

# 研究紀要

## 第47号

1. 中学校の文字式の学習に関する一考察  
—— □などの記号や省略演算に焦点をあてて ——  
数学科 両角達男 ..... 1
  
2. 中学校における環境教育の取り組み(1)  
理科 角田陸男, 金子丈夫  
      莊司隆一, 新井直志 ..... 25
  
3. 中学校理科における酸とアルカリの学習に関する予備知識調査  
理科 莊司隆一 ..... 43

1995

筑波大学附属中学校



## 「筑波大学附属中学校研究紀要」寄稿規定

### Ⅰ. 和文規定

1. 本誌に寄稿できるのは、原則として本校教官に限る。ただし、大学や学校及び、他の教育研究機関の先生や大学院生等と共同で研究を行っている場合は、論文を連名で提出できる。
2. 本誌に寄稿できる論文の筆頭著書は、本校教官に限る。
3. 編集委員会が特に必要と認めた場合は、本校教官以外にも寄稿を依頼することができる。
4. 寄稿内容は、教育学や教科教育学、教育実践の研究領域における総説、原著論文、研究資料、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起、その他とし、完結したものに限る。
5. 原稿の採択は、本誌編集委員会において決定する。また、本誌の発行は、原則として年1回とする。
6. 原稿は、本校所定の原稿用紙（44字×38行）に黒インク書きとする。ワープロを使用する場合は、A版1枚44字×38行とする。文章は現代仮名づかい、ひら仮名使用とし、句読点、カッコ（「、」、『、《、【、など）は1字分とする。外国語は活字体を使用し、1マスに2字（大文字は1字）を収める。
7. 総説・原著論文・研究資料は、個人で投稿するときのページ数は刷り上がり20ページ以内、連名での投稿は刷り上がり30ページ以内を目安とする。これは、図表や写真を含む枚数である。
8. 挿図原稿は、黒インクを用い直接印刷できるように、きれいに明瞭に書く。写真は白黒の鮮明な画面のものとする。
9. 図表及び写真はすべて別紙とし、それぞれ必ず通し番号とタイトルをつけ、本文とは別に番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
10. 引用・参考文献は、最後に引用順に一括し、下記の形式のように書くこと。  
〔定期刊行物〕 著者名：表題、雑誌名、巻（号）、頁（pp）～頁（pp）、  
〔単行本〕 著者名（分担執筆者名）：論文名、（編集・監修者名）  
書名、引用頁（pp）～頁（pp）、発行所、発行年  
尚、本文で引用する場合は、文献の番号に片カッコをつけたものを引用個所の右肩に記入する。\*引用文献と参考文献は分けて書くことが望ましい。
11. 総説、原著論文、研究資料は、英文タイトルと英文の抄録（サマリー）を添付する。書評、内外の研究動向、その他については、英文タイトルをつける。

# 中学生の文字式の学習に関する一考察

— □などの記号や省略演算に焦点をあてて —

筑波大学附属中学校 両角達男

## 1. はじめに

本稿は、平成6年8月の日本数学教育学会・第76回全国数学教育研究大会で発表した論文に、加筆・修正を加えたものである。

中学生の文字式の理解に対して、私は次のような仮設をもち、その仮設を検証するために「式を読む」ことについて考察を行っている。

【仮設】生徒が文字式を理解するためには、様々な場面で文字式を学習することが必要である。特に、文字式を理解するためには、式を読む活動が重要なはたらきをする。それゆえ、式を読むことを重視した学習・指導を行わなければならない。

昨年度までは、次のようなことを考察した。<sup>[1][2]</sup>

- ・「式を読むとは、文字式に対応する事象が何かということを見だし、それを明らかにしていくことを通して、式の意味を構築することである。」という考え方を基にして、式を読むこととは何かについて、具体化していった。
- ・「 $5ab - 3a$ の計算の結果はどうなるか」といった、生徒に葛藤場面を与えるような式変形を提示し、式を読むことが実際にどのように行われているのかを分析した。

これらの考察から出てきた課題は、次の通りである。

- ① 式を読むことの中に、式という記号的表現を変えずに、式に対応する事象を見だし、もとの文字式の意味をとらえていく読みがある。(式読Ⅱ) この式の読みでは、次のように文字式を読み変えていくことが考えられる。

(7) 文字式 → 既知の文字式 (式の形の着目など)

(4) 文字式 → □などの記号を用いた式

(9) 文字式 → 数式

文字式を、既知の文字式、□などの記号を用いた式、数式などにその表現を変えていったとき、どのような性質が保存され、または捨象されていくのか。また、表現を変えることにより、生徒達にどのような困難性が見いだされるのか、という点を明らかにする必要がある。

ここで、記号的表現の中での式の読みを取り上げた理由は、中等教育における「式を読む」ことの中で、記号的表現の中での式の読みが重要視されるからである。

- ② 式の表面構造を正確に捉えられないと、文字式の意味を正確に捉えることができない。例えば、

$$5ab - 3a = (5 - 3) \times (a - a) \times b$$

$$5ab - 3a = (5a + b) - 3a = 2a + b = 2ab \quad (\text{筆算形式})$$

のように、 $5ab - 3a$  の式の省略演算を解釈し式変形する生徒が数多くいた。前者の式変形では、演算の優先順序の認識や、多項式における項同士の関係認識の欠如がみられる。後者の式変形では、省略された演算の認識不足がみられる。長期的に、生徒個人の式変形をみていると、その場その場で省略演算の意味を使い分けしている（生徒なりの論理をもとに）者もいる。式における省略演算に焦点をあてて、生徒が省略演算の意味を捉える環境を考察する。本稿では、①、②をもとに、次のことを考察する。

中学校において、文字式を学習しようとしている生徒達が、○や□の記号をどのように認識しているのか、また文字式の学習を前にして、式に関する省略演算をどのように学習するか、という二点を明らかにしていく。

考察の方法は、次の通りである。

- (1) ○や□の記号には、藤井氏の述べるように未知数として使われる「特定性」という側面と、変数と使われる「不特定性」という側面の双方がある。操作対象として○や□の記号を用いる際には、文字と同じような使われ方をする必要がある、という藤井氏の主張を基に<sup>[9]</sup><sup>[4]</sup>して、○や□の記号が教科書の中でどのように使われているか、そして生徒達はどのように□や○を認識しているかを、実態調査でもって明らかにする。
- (2) 文字式の世界において、省略する演算は乗法演算である。<sup>[5]</sup>ところが、生徒達は文字式の学習の直前に、正の数・負の数の「代数和」の学習の中で、加法演算を省略するという教科書の記述を読んできている。「加法の記号をはぶく」という現行の教科書の記述について、英語圏の教科書、過去の教科書と比較することにより、この記述について考察する。

## 2. ○や□などの記号の使われ方について

英語圏の数学の教科書に顕著に現れるのが、英文の省略形としての「文字式」である。頻繁に利用する用語は、演算記号を用いて表し、ことば（フレーズ）にあたる部分は用語の頭文字を用いる。例えば、Addison-Wesley Mathematics 6th Gradeの14章 "Perimeter, Area, and Volume"では、次のような公式が幾つも登場し、8th Gradeで本格的に導入される文字式の導入としての役割を果たしている。<sup>[6]</sup>

$$\text{Perimeter} = 2 \times (\text{length} \times \text{width}) \rightarrow P = 2 \times (l \times w)$$

$$\text{Area of Triangle} = 1/2 \times \text{base} \times \text{height} \rightarrow A = 1/2 \times b \times h$$

英語圏の教科書に顕著にみられるように、代数における式はもともと文章を省略して記述したものにすぎない。<sup>[7]</sup>このことを佐藤氏は、次のように述べる。<sup>[8]</sup><sup>[9]</sup>

「このように、記号法の発展は

数学的内容の文章による表現



略記法による表現



洗練された略記法としての記号



記号そのものを、四則演算など数学的操作の対象とする

といった段階を踏んでなされてきました。式は、そもそもの出発点において、文章だったのです。等式の変形を次々に行っていくときには、式に「文」としての性格よりは「数学的操作の対象」としての性格が前面に出ています。しかし、ある命題の証明を書き表そうとすると、数式がもともともっていた「思考を他人に伝達する文」としての性格を強く意識せざるを得なくなるのです。」

佐藤氏の述べる文章から式への4つの段階をもとにすれば、中学校で扱う文字は数学的操作の対象という意味もかなり入ってくる。問題となるのは、○や□などの記号がどのレベルまでの意味をもって使われるかである。即ち、洗練された略記法としての記号のレベルか、それとも○や□などの記号も数学的操作の対象として捉えるかである。後者の立場をとれば、○や□の記号も、中学校における文字の使われ方と同じにする必要がある。例えば、次のような使われ方である。

「同じ式の中で、同じ記号は同じ数を表す。」

「同じ式の中で、異なる記号が同じ数を表すこともある。」<sup>[10]</sup>

この○や□の記号の使われ方について、生徒達が現在使用している教科書での使われ方をまとめる。次に、○や□の記号の意味を生徒達がどのように認識しているのかを、実態調査をもとに考察する。2つの側面から、記号がどのような文脈で使われているのかを探ることによって、○や□の記号の意味が明確になってくる。

### 3. 教科書における○や□の記号の使われ方について

算数の教科書において、「□を使った式」という章が出てくるのは小3であるが、□の記号自体は小1の段階から出ている。しかし、学年進行に伴い、その使われ方が多様になってくる。<sup>[11]</sup>

(7)小1 数の合成、数の分解を表す□

例：□にかずをいれましょう。

10と2で□          15は□と5

(4)小1 10進法で位の数を表す□

例：94は10を□つと、1を□つあわせてかずです。

(7)小2 位の数を表す□（単位10が□つ という言い方ではない）

例：465 > 4□7の□に、0から9までのなかであてはまるすう字を書きましょう。

(エ)小2 数直線上の点を表す数を示すための□

（いくつかの部分がすべて□で表示）

(オ)小2 （ $3 \times 4$ を具体的な場面で説明する問題の中で）

いすにすわっている子どものかずは、3人の□ばいです。

子どもの数は、□×□でもとめられます。

(カ)小2 単位を用いて、長さを言い替える場面での□の使用

例：320 cm = □m□cm

(キ)小3 □を使った式

→一元一次方程式の形で、逆算によって解を求める。



(ク)小4 計算のきまり(分配法則)を説明するための記号

例： $\square \times (\bigcirc + \triangle) = \square \times \bigcirc + \square \times \triangle$

(ケ)小4 相等関係にある2つの分数で、一方の分数の分子あるいは分母を表すための□

例： $6/10 = \square/5$

(コ)小4 関係記号(演算記号)を表すための□

例：次の分数の大きさを比べて、□にあてはまる不等号を書きましょう。

$5(3/4) \square 6(1/4)$

(注：帯分数表記で、実際にはかっこはついていない)

(サ)小5 (イ)を一つの式に表す。

例： $2054 = 1000 \times \square + 100 \times \square + 10 \times \square + 1 \times \square$

(シ)小6 分数の乗除の計算の結果を示す□((ケ)の用法)

例： $3/4 + 1/6 = 9/\square + \square/\square = \triangle/\square$

(ア)～(シ)の使われ方に見られるように、小学校低学年では○や△などの記号は殆ど使われず、□ばかりである。その理由として、低学年の教科書は児童が直接書き込めることを意図していること、数字の代わりといった略記法の意味に□の意味をとどめていること、が考えられる。これに対して、小3からは逆算による方法であるが、演算の対象として数を自由に使いこなせることを児童達は要求される。

□の記号の使われ方で、大きな変化を示すのは小4である。(ク)の用法に見られるように、自然数の代表として□が使われ、変数としての意識および記号の相違による数の任意性をもたせるために、○や△の記号を用いる。ここでの□などの記号の使われ方は、四則演算などの数学的操作の対象としての使われ方である。即ち、文字表現  $a \times (b + c) = a \times b + a \times c$  の式の文字の使われ方と同じである。ところが、記数法の表記(サ)においては、文字の使われ方とは違い、数の代わりとしてのだけの用法である。演算の対象として、小6では文字と同じ用法で○や□が用いられているが、(サ)の扱いは小6の教科書の中にも見いだすことができる。

算数の教科書の記述から、次のように考える。

- ・小1～小3までは、□の記号を、数を書き入れる場所、数の代わりとして用い、洗練された略記法としての使われ方にとどめる。その理由として、小1の教科書に多くみられる文章の形の表現から、演算記号などを使って式に略記していく過渡期が小1～小3であるからである。
- ・小4において、計算法則をまとめるために□、○、△の記号を用いた後は、□などの記号を四則演算の対象として使うことを念頭においた記述にする。〔注1〕  
それ故、10進法を意図した位取り記数法の(サ)の表記に関しては、一つの式の中に同じ□でそろえない。  
(同じ式の中で、同じ記号は同じ数を表す、という点を意識する)

例えば、□を用いるにしても、□の中にカタカナを小さく書いて区別するなどである。

小学生の思考の発達を、小4を境に飛躍的に伸びるといった発達段階を加味しても、妥当ではないかと思う。

藤井氏は、 $3 + 4 = 7$ という数式に対する、「 $\square + \square = \square$ 」という $\square$ を用いた式の例(小1)を挙げて、改善の必要性を述べている。<sup>[12]</sup>しかし、小1の段階でそこまで要求する必要はないと考える。小4～中学校以降では、文字と同じ用法で使われることが指導されればよい。

このように考えると、中学校の教科書の記述の中で、改善されるべき点がいくつか出てくる。例えば、正の数・負の数に関する記述の中で、次のような問題がある。<sup>[13]</sup>

「Q 次の $\square$ にどんな自然数を入れても、計算の結果がいつでも自然数になるのは、どれでしょう。

(7)  $\square + \square$     (イ)  $\square - \square$     (ウ)  $\square \times \square$     (エ)  $\square \div \square$     」

文字と同じ見方をするならば、次のような $\square$ 、 $\bigcirc$ の記号の使われ方が望ましい。[注2]

「Q 次の $\square$ や $\bigcirc$ にどんな自然数を入れても、計算の結果がいつでも自然数になるのは、どれでしょう。

(7)  $\square + \bigcirc$     (イ)  $\square - \bigcirc$     (ウ)  $\square \times \bigcirc$     (エ)  $\square \div \bigcirc$     」

#### 4. $\bigcirc$ や $\square$ に対する生徒の認識について

生徒達が、 $\bigcirc$ や $\square$ などの記号をどのように認識しているのか、ということを明かにするため実態調査を行った。特に、文字式をこれから学習しようとしている生徒を調査の対象にすることにより、文字式を学習する背景にある生徒達の $\bigcirc$ や $\square$ の認識を明らかにしようとしている。

##### 4-1. 実態調査

調査問題として、次のような問題を提示した。

**【問題】** 次の式が成り立つような式をいくつか作ろう。

また、 $\bigcirc$ や $\triangle$ に入る数について、気づいたことやおもしろいなあと思う性質をできるだけ多く書きなさい。(電卓を使ってもよい)

$$\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$$

$$\dots\dots\dots (2\text{つの数の和}) = (2\text{つの数の積})$$

この問題を提示する理由として、具体的に次の点を挙げる。

- $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$  の式を満たす整数の組は、 $\bigcirc = 0, \triangle = 0$ と $\bigcirc = 2, \triangle = 2$ の2組だけである。この2組を $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$ に対応する数式として提示するためには、「同じ式の中で、異なる記号が同じ数を表すことがある」という見方をすることが必要である。この見方ができるかどうかで、 $\bigcirc$ や $\triangle$ の記号を、文字と同じように捉えているかどうかをみることができる。
- 加法演算と乗法演算に着目したのは、演算の省略で生徒が混同しやすい演算として「加法」と「乗法」が挙げられるためである。
- $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$ の式を満たす数の組の集合は、 $\{(x, y) \mid y = 1 / (x - 1) + 1\}$ である。

すなわち、グラフをかいたときに、 $x=1$ 、 $y=1$ を漸近線とする双曲線上の点集合が  $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ を満たす数の組である。有理数や負の数を含めて考えれば、かなり多くの数の組を求めることができる。 $\bigcirc$ と $\triangle$ にあてはまる数を見いだす中で、生徒個々がどのように考えていったのかをみる。

この調査は、筆記形式で中学1年生195名を対象に実施した。これらの生徒は、筆者が実際に授業を担当している生徒達であり、正の数・負の数の乗法が一通り終了した5月上旬に調査を行った。なお、生徒達には電卓を与え、必要に応じて用いるように指示をした。

#### 4-2. 調査結果

##### 4-2-1. $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ について

生徒の解答を分析する前に、 $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ について数学的な考察を進める。 $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ を満たす数の組を座標の形に表し、座標平面上に表せば、双曲線をなす。その双曲線の点全体の部分集合である、 $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ の有理数解は次のような性質をもてばよいことがわかる。

$\bigcirc=a/b$ 、 $\triangle=c/d$  ( $b\neq 0$ 、 $d\neq 0$ ) と表せる場合、

$\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ の関係を満たすためには、 $ad+bc=ac$ であればよい。

この性質は、次のように式変形を通して示せる。

$$(a/b) + (c/d) = (a/b) \times (c/d)$$

$$(ad+bc)/bd = (ac)/bd$$

$$(ad+bc) \times bd = (ac) \times bd$$

$$(ad+bc-ac) \times bd = 0$$

$$bd \neq 0 \text{ ゆえ、} ad+bc=ac$$

$ad+bc=ac$ から示せることは、4つの文字のいくつかを数に置き換えて、その式の意味を考えると $\bigcirc+\triangle=\bigcirc\times\triangle$ の持つ性質を見いだしていくことができる。

[例]  $a=c=1$ のとき、 $d+b=1$

$$\text{すなわち、} (1/2) + (1/-1) = (1/2) \times (1/-1)$$

$$(1/3) + (1/-2) = (1/3) \times (1/-2)$$

などの分数を見いだすことができる。(2数の分子がともに1の場合)

