作成したので自分の理解が深まった。
・同じ実験だったのに，発表に個性があってよかった。（多数）
・パワーポイントをもっと上手く活用できるとよかった。
・写真があると分かりやすく，きれいだと思った。
・ＤＮＡを見ることができてよかった。
・実験を行うことで興味が増した。
・他人の発表を聞いて，新しく気付くことがあった。（多数）
・パワーポイント作成の時間がもう少しあるとよかった。（複数）
・パワーポイント作成の時間が短いのに完成度の高いものがいくつもあった。
・同じ発表ばかりにならないように，実験テーマを選べるとよかった。（複数）
・他人の表現や考え方を今後の参考にしようと思った。（複数）
・もっと詳しくＤＮＡについて調べてみようと思った。

(3) 研究③について　～グループ討議と意見交換時間の設定～

授業後に行った生徒アンケートの結果（**グラフ４、５、６**）と生徒の感想を以下に示す（グラフ中の数字は%）。







【生徒の感想（自由記述）】

・よい試みだと思う。（複数）
・他人の発表を聞くことで，新たな視点を知ることができた。（多数）
・他人の意見に刺激を受けた。
・正解が分からないことだったので，様々な考えを出すことができた。
・自分たちで自由に考えることは楽しい。
・せっかく討論の時間だったのに，討論に参加している人と，そうでない人がいたのは残念。
・自分の知識が足りなくて，まともな考察ができなかった。
・実験の内容と結果についてよく考えることによって，理解が深まった。
・いつもは授業の内容を覚えるだけだったけど，自分で考えることができてよかった。このような調べ学習がなかったら，抽出した物質は純粋なＤＮＡだと信じて疑わなかったと思う。
・意見交換ができてよかった。１つの考え方にとらわれずにいろいろな考え方に触れるのは大事だと思った。

実験後に生徒たちに「抽出した物質は本当にＤＮＡなのか」という問い掛けをした。実際に抽出したのは「ＤＮＡを含む物質」であり純粋なＤＮＡではない。

生徒たちはグループごとに調べ学習をしながら様々な意見を述べていた。「ＤＮＡを検出する実験を調べて，それを行うとよい」「ＤＮＡのみを染色する薬品を用いて確認するとよい」といった意見から，「ＤＮＡはデオキシリボースを含んでいるので加水分解したら甘いはずだ」といった意見が出ていた。自ら調べたり，考えたりしたことに加えて，他人と意見を交換させることで新たな視点を獲

得した生徒が多かった。

討議をすることで，生徒の理解を深めることはできたと思われるが，中には討議に対して消極的な生徒もいた。全員を討議に活発に参加させるための事前指導も必要だと感じた。

５　研究のまとめと今後の課題

生徒アンケートの結果からは，研究①②③のいずれの取組についても，実験内容の理解を深めるために役立っていることが分かる。また，科学的な思考力を高めることに効果があったことが分かる。

特に研究②のグラフ２とグラフ３からは，発表用のプレゼンテーションデータを作成するだけよりも，実験結果を発表したことの方が科学的思考力が高まったと感じる生徒が多いことがわかる。さらに，発表を行うことで科学的な表現力が高まったと感じている生徒も多い。

研究③からは，実験後に生徒間で意見交換を行わせることは思考力や表現力の育成に有効であることも分かる。

これらの結果から，実験後にレポートやプレゼンテーションなどの形で，「報告書を作成させる機会」として，実習内容をまとめる時間は与えるべきであると考えられる。また，生徒発表によって他人の意見や視点に触れる機会を与えることは科学的思考力や表現力の育成のために効果的である。「発表を行う機会」を与え，生徒間で話し合ったり，討論させたりするなどの意見交換の場を設けることも，科学的思考力や表現力を高めるために有効だと思われる。

なお，実験内容をまとめたり，表現したりする手段としてコンピュータのは積極的に活用するべきである。

「レポート作成の時間」「プレゼンテーション作成や発表の時間」「グループ討議と意見交換の時間」は生徒の理解を深め，科学的思考力や表現力を高めるのに有効であったが，これらの実験後の事後学習に相当する時間の捻出方法については今後さらなる研究が必要である。また，発表や討論の具体的な指導方法についても研究が必要である。

授業時間内に，レポートを作成させたり，討議させたり，発表させたりすることによって，生徒の表現力や思考力を高めることが可能であることから，これらの手段は読解力向上のためにも有効だと考えられる。

本研究で行った「報告書を作成させる機会」「発表を行う機会」を設けたり，コンピュータを授業で活用したりするなどの取組は新学習指導要領の趣旨を生かしたものであり，特に，新教育課程の「理科課題研究」において有効に活用できると思われる。また，これらの取組は現行教育課程の授業においても生徒の理解を深め，科学的思考力や表現力の育成に十分活用できると思われる。

実践３－１

科学を学ぶ意義・有用性を実感させ，科学への関心を高める

－長期休業中のレポート課題における実践－

愛知県立一宮高等学校　　金廣　伸也

１　はじめに

近年，生徒の理科離れが大きな問題となっている。その原因の１つとして，生徒が理科に興味をもてず，教科書や参考書に記載されている内容を暗記してテストに臨むだけに終始している状況が少なからずあることが挙げられる。実際，愛知県総合教育センターが平成 22 年６月に行った高校生に対するアンケートで,「高校の理科の授業で学ぶことは入試や就職試験に役立つと思いますか」という質問に 80％近い生徒が「そう思う」「まあそう思う」と回答しているのに対し，「理科の授業は将来社会に出て役立つと思いますか」という質問には半数以上が「あまりそう思わない」「そう思わない」と回答している。

このような現状を踏まえ，高校の授業が日常生活や社会にどのようにかかわっているかを体験させ，科学的な事柄に興味を持たせ，自ら学習する意欲の向上につなげることが重要ではないかと考える。

２　研究の目的

教科書の内容が最新の研究とどのように結びついているかを生徒に理解させることによって，生徒に興味をもたせ科学を学ぶ意義・有用性を実感させつつ，さらなる知識の定着を図る。また，正解のない課題に取り組ませることで思考力・創造力を養うとともに，大学進学後に必要となるレポートの書き方にも慣れておく。

３　研究の方法

(1) 前任校での取組

３年理系選択者（４クラス）全員を対象に，夏休みの長期休暇を利用し，教科書の単元を１つ選ばせ，それに関する最新の研究内容や先端技術の実用例を図書館の文献やインターネット等で調べさせ，下のような書式でレポート用紙にまとめて提出させる。

４クラス共通で化学分野について行い，加えて生物選択者には生物分野でも行う。

〔表紙〕

夏休み　化学（生物）課題

組　　番　氏名

〔本文〕

１　該当する単元名

第○章　○○○○○○○

２　最新研究内容・実用例

３　感想

４　参考文献

(2) 現任校での取組

本校は，スーパーサイエンスハイスクール（ＳＳＨ）指定校であり，毎年１年生を対象に，ＳＳＨの夏休みの課題として「技術・工学」「物理学」「化学」「農学」など 18 の分野から各自１つ選択し，それに関連するテーマを自分で設定して 2000 字以上のレポートにまとめて提出させる課題を課している。

さらに，２学期のＳＳＨの授業内で，一人５分程度で自分の課題研究について発表させる機会を設け，生徒間で下に示したような評価シートを用いて相互評価させるとともに，優秀作品については３学期に学年集会などの全体の場で発表させる（**表１**）。

ＳＳＨ課題研究　相互評価用紙

評価者　１年　　組　　番・＿＿＿＿＿＿＿＿

組	番	氏　名	テーマの選び方 ・好奇心や探求心あふれる研究内容である ・熱意や誠意が感じられる発表内容である ・研究動機が明確である ・独創的である	研究の進め方 ・情報収集や予備実験が十分である ・何を調べようとしているか（仮説）が明確である ・何と何を比較しようとしているかが明確である ・結論が明確である	まとめ方 ・実験や調査の手順が簡潔にまとめられている ・仮説の検証過程が分かりやすい ・結果が表やグラフで分かりやすく整理されている ・結果が具体的，客観的である ・結論の持つ意味や適応の限界について考察されている	発　表 ・聞き取りやすい ・聴衆の理解度を意識した分かりやすい説明である ・原稿から目を離し聴衆とコンタクトをとりながら発表している ・制限時間を適切に利用している	総合評価	感想・意見
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	
			４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	４ ３ ２ １	

評価について：４が、最もよい・最もあてはまる として、○を付ける。　**総合評価**は、１～２（～４）名を４，　０～１（～４）名を１とすることが望ましい。

準備：１枚だけの小さい紙を見せたり・言葉だけで発表するよりも、できれば、発表に向けて、大きい紙にグラフ・図・写真などを用意してくるとよい。
人数分（自分を含めて７人）の資料を準備してくる方法も考えられる。発表方法を工夫すること。発表の**練習をしてくること。**

表１　相互評価表

４　留意点

(1) 他人の力を借りず，すべて自分の力だけでレポートを完成させるように強く指導する。

(2) 文章では示しにくいものについては図やコピーも認め，場合によってはパソコン等の使用も許可する。

(3) 参考にした文献・ホームページ等を明記するように指示する。

５　結果および今後の方針

46 ページ以降に掲載した例（例１・例２は前任校，例３・例４は現任校のもの）のように，前任校・現任校とも多くの生徒が意欲的に取り組んでくれて，感想でも「教科書の内容がこんな身近なことに利用されているとは思わなかった」「新しい発見があった」などと肯定的な意見が大半であった。

また，自分の志望校のホームページを参考にした生徒も多く，「ますます興味がわいてきた」「もっと勉強してこの大学でこの研究をしてみたい」といった意見もみられ，進路指導としても効果があったことがうかがわれる。

なお，現任校でのクラス内発表後に行ったアンケート結果を次ページ以降に示す（**図１**）。

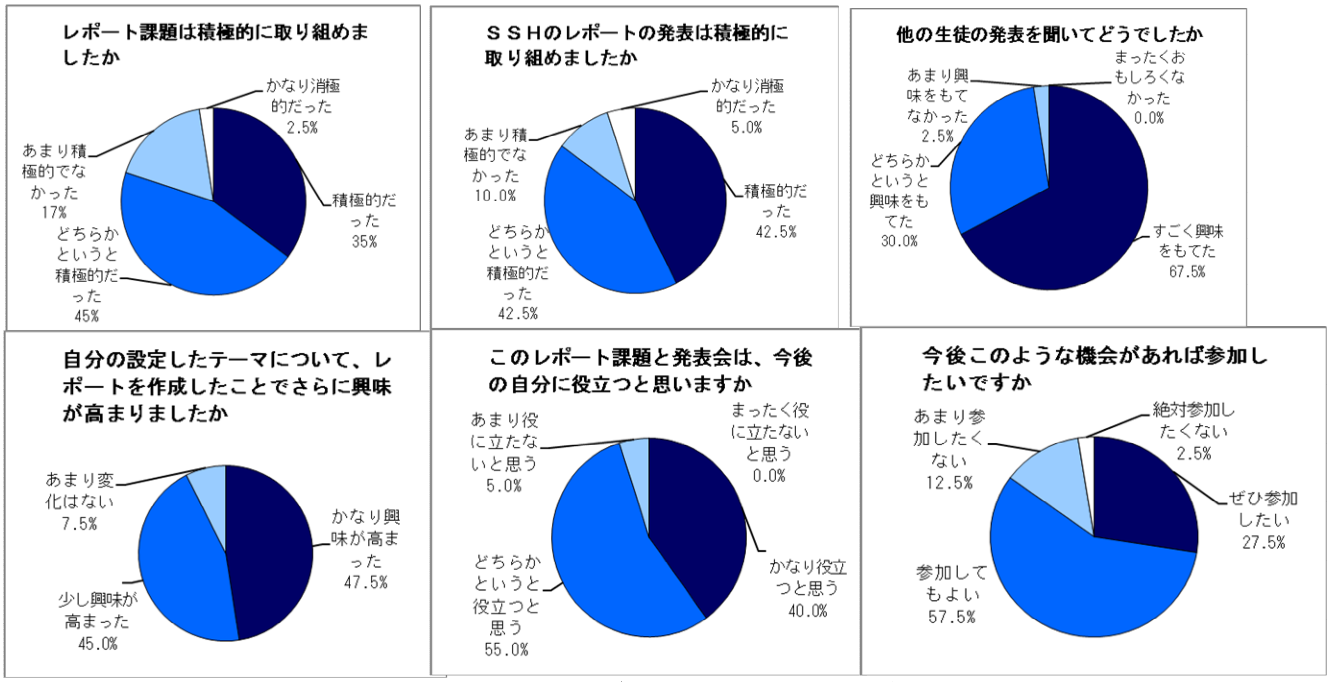


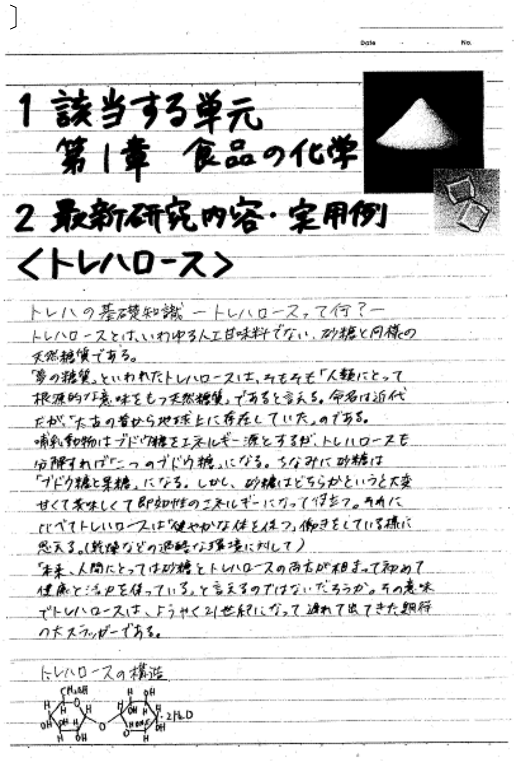
図１　クラス内発表後に行ったアンケート結果

この結果から，これらの方法によって科学を学ぶ意義や有用性を生徒に実感させることができていると同時に，理科に対する意欲や関心の高揚にもつながっていることがわかる。

普段の教室内での座学のような受け身型の学習だけでなく，生徒が主体的に行動することが必要となるような学習方法を取り入れることで，さらなる学習効果の向上が期待できる。

改善点としては，短時間で終わらそうと参考にした文献・ホームページの文章を書き写しただけのレポートもみられたので，著作権の問題について指導すると同時に，自分の言葉に直してまとめさせる，専門用語などの難解語句はそのまま使用せずに調べ直して意味を理解させる，時間があればレポートの内容を踏まえて口頭試問のようなことを行って理解度をみる，など事前・事後の指導を工夫するとさらに効果的ではないかと思われる。

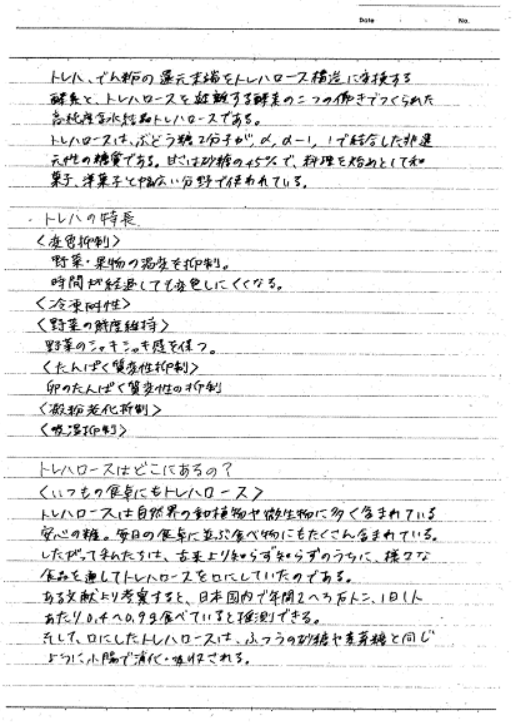
〔例１〕



1 該当する単元
第1章 食品の化学
2 最新研究内容・実用例
<トレハロース>

トレハの基礎知識 ートレハロースって何？ー
トレハロースとはいわゆる人工甘味料でない、砂糖と同様の天然糖質である。
「夢の糖質」といわれたトレハロースは、そもそも「人類にとって根源的な意味をもつ天然糖質」であると言える。命名は近代だが、「太古の昔から地球上に存在していた」のである。
哺乳動物はブドウ糖をエネルギー源とするが、トレハロースも分解すれば「二つのブドウ糖」になる。ちなみに砂糖は「ブドウ糖と果糖」になる。しかし、砂糖はどちらかというと大変甘くて美味しくて即効性のエネルギーになって役立つ。それに比べてトレハロースは「健やかな体を保つ」働きをしている様に思える。（乾燥などの過酷な環境に対して）
「未来、人間にとっては砂糖とトレハロースの両方が相まって初めて健康と活力を保っている」と言えるのではないだろうか。その意味でトレハロースは、ようやく21世紀になって遅れて出てきた期待の大スラッガーである。

トレハロースの構造
$\cdot 2H_2O$



トレハ、でん粉の還元末端をトレハロース構造に変換する酵素と、トレハロースを遊離する酵素の二つの働きでつくられた高純度含水結晶トレハロースである。
トレハロースは、ぶどう糖2分子が、α,α-1,1で結合した非還元性の糖質である。甘さは砂糖の45%で、料理を始めとして和菓子、洋菓子と幅広い分野で使われている。

・トレハの特長
<変色抑制>
野菜・果物の褐変を抑制。
時間が経過しても変色しにくくなる。
<冷凍耐性>
<野菜の鮮度維持>
野菜のシャキシャキ感を保つ。
<たんぱく質変性抑制>
卵のたんぱく質変性の抑制
<澱粉老化抑制>
<吸湿抑制>

トレハロースはどこにあるの？
<いつもの食卓にもトレハロース>
トレハロースは自然界の動植物や微生物に多く含まれている安心の糖。毎日の食卓に並ぶ食べ物にもたくさん含まれている。
したがって私たちは、古来より知らず知らずのうちに、様々な食品を通してトレハロースを口にしていたのである。
ある文献より考察すると、日本国内で年間2へ3万トン、1日1人あたり0.4へ0.9g食べていると推測できる。
そして、口にしたトレハロースは、ふつうの砂糖や麦芽糖と同じように小腸で消化・吸収される。

＜食物中のトレハロースの量＞

食品・食品素材	トレハロース含量
食パン	0.15%
しいたけ	11.5%
ホンシメジ	10.4%
マッシュルーム	10.0%
なめこ	23.0%
ドライイースト	11.6%
ひじき	0.27%
エビ（ブラックタイガー）	0.47%

