

## 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 5 ml 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ばってビーカーにとる。
4. しば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、エタノール層に付き、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、りんごの間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量が少なかったと考えた。  
DNAがかたんに抽出できて、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の抽出実験について

#### 1 目的

たまねぎなどの細胞から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。

#### 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 ピーカー 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、台所用洗剤を数滴加え、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ピーカーにとる。(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、ピーカー、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、ピ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ピーカーに取る。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

液をガーゼでしぼってピーカーにとる。  
しぼった液を試験管に移して、よく冷やしたエタノールを静かに注ぐ。



- よく冷やしたエタノールを用いるのは、タマネギ液とエタノールの境界面をはっきりさせるため。
- 雑にそそぐとタマネギ液とエタノールがまざってしまうため。

#### タマネギ液とエタノールの間にDNAが析出

- タマネギ液とエタノールの境目に白いもやとしたものがみえた
- よく見ると糸状のものが集まっているように見える



#### 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）

## 実験方法

- ①刻んだ玉ねぎと、20%食塩水5mlを乳鉢に入れ、乳棒ですりつぶす。
- ②材料をすりつぶして出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。
- ③乳鉢内の玉ねぎをガーゼでしぼって液をビーカーにとる。
- ④しぼった液を試験管に移し、**冷やした**エタノールを**静か**に注ぐ。