[例]  $a=c$ のとき、 $a(d+b-a)=0$  すなわち、 $a=0$ か $a=b+d$

$$(5/2) + (5/3) = (5/2) \times (5/3)$$

$$(7/3) + (7/4) = (7/3) \times (7/4)$$

などのように、(2数の共通の分子)=(2数の分母の和)の場合を見いだせる。

生徒達の中には、いくつかの数式を作っていく中で、これらの性質を見いだしていった者がいた。

##### 4-2-2. 同じ式(一つの式)の中での、同じ記号と異なる記号の認識について

$\bigcirc$ 、 $\triangle$ の記号が、文字と同じ使われ方するならば、次のように $\bigcirc$ や $\triangle$ が使われる必要がある。

(7) 同じ式(一つの式)の中で、同じ記号は同じ数を表す。



(イ) 同じ式(一つの式)の中で、異なる記号が同じ数を表すことがある。

$\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ では、 $\bigcirc$ と $\Delta$ にあてはまる整数を容認できるかどうか、(イ)についての生徒の認識を反映している。また、(ア)については、 $1 + 2 = 1 \times 3$ 、 $2 + 3 = 1 \times 5$ など、記号の異同にとらわれずに等式を作っているかどうかで、(ア)についての生徒の認識をみることができる。

195人の被験者に対して、次のような傾向が出た。

異なる記号が同じ数を表すことがある	……………	123名	(63%)
異なる記号は同じ数を表さない	……………	67名	(34%)
その他	……………	5名	(3%)

(注：その他とは、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ を満たす数式を見いだせなかった解答などを指す。)

「異なる記号が異なる数を表す」と考える生徒が予想以上に多いことが見いだせる。この傾向は、正の数・負の数の学習の際にも如実に出ていた。[注3] 例えば、この中に属す解答の代表として、次の生徒の解答をあげる。

#### 【生徒Aの解答】

$$2 + 2 = 2 \times 2$$

まず、これを考えるときに、「小数」ではダメだということが瞬間的に頭に浮かんできた。それは、小数を小数倍したら、もとの数より減ってしまうからだ。

次の上に示した式、 $2 + 2 = 2 \times 2$ というものは、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ にはあてはまらないのではないかと考えた。それは、 $2 + 2 = 2 \times 2$ にあてはまるのは、 $\bigcirc + \bigcirc = \bigcirc \times \bigcirc$ だと思う。問題は、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ なのだから、 $\bigcirc$ と $\Delta$ の数がちがっていなければいけない。ちょっとしつこいが、そうすると、二種類の数が出てくるはずなのに、一種類しかでていない。おかしい。だから、あてはまる式は一つもない。

生徒Aの持つ中心的な考えとして、「同じ記号には同じ数が入り、異なる記号には異なる数が入る」ということと、「(ある小数)  $\times$  (小数) < (ある小数)」という2つの考えがある。前者は、異なる記号の持つイメージが異なる数を想起させ、後者は小数として1より小さな数をイメージしている。先行学習経験が、生徒Aの考えを規定していると考えられる。

同じ記号が異なる数を表すことがある	……………	17名	(9%)
-------------------	-------	-----	------

同じ式の中で、同じ記号が異なる数を表すことがあると考えた生徒は、全体の9%にのぼっている。この背景には、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ を満たす数式さえつくればよい、という見方と $\bigcirc$ や $\Delta$ は自然数を表す記号にすぎないという見方の双方がある。17名すべてに共通していたのは、 $\bigcirc$ または $\Delta$ に入る数の変域は自然数であったという点である。また、異なる記号に対しては2つの考え(異なる記号には異なる数が入る、異なる記号でも同じ数が入ることがある)が、それぞれ存在していた。

例として、生徒B、生徒Cの解答を挙げる。

【生徒Bの解答】

$$\begin{aligned} (-2) + (+12) &= (+2) \times (+5), & (-2) + (+12) &= (+1) \times (+10) \\ (+2) + (+13) &= (-3) \times (-5), & (-2) + (-3) &= (-1) \times (+5) \\ (+12) + (-2) &= (-2) \times (-5), & (+2) + (+7) &= (-3) \times (-3) \end{aligned}$$

【生徒Cの解答】

- , △が同じ数でもよいのなら,  $2 + 2 = 2 \times 2$ ,  $0 + 0 = 0 \times 0$  すべて同じ数になる  
 ○, ○が一緒で, △と△は違う数の場合  
 $8 + 0 = 8 \times 1$ ,  $9 + 0 = 9 \times 1$ ,  $(-4) + (-8) = (-4) \times (+3)$   
 ○, △がバラバラならいくつでもつくれる。

総じて、同じ式の中の同じ記号および異なる記号に対する生徒の認識の曖昧さがみられる。○や△の記号を、文字表現と文章表現の橋渡し役として、さらに四則演算など数学的操作の対象としての意味をもたせるならば、文字と同じ使われ方を徹底させる必要がある。また、算数で $\square + 5 = 8$ のような一元一次方程式を逆算で解いていることを考えると、 $\square$ を四則演算の対象にせずとも、 $\square$ に数を代入して方程式の解を求めるような文脈では、「同じ式の中で、同じ記号は同じ数を表す」ことの認識がなされていなければ、解をもとめることができない。(例えば、 $2 \times \square + 5 = \square + 8$ など。) ゆえに、生徒の実態からも、 $\square$ や○などの記号を文字と同じように扱う必要性が生じてくる。

#### 4-2-3. 生徒の解答の類型

ここでは、生徒の解答を次のような観点で類型化した。それぞれの類型には、特徴的な生徒の解答を付記するとともに、興味深い生徒の解答についても載せる。

- ①数値代入：自然数のみ ..... 11名 (6%)  
 $(2 + 2 = 2 \times 2)$
- ②数値代入：整数のみ ..... 20名 (10%)  
 $(0 + 0 = 0 \times 0, 2 + 2 = 2 \times 2)$
- ③数値代入：分数のみ ..... 21名 (11%)  
 $(0 + 0 = 0 \times 0, 2 + 2 = 2 \times 2$ を除く)

③の分数とは、 $n$ を自然数として、一方を $n$ で表せば他方の数が $n / (n - 1)$ で表されるような分数のことである。自然数 $n$ を有理数 $n / 1$ とみれば、先述したように

$(2 \text{ 数の共通の分子}) = (2 \text{ 数の分母の和})$ が成り立つ場合とみることができる。しかし、このような視点でみた生徒が21名の中には存在せず、次にあげる生徒Dのような解答が代表的である。ま

た、 $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$ を満たす数をいくつか見いだした後に、生徒Dのようにそれらに共通する性質をまとめた解答が多い。

【生徒Dの解答】

$$3 + (3/2) = 3 \times (3/2) = 4 \frac{1}{2}$$

$$4 + (4/3) = 4 \times (4/3) = 5 \frac{1}{3}$$

$$5 + (5/4) = 5 \times (5/4) = 6 \frac{1}{4}$$

$$6 + (6/5) = 6 \times (6/5) = 7 \frac{1}{5}$$

$$7 + (7/6) = 7 \times (7/6) = 8 \frac{1}{6}$$

$\bigcirc + \triangle$ の $\triangle$ の分母は $\bigcirc - 1$ 、分子は $\bigcirc$ というきそくがあった。

$3 + (3/2) = 3 \times (3/2) = 4 \frac{2}{4}$ ということをあてはめていた。そうしたら、上のようなきそくがあったので、もしかしたらと思って、 $4 + (4/3) = 4 \times (4/3)$ を計算したらできてしまった。(注：強調文字は、帯分数表示である)

④数値代入：自然数と分数のみ …………… 20名 (10%)

④の分数とは、2数の分子がそれぞれ1となるものである。例えば、 $(1/-2) + (1/3) = (1/-2) \times (1/3)$ とみれば、(2数の分母の和) = 1 = (2数の共通の分子)となり、③の分数と同じ考え方になる。しかし、そのように統合的に捉える生徒がいなかったことと、③は $\bigcirc$ 、 $\triangle$ とも正の数が入るのに対して、④では正の数、負の数の双方が入るという点で区別した。次の生徒Eの解答を挙げる。

【生徒Eの解答】

$$(-1/3) + (1/4) = (-1/3) \times (1/4)$$

$$(-1/5) + (1/6) = (-1/5) \times (1/6)$$

$$(-1/7) + (1/8) = (-1/7) \times (1/8)$$

$$(-1/9) + (1/10) = (-1/9) \times (1/10)$$

このように、分子を1にして分母は3と4、5と6などのように一つ上の数と足したり、かけたりします。そんなところが楽しいと思いました。

⑤数値代入：自然数同士の2数と自然数と分数の組合せ …………… 20名 (10%)

①と③の両者を解答した生徒である。

⑥数値代入：整数同士の2数と自然数と分数の組合せ …………… 19人 (10%)

②と③の両者を解答した生徒である。

⑦数値代入：整数同士の2数と分数 …………… 4名 (2%)

②と③、④などを複合した解答がこの類型に入る。例えば、次の生徒F、生徒Gの解答を挙げる。特に、生徒Gの解答では、どのように考えていったのかという思考過程が解答によく反映されてお

り、成立した例やそうではない例の一部について視点を変えて考えることにより、新たな場合を考えようとしている。

#### 【生徒Fの解答】

整数のときの  $0 + 0 = 0 \times 0$  ,  $2 + 2 = 2 \times 2$  に加えて、次のような場合がある。

$$(5/2) + (5/3) = (5/2) \times (5/3)$$

$$(10/6) + (10/4) = (10/6) \times (10/4)$$

$$(9/7) + (9/2) = (9/7) \times (9/2)$$

$$(21/18) + (21/3) = (21/18) \times (21/3)$$

私が気づいたこととして、例えば、 $\bigcirc - 1 = 3/2$  ,  $\triangle - 1 = 2/3$  で  $\bigcirc - 1$  と  $\triangle - 1$  が逆数の関係になっていることである。このことをもとにすれば、沢山でてくる。

何でもよいから、分数(小数)を出す。

$$2/3 + 1 = 5/3, \quad 3/2 + 1 = 5/2$$

結局、分数+1、分数の逆数+1を計算すれば、 $\bigcirc$ と $\triangle$ はでる。

#### 【生徒Gの解答】

整数で考えれば、 $0 + 0 = 0 \times 0$  と  $2 + 2 = 2 \times 2$  の2つだけだ。

では、分数で考えてみる。

$(1/2) + (1/3) = (1/2) \times (1/3)$  は成り立たないから、負の数を入れて考えてみる。

$$(-1/2) + (1/3) = (-1/2) \times (1/3)$$

$$(-1/3) + (1/4) = (-1/3) \times (1/4)$$

$$(-1/4) + (1/5) = (-1/4) \times (1/5)$$

このように、分母の数を一つずつ増やしていくような分数は、すべて成立する。

次に分子を変えてみる。

$$(-2/2) + (2/4) = (-2/2) \times (2/4)$$

$$(-2/3) + (2/5) = (-2/3) \times (2/5)$$

$$(-3/2) + (3/5) = (-3/2) \times (3/5)$$

$$(-3/3) + (3/6) = (-3/3) \times (3/6)$$

$$(-3/4) + (3/7) = (-3/4) \times (3/7)$$

ここで気づいたことは、 $\bigcirc$ と $\triangle$ の分母の差が分子になっていることである。ということは、正の数で考えると、分母の2つの和が分子になるような $\bigcirc$ と $\triangle$ の式があるだろう。

例えば、 $(5/2) + (5/3) = 25/6$  ,  $(5/2) \times (5/3) = 25/6$  で成立。同じように考えれば、 $\bigcirc$ と $\triangle$ のそれぞれの分子が、ちょうど $\bigcirc$ と $\triangle$ の分母の和になるように求めていけばよい。

⑧数値代入：有限小数のみ ..... 5名 (3%)

例えば、 $1.2 + 6 = 1.2 \times 6$  ,  $1.25 + 5 = 1.25 \times 5$  ,  $1.5 \times 3 = 1.5 + 3$  などのよう有限小数と自然



数との組や、有限小数同士の組を作った解答がここに入る。特徴として、どの生徒も有限小数で表される小数のみを採用し、無限循環小数を解から外すといった行動がみられる。例えば、生徒Hの解答が無限循環小数を外す顕著な例である。

#### 【生徒Hの解答】

$\Delta$ に2をあてはめると、 $\circ$ はちょうど4.5のときに成り立つ。

$\Delta$ に4をあてはめると、3にすることはできないので、 $\circ$ にあてはまる数はない。

$\Delta$ に5をあてはめると、 $\circ=1.25$ のとき6.25となって等しくなる。

$\Delta$ に6をあてはめると、 $\circ=1.2$ のとき7.2となって等しくなる。

$\Delta=7$ と $\Delta=8$ のときは、 $\circ$ にあてはまる数はない。

$\Delta=9$ のときは、 $\circ=1.125$ で等しくなる。このように求めていくと、 $\Delta=11$ のときはよいが、 $\Delta$ が12, 13, 14, 15, 16のときはだめなことがわかる。

また、⑧で興味深い生徒の解答として、次の2つの解答がある。生徒Iは、3つほどの例をもとに2数の関係を見いだした解答であり、生徒Jは成り立つ例をもとに、その例を構成する数を分解していくことによって、見いだした数の性質をうまく使ったものである。生徒Iは自分の予想を、 $\circ$ や $\Delta$ を移行させて、 $\circ+\Delta=\circ\times\Delta$ の式を変形することによって一般性も見いだしている。また、生徒Jは、分配法則を用いると積が1となる数の組をもとに、有限小数での適用範囲をひろげている。

#### 【生徒Iの解答】

$$1.5 + 3 = 1.5 \times 3 \quad , \quad 1.2 + 6 = 1.2 \times 6 \quad , \quad 1.25 \times 5 = 1.25 + 5$$

最初の式をよくみでみる。 $\circ+\Delta=\circ\times\Delta$ で、 $\circ\div\Delta$ を計算すると、 $1.5\div 3=0.5$ となる。

1.5と0.5を比べると、1小さくなっている。同じように、 $1.2\div 6=0.2$ 、 $1.25\div 5=0.25$ でわったときに出てくる数の方が1小さくなる。

$$(\circ - 1) \times \Delta = \circ$$

$$0.5 \times 3 = 1.5$$

$$(\circ - 1) \times \Delta = \circ$$

$$0.2 \times 6 = 1.2$$

#### 【生徒Jの解答】

$1\div 2=0.2$  この式のように、1を割ってわりきれぬ数で考える。

①  $1.5 \times (2 + 1)$

$$1.05 \times (20 + 1)$$

$$1.005 \times (200 + 1)$$

$$1 \div 4 = 0.25$$

②  $1.25 \times (4 + 1)$

$$1.025 \times (40 + 1)$$

$$1.0025 \times (400 + 1)$$

$1 \div 5 = 0.2$ ,  $1 \div 8 = 0.125$ ,  $1 \div 10 = 0.1$ ,  $1 \div 16 = 0.0625$   
 $1 \div 25 = 0.04$ ,  $1 \div 32 = 0.03125$  でも同じように考えていけばいい。

⑨数値代入：電卓を用いて、より小さなケタまでの小数の組をみつける …… 6名（3%）

どの解答も、得られた数値に共通する数の性質をみつける、といった発展的な姿勢はみられなかった。その原因として、より小さなケタの小数まで表記することにより、かえって数の性質が見にくくなったことが挙げられる。この場合、有限小数を分数表記して考えを進めていくことが必要となる。例として、生徒Kの解答を挙げる。

【生徒Kの解答】

○	+	△	○×△
-1.50		0.60	-0.90
-1.00		0.50	-0.50
0.00		0.00	0.00
1.10	11.0		12.1
1.05	21.0		22.05
1.50	3.00		4.50
1.625	2.60		4.225

⑩数値代入：自然数と有限小数 …… 7名（4%）

$2 + 2 = 2 \times 2$  に加えて、有限小数で表される2数の組を書き出していった解答である。いずれも、 $1.2 + 6 = 1.2 \times 6$ ,  $1.25 + 5 = 1.25 \times 5$  のように有限小数と自然数との組である。

⑪数値代入：整数と有限小数 …… 13名（7%）

$0 + 0 = 0 \times 0$ ,  $2 + 2 = 2 \times 2$  に加えて、有限小数で表される2数の組を書き出していった解答である。⑩と同じように、自然数と有限小数の組を書いた解答が多かった。

⑫近似法：一方を固定し、他方を変数として捉えて等式を満たす数値を見いだす

…… 6名（3%）

次の生徒Lの解答が典型例である。

【生徒Lの解答】

○+△ =	○×△	差	
$3 + 1$	$> 3 \times 1$	1	差が1と1との間、ちょうど△に入る数が1と2の間に、差が0となる場合があると考えた。差の差が2で同じだから、差は一定に増えている。差の差の2で1をわると0.5だから、 $3 + 1.5 = 3 \times 1.5$ となる。
$3 + 2$	$< 3 \times 2$	1	
$3 + 3$	$< 3 \times 3$	3	
$3 + 4$	$< 3 \times 4$	5	
$3 + 5$	$< 3 \times 5$	7	

$\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$	差	
$4 + 1 > 4 \times 1$	1	この場合、差が1と1の場合が、かける数の1～2
$4 + 2 < 4 \times 2$	2	の間に入っている。すると、1つが3のめもりにな
$4 + 3 < 4 \times 3$	5	って、(1, 0, 1)。0のある場所が1/3の
$4 + 4 < 4 \times 4$	8	ところになる。
		だから、 $4 \times \frac{1}{3} = 4 \times \frac{1}{3}$

生徒Lの解答は、差として負の数を考えれば、階差が一定になることがより明確になってくる。生徒Lの考えは、一方の記号に入る数を固定し、他方の記号を変数的に捉えている。ちょうど、一次関数のグラフをもとに一次方程式を求めることと対応している。

⑬記号操作： $\bigcirc$ や $\Delta$ の記号のまま式変形を行い、式変形によって得られた式の $\bigcirc$ または $\Delta$ に数値代入を行う。…………… 28名 (14%)

⑬に属す解答には、大きく分けて次の2つのタイプがある。

- (1)  $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$  を  $\Delta = \bigcirc \times (\Delta - 1)$  または  $\bigcirc = \Delta \times (\bigcirc - 1)$  のように式変形して  $\bigcirc$  または  $\Delta$  に数を代入する。
- (2)  $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$  を  $\Delta = \bigcirc / (\bigcirc - 1)$  のように $\Delta$ について変形した後に、 $\bigcirc$ に数を代入しする。

