

第VI章 科学的問題解決能力育成を目的とした学習に関する実証的研究

科学的問題解決能力の育成を目的とした学習を進めるためには、科学的な探究の過程を明確にしておくことも重要である。

ここでは、理科における探究の過程を明らかにしておく。

従来、子どもたちが理科学習の中で自然の事物・現象を探究していく過程は、次のように直線的なパターンとして示されてきた。

問題の把握 → 仮説の設定 → 仮説の検証方法 → 仮説の検証 → 法則の発見

これは、探究の過程を極めて単純化した基本的なパターンである。近年の構成主義にたつ子どもの自然認識研究の成果^{31)~4)}は、子ども固有の自然認識の様式があることを明らかにしており、従来の直線的な探究活動のパターンは、生徒の学びの様式にそぐわないものと考えられる。

ここでは、素朴帰納主義の立場から、従来の探究の過程を構成する要素の検討を行うとともに、生徒が主体的に科学的問題解決学習に取り組む学習を成立させることを目的とした新しい学習パターンを検討する。

第1節 探究の過程を重視した科学的問題解決学習のパターン化

1. 実践的視点からみた従来の探究学習パターンの問題点

科学的な探究は、まず情報収集からはじまり、次に収集した情報を処理して、最後に一般化するという3つの類型に分けて考えることができる(表VI-1)。1つめの「情報収集」の段階は、仮説の設定、条件統一、対照実験等の内容を含む観察・実験の計画、器具

表VI-1 理科学習における「科学の方法」の類型と内容

類 型	内 容
情報収集	材料・資料の収集・準備, 実験計画(仮説、対照実験、条件統一) 器具の準備・組立, 実験操作, 観察, 比較, 測定(計数)
情報処理	分類, データ処理, グラフ化, データの分析と解釈(考察・推論) 記号化, 表現・伝達
一般化	モデル化, 抽象化, 法則化, 総合化・体系化・理論化

や薬品の準備、実験装置の組立や生物の採集・飼育・栽培による材料の収集、比較、操作、測定である。次の段階は「情報処理」で、分類、データ処理、グラフ化、データ分析や解釈等である。最後は「一般化」で、抽象化、法則化、モデル化を通した総合・体系・理論化を行う段階である。観察・実験の計画を立案するためには、種々の知識や技能とともに観察・実験の目的や意義の理解が必要である。従来の学校教育では、子どもが自分で観察・実験の計画を立てる「情報収集」のための時間を保障することが困難であり、この段階の能力の育成が十分になされていなかったように思われる。また、理科の学習がややもすれば知識の定着を目的とした観察・実験になりがちであったことを反省し、「観察・実験の計画立案」を探究活動の一つの段階として位置づけることが必要である。また、従来は観察・実験に用いる生物を採集することや飼育・栽培して準備することも、あまり重要視されていなかった。しかし、採集や飼育・栽培を通した体験によって、意欲や感性を育んだり種々の発見をしたりできると考えられることから、その教育上の意義を認める必要がある。「観察・実験」における操作・測定・比較等は、十分な訓練を行って技能として身につけることが必要な内容であり、そのためには、観察・実験の内容を技能の習得を目的としたもの、あるいは探究を目的としたものというように、目的を明確にして行う必要がある。「データ処理、グラフ化、データ分析と解釈、記号化」、「表現・伝達」も同様に、基本的な手法の習熟も合わせて行いながら、科学的問題解決学習を行うようにすることが必要である。

しかし、子ども自身に問題を設定させることは、困難を伴うことが多い。特に、生物に関する問題発見のきっかけは、身近な動物を身近において飼育したり、継続観察したりして日常的にその事象に親しむことが、問題発見の機会をとらえることに通じる⁹⁾とされている。つまり、問題発見の前提条件として、自然の事物・現象に十分慣れ親しんでおくことが必要であるといっても過言ではなく、原体験・基礎体験の少ない生徒に自ら問題を発見させることは困難を伴うであろう。

従来の探究学習の問題点は、問題発見の前提となる部分が示されていなかったことにあるものと思われる。したがって、筆者は従来の学習モデルに興味・関心を高めたり問題発見の場となる原体験・基礎体験を位置づけるべきであると考えている。

次に、生徒自身がいただいた疑問や問題を科学的問題解決学習に高めるには、教師の適切な指導や援助が不可欠である。つまり、生徒が積極的に取り組む原体験と主体的な問題解決学習の間には大きな段差があり、ここを教師がどのように橋渡しをするかが重要な点である。この段差を埋める指導・援助には次の3つの視点が必要である。

1つめとしては、生徒自身が考えた解決方法が、科学的な問題解決になっているかを常

に考えさせるようフィードバックすることである。つまり、生徒がいただいた漠然とした問題が観察・実験を通して検証可能な仮説（予想）になっているのか、どのような観察・実験を通して仮説を検証するのか、観察・実験の実施にあたって条件は統一できているのか、対照実験はどうするのか、どのように測定したり定量化したりするのか、データの数は十分か等、実験計画の立て方にいたるまで緻密な指導・援助が必要である。また、このような基本的な科学の方法が修得されていることも生徒が主体的な問題解決学習を行えるための前提条件である。

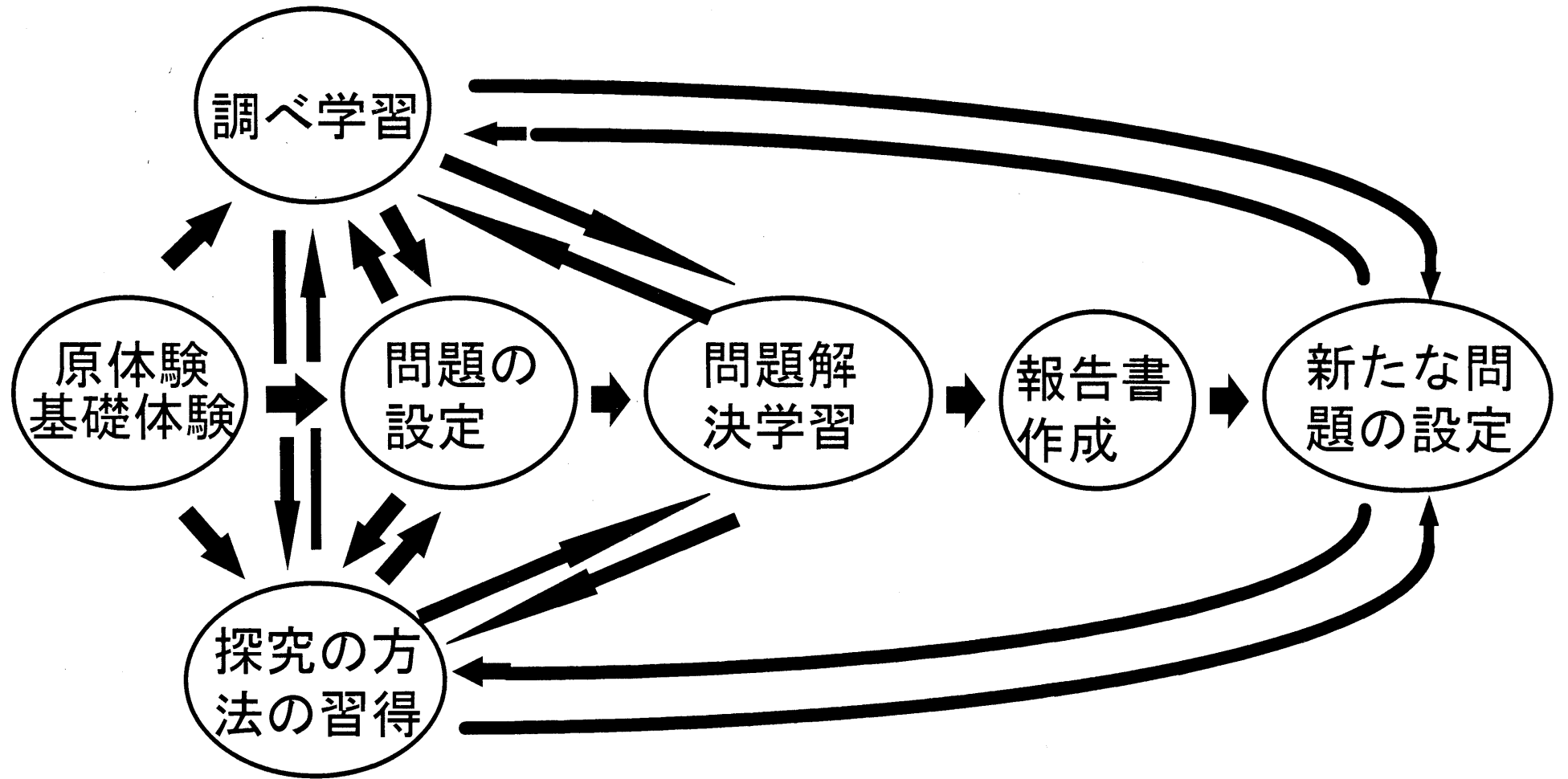
2つめとしては、実験書など問題解決のための手掛かりを得ることを目的とした図書の利用に関する指導・援助である。従来、理科学習において図書等を利用した調べ学習は重要視されてこなかった。しかし、探究における文献検索はきわめて重要な過程であることから、科学的問題解決学習のなかに適切に位置づけることが必要である。したがって、理科室や図書室に実験書や図鑑等をはじめとする図書やCD-ROMやインターネットによる検索が可能なマルチメディアの環境整備もこれからはあわせて必要である。

3つめは、問題解決学習終了後の報告書（レポート）の書き方に関する指導・援助である。科学の報告書は、一般的には、問題の所在、目的、方法、結果、考察、結語、文献等の項目が必要である。このような形式も指導しておくことが必要である。報告書のまとめ方は、一度習得しておくといろいろな場面での応用が可能になる。

2. 原体験を基盤とした新しい科学的問題解決学習のパターン

以上の視点を総合的にとらえ、「原体験・基礎体験」、「科学の方法の習得」及び「調べ学習」を従来の探究学習のパターンに位置づけたものが、新しい科学的問題解決学習のパターンである（図VI-1）。生徒が問題を意識化するまでには、自分の体験を基盤に事物・現象を科学的知識・概念と関連づけたり比較したりする思考の中で矛盾や問題点に気づくものと考えられる。この過程は決して直線的に進むものではなく、試行錯誤を繰り返して、行きつ戻りつを繰り返して（図VI-1において、原体験・基礎体験、探究の方法の習得、調べ学習、問題の設定の間で矢印が相互に向き合っているのは、このような過程を視覚的に表現したものである）次第に明確になるものである。また、その際の図書をはじめとする情報活用も重要である。矛盾や問題点を科学の方法にもとづき解決方法を考える際も同様で、試行錯誤の過程を経て解決のための具体的な手順が明確になってくるものと考えられる。

生徒は一般的に、原体験や基礎体験的な内容には主体的に取り組むものの、それを基盤に高次の科学的な問題解決学習に発展させることが難しいと言われてきたが、上述した学



図VI-1 原体験・基礎体験を基盤とした科学的問題解決学習のパターン

習モデルで教師が適切な指導・援助を行うことにより、従来から懸念されてきたこの問題を克服できるものとする。

次節では、本節で述べた観点で、タンポポを素材とした観察・実験の構造化を行う。さらに、その内容の一部を学習活動の類型に位置づけ、その妥当性を実証的に検討する。

第2節 タンポポを素材とした観察・実験の構造化

タンポポは、児童生徒にとって最も身近な植物の1つであり、小学校から高等学校まで段階的かつ系統的に教材として利用できる。そのため、タンポポを素材とした実践が、小学校から高等学校にいたるまで、数多くなされている^{6)～10)}。

ここでは、タンポポを素材とした観察・実験の内容を類型化するとともに、科学の方法の類型への位置づけも行い、タンポポを素材とした学習内容の構造化を試みる。

1. 目的

タンポポを素材とした科学的問題解決能力の育成を目的とした授業を行うための基礎的知見とするために次の2点を検討した。1つめは、タンポポを素材とした観察・実験の内容を、観察・実験の類型および科学の方法の類型に位置づけることである。もう1つは、タンポポを素材とした観察・実験の内容の構造化をはかることである。

2. 方法

タンポポを素材とした観察・実験に関する文献¹¹⁾から内容の洗い出しを行い、観察・実験の類型¹²⁾に位置づけた。次に、前節で述べた科学の方法の類型を手がかりに、その枠組みに観察・実験の内容を位置づけた。最後に、これらの知見をふまえ、原体験的な内容も加味し、学習内容の構造化を試みた。

3. 結果と考察

第IV章で述べた観察・実験の類型にもとづき、タンポポを素材とした観察・実験の内容を類型化した(表VI-1)。

まず、「感動・体験型」について述べる。ここに位置づけられる内容は、科学の方法の習得に直接的につながるものではないが、科学的な態度を育むと考えられる活動である。類型化した内容を具体的に述べると、小類型「原体験・基礎体験型」には、タンポポを素材とした遊び(花のかんむり、髪かざり、首かざり、風車、笛、草ずもう、花茎のストロー等)、根を掘る、種子をまいて育てる、根を植えて育てる、花を摘む、葉を摘む、葉を

表VI-1 観察・実験の類型にもとづいたタンポポを素材とした内容

類 型	具 体 的 内 容
領域総合化型	在来種・外来種の分布と生息環境（土、光質、開発状況）との関連
探究・問題解決型	生息地と土壌pH タンポポの分布図作成 外来種と在来種の発芽習性の比較（果実の休眠と発芽） 頭花の開閉運動と時刻、天気、気温との関係 外来種と在来種の果実の落下速度の測定とその比較 外来種と在来種の発芽と温度 光発芽性と光質（発芽習性）
科 学 の 方 法 及 び 内 容 習 得 型	原理・法則理解型 花のつくりの規則性
	発見・理解型 分類（セイヨウタンポポ、アカミタンポポ、カンサイタンポポ、カントウタンポポ、エゾタンポポ等） 葉の形態の変異 頭状花のつくり 小花のつくり 花茎の伸長と運動 結実までの日数 頭花あたりの小花と果実の数 1株当たりの種子の生産量 頭花の開花日数 小花の開花から結実までと冠毛柄の成長 茎の伸長実験 葉の形態を変える実験 根の再生実験 花茎の伸長帯観察 茎・花茎の維管束の観察 単為生殖の有無 花粉観察 デンプンの検出 葉や花の呼吸
	操作技能・情報処理習得型 スケッチ（葉、小花） 頭花あたりの小花と果実の数の集計（手作業及びパソコンによる度数分布表、ヒストグラム等の作成）
感 動 ・ 体 験 型	原理・法則体験型
	生活の科学体験型 タンポポコーヒーをつくる
	科学工作（遊び）体験型
	科学マジック型
	現象体験型 花の開閉運動（朝開いて夕方閉じる） 冬越しのようす（霜や雪をかぶったロゼット）
原体験・基礎体験型 タンポポを素材とした遊び（かんむり、かみかざり、くびかざり、風車、笛、草ずもう、花茎のストロー、人形、等） 根を掘る 果実をまいて育てる 根を植えて育てる 花を摘む、葉を摘む 葉を食べる	