海水中にもトレハロースがたくさんある。名古屋大学大気水圏科学研究所の調査によると2糖類としては最も多く、砂糖と同等レベル存在している。
世界に百万種いるといわれる昆虫のほとんどの血糖は、トレハロースである。
コケなどの地衣類、酵母などにも存在している。

一滴の水で生き返る生き物
人間をはじめとする生き物は、水分がなくなると生き残れない。しかし昔から、完全にひからびて死んだような状態でも水をごく少量加えただけで生き返る生物の存在が知られていた。たとえば、砂漠に生息するイワヒバという植物、クマムシ（緩歩動物）、酵母などは乾燥して何年たっていても水さえ加えれば生き返る。この復活現象は長年の間、「不思議な現象」として原因がわからぬまま扱われていた。
近年になってこの不思議な「復活現象」には、生物の細胞内にある糖が大きく関わっているということがわかった。その糖こそ「トレハロース」なのである。トレハロースが水に代わって細胞を守る働きをしているなどといわれている。だからトレハロースは、別名、「命の糖」「復活の糖」と呼ばれている。

▲乾燥したイワヒバ　▲給水2時間後　▲給水24時間後

干し椎茸がもどるのもトレハロースのおかげ
もっと身近な例を挙げてみよう。干し椎茸は何カ月おいた後でも、お湯あるいは水に浸すと、元の状態にもどる。これも実はトレハロースの働きなのである。椎茸に含まれているトレハロースが多ければ多いほど、より元に近い状態になることが実験で報告されている。

3 感想

私は、テレビのCMで流れているのを見て、トレハロースとは化学的につくられた糖分であるとずっと思っていたので、今回調べて、昔からあった成分が、今になってわかってきたということを知り、とても驚いた。
トレハロースの性質を活かして、今後は、食物などの生ものにも使われ、より長期間の保存がきくようになり、生ごみの減少につながるのではないかと思う。

4 参考文献

インターネットを利用
http://www.hayashibarashoji.jp/product/treha/about.html

〔例２〕

1. 該当する単元名

＜生物Ⅱ＞
第1章　遺伝情報とその発見
④バイオテクノロジー

2. 内容

【概容】
東京理科大の辻孝教授らが食べ物をかめる硬さで、痛みなどの感覚もあるほぼ完全な歯をマウスで再生させることに世界で初めて成功した。

◆研究の内容◆
これは辻孝教授らが2007年2月に発表した「器官原基法」の応用。
辻教授らは、マウスの胎児から歯のもとの細胞を採取し、「器官原基法」で歯の原型（歯胚）にまで成長させた。
次に、成体マウスの上あごの臼歯を抜いた跡にこの歯胚を移植すると、約五十日間で反対側の歯とかみ合うように成長した。
再生歯は通常よりやや小さいが、エナメル質や象牙質の硬さは同等。根元を包む歯根膜も、歯の位置をずらす矯正治療実験の結果、周囲のあごの骨と連携して機能していることがわかった。さらに、神経が歯根膜や歯髄に入りこみ、刺激を与えると脳に痛みとして伝達されることを、神経の染色やたんぱく質分析で確認した。

マウスの口の中で再生した歯（矢印）＝東京理科大の辻孝教授提供
↑中日新聞より

この実験は今春までに六十匹中三十四匹で成功★
成功率は現在 **8割** に上昇中★

◆器官原基法とは…??◆
臓器は胎児期に上皮細胞と間葉細胞の相互作用で形成される。
この過程を再現するため、マウス胎児細胞から2種類の細胞を分離し、別々の高密度集団にしてからコラーゲンゲルの中で重ね合わせて培養する方法が開発された。
しかし、ヒトでは胎児細胞ではなく、何らかの幹細胞を使う必要がある!!!

◆実験の成果◆
成果として、将来「**人工多能性幹（iPS）細胞**」などの幹細胞を歯のもとに変え、失った歯のあとに移植して再生できれば入れ歯不要の生活が実現すると期待されている。
そして疾患や傷害を受けた臓器を人工的に作製した臓器と置換する次世代の再生医療として期待されている「**臓器置換再生医療**」の実現を大きく推進することが期待され、「歯の再生」「毛の再生」のみならず肝臓や腎臓などの幅広い臓器の器官再生技術へと発展することが期待されている。

◆人工多能性幹（iPS）細胞とは…??◆
人工多能性幹細胞とは、体細胞へ数種類の遺伝子を導入することにより、ES細胞（胚性幹細胞）のように非常に多くの細胞に分化できる分化万能性と、分裂増殖を経てもそれを維持できる自己複製能を持たせた細胞のこと。
京都大学の山中伸弥教授らのグループによって、マウスの※線維芽細胞から2006年に世界で初めて作られた。　※線維芽細胞…結合組織を構成する細胞の1つ。
英語の頭文字を取りiPS細胞と呼ばれ誘導多能性幹細胞とも訳される。
元来、生物を構成する種々の細胞に分化し得る分化万能性は、胚盤胞期の胚の一部である内部細胞塊や、そこから培養されたES細胞、及びES細胞と体細胞の融合細胞、一部の生殖細胞由来の培養細胞のみに見られる特殊能力であったが、iPS細胞の開発により、受精卵やES細胞を全く使用せずに分化万能細胞を単離培養することが可能になった。

◆結果として…◆

分化万能性をもった細胞は理論上、体を構成するすべての組織や臓器に分化誘導することが可能であり、山中教授らのこれからの研究によってヒトの患者自身からiPS細胞を樹立する技術が確立されれば、拒絶反応のない移植用組織や臓器の作製が可能になると期待されている。
ヒトのES細胞の使用において懸案であった、胚盤胞を滅失することに対する倫理問題の根本的解決につながることから再生医療の実現に向けて、世界中の注目が集まっている。

3.感想

最近、臓器移植法が改正されたなどのニュースがよくTVで流れていたり新聞に取りあげられているのを見て、移植をしないと生きていけない人がたくさんいて、そのために募金などを集めたりして必死になっている人たちがたくさんいるのに、自国でやらなきゃいけないと言い出したアメリカは何て勝手なんだろうと思ってました。でもその事がきっかけで法が改正されることによって子供の国内での移植が見直されて良いこともあったけれど脳死を死とするのはおかしいなど反発があったりして臓器移植について暗い雰囲気が漂っている中でこのような記事が載っているのを見て少し将来が明るくなったのではないかと思いました。
移植を待ち望んでいる人たちのためにもiPS細胞の確立を一刻も早く実現させてほしいものだと思いました。

4.参考文献

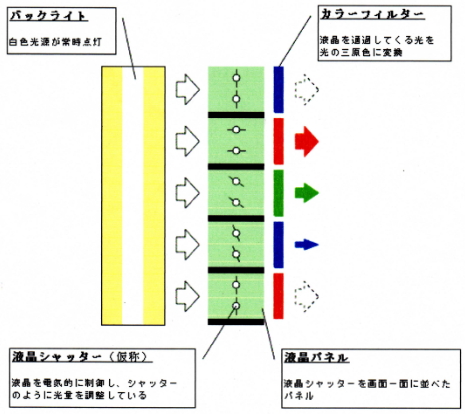
- 中日新聞
- 東京理科大学ホームページ
  【URL】http://www.tus.ac.jp/news/news.php?20070808135445
- wikipedia

〔例3〕

4原色テレビの秘密

5月31日、シャープが3D対応テレビ「AQUOS クアトロン 3Dシリーズ」を発表した。これまで何度も新しいタイプが売られているAQUOSのテレビだが、今回発表された「AQUOS クアトロン 3Dシリーズ」は世界初と言われる"4原色技術(クアトロン)"が搭載され、シャープのCMでも『4原色テレビ』というようなキャッチコピーがつけられている。最近は3Dテレビでさえ当たり前に店頭に並ぶようになった今、日本のテレビにおける技術はますます進化している。ではその"4原色技術"とはどんなしくみなのだろう。

1、従来のテレビの構造



(puvonii-tv.up.seesaa.netより)

図からわかるように、いま私たちが日常で見ているテレビは『光の三原色』と言われる青・赤・緑の三色が使われている。その三つの色の後ろから光を出し、それぞれの色の光の分量を調節して映像となるのだ。この三原色の技術によってたくさんの色を再現することができ、そのうえ今では液晶テレビや地上デジタル放送の技術でずいぶんときれいな映像が見られるようになった。しかしこの三原色には黄色・マゼンタ(明るい赤紫色)・シアン(明るい青色)のような中間色の表示が苦手という弱点がありました。

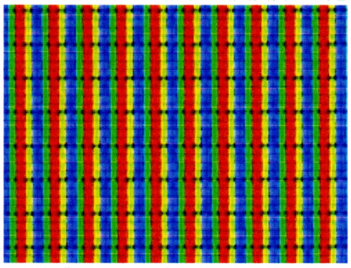
2、光の三原色とは？

混色することで様々な色を表現できる三色の組を三原色という。人間は、眼球の細胞(錐体細胞〈すいたいさいぼう〉)に含まれる三つの色素(赤・緑・青の錐体)がそれぞれ赤・緑・青の光を吸収するため、人間が感じる光はこの三色のみである。そのため赤・緑・青(RGB)が三原色とよばれている。三原色には光の三原色と色の三原色があり、そのうち混ぜる色を発光体にしたものを光の三原色という。光の三原色は一般に赤・緑・青であり、それぞれの英語 red・green・blue の頭文字をとって RGB とも呼ばれる。色の三原色と違うのは原色が混ざるほど色が明るくなるということ。具体的に言うと赤・緑・青の絵の具を重ねると黒になるのが色の三原色で、下の図のように赤・緑・青の光を重ねると白になるのが光の三原色だといえる。三つの色の発光体を混ぜることを加法混色といい、加法混色の割合(混ぜる色の割合)を変えることで幅広い色を表現することができる。この方法はテレビ以外にデジタルカメラなどにも利用されている。

(http://www.sharp.co.jp/aquos/technology/color/1/3.html より)

3. 四原色にする訳

基本的に光の三原色の赤・緑・青(RGB)でほとんどの色を表すことが可能、と理論的には言われていた。しかし赤と緑の中間に位置する黄色は表現が難しく、色の幅が狭かった。そこでそんな狭い黄色の幅を広げるためにシャープが行ったのが"4原色技術(クアトロン)"。テレビ画面のカラーフィルターに黄色を追加し四色にするというこの技術で、ヒマワリのような黄色のものがより実物に近い色になるよう表現することが可能になった。それにより黄色の補色〈正反対の色〉にあたるシアン系の表現もよくなっている。よって黄色自体も綺麗になり、シアン系の色であるエメラルドグリーンから青色への変化も従来と比べて非常に綺麗に再現されるようになった。また、RGB の三色のときはそれぞれを 100%にすれば白の表現が出来たが、プラス黄色の四色になったことで例えば赤を押さえて代わりに黄色を入れても白が表現できるように、白の表現できる幅も広がった。実はシャープは2005年6月に今回と同じような四色を採用した技術(四波長バックライト)でAQUOSの製品を作ったのだが、当時は赤・緑・青プラス黄色ではなく「深紅」をくわえた四色であった。シャープはこの製品でよりピュアな赤の表現をめざしたのだが赤がきたないという悪い評判のため販売停止となっていたのだ。そこで今回黄色に目を付けたのだ。黄色を加える〔RGB+Y 方式〕以外にも、白を加える〔RGB+W 方式〕やシアンを加える〔RGB+Cy 方式〕が開発されていたのだが、〔RGB+W 方式〕は明るさに貢献する半面明るい部分の色表現が狭くなる、〔RGB+Cy 方式〕では色の再現に貢献する半面輝度が落ちるという、それぞれにデメリットがありました。そして明るさにも色表現にも貢献する〔RGB+Y 方式〕により赤・緑・青・黄の四原色ができたのです。



(http://ascii.jp/elem/000/000/542/542438/index-4.html より)

白色を表示した画面を近くで見たところ。赤・黄・緑・青の画素が並んでいるのがわかる。

4、これからのテレビ

驚くことに今の技術だと、五原色まで作ることができるのだそう。「多原色ディスプレイ」と呼ばれるその製品は、赤・緑・青(RGB)の三色の画素にシアン(C)・黄色(Y)の画素が加えられた、「マルチ・プライマリー・カラー技術」という技術により開発された。これにより、表現できる色の領域はさらに広がり、表現が困難だった海の色や金管楽器、バラなどをはじめとする自然界に存在する物体の色が本物とほぼ同じように再現できるようになる。しかし、この技術は今のところ工業デザインやネットワークによる遠隔医療などへの実用化に向けた取り組みのみ。テレビに採用されるのはもう少し先になりそうだ。だが、これからの映像に関する技術はさらに進化するだろう。

〔例４〕

炭酸水について

１、炭酸水を調べる目的

普通の炭酸水とゼロカロリーの炭酸水を飲み比べた時、炭酸の抜け方が違うのではないかと思った。また、炭酸水が冷たい時とぬるい時とでも違いがあるような気がした。そこで、このような疑問に思ったことを、実験をすることで確かめていこうと思う。

２、実験

＜実験１＞

普通の炭酸水とゼロカロリーの炭酸水とで、炭酸の抜け方は違うのか

・方法と手順

あらかじめ冷蔵庫で冷やしておいた２本のペットボトルに入った炭酸水（普通のとゼロカロリー）を同時に開け、ペットボトルのキャップ１杯分をコップに移す。１０秒後、３分後、５分後、１５分後にそれぞれを飲み比べる。

・結果

時間が経つにつれて炭酸は抜けていくが、各時間での２種類の炭酸水は、飲み比べてもほとんど違いはない。また１５分後には、普通のもゼロカロリーのも炭酸は抜け切っていたが、発泡はしていた。

・考察

普通の炭酸水とゼロカロリーの炭酸水とで、炭酸の抜け方に違いはない可能性が高い。また発泡する泡は、口の中でシュワシュワとなる炭酸のもとであっても、量があまりにも少なくなると、人間の舌に感覚では感じ取れないのではないかと思う。

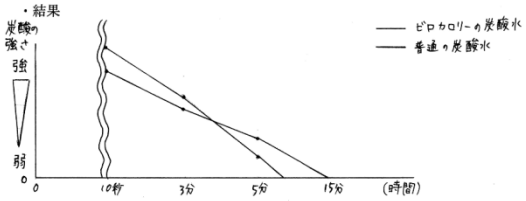
＜実験２＞

炭酸水が長い間冷たいままならば、普通のとゼロカロリーのとで違いはないか

・方法と手順

実験１とほぼ同じようにするが、コップには氷を１つずつ入れておく。

・結果



グラフより、ゼロカロリーの方が普通の炭酸水よりも、炭酸が抜ける速さが速いことが分かる。また、実験１の時よりも炭酸はより長い間保存されていた。

・考察

実験１と照らし合わせて考えると、ゼロカロリーの炭酸水は温度とあまり関係なく炭酸が抜けるのに対し、普通の炭酸水は、長い間冷たいままの方が炭酸は抜けにくい。よって普通の炭酸水の場合、冷蔵庫で冷やされた炭酸水の冷たさを持続させ、この状態を保つことで、二酸化炭素の状態も同じように保たれるのではないかと思った。

＜実験３＞

冷たい炭酸水とぬるい炭酸水の違いは何か

・方法と手順

冷蔵庫で冷やした炭酸水と、冷やしていない炭酸水を用意し、封を開ける前の中身の量を表す印をペンでペットボトルにそれぞれ書く。封を開け、また中身の量の印を書く。

・結果

冷やした炭酸水は、封を開けると１ミリだけ量が増えたが、ぬるい炭酸水は、５ミリ量が増えた。

・考察

二酸化炭素の体積は、温度に比例するのではないかと思った。温度が低ければ低いほど二酸化炭素の体積は小さくなり、温度が高くなるにつれて体積は大きくなるのだと思う。

＜実験４＞

冷たい炭酸水とぬるい炭酸水それぞれに、氷を入れるとどうなるか

・方法と手順

氷を入れたコップに、冷たい炭酸水とぬるい炭酸水それぞれを量を変えながら入れて、どれくらい発泡するかを確かめる。

・結果

量が少ない時は２つの炭酸水の発泡量に違いはほとんどなかったが、量を多くすると、ぬるい炭酸水の方がより多く発泡した。

・考察

炭酸水の量が少ない時に発泡量に違いがなかったのは、二酸化炭素の量が少なかったために、違いが目に見えなかったからだと思う。また量を多くした時に、ぬるい炭酸水の方がよく発泡したのは、氷と炭酸水との温度差が大きく、二酸化炭素の溶解度が急激に小さくなったためではないか。氷と冷えた炭酸水との温度差よりも、氷とぬるい炭酸水との温度差の方が大きいため、溶解度の変化も大きく、ぬるい炭酸水の方がより多く発泡したのだと思う。

３、実験全体のまとめ

炭酸水は冷たい時の方が炭酸は抜けにくいが、ゼロカロリーの炭酸水は、どんな状態でも関係なく炭酸は抜ける。また、発泡しているからといって口の中でシュワシュワと感じるとは限らないので、発泡量と炭酸があると感じる感覚はあまり関係がない。そして、冷たい炭酸水とぬるい炭酸水で、ぬるい方が体積がより増えることから、気体は温度が低いほど体積は大きく、温度が高いほど体積は小さくなる。

今回の実験で使った炭酸水について

・普通の炭酸水（三ツ矢サイダー）の原材料

砂糖類（果糖ブドウ糖液糖、砂糖）、香料、酸味料

・ゼロカロリーの炭酸水（三ツ矢サイダー　オールゼロ）の原材料

食物繊維（ポリデキストロース）、香料、酸味料、甘味料（アセスルファム k、スクラロース）

４、ゼロカロリー飲料に使われる材料

・アセスルファム k

ゼロカロリーの甘味料で、スクロース（砂糖）の約１８０～２００倍の甘さを有する。この甘さは、スクラロースの４分の１程度。

・スクラロース

砂糖の約６００倍の甘味度を持ち合わせる高甘味度甘味料である。スクラロース自身は、虫歯の原因にならないことが報告されている。また、水溶液中では優れた耐酸性、耐熱性を示すため、安定した甘味料として認知されている。

・ポリデキストロース

トウモロコシから作られた水溶性食物繊維で、ブドウ糖、ソルビトールを混ぜ合わせ、クエン酸を加えて作る極めて安全なものである。人間の消化酵素では分解されない。またもともとは、糖尿病予防などのために医療用に作られたものだった。

ウィキページ　フリー百科事典
www.otsuka.co.jp　より

５、感想

炭酸水を調べてみて新しく分かったことは、とてもたくさんあった。実験をする前に予測したことと大きく違っていて驚きもあったが、その分知ることはたくさんあったので、とてもよかったと思う。中学校までやってきた実験は、どれも最初から結果が分かっているものばかりだったが、今回は全く分からない状態でやったので、期待通りの結果にならない実験を多く経験できた。今後、これらのことを生かしていけたらいいなと思う。