28名のうち、17名の生徒が(1)に属す解答をしており、⑬全体の61%が(1)の変形を行って $\bigcirc$ または $\Delta$ にあてはまる数を求めていることがわかる。この理由として、 $\bigcirc$ や $\Delta$ を直接四則演算の対象とする式変形をそれほど行っていないこと、ある記号について変形するといった先行学習をやっていないことが挙げられる。また、(1)では、2名の生徒が $\Delta = \bigcirc \times (\Delta - 1)$ の式の両辺を $\Delta$ でわり、 $1 = \bigcirc - \bigcirc / \Delta$ という式変形をした後に $\bigcirc$ または $\Delta$ に数を代入して、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ を満たす数を求めていた。例えば、次の生徒Mの解答である。生徒Mの解答では、数を代入することによって、結果的に $\Delta = \bigcirc / (\bigcirc - 1)$ という $\bigcirc$ と $\Delta$ に関する関係式を導き出すが、 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ の式の変形によりその関係式が導き出せること、 $\bigcirc$ や $\Delta$ の変域が負の数であっても成立することなどを $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ の式だけから読んではいない。このあたりの式の読みが可能になるには、文字表現による式変形の学習へ経た後といえる。

#### 【生徒Mの解答】

- ①  $\bigcirc$ を左と右の両辺から引く。  
 $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta \rightarrow \bigcirc$ が消える  $\rightarrow \Delta = \bigcirc \times \Delta - \bigcirc$
- ② 両辺を $\Delta$ でわる。  
 $\Delta / \Delta = (\bigcirc \times \Delta) / \Delta - \bigcirc / \Delta \rightarrow 1 = \bigcirc - \bigcirc / \Delta$
- ③ いろいろ $\bigcirc$ に入れる数をあてはめて、規則を見つける。  
 $\bigcirc = 0$ のとき、なりたたない。  
 $\bigcirc = 1$ のとき、 $1 = 1 - 1 / \Delta \rightarrow \Delta = 0$   
 $\bigcirc = 2$ のとき、 $1 = 2 - 2 / \Delta \rightarrow \Delta = 2$

$$\bigcirc = 3 \text{ のとき, } 1 = 3 - 3/\Delta \rightarrow \Delta = 3/2$$

$$\bigcirc = 4 \text{ のとき, } 1 = 4 - 4/\Delta \rightarrow \Delta = 4/3$$

$$\bigcirc = 5 \text{ のとき, } 1 = 5 - 5/\Delta \rightarrow \Delta = 5/4$$

このことから,  $\Delta = \bigcirc / (\bigcirc - 1)$

④  $\bigcirc$  が 1 より小さくなる数をあてはめる。

$$\bigcirc = 1/2 \text{ のとき, } 1 = 1/2 - (1/2)/\Delta \rightarrow \Delta = -1$$

$$\bigcirc = 1/3 \text{ のとき, } 1 = 1/3 - (1/3)/\Delta \rightarrow \Delta = -1/2$$

$$\bigcirc = 1/4 \text{ のとき, } 1 = 1/4 - (1/4)/\Delta \rightarrow \Delta = -1/3$$

$$\bigcirc = 1/5 \text{ のとき, } 1 = 1/5 - (1/5)/\Delta \rightarrow \Delta = -1/4$$

このことから,  $\Delta$  の答えは,  $1 / (\bigcirc \text{ の分母} - 1)$  に  $-$  (マイナス) をかけたものである。

⑩記号操作： $\bigcirc$ か $\Delta$ のいずれかの記号に数を代入し、一つの記号にしてから式変形を行い、その式を満たす数を見いだす。…………… 3名 (2%)

$\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$  という式の $\bigcirc$ ないしは $\Delta$ を消去した後に、もう一方の記号に該当する数値を求める方法である。2元1次方程式→数値代入→1元1次方程式 という手順で方程式の解を求めることに対応する。次の生徒Nの解答がその例である。

【生徒Nの解答】

$$\bigcirc = 1 \quad 1 + \Delta = \Delta \quad \text{この式にあてはまる}\Delta\text{はない。}$$

$$\bigcirc = 2 \quad 2 + \Delta = 2 \times \Delta \quad \Delta = 2 = 2/1$$

$$\bigcirc = 3 \quad 3 + \Delta = 3 \times \Delta \quad \Delta = 1.5 = 3/2$$

$$\bigcirc = 4 \quad 4 + \Delta = 4 \times \Delta \quad \Delta = 4/3$$

気づいたこと・おもしろかったこと

・ $\bigcirc$ が1ふえると、 $\Delta$ の分母と分子が1ずつふえたこと。

$\bigcirc = 5$ のときは、 $\Delta = 5/4$ になると思う。実際に計算してみると、

$$5 + \Delta = 5 \times \Delta \quad 5 = 4 \times \Delta$$

$$\Delta = 5/4 \quad \text{でこの予想が正しくなる。}$$

⑮記号操作： $\bigcirc$ または $\Delta$ の記号を文字で表現し直し、文字表現された式を変形して、その式を満たす数値を見いだす。…………… 4名 (2%)

⑬の式変形を、文字表現した式をもとに行った解答である。⑬の(1)と(2)の解答がちょうど半分ずつ出していた。

⑯その他 ( $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ を満たす数値が見いだせなかった解答など) …………… 6名 (3%)

なお、4-2-2で述べた「同じ式の中で、同じ記号が異なる数を表すことがある」という考えの入った解答は、①～⑯とは別にした。



生徒の解答の類型化からいえることとして、次のことが挙げられる。

- $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$  の式の $\bigcirc$ や $\triangle$ に数値を代入して、この式を満たす数式を考えていった生徒は、全体の75%である。なお、そのうち、 $0 + 0 = 0 \times 0$ を含めた生徒は、数値代入の方法で解答した生徒全体の52%であった。
- $\bigcirc + \triangle = \bigcirc \times \triangle$  の式を変形して、変形した式の $\bigcirc$ や $\triangle$ に数を代入していった生徒は、全体の18%であった。

### 5. 省略演算に関する教科書の記述について、

数の世界の演算では、乗法または加法のいずれかを優先した演算系をつくることができる。しかし、我々が使用している数の世界では、通常乗法を優先する。乗法を優先することから、数の世界の計算では乗法演算を省略して書く、という規約が出てくる。(文字表現において)

ところが、加法演算を省略して書き表すという表記の仕方が、次の2通りある。

#### ① 帯分数表記

$$4 + (1/4) = \frac{17}{4}$$

#### ② 正の数・負の数の加減における代数和の見方

$$\begin{aligned} 2 - 5 &= (+2) + (-5) \\ &= +2 \quad -5 \end{aligned}$$

特に、文字式の学習の直前にある「正の数・負の数の加減における代数和の見方」は、文字式における乗法演算の省略ということに密接に関連すると考えられる。生徒個々の認識のレベルで、どのような影響を与えあうかという点については、今後の課題となるが、ここでは生徒が学習する環境である「教科書の記述」に焦点をあてて考察する。

「正の数・負の数の加減という文脈において、項だけを並べたときに加法演算を省く」という言い方ではなく、「 $(+2) - (+5)$ という式と $(+2) + (-5)$ という式は、同じことを言い表すとみることができる(同一視することができる)。それゆえ、 $2 - 5$ という式を減法を示す式とも加法を示す式とも読み取ることができる。このことから、正の数・負の数の加減の混合算では、次のような関係を使って、かっこをはずして計算していく。

$$\bigcirc + (+\triangle) = \bigcirc + \triangle$$

$$\star \bigcirc + (-\triangle) = \bigcirc - \triangle$$

$$\bigcirc - (-\triangle) = \bigcirc + \triangle$$

$$\bigcirc - (+\triangle) = \bigcirc - \triangle$$

(同じ形の演算記号と符号)

(違う形の演算記号と符号)

」

といった言い方の方が、加法演算の省略を全面に出すことがない。ここで問題となるのは、 $\star$ の式の右辺の読み方である。加法の式を減法の式と同一視できるということを全面に出して、「 $\bigcirc$ ひく $\triangle$ 」と統一的に読むか、「 $\bigcirc$ マイナス $\triangle$ 」という読み方をさせ項を並べるという見方をさせるかのいずれかであろう。あいまいであるが、文字式の学習(中1段階)が一通り終了するまでは、前者の「 $\bigcirc$ ひく $\triangle$ 」という読み方で統一させてもよいと思う。かっこをはずした形の式での、記号「+」「-」の読み方にはあいまいさが残っていてもいたしかたないという立場をとる。

(同様に、 $\bigcirc + (+\triangle) = \bigcirc + \triangle$  を 同一視によって  $\bigcirc$ たす $\triangle$  と読む)

加法演算の省略を過度に一般化して、

$( ) + ( ) \rightarrow ( ) ( )$  というかっこを用いた表記から、

$a + b \rightarrow a b$

といった文字を用いた表記に移行することを、この

段階で予防することの方が、代数和の見方を徹底させるよりも先決であると考え。

以下では、正の数・負の数の加減における「加法の演算記号をはぶく」ことに関する英語圏の記述、過去の教科書の記述を考察する。

### 5-1. 英語圏における教科書の記述

Addison-Wesley Mathematics, Merril Mathematics, Holt Mathematics<sup>[14][15]</sup>の教科書のいずれも、日本のように中1レベルの最初に学習するのではなく、小6レベル～中2レベルの3年間をかけてスパイラルに学習していく。もちろん、中3レベルのPre-Algebra及び高校レベルのAlgebraの教科書の中にも"Integers"という項目があるが、復習の色彩が濃い。ちょうど、日本の生活単元学習から系統学習の頃にかけての記述に似ている。

例えば、Addison-Wesley Mathematicsの教科書においては、次のように「負の数」の学習が進行していく。

小6レベル：負の数の導入，負の数の大小 positive, negative

中1レベル：負の数の大小，oppositeの概念，

計算法則 (oppositeの性質，加法群の単位元としての0の性質，乗法群の単位元としての1の性質，交換法則，結合法則，分配法則の負の数への拡張)

正の数・負の数の加減 (1次元ベクトルとしての説明)

中2レベル：計算法則の確認，正の数・負の数の加減，正の数・負の数の乗除

(中1レベルでは、一次元ベクトルの合成による説明であるが、中2レベルでは具体的な場面での解釈をできるだけ多く取り入れる。

例：正の数-負の数 のモデルとして、樹木のでっぺんから根の先までの長さを測るという場面の提示) absolute value

Merril Mathematics Teacher's Editionには、次のように負の数の学習の系列が書かれている。「負の数の学習は、小6の教科書の最後から学習していきます。負の数の比較，加法，乗法は、この章で明らかになり、負の数の除法についての導入が図られます。

まず、数直線では、右に書かれた数は左に書かれた数よりも大きいということを強調します。そして、絶対値は数直線上での0から距離であるということ、ある数の反対(The opposite of a number)とは、0からの距離が同じで、反対の向きを持つ数ということを学習します。(中略)

乗法概念は、加法概念の繰り返しであるということを、負の数のモデルを用いて学習します。その学習の根幹をなすものは、乗法の交換法則と"opposite"という概念です。」

(訳：筆者による)

このように、英語圏における負の数の学習は、絶対値が等しい2つの数-例えば $+3$ に対しては、 $-3$ -の持つ性質 "opposite" をもとに進められる。例えば、 $5 - 7$ という減法の計算は、 $-7$ のoppositeである $+7$ を足すこととして、説明される。加減の混合算においても、oppositeとなる数を加えたり、引いたりすることが強調され、日本の教科書における代数和の記述を見いだすこ

とができなかった。省略(omit)することについては、正の数の符号を表すpositiveを省略してもよいという記述がある程度であった。アメリカの教科書の場合、符号を書く位置が日本の場合と異なるという点が、代数和の記述をしないという根底にあると考える。

## 5-2. 日本の教科書の記述

代数和に関する現行の教科書の記述は、次の2つのタイプに分類される。<sup>[16]</sup>

Aタイプ：「加法の記号をはぶく」と明記（5社）

例：「加法、減法の混じった式の計算では、まず、加法だけの式になおし、次に、加法の記号とカッコをはぶいた後、正、負の項に分け、それぞれの和を求めればよい。」

Bタイプ：「加法の記号をはぶく」とは書かない（1社）

例：「加法では、くわえる順序を変えてもよいので、次のようにいえる。

加法と減法のまじった式では、かっこのない式になおし、正の項の和、負の項の和をそれぞれ求めてから計算するとよい。」

また、過去における教科書の代数和に関する記述は、以下の通りである。なお、ここでは、1社の教科書の記述の変遷を追ってみた。

(7) 大日本図書 昭和22年 「中等数学」 第一学年用上

P.90-91 「式の計算は、上の加法（ $(-6) + (+3) + (+4) + (-2)$ ）の二つの仕方を示したものである。まず、この計算の仕方を説明し、次にこれをくらべよ。

$$\text{第I法} \quad (-6) + (+3) + (+3) = 0$$

$$(+1) + (-2) = -1$$

$$\text{第II法} \quad (-6) + (-2) = -8, \quad (+3) + (+4) = +7$$

$$(-8) + (+7) = -1$$

正の数・負の数のまじった加法では、まず、正の数だけと負の数だけとをそれぞれ加え合わせ、次に、その結果について和をつくるとよい。」

$$\text{P.98} \quad 5 - 7 = 5 + (-7)$$

このようなことから、 $5 - 7$ では、減法の記号を、次に引く数の符号とみなし、加法の記号が略されていると考えてよい。」

(4) 大日本図書 昭和28年 「中学の数学」 2年下

現行の正の数・負の数の学習順序とは違い、次のような経路を経て正の数・負の数の混合算の学習をする。

中2：数の発展として、正の数・負の数の導入、正の数・負の数の加法と減法をそれぞれ学習

↓

文字式の学習（乗法の省略も学習）→方程式の学習

↓

正の数・負の数の計算の学習

正の数・負の数の加減の混合算、正の数・負の数の乗除、公式や方程式を用いる際に負の数を用いると統合的に事象が説明できることなどの学習

$$\begin{aligned}
 \text{P. 91} \quad \text{「} & \quad 5 - 7 + 4 - 6 - 10 & \quad \text{①} \\
 & = (+5) - (+7) + (+4) - (+6) - (+10) & \quad \text{②} \\
 & = (+5) + (-7) + (+4) + (-6) + (-10) & \quad \text{③} \\
 & = (+9) + (-23) = -14
 \end{aligned}$$

(+5) + (+4) = +9, (-7) + (-6) + (-10) = -23であるから、  
 上の例のように、いくつかの正・負の数についての加法・減法を含んだ式①は、③式のように、  
 正の数・負の数の加法だけの式に直して計算することができる。

ところが、式③をもとの式①とくらべると、③式の各数の間の加法の記号+をはぶくと①式になることに気づくであろう。つまり、①式は、③式の加法の記号をはぶいたものとみることができるのである。そこで、①のような式を計算するのに、上のようにわざわざ③の式を作る手間をはぶいて、もとの式①のままで、 $5 - 7 + 4 - 6 - 10$ は、+5, -7, +4, -6, -10の和であるとみて、計算を進めるのがよい。」

昭和26年 「日常の数学」、昭和30年 「中学新数学」も、上と同じような記述である。

(ウ) 大日本図書 昭和37年 「中学校の数学」 中学1年

正の数・負の数の学習が、中1になる。数量編と図形編に別れ、正の数・負の数の学習は、文字式の学習が行われた後(乗法演算の省略も学習)、中1の数量関係の学習の最後の方で行われる。なお、この教科書の記述では「加法の記号をはぶく」という言い方はみられない。

P. 130-131 「すでに学んだように、減法は加法になおして計算できる。だから、加法・減法のまじった式は、加法だけの式になおして計算するとよい。たとえば、

$$(+12) - (+8) + (-21) - (-6) \quad (1)$$

を加法だけの式になおすと、

$$\begin{aligned}
 & (+12) + (-8) + (-21) + (+6) & (2) \\
 & = (+12) + (+6) + (-8) + (-21) \\
 & = (+18) + (-29) = -11
 \end{aligned}$$

式(2)で、+12, -8, -21, +6のおのおのを項という。そして、+12, +6を正の項、-8, -21を負の項という。式(2)を略して、次のようにも書く。

$$12 - 8 - 21 + 6 \quad (3)$$

式(3)を、+12, -8, -21, +6の代数和ということがある。代数和を求めるときは、正の項の和と負の項の和を求めてから、その和を求めるとよい。」

(イ) 大日本図書 昭和41年 「新版中学校 数学」 中学1年

ともなって変わる量という項目が、中1の数量編にでてきたため、正の数・負の数の扱いは前の方に動く。しかし、文字式の学習の後に正の数・負の数の学習を行うのは(ウ)と同じである。この教科書の記述の中にも「加法の記号をはぶく」という言い方はみられない。

P. 101-102 「減法は加法になおして計算できるから、加法・減法の混じった式は、加法だけの式になおして計算することができる。たとえば、 $(+12) - (+8) + (-21) - (-6)$ は、加法だけの式になおすと、 $(+12) + (-8) + (-21) + (+6)$ となる。この式で、+12, -8,



-21, +6などを項という。そして, +12, +6を正の項, -8, -21を負の項という。

前の式を略して, 次のようにも書く。

$$12 - 8 - 21 + 6$$

ただし, 第1の項の+12は, 正の符号を省くのがふつうである。そして, この式を, 正の項+12と+6, 負の項-8と-21の和と見て, この計算を下の右のように書く。

$$\begin{array}{ll} (+12) - (+8) + (-21) - (-6) & (+12) - (-8) + (-21) - (-6) \\ = (+12) + (-8) + (-21) + (+6) & = 12 - 8 - 21 + 6 \\ = [(+12) + (+6)] + [(-8) + (-21)] & = 12 + 6 - 8 - 21 \\ = (+18) + (-29) = -11 & = -11 \end{array}$$

(イ) 大日本図書 昭和56年 「中学校数学」 中学1年

現行のスタイルとなる。

P. 39 「 (+15) + (-8) + (-19) + (+6) (2) (途中略)

式(2)は, 加法の記号と( )を省いて, 次のようにも書く。

$$15 - 8 - 19 + 6$$

また, 昭和58年の教科書も全く同じで, 現在にいたるまで同じような書き方である。

(現在: 加法だけの式は, かつこと加法の記号を省いて項だけを書き並べ, 次のような形に表すことができる。

$$\begin{array}{cccc} (+5) + (-2) + (-9) + (+4) & & & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ = 5 & -2 & -9 & +4 \end{array}$$