食べる等が位置づけられた。また、小類型「現象体験型」には、頭花の開閉運動、冬越しのようす等が位置づけられた。さらに、「生活の科学体験型」には、タンポポコーヒーを位置づけた。なお、タンポポを素材とした観察・実験等には、「科学マジック型」、「科学工作（遊び）体験型」、「原理・法則体験型」に位置づけられる内容はなかった。

次に、「科学の内容及び方法習得型」であるが、ここに位置づけられるものは学習を通して科学の方法を直接的に身につけさせることが可能であると考えられる内容である。具体的に述べると、小類型「操作技能・情報処理習得型」には、葉や小花のスケッチ、顕微鏡を用いた花粉観察、頭花あたりの小花と果実の数の集計等が位置づけられた。小類型「発見・理解型」には分類（セイヨウタンポポ、アカミタンポポ、カンサイタンポポ、カントウタンポポ、エゾタンポポ等の分類）、生息環境による葉の形態変異、頭状花のつくり、小花のつくり、花茎の伸長と運動、結実までの日数、頭花あたりの小花と果実の数、1株あたりの種子の生産量、頭花の開花日数、小花の開花から結実までの冠毛柄の成長、茎の伸長実験、栽培環境を変えて葉の形態を変える実験、根の再生実験、花茎の伸長帯観察、茎・花茎の維管束の観察、単為生殖の有無、花粉観察、デンプンの検出、葉や花の呼吸等が位置づけられた。小類型「原理・法則理解型」については、花のつくりの規則性を位置づけたが、これは原理とか法則とよべるものではない。しかし、観察を通して明確な規則性を発見的に理解させることは、花のつくりの学習における重要な視点であるのでこの類型に位置づけた。

「探究・問題解決型」は、観察や実験の際に仮説を立てたり実験を工夫をしたりすることが必要な学習内容である。生息地と土壌pH、タンポポの分布図作成、外来種と在来種の発芽習性の比較、頭花の開閉運動と時刻・天気・気温との関係、外来種と在来種の果実の落下速度の測定とその比較、発芽習性と気温、光発芽性と光質等が位置づけられた。

最後に「領域総合化型」であるが、基本的には「探究・問題解決型」を総合化したものであり、物理・化学・生物・地学のあらゆる領域とのかかわりでタンポポの生活を総合的にとらえさせようとするものである。

次に、上述したタンポポを素材とした観察・実験の内容でどのような科学の方法の習得が可能かを考察するにあたって、まず科学の方法の類型について述べておく。科学の方法は前節で述べた類型を用いた。科学の方法の類型は、「情報収集」、「情報処理」、「一般化」の3つで、1つめの「情報収集」の項目は、「材料・試料の収集・準備」、「実験計画（仮説立て・条件統一・対照実験）」、「器具の準備・組立」、「実験操作」、「観察」、「測定」等である。2つめの「情報処理」の項目は、「比較」、「分類（同定）」、「データ処理」、「グラフ化」、「記号化」、「データの分析と解釈（推論、考察）」、

表VI-2 タンポポを素材とした学習を通して小中学生に習得させたい「科学の方法」とその内容

類 型	内 容	具 体 例	
情報収集	材料・試料の 収集・準備	観察・実験用の動植物 の採取及び栽培・飼育	カンサイタンポポ、セイヨウタンポポの果実の採取、 セイヨウタンポポを育てる等
	実験計画	仮説立て	タンポポの果実は林の中では発芽しない等
		対照実験	カラーセロファン透過光と自然光による発芽の比較、 単為生殖の有無の確認等
		条件統一	カンサイタンポポとセイヨウタンポポの発芽に要する日数 等
	器具の組立・ 準備	生物顕微鏡	花粉、気孔等の観察
		双眼実体顕微鏡	小花等の観察
	実験操作	プレパラート作成	スンプ法による気孔のプレパラート作成等
		顕微鏡操作	センタリング、ピント調節、しぼりの調整等
		定性分析	たたき染め等によるデンプンの検出等
	観 察		晴の日と曇や雨の日のタンポポのようす、頭花の1日の開 花運動頭花の開花日数、 1時間に訪れる虫の種類と数、 1株が春の間につける頭花の数等
比 較		セイヨウタンポポ、アカミタンポポ、カンサイタンポポの ヒストグラムの傾向の比較、 他の双子葉植物との芽生え、網状脈、主根・側根の比較、 アブラナ等標準的な花のつくりとの比較、 他のタンポポ亜科の花や体のつくりの比較等	
測定（計数）		小花の開花から結実までの変化と冠毛柄の成長、 小花数の計数等	
情報処理	分 類		セイヨウタンポポ、アカミタンポポ、カンサイタンポポ等 の同定
	データ処理		外来種（セイヨウタンポポとアカミタンポポ）とカンサイ タンポポの小花の最小値・最大値・平均値、度数分布表の 作成等
	グラフ化		ヒストグラムの作成等
	データの分析と解釈（考察・推論）		外来種（セイヨウタンポポとアカミタンポポ）のヒストグ ラムに2つのモードのある理由等
	記号化		タンポポの分布密度の表示等
	表現・伝達		スケッチ、レポート
一般化	モデル化		タンポポの根・茎・葉の維管束のモデル化等
	抽象化・一般化		タンポポのなかまの双子葉植物への位置づけ キク科植物の花のつくりの共通点等
	総合・体系・理論化		

「表現・伝達（スケッチ、レポート等）」である。3つめの「一般化」の項目は、「抽象化」、「法則化」、「モデル化」、「総合・体系化」、「理論化」等である。

以上に示した科学の方法の類型にタンポポを素材とした観察・実験の具体的内容を位置づけ、それらの内容を学習させることがどのような科学の方法の習得をさせることになるのかその意義づけを試みた（表VI-2）。

まず、「情報収集」の類型に属する内容についてみる。「材料・資料の収集・準備」は生物領域の学習においては、特に重要であり、教材となる生物無くしては学習活動が成立しない場合もあり得る。しかし、従来の理科教育においては児童生徒が自分で採取したり育てたりして材料を準備することを適切に評価していなかったように思われる。そこで、観察・実験用の生物の採取および栽培・飼育を科学の方法の1つとして、カンサイタンポポ、セイヨウタンポポの果実の採取、及びセイヨウタンポポを育てる等を位置づけた。「実験計画」の仮説立ての例としては、林の中にはタンポポが自生していないことなどから、「タンポポの果実は林の中では発芽しない」という仮説を立てること等が位置づけられる。対照実験の例としては、緑色のカラーセロファン透過光と自然光による発芽の比較や単為生殖の有無を調べる実験（2つの頭花のうち1つには紙袋をかぶせ、もう一方にはかぶせない）などが位置づけられる。「条件統一」については、カンサイタンポポとセイヨウタンポポの発芽に要する日数を調べる実験における、果実の採取条件（取り蒔き等）、光の照射条件の統一等が位置づけられる。「器具の組立・準備」は花粉や気孔等の観察に際しての生物顕微鏡や双眼実体顕微鏡の準備等が位置づけられる。「実験操作」としては、スンプ法によるプレパラート作成や顕微鏡操作におけるセンタリング、ピント調節、しぼりの調節等が位置づけられる。また、たたき染め法等によるデンプンの検出は、定性分析として位置づけることができる。「観察」は、晴の日と曇や雨の日のタンポポのようすや頭花の1日の開閉運動、1時間に訪れる虫の種類と数等が位置づけられる。「比較」はアブラナ等の標準的な花のつくりをもつものや他のタンポポ亜科の花のつくりの比較等が位置づけられる。「測定（計数）」は小花の開花から結実までの変化と冠毛柄の長さや小花の計数等が位置づけられる。

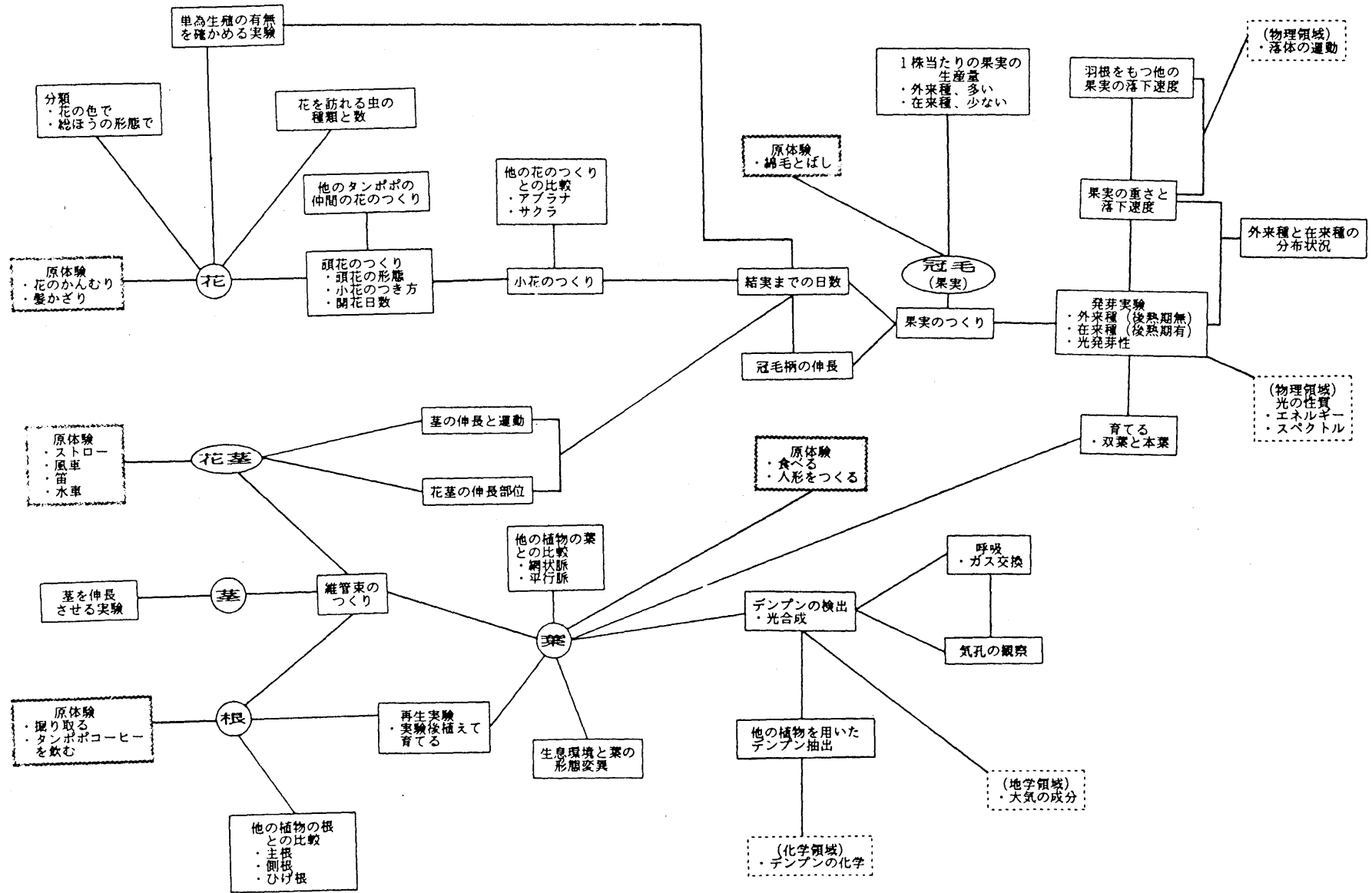
2つめの「情報処理」の内容としては、「分類」、「データ処理」、「グラフ化」、「データの分析と解釈（考察・推論）」、「記号化」、「表現・伝達」があげられる。「分類」には各種タンポポの同定を位置づけることができる。「データ処理」には、外来タンポポと在来タンポポの小花数の最小値・最大値・平均値を求めたり度数分布表を作成したりすることが位置づけられる。「グラフ化」には、小花数の度数分布表にもとづくヒストグラムの作成等が位置づけられる。「データの分析と解釈（考察・推論）」には、外

来タンポポ（地域によってはセイヨウタンポポとアカミタンポポの2種が混在して分布しており、そのような場合には正規分布を示さない）のヒストグラムにピークが2つ認められる理由を考察すること等が位置づけられる。「記号化」には、例えばタンポポの分布調査結果をまとめる際に群落の大きさや外来種と在来種の占める割合を記号で示すこと等を位置づけることができる。「表現・伝達」には、スケッチや文章表現によるレポート等が位置づけられる。

3つめの「一般化」の内容は「モデル化」、「抽象化・一般化」があげられる。「モデル化」には、花のつくりや根・茎・葉を全体的にとらえたモデル図の作成等が、また「抽象化・一般化」には、キク科植物の花のつくりの一般化等が位置づけられる。

最後に、以上のような知見をもとにタンポポを素材とする原体験や観察・実験の内容を花、冠毛（果実）、花茎、根、茎、葉の6つを核として構造化したものを示す（図VI-2）。花や葉等を核としたのは、子どもの興味や関心を最初にひくのは、生物の形や色、動きなど、目に見える部分であると考えたからである。図VI-2は、花、冠毛（果実）、花茎、根、茎、葉を素材とした観察・実験等の内容を有機的に関連づけた、いわばタンポポを素材とした学習地図である。この学習地図をもとに作成したワークシートを用いて児童生徒が学習することを想定してみると、子どもの興味・関心のある部分から学習に入っていけるわけであり、また指導者にとっては地図上のどこを学習し、その活動がどのような科学の方法の習得や科学的態度の育成を行っているのかが容易に把握することが可能である。さらに、図VI-2に示したように、タンポポを素材とした学習内容は、生物領域から物理領域や化学領域にまで発展が可能であり、領域の壁を取り除いた「領域総合化型」の学習も可能である。

上述した観察・実験のうち、例えば「タンポポの小花数のヒストグラム作成」の学習は「全面制御型学習」として、「花のつくりの規則性」の学習は「半発見型学習」として、「外来及び在来タンポポの分布状況と発芽習性」の学習は「誘導発見型学習」として位置づけることができる（図VI-3）。また、「タンポポをテーマとした課題研究」は「一人立ちの発見型学習」として位置づけることができる。



図VI-2 タンポポを素材とした学習内容の構造

調 べ 方 方 方 方 考 え 方 方 方 方 知 識 技 能	D				タンポポを 題材とした 自由研究
	C			外来・在来タ ンポポの分布 と発芽習性	
	B	在来タン ポポの小花 計数及びヒ ストグラム 作成	植物の体の つくり・花 のつくりの 規則性	外来タンポ ポの小花数 のデータ処 理	
	A				
(目標)		I	II	III	IV
(方法)		制	御	発	見
		制 全 御 面	半 発 見	発 誘 見 導	見 一 ちの 人 発 立

