

## 学習効果を高めるために行なう小テストの活用

－1 年理科総合 B「生物の多様性」の指導を通して－

県立五泉高等学校 帆苺 信

### I 指導構想

本単元である生物の分類は、本来生物 1 種類ごとに時間をかけて学ぶ分野であるが、理科総合 B の単位時間でそれは不可能である。そのため、短い時間で多くの種についての概略を学ぶことになり、どうしても学ぶべき事柄が多く、かつ羅列的な分野になってしまう。本研究では、このような羅列的な学習内容について、「小テスト」という手法を用いて、いかに効率よく学ぶかということを目的としている。「テスト効果」については、これまで様々な研究が行われてきた。今回は、そのいくつかについて竹内（2010）を参考にして追試を行なうとともに、日常の高校現場でどのようにその結果を活用していくかという視点を中心に考えていきたい。

### II 学習指導案

1. 単元名（題材名） 生物の多様性（生物の多様性と環境）

2. 対象クラス 1 年 2 組（41 名）

#### 3. 指導目標

- I. 身の回りの生物に関心をもつことができる。（関心・意欲・態度）
- II. いろいろな生物の特徴を踏まえ、どの分類群に属するか判断できる。（思考・判断）
- III. さまざまな種類の生物の写真を観察し、その特徴を言葉で表現できる。  
(観察・実験の技能・表現)
- IV. 地球上の様々な生物についての知識をもち、あわせて生物の多様性について理解できる。  
(知識・理解)

#### 4. 指導と評価の計画（全 6 時間）

時	学習内容	生徒の学習活動	評価と方法
1	生物の共通性	生物の環境への適応と体のつくりの共通性を学ぶ。	小テスト
2	生物の多様性、モネラ界	五界説ならびにモネラ界の生物について理解する。	小テスト
3	原生生物界、菌界	原生生物界ならびに菌界の生物について理解する。	小テスト
4	植物界	植物界の生物について理解する。	小テスト
5	動物界 1	無脊椎動物の特徴について理解する。	小テスト

6	動物界 2	脊椎動物の特徴について理解する。	小テスト
---	-------	------------------	------

## 5. 評価基準

I 関心・意欲・態度	II 思考・判断	III 観察・実験の技能・表現	IV 知識・理解
身の回りの生物について、関心を持つことができたか。	各界についての特徴を踏まえて、どの界に属するか判断できるか。	各界の生物について観察し、その特徴を自らの言葉で説明できるか。	地球上の様々な生物についての知識を深め、生物の多様性について理解できたか。


## 6. 本時の計画（2／6時間）

(1) ねらい 五界説ならびにモネラ界の生物について理解する。

(2) 本時における「研究テーマ」に迫るための指導の構想

本時に至るまで、授業方法ならびにテスト効果について様々な実験を行なってきた。本時では、その結果を踏まえ、最も効果のあったやり方で授業を行っていく。また、一般に記憶の定着については、繰り返し学習することが大切であることが知られている。今回は、①教員の説明を聞く、②板書を見る、③板書内容をノートに写す、また後日に、④小テストの問題を解く、⑤小テストの答え合わせをする、という計5回の繰り返しによって、知識の確実な定着を目指す。

(3) 展開

時間	教師の働きかけ	生徒の学習活動・予想される反応	評価・留意点
10分 テスト	ミドリムシの写真 を回す  ミドリムシは動物、 植物のどちらに分 類されるかの話を する。	ミドリムシの写真を見る。  ミドリムシは動物、植物のどちらに 分類されるかを考える。	留意点:あまり導入が 長くならないように 気をつける。
5分 導入	ミドリムシの写真 を回す  ミドリムシは動物、 植物のどちらに分 類されるかの話を する。	ミドリムシの写真を見る。    ミドリムシは動物、植物のどちらに 分類されるかを考える。	留意点:あまり導入が 長くならないように 気をつける。