実践３－２

科学を学ぶ意義や有用性を実感させ，科学への関心を高める

―理科への興味・関心を高めるためにデジタル教材を活用する―

愛知県立中村高等学校　　杉嶋　重男

１　はじめに

高等学校学習指導要領改定の基本方針の中に，「(ｲ) 理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は，実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要な意味を持っている」「(ｵ) 理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ，科学への関心を高める観点から，実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る」というものがある。その背景には，ＰＩＳＡ2006 調査やＴＩＭＳＳ2007 調査に見られるように，理科を学習することが大切であるという意識が低く，理科の学習に対する意欲が低い状況がある。

平成 21 年３月に公示された，高等学校学習指導要領では，その改定の要点の一つに，「『基礎を付した科目』は，理科に対する興味・関心を高め，理科を学ぶことの意義や有用性を実感させるため，日常生活や社会との関連を重視した」とある。

今回は，これらの学習指導要領改定の趣旨を生かし，日常生活との関連を重視した授業展開，最先端技術の紹介を取り入れた授業展開の研究を行った。

２　研究の目的

日常生活との関連を多く紹介することや，最先端技術の紹介を授業に取り入れることで，生徒に科学を学ぶ意義や有用性を実感させることができ，科学への関心を高めることができることを検証する。その際，最先端技術の紹介に適し，また，生徒の視覚に訴える効果が高いデジタル教材を活用することで，科学的な認識の定着もあわせて図る。

３　研究の方法

(1) 日常生活との関連を多く紹介した授業展開１

『化学Ⅱ』の「化学反応の速さと化学平衡」の単元で，デジタル教材を用いて，身近に利用されている触媒例を多く紹介する。学習後に生徒アンケートを実施する。

(2) 日常生活との関連を多く紹介した授業展開２

『化学Ⅱ』の「合成高分子化合物」の単元で，デジタル教材を用いて，身近に利用されている機能性高分子の例を多く紹介する。学習後に生徒アンケートを実施する。

(3) 最先端技術の紹介を取り入れた授業展開

『化学Ⅰ』の「物質量」の単元のまとめとして，アボガドロ定数の精密測定方法を，デジタル教材を用いて紹介する。学習後に生徒アンケートを実施する。

４　研究の内容

(1) 日常生活との関連を多く紹介した授業展開１

ア　対象

３年理系２クラス（男子 53 名・女子 11 名）

イ　指導計画

単元名：反応の速さとしくみ（５時間扱い・本時３／５）

(ｱ) 反応の速さ（１時間）

(ｲ) 反応速度を変える条件（２時間・本時２／２）

(ｳ) 反応のしくみ（２時間）

ウ　使用する教材・デジタルコンテンツ

ＪＳＴ　理科ねっとわーく「触媒から学習する化学反応の世界」

http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0260a/start.html

エ　授業展開

反応速度を変える条件として，温度，濃度および触媒があることを説明した後，上記コンテンツ内の【触媒データベース】「私たちの暮らしと触媒」から，触媒の例 10 点を，動画を用いて紹介した。

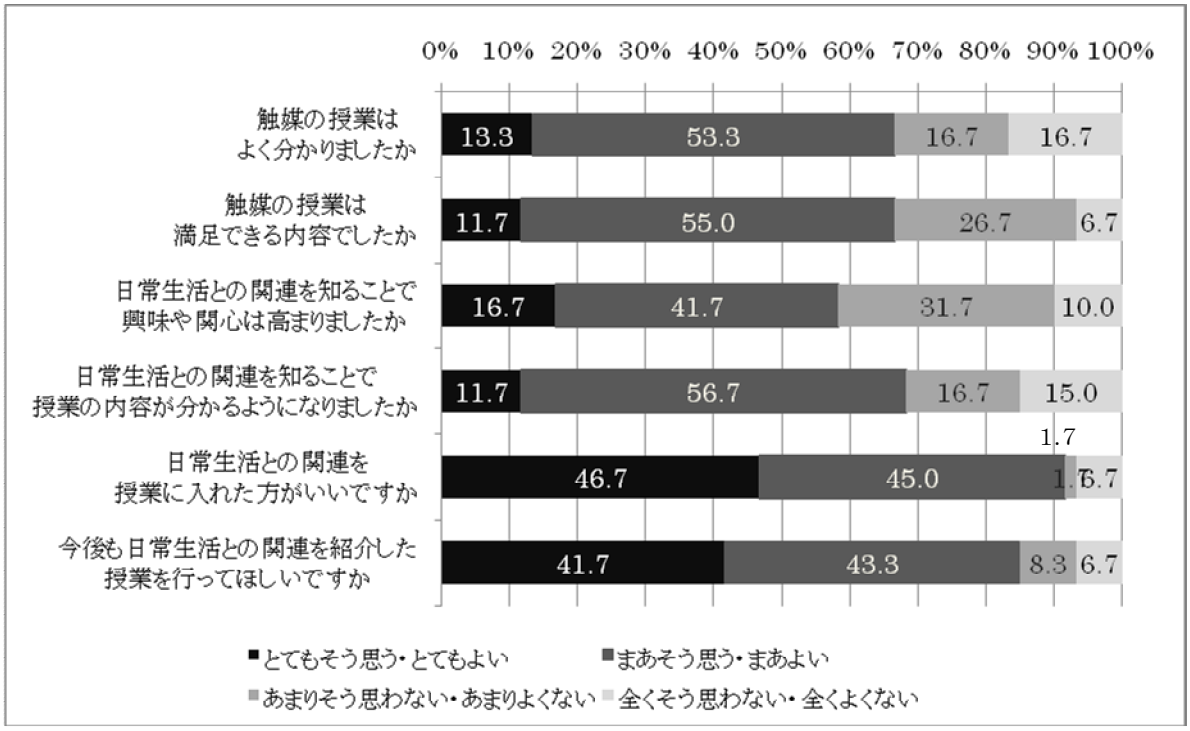
【触媒データベース】　「私たちの暮らしと触媒」　(ｱ)「自動車三元触媒」

(ｲ)「使い捨てカイロ」　(ｳ)「トイレ脱臭」　(ｴ)「銀系抗菌材」

(ｵ)「ポリプロピレン」　(ｶ)「カーボンファイバー」　(ｷ)「発泡スチロール」

(ｸ)「液状のり」　(ｹ)「ナイロン」　(ｺ)「合成ゴム」

オ　学習後のアンケート結果



(2) 日常生活との関連を多く紹介した授業展開２

ア　対象

３年理系３クラス（男子 81 名・女子 16 名）

イ　指導計画

単元名：合成高分子化合物（６時間扱い・本時６／６）

(ｱ) 合成繊維（２時間）

(ｲ) 合成樹脂（２時間）

(ｳ) ゴム（１時間）

(ｴ) 機能性高分子化合物（１時間・本時）

ウ　使用する教材・デジタルコンテンツ

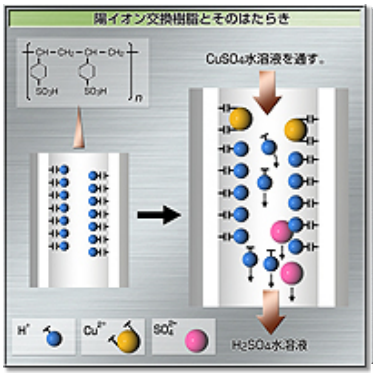
ＪＳＴ　理科ねっとわーく「高分子化合物」

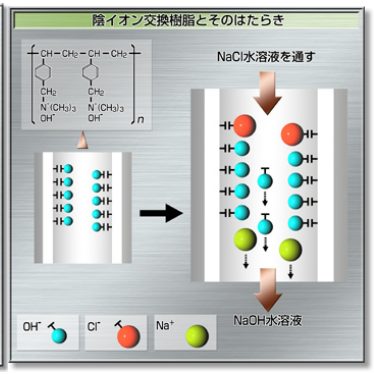
http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0240/start.html

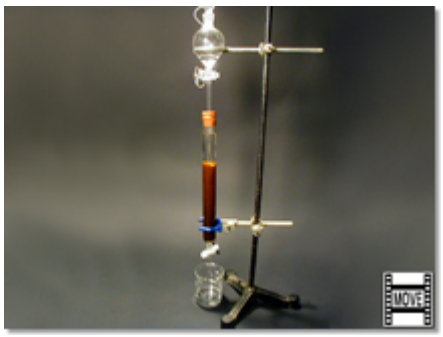
エ　授業展開

(ｱ) 陽イオン交換樹脂とそのはたらきを説明し，動画「陽イオン交換樹脂の実験」を見せる。

(ｲ) 陰イオン交換樹脂とそのはたらきを説明し，動画「陰イオン交換樹脂の実験」を見せる。

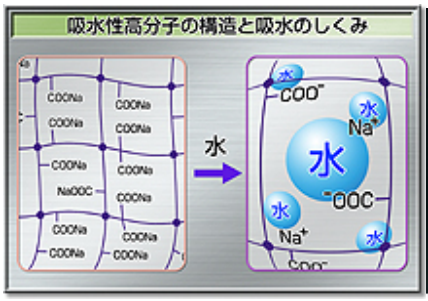




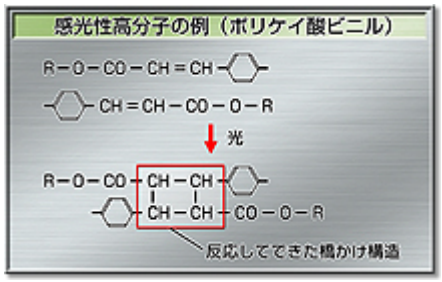


(ｳ) 吸水性のある高分子化合物を説明し，吸水実験の動画「吸水性ポリマー」を見せる。

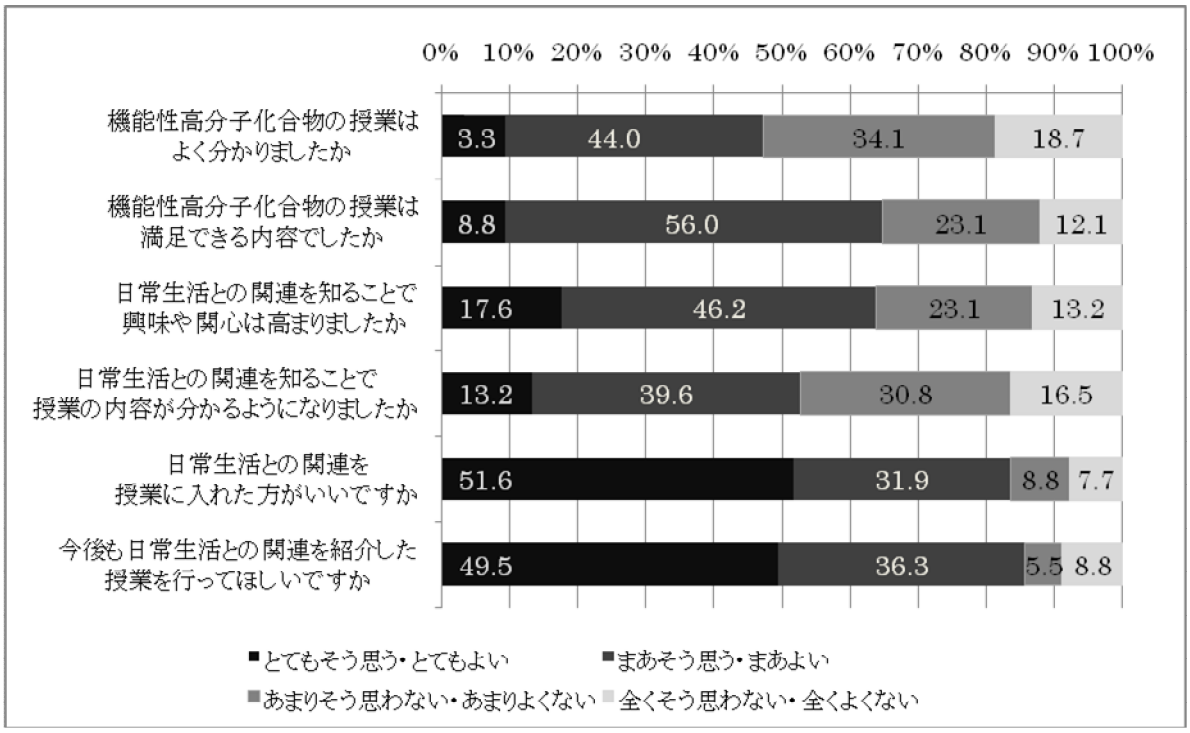
(ｴ) 生分解性のある高分子化合物を説明し，動画「生分解性プラスチック」を見せる。



(ｵ) 高分子化合物合成の先端研究として，感光性高分子および導電性プラスチックを説明し，動画「導電性ポリマーの発見」を見せる。



オ　学習後のアンケート結果



(3) 最先端技術の紹介を取り入れた授業展開

ア　対象

２年理系３クラス（男子 66 名・女子 26 名）

イ　指導計画

単元名：物質量と化学反応式（10 時間扱い・本時４／10）

(ｱ) 原子量・分子量と式量（１時間）

(ｲ) 物質量（３時間・本時３／３）

(ｳ) 化学反応式と量的関係（３時間）

(ｴ) 溶液の濃度と溶解度（２時間）

(ｵ) 化学の基本法則（１時間）

ウ　使用する教材・デジタルコンテンツ

ＪＳＴ　理科ねっとわーく「単位換算機能と映像で学ぶモルの世界」

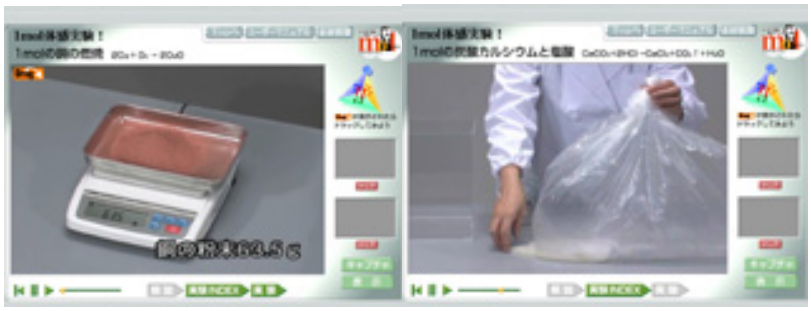
http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0020d/start.html

エ　授業展開

(ｱ) アボガドロ定数，物質量と質量の関係，物質量と気体の体積の関係について復習する。

(ｲ) １mol のドライアイスの質量および１mol の窒素の質量を考えさせたあと，動画「１mol のドライアイスの気化」，「１mol の液体窒素の気化」を見せる。

(ｳ) 化学変化でも物質量を基準として考えることを説明した後，動画「１mol の銅の燃焼」，「１mol の炭酸カルシウムと塩酸の反応」を見せる。

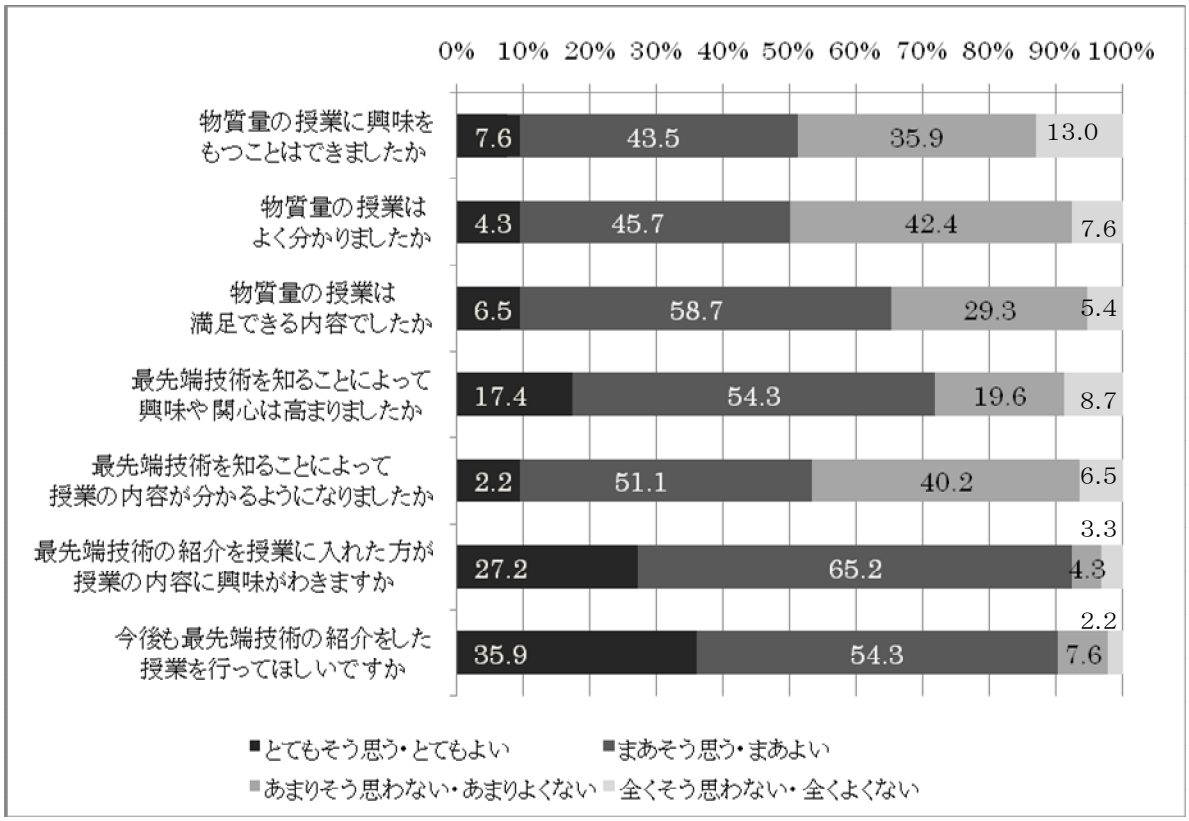


(ｴ) アニメーション「１mol とは？」および「Story of mol」を見せる。

(ｵ) アボガドロ定数を精密に測定することには，どんな意味があるかを問い掛けたあと，レーザー光など最先端技術を用いて，精密にアボガドロ定数を測定する動画「アボガドロ定数の精密測定に挑戦」を見せる。

(ｶ) (ｵ)の動画で使われている，格子定数の補足説明をする。

オ　学習後のアンケート結果



５　研究のまとめと今後の課題

「触媒」および「高分子化合物」の授業は同一学年で実施した。どちらの場合も，日常生活との関連を知ることで，授業内容への興味や関心が高まることが確認できた。しかし，授業内容の理解に役立つかどうかに関しては，「触媒」の場合で 31%，「高分子化合物」の場合で 47%の生徒が否定的な回答をしており，日常生活との関連を知ることが，即授業内容の理解に役立つと結論付けることは難しい。ただし，８割以上の生徒が，日常生活との関連を授業に入れた方がいい，今後も日常生活との関連を紹介した授業を行って欲しいと回答しており，授業内での提示方法や授業展開を工夫することにより，授業内容の理解に結びつけることは可能であると考える。今後もこれらの方法について研究を進めたい。