## 6. 結 語

本稿では, 次の2点について, 教科書の記述の比較調査, 生徒への実態調査を通して考察した。

- (1) 文字式を学習しようとしている中学生は, ○や□についてどのような認識を持っているのか。また, 生徒の認識に影響を与える算数の教科書では, ○や□についてどのような記述がなされているか。
- (2) 文字式の規約である「乗法演算を省略すること」に影響を与えると思われる, 正の数・負の数の加減における「加法の記号をはぶく」という教科書の記述の考察。  
まず, (1)については, 次のようなことが見いだされた。

- ①記号の意味は, どのような文脈でその記号が使われるかといった「記号の使われ方を規定する条件」による。算数の教科書で□などの記号の使われ方をみると, 計算法則を説明する文脈で数学的操作の対象として□, ○などが使われているが, 記数法の表記などでそれとは違った使われ方をしており, □や○が場面によって異なる使われ方をしている。
- ②○+△=○×△を満たす数式を求める場面で, 「異なる記号は同じ数を表さない」と解釈する生徒が全体の34%, 「同じ記号が異なる数を表すことがある」と解釈した生徒が全体の9%存在した。その生徒の解答の中には, ○+△=○×△を満たす整数の値を見いだしているのにも関わらず, ○や△についての生徒の認識がこれを否定しているものがあった。

- ③  $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ を満たす数式を求める場面で、 $\bigcirc$ や $\Delta$ に数を代入して求める生徒は全体の75%であった。そのうち、 $0 + 0 = 0 \times 0$ を解に含めた生徒は、数値代入の方法で考えた生徒のうちの52%であり、数を代入する際に自然数ないしは正の数のみを想定する生徒がかなり多い。
- ④  $\bigcirc + \Delta = \bigcirc \times \Delta$ の式を変形し、変形した式の $\bigcirc$ や $\Delta$ に数を代入した生徒は、全体の18%にのぼり、四則演算の対象として $\bigcirc$ や $\Delta$ の記号を捉えている生徒も多い。
- 次に、(2)では、次のようなことが見いだされた。
- 英語圏の教科書において、正の数・負の数の加減は、“opposite”という概念をもとに説明され代数和について日本の教科書のような記述が見あたらなかった。日本の教科書を過去にわたってみると、系統学習の頃に「加法の記号をはぶく」という記述がされていなかった。また、生活単元学習、系統学習の頃のスパイラルに正の数・負の数を学習していく方法が、英語圏の教科書の記述とよく似ている。

これより、次のような結論を得た。

- (1) 文字式を学習しようとしている生徒が抱えている、 $\bigcirc$ や $\square$ の記号の意味の曖昧さを是正するために、小学校4年を境に $\square$ などの記号の使われ方を変えた方がよい。小学校高学年では、 $\bigcirc$ や $\square$ は文字の使われ方と同じ使われ方をされるべきである。
- (2) 加法演算をはぶく、という記述を、少なくとも、中1段階の文字式の学習が終了するまで（乗法演算の省略の学習）は待ったほうがよい。

今後への課題は、次の通りである。

- (1) 正の数・負の数の加減における加法演算の省略と、文字式の表現における乗法演算の省略は、個々の生徒の認識においてどのような相関関係があるのか。そして、正の数・負の数の学習と文字式の学習の順序は、現行のものが最善なのか、または系統学習の頃のような順序が最善なのか。
- (2) 杉岡氏の述べるように<sup>(17)</sup>、式を読むことには様々な事柄が考えられる。その広がりや深まりを、以前作成した「式を読む」ことの枠組みを修正していく中で考察していく。
- (3) 文字式の数学的に正しい式変形と「式を読む」こととの関わりの解明。

## 【参考文献・注】

- [1] 拙稿(1993) 「「式を読む」ことに関する一考察 -文字式の理解のために-」  
筑波大学附属中学校研究紀要第45号 P.39-45
- [2] 拙稿(1994) 「文字式の学習における「式を読む」ことの一考察  
-計算の結果が単項式にならない文字式の式変形場面に焦点をあてて-」  
筑波大学附属中学校研究紀要第46号 P.23-42
- [3] 藤井斉亮 (1989) 「認知的コンフリクトによる理解の分析と評価  
-方程式・不等式を具体的題材として-」  
日本数学教育学会誌・数学教育論究 Vol.53 P.3-31
- [4] 藤井斉亮 (1992) 「児童・生徒の文字の理解とミスコンセプションに関するインタビュー調査」  
日本数学教育学会誌・数学教育論究 Vol.58 P.3-27
- [5] 島田 茂 「学校数学での用語と記号」  
教職数学シリーズ基礎編9 「数学と日本語」 P.135-170

注：「第3には、乗除先行の規約である。これは、全くの便宜上の規約で、加減先行の規約を作ることも可能で、そうすれば、全く別の記号系で、同じ数学を記述することになる。」(数学と日本語 P.161)と島田氏が述べるように、文字式の世界で乗法演算を省略する由縁は乗除先行にある。どのような数の世界を構築するかによって、省略演算が加法になるのか、乗法になるのか決定される。高校段階以上では、省略演算に対して、このことを加味し何らかの記号をつけることが多い。(例： $a \times b = a \cdot b$ など)

- [6] Addison-Wesley Mathematics 1th Grade - 8th Grade  
(Teacher's Editionも含む) 及び Pre-Algebra (Addison-Wesley)  
(1987) Addison-Wesley Publishing Company

注：教科書研究センターに所蔵されている教科書を参考にした。若干、年代が古いため、現行の教科書では改訂されている部分があるかもしれない。

- [7] 大矢真一・片野善一郎 「数字と数学記号の歴史」 裳華房
- [8] 佐藤文広(1992) 「これだけは知っておきたい 数学ビギナーズマニュアル No.8」  
数学セミナー12月号 P.86-90 日本評論社
- [9] 佐藤文広(1994) 「これだけは知っておきたい 数学ビギナーズマニュアル」  
日本評論社

- [10] 前掲書 [3]および[4]

- [11] 大日本図書 「たのしい算数」 1年, 2年上・下, 3年上・下, 4年上・下,  
(1992) 5年上・下, 6年上・下

- [注1] 小4以降で、□などの記号を四則演算の対象として、文字と同じように取り扱ったほうがよい理由として、次のような教科書の記述がある。

啓林館 「新改訂 算数5年下」 P.40

「えん筆1本のねだんを□円, 6本の代金を△円として、□と△の関係を式にかいてみましょう。

$$\Delta = \square \times 6$$

このような数量の関係を表す式では、□, △のかわりに文字  $x$ ,  $y$  を使って、次のように表

すことがあります。

$$y = x \times 6$$

この記述のように、文字を□などの記号の代わりとして扱う場合には、□などの記号が、文字の使われ方と同じように使用される必要が出てくる。

[12]前掲書 [4] P. 21

[13]東京書籍 「新しい数学」 中学1年 P. 41  
(1992)

[注2] 中学校においては、□などの記号を文字の使われ方と同じように使用していく、という考えに立ったとき、現在使用されている教科書において、次のような点に検討の必要性が出てくる。

・大日本図書 中学校数学1年 P. 40

「次の□にいろいろな自然数を入れるとき、計算の結果がいつでも自然数の集合になかにあるのはどれですか。

①  $\square + \square$       ②  $\square - \square$       ③  $\square \times \square$       ④  $\square \div \square$ 」

・大阪書籍 中学数学2年 P. 20

「十の位がx, 一の位がyである2けたの整数は、次のように表される。

$$10 \times \square + \square$$

この記述では、十の位、一の位の数に対して、異なる文字を指定しているため、先述した算数の教科書よりも□の意味が文字の使われ方に近い。x, yという文字の違いを強調するためには、□, ○のような記述の方がよい。

・学校図書 中学校数学2年 P. 20

「次の□にあてはまる数を求めよ。

(2)  $(1/2)x + (2/3)y = (\square x + \square y) / 6$ 」

・啓林館 数学3年 P. 22

「次の□の中にあてはまる正の数をいえ。

(1)  $x^2 - 16x + \square = (x - \square)^2$       (2)  $x^2 - \square x + 9 = (x - \square)^2$   
(3)  $4x^2 + \square x + 1 = (\square x + 1)^2$       (4)  $9x^2 + 24x + \square = (\square x + \square)^2$ 」

この間の場合、同じ等式の中の□にはそれぞれ異なる数があてはまる。それゆえ、例えば、大日本図書 P. 21 問4のように、□や○を用いてかきあらわした方がよい。なお、この式変形は高校で学習する2次関数の標準形を求めるために、非常に重要であるので、□などを用いた式表現に関しても注意したい。

・学校図書 中学校数学3年 P. 15

「右の図を見て、□にあてはまる式をいえ。

$$\begin{aligned} (x+a)(x+b) &= x^2 + \square x + \square x + a b \\ &= x^2 + \square x + a b \end{aligned}$$

同上 P. 20

「次の差についても、もとの2数の和で表せるかどうか調べよ。

(1)  $7^2 - 6^2 = \square + \square$       (2)  $8^2 - 7^2 = \square + \square$ 」

・大阪書籍 中学数学3年 P.24

「次の□にあてはまる数を求めよ。」

$$\textcircled{8} 6 \sqrt{20} = (\square \sqrt{5}) \sqrt{\square}$$

」

・同上 P.49

「 $5x^2 + 10x - 15$ の因数分解について、□にあてはまる数をいれよ。」

$$5x^2 + 10x - 15 = \square(x^2 + 2x - 3) \quad \text{共通な因数をくくり出す。}$$

$$= \square(x + \square)(x - \square) \quad (\quad) \text{の中の式を因数分解する。}$$

なお、注2では、平成5年度用の6社の教科書(中1～中3)を参考にした。

- (7) 中学校 数学 …… 大日本図書
- (イ) 新版 中学数学 …… 教育出版
- (ウ) 数学 …… 啓林館
- (エ) 新しい数学 …… 東京書籍
- (オ) 中学数学 …… 大阪書籍
- (カ) 中学校数学 …… 学校図書

[注3] 正の数・負の数の加法の導入時に、○と△の記号を用いた式で次のような活動をさせた。

問題：次の①および②の式が、それぞれ成り立つような式をいくつも作ろう。また、作った式で、なぜその式が成り立つのかの理由も書きなさい。

$$\textcircled{1} \quad \bigcirc + \triangle = +8$$

$$\textcircled{2} \quad \bigcirc + \triangle = -3$$

②については、変域として整数を想定している生徒がほとんどであったため、○と△の記号とそこに入る数の一致に関して、それほど議論がでなかった。しかし、①では4という数値が容易に想定されるため、質問が相次いでいた。授業の中で、生徒に問うたところ、ほぼ半分ずつに考えが分かれていた。(決着は、文字式を学習するときにと指示した。)

[14] Merrill Mathematics 1th Grade - 8th Grade (Teacher's Edition含む)

Merril Mathematics Pre-Algebra, ALGEBRA

[15] Holt Mathematics 1th Grade - 8th Grade (Teacher's Edition含む)

Holt Mathematics Pre-Algebra, ALGEBRA

[16] 注2であげた教科書 中学1年生用

[17] 杉岡 司馬(1991) 「式表示と式のよみ」

新・算数指導事例講座1 算数教育の課題と展望 P.203-222

## 中学校における環境教育の取り組み (1)

(理 科)

角田 陸男 金子 丈夫  
荘司 隆一 新井 直志

[ 要 約 ]

本校では、中学校における環境教育の取り組みの一環として、15年間に亘って、修学旅行－自然コース－を実施している。本論稿では、この修学旅行－自然コース－を生み出してきた背景と歴史、学習内容の実際、事後に設定した評価の結果の考察等について論及する。

事後に行った調査の結果では、以下のことが明らかになった。

- (1) 生徒は修学旅行－自然コース－の学習に充実感を感じている。
- (2) 生徒は修学旅行－自然コース－の学習に意欲的、まじめに取り組んでいる。
- (3) 生徒は修学旅行－自然コース－の学習を通して、以前から持っていた興味・関心（自らの生活環境や自然や環境の保全に対する）を深め、また新たな興味・関心を喚起させている。
- (4) 生徒は修学旅行－自然コース－の学習を通して、主体的な学習の態度や自己の与えられた役割り・責任を果たそうとする意識を向上させている。

以上の結果から、現在実践している「環境教育の取り組みの一環としての修学旅行－自然コース－」は、極めて有効に機能していると考えた。

なお、今後、学校教育の中の他の様々な場面で、多様な内容に亘って展開される「これからの地球や自分たちの生活の在り方を考える活動－環境教育－」をどのように有機的に結びつけていくかが検討される必要があると考える。

### 1. はじめに

1960年代に飛躍的な高度経済成長を遂げた日本では、「四日市」「水俣」「川崎」などの重工業地帯に集約的に現われた様々な『公害』問題を契機に、経済成長一辺倒の政策に対する根本的な見直しが必要とされることになった。また、世界に視野を移すと、1972年にスウェーデンのストックホルムで開かれた「国連人間環境会議」を発端に「際限のない経済成長はありえない」ことに対する共通の認識が確認され、自然と人間の共生の方向の重要性が叫ばれることになった。こうした背景を受けて、学校教育における「環境教育の重要性」が登場することになる。

1993年度に全面実施された中学校学習指導要領においても、〔(4) 指導計画の作成と内容の取り扱い〕の②イにおいて「理科の学習指導を通して、自然環境の保全や生命を尊重する態度の育成を図れるようにすること」と明記されることになった。これを受けた「中学校指導書 理科編」においては、次のような現状認識が示されている。『科学技術がそれほど発達していなかった時代にお

いては、自然の生態系を考える場合、そこに人間の存在を考えなくても問題はなかった。しかし、現代のように人間が強大な機械力によって自然に手を加え巨大な都市を作るとなると、人間の存在を無視した自然の生態系を考えることはできなくなっている。』として『科学技術の進歩は人間の生活を便利にし、豊かにしてきた反面、自然環境の破壊をもたらすことになった。このまま進めば、将来的には、人間の生存にかかわる環境の変化にもつながるとして、地球規模での環境問題が世界的に大きく取り上げられている。今後永続的に、人間がこのかけがえのない地球上で生存していくためには、自然と人間とのかかわりを正しく認識し、両者の調和を保ち、その共存共栄を図らなければならない。そのためには、人間の住む場である地球環境の保全と人間の生存にかかわる他の生物を含めた生命の尊重に対する積極的な態度を養う必要がある。』としている。

それでは、実際の中学校教育の中で、地球的規模での環境問題をどのように取り上げていけばよいのであろうか。これには、単独に理科教育の中だけではなく、教科としては社会科、保健体育科、技術家庭科といった他の教科や生徒会活動なども連携していく学校総体としての取り組みの中で考える必要があり、学校としての環境問題への姿勢が重要になってくる。また、先述した「中学校指導書 理科編」にもあるように「この人間生存という視点で自然環境の保全を考える場合、特定の地域の問題としてではなく、地球規模での問題として考えることが大切である。しかし、実際の学習場面では、いきなり地球規模の事柄を取り上げても観念的になり、単なる知識の学習に終わってしまうことにもなりかねない。そこで、なるべく身近な事象を取り上げたり、実際に観察させたりして事実を直視した上で、その発展として地球規模での自然環境の保全の問題を考えることが望ましい。」ということから、生徒一人一人の現実の生活に入り込んでいくようなアプローチが重要視されているのである。

実際、大嘉・藤島による「小・中・高校生の自然環境および環境問題への認識に関する基礎調査」<sup>(1)</sup>によれば、中学生の約84%の生徒が「学校で自然保護や環境保全の学習をしたい」と回答しているにも関わらず、住んでいる地区の環境保全活動への積極的な参加意志は、10.5%と少なく、約25%の生徒は「参加したくない」と回答している。また「保護のために自分たちの生活を見直したい（中学生 58%）」としながらも、「具体的に何を見直してよいか分からない（中学生 16%）」という結果を得ている。これを受けて、『中・高校生たちは、環境保護とか保全といったことを抽象的概念として頭の中でイメージしているけれど、それが日常生活の中で生活の実態としてどう具体化されればよいかの理解まで及んでいないと考えられる』と考察している。

こうした生徒の意識の実態を受けて、中学校の理科教育の中で「環境教育」は、どのような場面で展開することができ、またその内容や指導の方法はどのようにすればよいのであろうか。本校では、以下のような場面を用意し、生徒の日常性や個々の生活のし方の見直しにせまるような学習指導のあり方を模索しつつ実践してきている。

#### (1) 理科カリキュラムの中における「環境教育を意識した単元」としての設定

- ・導入単元『水の科学』（中学1年時）
- ・融合単元『私たちの目』『私たちの耳』（中学2年時）
- ・第2分野『食物連鎖と物質循環』総括単元
- ・『科学と人間』（中学3年時）

- (2) 1・2分野別の個別の学習教材の中での「環境教育を意識した内容」としての設定  
・廃棄物、廃液の処理の仕方 ・ゴミの分別処理の仕方
- (3) 校外学習－フィールドワーク－の中での「環境教育を意識した内容」としての設定  
・第3学年校外学習－長瀬－（第2分野 地学単元の学習）
- (4) 選択学習の一つとしての『修学旅行－自然コース』での環境教育として設定  
・第3学年修学旅行『自然コース』（富士山周辺、富士スバルライン、南アルプス林道、  
富士五湖水質調査等）

ここに挙げた、環境教育の実践場面は、単に個々別々に展開するわけではなく、その内容は学年が進むにつれて、より広範囲な内容と質的な深まりを持たせるようにしている。

本論稿では、ここに挙げた実践場面のうち、『修学旅行－自然コース』の内容とその学習評価の結果と考察について論述する。

## 2. 本校の修学旅行の歴史

本校における修学旅行は、旧制中学以来の伝統を受け継ぎ、1947年の新制中学校発足以来、春または秋に実施されてきた。何回かの変更があったが、およそつぎの5つの時期に分けることができる。