30分 展開	<p>生物分類の階層について説明する。</p> <p>リンネの二界説の説明をする。</p> <p>ホイッタカーの五界説を説明する。</p> <p>モネラ界の生物を紹介し、モネラ界について説明する。</p> <p>ラン藻類の写真を回す。</p>	<p>住所になぞらえて、生物分類の階層（種、属、科、目、綱、門、界）を学習する。</p> <p>生物の分類法を定めたリンネについて学習する。</p> <p>五界説で提唱された五界について学習するとともに、その限界も学習する。</p> <p>モネラ界を構成している細菌類ならびにラン藻類について学習する。</p> <p>ラン藻類の写真を見る。</p>	<p>評価：板書の内容をきちんとノートに写しているか。</p>
5分 まとめ	<p>本時のまとめ</p>	<p>本時に習った内容を思い返す。</p>	

#### (4) 評価

- ・小テストはきちんと取り組んでいるか。
- ・板書内容をきちんとノートに写し取っているか。
- ・動物でも植物でもない生物がいることを理解できたか。
- ・モネラ界の生物について理解しているか。

以上の4点について、授業中の生徒の様子や小テストを用いて評価する。

### Ⅲ 授業の実際

#### (1) 事前の実験

本実践では、小テストの効率的な活用法を探るため、事前に以下の1つのアンケート調査と6つの実験を行なった。実験は2010年7月、10月、11月に行った。実験対象生徒は新潟県立五泉高等学校1年生281名(7クラス)である。各処理は1クラスごとに行い、処理ごとのサンプル数は35~40(人)である。得られた結果はF検定、t検定、分散分析、多重比較(Tukey法)を使って統計的解析を行った。

#### ●実験を行なう上での準備、配慮等

##### 1) 各処理間の成績の差(各クラス間の成績の差)について

7月、9月と2回の定期考査を行なっているが、成績に関して各クラス間での統計的な差は、ともに危険率1%で確認できなかった。また、定期考査前一ヶ月は実験を避け、テスト勉強等によるデータのばらつきを最小限に抑える努力を行なった。

##### 2) 実験に使用した教材について

本実験では、実験1~3は「十種雲形」について、また、実験4と6は「真核細胞の構造」のところで実験を行なった。共に、本文中には無い部分であり、実験による生徒の成績への影響は少ないと考えている。一方、実験5に関しては「嫌気呼吸を行う生物の出現」という本文の部分で実験を行なっている。しかし、どの処理も「授業→小テスト→評価テスト」と

共通したやり方で行なっているため、成績への影響は少ないことが予想される。また、いずれの範囲も定期考査の試験範囲からは除外した。

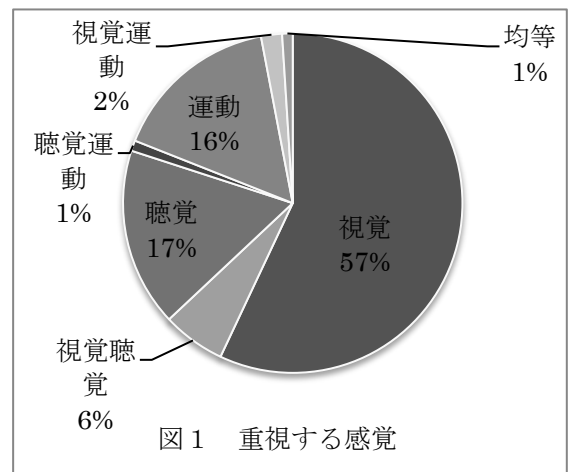
### 3) 生徒に対しての説明ならびにデータの公開について

全ての実験が終了した段階で、生徒に対しては実験の概要を説明し、データの公表に関しての了承をもらった。また、実験で行なった小テストの点数は、個人の成績に入れない旨も生徒に説明した。

## ●調査1 生徒の潜在意識調査

【目的】我々には、さしたる意図もないのに知らず知らずのうちに判断や選択が偏ってしまうことがある。これは、自分でも気づいていない感覚の偏りによって引き起こされると言われている。ここでは生徒のそのような潜在意識を調べることを目的として調査を行った。

【方法】調査は2010年6月に本校1年生生徒281名を対象に行い、270名から解答を得た。使用したアンケート用紙は益谷(2003)にあるチェックリスト(3択問題24問)を用いた。また、得られた結果を、2007年4月に本校2年生生徒160名を対象にして行った同様の調査結果(帆苺, 2008)と比較した。