「物質量」の授業は，上記と異なる学年で実施した。例年，多くの生徒が理解に苦労する単元であり，この時点で約半数の生徒は授業内容が分からなかったと答えている。しかし，最先端技術とのつながりを知ることで，70%以上の生徒が授業内容に興味を示した。また，90%以上の生徒が，授業に最先端技術の紹介を取り入れた方がよいと答え，今後の授業にも取り入れることを求めていることから，最先端技術の紹介を取り入れることが，生徒の科学への関心を高めることが確認できた。一方，授業内容の理解に役立つかどうかに関しては，46%の生徒が否定的な回答をしており，最先端技術で用いられている内容と，授業で取り扱う基本的な内容とのギャップを埋める工夫が必要であることが浮き彫りになった。

今後は，他の単元において，日常生活との関連を紹介できる教材を確保すること，およびそれらを用いて，授業内容の理解がより高まる工夫を継続して研究し，新学習指導要領の開始に備える必要がある。

実践４－１

科学的な体験，自然体験の充実を図る

－長期的な定点観測を充実させるための大学との連携について－

愛知県立海翔高等学校　鶴見　泰文

１　はじめに

近年，生徒たちの自然体験の状況は過去に比べて乏しくなっている。そのため，観察，実験や科学的な体験，自然体験をさせることが以前より重要視されているが，学校外での自然体験においては，継続性のない単発的な体験が多く，受動的な学びのみで終わっていることがほとんどであるように思う。

そこで，本校から徒歩で約 10 分の距離にある弥富市の三ツ又池を利用して，単発的な自然体験ではなく，季節を変えての定点観測を試みた。また，昨年，本校環境コースの三年生に対して，長期的な定点観測を実施させ，生徒アンケートを行ったところ，「大学の先生や外部の人に疑問に思うことについて教えてほしいか」との質問に対しては，82%の生徒が「すごく思う」または「やや思う」と答えていた。そこで，今回の取組が単なる同じことの繰り返しとならないよう探究活動としても充実させることを目指して，大学と積極的に連携を図った。

２　研究の目的

生徒の科学的な体験，自然体験が不足している。その状況の改善に向けて体験の充実を図る。そして，それらの体験を通して，自然に親しみながら，目的意識をもった観察・実験を重ねることにより，科学的に調べる能力や態度を育てる。また，大学と積極的に連携，協力し，探究活動をより一層充実させ，科学的な見方や考え方を育成する。

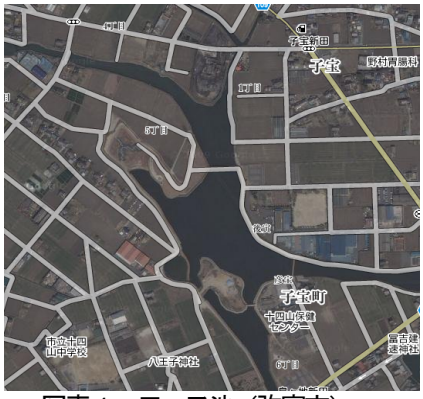


写真１　三ツ又池（弥富市）
出典　Google ﾏｯﾌﾟ

３　研究の方法

(1) 長期的な定点観測

三ツ又池（**写真１**）にて，分析機器やパックテストを用いて水質調査を行なった。調査項目は，現地にて気温，水温，pH, EC, DO を，実験室にて COD，硝酸態窒素，リン酸態リン，亜硝酸態窒素，アンモニアについての測定を行った。調査場所および調査地点を**図１**（59 ページ）に示す。

(2) 大学との連携

長期的な定点観測を行う際には，水質調査の意義や目的，そして正しい調査方法を学ぶこと，さらに調査結果をどのように活用することができるのかを念頭におく必要がある。そこで，四日市大学と連携し，水質調査の意義や調査方法を大学の教授や大学生からしっかりと学び，長期的な定点観測を実施することとした。その連携プランを**表１**に示す。対象は本校環境コース２年生 15 名である。

時　　期	内　　容
３月	事前打ち合わせ 器材のチェック，調査地の視察，分析方法の確認
４月	水質調査の意義や調査方法について学ぶ 講義（1 時間程度）＋現地調査（半日）
６月	現地調査（半日）
７月	データのまとめ方（１時間程度）
８月	四日市大学サマースクール（希望者のみ）
９月～12 月	調査の継続
２月	調査結果報告会
３月	水質調査の活用事例や応用に関する講演会及び施設見学（四日市大学）

表１　大学との連携プラン

4　研究結果

(1) 長期的な定点観測

ア　三ツ又池（St3 ポイント付近）における水質調査の結果

	測定項目	2009.4.28	2009.9.15	2009.11.10	2010.1.19
	天気	晴	雨	曇	晴
1	気温（℃）	19.7	19.9	24.3	14.0
2	水温（℃）	21.3	22.6	11.0	8.3
3	水の透明度（cm）	20	15	22	29
4	COD（mg/L）	6	8	8	8
5	電気伝導度（μS/cm）	240	260	450	520
6	アンモニア（mg/L）	0.2	0.2	0.2	0.5
7	亜硝酸態窒素（mg/L）	0.005	0.01	0.02	0.02
8	硝酸態窒素（mg/L）	0.2	0.5	0.5	0.5
9	リン酸態リン（mg/L）	0.1	0.05	0.05	0.02
10	pH	8.2		9.6	9.3

表２　継続的な定点観測の結果

気温，水温は変化が大きく，季節の変化が見られた。水の透明度やパックテスト（COD，アンモニウム態窒素，硝酸態窒素及びリン酸態リン）の値については，大きな変化はなかったように見えるが，電気伝導度やｐＨの値が大きく変化した。11 月頃に，大きな水質の変化があったと思われる。

イ　生徒アンケートの結果

本校環境コースの３年生は「課題研究」（４単位）という授業で，多くの生徒が長期的な定点観測を行っている。そこで，三ツ又池の調査を行った生徒以外の３年生に対しても，生徒アンケートを行った（全17 名）。「長期的な定点観測は楽しかったですか」との質問に対して，88%の生徒が「とても楽しかった」または「やや楽しかった」と答えている。その理由としては，「四季の違いを見ることができた」「天気によっても，季節によっても違うデータが出て面白い」あるいは「自分の興味をもった場所で，自由に何度も調査して自分なりに考察するのは楽しい」であった。「長期的な定点観測をしてみて，環境に対して興味・関心をもちましたか」との質問に対しても，82%の生徒が「すごくもった」または「少しもった」と答えている。このことから，一年を通しての定点観測は，自然体験の充実を図るだけでなく，生徒の環境に対する興味・関心を高めることが分かった。

また，「大学の先生や外部の人に疑問に思うことについて教えてほしいか」との質問に対しては，82%の生徒が「すごく思う」または「やや思う」と答え，「卒業後も調査を続けたいか」との質問にも，同程度の生徒が「すごく続けたい」または「やや続けたい」と答えた。ただ単に，長期的な定点観測を行うだけでなく，効果的に専門家の助言を受けながら調査を継続していくことで，環境について学び続ける態度も育てることができるのではないかと考えている。

ウ　長期的な定点観測を実施してみて感じたこと

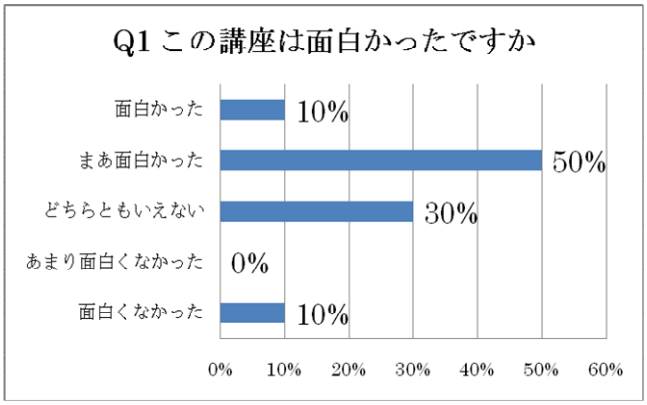
実際に一年間調査を実施してみると，生徒の満足度は高く，環境に対する興味・関心が高まっていくことを感じることができた。しかし，調査すること自体が目的となってしまいがちで，何のために調査をしているのか（水

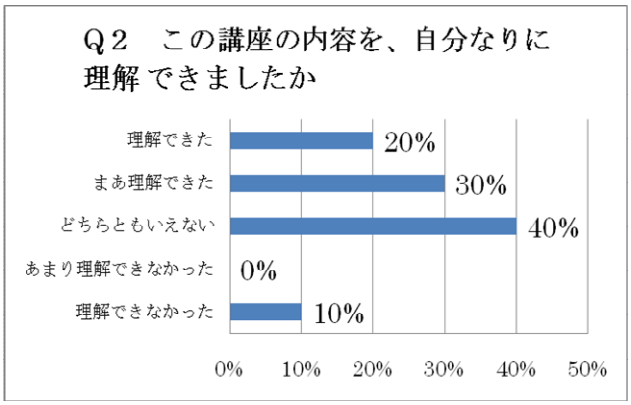
質調査の意義），その調査結果を今後どういかしていくのか（調査結果の活用）については，さらに検討が必要であると感じた。また，継続して調査を行っていくため，正しい調査方法をしっかり学ぶことも必要であろう。

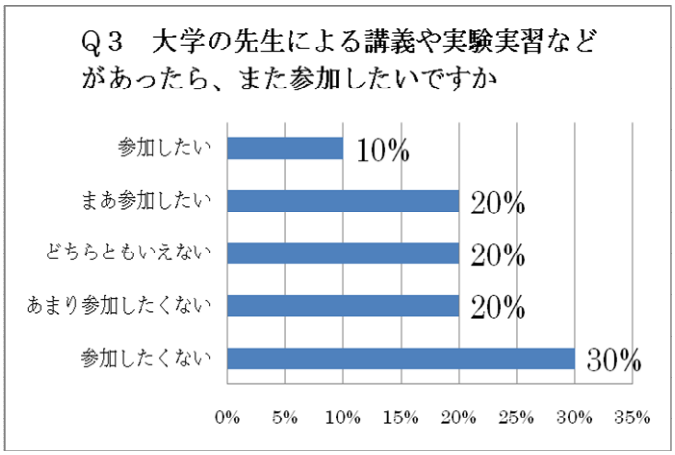
⑵ 大学との連携

ア　高大連携講座直後の生徒アンケート結果

大学教授１名および大学生３名が，２回にわたり本校の生徒に調査の意義や調査方法について教えるために来校していただいた。その２回の連携を含めた授業全般について，本校環境コース２年生（10 名）について，アンケートを行った結果を以下に示す。







「この講座は面白かったか」という質問に対して，「面白かった」または「どちらかといえば面白かった」と答えた生徒が 60%であった。このことから，この講座に対して生徒の興味･関心は高かった。しかし，「この講座の内容を自分なりに理解できたか」という質問には，「理解できた」または「どちらかといえば理解できた」と答えた生徒が 50%と半数であり，40%の生徒が「どちらともいえない」と答えていた。さらに，「大学の先生による講義や実験実習などがあったら，また参加したいですか」との質問に対しては，「参加したい」または「まあ参加したい」と答えた生徒が 20%と少数であった。これは，水質調査の役割や調査方法の説明を大学の先生や大学生が行ったため，高校の範囲を超えた専門的な学習活動が，本校の生徒にとって従来の授業よりも難しく感じられたためではないかと考えている。

その他，生徒の感想については，以下に示す。

・水質調査の方法がよく分かった。たくさんの場所を一気に調べることで同じ池なのに結果の差がすごく大きいんだなと思った。

・大学生に教えてもらうことで，水の取り方など調査方法がちゃんと理解できた。水の流れを計る分析機器があることも分かった。思ったよりも池の水は汚くないことが分かった。

・最初は乗り気じゃなかったけど，現地に行って水を汲んだり，調査をしたりしているうちに意外と楽しくなった。教室に帰ってからも，水を分析したりして，他の授業ではやらないことがやれて楽しい。

これらの感想から，目的意識をもった観察・実験を重ねることにより，科学的に調べる能力を育てることができたのではないかと考えている。

イ　大学との共同調査結果

2010年６月８日に三ツ又池にて，大学と共同で水質調査を行った。測定地点を**図１**に示す。流出入５地点（図中黒丸），池内９地点（図中白丸）を４グループ（G1～G3，船）に分けて地点を分担した。測定結果の目安を**表３**に，そして測定結果を**表４**から**７**に示す。池に流入している地点（１，４，６，７），流れの少ない，よどんでいる地点（２，３，14），流出している地点（８），どの地点においても窒素，リンなどの値が高く，富栄養化が起こっている可能性がある。周辺地域環境から，生活排水や工場排水，農薬肥料が流れ込んでいることが予想される。

池の中央部の調査には，手こぎ舟を利用した。船から，調査器具を落とし込み，深さ方向の調査も行った（**表７**）。水底は，ヘドロだらけであったため，測定した水深は，水表面からヘドロまでの距離を表している。表面から，水底に近づいていくにつれて，溶存酸素量が少なくなっている。水底付近の水の循環が悪く，悪臭の原因となったり，水生生物が住みにくい環境になったりしていることが予想される。

St10は欠番

図１　三つ又池の調査ポイント　地図出典：マピオン

COD

1mg/L以下	きれいな渓流
2～10mg/L以下	河川の中下流の水
3mg/L以下	サケ・アユがすめる
5mg/L以下	フナ等汚染に強い魚がすむ
10mg/L以下	下水・汚水

アンモニア

0．05mg/L以下	河川の上流の水、湧水
0．1～0．4mg/L	雨水
0．4～5mg/L	河川の下流の水
5mg/L以上	下水・汚水

リン酸態リン

0．05mg/L以下	河川の上流の水、雨水
0．1～1mg/L	河川の下流の水

亜硝酸態窒素

0～0．03mg/L	河川の上流の水
0．09mg/L以上	河川の下流の水

硝酸態窒素

0．2～0．4mg/L	雨水
0．2～1．0mg/L	河川の上流の水
2～6mg/L	河川の下流の水、湧水

表3．水質調査結果の指標

地点名	地点１	地点２	地点３	地点４	地点５
時刻	10:15	10:20	10:25	10:14	10:24
気温 (℃)	21	21	21	20	16
水温 (℃)	19	21	21	21	21
ｐH	7.5	7.4	7.2	7.2	6.8
EC(mS/cm)	0.60	0.44	0.35	0.24	0.25
溶存酸素量 (mg/L)	3.9	7.4	6.3	5.6	4.9
COD (mg/L)	6.3	12	9.0	7.4	7.9
亜硝酸態窒素 (mg/L)	0.02	0.15	0.15	0.08	0.07
アンモニア (mg/L)	2	2	1.5	2	2
フッ素 (mg/L)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
全窒素 (mg/L)	1.8	2.9	2.8	2.3	2.4
硝酸態窒素 (mg/L)	1.2	1.8	1.6	1.5	1.4
全リン (mg/L)	0.48	0.36	0.42	0.41	0.37
リン酸態リン (mg/L)	0.39	0.14	0.26	欠測	0.26

表４　地点１～５の水質調査結果

地点名	地点６	地点７	地点８	地点９
時刻	10:30	10:06	10:18	10:26
気温 (℃)	19	21	21	21
水温 (℃)	20	19	21	22
ｐH	6.8	7.0	7.2	7.2
EC(mS/cm)	0.26	0.42	0.35	0.41
溶存酸素量 (mg/L)	4.2	4.6	6.4	6.4
COD (mg/L)	8.9	8.1	10	8.9
亜硝酸態窒素 (mg/L)	0.07	0.03	0.15	0.10
アンモニア (mg/L)	2	1.5	2	1.5
フッ素 (mg/L)	0.4	0.6	0.6	0.6
全窒素 (mg/L)	2.5	2.1	3.1	2.5
硝酸態窒素 (mg/L)	1.4	1.2	1.6	1.4
全リン (mg/L)	0.29	0.52	0.28	0.21
リン酸態リン (mg/L)	0.14	0.32	0.13	0.15

表５　地点６～９の水質調査結果

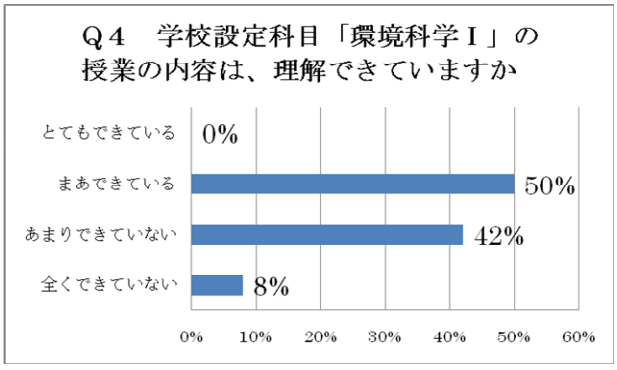
地点名	地点 11	地点 12	地点 13	地点 14	地点 15
時刻	10:20	10:25	10:30	10:35	10:40
気温 (℃)	21	21	21	21	21
水温 (℃)	23.3	22.7	22.9	22.5	22.6
水深 (m)	1.65	1.65	1.6	1.45	1.4
ｐH	7.1	6.9	7.0	6.5	7.0
EC(mS/cm)	0.42	0.24	0.30	0.26	0.25
溶存酸素量 (mg/L)	6.3	5.0	6.0	4.7	5.2
COD (mg/L)	9.9	7.4	8.0	7.8	7.4
亜硝酸態窒素 (mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.08	0.07
アンモニア (mg/L)	1	1.5	1.5	1.5	1.5
フッ素 (mg/L)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
全窒素 (mg/L)	2.3	2.3	2.5	2.3	2.0
硝酸態窒素 (mg/L)	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4
全リン (mg/L)	0.25	0.29	0.92	0.27	0.26
リン酸態リン (mg/L)	0.17	0.25	0.14	0.29	欠測