図VI-3 目標×方法のマトリックスへのタンポポを素材とした学習の位置づけ

第3節 「タンポポの小花数のヒストグラム作成」（全面制御型学習）の指導に関する実践研究

—データの収集及びその処理能力の育成—

前節では、タンポポを素材とした教育内容の洗い出しとその構造化を行った。本節ではその内容の中から「頭状花あたりの小花数と果実の数」をとりあげた。この学習は、タンポポの頭花あたりの小花の数を数え、度数分布表を作成するとともにヒストグラムにまとめる学習で、観察・実験等の類型としては小類型「操作技能・情報処理習得型」に位置づけられる。

ここでは、上述の学習が科学の方法の1つであるデータ処理の技法の習得を目的とした基本的かつ重要な内容であることから「全面制御型学習」として位置づけ、その指導法の妥当性を実証的に検討する。

1. 実践授業の内容

授業の概要は、以下の通りである。

対 象：神戸市立鷹取中学校の1年生の3学級を対象に行った。なお、鷹取中学校は、阪神高速道路に隣接した市街地に位置しており、校区内には在来種のカンサイタンポポはほとんど分布していないが、外来種のタンポポはふつうにみつかるといえる。なお、授業は筆者が行った。

時 期：1988年4月下旬～5月上旬

指導目標：タンポポの小花数の度数分布表、ヒストグラムの作成をとおして、データ処理の技法を習得させる。

内 容：カンサイタンポポ（神戸市西区で採取）の頭状花を1人に1本与え、その小花数を数えさせた。配当時間は1時間であった。

次の時間に、3学級分のデータを用いて度数分布表及びヒストグラムを作成させた。配当時間は1時間であった。

外来のタンポポについては、宿題として、自宅の周辺に生えているタンポポの小花数を数えさせた。度数分布表、ヒストグラムの作成は行わなかった。

2. 結果と考察

カンサイタンポポの小花数のヒストグラムは、ほぼ正規分布をしており、70にモードが認められた（図VI-4）。小花数の平均は、68であった。生徒は、小花数の計数やヒストグラムの作成に熱心に取り組んだ。時間内に度数分布表とヒストグラムの両方を完成でき

なかった生徒は各クラス数名いた。これらの生徒については、自宅で作業させ提出させた。最終的には全員が完成させることができたことから、指導目標はほぼ達成できたといえる。

タンポポの頭状花の小花数計数から度数分布表、ヒストグラム作成までの一連の作業は、科学の方法の1つであるデータの収集及び処理の技法の学習である。この学習は、手作業で行うことにその意義がある。身近にあり大量に入手できるタンポポだからこそ可能な学習といえる。

この学習をうけ、外来タンポポのヒストグラムとの比較を行わせる授業を計画した。その教材化の過程で外来タンポポの小花数のヒストグラムに興味深い事実が隠されていることが明らかになったので次に述べる。

2-1 2つの山をもつ外来タンポポの小花数のヒストグラム

カンサイタンポポと外来タンポポの小花数のヒストグラムの違いを考察させる授業の実施を計画した。そこで、指導計画の作成に必要な基礎的知見を得ることを目的に、生徒が宿題で計数した外来タンポポのデータについて筆者自身がヒストグラムを作成してみた。

その結果、外来タンポポでは明瞭なモードは認められず、110と160に2つのピークが認められた(図VI-5)。

これは、どのような理由によるものであろうか。筆者は、外来種であるセイヨウタンポポとアカミタンポポの2種のデータが混ざっているのではないかと考えた。

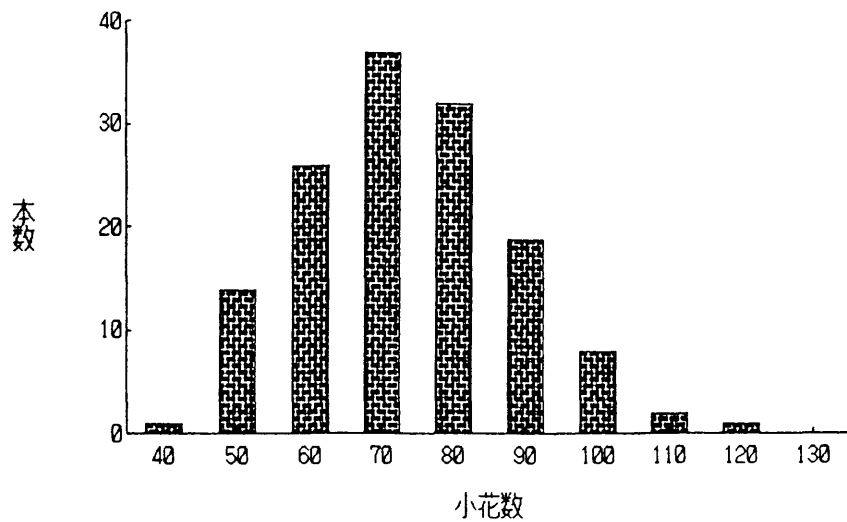
そこで、花が結実し、確実に両種が区別できる校区内の株について、果実数を数え、アカミタンポポ、セイヨウタンポポのモードと上述したピークが一致するかどうかを検討した。その結果、アカミタンポポでは110に、セイヨウタンポポでは160にモードが認められ、それぞれのモードは、図5の2つの山と一致した(図VI-6)。

以上の結果から、宿題として生徒が計数した外来タンポポのデータは、アカミタンポポとセイヨウタンポポの2種の混じったものであることが明らかになった。

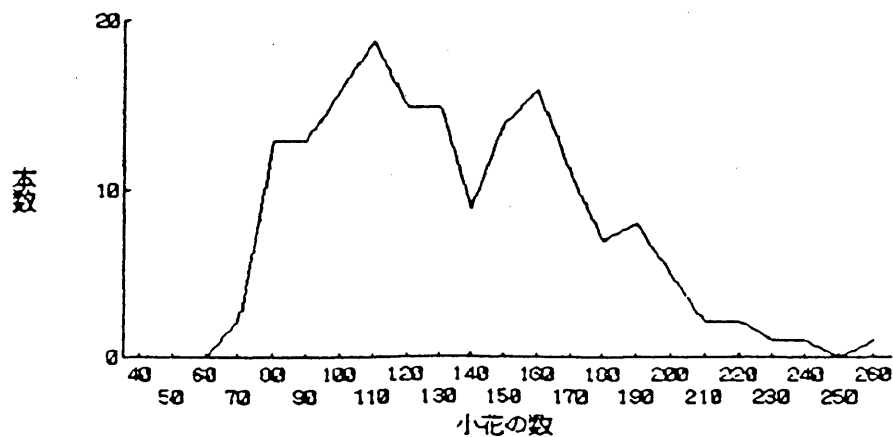
2-2 タンポポの小花のヒストグラムで何が教えられるか

上述したように、タンポポの小花のヒストグラムは、種により特徴的なパターンをもつこと、また、2種の外来タンポポが混在したデータでヒストグラムを描くと、正規分布ではなく2つのピークをもつ分布になることが明らかになった。

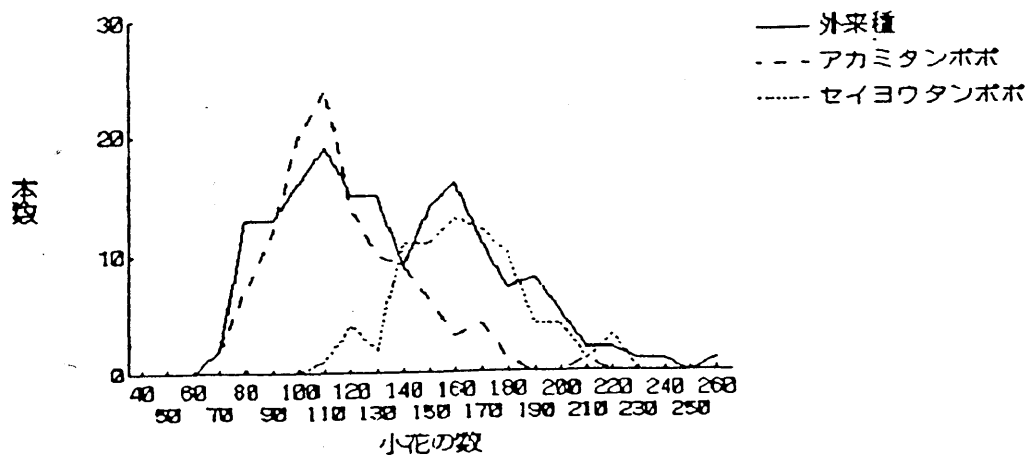
この事実は、次のような発展学習につなぐことができると考えられる。すなわち、外来タンポポの小花ヒストグラムには、カンサイタンポポのような明瞭なモードがみられず、2つのピークが認められる理由を考えさせるのである。その検証方法を考え、実際に確認



図VI-4 カンサイタンポポの小花数



図VI-5 外来タンポポの小花数の度数分布



図VI-6 アカミタンポポ及びセイヨウタンポポの小花数の度数分布

する学習は、教師の誘導による探究学習（誘導発見型学習）として位置づけることができる。

2-3 今後の展望（データ処理の学習におけるコンピュータ利用の可能性）

カンサイタンポポのデータ（3学級分約120本）をもとに度数分布表を作成し、ヒストグラムを描かせるのに1単位時間を要した。この学習は1単位時間をかけて手作業で行うことに意義があることは先に述べた。しかし、上述した「誘導発見型学習」まで手作業で行っていたのでは、時間がかかりすぎてしまい、効果的な学習を行うことはできない。

このような学習にこそコンピュータを活用すべきであろう。山極 隆¹³⁾は、生物教育で活用できるコンピュータの使用事例の1つとして、実験データの収集、分析、処理をあげている。現在、生物教育でコンピュータを知的ツールとして具体的にどのように活用するかが課題になっているが、本節で紹介したタンポポの小花を素材とした「誘導発見型学習」は、ロータス1-2-3など表集計ソフトを用いてこそ効果的な指導が可能になるものと考えられる。

タンポポは、身近な環境を考えさせるなど環境指標としてもすぐれた素材であるが、データ処理など科学の方法を教えたり、コンピュータを用いた発展学習を「全面制御型学習」として実施したりする上でも適した素材といえよう。

第4節 「外来タンポポの小花数のデータ処理」（誘導発見型学習）の指導に関する実践的研究

ーヒストグラムをパソコンで探究するー

前節では、外来タンポポの小花数のヒストグラムには2つのピークが認められることから、その理由を考察させる過程は教師の誘導による探究的な学習「誘導発見型学習」としてあつかえる可能性を述べるとともにデータの集計にコンピュータを用いることを提案した。

この「誘導発見型学習」は、山極 隆¹⁴⁾が生物教育において活用できるコンピュータの事例として取り上げている「データ処理、表集計、グラフ機能」の内容を満たすものである。また、情報活用能力の視点からみると「1. 情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力」に該当するものと考えられる。

本節では前節に引き続き、「頭状花あたりの小花数や種子数を実数としてとりあげ、度数分布表をつくり、これをヒストグラムにまとめる」学習（操作技能・情報処理習得型）を取り上げ、データ処理にコンピュータを用い、「誘導発見型学習」としての可能性を

践を通して検討した。

1. 実践授業の内容

授業の概要は、以下の通りである。

対 象：神戸市立鷹取中学校の1年生の3学級を対象に行った。なお、授業は筆者が行った。

時 期：1988年11月

2. 指導計画

本実践は、タンポポを素材としたカリキュラムの開発を目的として、1988年4月から5月にかけて行った一連の授業の一部である。

次に、本時までに行った一連の授業の概要を述べる（表VI-3）。第1次は「身近に生えているタンポポの観察」であり、野外に出て生えている場所のようすや葉のつき方など形態的特徴を観察させた。第2次は「タンポポの花のつくり」で、「小花のスケッチ」、「カンサイタンポポの小花数の計数」、「カンサイタンポポの小花数の度数分布表及びヒストグラムの作成」について各1時間の配当で作業をさせた。第3次では「タンポポとノゲシの花などのつくりの比較」について、1人に各1本ずつ与え、類似点と相違点について観察させた。第4次は「タンポポの分布図づくり」で、家の近くに生えているタンポポの場所を5,000分の1の地図上に表示させた。第5次が本時であり、「外来タンポポの小花数のヒストグラムから何がわかるか」である。授業の詳細については指導の過程の項で述べる。

表VI-3 本時までの指導計画（1988年4月～5月）

第1次	身近に生えているタンポポの観察	(1時間)
第2次	タンポポの花のつくり	
	タンポポの小花のスケッチ	(1時間)
	カンサイタンポポの小花数の計数	(1時間)
	度数分布表及びヒストグラムの作成	(1時間)
第3次	タンポポとノゲシの花などのつくりの比較	(1時間)
第4次	タンポポの分布図づくり	(1時間)
第5次	外来タンポポの小花数のヒストグラムから 何がわかるか	(1時間)

2-2 指導にあたって

指導計画に示した第1次及び第4次の授業は、1988年4月下旬～5月上旬にかけて行った。小花数の度数分布表、ヒストグラムの作成をとおして、データ処理の技法を習得させる授業は、カンサイタンポポ（神戸市西区で採取）の頭状花を1人に1本与え、小花数を数えさせた。

本時は第5次であり、1988年11月に行った。この授業では、外来タンポポのヒストグラムの作成をパソコンで行い、ヒストグラムの解釈など科学の方法の習得を目的とした学習を行った。

2-3 本時の学習指導

主題 外来タンポポの小花数のヒストグラムから何がわかるか

本時の目標

- ① 外来タンポポの小花数のヒストグラムの特徴から、2種類のタンポポの存在が推定できる。
- ② 2種類のタンポポが存在するという仮説を実証する方法を計画できる。

準備物

パーソナルコンピュータ1台、表集計ソフトウェア（ロータス1-2-3）、スライドプロジェクター2台、OHP1台、スクリーン2台

1-4 指導過程

授業の主な流れを次に述べる（表VI-4）。なお、本時は11月に行ったものであり、春の一連の授業から時間的に隔たりがある。

そこで、これまでの学習の経過を説明することから授業に入った。まず、スライドを用いて在来種のカンサイタンポポの総ぼうがそり返っていないことを思い出させるとともに小花数のヒストグラムが正規分布になっていたことを生徒が手作業で描いた図をOHPに投影して説明した。次に、学校の周りに生えている外来タンポポとカンサイタンポポのスライドを2台のスライドプロジェクターを用いて対比させて見せ、タンポポには在来種と外来種の2種類あったことを思い出させた。