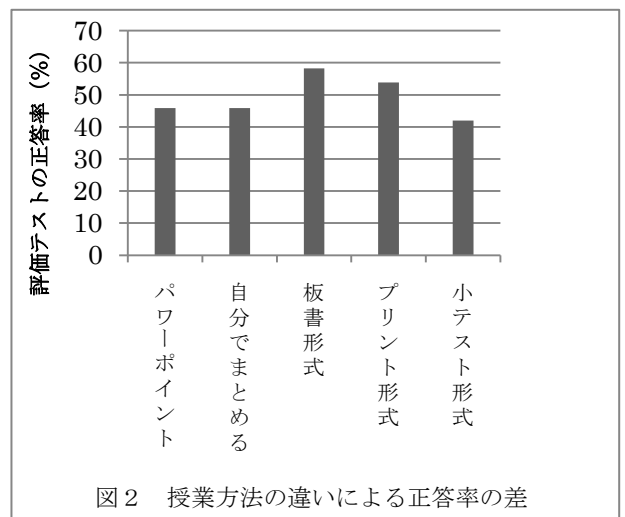


【結果】視覚を重視する生徒が57%と一番高い値を示した。一方、聴覚を重視する生徒は17%、運動感覚を重視する生徒は16%にとどまった。今回の結果は、2007年のデータと同様の傾向が見られ、共に視覚を重視する生徒が多いという傾向がみられた。

## ●実験1 授業形式の検討

【目的】調査1から、生徒は視覚を重視していることがわかった。この結果から、視覚的に提示できるいくつかの授業形式について、その効果を検討するために実験を行った。

【方法】授業形式に関しては、①パワーポイントを使用したもの、②教科書を見て自分でB4の白紙にまとめる方法、③板書形式、④プリント形式、⑤何も教えずに小テストならびにその答え合わせを3回繰り返したものの、の5つの処理を設けた。それぞれ授業時間を40分とし、その直後に評価テスト(5分)を行なった。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」のフォトギャラリーにある「十種雲形」の部分を用いた。



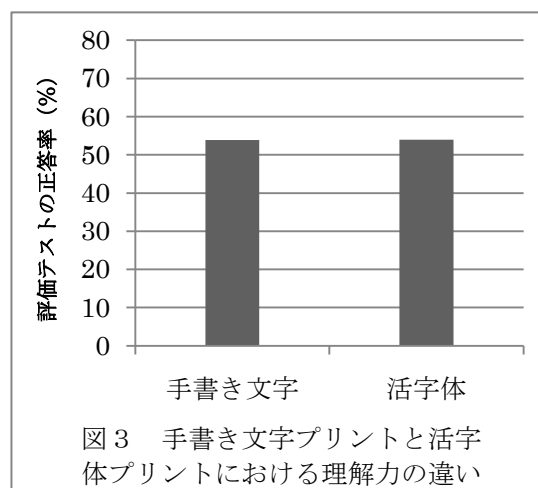
【結果】 結果は図2に示した。分散分析を行った結果、危険率5%で各処理間において有意な差は認められなかったが、板書形式の正答率が高い傾向がみられた。

### ●実験2 手書き文字の教材と活字体による教材の違い

【目的】 著者は、今までの経験から、PC等で作成した活字体のプリントより、手書き文字のプリントの方が生徒はよく読むような印象を受けていた。そこで、両者の違いを確かめるために実験を行った。

【方法】 手書き文字で書かれたプリントと活字体（明朝体）で書かれたプリントを用意し、それぞれを使って授業を行い、比較した。プリントの字句は一緒である。それぞれ授業時間は40分間とし、その直後に評価テスト（5分）を行なった。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」のフォトギャラリーにある「十種雲形」の部分を用いた。