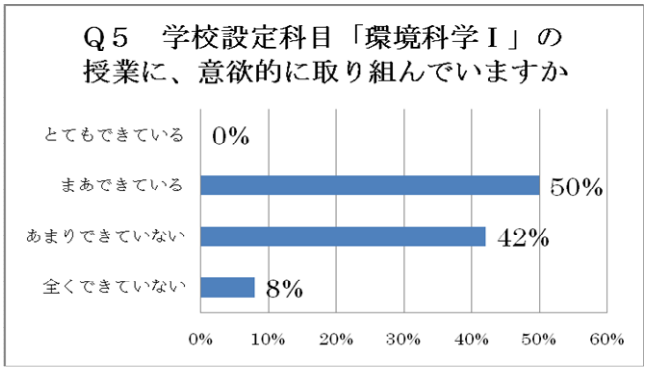
表６　地点１１～１５の水質調査結果

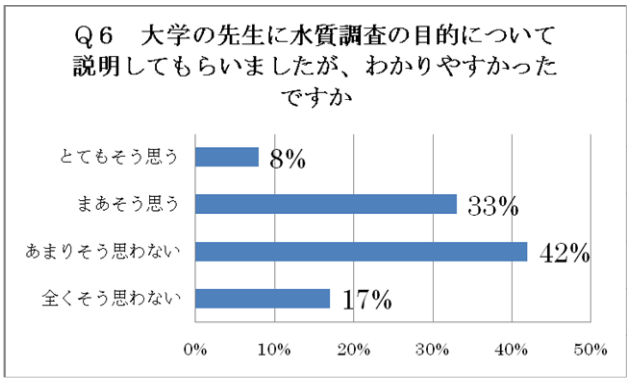
地点名	地点 11	地点 12	地点 13	地点 14	地点 15
表面の温度 (℃)	23.3	22.7	22.9	22.5	22.6
水中の温度 (℃)	23.3	22.7	23	22.6	22.6
水底の温度 (℃)	23.0	22.7	23	22.6	22.6
表面の DO (mg/L)	6.3	5.0	6.0	4.7	5.2
水中の DO (mg/L)	6.3	4.6	5.7	4.4	5.0
水底の DO (mg/L)	5.0	4.2	5.2	3.4	4.1

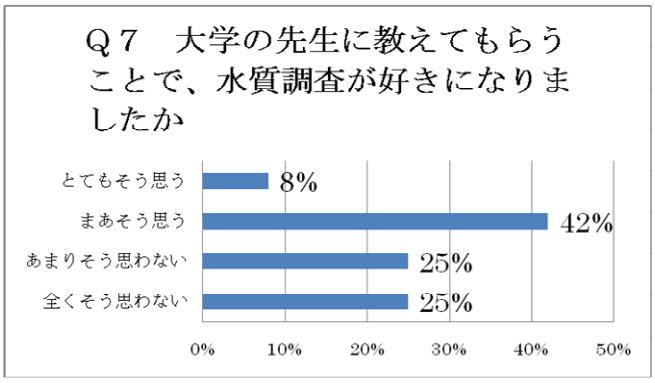
表７　地点１１～１５における深さ方向の調査結果

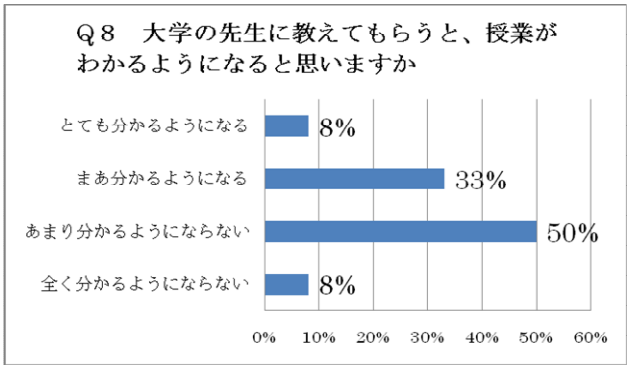
ウ 高校生のみで水質調査をした後の生徒アンケート結果（本校環境コース２年生 12 名）

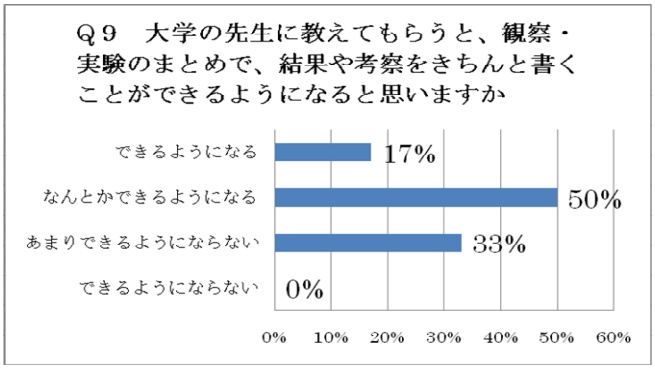


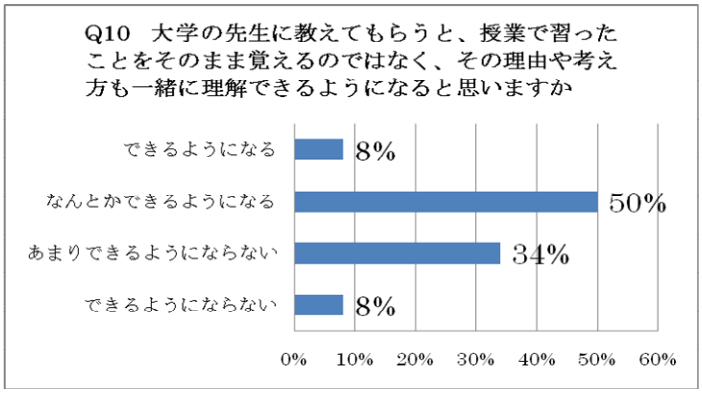












今回のアンケートでは，各質問に対して，肯定的な回答と否定的な回答が半々ぐらいであった。学校設定科目「環境科学Ⅰ」に積極的に参加している生徒とそうでない生徒で意見が分かれたようである。授業の内容を理解している生徒の多くは，大学の先生に教えていただくことを好意的に考えており，授業がよく分かるようになったと答えている。一方，授業に積極的に参加していない生徒は，大学の先生に教えていただくことに否定的であった。これは，普段の授業も理解が難しい生徒に対して，専門的な技術や知識を使った授業は苦痛になるからであろう。しかし，質問９「大学の先生に教えてもらうと，観察・実験のまとめで，結果や考察をきちんと書くことができるようになると思いますか」，質問 10「大学の先生に教えてもらうと，授業で習ったことをそのまま覚えるのではなく，その理由や考え方も一緒に理解できるようになると思いますか」に対しては，肯定的な回答が半数を超えた。これは，大学の先生が水質調査の意義や目的をしっかり説明してくださったこと，さらに，現地で得られた調査結果について，丁寧に解説をしてくださったことが影響していると思われる。生徒たちは実験や観察結果の解釈について，あるいはその結果の活用については大学の先生に教えてもらいたいと感じている。以上から，大学と連携することにより，科学的な見方や考え方を育成することも可能であると考えられる。

５　研究のまとめと今後の課題

季節を変えての定点観測は，繰り返し調査を行うため，生徒たちの科学的な体験，自然体験の不足を補うことができ，さらに科学的に調べる能力を育てることができたと考えている。そして，それらの体験を通して，自然に親しむことも可能となった。また，大学と連携することにより，調査の意義や目的をしっかり学ぶことができ，目的意識をもった観察・実験を重ねることができ，さらに，得られた調査結果を見て，生徒の疑問にすぐに答えてくださる専門家の存在は，科学的な見方や考え方を育成することも可能にすると思われる。

課題としては，大学の先生には，大学の授業を高校生に提供するのではなく，高校の授業を充実させるために協力していただきたいということを事前に伝えてあったが，本校の生徒にとっては水質調査の意義や目的に関する講義や調査方法の説明などが難しかったようである。生徒の実態に合わせて行っていただくことは難しいこともあるため，生徒が理解できていない部分は，高校の授業で補っていかなければならないことを痛感した。大学との連携についての利点・課題について，**表８**に示す。

利点	課題
調査の意義や目的をしっかり学ぶことができる （目的意識をもった観察・実験を重ねることができる）	高校生には理解や説明が難しいことがある
得られた調査結果を科学的に分析することができる （科学的な見方や考え方を育成することができる）	興味・関心のない生徒にとっては，内容がさらに難しくなるため苦痛となる場合がある
正しい調査方法を学ぶことができる （科学的に調べる能力を育てることができる）	調査は半日や一日が多いため，集中力が持続しない場合がある
高校では手に入らない器材を使うことができる （科学に対する興味・関心を高めることができる）	大学の資料を，高校生にとって分かりやすく作り直す必要がある

表８　大学との連携の利点・課題

今後の課題としては，大学の先生の説明や資料は高校生にとって難しく，また，見た目にも面白くないものが多いため，写真や図を取り入れた高校生でも分かるようなテキストを作成する必要があると考える。

６　おわりに

今回の取組において，生徒は自然体験が好きなことに改めて気付かされた。何も言われなくても，調査をした日の帰りや時間的な余裕があるときに調査場所にいって，調査場所の様子を報告してくれる生徒もいたほどである。季節を変えての定点観測は，理科教育に取り入れたい学習活動の一つである。生徒たちにとっては，同じ場所に同じことをしに行くだけであったり，単なる自然体験の繰り返しであったりすることではないことは明らかであった。しかし，その調査の意義や正しい調査方法を知らないと単なる繰り返しの活動で終わってしまいがちである。そこで，外部機関と連携し，自然体験の充実だけでなく探究的な学習活動としても発展させることができれば，総合的な学習の時間や理科課題研究という授業の枠組みの中でも行っていくことは十分に可能であろう。

実践４－２　科学的な体験，自然体験の充実を図る

―海底堆積物・海岸漂着物の観察―

愛知県立半田高等学校　若山　正芳

１　はじめに

平成 20 年１月の中央教育審議会答申において，理科の課題の１つとして，学習の基盤となる自然体験，生活体験が乏しくなってきていることが示された。これを受けて新学習指導要領における，理科の改善の方針には，科学的な体験，自然体験の充実を図ることが挙げられている。また，持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み，環境教育の充実を図ることが求められている。

２　研究の目的

本校は海（衣浦湾）の近くに位置しているが，生徒自身が身近な海辺の環境を意識することはほとんどない。そこで，学校周辺環境の海底堆積物・海岸漂着物を観察することにより，科学的な体験，自然体験を通して，環境に対する意識・関心を高めることを考えた。

また，ＥＳＤ（Education for Sustainable Development）の学びの方法を取り入れることを試みた。実践の対象は３年生の総合的な学習の生物実験選択者である。

ＥＳＤとは

・「持続可能な開発のための教育」と訳されることが多い。
・社会の課題と身近な暮らしを結びつけ，新たな価値観や行動を生み出すことを目指す。
・単なる知識習得ではなく，学習者自らが価値観を見つめ直し，より良い社会づくりに参画するための力を育むことを目指す。
・さまざまな持続可能な社会への課題と向き合い，問題解決型の「教育」や「地域の活動」から生まれる，参加体験型の「学び」を重視している。

３　生徒の意識調査

観察の実践の前に，学校の近くにある衣浦湾について生徒がどのようなイメージを抱いているかを調査した。「衣浦湾」という言葉からどのようなことを連想するか，自由に意見を出させたところ次のようなことが挙げられた。

きれいではない	汚い青緑色	昔はきれいだったのでは
ゴミが浮いていそう	工場が近い	生活排水が流れ込んでいる
砂浜	コンクリート	岸壁
海底トンネルがある	あまりよく分からない	

生徒の感じている印象は，総じて，環境としては良くないというイメージが強いようである。また，衣浦湾は，本校の校歌の中で，「衣が浦」として登場するくらい学校の周辺環境を代表するものと言って良いものである。しかし，生徒自身にとっては，あまり身近な環境として認識していないようである。

４　海底堆積物の観察

(1) 観察実践は次のように行う。

・シャーレに広げての色・臭い等を調べる。

・プレパラートを作成して光学顕微鏡により微細構造を調べる。

・ガス検知管により海底堆積物に含まれる硫化水素の濃度を調べる。（教師演示）

観察結果をもとに次の２点を考察する。

・海底では何が起こっているか。

・この現象が環境に与える影響はあるか。

(2) 生徒のレポートより　（平成 21 年９月実施）

堆積物の色	堆積物の臭い	顕微鏡観察で見えたもの	硫化水素濃度
黒色 黒っぽい色 乾燥すると灰色	何かが腐ったような臭い ドブのような臭い　悪臭 落葉の臭い 磯の臭い ほとんど臭いはない	生物らしいものは見えない 微生物の死骸（ケイ藻） 植物の維管束 泥 砂	35ppm

海底では何が起こっているか。	この現象が環境に与える影響はあるか。
腐敗が起こっている。 海藻や海の生物の死がいの腐敗 嫌気呼吸 アンモニアや硫化水素の発生	人間に有害　　悪臭 硫化水素によって，生物が生きられない環境になる。 ヘドロに含まれる硫化水素によって生態系が壊れる。 水質の悪化が進み，魚等の死滅につながる。 赤潮になる。

（感想）

生物っぽいものが発見されず，残念だった。　　ドロしか見えなくて，あまり楽しくなかった。

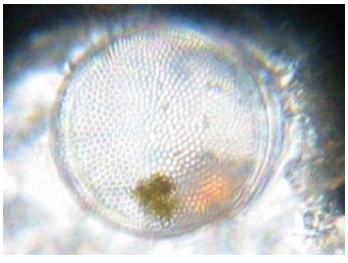
このニオイをかいだあとにご飯を食べるのか…。　臭いは思ったほどきつくなかった。

(3) 考察

堆積物に含まれる硫化水素の測定濃度が 35ppm という高い値であったが，生徒の観察結果には，においがほとんどないというものもあった。臭いに関しては，相当個人差があるように思われる。

今回の実験では海底堆積物を採取してから観察するまでに約２ヶ月あり，堆積物の保管中に嫌気呼吸が進み，濃度が上昇した可能性がある。

観察に用いた海底堆積物



堆積物中にあったケイ藻

５　海岸漂着物の観察

(1) 観察実践

「ビーチコーミング」という用語について説明したのち，予め衣浦港内より採取した海岸漂着物を実際に観察し，分類する。

・漂着物はスコップ一杯分をすくい取り，新聞紙上でピンセットを使って広げながら観察する。

・漂着物の分類については次の４つに分類する。

①天然物（有機物）　②天然物（無機物）　③人工物（有機物）　④人工物（無機物）

生徒にとって正体の分からない漂着物については,質問があった時点で教師から正体を教えた。

ビーチコーミング

海岸の砂浜に打ち上げられた漂着物を収集すること。流木や貝殻，珊瑚(サンゴ)，丸石，ウニ，ヒトデ，また，海外から流れ着いた空き瓶などまでが,その対象となる。拾った漂着物は標本にしたり細工を施したりして楽しむ。朝日新聞[知恵蔵 2010]

浜辺で貝殻などさまざまな漂着物を拾い集めて観察しながら散策すること。本来の意味は，浜辺で売り物になりそうな漂着物を拾い集めること。小学館[デジタル大辞泉]

海岸に見られる漂着物

漂着したクルミ（１cm 方眼）

漂着したレジンペレット（１cm 方眼）

(2) 結果

生徒全員で見つけた海岸漂着物は以下のように分類することができた。

①天然物（有機物）

果実（カシ，キリ，マツ，ジュズダマ，稲籾）

種子（クルミ，イチョウ，サザンカ，イネ科不明種）

木の枝，ヨシの根，鳥の羽根

動物（カニ，ゴミムシ，トビムシ，ダニ，センチュウ）

椎骨（おそらく魚類），海草類（アオサなど）

②天然物（無機物）

貝殻（ムラサキイガイ，マガキ，アサリ，巻貝不明種），フジツボ

③人工物（有機物）

タバコのフィルター，プラスチックの破片，発泡スチロールの破片，レジンペレット

スポンジ，ポリ袋，釣糸，人工芝の破片

注：レジンペレット　ビーズのような外見のプラスチック粒。プラスチック製品の材料。運搬中に流出したと考えられている。

④人工物（無機物）

煉瓦，ガラス，タイル，建築材料（断熱材の破片）

（生徒の感想）

- 大発見はできなかったけど，いろいろな漂着物を観察して，生物に対する楽しみが増えました。
- 生物の残骸から季節や生物の成長段階を見ることができ，自然に思いをはせることができた。
- 探しているうちにいろいろなものが，見つかって楽しかった。
- 少しのサンプルから，様々な生き物の生活が見えてきた。
- 海が好きになった。次回海に行ったら絶対やってみたい。

・ ビーチコーミングで生物がより身近に感じられた。
・ 思った以上に，はまってしまった。

6　観察実践の評価

海底堆積物・海岸漂着物の観察実践の前後でアンケートを実施し，評価を行った。

アンケート項目は以下の 8 項目を 4 つの選択肢から回答をさせた。（回答者 16 名）

1　「生物」が好きですか。
①とても好き　②やや好き　③あまり好きでない　④嫌い

2　「生物」を学ぶことは，生活に役立つと思いますか。
①強く思う　②やや思う　③あまり思わない　④思わない

3　実験は好きですか。
①とても好き　②やや好き　③あまり好きでない　④嫌い

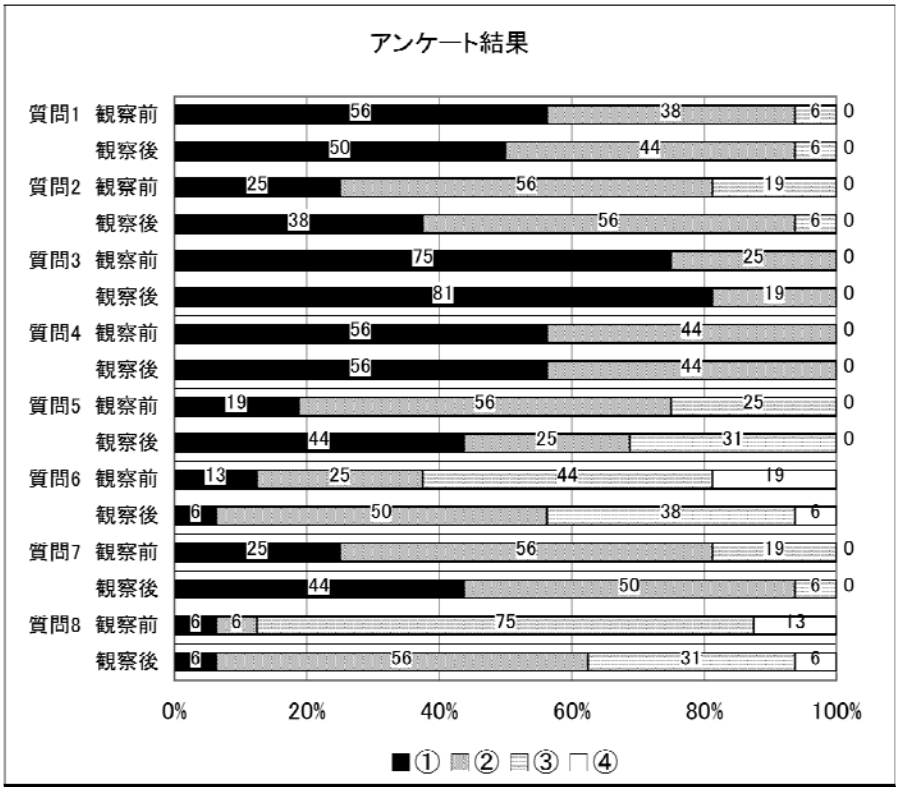
4　実験することによって，授業の内容をより理解できると思いますか。
①強く思う　②やや思う　③あまり思わない　④思わない