表VI-4 本実践の指導案

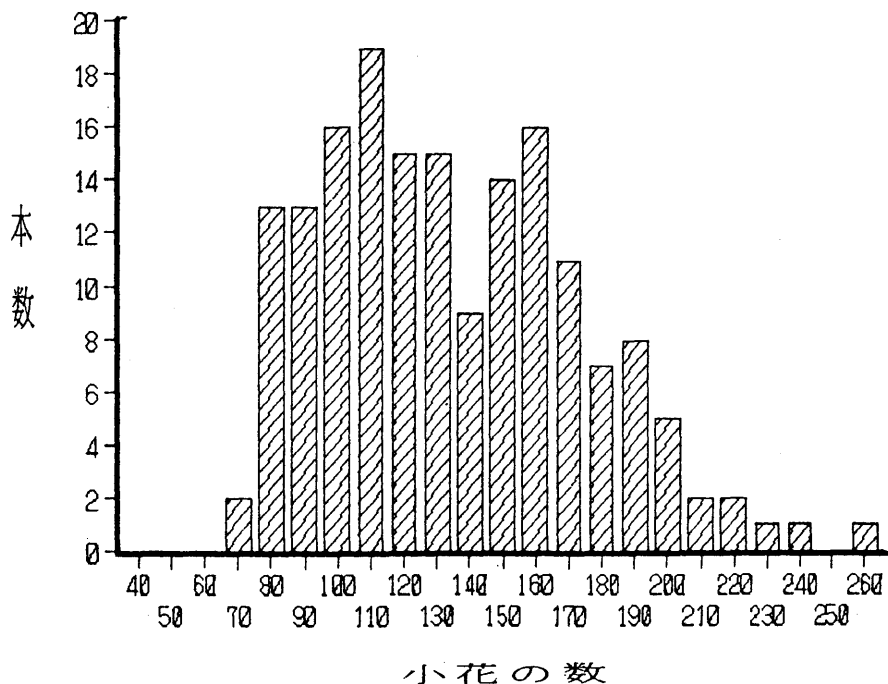
指導内容	生徒の活動	指導上の留意点
1. これまでのタンポポの学習の経過を説明する	<ul style="list-style-type: none"> ・説明を聞く 	
2. カンサイタンポポのスライドを投影し、総ほうの特徴に気づかせる	<ul style="list-style-type: none"> ・カンサイタンポポの総ほうはそり返っていないことを思い出す 	
3. カンサイタンポポの小花数のヒストグラムをOHPで投影し、正規分布になっていることを説明する	<ul style="list-style-type: none"> ・正規分布を自然界における1つの基本法則として理解する 	<ul style="list-style-type: none"> ・カンサイタンポポの小花数のヒストグラムは、1学期に学習しているので、特に正規分布に気づかせるよう注意する
4. 本校の近くで見つかる外来タンポポのスライドを投影し、カンサイタンポポとの相違点を説明する	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の「ひみつのタンポポ」は、外来タンポポであることを知る 	
5. パソコンでカンサイタンポポのヒストグラムの作成を代表の生徒に行わせる	<ul style="list-style-type: none"> ・代表の生徒がパソコンを操作し、ヒストグラムを作成するのを見る 	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコンが作成したヒストグラムをプリントアウトさせる ・プリントアウトされた度数分布をトラペンアップで処理する
6. ゴールデンウイークに宿題として数えた外来タンポポのデータをOHPで表示する	<ul style="list-style-type: none"> ・カンサイタンポポの度数分布表、ヒストグラムを手作業で行ったときの苦勞を思い出す 	
7. 外来タンポポの小花数の度数分布の作成を代表の生徒に行わせる	<ul style="list-style-type: none"> ・代表の生徒がパソコンを操作し、ヒストグラムを作成するのを見る 	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコンが作成したヒストグラムをプリントアウトさせる ・プリントアウトされた度数分布をトラペンアップで処理する
<p>8. 外来タンポポのヒストグラムをOHPで示し、2つのピークをもつことに気づかせる</p> <p>この点についてどのように解釈するかを各班で相談させる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに相談し、意見をまとめる ・外来タンポポのデータには2種のデータが含まれていることを仮説として考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・2種のタンポポが混じっているという意見が出るよう配慮する ・想定した考え方が出なければ話をカンサイタンポポの小花数が正規分布していたことにもどす

<p>9. セイヨウタンポポ、アカミタンポポの花、葉、果実のスライドを投影し、仮説を検証する上で、両種のどのような特徴に着目すればよいかを考えさせる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・果実の色の違いが、両種を確実に区別できる形質であることに気づく ・果実を計数すればよいという結論に達する 	<ul style="list-style-type: none"> ・2台のプロジェクターで対比させながら投影する ・外来タンポポの小花はほとんどすべて結実することを補足説明しておく
<p>10. 代表の生徒にパソコンを用いてアカミタンポポとセイヨウタンポポのヒストグラムの作成を行わせる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・代表の生徒がパソコンを操作し、ヒストグラムを作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・プリントアウトされた度数分布をトラペンアップで処理する
<p>11. 外来タンポポのヒストグラムの各ピークとアカミタンポポ、セイヨウタンポポのモードが一致することをOHPで示し、仮説が正しかったことを証明する</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・各自が宿題で計数した家の近くのタンポポはアカミタンポポかセイヨウタンポポであったことに気づく ・小花の数が種の1つの特徴であることに気づく ・科学の方法の1つである、データ処理、仮説→検証の手法を知る 	
<p>12. まとめ</p>		

この後、パソコンが扱える係生徒にカンサイタンポポと外来種の小花数のヒストグラムを作成させ、トラペンアップで処理した。これを OHP に投影し、外来種の小花数は正規分布にならないで、2つのピークのあることに気づかせた後、この違いをどう解釈したらよいかを班ごとに相談させた（図VI-7）。

外来種には2種類あるのではないかという答えが出た後、セイヨウタンポポとアカミタンポポの頭花、種子のスライドをそれぞれ対比させながら見せ、これを検証するためには花と種子のどちらに着目しなければならないかを考えさせた。最後に、すでに入力してあるアカミタンポポとセイヨウタンポポの種子の数のデータを用い、係生徒にヒストグラムを作成させた。それぞれの種のモードが外来タンポポの2つのピークと一致することをOHPで示し、仮説が正しかったことを説明した。

以上の結果から、「誘導発見型学習」として行った本実践は、妥当であったと考えられる。



図VI-7 外来タンポポの小花数の度数分布

2. 授業を終えて— 学習を支えるツールとしてのコンピュータ利用の可能性

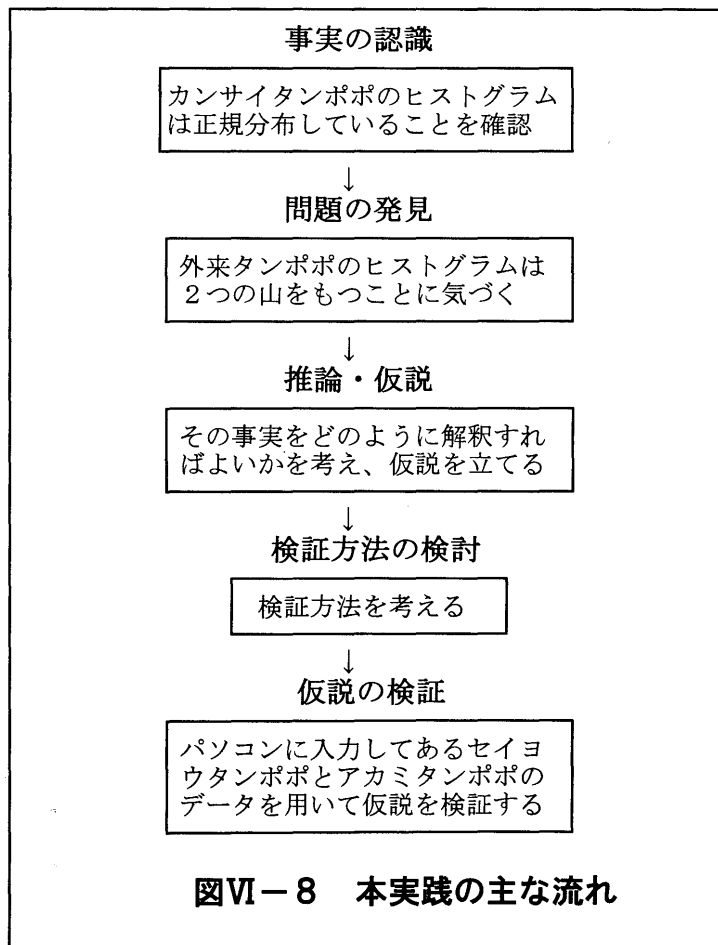
カンサイタンポポのデータ（3学級分約120本）をもとに度数分布表を作成し、ヒストグラムを描かせる授業では1単位時間を要した（第3次の第3時）。この学習の意義は、手作業で時間をかけて行うことにあった。しかし、本時のような探究的な学習まで手作業で行っていたのでは、時間がかかりすぎてしまい、能率的な学習を行うことは困難である。

近年、理科教育でコンピュータを知的ツールとして具体的にどのように活用するかが課題になっているが、本実践は、ロータス1-2-3など表集計ソフトウェアを用いた授業のありかたの一例を示すものである。また、生徒一人ひとりがコンピュータの操作技能を習得した状態であれば、情報活用能力の育成にも有効な学習であると推測される。

本実践の基本的な流れは、水越敏行の提唱する発見学習の基本過程である、①課題をとらえる、②予想を立てる、③仮説にたかめる、④確かめる、⑤発展する¹⁵⁾、とよく一致しており、この学習過程は、科学の方法そのものと言えよう（図VI-8）。授業の要所要所で、生徒から期待していた答えが得られ、ほぼ計画通りの展開ができた。このことから、コンピュータを理科学習に取り入れることにより、時間がかかりすぎて今まで授業では取り扱えなかったデータ処理が短時間ででき、探究の過程を重視した授業展開が可能であること

が明らかとなった。グラフ化やデータ処理の基礎基本を手作業で行わせ、その技能や意義を学習させた後、コンピュータを活用させれば、効果的な理科指導の展開が可能であると考えられる。

また、タンポポは、身近な環境を考えさせるなど環境指標としてもすぐれた素材であるが、データ処理や探究の過程など科学の方法を教えたりする上でも適した素材であることが明らかになった。そのような意味において、本実践では、身近な自然とコンピュータとを関連づけ、パソコンをツールとして用いる理科授業の1つの方向性を示すことができた。このような学習は、まず「全面制御型学習」として実施し、基礎・基本を習得した後、次第に「誘導発見学習」、「一人立ちの発見学習」へと導くことが重要であると考えられる。



第5節 「植物の体のつくり」（半発見型学習）の観察指導に関する実践研究

ここでは、タンポポを素材とした理科学習の内容の中から、「タンポポとノゲシの形態的特徴の観察」を取り上げ、「半発見型学習」として実践を行い、指導上の問題点やその改善に関する検討を行う。

1. 実践の意義と目的

植物など自然物を比較観察して、その特徴を記述する能力は、科学の方法の類型でいうと「操作技能・情報処理習得型」に位置づけられる基本的事項の1つである。このような学習の場を理科教育に取り入れることは、科学の方法の習得とともに植物の形態を観察する視点を養う上で有意義である。

しかし、野生の素材となるとなかなか適当なものがなかったり、指導者がどのような観点で観察させたら良いのかわかりにくかったりして、日常的に実践が行われるに至っていないのが現状である。

その点、タンポポとノゲシは、本実践を行った神戸市内にも広く分布していて手軽に入手できる素材である。また、ともにタンポポ亜科に属していて、花のつくりなど特徴が酷似した部分と茎の長さなど明らかに異なる部分があり、比較観察の観点を明確に設定し易いという特徴がある（表VI-5）。以上の点から、タンポポとノゲシは比較観察の素材として適切な植物と考えられる。

本実践では、タンポポとノゲシの体のつくりの比較観察を自由に行わせることにより、生徒がどの部位に着目し、どのように表現するか、その内容を検討し、植物の形態観察の効果的な指導法改善の手がかりを得ることを目的とした。

表VI-5 タンポポ属とノゲシ属の共通点と相違点

	共通点	相違点
タンポポ属 <i>Taraxacum</i>	<ul style="list-style-type: none"> ・頭状花序 ・小花はすべて舌状花 ・花茎に乳液を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・茎が短く、葉は根元から生えている（根生葉をもつ） ・1本の花茎が長く先端に頭花が1つ付いている
ノゲシ属 <i>Sonchus</i>		<ul style="list-style-type: none"> ・茎が長く直立する（茎葉をもつ）* ・地上茎の葉腋から1～3本の花茎を出し、頭状花をつける

*栄養成長期（ロゼット期）を除く

2. 実践授業の内容

授業の概要は、以下の通りである。

対 象：

神戸市立鷹取中学校の1年生の1学級36名を対象に行った。なお、本実践を含む一連の授業は、筆者が行った。

時 期：

1988年5月上旬

目 標：

タンポポとノゲシの形態の相違点と類似点を観察、記述することにより、植物を観察する際にはその視点や各部の名称を正しく理解しておくことが大切であることを理解させる。

内 容：

タンポポ（セイヨウタンポポ）とノゲシを生徒に各1本ずつ与え観察させた。ノゲシは茎から折った状態のものを与えた。タンポポは花茎から折った状態のものを与えたが、その理由は2つある。1つは、葉が付いた状態のものを生徒の数だけ採取し、授業に用いるまで新鮮な状態で保管することが物理的に困難であったこと。2つめは、後述するように、タンポポの体の全体的な観察はすでに野外で終えていたため花茎から上部の観察で目標が達成できると考えたからである。

観察にあたっては、課題として「タンポポとノゲシの体のつくりのよく似ている点と違う点を調べてまとめてみよう」を与え白紙に自由記述させた（図VI-9）。なお、本時までにタンポポを素材とした学習は「身近に生えているタンポポの野外観察」、「タンポポの小花のつくり」（スケッチを行い雌しべ等各部の名称を記入）、「カンサイタンポポの小花数の計数」、「小花数のヒストグラムの作成」を各1時間、計4時間実施している。

また、「花のつくり」の学習に関しては、ニセアカシア（マメ科）、アブラナを素材に各1時間授業を行っている。

データの処理方法：

生徒が記述した図と文章から共通点と相違点に関する表現を、カードに書き出し、それを類似しているものどうしをグルーピングし、生徒の観察の観点とした。なお、舌状花や総ほうなど用語を知らないため、図で表現したもののうち、共通点や相違点に気づいていると思われるものは、その旨をカードに書き出し、同様に処理した。