【結果】 結果は図3に示した。F検定ならびにt検定で統計解析をしたところ、危険率5%で両処理間に有意な差は認められなかった。

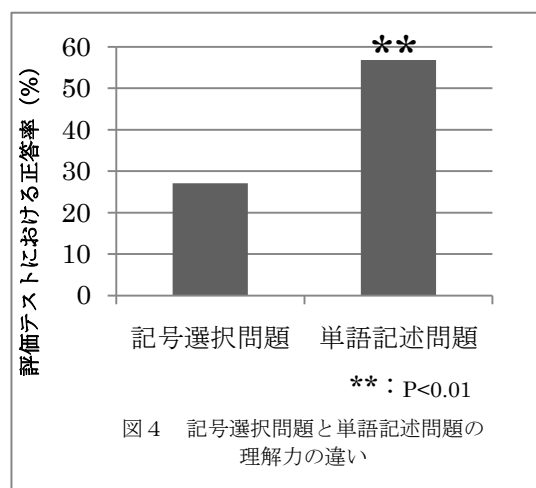


### ●実験3 記号選択問題と単語記述問題の違い

【目的】 小テストの問題を作成する場合、記号選択の問題と単語を記述させる問題とがある。そのどちらが効果が高いのかを判定するために実験を行った。

【方法】 記号を選択する問題だけで作った小テストと、単語名を記述させる問題だけで作った小テストを用意し、それぞれで学習した場合を比較した。問題の内容はほぼ同じである。それぞれ学習時間は40分間とし、その直後に評価テスト（5分）を行なった。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」のフォトギャラリーにある「十種雲形」の部分を用いた。

【結果】 結果は図4に示した。F検定ならびにt検定で統計解析をしたところ、危険率1%で単語記述問題の方が有意に正答率は高かった。



#### ●実験4 過剰学習の効果について

【目的】 学習直後に全く同じことを復習すること（過剰学習）は、学校現場でも広く用いられている。これは、知識の定着のためには過剰学習が有効であるという経験則から行われている手法である。ここでは、過剰学習の効果について測定することを目的に実験を行った。

【方法】 学習直後の過剰学習の効果測定のために、①授業で50分間学習したもの（コントロール）、②授業40分間学習した後に10分間プリント学習をしたもの、③授業で40分間学習した後に10分間小テスト（答え合わせ含む）を行なったものの3つの処理を用意し、それぞれについて学習1週間後、4週間後に評価テストを実施した。なお、各処理は2クラスずつ設定し、1週間後に評価テストを実施するクラスと4週間後に評価テストを実施するクラスは別である。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」で発展的な内容として紹介してある「真核細胞の構造」の部分を用いた。