### (1) 1949年(昭和24年)から1959年(昭和34年)までの修学旅行

新制中学校としての最初の修学旅行は、1949年11月に第3学年を対象として実施され、旅行先は「箱根を中心とする伊豆、相模地方」が選ばれた。この修学旅行は教科の学習の場として位置づけられた。この時代は「問題解決をめざす生活単元学習方式」が全盛であり、本校の修学旅行にも12の単元目標が定められた。その中には、地理的、歴史的な単元内容だけでなく、理科的内容や道徳的・生活指導的な要素も含まれていた。そのような背景のもとに、この修学旅行の目的は、「箱根を中心とする伊豆・相模地方の農山村の住民の生活はどのように営まれているか」を学習することとされた。

実際の展開では、生徒は16のグループ(分団)に分かれ、各グループの生徒は、旅行地に関連して学習し得ると予想される題材や内容を教官の指導のもとにあらかじめ討議して決定し、グループごとに1つのテーマについて詳細に調査し、その概要を修学旅行の葉にまとめた。その葉は、旅行前に参加者全員に配布され、旅行中には、実地に即した研究発表を生徒にさせた。旅行後の学習としては、参加者全員にレポート(修学旅行記)を提出させた。このような方針に基づく修学旅行は、その後も大筋において変化することなく、各学年ごとに宿泊日数や地域を決めて実施された。

#### [学年別旅行先]

- 第1学年(1泊2日) 水郷・銚子・筑波方面  
第2学年(2泊3日) 甲府・静岡・伊豆方面  
第3学年(3泊4日) 磐梯・越後方面



(2) 1960年(昭和35年)から1969年(昭和44年)までの修学旅行

昭和33年の中学校学習指導要領の改訂で、修学旅行は「特別教育活動」の中の「学校行事等」に位置づけられ、学校が選択して実施する行事として整備された。

本校では1960年入学の生徒から実施時期が秋から春に代わり、第1学年の修学旅行は廃止された。また、第2学年は水郷・銚子・水戸・日立方面、第3学年は甲府・静岡・伊豆方面となった。第3学年のコースはそれ以前の第2学年のコースとほぼ同様であるが、日程を3泊4日とし、それまでの自然環境と一次産業中心の学習内容であったのを改め、工場見学を取り入れた。科学技術の振興が叫ばれていた時代としては、当然の流れであったのかもしれない。

学習方法に関しては、生活単元学習方式が衰退し、グループ学習(分団学習)が通常の学習形態ではなくなったこともあり、グループごとの事前学習は廃止された。また、レポートの提出は廃止した。これは、本の丸写しや写真の貼付により、ただ枚数を増やすことに力を注ぎ、見学地での自分の目で確かめる努力を怠る生徒がめだってきたためである。それに代わって、フィールドノートによる学習方式が生まれた。

[学年別旅行先]

第2学年(2泊3日)水郷・銚子・水戸・日立方面

第3学年(3泊4日)甲府・静岡・伊豆方面

(3) 1970年(昭和45年)から1972年(昭和47年)までの修学旅行

1971年に第2学年のコースが若干変更になった。すなわち、「日立」をやめ、新しく「加曾利貝塚」「水生植物園」などが見学地として設定された。第3学年の修学旅行は1970年(昭和45年)から大きな変更がおこなわれた。それまでは全員同一行動であったのが、グループによる自主行動方式(ベースキャンプ方式)に変わった。また旅行先が渥美半島になった。

そのころ、本校では教育課程の研究が熱心に進められており、三層構造の教育課程が提案された。その中では生徒の主体的学習が強調され、全校規模で学習システムの研究に取り組んでいることを受けて、いろいろな問題点を抱えながらも実施可能になった。各コースの選定・学習内容は特別課程のなかの「修学旅行の研究」を選んだ生徒たちによって実施計画が作られ、その生徒たちがグループのリーダーとなって修学旅行が実施された。この時期の修学旅行は、学習指導要領においては、昭和44年の改訂で「特別活動」のなかの「学校行事」に位置づけられた。また、実施の方法や形態などについて、検討の必要性が指摘され始めていたようである。

[学年別旅行先]

第2学年(2泊3日)水郷・銚子・水戸・加曾利貝塚・水生植物園

第3学年(3泊4日)渥美半島・伊勢地方

(4) 1973年(昭和48年)から1978年(昭和53年)までの修学旅行

1973年(昭和48年)から第3学年の修学旅行は大きな変更があった。伊勢方面は遠すぎるという理由で旅行地を富士山麓に定め、旅行実施計画は生徒委員が計画したコースを教官が実踏して決め

た。1973年(昭和48年)の旅行計画が基本となり、4年間の検討を経て、1978年(昭和53年)から現在行われている5コース制による修学旅行の原形ができあがった。ベースキャンプ方式が続けられる中で新たに問題点も指摘されてきていた。その問題点は、生徒は熱心に学習し、効果が上がるが、コース別の準備が大変であるとか、企画運営と学習主体が不明確であるということであった。1976年(昭和51年)実施直後に本校の社会科は、こうした声を受けて修学旅行の位置づけ、ねらい、企画、運営、指導組織について具体的提案をおこなった。ねらいを「日常生活ではほとんど接触することのない地域を訪れ、地域住民との接触をはかりながら調査し、その地域の実態を把握すること」とし、見学箇所や学習テーマ・内容は、教官の指導のもとで生徒に自主編成させ、現地ではグループ別の自主行動を中心に学習活動を展開することとした。こうしたねらいと内容をもつ修学旅行を教科学習の総合化と生活化をねらうものと性格規定し、他教科の参加を促すものであった。

#### [学年別旅行先]

第2学年(2泊3日)水郷・銚子・水戸・加曽利貝塚・水生植物園

第3学年(3泊4日)富士山山麓地方

#### (5) 1979年(昭和54年)から現在にいたるまでの修学旅行

この時期は修学旅行の多様化の時代であった。整備された新幹線や航空機の利用が可能となり、目的地がさまざまになるとともに、修学旅行の目的も「勤労体験学習」や「スキー教室」など多様化してきたのが特徴である。本校では1978年(昭和53年)からは第2学年の修学旅行は夏の「営平生活」(3泊4日)に吸収されることになった。これは行事の精選という要請によるものであった。1979年(昭和54年)には第3学年の修学旅行にも変更が加えられた。従来の1人2コース選択でのベースキャンプ方式から、1人1コース選択のコース別学習の徹底化が図られるようになった。すなわち、宿泊地を1カ所に固定することなく、各コースで学習内容に見合った目的地に宿泊したほうが、生徒の学習活動の時間も生み出せるし、余裕をもって目的地での学習が展開されると考えられたからである。コース設定はつぎのように決められた。まず、希望教科の申し出を待ち、次に当該学年で話し合う。現在では、希望教科は国語(文学コース)、理科(自然コース)であり、その他のコースは、そのときの担任団の構成によって決まっている。1979年(昭和54年)には、「文学」、「自然」、「歴史」、「公害」、「産業」の5つのコースが設定された。

その後現在に至るまで、基本的にこのような方式で実施されてきている。これまでに設定されたコースとしては上記のコースの他に、「富士五湖」「酪農(勤労体験)」「表現・鑑賞(芸術)」「産業」「水産」などのコースが設定され実施されてきている。それぞれのコースごとに実施の方法やねらい・目標など、各種のデータの蓄積ができ、コースとして定着してきている。

〔表1〕 修学旅行の旅行先と実施方式の変遷

時期	旅行先	実施方式
1949年 ～1959年	1年；水郷・銚子・筑波 2年；甲府・静岡・伊豆 3年；磐梯・越後	グループ毎にテーマを決めて事前学習 現地で研究発表 事後にレポート提出
1960年 ～1969年	2年；水郷・水戸・日立 3年；甲府・静岡・伊豆	グループ毎の事前学習廃止，レポート廃止 フィールドノートによる学習
1970年 ～1972年	2年；水郷・水戸 3年；渥美半島	グループによる自主行動方式（ベースキャン プ方式）
1973年 ～1978年	2年；水郷・水戸 3年；富士山麓	グループによる自主行動方式 生徒委員によるコース計画
1979年 ～	3年；富士山麓	グループによる自主行動方式廃止 1人1コース選択のコース別学習

### 3. 本校の修学旅行の実際

#### (1) 実施時期

本校では、学年暦の編成の都合により、第3学年の5月第2週を中心として、3泊4日の日程で実施されている。（平成6年度は、5月10日～13日に実施）

#### (2) 実施の方法

まず、事前のオリエンテーションにおいて設定した5つの学習コースの概要やねらいを説明し、生徒に希望選択をさせる。希望調査の結果、必ずしも第一希望だけでコースメンバーを決定できないが、男女の比率や学級の偏りなどを考慮し、生徒の希望をできるだけ生かしてコース分け（編成）を行っている。この後、9～10時間の事前学習をコースごとに選出された修学旅行委員とコース担当教官の協議のもとに展開している。従って、これは1つの選択学習ともなっている。

#### (3) コース例

例年実施される5つのコースのうち、文学コース（国語科）、自然コース（理科）、勤労体験コース（技術家庭科）は毎年実施されているが、他の2つのコースは、そのつど担任団の教師や希望教科によって設定されている。平成6年度（94年度）は、上記の常設コース以外に、水産コース（社会科）、環境コース（社会科）が開設された。設定されたコースのテーマおよび、概要、参加した生徒数は次の表に示した。

〔表2〕 平成6年度実施の5つのコースとその概要・参加生徒数

コース名	テーマ	コースの概要	参加人数
文学コース	井上靖, 川端康成 の文学の舞台	沼津, 香貫山, 千本浜公園, 牧水 記念館, 湯が島, 昭和の森公園	男18 女23 計41
水産コース	マグロ・カツオに 携わる町と人々	日カツ連冷蔵庫, はごろもフーズ 焼津水産高校	男20 女21 計41
環境コース	環境に対する行政 と市民の対応	富士宮製紙, 田子の浦, 火力発電 所予定地, パーバストラック廃棄場	男24 女16 計40
自然コース	自然環境の保全と 地域開発	富士スバルライン, 富士五湖, 南 アルプス林道, 芦安村, 交歓会	男20 女20 計40
勤労体験コース	労働の尊さ, 命を 育てるすばらしさ	朝霧高原, 農家訪問, 勤労体験, 朝霧乳業, カマンベール工場	男18 女23 計41

## (4) 事前学習

生徒が2年生時の2月にコース編成の発表がなされ, その後, HRH (ホームルールアワー)の時間を使用して, 全体および各コースに分かれて計7回の事前学習を実施した。

事前学習では, 「修学旅行とは何か」という問いかけとともに, 『修学』のための学習旅行であり, たんなる観光旅行ではないことを徹底させるようにしている。各コースごとのコース別事前学習では, ねらいや目標を一人一人の生徒の個別の課題として意識させるように展開の工夫を行っている。

## (5) 日程

5つのコースごとに訪問地をはじめ, テーマやねらい・目標が分かれているが, 第1日・4日は全体学習として全コース共通の学習を行い, 第2日, 第3日を各コースごとに分かれてのコース別の学習としている。

## (6) 自然コースのねらいと概要

## ①自然コースのねらい

自然コースのねらいは大きく捉えれば「自然環境の保全と地域開発」であるが, その中に含まれている柱を列挙すると, 以下のようにまとめることができる。

## (ア) 自然観察-フィールドワークの方法を学ぶ-

豊かな自然のすばらしさを体験を通して実感的に味わう。

- ・富士の自然：サクセッション，スバルライン，青木ヶ原樹海，紅葉台
  - ・富士の動植物（ビジターセンター）
  - ・富士の気象（気温・気圧・沸点の測定）
  - ・火山としての富士山
  - ・夜叉神峠ハイク（南アルプス林道）
- (イ) 自然保護運動（自然愛護活動）（自然破壊・環境問題）を考える  
 21世紀へ向けた大きな人類の課題である「自然環境の保全」について考える。
- ・南アルプス林道
  - ・自然保護運動についての講演
  - ・富士スバルライン  
 （シラビソ，カラマツ，コメツガの原生林の保存）
  - ・観光開発と水の汚染  
 -富士五湖（山中湖・河口湖・精進湖・本栖湖・西湖）の水質調査-
- (ウ) 日本における過疎化問題を考える  
 日本における過疎問題に目を向け、「地域開発」と「自然保護」を両立していく方策を考察する。
- ・芦安村役場の方のお話    ・大都市中心部の過疎化    ・日本の産業構造
- (エ) 同世代の仲間との交流を行なう  
 地元に住んでいる人々および同じ世代の中学生の生の話などを通して，都会と山村に住んでいる人々の考え方の違いや共通点を見だし，自分の考えをまとめ，現在の自分達の生活を見直す。
- ・芦安中学校との交歓会

②コースの日程

先述したように，第1日目と第4日目は学年全体の学習内容になっているが，第1日目は自然コースの学習内容として実施している。

[表3] 自然コースの学習内容

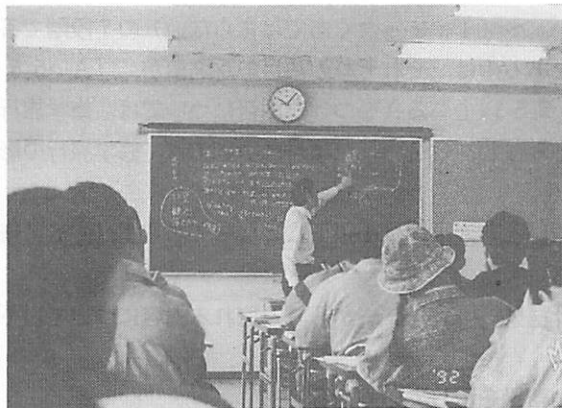
第1日（全体学習）	富士ビジターセンター，富士スバルライン，お中道ハイク 山中湖・河口湖水質検査（自然コースのみ），夜の学習
第2日（コース別学習）	自然保護運動の講演，芦安村，夜叉神峠ハイク，芦安村 役場の方のお話，夜の学習（水質検査の報告について）
第3日（コース別学習）	芦安中学校交歓会，精進湖・本栖湖・西湖（水質検査） 紅葉台－風穴ハイク，夜の学習（自然コースのまとめ）
第4日（全体学習）	箱根恩賜公園，箱根関所跡・箱根旧道散策と杉並木見学

### ③各学習ポイントでの学習の概要

- ・富士ビジターセンター：富士山に生育する植物や動物，火山としての富士山や富士山の歴史について学習する。
- ・富士スバルライン：溶岩地帯に1000年以上もかかって生育した森林の中に，自動車道を通すことによって起こった森林破壊の実状を観察する。
- ・富士五湖・お中道：溶岩の小石の裸地に植物が侵入していく様子や，風や雪に耐える植物の姿や森林限界について観察する。
- ・富士五湖：湖の周囲の環境や水質の調査を行い，観光開発による水質の悪化，環境の悪化の現状を調べる。
- ・自然保護運動をしている方の講演：現在自然保護運動に参加している方からのお話をうかがい「自然保護運動」の考え方，「今，自分達は何ができるのかについて」
- ・南アルプス林道：「自然保護」か「地域開発」かという論争を巻き起こした南アルプス林道を実際に自分達の足で歩いてみる。自分の目や肌で自然に触れ，その素晴らしさを知る。また，南アルプス林道の必要性を考える。
- ・芦安村の方の講演：芦安村の人々の暮らしや歴史，困っていること，人々の願い，また南アルプス林道が開通したことで，村の生活がどのように変化したか，芦安村の将来のビジョンについて学習する。
- ・芦安中学校との交歓会：お互いの学校生活や生徒会活動を紹介しあい，同世代の仲間といくつかのテーマにそって意見交歓をする。
- ・青木が原樹海－紅葉台：溶岩の上に，約1000年以上かかってできた森林の様子を樹海の中と（東海自然歩道）上から観察し，その実態を知る。



水質検査



自然保護運動をしている方の講演

#### 4. 「修学旅行－自然コース」の評価

修学旅行－自然コースの学習を通して、学習への取り組みの意欲や学習課題に対する意識の深まりなどがどのように変容したかを、本校の「総合学習」で用いている「自己評価表」（資料1参照）を用いて探ってみた。また、「自然コース」のねらいがどのように生徒の中で受け止められているか、その様子を生徒の事後のレポートの感想によって分析した。

##### (1) 事後調査

本校の「総合学習」で用いている「自己評価表」は、40項目からなっており、それらは以下のよう  
に分類することができる。

- Q1 ～Q5 : 学習への取り組みに関する項目
- Q6 ～Q10 : 学習に対する興味・関心に関する項目
- Q11 ～Q15 : 社会への関心に関連する項目
- Q16 ～Q20 : 学習に関連する情報の収集とまとめ・発表に関する項目
- Q21 ～Q25 : 学習の方法に関する項目
- Q26 ～Q30 : 個人やグループでの学習の仕方に関する項目
- Q31 ～Q35 : 学習における友人や自分の役割に関する項目
- Q36 ～Q40 : 今までの学習に関する見直しに関する項目

この自己評価表は、本校の「総合学習」で用いられているものであるので、直接修学旅行の評価を焦点化した調査にはなっていない。しかし、修学旅行・自然コースのねらいには総合学習でのそれと共通した多くの部分があることから、生徒が修学旅行の事前学習と現地での学習を通して、学習の取り組みや興味・関心がどのように変容したかを、知る一助にはなるものと考えて実施したものである。

なお、この自己評価は、修学旅行に行き、学校でのまとめの学習（事後学習）の後に行ったものである。回答は、それぞれの項目について、（7：とてもよくあてはまる）～（4：どちらともいえない）～（1：まったくあてはまらない）の7段階で答えさせた。集計結果の右の欄外に、AとCとあるのは、それぞれの項目の平均値が、「 $A > 5.5$   $C < 4.5$ 」に当てはまる項目である。平均が5.5以上あるAをつけた項目については、修学旅行でねらいを達成することができた内容のものとし、Cをつけた項目については、修学旅行の影響がほとんどなかった内容のものと考えた。

各項目とも、平均は4以下にはなっておらず、生徒は修学旅行を肯定的に捉えていることが読み取れる。

集計結果－〔表4〕－から読み取れる内容について以下に論述する。

##### 〔よい結果を示している内容〕

- ① Q2, 3から、生徒は修学旅行に意欲的に、まじめに取り組んだ。
- ② Q6, 7, 8から、生徒は修学旅行の学習の面白さを味わい、以前から持っていた興味・関心が深め、更に新しいことに興味・関心を寄せている。