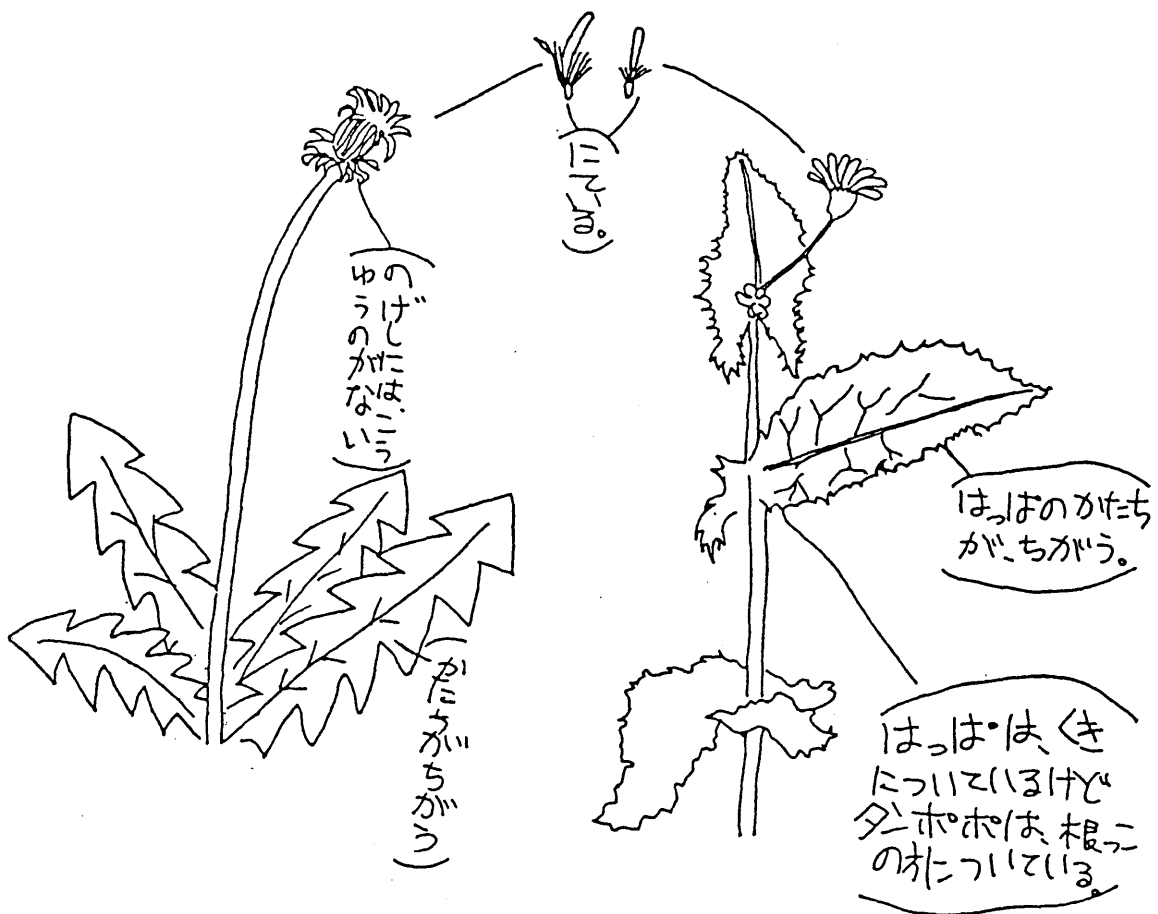
3. 結果

3-1 生徒が指摘したタンポポとノゲシの共通点と相違点

生徒が指摘したタンポポとノゲシの体のつくりの共通点と相違点、及びそれらを指摘した生徒の割合を示した(表VI-6)。

生徒が指摘した両者の共通点は、①花の色が黄色である、②舌状花である、③おしべとめしべがある、④冠毛(がく)をもっている、⑤果実の形態、⑥切り口から乳液が出る、の6つに集約できた。

花の色について記述していた生徒の割合は、36.1%であった。タンポポとノゲシの花弁はともに舌状花であるという点を記述した生徒は80.6%に達した。雄しべと雌しべが両種ともあることを用語を用いて記述していたのは25.0%であった。なお、雄しべと雌しべについては、図で的確に表現した生徒は1名もいなかったもので、用語を用いたものだけを取り上げた。花弁が舌状であることに気づき、なおかつ、雌しべと雄しべも共通しているこ



図VI-9 生徒が描いたタンポポとノゲシの図の例

(この生徒は、舌状花、がく、葉のつき方、総ほう、葉の形の5項目について、図と文章で指摘している)

表VI-6 生徒が指摘したタンポポとノゲシの体のつくりの共通点と相違点

生徒 No.	共 通 点						相 違 点			
	色	舌状花	雄しべと 雌しべ	がく	果実	乳液	頭花のつき方	葉のつき方	葉の形	総ほう*
1	○	○								
2	○									
3	○	○					○	○		
4			○	○	○					
5										○
6						○	○	○		
7		○		○	○		○			
8		○	○	○	○					○
9					○					○
10		○		○				○		○
11	○	○					○			
12		○		○				○	○	○
13			○			○				
14		○		○						
15		○	○	○			○	○		○
16		○	○	○			○			
17		○						○		○
18		○		○	○			○		
19	○	○			○					○
20		○					○			○
21	○	○	○	○						
22	○	○	○	○			○			
23	○	○								
24		○					○	○		○
25		○		○						
26							○		○	○
27	○	○	○	○		○	○	○	○	
28		○	○			○	○	○		○
29		○								
30	○	○								○
31		○		○			○	○		
32	○	○							○	○
33	○	○		○			○			○
34		○		○			○			○
35	○	○		○		○				○
36		○				○	○			
指摘率	36.1%	80.6%	25.0%	47.2%	16.7%	16.7%	44.4%	30.6%	11.1%	47.2%

* 生徒は外総ほう片のそり返りの有無を相違点としたが、総ほうそのものを共通点として指導すべきであろう

とを記述した生徒は7名で、全体の19.4%であった。がく（冠毛）について、図あるいは用語で記述した生徒は47.2%で、そのうち「がく」という用語を用いたのは1名だけであった。花のつくりを総合的に、すなわち、両種とも舌状花で雌しべと雄しべ、がくをもっていることを指摘できたのは6名で、全体の16.7%であった。花以外では、果実の形態を共通点として記述した生徒が6名で、16.7%であった。また、切り口から乳液が出てくることを共通点として記述した生徒も6名で16.7%であった。

次に、生徒が指摘した相違点は、①頭花のつき方、②葉のつき方、③葉の形、④総ほう片の反り返り方、の4点であった。

頭花のつき方、葉のつき方及び葉の形の違いを指摘した生徒の割合は、それぞれ44.4%、30.6%、11.1%であった。また、外総ほう片がセイヨウタンポポでは反り返っているのに対し、ノゲシでは上向きになっている点を両種の相違点として指摘した生徒の割合は47.2%であった。その内訳をみると、図を描いて指摘した生徒は33.3%、用語を用いて指摘したのは2.8%、図を描いただけで特に指摘していない生徒は11.1%であった。

3-2 あいまいな茎の概念の認識

生徒がタンポポとノゲシの相違点として記述した表現のうち、茎の概念の認識があいまいだと思われるものがあつた。その内容をまとめると以下のようになる。

①タンポポの茎には葉がついていないのに対し、ノゲシでは茎に葉がついている（10名）。

②タンポポでは1つの茎に花（頭花）が1つ咲くのに対しノゲシではたくさんの花が咲いている（16名）。

葉のつき方の相違を指摘した人数は11名であるが、そのうちの1名は、「タンポポの茎は下の方にあり短い」「ノゲシはタンポポと違って茎が長い」という表現を用いていた。

4. 考察

本実践において、タンポポとノゲシの花のつくりの共通点として、舌状花、雄しべ、雌しべ、がくを持っていることを記述できたのは、わずか19.4%であった。本時に先立ち、タンポポの小花のつくりをスケッチさせた後、花のつくりの説明は行っている。また、ニセアカシアやアブラナを用いての観察も行っている。それにもかかわらず、正しく記述できる生徒の割合が低いということは、花のつくりを観察する意義やその視点が一般化された形で理解されていない、表現を変えると花の概念があいまいであることを示しており、指導上の問題があつたものと考えられる。

花のつくりを観察することは植物の学習上大切であるとされているが、その理由はどこにあるのであろうか。この点について、小林萬壽男は、「花は植物の一生の生活の中で短期間しか環境にさらされないために、環境からの影響をほとんど受けず、遠い祖先そのままの姿を出現する。このような理由から、植物の類縁関係を調べて、系統をさぐったり分類したりする際には、花の形質を調べる必要がある¹⁶⁾。」と述べている。

なお、花の基本的なつくりは、「雌しべは中央で最上位に位置し、雄しべはその外側でしかも下位に位置し、花弁はさらにその外側で下位に、がく片はさらに外側で下位に位置している¹⁷⁾」と一般化することができ、指導者としてはこの視点をもって、実践にのぞむことが大切であると思われる。

次に、茎であるが、これも花の場合と同様に概念があいまいであると考えられる。生徒は、「タンポポは茎に葉がついていない」、「タンポポでは茎につぼみがついていないのに対しノゲシでは茎につぼみがついている」などと表現しているが、後述するように茎の定義に従うと、この表現は誤りである。

茎など理解に困難を要するとは思われない概念の形成があいまいな理由は、次のように考えられる。すなわち、日常的には地上部に出て立っている部分を茎と呼ぶ傾向があり、これが生物学的な茎の定義と一致しない場合があるためであろう。

茎を一般化して述べると「茎の先には必ず芽があり、茎は多くの場合葉をもっている。また、茎と葉の間には側芽がある。」となる。タンポポを例に述べると、葉や花は地上部のごく短い部分についており、ここが茎ということになる。上述の「タンポポは茎に葉がついていない」という生徒の表現に対し、一般化した茎の見方を指導することにより、あいまいだった概念が正しく修正できるであろう。また、ジャガイモやレンコンがどのような根拠で茎と呼ばれているかなど、学習をさらに深めることができるであろう。

花のつくりや茎に限らず、一般化された規則性や法則性のあるものは、事物・現象を観察する際のいわば「武器」となるものである。生徒自身の観察から一般化にまで高めることが最も望ましいことであるが、授業時数や生徒の能力等種々の要因により困難を伴うであろう。まとめの段階等で一般化し、観察の方略として教えれば、実物から得た知識と一般化された知識が関連づけられ、生きて働く知識になるものと考えられる。

以上のように、本実践の結果、生徒には花のつくりを総合的に観察する視点や茎などの概念があいまいであることが明らかとなった。このような実態が一般的な傾向なのかどうかは、同様の調査結果がないので不明である。しかし、いずれにせよ植物の形態に関する観察を効果的に行うには、学習のある段階で定義や一般化を行うとともに、概念があいまいであればそのことを自覚させ、それを修正する指導が必要であろう。タンポポとノゲシ

の比較観察は、生徒の持っている概念にゆさぶりをかけることができる教材といえる。

生物領域においては、物理や化学領域のように、基礎的な知識・技能が習得されていないとその後の学習内容が理解できにくい¹⁸⁾、ということは少ないと思われるが、今後の理科教育においては、正しい概念が身につくような指導法改善の検討を積極的にすすめることが大切であろう。つまり、本実践で取り上げたような基本的な内容の学習において、「一人立ちの発見型学習」は適切ではなく、教師の適切な指導のもとで「半発見型学習」として進めることが重要である。

なお、生物領域の学習の基本は実物を通して行うものであり、観察よりも一般化が先行したり観察を行わないで一般化だけ行ったりするような指導がなされるのは問題であることは言うまでもない。

第6節 「花のつくりの規則性」（半発見型学習）の観察指導法に関する実践研究

前節では、植物の体のつくりの学習などにおいては、まとめの段階で規則性等を一般化し、観察の武器として教えることにより、実物から得た知識と一般化された知識が関連づけられ、生きて働く知識になると推察されることを述べた。つまり、物理や化学領域の学習だけではなく、生物領域においても演繹的な視点で自然をみる学習指導の必要性について述べた。

理科の学習内容を演繹的か帰納的かの視点でみると、物理・化学では原理や法則があるため演繹的な学習が多いのに対し、生物では事物を観察させたりそれをもとに考えさせたりするどちらかといえば帰納的な学習が多い。生物の学習でも物理・化学と同様に、規則性があったり定義がなされていたりして、これを知っていなければ理解できない学習内容がある。生物の学習でも規則性や定義をきちんと教え、演繹的なものの見方で学習する場面を設定することにより学習効果を高めることが可能と考えられる。

本節では、生物の学習に演繹的な視点を取り入れる必要性を、「花のつくりの規則性」の学習を「半発見学習」として実践し、その基本的理念について述べるとともにその有効性について検討する。

1. 植物の形態の学習における演繹的なものの見方、考え方の必要性

植物の体の各部の名称には、さまざまな定義や一般化がなされている¹⁹⁾（表VI-7）。この定義を無視して指導することは、植物を正しく観察する武器を与えていないばかりか生徒の認識に混乱をおこさせることになる。

表VI-7 花の各部位の名称の定義

名 称	定 義
雌しべ	花の中心に存在して雌の生殖細胞を有し、後に果実、種子をつくるもの
雄しべ	雌しべの外側に存在して雄の生殖細胞を有し、受精に必要なもの
花 弁	雄しべの外側に存在して、雌しべと雄しべを保護するもの
がく片	花弁の外側に存在して花弁とともに雌しべ、雄しべを保護するもの

表VI-8 植物の形態観察における観察の武器としての視点の例

内 容	定 義
葉と小葉	・葉は茎についていて、その付け根には芽がある
茎・地下茎・根	・茎の先端には必ず芽があり、多くの場合葉をもっている ・茎と葉の間には芽（側芽）がある ・先端に芽があれば地下茎、先端が細くなり細根であれば根
葉の裏と表	・葉の原基が茎に面した側が表で、反対側を裏としている
つるの右巻き左巻き	・根元の方から見て、右ネジの進む方向であれば右巻き、逆であれば左巻き

例えば、イチョウの種子とサクラの果実をいくらよく観察し比較しても、生徒みずからにその形態的特徴の相違点に気づかせることは困難である。両者をきちんと区別するためには、まず、種子と果実の定義を明確に指導しておかねばならない。イチョウの花は胚珠を包む子房がない裸子植物であるから、定義に従えば成長したものの全体が種子ということになる。サクランボは胚珠が子房に包まれている被子植物なので成長したものは果実である。

このように、植物の各部の名称は定義により決められているものであり、生徒がいくら注意深く観察しても、その違いに気づくことが困難なものが多い（表VI-8）。定義されているものや一般化できるものは、生物を観察する武器として生徒に明確に示すことが大切である。定義を知り、実物を手にして観察してはじめて両者が関連づけられ生きた知識や概念となる。