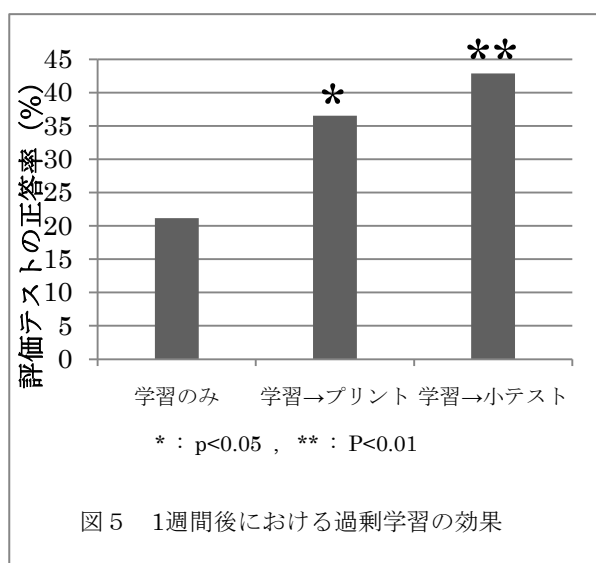


図5 1週間後における過剰学習の効果

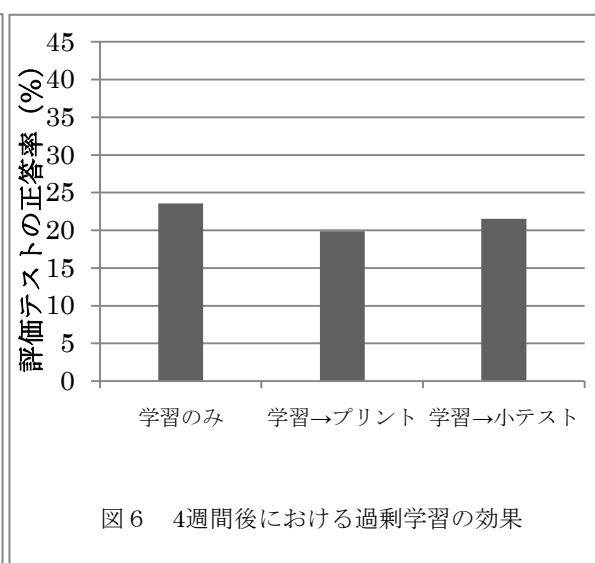


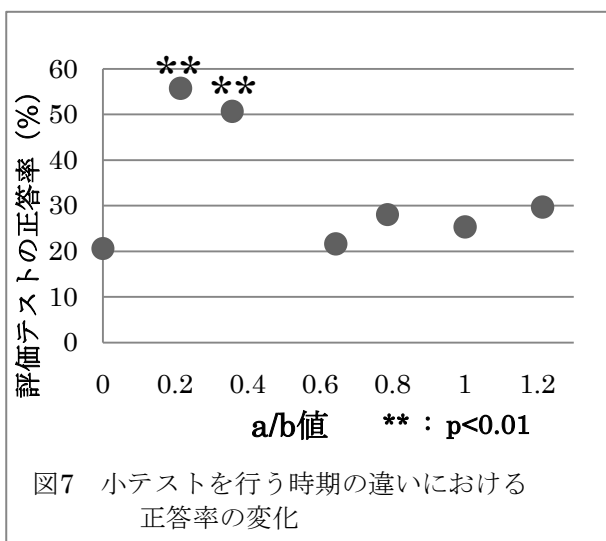
図6 4週間後における過剰学習の効果

【結果】 学習1週間後の結果は図5に示した。分散分析ならびに多重比較（Tukey法）を使って統計解析を行ったところ、プリントを使って過剰学習したグループは危険率5%で、小テストを使って過剰学習をしたグループは危険率1%でそれぞれ有意に効果がみられた。また、学習4週間後の結果は図6に示した。同様の統計解析を行った結果、危険率5%で有意な差は認められなかった。

#### ●実験5 小テストを行なう時期の検討

【目的】 小テストは学習直後に行うこともあるが、すこし期間をおいてから行うこともある。ここでは、どの時期に小テストを行うと一番効果があるかを測定するために実験を行った。

【方法】 授業と評価テストの間に行なう小テストの実施時期を変化させ、一番効果のある時期を探った。まず、授業から小テストまでの日数をa日、小テストから評価テストまでの日数をb日と定義した。今回は $b = 14$ とし、aの値を0、3、5、9、11、14、17と変化させた。そのため、a/b値は、それぞれ小数第2位を四捨五入すると、0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2となる。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」の本文中にある「嫌気呼吸を行う生物」の部分を用いた。

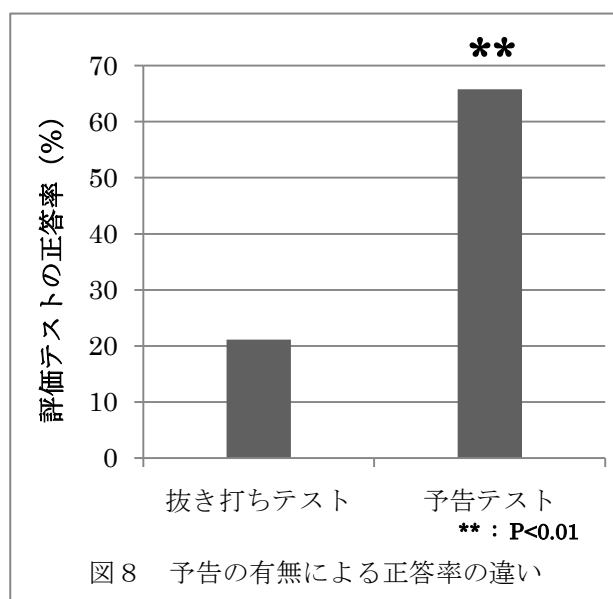


【結果】 結果を図7に示した。統計解析を行った結果、a/bの値が0.2のグループと0.4のグループが危険率1%で有意に差が認められた。

### ●実験6 本実践における家庭学習の影響について

【目的】 本実践における事前実験では、客観的なデータを収集するため、実験は定期考査のための学習が予想される時期を避け、評価テストもすべて事前予告無しの抜き打ち式で実施した。ここでは、これらの実験の結果に関して、家庭学習がどれぐらい影響を及ぼすかについて評価するため、以下の実験を行った。