- ③ Q10から、修学旅行を通して、生徒は充実感を味わっている。
- ④ Q22, 27, 28, 29から、修学旅行を通して、生徒は自分で調べる面白さを味わい、個人やグループの考えやペースで進めていく学習を楽しんでいる。
- ⑤ Q33, 34から、グループで学習する時、生徒は自分の責任を果たそうと思い、協力をしながら学習しようとした。

[ほとんど影響がなかった内容]

Q11, 13, 14, 24, 35, 37の設問に対する評価がこれにあたっている。この結果から、次のようなことが推察できる。

- ⑥ 修学旅行によって、新聞や雑誌の記事、社会の動きや現実に関心を持とうようになったわけではなかった。
- ⑦ この修学旅行を通して、学習したいことが見つかったわけではなかった。
- ⑧ グループでの学習で、友人から頼られているという実感を持てたわけではなかった。
- ⑨ 修学旅行を通して、これまでの自分の学習に対する考え方を直すきっかけにはなかった。

この中で、「新聞や雑誌の記事、社会の動きや現実に関心を持とうようになったわけではなかった」という内容は、修学旅行の「自然」コースの大きなねらいである「地域開発と自然保護を考える」から期待されることと大きく関わっている。このねらいの中には、新聞やテレビの報道に目をむけ、社会の動きに関心を持とうこと、現在進行中の「地域開発と自然保護」の問題に関心を持ち、主体的に判断できる能力を育てることにあるからである。しかし、今回の事後調査の結果からは、こうしたねらいが、達成されたとはいえないことが分かる。生徒の実際の生活実態からすれば、毎日の新聞に目を通すといった習慣は期待できるものではないし、設問自体に工夫の余地があるのかもしれない。また、関心を持ち始めたが、新聞や社会で起こっている現実の問題にまでは、まだ、目を向けられないということか。学習指導の重点の置き方や展開の方法によって今後の改善点の一つである。

以上見てきたように、多くの設問で、数人の生徒の否定的な回答（3～1の段階）があるものの、平均するとすべて肯定的な自己評価になっている。

自己評価の結果から、平均してみると生徒は『修学旅行に意欲的に取り組み』、『修学旅行を通して自己の興味・関心を深め』、『自分たちのペースで進めていく学習を楽しんでおり』、『修学旅行を通して充実感を味わっている』ということが分かる。

実際、指導している我々教師が生徒から受ける印象や手ごたえからも、修学旅行は、生徒にとって学習効果のある、意味のあるものになっていると思われる。



[表4]

修学旅行に関する事後調査

この調査は、あなたが参加したコースの修学旅行（第2日目、第3日目、リポートの作成、事前学習など）を振り返って、答えて下さい。  
 なお、下のQ1～Q40までの各項目に対して、次の7段階の選択肢の中から自分の考えに最も近いものを1つだけ選び、その番号を○で囲んでください。

7 : とてもよくあてはまる	6 : かなりよくあてはまる	5 : ややあてはまる	4 : どちらともいえない
3 : あまりあてはまらない	2 : ほとんどあてはまらない	1 : まったくあてはまらない	

自然 (D) コース40人の集計結果	A > 5.5		4.5 > C									平均	
	7	6	5	4	3	2	1						
Q1. 修学旅行に際して、学習の目当てを持って取り組みました。……………	4	11	18	5	2	·	·	·	5.25				
Q2. 修学旅行の学習に意欲的に取り組みました。……………	11	12	13	3	1	·	·	·	5.73	A			
Q3. 修学旅行の学習に真面目に取り組みました。……………	9	16	12	1	2	·	·	·	5.73	A			
Q4. 修学旅行の学習をあきらめずに頑張りました。……………	8	10	11	8	3	·	·	·	5.30				
Q5. 修学旅行に際して、地道な努力を重ねました。……………	1	10	11	14	2	2	·	·	4.70				
Q6. 学習することの面白さを味わいました。……………	11	14	8	3	3	·	1	·	5.58	A			
Q7. 修学旅行を通して、以前からの興味・関心が深まりました。……………	10	14	9	5	·	2	·	·	5.58	A			
Q8. 修学旅行を通して、新しいことに興味・関心を持ちました。……………	13	14	8	3	2	·	·	·	5.83	A			
Q9. 修学旅行を通して、感動的なことに出会いました。……………	10	11	9	4	4	1	1	·	5.30				
Q10. 修学旅行を通して、充実感を味わいました。……………	20	10	4	4	2	·	·	·	6.05	A			
Q11. 新聞や雑誌などの記事に関心を持つようになりました。……………	1	5	11	14	6	2	1	·	4.28	C			
Q12. TVなどのニュースに関心を持つようになりました。……………	3	6	12	12	5	1	1	·	4.58				
Q13. 社会の動きについて注意を向けるようになりました。……………	1	3	9	15	8	4	·	·	4.05	C			
Q14. 社会の現実に関心をもつようになった。……………	5	5	14	10	3	3	·	·	4.50	C			
Q15. これからの社会について考える糸口になりました。……………	5	7	11	8	5	3	1	·	4.65				
Q16. 課題（テーマ）を追究していく方法を身につけることができました。……………	3	9	17	6	3	2	·	·	4.93				
Q17. ものの見方や考え方を広げることができました。……………	8	10	15	4	2	1	·	·	5.38				
Q18. 必要な情報の収集の仕方を学習できました。……………	3	8	18	8	2	1	·	·	4.98				
Q19. 収集した情報をまとめる方法を学習できました。……………	3	11	15	5	5	1	·	·	4.95				
Q20. 学習の成果を発表する方法を学習できました。……………	2	8	15	8	6	·	1	·	4.70				
Q21. 修学旅行の学習を自主的に進められました。……………	7	10	12	9	1	1	·	·	5.25				
Q22. 自分で調べていく面白さを味わえました。……………	10	14	10	3	1	1	1	·	5.55	A			
Q23. 学習の成果を自分でまとめることができました。……………	5	9	12	8	5	1	·	·	4.95				
Q24. 自分がいま、学習したいことが見つかりました。……………	4	4	12	12	5	2	1	·	4.50	C			
Q25. 自分のひらめきやアイデアを学習に生かしました。……………	6	6	12	11	4	1	·	·	4.90				
Q26. 個人やグループで課題（テーマ）を設定できる学習の時は、楽しかった。……………	8	12	6	11	2	·	1	·	5.23				
Q27. 個人やグループで進めていく活動は楽しかった。……………	12	15	9	3	·	1	·	·	5.83	A			
Q28. 自分のペースで進めていく学習は、学習が行いやすかった。……………	12	13	7	7	1	·	·	·	5.70	A			
Q29. 自分たちの考えでまとめていく学習は、学習が行いやすかった。……………	10	17	7	4	2	·	·	·	5.73	A			
Q30. 個人やグループで異なる内容を学習しているときは、楽しかった。……………	10	7	9	7	4	1	2	·	5.03				
Q31. 学習を進めるうえで、友人の考え方が参考になりました。……………	9	15	8	7	1	·	·	·	5.35				
Q32. 学習を進めるうちに、学習内容を友人に伝えたいになりました。……………	2	12	10	10	4	2	·	·	4.80				
Q33. グループで学習を進める時に自分の分担の責任を果たそうと思いました。……………	10	14	11	4	1	·	·	·	5.70	A			
Q34. グループで学習を進める時に友人と協力しながら行おうと思いました。……………	11	14	11	3	1	·	·	·	5.78	A			
Q35. グループで学習を進める時に友人から頼られているという実感を持ちました。……………	2	3	11	16	7	1	·	·	4.35	C			
Q36. これまでの自分の学習の仕方を見直すきっかけになりました。……………	3	10	9	15	1	·	2	·	4.78				
Q37. これまでの自分の学習に対する考え方を見直すきっかけになりました。……………	·	6	16	12	5	·	1	·	4.15	C			
Q38. これからの自分の将来について考えるきっかけになりました。……………	3	4	16	10	4	3	·	·	4.58				
Q39. 努力をコツコツと積み上げていくことが大切だと思いました。……………	10	10	11	6	3	·	·	·	5.45				
Q40. ひらめきやアイデアが大切だと思いました。……………	9	9	11	8	2	1	·	·	5.30				

あなたが参加した修学旅行のコースを○で囲みなさい。

( A B C D E )

3年 組 番 氏名

(2) 生徒のレポートの感想から

本校では、どのコースでも、修学旅行における現地での学習を総括する事後のレポートを提出させるようにしている。ここでは、自然コースに参加した何人かの生徒のレポートの最後に記述されている感想を取り上げることにする。すべて、原文のままである。

・A君

……地元の中学校での交流会では、僕たちと同じ年代だけど全く違った環境で育った人達と話し合えて、自分の視野が広がった気がしました。そして、多くの方々に話を伺い、自分たちと自然との深いかかわり合いや、それから自分たちが考えなければいけない問題など、さまざまなことを教わりました。もはや、皆がそういったことに無関心でいられる時ではないから、こういったことを学べたのはとても良かったと思います。

・B君

このレポートを終えて自分のつかんだことはさまざまあったと思う。そして、2つの考え方にぶつかった。1つは、自然を保護しようというものである。近年の環境破壊の深刻化は、テレビでも放映されている。これは日本だけにとどまらない問題である日頃使っている木材品の多くはアジアなどから輸入したものばかりである。それを平気で使っているが、そのために、何百本もの木を切り倒していることに気がついていない。自分の生活を見直してみる良い機会となった。

さて、もう1つは、自然を無視してでも開発を進めようというものである。一見、自然を守る立場からすれば、良くないことにも思えるが、それなりの事情がある。生活のかかっているアジアやアフリカの人々と共通していると思った。

これらの2つの考え方はどちらが悪いとは言にくいと思う。自分がそれぞれの立場にたって考えてみると、良い勉強になった。考え方の幅が広がったと思う。そういう意味でこのレポート作成がこれからの学習に役立つと思い、うれしい。

・C君

今までは自然破壊と聞くと、だだ、いけないこと、悪いこと、ぐらいにしか考えていなかった。でも実際に自然の問題に直面している人の話を聞いて、想像以上に深刻な問題であることに気がついた。観光開発をしようとする村や業者がいれば、自然の大切さを理解して、保護しようとする人達がいる。話を聞いているとどちらの言い分も正しいところがあると思った。……

## ・D君

富士スバルラインを通した時、ドイツの学者はこのようになることをあらかじめ予想していたという。日本ではなぜ予測できなかったか悔やまれる。ヘヤピンカーブの現状から見ても、予測できたと思う……が、富士スバルラインのお陰でそれほどの人が富士の自然を楽しめたかを考えると、不思議としょうがないような気がする。もし富士スバルラインを通していなければ、今でも完全な装備と健康な足を必要とし、一部の健康な人しか富士を身近に感じることはできなかったことだろう。だから、今の時点で自分には通すべきであったかそうではなかったかは選択できない。しかし、今回のことを通して破壊の現状と理由がわかった。開発側と反対派との立場にも立つという経験を通して自分の中で何かが成長したような気がする。

## ・E子

……また1つ自分に視野と世界を広げることができたと思います。自然と人間は切っても切れない関係があると思います。もし、これらの自然がなかったら、私たちは生きていくことができません。すべての自然破壊をなくすことは、とうていできないだろうと思います。自然と人間が多くつながりでバランスを保ち、共存することは、絶対に可能なことだと私は思います。

自然に助けられ、自然を助けるという関係こそ、ベストだと思います。事前学習で読んだ本には、自然は、人が見て、初めて自然として成り立つというようなことがかかれていましたし、そういう人もいかもしれませんが、私にはそうは思えませんでした。この旅行で、人というのは、自然がないと成り立たないと感じたからです。確かにより多くの方がすばらしい自然が見ることができるということは、とてもいいことです。でも、その行為と引き替えに、多くの自然が死んでしまうということは余りにもつらいことだと思います。

自然も私たちと同じように生きています。人の命の重さと自然の命の重さにかわりはないと思います。だから、これから私たちは、できるかぎり自然を守るということを考えるべきだと思います。こんな形の修学旅行は、後にも先にも1回だけだと思うので、いい体験ができて本当によかったです。これで、学が修められたかどうかはわからないけれど、決してマイナスにはならなかったと思います。貴重な修学旅行でした。

多くのレポートの感想にあるのが、「自然保護」と「地域開発」の対立関係のことである。多くの生徒は、事前学習で、「自然保護」と「地域開発」という対立した考え方を提示すると、「自然保護」は『善』であり、「地域開発」は『悪』であるといった単純な考え方に偏向していた。

しかし、現地に行って、地道な自然保護運動を行っている方と現実の過疎問題に取り組んでいる役場の方のお話を聞くことによって、「自然保護」対「地域開発」といった2者対立的な単純な考え方ではこの大きな課題は解決できない内容を含んでいること、そして、過疎問題に真剣に取り組む、地域の開発・村の再生を進めている方の姿勢に接して、自らの考え方の変更を迫られることが

多いようだ。これらの感想は、事前に学習した基礎の上に、現地での学習が新鮮な学習体験となって機能し、固定化した生徒の考えを揺らせた結果から出てきたものと思われる。現地でしか得られない体験—地元の人と会うこと、自分の視覚・聴覚・味覚・臭覚・触覚—などの五感を総動員して学習活動を展開することがいかに大切であるかを示しているものともいえるのではないだろうか。

## 5. 今後の課題

今回の事後調査の結果をふまえて、以下の内容について、今後の課題としていきたいと考えている。

- ① 事後調査の各項目の平均値や、各項目に対して、3～1と答えた生徒が何人かいる。このことを考えると、もう少し全体を底上げできないものかと思っている。興味や関心の少ない生徒もいるだろう。第1希望で「自然コース」に入ってきた生徒が多いという現実はあるが、きめ細かい指導をしていきたいと思っている。
- ② 事後調査の集計結果の中で、修学旅行の学習を通して、「新聞や雑誌の記事、社会の動きや現実に注意を払うようになったわけではなかった」という結果になっている。事前学習の段階で、世界的規模で起こっている「酸性雨」や「二酸化炭素の増加による地球温暖化の問題」などの環境問題を新聞の記事から拾い集めるなどして学習するようにし、修学旅行の課題に関連する問題が現実の社会の中で、今起こっていることを知らせるようにしたいと思っている。
- ③ 現在の形態で行われている「自然コース」は、1979年にスタートした。このころは、山梨県芦安村—南アルプス北沢峠—長野県長谷村を通る「南アルプススーパー林道（当時の呼び名）」の開通をめぐる問題がまだホットな段階にあり、地元の方や自然保護団体の方も、この問題—「地域開発」と「自然保護」—に対して熱心に語ってくれた。しかし、ここ数年は「南アルプス林道」に関しては意識も薄れ、当時を思い出すといった段階に来ている。このため、地元芦安村に関しては、「地域の活性化に対してどのようなことを願い、どう実施しているのだろうか」という観点で学習のねらいを移してきている。過疎問題を抱える地元芦安村での学習のねらいを今後も、地域の実情に合わせて設定していきたいと思っている。
- ④ 「地域開発と自然保護を考える」という課題は、これからの社会を考える時、今後も考え続けなければならない問題であろう。特に日本は、世界的な規模でこの課題をとらえなくてはならない立場であり、この国の中に住んでいる我々は、避けて通ってはいけない義務を持っていると思う。「自然コース」だけの学習に限らず、次の世代を生きる生徒たちに、身の回りのことと世界的な規模の問題が、「つながり」を持っていることを感じさせ、一人一人の小さな行動が、大きな意味を持っていることを理解させたい。

引用文献

- 1) 大嘉 徳男・藤島 純：小・中・高校生の自然環境および環境問題への認識に関する基礎調査  
日本理科教育学会研究紀要 Vol. 34 No. 2(1993)

参考文献

- 1) 筑波大学附属中・高等学校 創立100 年史(1991)  
2) 修学旅行のすべて Vol.14 (1995) 日本修学旅行協会  
3) 総合学習の評価について 筑波大学附属中学校研究協議会発表資料(第21. 22回. 1992. 1994)

執筆分担

1. はじめに…………… 角田  
2. 本校の修学旅行の歴史…………… 荘司  
3. 本校の修学旅行の実際…………… 新井  
4. 「修学旅行－自然コース」の評価……………金子・角田  
5. 今後の課題…………… 角田

【資料1】事後調査評価用紙

修学旅行に関する事後調査

この調査は、あなたが参加したコースの修学旅行（第2日目、第3日目、レポートの作成、事前学習など）を振り返って、答えて下さい。  
 なお、下のQ1～Q40までの各項目に対して、次の7段階の選択肢の中から自分の考えに最も近いものを1つだけ選び、その番号を○で囲んでください。

7：とてもよくあてはまる	6：かなりよくあてはまる	5：ややあてはまる	4：どちらともいえない
3：あまりあてはまらない	2：ほとんどあてはまらない	1：まったくあてはまらない	

	7	6	5	4	3	2	1
Q 1. 修学旅行に際して、学習の目当てを持って取り組みました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 2. 修学旅行の学習に意欲的に取り組みました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 3. 修学旅行の学習に真面目に取り組みました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 4. 修学旅行の学習をあきらめずに頑張りました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 5. 修学旅行に際して、地道な努力を重ねました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 6. 学習することの面白さを味わいました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 7. 修学旅行を通して、以前からの興味・関心が深まりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 8. 修学旅行を通して、新しいことに興味・関心を持ちました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 9. 修学旅行を通して、感動的なことに出会いました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 10. 修学旅行を通して、充実感を味わいました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 11. 新聞や雑誌などの記事に関心を持つようになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 12. TVなどのニュースに関心を持つようになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 13. 社会の動きについて注意を向けるようになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 14. 社会の現実を目を向けるきっかけになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 15. これからの社会について考える糸口になりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 16. 課題（テーマ）を追究していく方法を身につけることができました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 17. ものの見方や考え方を広げることができました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 18. 必要な情報の収集の仕方を学習できました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 19. 収集した情報をまとめる方法を学習できました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 20. 学習の成果を発表する方法を学習できました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 21. 修学旅行の学習を自主的に進められました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 22. 自分で調べていく面白さを味わえました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 23. 学習の成果を自分でまとめることができました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 24. 自分がいま、学習したいことが見つかりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 25. 自分のひらめきやアイディアを学習に生かせました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 26. 個人やグループで課題（テーマ）を設定できる学習の時は、楽しかった。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 27. 個人やグループで進めていく活動は楽しかった。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 28. 自分のペースで進めていく学習は、学習が行いやすかった。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 29. 自分たちの考えでまとめていく学習は、学習が行いやすかった。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 30. 個人やグループで異なる内容を学習しているときは、楽しかった。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 31. 学習を進めるうえで、友人の考え方などが参考になりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 32. 学習を進めるうちに、学習内容を友人に伝えたいくなりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 33. グループで学習を進める時に自分の分担の責任を果たそうと思いました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 34. グループで学習を進める時に友人と協力しながら行おうと思いました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 35. グループで学習を進める時に友人から頼られているという実感を持ちました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 36. これまでの自分の学習の仕方考え直すきっかけになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 37. これまでの自分の学習に対する考え方を見直すきっかけになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 38. これからの自分の将来について考えるきっかけになりました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 39. 努力をコツコツと積み上げていくことが大切だと思いました。……………	7	6	5	4	3	2	1
Q 40. ひらめきやアイディアが大切だと思いました。……………	7	6	5	4	3	2	1

あなたが参加した修学旅行のコースを○で囲みなさい。

( A B C D E )

3年 組 番 氏名

An Approach to Environmental Education in Science  
-At Junior High School-

Rikuo Kakuta Takeo Kaneko  
Ryuichi Shoji Naosi Arai

[Summary]

The natural science excursion has been carried out for fifteen years as a part of "Environmental Education". And we found out from the results of the post-test that this approach is effective in many ways.