果たして結果は・・・？

## 課題・考察



- ✓時間が経つと白くてもわもわしたものがエタノールの水面から上がってくる。
- ✓さわると細かい糸みたいな感覚があった！

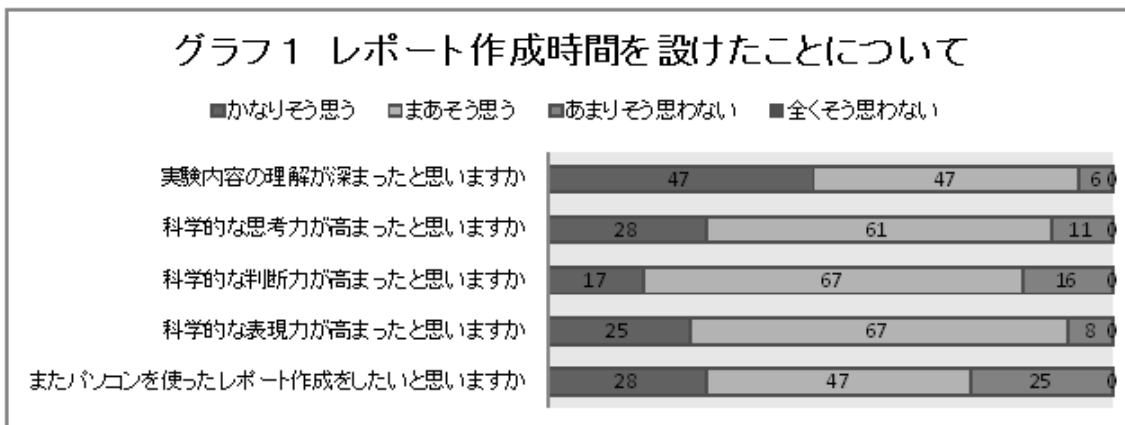
### (4) 研究③ ～グループ討議と意見交換時間の設定～

「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％）。

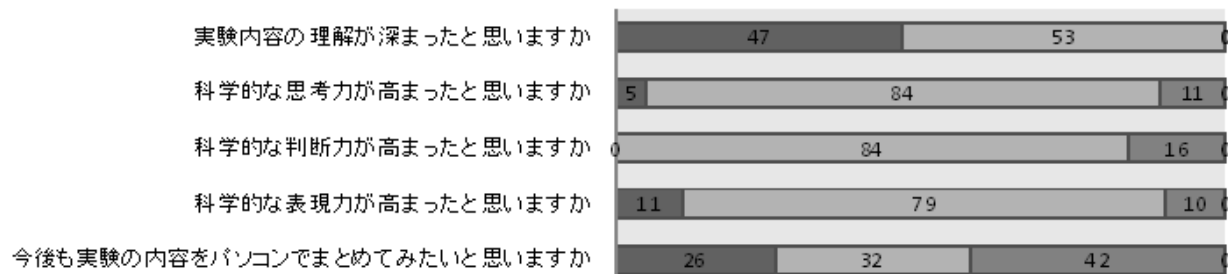
#### グラフ2 プレゼン作成時間を設けたことについて

■かなりそう思う ■まあそう思う ■あまりそう思わない ■全くそう思わない



#### グラフ3 発表時間を設けたことについて

■かなりそう思う ■まあそう思う ■あまりそう思わない ■全くそう思わない



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。

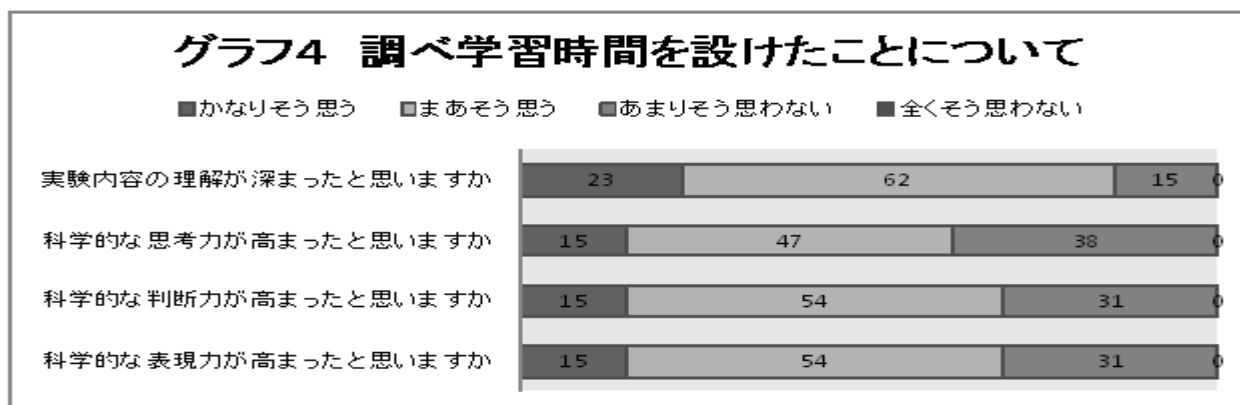
残念ながら、生徒の発表技術についてはまだ稚拙である。今後、話し方や説明の仕方などを含めて、発表能力を高める指導が必要だと感じた。

#### 【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。

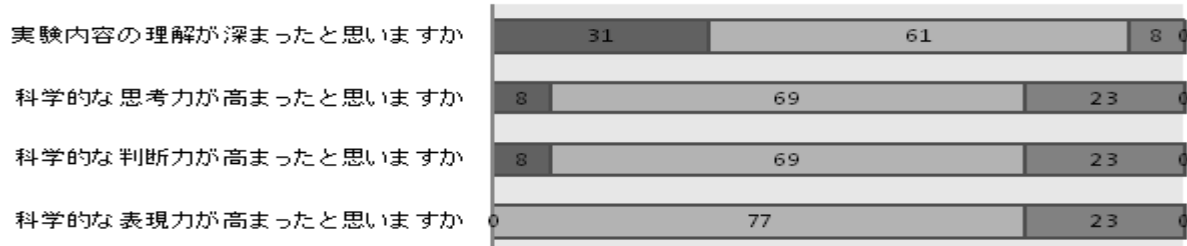
#### (3) 研究③について ～グループ討議と意見交換時間の設定～

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％）。



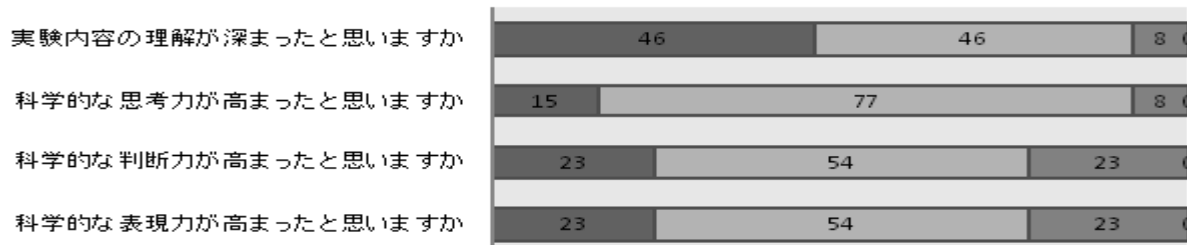
## グラフ5 グループ討議を設けたことについて

■かなりそう思う ■まあそう思う ■あまりそう思わない ■全くそう思わない



## グラフ6 意見交換を設けたことについて

■かなりそう思う ■まあそう思う ■あまりそう思わない ■全くそう思わない



### 【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。