5　生物で学んだことは体験したことと結びついて理解できていますか。
①しっかりできている　②ややできている　③あまりできていない　④できていない

6　「持続可能な社会」・「持続可能な発展」という言葉を説明できますか。
①きちんとできる　②ややできる　③あまりできない　④できない

7　生物を学習することは，環境保全に役に立つと思いますか。
①強く思う　②やや思う　③あまり思わない　④思わない

8　生物を学習することで，環境保全に関して自分自身の生活・行動に変化がありますか。
①ある　②ややある　③あまりない　④ない



アンケートの結果から，観察実践によって，おおむね環境に対する意識・関心を高めることができ

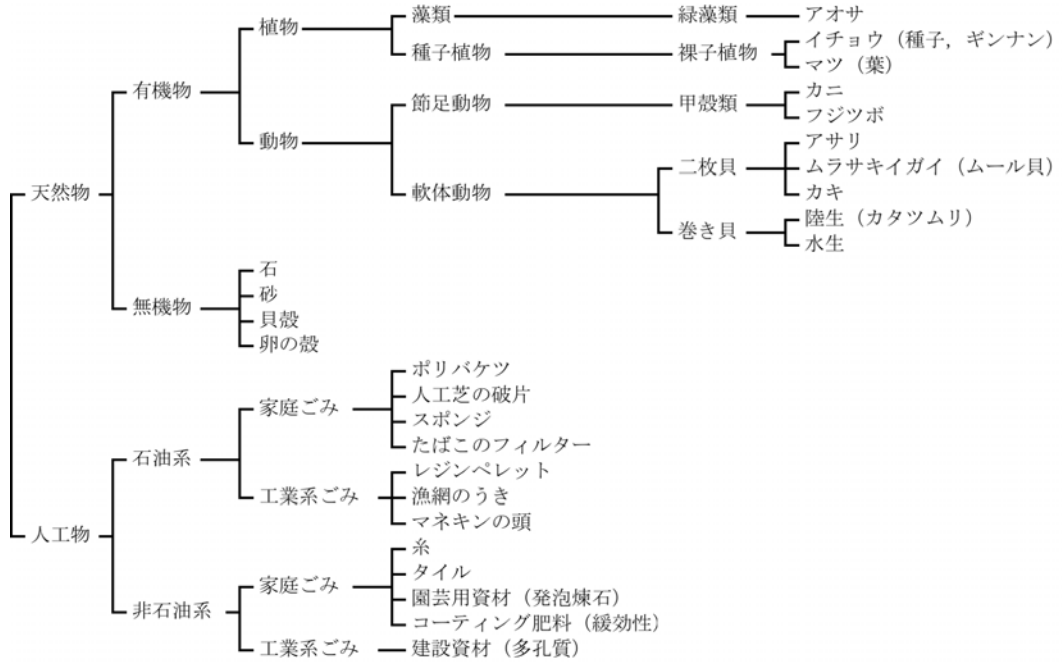
たと思われる。特に質問７・８より，得た知識から現実的な問題の解決に自ら実践する能力がはぐくまれたようである。環境保全に前向きな行動の変化が見られるようになっている。

７　ＥＳＤの視点から

海岸漂着物の観察においては，漂着物の分類の仕方を教師側から具体的に指示したので，ＥＳＤの学びの方法である学習者の主体性がやや欠けてしまった。

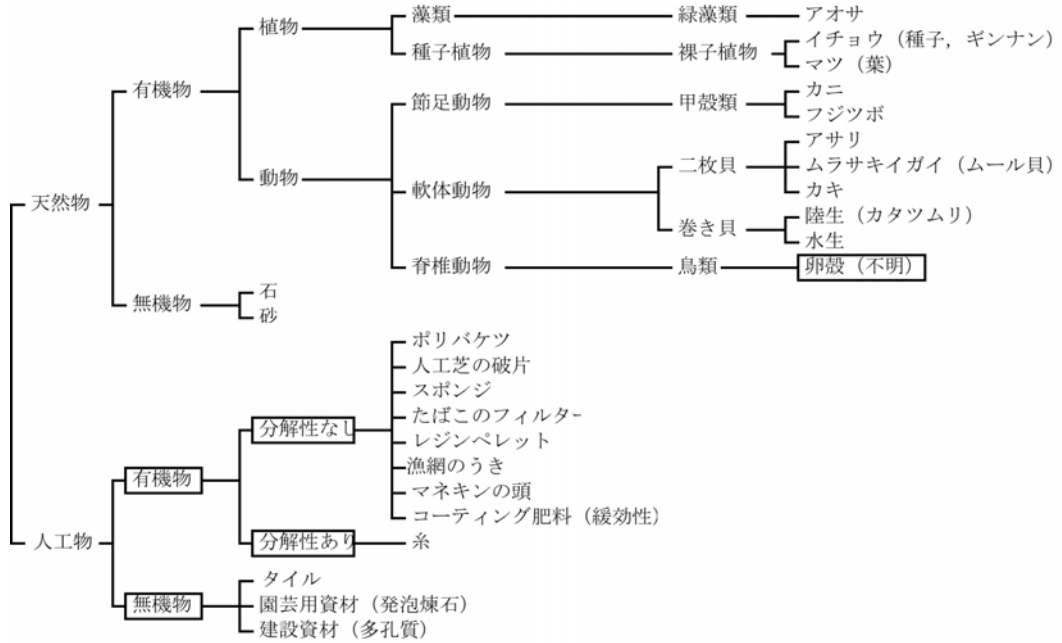
そこで生徒同士で意見を伝え合う場をつくり，漂着物の分類の仕方を生徒同士でじっくり考えさせながら，生徒主導で同様の実践を翌年，同じ学年の生徒に試みた。

(1) 生徒のみで相談しながら次のように漂着物を分類した。



生徒なりに考えて，ある程度は系統立てて分類しているが，統一性が不完全な面がみられた。

(2) 生徒のみの分類結果に対して，助言を与えたところ，次のように分類を補正できた。



ＥＳＤでは，指導者は協働的な探究者としてかかわることが求められている。この作業では助言をすることで，学習者を適切に導くことができた。

８　研究のまとめと今後の課題

以上，これまでの実践から海底堆積物･海岸漂着物の観察という科学的な体験，自然体験を通して，環境に対する意識・関心を高めることは十分に可能と思われる。

ＥＳＤが大切としている学習方法として次のことが実践できた。

・ 地域にあるものを教材にする。　　・意見を伝え合う。
・ 自ら課題を見つける。　　・じっくり考える。
・ 自発的に取り組む。　　・参加し体験する。

ＥＳＤを通じて次の価値観を培うことができた。

・ 人は自然の一部である。　　・現世代は将来世代に対する責任をもっている。

ＥＳＤを通じて次の能力をはぐくむことができた。

・ 自分で感じ，考える力。　　・他者と協力して物事を進める力。
・ 具体的な解決方法を生み出す力。　　・自ら実践する力。

本研究は，海底堆積物・海岸漂着物をあらかじめ採取し，実験室内で観察をしている。環境を対象とした調査は大がかりなものになることもあるが，今回の方法ではそれほど多くない試料で十分観察が可能である。もちろん実際に試料を採取するところから実践できれば，理想的である。複数の場所から試料を採取して結果を比較したり，同じ場所を時系列的に観測したりすることも面白いかもしれない。

また本研究では，海に関係のある堆積物・漂着物を実践の対象にしたが，同じ水辺の環境である河川・湖沼などでも同様に堆積物・漂着物を対象にした実践は可能だと思われる。

特に漂着物の多くはごみであることが多い。清掃活動等の地域との連携や教科横断的な取組はさらにＥＳＤを発展させることができる。

今回の取組の中で，生徒たちは大変楽しそうに観察に取り組んでいた。特に漂着物の観察では宝探し的な要素があるようで，飽きることなくピンセットを動かしていたのが印象に残った。アンケート結果も示すように，生徒は実験・観察が好きである。科学的な体験，自然体験の充実は，意欲的な学びに重要であると改めて感じた。

※参考文献

浜口　哲　　海辺の漂着物ハンドブック　文一総合出版（2009.5）
ＥＳＤ－Ｊ　　わかる！ＥＳＤテキストブック１　基礎編　未来をつくる『人』を育てよう
環境省中部地方環境事務所　　未来をつくる力を育む『授業づくり』に役立つＥＳＤ読本

実践４－３

科学的な体験の充実を図る

－観察・実験の効果について－

愛知県立西春高等学校　　野口　裕生

１　はじめに

新しい学習指導要領では，理科の課題を受けて改善の基本方針が示された。そのひとつである「観察・実験や自然体験，科学的な体験を一層充実させる」ことは，

①　科学的な知識や概念の定着を図る。

②　科学的な見方や考え方を育成する。

ことを直接の目的としているが，具体的事項での「観察・実験」は「科学技術が発展し，実社会・実生活を豊かにしてきたことについて，理解させる。」（科目「科学と人間生活」）ことを目的とするなど，多くの内容で用いられている。このため本取組では，下記の生徒を対象に，観察・実験を通して，知識の定着と興味・関心を高める効果を検証した。

(1) 対象

３年「生物Ⅱ」選択者（23 名）

(2) 日時

夏期特別補習期間中の平成 21 年８月の４日間，13：10～14：40（90 分間）で実施した。

２　実験の内容

授業内で観察・実験の充実を図る場合，必然的に回数が多くなり，それにより負担が多くなると考えられる。また，最近ではデジタルコンテンツも充実してきたため，高度な内容のものについては，そちらを利用することにより，生徒の理解度が低い場合には，繰り返すことで，理解度を高めることができる。このため，本取組での実験内容については，授業の導入部分で興味・関心を高めるために利用できるような特別な準備をしなくても実施できるものを選んだ。

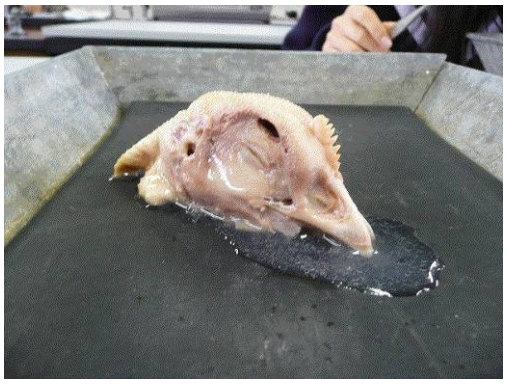


図１　ニワトリの頭の水煮

(1) 「ニワトリの脳の観察」

ア　目的

脳の構造やはたらきを確認・理解するとともに，興味・関心を高める。

イ　方法

(ｱ) ニワトリの頭の水煮（**図１**）から頭皮・筋組織・頭蓋骨の順に丁寧に取る。

(ｲ) 脳を取り出し（**図２，３**），観察（スケッチ）をする。

(ｳ) 脳の正中線から左右の半球に分け，断面を観察す

図２　眼球のつながった脳

る。

(ｴ) 大脳の組織，筋肉の組織を顕微鏡で観察する。

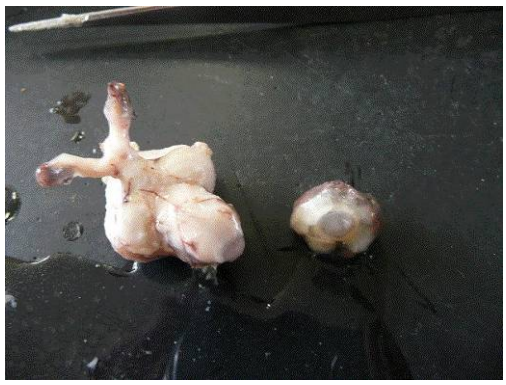


図３　脳と眼球

(2) 「ヒトの学習曲線」

ア　目的

ヒトは生後，経験を積むことによって，より合理的な新しい様式の行動が身に付くようになる。これを学習という。「迷路」による学習効果について調べてみよう。

イ　準備

迷路，時計

ウ　方法

(ｱ)　二人一組となり，一人が被検者（実際に迷路を解く人），もう一人が検者（時間計る人）となる。

(ｲ) 検者は，迷路のプリントを点線に沿って一枚ずつ切り離す。このとき，被検者は迷路を見ないようにする。

(ｳ) 準備ができたら，検者は，No.１の迷路を被検者に渡す。被検者は，渡された迷路を解く。このとき検者は，被検者が迷路を解くのに要した時間を測定する。

(ｴ) 30 秒の休憩の後，検者は，No.２の迷路を被検者に渡し，No.１と同じ要領で行う。このとき被検者は以前のもの（No.１）を見ないようにする。

(ｵ) 以降，同様に No.６の迷路まで測定する。

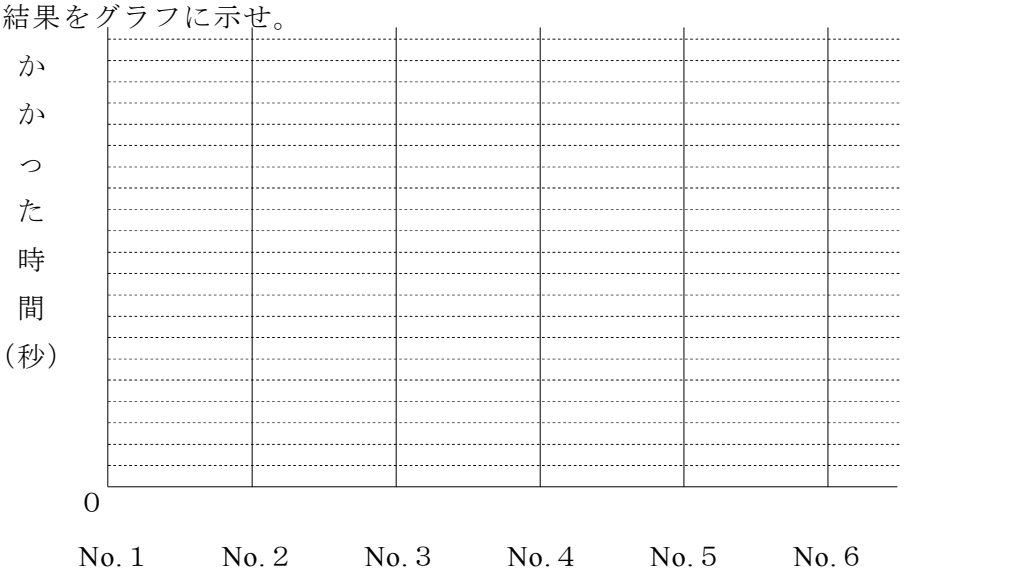
(ｶ) 一週間以内にもう一度，同様に二回目の測定をする。

エ　結果

(ｱ) 結果を記入せよ。

迷路No.	No.１	No.２	No.３	No.４	No.５	No.６
一回目						
二回目						

(ｲ) 結果をグラフに示せ。



オ　考察

この結果から，ヒトの学習効果について何が言えるか。

カ　感想

(3)「光合成ペンダントの作成」

ア　目的

酸・アルカリ指示薬を利用して，植物の光合成を確認する。

イ　準備

炭酸水素ナトリウム，ＢＴＢ溶液（またはクレゾールレッド），ストロー，光合成植物，スクリュー管，ビーカー

ウ　操作

(ｱ) ビーカーに蒸留水（または汲み置き水）50ml を入れ，炭酸水素ナトリウムを５mg 加えて溶解する。

(ｲ) 指示薬を少量（３～５滴）加える。→ 結果１

(ｳ) ストローで息を吹き込む。→ 結果２

(ｴ) ふた付きスクリュー管に光合成植物を適当な長さにちぎって入れる。

(ｵ) (ｳ)までで作った溶液を管ビンに９割程度入れ，ふたをしっかり閉める。

(ｶ) 昼間なるべく光のよく当たる窓際などに置いて光合成をさせ，色がどのように変化するか調べる。→ 結果３

(ｷ) (ｶ)で色が変化したのを確認の上，真っ暗なところに数時間おいておく。または，夜を経て朝の段階で，(ｶ)に比べて色がどのように変化するか調べる。→ 結果４

エ　結果

(ｱ) 炭酸水素ナトリウム水溶液に，指示薬を加えたときの色は何色か。

(ｲ) ストローで呼気を吹き込むと溶液は，何色になったか。

(ｳ) 管ビンを光に当てておくと溶液の色は，何色になったか。

(ｴ) 管ビンを暗所に置いておくと溶液の色は，何色になったか。

オ　考察

(ｱ) ストローで呼気を吹き込んだときの色変化について何が言えるか。

(ｲ) 管ビンを光に当てておいたときの色変化について何が言えるか。

(ｳ) 管ビンを暗所に置いておいたときの色変化について何が言えるか。

カ　感想

(4)「酵素の性質」

ア　目的

生体触媒である酵素の性質について調べよう。

イ　準備

試験管，試験管立，駒込ピペット，ピンセット，試験管ばさみ，薬さじ，ｐＨ試験紙，ラベル，線香，ガスバーナー，マッチ，３％過酸化水素水，0.1mol/l 塩酸，１mol/l 水酸化ナトリウム溶液，二酸化マンガン，肝臓

ウ　方法

(ｱ)　触媒作用

ａ　試験管３本（Ａ，Ｂ，Ｃ）に過酸化水素水３ml をとる。

b　それぞれの試験管に，（A）二酸化マンガン，（B）肝臓，（C）蒸留水を加える。

c　もっとも激しい変化のあった試験管内に火のついた線香を入れる。

d　変化のあった試験管をしばらくそのままにしておき，変化がみられなくなった後に過酸化水素水２ml を加える。

(ｲ) 温度の影響

a　試験管２本（D，F）に肝臓を，他の試験管２本（E，G）に二酸化マンガンをとり，それぞれの試験管に蒸留水２ml ずつを加える。

b　試験管（D），（E）をガスバーナーで沸騰するまで加熱する。さらに３分間加熱を続けた後，冷却するまで放置する。

c　それぞれの試験管（D），（E），（F），（G）に過酸化水素水３ml を加える。

(ｳ) 酸・アルカリの影響

a　試験管６本（H，I，J，K，L，M）に過酸化水素水３ml をとる。

b　さらに，試験管（H），（I）に塩酸２ml を，試験管（J），（K）に水酸化ナトリウム２ml を，試験管（L），（M）には蒸留水２ml を加える。

c　試験管（H），（J），（L）には肝臓を，試験管（I），（K），（M）には二酸化マンガンを加える。

エ　結果

(ｱ) 触媒作用

①方法 b で，変化のみられた試験管はどれか。また，どのような変化がみられたか。

②方法 c で，火のついた線香を入れたとき，どのような変化がみられたか。

③方法 d で，過酸化水素水を加えると，どのような変化がみられたか。

(ｲ) 温度の影響　どのような変化がみられたか。

	肝臓	二酸化マンガン
加熱処理	D	E
無処理	F	G

(ｳ) 酸・アルカリの影響　どのような変化がみられたか。

	ｐH	肝臓	二酸化マンガン
塩酸		H	I
水酸化ナトリウム		J	K
蒸留水		L	M

オ　考察

(ｱ) 触媒作用

①方法 c の結果から，過酸化水素水の分解により何が発生したと言えるか。

②方法 b の結果から，過酸化水素水の分解について何が言えるか。

③方法 d の結果から，触媒作用について何が言えるか。

(ｲ) 温度の影響　結果から何が言えるか。

(ｳ) 酸・アルカリの影響　結果から何が言えるか。

カ　感想

３　実験の結果と効果

(1) 生徒の様子から

夏の時期の実験にもかかわらず，生徒は真剣に取り組んでいたが，組織の観察では組織片を大きく取り出し，染色や観察がうまくいかない生徒もいた（顕微鏡観察での試料の取り出し方については，以前に指導済み）。また，ヒトの学習曲線では，実験結果から効果の高い生徒の曲線に納得してみたり，光合成ペンダントや酵素の性質では何度も確認する姿が見られたりした。