2. 演繹的な視点を取り入れた植物観察指導の有効性について

生物を観察する武器として、一般化された法則や規則性を生徒に示すことにより、指導効果が上がるかどうかについて、実証的に検討した例は筆者の知る限りない。

そこで、以下に示す目的、方法で実践を行い検討した。

(1) 目的

花など植物のつくりの規則性を一般化して理解させることにより、他の植物に対して応用できる生徒の割合が増えるかどうかを実証的に明らかにすることを目的として本実践を行った。

(2) 方法

対 象：

兵庫教育大学附属中学校1年生の2学級を対象とした。授業は、兵庫教育大学附属中学校教諭、秋吉博之が行った。

時 期：1992年5月

実施方法：

授業は実験群と統制群とに分けて行った。生徒数は実験群、統制群ともに40名（男子20名、女子20名）である。なお実験群と統制群の学力は、市販の検査を用いた結果、ほぼ均一であった。

内 容：

第一次・第二次では、実験群と統制群ともアブラナ、エンドウを素材として花のつくりの観察を行わせた（表VI-9）。

第三次は、実験群と統制群とで内容を一部変更し、次のような授業を行った。実験群では、アブラナ、エンドウについて、まとめとして「花のつくりの基本的な法則」（花のつくりの一般化）を指導した後に、タンポポ、ヒラドツツジの花のつくりを観察させた。これに対して、統制群ではタンポポ、エンドウの花のつくりについて前時の復習を行うにとどめ、その後タンポポ、ヒラドツツジの花のつくりを観察させた。

第四次では、両群ともテッポウユリの花を生徒一人に一本ずつ渡し、調査用紙の図におしべ、めしべ、花びら（花弁）、がく片の名称を記入させた（資料VI-1）。

第五次でも、第四次と同様にシャガについても同様の調査を行った。

なお素材としてテッポウユリ（ユリ科）とシャガ（アヤメ科）を用いたのは、次の理由による。いずれの種も、がく片と花弁の区別がつきにくい形態をしており、花のつくりが一般化された知識として定着していなければ両者を的確に別して指摘することが困難であると考えられることから、本実践の目的にあった素材であると判断したからである。

表VI-9 授業計画

第一次	【両 群】・アブラナの花のつくりの観察
第二次	【両 群】・エンドウの花のつくりの観察
第三次	【実験群】・花のつくりの基本的な法則 (アブラナ、エンドウを例に花のつくりの一般化) ・タンポポ、ヒラドツツジの花のつくりの観察
	【統制群】・アブラナ、エンドウの花のつくり(前時の復習) ・タンポポ、ヒラドツツジの花のつくりの観察
第四次	【両 群】 調査1 : テッポウユリの花のつくりの観察
第五次	【両 群】 調査2 : シヤガの花のつくりの観察

3. 結果と考察

まずテッポウユリについて検討する。テッポウユリの花のつくり(めしべ、おしべ、花弁、がく片)を正しく指摘できた人数は、実験群で40人中35人(87.5%)、統制群では40人中25名(62.5%)で、実験群が統制群を有意($P < .01$)に上回っていた(表VI-10)。花のつくりの各部位ごとに誤答の内容とその人数を検討したところ、めしべ、おしべ、花弁では両群に大きな差は認められなかったものの、がく片については統制群の誤答者数が実験群を大きく上回っており、その全員が花弁と答えていた(表VI-11)。

次に、シヤガについて検討する。シヤガの花のつくりをすべて正しく指摘できた人数は、実験群で40人中26人(65.0%)、統制群では40人中12名(30.0%)で、テッポウユリと同様に実験群が統制群を有意($P < .01$)に上回っていた(表VI-10)。なお、正答率はテッポウユリに比べ、両群ともに20~30%程度低い傾向が認められた。花のつくりの各部位ごとに誤答の内容とその人数を検討したところ、雌しべを雄しべと答えた生徒は統制群で14名、実験群で6名、雄しべを雌しべと答えた生徒は統制群で15名、実験群で8名、花弁をがく片と答えた生徒は統制群で4名、実験群で6名、がく片を花弁と答えたのは統制群で13名、実験群で6名であった(表VI-11)。

この結果は、実験群と統制群の指導内容が、時間数及び素材ともに同一に設定していることから、花のつくりの観察をある程度行った後の一般化の指導(演繹的な視点を与える

表VI-10 実験群と統制群の完答者及び誤答者

植物名	実験群		統制群		χ^2 検定
	完答(人)	誤答(人)	完答(人)	誤答(人)	
テッポウユリ	35	5	25	15	p<.01
シヤガ	26	14	12	28	p<.01

表VI-11 花のつくりの各部位ごとの誤答内容及びその誤答者数

植物名	部位	誤答の内容	誤答者の人数		その他の誤答に関する備考	
			統制群	実験群		
テ ッ ポ ウ ユ リ	雌しべ	雄しべと答えた	3	1		
		その他	0	0		
	雄しべ	雌しべと答えた	3	1		
		その他	0	0		
花 弁	がく片と答えた	2	0	実験群の1名は未記入		
	その他	0	1			
花 弁	がく片と答えた	12	2	実験群の2名は未記入		
	その他	0	2			
シ ヤ ガ	雌しべ	雄しべと答えた	14	6	統制群の3名のうち1名は花弁、2名はがく片と答えた 実験群の2名は花弁と答えた	
		その他	3	2		
	雄しべ	雌しべと答えた	15	8		統制群の2名のうち1名は未記入 もう1名は種子と答えた
		その他	2	0		
	花 弁	がく片と答えた	4	6		統制群の1名は未記入 実験群の1名は雄しべと答えた
		その他	1	1		
	花 弁	がく片と答えた	13	6		統制群の4名のうち2名は未記入 雄しべ及び雌しべと答えた者は各1名 実験群の1名は雄しべと答えた
		その他	4	1		

指導) が有効であったことを示すものであろう。換言すれば、指導者が演繹的な視点をもって指導を行わないで、生徒にただ観察させるだけでは、生徒自らが規則性や法則性を見つけ出し一般化させることが難しいことを示すものであろう。効果的な指導を行うには、何種類かの花のつくりの観察を行った後、帰納し、一般化させた知識を獲得できるような指導を行うことが大切であろう。このような過程を経て獲得された知識は、他の植物を観察する際の武器となり応用が可能になるものと考えられる。なお、多鹿秀嗣と川上昭吾は、Ausubelらが使用した先行オーガナイザーを導入することにより、花のつくりの学習が相互関連をもって総合化されると考え、「花は、進化の過程からみて、葉から変化したものである。そのため、花の種類による形の違いに関わらず、めしべ、おしべ、花びら、がくの配列順序はいかなる花でも変化がない。」という情報を与えてその効果を検討したところ、オーガナイザーを与えない群に比べ、知識の定着率が良好であったことを明らかにしている²⁰⁾。これは、筆者の知見と基本的には同様の結果といえよう。

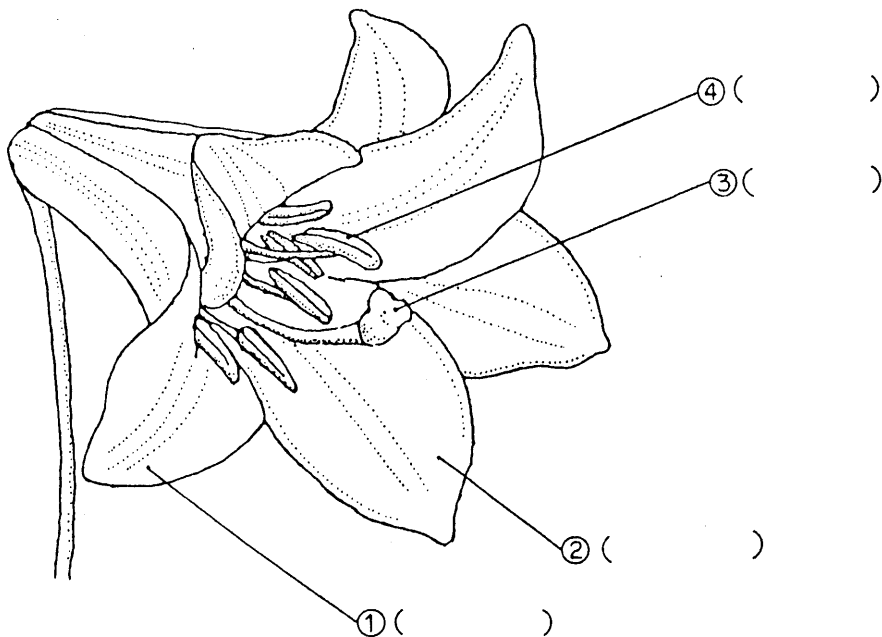
したがって、植物観察に用いるワークシート等の補助教材の開発にあたっては、観察を通して生徒が法則性や規則性に気づくような帰納的な視点をもたせたもの以外に、応用の段階では演繹的な視点を取り入れ、生きて働く知識となるよう配慮したものもあわせて開発することが必要である。

花のつくりを調べてみよう (2)
ユリの花のつくり

観察 (応用)

・花のつくりには、次のような基本法則がある。
 「めしべは中央の一番高いところにあり、おしべはその外側の下の方にあり、花びらはさらにその外側の下の方にあり、がくはさらにその外側の下の方にある」

上の基本法則から、次の花のつくりを調べ、下図の () に各部の名称を記入し、そのように考えた理由を書きなさい。



①の理由 ()

②の理由 ()

③の理由 ()

④の理由 ()

【授業を終えて】

(1) ユリの花のつくりが理解できましたか。

- ①よく理解できた。 ②だいたい理解できた。
- ③あまり理解できなかった。 ④理解できなかった。

(2) 授業を受けた感想を書こう。

第7節 「外来及び在来タンポポの分布状況と発芽習性」（誘導発見型学習）に関する 実践研究

タンポポやオオバコなどの野草は、日光が当たらなければ発芽しない光発芽種子である²¹⁾。一方、インゲンマメやカボチャなどの作物は、日光が当たらなくても発芽する中性発芽種子や暗発芽種子が多い。そのため、生理学的な視点で植物と環境の関係を教材化するには、作物よりも野草の方が適していると考えられる。

タンポポは理科学習の素材としてよく取り上げられる野草である。特に、外来タンポポと在来タンポポの分布に着目して教材化し実践した報告が多いように思われる^{22~28)}。このような実践が多い理由は、タンポポが身近な野草であり、環境とのかかわりを考察させるのに適しているためであると考えられるが、その発芽習性にまで言及して考察させようとした実践は少ないようである。

タンポポの生育と環境との関わりのなかで、在来種と外来種の発芽習性の違いは教材化の視点からみて興味深い。すなわち、外来種は日光、水分、酸素があれば1~2週間で発芽するのに対し、カントウタンポポは夏を経た後、秋にいつせいに発芽する²⁹⁾。これらの習性は、それぞれの原産地の気候風土に適応しており、この視点で授業を構成すれば、環境と植物とのかかわりをより深く理解させる探究学習になるものと思われる。

そこで、本節ではセイヨウタンポポとカンサイタンポポの発芽習性に関する学習を中学生を対象に「誘導発見型学習」として妥当かどうかを実証的に検討する。

1. 「タンポポの発芽習性に関する学習」の中学校理科教材としての可能性の検討

(1) 目的

タンポポの発芽習性は、だれでも知っている既成の事実ではなく、特に生徒にとっては未知の内容であることから、探究学習のテーマとして適当であると考えられる。

しかし、気温や日光など多くの要因がからみあっているため、中学生の段階でどの程度までの探究学習が可能か不明である。

そこで、この内容が中学生の教材として適当であるかどうかについて検討を行い、教材化や授業を構成するにあたっての手がかりを得ることを目的に以下の調査を行った。

(2) 調査方法

調査対象：宮崎大学附属中学校2年生の4学級（154名）を対象に調査した。

調査期間：1992年12月

調査方法：ワークシート形式の調査用紙を用いた。これは、本研究によって得られたデ

ータをグラフ化したものとタンポポに関する一般的な説明文にカラー写真を添付した資料を含むものである（図VI-10、図VI-11、図VI-12）。なお、土地利用状況とタンポポの分布との関連に関する資料は、神戸市の調査結果³⁰⁾を利用した。配当時間は30分である。

調査内容：調査内容は、次の4点で、

- ①セイヨウタンポポとカンサイタンポポの発芽習性の特徴をグラフから読み取れるか
- ②実験内容及びその結果（図V-13）からタンポポの光発芽性について指摘できるか
- ③カラー写真で示された神戸市の土地利用状況とセイヨウタンポポ及びカンサイタンポポの分布の特徴を資料から読み取れるか
- ④セイヨウタンポポとカンサイタンポポの分布の特徴を各タンポポの発芽習性で説明できるか

以上の内容について、自由記述させた。

（3）分析方法

①の「セイヨウタンポポとカンサイタンポポの発芽習性の特徴をグラフから読み取れるか」については、自由記述の内容を次の3つの観点、すなわち、1つめとしてセイヨウタンポポの方がカンサイタンポポより発芽率が高いこと、2つめとしてカンサイタンポポの発芽はセイヨウタンポポに比べ日数がかかること、3つめとしてカンサイタンポポの発芽は最低気温が20℃を下回る頃（秋という表現を含む）に始まる、が指摘できているかどうかについて検討し、それぞれを指摘した生徒の割合を求めた。②の「光発芽性」については、「発芽には光が必要」と明記した生徒の割合を求めた。③の「土地利用状況とセイヨウタンポポ及びカンサイタンポポの分布の特徴」は、セイヨウタンポポは都市・住宅地に多く、カンサイタンポポは田畑のある田園地域に多く分布していることを指摘できた生徒の割合を求めた。④の「セイヨウタンポポとカンサイタンポポの分布の特徴を各タンポポの発芽習性で説明できるか」については、「セイヨウタンポポは数日で発芽するため、都市・住宅地に根をおろしやすい」、「カンサイタンポポは春から夏にかけては発芽しないで秋になって発芽することから、夏草が繁る土手や田畑の畦の自然に適応している」という指摘ができた生徒の割合を求めた。

(4) 結果

まず、両タンポポの発芽習性の相違点をグラフから読み取れるか(①の内容)について述べる。1つめの観点である「セイヨウタンポポの方が発芽率が高い」ことを指摘できた生徒は57.1%、2つめの観点である「カンサイタンポポの発芽はセイヨウタンポポに比べ日数がかかる」ことを指摘できた生徒は90.3%、3つめの観点である「カンサイタンポポの発芽は最低気温が20℃を下回る頃(秋という表現を含む)に始まる」ことを指摘できた生徒は、10.4%であった。また、上記の3つの観点をすべて指摘できた生徒は、7.1%であった。