- (1)Students expressed their satisfaction with this program.
- (2)Students participated in this program actively and earnestly.
- (3)The students' interest in environmental problem has been deepened through this program.
- (4)Students became conscious of their learning ability through group works.

Our next step is to research how to make a total environmental education curriculum in junior high school.

# 中学校理科における酸とアルカリの 学習に関する予備知識調査

莊 司 隆 一

## 1 はじめに

酸・アルカリの概念は、化学の学習をする上での基本であるだけでなく、日常生活上も大変重要である。酸・アルカリに関する学習は小学校・中学校・高等学校でそれぞれ段階に応じた内容がカリキュラム上位置づけられているが、中学校では酸・アルカリの概念が操作的定義から概念的定義へと移り変わる段階にある。

中学校での酸・アルカリの学習を前にした生徒たちが、小学校での学習の成果を踏まえ、酸・アルカリに関してどのような知識をもっているかを調査した。いくつかの設問に対する回答を自由に記述させる方法を取った。

## 2 小・中・高各学校での「酸・アルカリ」の取扱い

### (1) 小学校における酸とアルカリの学習

小学校学習指導要領第2章第4節理科では、第6学年のBの内容として、次のように定められている。

- (1) いろいろな水溶液を使い、その性質や変化を調べることができるようにする。
- ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。
  - イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること。
  - ウ 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせると、別のものができること。
  - エ 水溶液には、金属を変化させるものがあること。

これを踏まえ、小学校の理科の教科書では酸性の液体として、炭酸水やうすい塩酸が、アルカリ性の液体として石灰水やうすいアンモニア水やうすい水酸化ナトリウム水溶液が、中性の液体として食塩水や水道水などが取り上げられ、指示薬としてはリトマス紙やムラサキキャベツの液が使われている。うすい塩酸の性質として、リトマス紙の色の変化などの他に、鉄やアルミニウムなどの金属を溶かすことが挙げられている。また、うすい塩酸とうすい水酸化ナトリウム水溶液とをほどよく混ぜ合わせると中性になり、食塩が生成することが扱われている。

これらはすべて定性的な実験であり、また酸性、アルカリ性、中性という性質はリトマス紙の色の変わり方で操作的に定義されている。

### (2) 中学校における酸とアルカリの学習

中学校学習指導要領第2章第4節理科では酸・アルカリに関して次のように定められている。

- (5) 化学変化とイオン
- イ 酸・アルカリ・塩
    - (ア) 酸とアルカリの性質を調べる実験を行い、酸とアルカリのそれぞれの特性が水



素イオンと水酸化物イオンによることを知ること。

(イ) 中和反応の実験を行い、酸とアルカリを混ぜると水と塩が生成することを見いだすこと。

(ウ) 中和反応の実験を行い、過不足なく反応する酸とアルカリの濃度と体積の間の関係を見いだすとともに、これをイオンと関連付けてとらえること。

また、内容の取扱いとして、次のように述べられている。

(6) 内容の(5)については、次のとおり取り扱うものとする。

ウイの(7)については、イオンの記号として、 $H^+$ 、 $Na^+$ 、 $Cl^-$ 、 $OH^-$ 程度を扱うこと。

これを受けて中学校の理科の教科書では、酸の水溶液としては塩酸が、アルカリの水溶液としては水酸化ナトリウム水溶液が中心に扱われている。前の小単元の「電気分解とイオン」での学習の成果を踏まえ、酸、アルカリそれぞれの水溶液が電離していることを示し、酸の水溶液に共通する性質は水素イオン $H^+$ によるものであること、また、アルカリの水溶液に共通する性質は水酸化物イオン $OH^-$ によるものであることを説明している。

### (3) 高等学校における酸とアルカリの学習

高等学校の学習指導要領の化学I Bでは、酸・塩基に関しては(3)物質の変化のなかで、「ア酸・塩基の反応」として(7)酸・塩基および(イ)中和と記述されているだけで、細かな取り決めはなされていないが、教科書では中学校の学習の基礎の上に、2価以上の酸・塩基が扱われている。酸・塩基の強弱や水素イオン濃度およびpHについても学習する。

## 3 調査の実施

資料にあるような調査問題を2年間にわたり、3学年の生徒に対して実施した。実施の時期は、「電気分解とイオン」についての学習が終了し、「酸・アルカリ・塩」の学習に入る直前であり、対象となった生徒は次のとおりである。

1993年度 クラスA (3年3組 男子21名 女子20名)

クラスB (3年4組 男子20名 女子21名)

1994年度 クラスA (3年1組 男子20名 女子21名)

クラスB (3年3組 男子20名 女子21名)

調査の回答方法は比較的自由に記述させるものだが、生徒の回答を読み取り、まとめる方法をとった。

## 4 調査の結果

各設問の内容と調査結果をまとめたものを次に示す。

**設問1 酸性、アルカリ性とは、それぞれどういうことですか。説明してください。**

表1. 設問1の調査結果

(上段左側の数字-男子の回答数, 上段右側の数字-女子の回答数, 下段の数字-合計)

	93年度 クラスA	93年度 クラスB	94年度 クラスA	94年度 クラスB	分 類 計
酸性-すっぱい アルカリ性-苦い(ビリビリする)	4, 1 5	-, 1 1	-, 1 1	3, - 3	① 10
酸性-リトマス紙が青から赤 アルカリ性-リトマス紙が赤から青	2, 1 3	1, 3 4	-, 3 3	-, - -	① 10
酸性-酸を含むもの アルカリ性-アルカリを含むもの	-, - -	2, 2 4	-, - -	3, 1 4	② 8
酸性-BTBで黄色 アルカリ性-BTBで青色	1, - 1	2, 5 7	-, - -	-, 1 1	② 9
酸性- $H^+$ (H)を含むもの アルカリ性- $OH^-$ (OH)を含むもの	-, - -	1, - 1	-, - -	1, 2 3	② 4
水素イオンが関係している	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	② 1
イオンの関係で何かある	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	② 1
酸性-pHは(7より)低い アルカリ性-pHは(7より)高い	7, 4 11	2, 1 3	3, - 3	1, 1 2	③ 19
pHが関係している	2, - 2	-, 2 2	1, 3 4	1, 1 2	③ 10
酸性-水素イオン濃度が高い アルカリ性-水素イオン濃度が低い	2, - 2	-, - -	-, - -	-, - -	③ 2
水素イオンの濃度が関係している	-, - -	-, - -	1, - 1	-, - -	③ 1
酸性-塩酸など危険なものがある アルカリ性-アルカリの水がよい	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	④ 1
酸性-人体に良くない(酸性雨) アルカリ性-人体に良い(飲むと良い)	-, - -	-, - -	2, 4 6	-, 1 1	④ 7
酸性-皆に嫌われる アルカリ性-皆に好かれる	-, - -	-, - -	2, - 2	-, - -	④ 2

酸性-酸(ものを溶かすもの)がある アルカリ性-人間の体になじみやすい	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	④ 1
酸性は二酸化炭素が多い	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	⑤ 1
アルカリ性-衣服の汚れを落とす	-, - -	-, - -	-, 1 1	-, - -	⑤ 1
液体の性質	-, 1 1	1, - 1	-, - -	1, - 1	⑤ 3
酸性-お酢に似ている アルカリ性-石けん水に似ている	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	⑤ 1

回答を見ると、次の5つに分類できる。

- |                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| ① 小学校で学習した知識で答えているもの。                | 20件 |
| ② 中学校で学習する語を用いて答えているもの。              | 23件 |
| ③ 高等学校で学習する語を用いて答えているもの。             | 32件 |
| ④ その生徒が持っている、酸・アルカリに対するイメージで答えているもの。 | 11件 |
| ⑤ その他                                | 6件  |

これを見ると高等学校で学習する語を用いての回答が目立つ。使っている語は「水素イオン濃度」と「pH」である。これは、高等学校の学習内容を既に学習しているということではないであろう。修学旅行の自然コースや総合学習(選択学習)の理科のコースで水について学習する機会があると、これらの用語についておおよその概念を学習することになる。実際に回答を見ると、これらの用語は必ずしも正確には使われてはいない。しかし、これらの語が酸性・アルカリ性を表すものであるという程度に理解している生徒は多い。

②に分類したもののうち、BTBの色で答えた生徒が多いが、これはすでに1分野・2分野双方の授業で使われているためである。

生徒のなかには酸性・アルカリ性という語に対し、ある種のイメージを持っている者がいるようだが、どちらかというとな性は人体に有害であり、アルカリ性は健康に良いと思うことが多いようである。「酸性雨」「酸性食品」など人間にマイナスに働くものと、「アルカリイオン水」「アルカリ性食品」などプラスに働くイメージのものを良く耳にする結果と思われる。しかし実際にはむしろアルカリ性の物のほうが、その取扱いに注意すべきであり、このようなイメージは変えていくような指導が必要であろう。

## 設問2 酸性の性質について、できるだけ多くあげてください。

表2. 設問2の調査結果

(上段左側の数字-男子の回答数, 上段右側の数字-女子の回答数, 下段の数字-合計)

	93年度 クラスA	93年度 クラスB	94年度 クラスA	94年度 クラスB	計
酸味がある(すっぱい)	16, 17 33	5, 5 10	10, 12 22	9, 9 18	83
青色リトマス紙につけると赤になる	12, 16 28	15, 16 31	5, 7 12	9, 12 21	92
B T B液を加えると黄色になる	8, 14 22	16, 16 32	5, 3 8	7, 9 16	78
石灰質の石をとかす	1, - 1	1, 1 2	-, - -	-, - -	3
金属をとかす	4, 1 5	5, 2 7	-, - -	-, - -	12
ものをとかす	2, 5 7	-, 1 1	2, 3 5	3, 1 4	17
物質にかけると何らかの変化をおこす	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	1
電流をよく通す	3, 2 5	-, 2 2	-, - -	-, 3 3	10
アルカリを混ぜると中性になる	1, - 1	1, - 1	2, 2 4	1, 2 3	9
(強いと)危険	1, - 1	-, - -	-, - -	2, 3 5	6
さわると危険	-, - -	-, - -	-, - -	1, 2 3	3
恐ろしい, とける, はげる	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	1
人体に有害(有毒)	-, - -	2, 3 5	-, 2 2	-, - -	7
においがある	-, - -	-, 1 1	-, 1 1	-, - -	2
健康によくない	-, - -	-, - -	1, - 1	1, - 1	2

殺菌作用がある	- , - -	- , - -	2 , - 2	- , - -	2
やけどする	- , - -	- , - -	2 , - 2	- , - -	2
どろどろしている	- , - -	- , - -	1 , - 1	- , - -	1
傷口にふれるとしみる	- , - -	- , - -	1 , - 1	- , - -	1
脂肪を分解する	- , - -	- , - -	- , 1 1	- , - -	1
燃える	- , - -	- , - -	- , 1 1	- , - -	1

結果を見ると、味に関する回答と指示薬（リトマス、BTB）に関する回答が圧倒的に多い。続いて「電流をよく通す」「金属をとかす」「ものをとかす」といった回答が多く見られる。これらの回答は小学校や中学校のこれまでの授業のなかで、実験をしたことであろうと思われる。その他の回答は表にあるとおり多岐にわたっているが、「危険」、「有害」など設問1で見られたように、人間にとって良くないものという印象をもっている傾向が見られる。「金属をとかす」、「ものをとかす」という性質が「恐ろしいもの」という印象に結びついていっているようにも見られる。

「においがある」という回答は、塩酸を想定しての回答と思われる。また、「どろどろしている」という回答は、硫酸を想定しての回答と思われる。このように、たまたま知っている1種類の酸の性質が、酸すべての性質とってしまうという傾向も見られる。これは、現在の教科書では、酸・アルカリともに共通する性質について学習することに重点がおかれているためであろう。酸に限らず物質の性質としては、共通する性質よりも、その物質固有の性質のほうが興味深いものが多いということもあり、できることなら数種類の酸について、共通の性質と個々の性質を学習するようなカリキュラムを組むようにしたい。

設問3 アルカリ性の性質について、できるだけ多くあげてください。
----------------------------------

表3. 設問3の調査結果

(上段左側の数字-男子の回答数, 上段右側の数字-女子の回答数, 下段の数字-合計)

	93年度 クラスA	93年度 クラスB	94年度 クラスA	94年度 クラスB	計
にがい (ビリッとする)	3, 7 10	2, 2 4	-, - -	-, - -	14
赤色リトマス紙につけると青になる	12, 14 26	15, 14 29	7, 6 13	10, 10 20	88
B T B液を加えると青色になる	11, 12 23	16, 16 32	4, 3 7	7, 11 18	80
フェノールフタレインを入れると赤くなる。	2, 5 7	4, 7 11	2, 2 4	1, 1 2	24
電流をよく通す	3, 1 4	1, - 1	-, 2 2	-, 1 1	8
酸性のものと混ぜると中和する (中性になる)	2, - 2	1, 1 2	2, 2 4	1, 2 3	11
体に良い (悪くない)	1, - 1	1, - 1	3, 1 4	2, - 2	8
体に悪い	-, - -	-, - -	-, 1 1	-, - -	1
ぬるっとしている	1, 1 2	-, - -	1, 1 2	-, 2 2	6
皮膚がとける	-, - -	-, - -	2, - 2	-, - -	2
タンパク質をとかす	2, 1 3	-, - -	-, - -	-, - -	3
悪臭がある	1, - 1	-, - -	1, 1 2	-, - -	3
さらさらしている	-, - -	-, - -	1, 1 2	-, - -	2
水によくとける	-, - -	-, - -	-, 2 2	-, - -	2
衣服の汚れを落とす	-, - -	-, - -	-, 1 1	-, - -	1

強いと危険	1, - 1	-, - -	--, - -	1, 1 2	3
飲むと危険	-, - -	-, - -	--, - -	1, - 1	1
危険	-, - -	-, - -	--, - -	-, 2 2	2
目にはいるとあぶない	-, 1 1	-, - -	--, - -	-, - -	1
しみる	2, - 2	-, - -	-, - -	-, - -	2
金属をとかす	2, 1 3	-, - -	-, - -	-, - -	3
ものをとかす	-, - -	-, 1 1	-, - -	-, - -	1

設問2の結果と同様、指示薬（リトマス、BTB、フェノールフタレイン）に関する回答は多い。BTBはこれまでの中学校の理科の授業のなかで使われてきたものであることは前に述べたが、フェノールフタレインも同様である。「味」に関する回答は少ないが、酸と異なり、実験で実際になめてみるということは当然のことながら行われなかったであろう。

設問3の結果を見ると、問1の結果と同様、「アルカリ」に対するイメージは良いという傾向が見られるが、「アルカリ」は危険であるという認識を持っている生徒もいるということがわかる。

酸と同様、たまたま知っている1種類のアルカリの性質が、アルカリすべての性質とってしまう傾向がある。例えば、「臭い」という回答はアンモニアを想定してのものであろう。

設問4 酸性のもので知っているものを、できるだけ多くあげてください。またそれらのものが酸性であることを知ったのは、いつ、どこで、どのようにして（何によって）ですか。

表4. 設問4の調査結果（酸性のもの）

（上段左側の数字-男子の回答数，上段右側の数字-女子の回答数，下段の数字-合計）

	93年度 クラスA	93年度 クラスB	94年度 クラスA	94年度 クラスB	計
硫酸	13, 9 22	9, 11 20	2, 4 6	8, 10 18	① 66
塩酸	17, 17 34	18, 18 36	5, 8 13	13, 15 28	① 111
硝酸	4, 2 6	-, 1 1	1, 1 2	3, 6 9	① 18

1995年6月

酢酸	5, 2 7	4, 4 8	-, 1 1	4, 5 9	① 25
ケイ酸	1, 1 2	-, - -	-, - -	-, - -	① 2
酢酸カーミン	-, - -	3, 1 4	-, - -	-, 1 1	① 5
レモン	9, 11 20	11, 11 22	8, 11 19	6, 12 18	② 79
みかん (オレンジ)	-, 1 1	2, 1 3	1, 2 3	1, 1 2	② 9
キーウイ	-, - -	1, - 1	-, - -	-, - -	② 1
酢	4, 5 9	8, 9 17	4, 6 10	1, 2 3	② 39
果汁	3, - 3	-, 1 1	-, - -	-, - -	② 4
うめぼし	3, 4 7	-, - -	2, - 2	1, - 1	② 10
炭酸 (炭酸水) (ソーダ水)	3, 4 7	7, 8 15	4, 4 8	4, 4 8	② 38
クエン酸	-, 1 1	1, 1 2	-, - -	-, - -	② 3
ホウ酸	-, - -	-, - -	-, 1 1	2, - 2	③ 3
リンス	-, - -	-, 3 3	-, - -	-, - -	③ 3
二酸化炭素	1, 1 2	-, 1 1	-, - -	1, - 1	③ 4
酸性雨	8, 5 13	6, 7 13	11, 14 25	7, 8 15	④ 66
胃酸 (胃液)	3, 1 4	2, 1 3	1, 3 4	1, - 1	⑤ 12