(2) レポート（感想）から

脳の構造や組織の観察により，興味・関心の高まりや視神経の観察では「予想外の太さ」，筋肉組織での観察では「横紋筋の縞模様がきれいに見えた」などの感想もあり，理解も深まったことがうかがえた。

(3) アンケート（23名　男子：25%　女子75%）から

ア　生物は好きですか。

とても好き：35%　　まあ好き：60%　　あまり好きではない：５%　　嫌い：０%

95%の生徒は，生物が好きである。

イ　授業に，興味をもつことができましたか。

(ｱ)「脳の構造」

とてももつことができた：70%　　まあもつことができた：30%

あまりもつことができなかった：０%　　全くもつことができなかった：０%

(ｲ)「学習」

とてももつことができた：50%　　まあもつことができた：50%

あまりもつことができなかった：０%　　全くもつことができなかった：０%

(ｳ)「光合成」

とてももつことができた：39%　　まあもつことができた：44%

あまりもつことができなかった：17%　　全くもつことができなかった：０%

(ｴ)「酵素の性質」

とてももつことができた：22%　　まあもつことができた：67%

あまりもつことができなかった：11%　　全くもつことができなかった：０%

80%以上の生徒は，興味をもつことができた。

ウ　授業は，よく分かりましたか。

(ｱ)「脳の構造」

とても分かった：55%　　まあ分かった：40%

あまり分からなかった：５%　　全く分からなかった：０%

(ｲ)「学習」

とても分かった：75%　　まあ分かった：25%

あまり分からなかった：０%　　全く分からなかった：０%

(ｳ)「光合成」

とても分かった：44%　　まあ分かった：56%

あまり分からなかった：０%　　全く分からなかった：０%

(ｴ) 「酵素の性質」

とても分かった：44％　　まあ分かった：56％

あまり分からなかった：０％　　全く分からなかった：０％

95％以上の生徒は、授業が分かった。

エ　実験を行うことによって，興味や関心は高まりましたか。

とても高まった：45％　　まあ高まった：55％

あまり高まらなかった：０％　　全く高まらなかった：０％

100％の生徒が興味・関心が高まった。

オ　実験を行うことによって，授業の内容がわかるようになりましたか。

とても分かるようになった：36.8％　　まあ分かるようになった：57.9％

あまり分かるようにならなかった：5.3％　　全く分かるようにならなかった：０ ％

95％の生徒が授業の内容が分かるようになった。

理系生物選択者，それも補習選択者ということもあり，ほとんどの生徒は，生物が好きであると答えている。このような傾向もあり，本実験についてはほとんどの生徒で興味・関心が高まり，理解が深まったと答えている。また，実験を行うことにより興味・関心が高まるとすべての生徒が答えている。

(4) 全体を通して

基礎的な知識・理解については，複雑な内容ではないが，知識の深まりは得られた。生徒の反応から興味・関心を高める効果のある実験だと思われるので，生徒の要望にもあったが，単元の導入時に行えば，十分な効果が得られるはずである。

４　おわりに

今回の取組で，生徒は本当に楽しそうに実験を行っていた。理科の課題の中で「学習の基盤となる自然体験，生活体験が乏しくなってきている」とあるが，少なくとも今回の対象生徒は観察・実験に高い興味をもち，「もっとやってみたい」という気持ちをもっていると思われた。授業時数等の教育課程の問題もあるが，観察・実験の重要性を改めて考えさせられた。知識の定着の確認は今後行う予定であり，引き続き「観察・実験や自然体験，科学的な体験を一層充実させる」取組を行っていきたい。

※参考文献

高等学校学習指導要領案　新旧対照表（文部科学省ＨＰ）

高等学校学習指導要領（文部科学省）

高等学校学習指導要領解説　理科編（文部科学省）

「生物の観察・実験について」　森　雅司（愛知県立南陽高等学校）

観察実験１　　霧箱の制作と放射線の観察

愛知県立知立東高等学校　　都築　慶和

１　はじめに

平成 21 年３月に告示された学習指導要領の改訂に伴い，理科の科目構成は物理，化学，生物，地学の各領域に基礎を付した２単位科目と４単位科目に再構成され，科学と人間生活及び理科課題研究を新設している。

物理に関しては，１年生で物理基礎を履修する教育課程を編成する学校もあるようである。そのため，理系が主に履修してきた物理を文系志望の生徒も学ぶことになる。物理基礎では現行の学習指導要領において，物理Ⅱで学んでいる内容の一部が物理基礎に移行されたものもあるため，今までごく一部の生徒しか学ばなかった内容も含まれている。本研究では新しく物理基礎に移行された内容の一部を取り上げ，実験器具の制作と観察を試みた。

２　目的

現行の物理Ⅱから移行されてきた内容の１つに「人類が利用可能な水力，化石燃料，原子力，太陽光などを源とするエネルギーの特性や利用などについて，物理的な視点から理解すること」（学習指導要領より抜粋）とある。本研究では，その中で原子力についての観察・実験を行うことにした。

生徒に原子力について考えさせると，「原子力＝危ないもの」という答えが多い。現に大人でもそう感じている人が多いではないだろうか。しかし，原子力の源となる放射線は身の回りの物質で容易に観察でき，決して危険なものとは限らない。放射線の観察する実験器具として霧箱がある。今回は身近な材料で霧箱を制作し，一般に市販されているものを線源として，放射線を観察する実験を試みた。

この実験をきっかけに，放射線が身近に観察できることを理解し，原子力について安全性や利用価値について考えさせることを目的とする。

３　研究の方法

(1) 霧箱の原理

もともとは人工的に霧を作ることを目的に制作されたが，1911 年に放射線の検出器として実用化されたものである。

一般的な霧箱は密閉された容器内にアルコールをしみ込ませて常温で放置すると，容器内部がアルコールの蒸気で満たされる。容器の底面をドライアイス(約－78℃)で冷却すると，容器上部は高温，下部は低温となり、急激な温度勾配が保たれるので下部にはアルコールの過飽和の状態ができる。

この中で電荷をもった高速の放射線が通ると，その道筋にある気体分子内の電子が跳ね飛ばされて(電離作用)イオンができる。これが核となってアルコール分子が集まると，液滴となって霧ができる。これに光を当てると白い飛行機雲のように見える放射線の飛跡を観察することができる。つまり，飛行機雲ができるときと同じ原理である。

(2) 研究の流れ

本研究では身近なものを用いて霧箱の試作から行った。実際の生徒実験では４名～５名で１班として行うことを想定し，材料は安価で手軽に購入できるものを選んだ。

次に，制作された霧箱の中をアルコールでしみ込ませ，線源を置いた後，ドライアイスの上に置き，放射線を観察した。

最後に，実際に数名の有志（男子３名，女子３名の３年生理系生徒，１年生生徒１名及び国語科教員１名）を募って，生徒実験を行った後，意見や感想を基にまとめた。

４　研究の内容

(1) 霧箱の制作

ア　制作に用いる材料

①　透明なプラスチック製のコップ

容器として用いる。

②　隙間テープ

容器の上面に取り付け，アルコールをしみ込ませるために用いる。

③　アルミ板

コップの断面に合わせて切り，霧箱の底面にする。

④　アルミテープ

アルミ板を固定するときに用いる。

⑤　ゴム栓

プラスチック製のコップの上面に栓をして容器を密閉する。

⑥　その他

金切りはさみ，はさみ，試験管（１本），ガスバーナー，エタノール(98%)，ドライアイス

イ　製作方法

①　透明なプラスチック製コップの底にゴム栓をするための穴をあける。（**写真１**）

穴の開け方は試験管の底をガスバーナーで熱してコップの底に軽く押し当てる。ある程度穴があいたら固まる前にゴム栓を差し込んで穴の形状をゴム栓の直径に合わせ，固まるまで放置する。

②　コップの底の内側の円周に合わせて隙間テープを張り付ける。（**写真２**）

③　①で切り抜いた側と反対側にアルミ板をあててコップの断面に合わせて切る。切り取ったアルミ板の真ん中に線源を置く土台を作る。（**写真３**）

④　アルミ板をコップにアルミテープで固定し，ゴム栓をつけて完成（**写真４**）

写真１（切り抜いた断面）

写真２（隙間テープを張り付けた状態）

写真３（線源を置く土台）

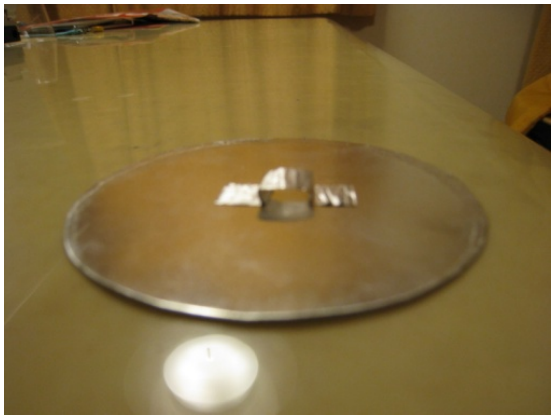


写真４（完成した霧箱）

写真５（実験に用いたマントル）

(2)　放射線の観察

ア　線源に用いる物質

本研究では，線源としてガスランタンの芯となるマントル(**写真５**)を用いた。アウトドア用品を扱う店舗で購入できる。ただし，会社によっては放射線が観察できないものがあるので注意しなければならない。「はかるくん」などの放射線測定器を用意して実際に測定してから購入した方がよい。

マントルは発光効率向上のために，ごく微量のトリウムを含ませている。トリウムは壊変してトロンガスを発生するので，このガスを放射線源として観察する。

イ　観察の準備

エタノールと板状のドライアイスを用意する。ドライアイスは１kg あたり 300 円程度で購入できる。最初に隙間テープにアルコールを多量にしみ込ませる。コップの内側にも塗るとよい。

次に，マントルを小さく切って，ピンセットで土台に置き，ゴム栓をして密閉する。

その状態で常温のまましばらく放置してアルコールの蒸気を容器内に充満させる。その後，霧箱をドライアイスの上にアルミ板が接触するように直接のせて，さらに放置する。充分に時間が経過した後，部屋を暗くしてライトを線源に当てて観察する。

ウ　観察のポイント

放射線の飛跡は瞬間的に発生して消えてしまうので注意深くマントルを観察していなければならない。また，夏場など気温が高いと容器に曇りが生じるので曇りをふき取りながら観察する。

エ　生徒実験の実践

３人で１班の２グループで行った。事前に放射線，霧箱の説明を行った後に制作から行った。プラ

スチック製のコップを切り抜くときに割ってしまう生徒がいた。(特に男子)

実際に観察する時に放射線が出ているのは確認できだが，何を観察したらよいのか分からないと言っていた生徒がいたので，あらかじめ写真やビデオなどを用いて観察するものを確認させておいた方がよい。

観察できなかった生徒もいたが，実験器具を自分で制作しながら観察できたので理解しやすかったようである。また，こんなに簡単なもので放射線が観察できるとは思わなかった，危険なものだと思っていたけれど必ずしもそうではない，という感想を聞くことができた。

完成した霧箱は各自で持ち帰って再び実験を行った生徒もいた。

５　研究のまとめと今後の課題

今回の研究では実験器具の制作から観察までを行ったが，説明も含めて２時間から３時間程度要するので，少なくとも２時間以内で行えるようにしたい。また，知識や経験がない生徒に対して行う場合が多いと思われるので，あらかじめ観察する霧を見せておくとよい。口頭の説明だけでは理解しにくいようだった。

今まで放射線については物理Ⅱの最後に扱う内容で、熱力学との選択分野であった。入試でも出題される大学が限られ，この内容を扱わない場合が多かったと思われる。第２次世界大戦で原子爆弾が投下されてから放射線＝危険なものという認識が広まり，なかなか受け入れがたいものとして扱われてきた。しかし，安全で発電効率のよい原子力発電をはじめ，人間生活を向上させるために必要なものとして認識されるきっかけとなることを期待する。

観察実験２

原核生物の観察

愛知県立足助高等学校　山本　智爾

１　目的

高等学校学習指導要領(2009 公示)では，生物と遺伝子について観察，実験などを通して探究し，細胞の働き及びＤＮＡの構造と機能の概要を理解させ，生物についての共通性と多様性の視点を身に付けさせるとされ，生物が共通性を保ちながら進化し多様化してきたこと，その共通性は起源の共有に由来することを扱うこととしている。

この際に，原核生物と真核生物の観察を行うことが取り扱い上必須とされており，より汎用，簡易，再現的な手法が求められる。

２　導入

多くの生徒がヒト口腔細胞をはじめとする真核生物の細胞に加え，より原始的で小型の原核生物を観察・比較することにより，生物の多様性及びその進化の概要を知る手がかりとする。

３　準備

(1) 実験材料

ネンジュモ(イシクラゲ)，乳酸菌(ヨーグルト)，ヒト口腔細胞

(2) 試薬

サフラニン水溶液(染色液 0.1%程度)

(3) 器具

ア　採取(イシクラゲ)

シャーレ，ピンセット

イ　培養(ヨーグルト)

恒温器(インキュベーターまたは炊飯器，なければ使い捨てカイロと発泡スチロール箱)

ウ　採取(口腔細胞)

ガラス棒

エ　観察

顕微鏡(400～1000 倍)，スライドガラス，カバーガラス，柄付き針，スポイト，ピンセット，ろ紙

４　方法

(1) イシクラゲの採取・観察

イシクラゲ(Nostoccommune)はラン藻(blue-greenalgae)のネンジュモ属(Nostoc 属)の一種で，校庭の土壌などの表面に肉眼的な大きさのコロニーを作る藻類である。ラン藻は原核生物であり，細胞の構造が細菌と類似しているため，最近では，ラン細菌(シアノバクテリア，cyanobacteria)と呼ばれることが多い。

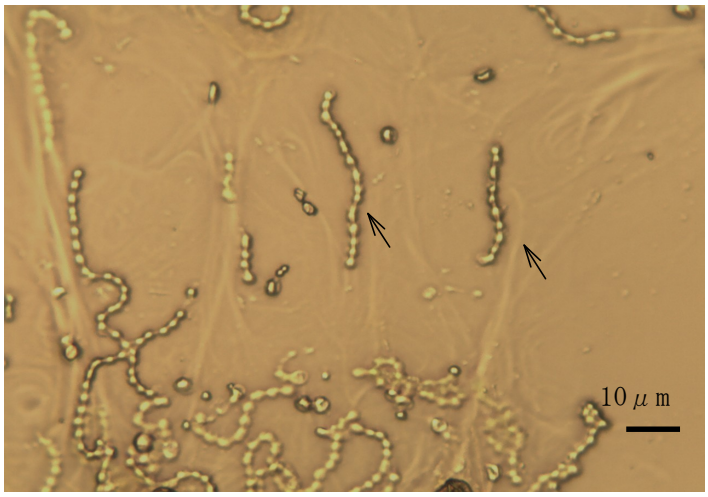
イシクラゲは，土壌，芝生の表面やコンクリート上などに生育し，雨の後など藻体が湿っているときは寒天のような感触があり，色は黒味がかった緑色から褐色である。乾燥した時は黒色の乾燥ワカメのような薄い皮膜のような形状を示す。世界中に広く分布し，南極の湿土上やコケ群落上に生育している。

可能ならば，吸水し寒天状になったものをシャーレに採取する。乾燥を防ぐために，少量の蒸留水に浸す。少雨期は乾燥状態にあるため，採取後１～数時間，水に浸す必要がある。

［校庭のイシクラゲ(乾燥)］

［イシクラゲ(吸水)］

イシクラゲ中に存在するネンジュモは大型の原核生物であり，観察が容易で，特別な染色は不要であり，切片を水封したプレパラートを作成し，検鏡(100 倍から)できる。



ネンジュモ(×400)

〈インキュベーターを用いた培養〉

(2) 乳酸菌の培養・観察

ア　培養

乳酸菌は市販のヨーグルトとして入手は極めて容易である。各社が様々な株を生みだし市販されているが，形態的には球状の乳酸球菌と桿状の乳酸桿菌がある。

観察に際して，市販のヨーグルトを直接用いると密度がやや低く観察時に若干の手間を要するため，培養することで密度を高める(培養すると食品的には酸味が過度になる)。

市販のヨーグルトまたはこれを牛乳(40℃に加熱したもの)に加え，インキュベーター，炊飯器等を用いて 40℃×24 時間で培養する。機器がない場合は発泡スチロールなどの断熱性素材の箱に使い捨てカイロ等を数個入れ，保温する。いずれの場合にも 45℃以上に温度が上がると菌が死滅するため，注意する。なお，コンタミネーションにも十分注意を払う。