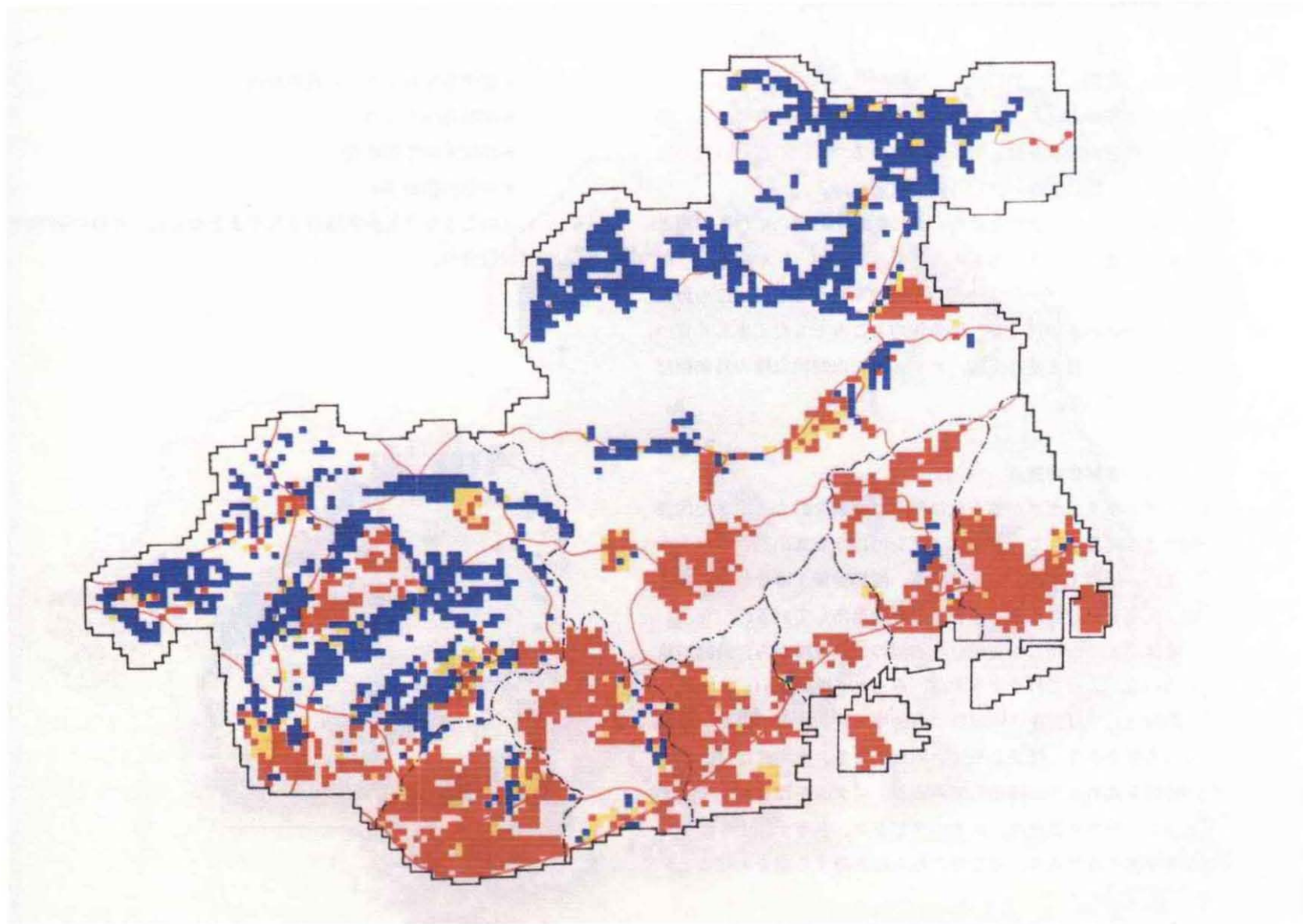
次に光発芽性(②の内容)についてであるが、この点を指摘できた生徒の割合は、40.9%であった。

③の、土地利用状況とセイヨウタンポポ及びカンサイタンポポの分布の関係について資料から読み取り、「セイヨウタンポポは都市・住宅地に多く、カンサイタンポポは田畑のある田園地域に多く分布していること」を指摘できた生徒は、78.6%であった。

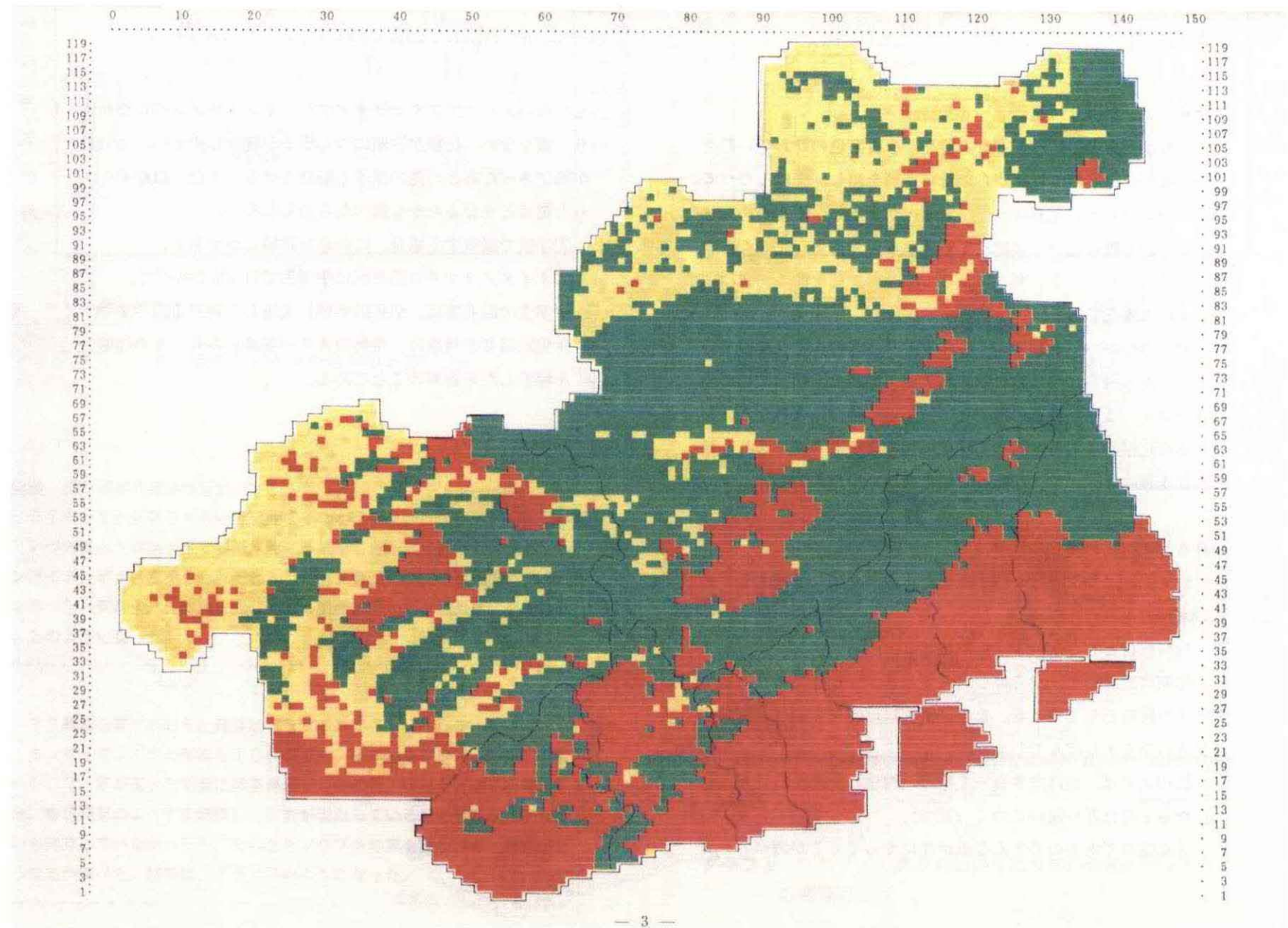
最後に、セイヨウタンポポとカンサイタンポポの分布の特徴を各タンポポの発芽習性で説明できるか(④の内容)についてであるが、「セイヨウタンポポは数日で発芽するため、



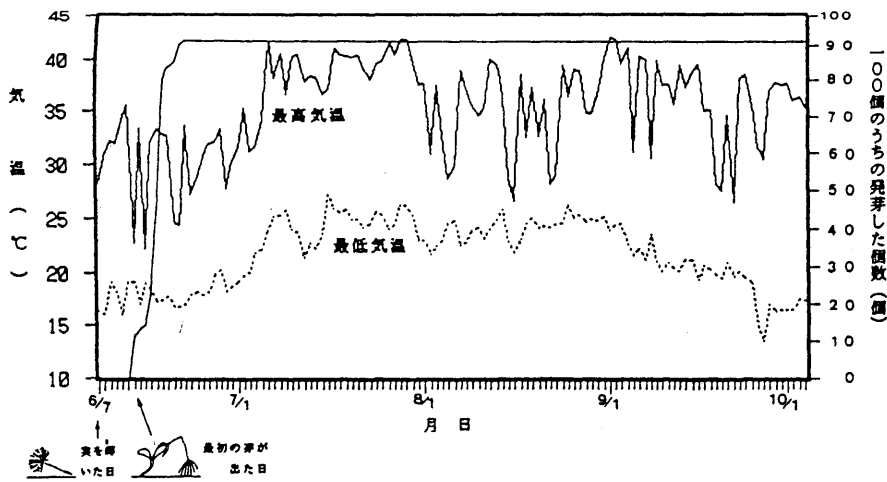
図VI-10 生徒に資料として与えたタンポポの写真



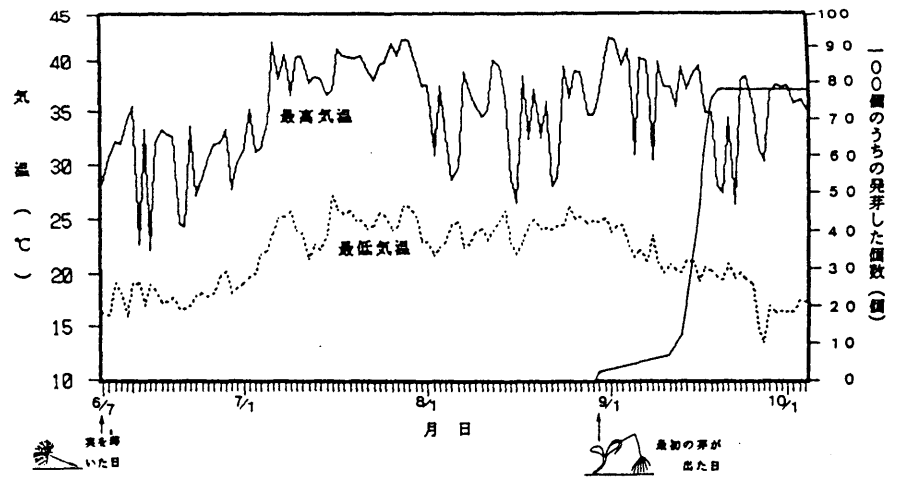
図VI-11 神戸市のセイヨウタンポポとカンサイタンポポの分布状況
赤（セイヨウタンポポ） 青（カンサイタンポポ） 黄（両種）



図VI-12 神戸市の土地利用図 赤（都市・住宅地） 黄（田畑） 緑（森林・山地）



グラフ1 セイヨウタンポポの発芽の仕方

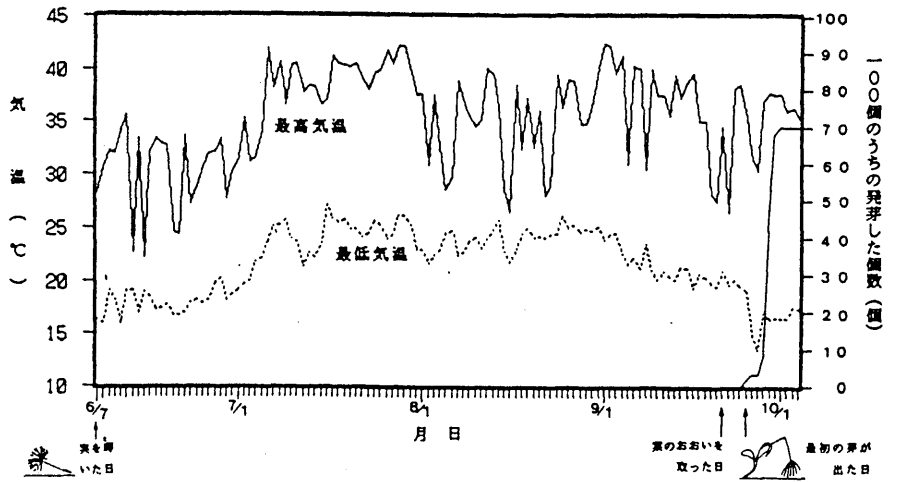


グラフ2 カンサイタンポポの発芽の仕方

◆実験 タンポポの発芽の仕方

??まいてから何日くらいで発芽するのか??
 いつも湿った状態が保てる植木鉢にろ紙をしき、セイヨウタンポポとカンサイタンポポの果実をそれぞれ100個まき、いつごろ何個発芽するかを調べた(資料4)。鉢は日光の当たる場所に置いた。結果は、グラフ1, 2のようになった。

??果実を葉でおおくと発芽はどうなるか??
 カンサイタンポポの果実を100個まき、その上をツブキの葉でおおいをして、草が茂った地面に果実が落下したのと、ほとんど同じ状態にした。毎日発芽の様子を観察し、日光が当たっている鉢の発芽が完了しても発芽していなかったら、そのときツブキの葉を取り除き、発芽がどうなるか調べた。結果は、グラフ3のようになった。



グラフ3 ツブキの葉のおおいを取り除いた後のカンサイタンポポの発芽の仕方

図VI-13 授業で用いたプリント資料

都市・住宅地に根をおろしやすい」ことを指摘できた生徒の割合は、8.4%であった。一方、「カンサイタンポポは春から夏にかけては発芽しないで秋になって発芽することから、夏草が繁る土手や田畑の畦の自然に適応している」ことを指摘できた生徒はいなかった。

(5) 考察

セイヨウタンポポとカンサイタンポポの発芽習性のうち、発芽率と発芽に要する日数の違いについて指摘できた生徒の割合はそれぞれ57.1%と90.3%であり比較的高率であったことから、読み取りに大きな困難は感じなかったと思われる。一方、カンサイタンポポの発芽は最低気温が約20℃に下がる頃から始まることに気づいた生徒は、10.4%と低率であり、グラフだけからの読み取りがやや困難であったと推察される。授業として実践する際には、気温との関係で考察させる視点を意図的に与えることが必要であろう。

光発芽性について正しく指摘できた生徒の割合は40.9%とやや低率であるが、この程度であるならば教材としての難易度に問題点はないと思われる。

土地利用状況とセイヨウタンポポ及びカンサイタンポポの分布の関係については、在住地以外の資料のため正答率の低さが懸念されたが、78.6%の生徒が正しく指摘していたことから、特に問題はなかったと思われる。