【方法】 テスト予告の有無による点数の違いを確かめるために、①テスト予告をする処理と②テスト予告をしない処理をつくり、それぞれ学習1週間後に小テストを行なった。使用教材としては、第一学習社の「高等学校 改訂理科総合B」で発展的な内容として紹介してある「真核細胞の構造」の部分を用いた。



【結果】 結果を図8に示した。危険率1%で、テスト予告をしたほうが有意に点数は高かった。

### ●事前実験のまとめ

以上の結果から、実践授業では、①黒板形式の授業を行うこと、②小テストは単語記述問題で構成すること、③小テストを行う時期はa/b値が0.2となるように設定すること、の3点を留意して行うこととした。

## (2) 授業の実際

### ●小テストについて

今回の実践授業では、「地質年代の区分」の分野についての小テストを行った。おおよそ5分間解答させ、その後正答例を配布し、生徒自身で答え合わせを行わせた。テスト回収時には裏返しにさせ、自分の点数が他人からは見えづらいように配慮した。



### ●その他の留意事項

今回は小テストの効果を中心に考えているが、それだけでは生徒の意欲を削ぎ、興味関心を引き出しにくいことが予想される。そのため、ミドリムシの実物、光学顕微鏡写真、透過型電子顕微鏡写真と藍藻類であるミクロキスティスの写真を用意し、生徒へ提示し、興味関心を引き出す努力を行なった。また、成績上位層の生徒の意欲を高めるために、教科書を越えた最新の状況の説明を行なうと共に、教員自身の体験談を交えて説明を行うことによって、より強い印象を持たせるように心がけた。



### ●評価について

評価のポイント4点について、授業中の生徒の様子や後日の小テストから判断した。小テストに関してははっきり取り組む姿がみられ、板書内容もほとんどの生徒が写し取っていたようである。また、動物でも植物でもない生物がいること、モネラ界の生物についてもある程度の生徒が理解したようであり、ほぼ当初の目的は達成したといえる。

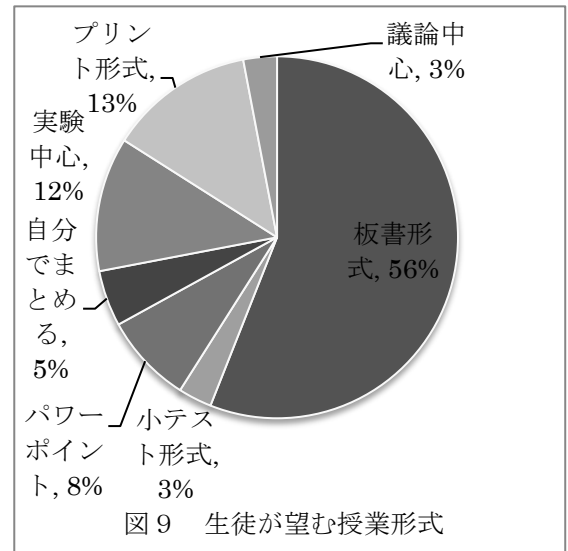
## IV 実践の考察とまとめ

### (1) 事前実験について

本実践では、より効果的な小テストの活用を探るために、いくつかの事前実験を行った。まず調査1の潜在意識を調べた調査では、使用したチェックリストが本当に重視する感覚を判定できると仮定するならば、生徒は視覚を重視していることが確認された。これは2007年の結果(帆苺、2008)とも一致しており、現在の五泉高校生の共通的な感覚と判断できるだろう。我々理科教員は、実験をたくさん行うことが良い授業展開だと考えており、また、生徒もそれを望んでいると漠然と考えている。しかし、体を動かしながら学ぶことを重視する(運動感覚を重視する)生徒がわずか16%であったことを考えると、実験や実物を見せることの重要性は別として、今後教員側の認識を変化させる必要があるようである。