設問4の回答のうち、「知っているもの」について表4にまとめた。これをつぎのとおり5つに分類した。

① 試薬 (医薬品を含む)

227件



② 食品および食品の成分	183件
③ その他の身の回りにあるもの（リンスなど）	9件
④ 酸性雨	66件
⑤ 胃液	12件

この5つの分類ごとに、それぞれいつ、どこで、あるいはどのようにして知ったのかについて集計した結果を、表5にまとめた。

塩酸、硫酸など、理科の授業で扱われるものが多く挙げられているのは当然であろうが、レモンなどの食品も多く挙げられている。表5を見ると、小学校での授業のなかで、試薬類だけでなく、これら食品も多く扱われているということがわかる。また、食品に関しては「家で知った」あるいは「常識として知っていた」という回答も多く、生徒たちの日常生活のなかで、「すっぱい食べ物は酸性」ということが常識として定着していることが伺える。なお、キーウイなどすっぱいものを多く知っているはずだが、この種の調査をやるとレモンが圧倒的に多い。

酸性雨という回答が目立ったが、授業よりもむしろテレビなどで知ったという回答のほうが多かった。環境問題については社会的に大きな関心が持たれており、テレビの番組でもしばしば取り上げられている。なお「酸性雨」を「教科書」で知ったという回答のなかには「社会科」や「英語」の教科書といった記述も見られた。また、「修学旅行」で知ったという回答があるが、94年度の「環境コース」のなかで現地の人からそのような話があったということであった。

本校で毎年実施している実態調査によれば、本校の生徒の通塾率は約6～7割程度であるが「塾で知った」という回答は意外と少なかった。

表5. 設問4の調査結果（いつ、どこで、どのようにして知ったか）

（上段左側の数字-男子の回答数，上段右側の数字-女子の回答数，下段の数字-合計）

	試薬 (医薬品)	食品(食 品の成分)	他の身の 回りにあるもの	酸性雨	胃液	分類 計
小学校のころ、環境問題について調べている時	-, - -	-, - -	-, - -	1, - 1	-, - -	① ア 1
小学校で、リトマスで調べて	12, 2 14	4, 3 7	-, - -	-, - -	-, - -	① ア 21
小学校で、なめてみて	-, - -	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	① ア 1
小学校で、授業で (実験で)	35, 65 100	12, 22 34	1, - 1	-, - -	3, 1 4	① ア 139
小学校で、科学クラブで	2, - 2	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	① ア 2
鉄がとけたから	-, 2 2	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	① イ 2

中学校で授業で (実験で)	17, 16 33	2, 1 3	-, - -	1, 1 2	-, 2 2	① ウ 40
BTBで調べて	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	① ウ 1
学芸発表会の発表で	-, - -	-, - -	-, - -	-, 2 2	-, - -	① ウ 2
修学旅行で	-, - -	2, - 2	-, - -	6, 3 9	-, - -	① ウ 11
小学生のころ、本や雑誌で	10, - 10	3, 1 4	-, - -	2, 3 5	2, - 2	② ア 21
子供のころ食べてみてすっぱ かったので(レモンなど)	-, - -	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	② ア 1
すっぱいから酸性だと思った	-, - -	16 5 21	-, - -	-, - -	-, - -	② イ 21
アルミホイルで包んだら、穴 があきかけた	-, - -	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	② イ 1
卵の殻がとけたので	-, - -	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	② イ 1
10円硬貨がきれいになるから	-, - -	-, 2 2	-, - -	-, - -	-, - -	② イ 2
表示を見て	-, - -	-, - -	-, 3 3	-, - -	-, - -	② イ 3
名前からそう思った (塩酸など)	6, 7 13	1, - 1	-, - -	1, 3 4	-, - -	② イ 18
教科書で	1, - 1	1, 2 3	-, - -	1, - 1	-, - -	② イ 5
本や雑誌で	2, 7 9	2, 3 5	-, - -	3, 1 4	-, - -	② イ 18
小学生のころ、テレビで	-, 2 2	-, 1 1	-, - -	1, 3 4	-, - -	③ ア 7
テレビで (ニュースで)(CMで)	-, - -	-, 1 1	2, 3 5	10, 11 21	-, 1 1	③ イ 28
新聞で	-, - -	-, - -	-, - -	3, - 3	-, - -	③ イ 3

なんとなく知っていた (常識として)	9, 8 17	16, 17 33	-, 1 1	5, 8 13	1, 1 2	③ イ 66
誰かに教わった	-, - -	2, 6 8	-, - -	1, 1 2	-, - -	③ イ 10
塾で習った	5, 6 11	3, 3 6	-, - -	-, - -	-, - -	③ イ 17
家で知った (家の人に聞いて)	-, 2 2	5, 8 13	4, - 4	-, - -	-, - -	③ イ 19
家でリトマスで調べて	2, - 2	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	③ イ 2

表5にある回答を「知った場所」に関して次の3つに分類し、また「知った時」についても3つに分類し、それぞれの回答数を集計してみた。

- ・「知った場所」に関しての分類
  - ① 「学校で知った」と判断できるもの。
  - ② どちらとも判断できないもの。
  - ③ 「学校以外で知った」と判断できるもの。
- ・「知った時」に関しての分類
  - ア 「小学生の時」と判断できるもの。
  - イ どちらとも判断できないもの。
  - ウ 「中学生の時」と判断できるもの。

集計結果を表6に示すが、小学生の時に学校で知ったという回答が多い。学校以外で知ったという回答では、その時期がはっきりしないものが多いが、生徒たちは学校以外でもさまざまな形で知識を得ることが多いようである。

表6 酸性のものの「知った場所」, 「知った時」に関しての分類

	①学校で知った	②どちらともいえない	③学校以外で知った
ア. 小学生の時	162件	22件	7件
イ. どちらか不明	2件	69件	145件
ウ. 中学生の時	34件	0件	0件

設問5 アルカリ性のもので知っているものを、できるだけ多くあげてください。またそれらのものがアルカリ性であることを知ったのは、いつ、どこで、どのようにして(何によって)ですか。

表7. 設問5の調査結果(アルカリ性のもの)

(上段左側の数字-男子の回答数, 上段右側の数字-女子の回答数, 下段の数字-合計)

	93年度 クラスA	93年度 クラスB	94年度 クラスA	94年度 クラスB	分 類 計
重曹 (炭酸水素ナトリウム)	5, 3 8	5, 2 7	1, 1 2	-, 1 1	① 18
炭酸ナトリウム	-, - -	1, - 1	-, - -	-, - -	① 1
アンモニア水 (アンモニア)	9, 7 16	12, 11 23	4, 4 8	7, 10 17	① 64
水酸化ナトリウム	12, 13 25	17, 14 31	2, 4 6	10, 11 21	① 83
水酸化カルシウム (石灰水)	7, 6 13	4, 2 6	1, - 1	-, 1 1	① 21
水酸化バリウム	3, 2 5	1, 1 2	-, - -	-, - -	① 7
水酸化カリウム	7, 4 11	4, 1 5	-, - -	-, - -	① 16
水酸化マグネシウム	1, - 1	-, - -	-, - -	-, - -	① 1
灰じる	-, - -	1, - 1	-, - -	-, - -	① 1
スポーツドリンク (ポカリスエット)	-, - -	-, - -	2, 4 6	-, - -	② 6
海草(のり)	-, - -	-, - -	1, 2 3	-, - -	② 3
豆(納豆)	-, - -	-, - -	2, 2 4	1, 1 2	② 6
アロエ	-, - -	-, - -	-, 1 1	-, - -	② 1

ウメボシ	-, - -	-, - -	-, 3 3	1, 1 2	② 5
野菜くだもの	-, - -	-, - -	-, 1 1	2, 2 4	② 5
レモン	-, - -	-, - -	-, 1 1	4, 3 7	② 8
アリカリ水 (アルカリイオン水)	2, 3 5	-, 1 1	2, 4 6	5, 2 7	③ 19
おいしい水	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	③ 1
水	1, - 1	-, 1 1	1, 3 4	-, - -	③ 6
電池 (アルカリ電池)	6, 1 7	1, 3 4	2, 2 4	3, 3 6	④ 21
石けん (石けん水)	8, 8 16	1, 3 4	2, 1 3	2, 3 5	⑤ 28
洗剤	3, 1 4	-, 1 1	2, 2 4	1, - 1	⑤ 10
シャンプー	-, - -	1, 3 4	-, - -	-, - -	⑤ 4

設問5の回答のうち、「知っているもの」について表7にまとめた。これをつぎのとおり5つに分類した。

- |               |      |
|---------------|------|
| ① 試薬 (医薬品を含む) | 212件 |
| ② 食品および食品の成分  | 34件  |
| ③ 水 (おいしい水など) | 26件  |
| ④ 電池 (アルカリ電池) | 21件  |
| ⑤ せっけん・洗剤など   | 42件  |

この5つの分類ごとに、それぞれいつ、どこで、あるいはどのようにして知ったのかについて集計した結果を、表8にまとめた。

設問4と同様、水酸化ナトリウムなどの試薬類の他に食品に関する回答が目立つ。しかし表7を見るとわかるように「レモン」「うめぼし」など酸性のものが挙げられている。さらに「野菜」なども挙げられているのをみると明らかに、「アルカリ性食品」を挙げているものと判断できる。これらの回答をした生徒がアルカリ性食品についてどのように理解しているかは不明だが、混乱することのないよう指導する必要がある。

ところで、「アルカリ性食品」について、これらの生徒がどこから知識を得たかを調べてみると、次のような結果となった。

男子： CM-4件，教科書-2件，参考書-1件，小学校の授業-1件

女子： 表示-1件，教科書-3件，TV-3件，常識として-3件

教科書という回答が5件あったが，中学校の家庭科や保健体育の教科書では，酸性食品アルカリ性食品は扱っていない。本校で使用している理科の教科書にその記述があり，不適切な表現があるわけではない。未習部分であるが，生徒はその部分を読んでいたものと思われる。なお，レモン汁のように明らかに酸性のものをアルカリ性食品であるということの間違える単純な誤りだけでなくアルカリ性食品か酸性食品かということが，体内での生理的条件を左右するという誤解もしばしば見られるという指摘が，多くの専門家によりなされている。今回の調査でも明らかのように，生徒は学校以外でも多くのことを学ぶ機会が多く，そのような混乱を招かないよう指導していく必要があると思われる。

アルカリ性のものとして，「石けん」という回答も目立つ。「何となく知っていた」という回答も多いが，小学校の授業でという回答が多く，石けんが小学校でアルカリ性のものとして取り上げられていることを示している。酸性の場合の「レモン汁」やアルカリ性の「石けん」は必ずしも小学校の理科の教科書で扱われてはいないが，実際の授業で，身近な教材として扱われるものと思われる。これらが酸性あるいはアルカリ性であることをなんとなく知っていた（常識として知っていた）と答えた生徒でも，そのなかの何割かは小学校の授業で教わったものであるかもしれない。

表8. 設問5の調査結果（いつ，どこで，どのようにして知ったか）

上段左側の数字-男子の回答数，上段右側の数字-女子の回答数，下段の数字-合計

	試薬	食品*	水	電池	せっけん 洗剤など	分類 計
小学校の授業で	24, 35 59	-, - -	-, - -	-, - -	9, 5 14	① ア 73
中学校の授業で	17, 24 41	-, 1 1	-, - -	1, 1 2	2, - 2	① ウ 46
総合学習で	-, - -	-, - -	1, - 1	-, - -	-, - -	① ウ 1
化学クラブで	-, 1 1	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	① ウ 1
名前から (アルカリ水など)	-, - -	-, - -	2, 1 3	2, 1 3	1, - 1	② イ 7
なんとなく知っていた	17, 6 23	-, - -	1, 2 3	2, 2 4	6, 3 9	② イ 39
教科書や資料集	12, - 12	-, - -	-, - -	-, - -	-, - -	② イ 12
本や雑誌で	2, 7 9	-, - -	-, - -	-, - -	2, - 2	② イ 11

表示を見て	- , - -	- , - -	- , - -	3 , - 3	2 , 1 3	② イ 6
友人から聞いて	- , 1 1	- , - -	- , - -	- , - -	1 , 2 3	② イ 4
家で (家の人から)	- , 1 1	- , - -	3 , 1 4	- , - -	- , - -	③ イ 5
店で	- , 1 1	- , - -	1 , - 1	1 , 4 5	- , - -	③ イ 7
テレビ (CM) (理科の番組)	2 , 1 3	- , - -	2 , 3 5	- , - -	- , 4 4	③ イ 12
塾で	9 , 3 12	- , - -	- , - -	- , - -	1 , 1 2	③ イ 14
家でリトマス紙で調べて	3 , - 3	- , - -	- , - -	- , - -	- , - -	③ イ 3

\*アルカリ性食品は除いた

酸性の場合と同様、表8にある回答を「知った場所」に関して次の3つに分類し、また「知った時」に関するも3つに分類し、それぞれの回答数を集計してみた。

・「知った場所」に関する分類

- ① 「学校で知った」と判断できるもの。
- ② どちらとも判断できないもの。
- ③ 「学校以外で知った」と判断できるもの。

・「知った時」に関する分類

- ア 「小学生の時」と判断できるもの。
- イ どちらとも判断できないもの。
- ウ 「中学生の時」と判断できるもの。

集計結果を表9に示す。酸性の場合と同様、小学生の時に学校で知ったという回答はが多いが、中学生の時に学校で知ったというものも目立つ。学校以外で知ったという回答では、酸性の場合と同様、その時期がはっきりしないものが多いようである。

表9 アルカリ性のものの「知った場所」, 「知った時」に関する分類

	①学校で知った	②どちらともいえない	③学校以外で知った
ア. 小学生の時	7 3件	0件	0件
イ. どちらか不明	0件	7 9件	4 1件
ウ. 中学生の時	4 8件	0件	0件

## 5 まとめ

以上の調査結果より、つぎのことが明らかになった。

- ① 塩酸、硫酸など学校で使う試薬などの他に日常生活で使われているもののなかに酸性、アルカリ性のものが多くあることを生徒はよく知っている。
- ② 酸性のものは人間にとって悪いもので、アルカリ性のものは人間にとって良いというイメージを持っている生徒が少なからずいる。
- ③ ある酸（アルカリ）に固有の性質が、酸（アルカリ）に共通する性質とってしまう例がある。
- ④ 酸・アルカリについて、生徒たちは学校だけでなく、本や雑誌、テレビ、その他さまざまな形で知識を得ている。
- ⑤ 食品の酸性・アルカリ性に関して混乱している生徒がいる。

この結果から明らかなように生徒は、学校以外でさまざまな形で知識を得ている。これは「イオンという語」に関しての過去の調査でも同様の結果が出ている。しかし、このような形で入った知識はしばしば体系化されておらず、②、③、⑤のような混乱を招くことにもなっているものと思われる。2で述べたように現在の小学校、中学校のカリキュラムは酸・アルカリをおおきくつかんで理解させることに重点がおかれている。基本的な概念の習得という点では当然のことであるが、②、③、⑤のような点を意識しながら指導し、あるいは指導計画を立てる必要があると考えられる。

## 引用文献

- 1) 「小学校学習指導要領」 文部省
- 2) 「中学校学習指導要領」 文部省
- 3) 「高等学校学習指導要領」 文部省

## 参考文献

- 1) 「中学校理科におけるイオンの学習に関する予備知識調査」 莊司隆一  
筑波大学附属中学校研究紀要 第45号 (1993)
- 2) 「酸性食品・アルカリ性食品の理論をめぐる矛盾点」 山口迪夫  
日本化学会 「化学と教育」 Vol.37 606 (1989)
- 3) 「本校生徒の生活と意識－実態調査基礎統計」 筑波大学附属中学校 (1991)

SHOJI, Ryuichi: A research on Students' Knowledge of "Acid and Alkali" in Science  
at Junior High School



A research on Students' Knowledge of "Acid and Alkali" in Science  
at Junior High School

Ryuichi Shoji

Summary

A questionnaire on the knowledge of "Acid and Alkali" was conducted on junior high school students. The results were as follows:

1. Many students know that they can find various kinds of acid and alkali in daily life besides reagents at school.
2. Some students think that acids are harmful for humanbeings and alkalis are useful on the contrary.
3. Some students misunderstand that the characteristics of a particular acid are the properties of all acids.
4. Students get information on acid and alkali not only from science study at school, but also from books, magazines, TV-programs and various kinds of media.
5. Some students are confused concerning acidity and alkalinity of food.

From the facts mentioned above, we assume that the students get information on acid and alkali from various kinds of media. However, the correct knowledge cannot always be attained through such information. It is necessary to make a systematic curriculum of "Acid and Alkali" on the basis of these results.

研究紀要 第47号

---

印刷・発行 1995年6月

編集・発行 東京都文京区大塚1-9-1

筑波大学附属中学校研究部

(代表者 角田陸男)

印刷所 有限会社 甲文堂

〒112 東京都文京区大塚1-4-7

TEL. 03-3947-0844

[非売品]



BULLETIN  
OF  
UNIVERSITY OF TSUKUBA  
JUNIOR HIGH SCHOOL AT OTSUKA

Vol.47 JUNE 1995

Articles

- MOROZUMI Tatsuo: A Study on Learning of Algebraic Expressions at  
Junior High School  
— Focusing on Symbols Such as “□” and Omitting Operation — ..... 1
- KAKUTA Rikuo; KANEKO Takeo; SHOJI Ryuichi; ARAI Naoshi:  
An Approach to Environmental Education in Science  
— At Junior High School— .....25
- SHOJI Ryuichi: A Reserch on Students' Knowledge of “Acid and Alkali”  
in Science at Junior High School ..... 43

Published by

UNIVERSITY OF TSUKUBA JUNIOR HIGH SCHOOL AT OTSUKA