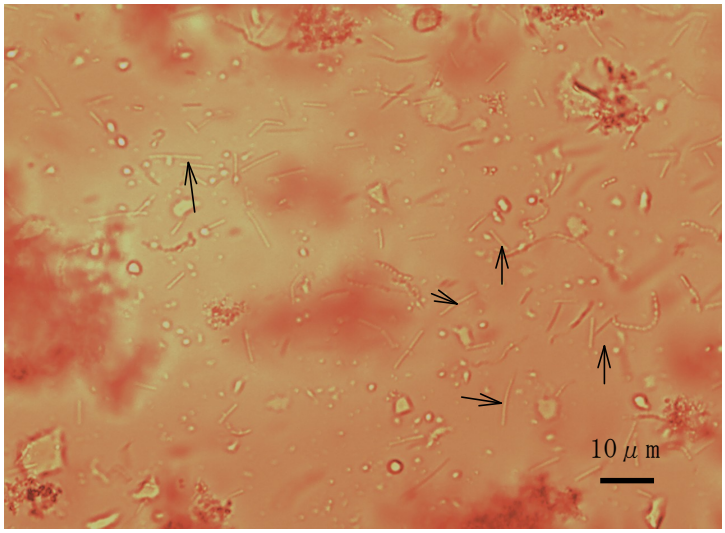
イ　観察

培養されたヨーグルトの半固形部は乳タンパクが多く，観察に適さないため，半透明の乳清を用い

た方が観察しやすい。

乳清をスライドグラス上に１滴垂下し，プレパラートを作成する。そのまま封じてもよいが，サフラニン溶液を同封するとコントラストが高まり，観察しやすくなる。

400 倍以上で検鏡すると，球状または桿状の乳酸菌が多く観察できる。



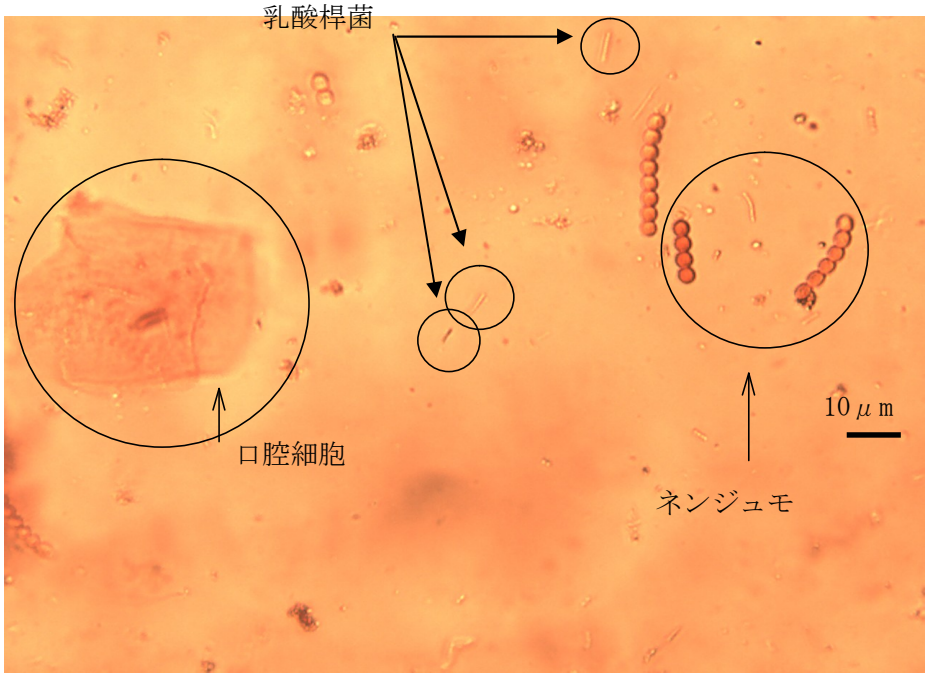
乳酸菌（×400）

(3) 真核細胞との大きさの直接的比較

ここまでの手法で原核生物の観察が可能となり，ミクロメーターを用いることで間接的に大きさの比較をすることが可能ではあるが，直接比較によりより鮮明な印象を得られれば，有効である。

真核細胞としての被検体は様々なものが上げられるが，生徒自身が得やすく，また自身の細胞として印象深い口腔細胞を採取し，ネンジュモ，乳酸菌，口腔細胞の３者を直接スライドガラス上に乗せ，観察をする。

一見，検体探しが難儀そうに感じられるが，イシクラゲの破砕をやや細かく，口腔細胞をガラス棒で採取する作業を数度実施し，プレパラートを作成すれば，比較的容易に３者を同視野に見ることができる。



〈三者比較（×400）〉

５　考察と指導

原核生物は，ネンジュモのような場合を除き，非常に微細で観察が難しい。設備的環境の許す限り倍率を高め観察しなければ，顕微鏡操作の不慣れな生徒は時間的に完了できないため，顕微鏡カメラシステムなどを併用し，生徒に提示することも必要である。機材等の環境が許せば、液浸による観察も観察手法として行うとよい。

また，本観察では大きさと形態的特徴は観察できるが，遺伝物質，核および核様物質の確認には至っていないため，安全に実施できる染色手法等の研究が必要である。

※参考文献

原核生物ネンジュモの一種「イシクラゲ」の教材化
島根大学教育学部自然環境教育講座教員 大谷修司
http://physics.edu.shimane-u.ac.jp/energy/picture/Nostoc.pdf
植物性乳酸菌　～私たちはこの身近な微生物と共に生きてきた～
愛知県産業技術研究所　食品工業技術センター
http://www.aibsc.jp/nsj/01gijyutsu/060901_01/print.shtml

観察実験３　　**簡単なＤＮＡの抽出と確認実験**

愛知県立日進西高等学校　平山　麻紀

１　目的

新学習指導要領において，新設された科目「生物基礎」では，ＤＮＡが大きく取り上げられている。よって、ＤＮＡに関する観察・実験は必ず行いたい。野菜など我々の身の回りの生物からＤＮＡの集合体を抽出し，肉眼で観察させることで存在を生徒に理解させたい。以前から行われているＤＮＡの抽出実験を再検討し，より良い方法を開発する。

２　実験の原理

ＤＮＡは細胞核の中に核タンパク質とともに折りたたまれて存在している。細胞は細胞膜で外界と仕切られ，さらに細胞核は核膜によって細胞質と仕切られている。細胞膜，核膜は脂質二重層で構成されているので，これを洗剤に含まれる界面活性剤で破壊することによりＤＮＡを細胞外に取り出す。また界面活性剤は細胞に含まれるタンパク質の構造も破壊する。ＤＮＡはリン酸を含む酸性物質であり，水中で負（マイナス）の電荷を帯びて溶解している。リン酸基の反発が強いため分子同士は集合しがたい。食塩を加えると水中でNa^{+}とCl^{-}に電離し，静電気的な反発を低下させるので，ＤＮＡが集合して肉眼で観察できる大きさにすることができる。エタノール中ではＤＮＡの溶解度が低下するため，Ｎａ塩となったＤＮＡ分子が集合し沈殿してくる。この沈殿は比重が小さいのでエタノール中で浮き上がり，糸状に観察できる。またきわめて長い分子のため分子が絡み合って巻き取ることが可能である。

塩基性色素である酢酸オルセインやメチレンブルーは，ＤＮＡの特徴である多くのリン酸基に結合する。これらの塩基性色素で染色することでＤＮＡであることが確認できる。食用色素は本来生物である食品を染めるものであるが，酸性の色素のため水中で負（－）の電荷を持ち，リン酸基とは反発するためＤＮＡを染色できない。

３　準備

(1)　実験材料　ブロッコリー

(2)　器具　乳鉢，乳棒，200mL または 300mL ビーカー２個，計量スプーン，茶こし，ガラス棒，はさみ，ろ紙，ガラス細管（器具は冷蔵庫などで冷やしておくと良い。）

(3)　薬品　中性洗剤(食器洗浄用など)，食塩，消毒用エタノール

(4)　染色液　酢酸オルセインまたはメチレンブルー，食用色素赤１％水溶液

4　方法

(1)　ＤＮＡの抽出

ア　ビーカーに食塩を小さじ２杯（約 7.5ｇ），中性洗剤を小さじ２杯（約 10mL）を入れて，水を加えて攪拌（かくはん）し 200mL にし，これをＤＮＡ抽出液とする。

イ　ブロッコリーの花芽の部分をその柄を含めて，むしるか，はさみで切り落とす。冷凍したものはむしり取りやすい。茶こしに軽く１杯分を乳鉢に入れる。

ウ　乳棒で押しつぶすようにしてすりつぶす。５分ぐらいであまり時間をかけすぎないようにして均等にすりつぶす。

エ　アでつくっておいたＤＮＡ抽出液を 50～100mL 乳鉢に加える。抽出液を加えたら，１度乳棒で軽くかき混ぜたあと乳鉢を手で回すようにしてブロッコリーに抽出液がよくなじむようにする。その後は中身に触れることを避ける。５～10 分間放置した後，静かに中身を茶こしでろ過する。

オ　冷凍庫で冷やしたエタノールをエで得たろ液の２～３倍量入れる。液面近くのビーカーの壁にガラス棒をつけ，エタノールをガラス棒を伝わらせて静かに加えて液の上にエタノールの透明な層をつくる。放置しておくとＤＮＡはエタノールより比重が軽いので下の液面からエタノール層へ白い沈殿として浮き上がってくる。

カ　うまくＤＮＡを抽出できた場合は，エタノールの液面に白い沈殿の塊ができるので，これにガラス棒を静かにさして回し，巻き取るようにするとねばねばした半透明のＤＮＡを巻き取ることができる。

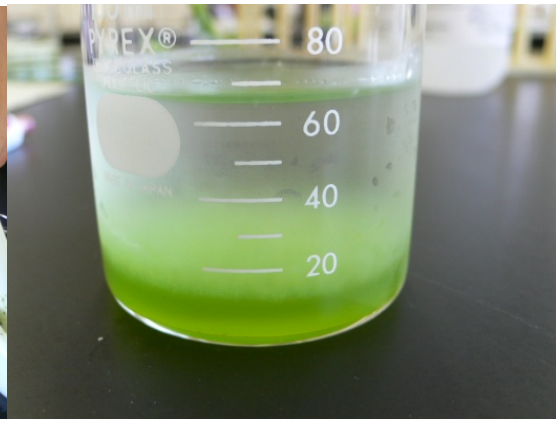
ア

イ

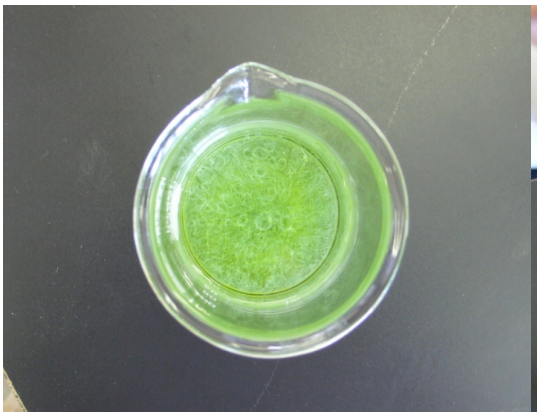
ウ

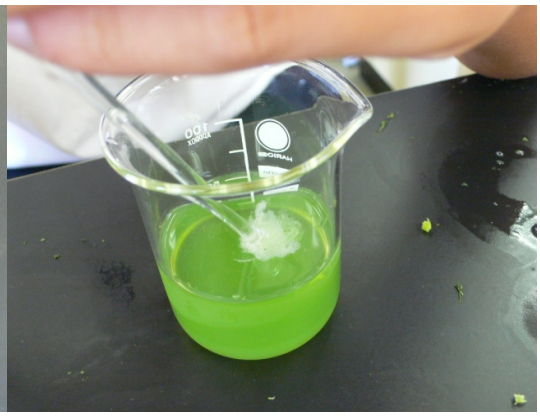
エ

オ



カ





(2)　ＤＮＡの確認

ア　肉眼による確認

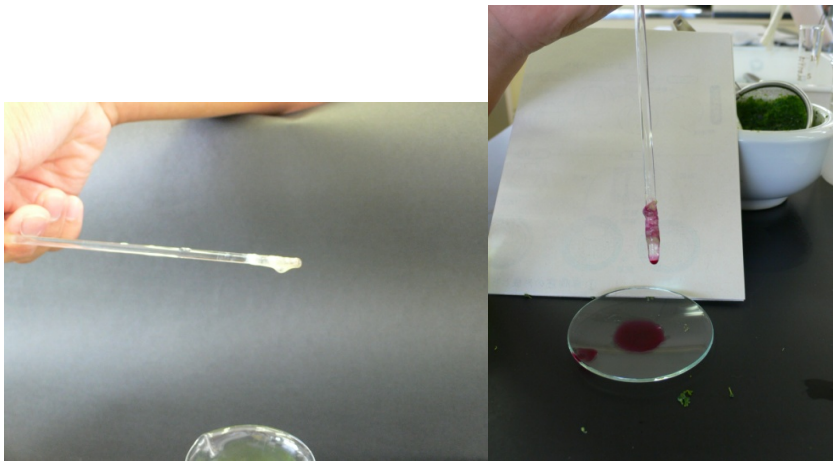
　ＤＮＡは肉眼では白くねばねばしたもの，うまくいくとガラス棒に巻き付くほど長い分子であることで確認できる。

イ　染色による確認

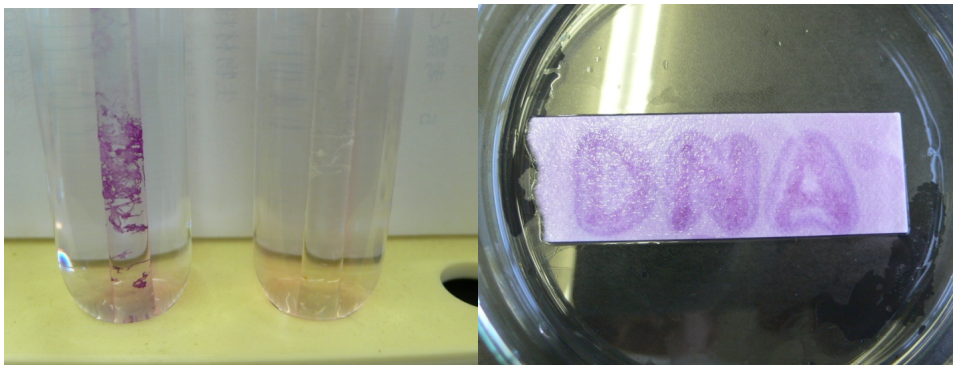
　その１　ＤＮＡを巻き取ったガラス棒を２本作り，一方を核の染色液である酢酸オルセインやメチレンブルーにつけ，他方を食用色素液に浸す。酢酸オルセインやメチレンブルーではそれぞれ赤や青に染まるが，食用色素液では染まりにくいことで採取したものがＤＮＡであることが確認できる。写真は酢酸オルセイン(左)と食紅（右）のもので，水を入れた試験管にたてると，余分な色素が落ちて観察しやすい。

　その２　ＤＮＡを少量の水になじませ，ガラス細管でろ紙に文字を書くなどして塗る。よく乾かしてから染色液に５分ほど浸す。このろ紙の染色液を熱湯で流すようにして洗い，脱色する。書いた文字の部分だけが脱色されずに浮き出てくる。

ア　　イ



イ　その１　　その２



５　考察と指導

材料として，ブロッコリーを紹介したが，他に植物ではタマネギなどが扱いやすい。細胞に対して核の割合が大きいものがよく，ブロッコリーであれば花芽の部分，タマネギであれば内側の部分を用いるとＤＮＡが多くとれる。動物材料ではニワトリのレバーなども良い。しかし，これらは臭いが気になったり，タンパク質の除去に湯煎が必要であったりと取り扱いが多少面倒である。

生物材料にはＤＮＡ分解酵素も含まれる。酵素の作用を抑えるために，操作を素早く，低温下で行うと良い。

ＤＮＡは細長い分子で，極端に切れやすく，溶液を強く攪拌（かくはん）するだけで切断され短くなり棒に絡まなくなってしまう。材料をすりつぶし抽出液を加えた後は，乳棒で軽くひと混ぜしたあと乳鉢を両手で回し揺するようにして混ぜる良い。スプーンやガラス棒を入れてかき混ぜることはしない。

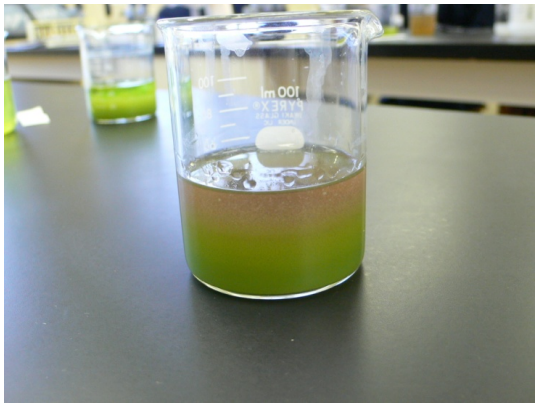
ＤＮＡが上手く抽出できない失敗例として最も多かったのは，糸状のＤＮＡが出てこないこと，出てきてもガラス棒に巻き付かないことであった。これらは材料をしっかりとすりつぶすことと，食塩の量を増やし飽和に近い溶液にすることで，上手くできるようになった。

すりつぶしの手軽さからミキサーを使った方法もあるが，ＤＮＡが切れてしまい糸状にできなかった。しかし，確かにエタノール層にＤＮＡがあることは酢酸オルセインをまぜることで確認できた。

今回紹介した方法では，生徒自身が最初の工程であるすりつぶしから実験を行うので，班ごとでうまくいったりいかなかったりしたときの原因を考えることができる。抽出液の洗剤や食塩の濃度も班ごとに生徒に決めさせてやらせてみるとＤＮＡの収量に差ができたりするので，これも原因を考える機会となり面白い。

50 分の授業時間で行うときは，染色その１の方法が手軽できれいに手早くできる。その２のろ紙を使った染色は生徒が記録として残しておける利点があるが，時間がかかる。

本実験の前に，タマネギなどで細胞の顕微鏡観察をし，酢酸オルセインなどで核の染色体が赤く染まることを確認しておくとよい。



６　まとめ

新しい指導要領によると「生物基礎」では，遺伝子，ＤＮＡについて理解させることを明確に打ち出している。細胞からＤＮＡを抽出して可視化する実習は，今までも「生物Ⅰ」で行われてきた。ここでは抽出操作がどのような意味をもつかを考えさせながら，ＤＮＡの性質を理解させると良いと思う。

以下にポイントをまとめる。

(1)　ＤＮＡの抽出の試料として適しているのはどのようなものか。
(2)　生でなくて，凍結した意味は。
(3)　洗剤を加えるのは。
(4)　塩化ナトリウムを加えるのは。
(5)　緩やかに攪拌（かくはん）するのは。
(6)　ろ液の外見，状態は。ろ液には何が含まれるはずか。
(7)　ろ液に冷やしたエタノールを加える意味は。
(8)　得られたものがＤＮＡであると確かめるのには，どのような実験が必要か。
(9)　水を入れた時計皿に得られたものをピンセットで少量つまみ入れて，変化を見る。どのような変化が見られたか。

７　その他

紫外線部まで測定可能な分光光度計があれば，抽出したＤＮＡの水溶液を石英セルに入れて測定するとよい。260nm 前後を５nm 間隔で波長を変え，それぞれの波長における吸光度を測定しグラフに記入する。ＤＮＡの水溶液は 260nm に吸収極大のあるスペクトルをもつ。ＤＮＡの塩基部分は二重結合を含む環状構造で紫外線をよく吸収する性質があり，これによりＤＮＡの破壊が起こる。ＤＮＡは遺伝子の本体であるので，紫外線により破壊されることで生物体にどのような影響があるかを考えさせることができる。

※参考文献

平成 14 年度　バイオテクノロジー体験研修　講義・実習テキスト（社団法人　農林水産先端技術振興センター）