実験1では授業方法による違いをみた。板書形式の授業が正答率は一番高く、プリント形式がそれに次いだ。一方、小テストをくり返す方法、パワーポイントによる方法、自分でまとめる方法ではそれぞれ正答率は低く、理解度が低いことが示された。内容を理解した上で、書く作業というものが加わると、学習効果が高くなるのかもしれない。一方、実践授業後に生徒が望む授業形式についてアンケート調査を行った。結果を図9に示す。ここでは281人中56%の生徒が板書形式の授業を望んでいた。帆苺(2008)でも同様の調査を行っており、その際は自由記述もさせているが、書かないと頭に入らない旨の記述をしている生徒が多かった。このように「書く作業」というのは、記憶の定着に重要である可能性が示唆された。



次に、実験2で手書き文字の教材と活字体の教材における差をみた。今までの経験から手書き教材の方が効果はあると考えたが、実際には差はみられなかった。

実験3では記号を選択させる問題で学習したグループと単語を記述させる問題で学習したグループを比較した。その結果、単語を記述させる問題を学習したグループの方が効果はみられた。記号選択問題の繰り返しでは、その学習内容ではなく記号について学習している部分が大きいかもしれない。ここでも「書く作業」の重要性が示されていると言えよう。

実験4では、学習直後に行う復習(過剰学習)の効果を調べた。過剰学習は、学校現場でも広く用いられており、経験的に知識定着のために有効だと考えられている。実験では、学習1週間後では過剰学習の効果は見られ、特に小テストで復習したグループでは効果が高かった。一方、学習4週間後では3つのグループ間で差は見られず、過剰学習の効果はないことが確認された。これは、造語とその意味を記憶させた Rohrer ら(2005)の結果と一致している。学習直後の過剰学習は1週間程度の記憶保持には効果を示すが、1ヶ月以上の長期間の記憶保持には効果を示さないことが示唆される。一方、数学的な学習課題で同様の実験を行った Rohrer と Taylor (2006)では、学習1週間後、4週間後ともに効果がみられないという報告がある。以上のことから、現在高校現場でも多く行われている学習直後の演習等については、検討し直す必要があるだろう。

実験5では、小テストを行う時期の検討(分散効果の検討)を行った。その結果、 $a/b$ の値が0.2~0.4のとき、もっとも効果がみられた。これは外国語の単語を記憶させる実験を行った Pashler ら(2007)が得た値、0.1~0.3とほぼ一致する。また、同報告ではbの期間が6ヶ月という長期間でも同様の結果が現れることを示している。これは、大学入試などに向けた長期間の学習を指導していく上でも活用が期待され、今後有益なデータになるだろう。

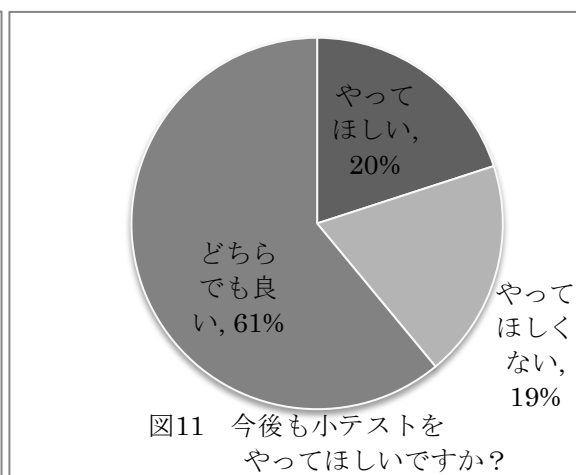
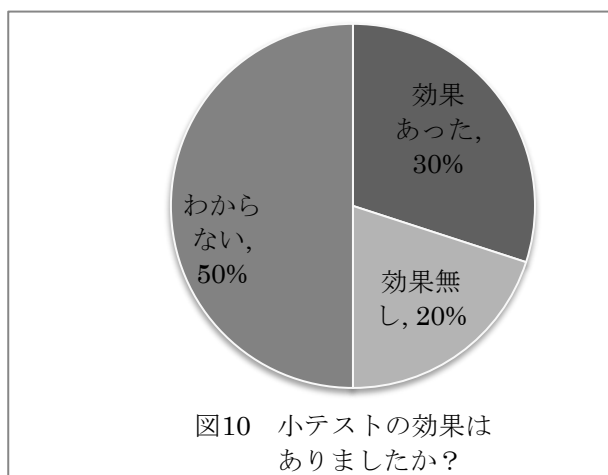
実験6では、予告の有無による評価テストの正答率の差を調べた。その結果、事前に予告して

いた処理群の成績が危険率 1% で有意に高くなった。これはこのような実験を行う際に、家庭学習という要因がいかに大きな影響を持つかということを示しており、今後同様の実験を行う際は、家庭学習の有無という条件を十分に配慮する必要があるだろう。また、この結果は、事前にテストの予告をすることによって家庭学習を促進させる効果があることも示しており、今後家庭学習をさせる手段として活用していくことができると考えられる。

## (2) 実践授業について

実践授業は 2010 年 11 月 30 日に実施した。事前実験から、板書形式で、 $a/b$  値を 0.2 になるように単語記述式の小テストを実施した。次の定期考査が 2 月末であるため、 $b=87$  となる。この値を  $a/b=0.2$  の式に代入すると、 $a=17.4$  となる。よって、11 月 12 日前後に授業で行った内容（地質時代の区分）を今回の小テストの教材とした。しかし、今回小テストを行うことについて、生徒に予告せず小テストを行ってしまった。実験 6 から予告の効果は高いことが示されているため、以後は予告してから小テストを行っていききたい。

生徒の反応であるが、今回小テストを行ってみて、意欲的に取り組もうとする生徒は少なかつたように思えたので、アンケートを実施した。結果を図 10、図 11 に示す。



小テストの効果を聞いた質問では、「わからない」と答える生徒が 50% と一番多かった。これは小テストの効果を実感する機会がまだ無いためであろう。その一方、今後小テストをやってほしいかどうかを聞いた質問では、「やってほしくない」が 19% に比べ、「やってほしい」が 20% とあまり強い拒否反応は見られなかった。同様の小テスト方式を 2009 年 6 月～2 月に本校 2 年生物 I の授業で受けた生徒たちでは、小テストをはじめから数ヶ月後になってから意欲的に取り組むようになった。これは、定期考査等で小テストの効果を実感したためであり、今回も意欲的に取り組む姿がみられるまでには、しばらく時間がかかるだろう。

今回、生徒の意欲関心を引き出すため、ミドリムシのいる寒天培地や、顕微鏡写真などを生徒に提示した。本校生徒の特徴としてあまり感情を表に出さないところがあり、効果のほどは不明である。ろくに見ないで写真等を回している生徒も多く、あまりインパクトはなかったのかもしれない。生徒に示す前に、観察するポイントをよく示してから配布した方がよかったのかもしれないと反省している。

## (3) まとめ

本実践では、理科という教科の特殊性にはこだわらず、知識の着実な理解という部分に注目し、様々な実験を行ってきた。その結果、今までの経験と一致していた部分もあったが、経験とは異なる部分もかなりあった。今回のデータは、扱う教材内容によって結果が異なる可能性を残しており、

この結果をただちに一般化するのは危険である。そのことを十分に理解した上で、今回得られた結果をこれからの教材研究に活かし、よりわかりやすい授業を目指していきたい。

## ●引用文献

竹内龍人 (2010) 実験心理学から知る学習と記憶のこと

<http://www.brl.ntt.co.jp/people/takeuchi/learning.html>

益谷真 (2003) 素朴な心のサイエンス, 28-31. 北大路書房.

帆苺信 (2008) 小さな研究のすすめ～授業形式の検討から～. 新潟県高等学校教育研究会理科研究集録, 第 47 号, 13-14.

Rohrer, D., Taylor, K., Pashler, H., Wixted, J. T., & Cepeda, N. J. (2005) The effect of overlearning on longterm retention. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 361-374.

Rohrer, D., & Taylor, K. (2006) The effect of overlearning and distributed practice on the retention of mathematics knowledge. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 1209-1224.

Pashler, H., Rohrer, D., Cepeda, N. J., & Carpenter, S. K. (2007) Enhancing learning and retarding forgetting: Choices and consequences. *Psychonomic Bulletin & Reviews*, 13, 2, 187-193.