セイヨウタンポポが都市・住宅地域に多く分布する理由について、正しく説明できた生徒の割合は、8.4%と低率であった。理由は、実際に発芽の実験を行っていないこと、セイヨウタンポポの生育環境や分布調査等を自ら行っていないことなどいくつか考えられる。しかし、資料だけで8.4%の正答者がいたということは、授業で指導する場合には、この点に気づく生徒の割合はさらに高くなるのではないかと思われる。一方、カンサイタンポポについて土手や田畑の自然に適応していることを指摘できた生徒はいなかった。この原因としては、宮崎市内にはカンサイタンポポが分布していないため、土手や田畑の畦等での生育状況に関する体験や知識をもっていなかったためであると考えられる。このことは、本題材が教材として適当でないことを示すものではなく、カンサイタンポポの生活史を映像教材化することによって、グラフ等のデータと関連付けしやすいうように改善できるものと考えられる。

以上のように、セイヨウタンポポとカンサイタンポポの分布状況を発芽習性から考察させるという探究学習は、中学2年生にとって困難な課題ではなく、系統的な授業や実験、補助的な映像教材の制作で実践可能であると考えられる。このような学習の効果を高めるには、教師がある程度誘導しながらも、生徒にとっては自ら気づいたり発見したりした実感がもてるような「誘導発見型学習」が適していると考えられる。従って、本実践で取り

上げた内容は、中学校3年生での選択理科の課題研究や高等学校での総合理科で扱えるものと考えられる。

第8節 タンポポを素材とした「一人立ちの発見型学習」に関する実践研究

1. 実践の概要

1-1 授業の目的

問題解決学習を行うに当たって生徒自身に問題を発見させることが困難なことは従来から指摘されてきた。自然の事物・現象に対する興味・関心を高めることも、自然離れが進んでいるといわれる生徒の現状を考えると同様に困難が伴うであろう。さらに、科学の方法に基づいて主体的に問題解決に取り組ませることは一層の困難を伴い、その過程における教師の役割は、今後ますます重要になるものと考えられる。

そこで本実践は、先述の科学的問題解決学習のパターン（図VI-1）に基づきタンポポを素材とした「一人立ちの発見型学習」の実践を行い、①生徒の対象物に対する興味・関心を高める上での原体験・基礎体験の効果、②主体的な科学的問題解決における調べ学習や教師の助言の効果、③生徒の科学的問題解決能力の実態を明らかにし、教育の現代的課題である科学的問題解決能力の育成を目的とした理科教育のあり方を明確にすることを目的として行った。

1-2 授業の方法

(1) 実施時期

1997年5月から1997年11月までの毎月第1・3土曜日（4単位時間）に実施した。総配当時間は40時間である。

(2) 対象

宮崎大学教育学部附属中学校の選択授業の受講者20名（1年生6名、3年生14名）を対象にした。受講生は基本的には、本人の希望で履修していることから、発展的な「一人立ちの発見型学習」にふさわしいクラスと考えられる。なお、授業は宮崎大学教育学部附属中学校教諭、国生 尚が行った。

(3) 内容及び方法

5～6月はタンポポに対する興味・関心を高めることを目的として「タンポポさがし」、「タンポポの葉のテンプラ」、「タンポポコーヒー」等の原体験を伴う活動を一斉授業の

表VI-12 1年間の学習活動の流れ及び配当時間

時 期	内 容	配当時間
平成9年5～6月	原体験・基礎体験（タンポポコーヒー等）	8時間
6～7月	科学的探究方法の習得（葉の面積の求め方等）	8時間
9月～10月	科学的問題解決学習	16時間
11月	報告書作成	8時間

形態で実施した（表VI-12）。

6～7月にかけては、生物領域における科学的な探究方法の基礎を習得することを目的として、ルーペ、双眼実体顕微鏡、光学顕微鏡等を用いた生物の体のつくりの調べ方、葉の面積の求め方等を一斉授業の形態で実施した。

9月からは生徒に問題を設定させ、科学的問題解決学習に取り組ませた。学習活動は同学年で班を編成し行った。班の数は7つである。報告書の作成は11月に行った。

1-3 分析方法

(1) 原体験の効果、調べ学習、教師の助言

本実践が終了した後、次の4項目についてアンケート調査を実施した。

- ① 野外活動やテンプラでタンポポに関する興味・関心が高まったか（5段階）
- ② 1年間を通した学習活動に対する熱中度（5段階）
- ③ 観察・実験の進め方等について本で調べたか（3段階）
- ④ 観察・実験の進め方について先生からの助言が有効であったか（3段階）

(2) 科学的問題解決の過程に関する実態

生徒の問題解決の内容を分析することにより、学習の指導・援助を効果的に行う視点や具体的な方法を明らかにすることができるものと考えられる。そこで、7編のレポートのうち6編について分析を行った。なお、1編は事故による紛失のため分析できなかった。

分析は西岡正泰が理科の探究過程において考慮すべき視点として掲げている項目³¹⁾を参考にして作成した以下の評価項目に基づき行った。評価は発達段階を踏まえ、各項目がほぼ達成できていると判断できるものは「3」、半分程度は達成できていると判断できるものは「2」、あまり達成できていないと判断されるものは「1」として点数化した。

- ①仮説が問題の事象を十分に説明できるものか
- ②子どもの既存の体験や知識で立てられた仮説か
- ③立てた仮説が実験によって、確認あるいは否認できるか
- ④実験や観察の条件設定は適当か（対照実験、実験回数等）
- ⑤測定や記録が適切になされているか
- ⑥グラフ化（表）が適切になされているか
- ⑦観察・実験の結果に基づいた分析・考察が適切になされているか
- ⑧研究題目が内容を適切に反映した表現になっているか
- ⑨研究内容に独自性が認められるか

2. 結果と考察

（1）科学的問題解決学習の熱中度と原体験、調べ学習及び教師の助言との関わり

約半年間にわたる科学的問題解決学習を振り返り、どの程度熱中して取り組んだかという問いに対して、「とても熱中できた」もしくは「どちらかといえば熱中できた」と答えた生徒の割合は47.4%、「どちらともいえない」と答えた生徒の割合は42.1%、「どちらかといえば熱中できなかった」と答えた生徒の割合は10.5%であった。「まったく熱中できなかった」と答えた生徒はいなかった。

「野外観察やタンポポコーヒーでタンポポに関する興味・関心が高まったか」という質問に対して、「とても興味がわいた」もしくは「少し興味がわいた」と答えた生徒の割合は63.2%であった。「どちらともいえない」と答えた割合は31.6%、「あまり興味がわかなかった」と答えた割合は5.2%であった。

「実験や観察の進め方について本で調べたか」という問いに対して「少し調べた」もしくは「よく調べた」と答えた生徒の割合は、63.2%であった。探究活動を進める際「観察・実験の進め方について先生からの助言が有効であったか」という問いに対して「やや有効」もしくは「とても有効」と答えた生徒の割合は78.9%であった。

これらの結果から、野外活動やタンポポコーヒーを飲む等の原体験・基礎体験を通してタンポポに対する興味・関心が高まる傾向が認められた。また、生徒が問題を設定したり解決方法を考えたりする上で、あるいは長期にわたって生徒が主体的に問題解決学習に取り組む上での教師の役割が重要であることもあらためて明らかになった。さらに、教師の助言とともに図書を利用した生徒の割合も高く、CD-ROM、インターネット等の効果的な活用が生徒の主体的な科学的問題解決学習を促進するものと考えられる。

(2) レポートの評価からみた生徒の科学的問題解決の過程

生徒が科学の方法に基づいた問題解決を行っているかどうかを検討することにより、科学的問題解決学習の指導・援助を効果的に行う視点を明らかにすることができると考えられる。また、科学的問題解決学習を実施する前提条件として、何を学習させておくことが必要なのかも明らかにすることができるものと思われる。

そこで、6編のレポートについて、上述の9項目の視点で評価を行った(表VI-13、表VI-14)。

まず、生徒が設定した問題(研究題目)について述べる。生徒が設定した問題(研究題目)は、「二酸化炭素によるタンポポの成長」、「タンポポの土」、「植物電池をつくろう」、「タンポポの発芽率」、「葉脈標本をつくろう」、「タンポポ」の6つである。問題、つまり研究題目は研究の内容を反映したものであるというのが評価項目の1つである。その視点でみると、原因と結果との関係が題目から判断できるのは報告書6編のうち「二酸化炭素によるタンポポの成長」1編のみであった。次に仮説の設定や仮説を確認するための観察・実験の立て方をみってみる。仮説または予想を検証する実験計画を立てていたものは4編であった。生徒のたてた仮説について具体的にみってみる。「二酸化炭素によるタンポポの成長」は、タンポポの成長は二酸化炭素の濃度によって影響を受けるのではないかと考え、「二酸化炭素の濃い方が成長が良い」という仮説を立て検証実験を行っている。「タンポポの土」という問題を設定した班の問題意識は、タンポポの生えている土の中に生息する微生物の量が、他の場所の土と比較してどのように異なるのかというよりも、土を加熱する温度を変え微生物が減少するかという点に移っているため、タンポポの生息環境としての土の視点からみると、焦点のずれた探究になっている。しかし、仮説は「熱により微生物が減少する」としており、それを確認できる実験計画になっている。タンポポの発芽率の比較実験を行った生徒の仮説は、「古い果実と新しい果実とで発芽率に差があるのだろうか」という表現になっており、仮説あるいは予想ともいえない漠然とした問題意識の表現になっている。また、「タンポポ」という題目でまとめた班の、日なたと暗やみでのタンポポの成長の違いに関する探究は、中学生という段階を考慮すると稚拙な問題であると言わざるを得ない。「葉脈標本をつくろう」という問題を設定したグループの探究過程は、タンポポのように柔らかい葉でも葉脈標本が作成できないかという問題意識から、その条件を試行錯誤により検討したものであり、いわゆる仮説検証の探究にはなっていない。

実験条件の設定については、実験を1回しか実施していないなど問題点はあるものの、実験結果の比較が可能な計画になっていると判断できたものは「二酸化炭素によるタンポ

表VI-13 生徒が設定した問題（研究題目）及び探究内容の概要

研究題目	学年・性別	概要
二酸化炭素によるタンポポの成長	1年生男子 (3名)	<p>タンポポの成長は二酸化炭素の濃度によって影響を受けるのではないかと考え、二酸化炭素濃度の異なる条件でタンポポの栽培を行い、成長の度合いから、二酸化炭素濃度が成長に及ぼす影響を調べたものである。</p> <p>栽培中の気温及び期間、葉の枚数（株の大きさは統一していない）等、実験条件の統一に対する配慮がなされている。タンポポの成長は、葉の長さを測定し数量化するなど、データを客観的にとらえようとしている。</p> <p>報告書に関しては、実験結果をもとに考察しようとしている。しかし、文章の表現力が弱く、論理的は文章になっていない。</p>
タンポポの土	3年生男子 (2名)	<p>タンポポの生えている土壌に生息している微生物の量を寒天培地で培養して明らかにしようとするものである。しかし、生徒の関心はタンポポの生えている畑や運動場など土壌の性状と土壌微生物との関係ではなく、土壌を加熱することにより、微生物の量に差が生じるのではないかという点にある。</p> <p>実験は、採取したそのままの土と50℃、70℃、90℃で加熱した土について、5個のペトリ皿で培養を行っている。</p> <p>報告書に関しては、寒天培養の手順は正確に記述しているものの、土の採取の方法など実験にいたるまでの手続きの記述が不正確である。また、実験結果はいずれのペトリ皿からも微生物のコロニーが生じなかったことから、実験は失敗だったと短絡的に結論している。</p>
植物電池をつくろう	3年生女子 (4名)	<p>レモン電池ができることからタンポポの葉をはじめとする他の植物のすりつぶした液でも電池ができるのではないかと考え、タンポポをはじめとする種々の植物の汁を用い、アルミニウムと銅を電極として電流が生じるかどうかを実験で確かめたものである。</p>
タンポポの発芽率	1年生女子 (3名)	<p>タンポポの果実の発芽率は新しいものと古いものとで差が生じるかどうかを実験を通して比較したものである。</p> <p>実験方法は2個のペトリ皿に、新しい種子と古い種子（採取後の保存期間や保存状態が不明）をそれぞれ30個ずつ蒔き、直射日光の当たらない窓際の明るい場所に置き発芽させ、両群を比較している。果実の採取後の日数以外の実験条件は、統一する配慮がなされている。</p>
葉脈標本をつくろう	3年生女子 (4名)	<p>この研究は、仮説を検証するタイプではない。タンポポの葉を採取した際に葉脈の形状の美しさを感じたことから、タンポポの葉脈標本を作成するための条件（水酸化ナトリウム水溶液の濃度を検討したり加熱時間の条件等）を試行錯誤を通して検討したものである。また、タンポポやヒイラギだけではなくヤツデ、イチョウ、ポトス等についても同様の条件で検討している。</p>
タンポポ	3年生女子 (4名)	<p>この研究は、日なたと暗やみに置いたタンポポで育ち方に違いがあるかどうかを実験で確認したものである。日なたと暗やみに鉢を3個ずつ置いて2週間栽培し、暗やみの鉢は正常に育たなかったことから、日光の必要性を結論づけている。</p>

表VI-14 生徒が設定した問題及びその科学的問題解決過程の分析

分析の観点 研究題目	研究題目が内容を適切に反映した表現になっているか	仮説(予想)が問題の事象を十分に説明できる	子供の既有的体験や知識で立てられた仮説か	立てた仮説が実験によって確認あるいは否認できるか	実験や観察の条件設定は適當か	測定や記録が適切になされているか	グラフ化(表)が適切になされているか	観察・実験の結果に基づいて分析・考察がなされているか	研究内容に独自性が認められるか
二酸化炭素によるタンポポホの成長	3	3	3	3	3	3	2	2	3
タンポポの土	1	3	3	3	3	1	1	1	2
植物電池をつくろう	1	2	3	3	3	2	1	2	1
タンポポの発芽率	1	1	1	1	1	1	1	1	1
葉脈標本をつくろう	1	1	1	1	1	1	1	1	1
タンポポ	1	1	1	1	1	1	1	1	1

* 3: ほぼ達成できていると判断、2: 半分程度は達成していると判断、1: あまり達成できていないと判断

ポの成長」と「タンポポの土」の2つであった。観察・実験の結果をグラフまたは表を用いて表現していたものは「タンポポの発芽率」と「植物電池をつくろう」の2つであった。

最後に、分析や考察が適切かについて述べる。いずれの報告書も短絡的に結論を導く傾向が伺われた。このことから、データに基づいて考察を行うとともに、少ないデータからの結論は保留するなどの科学的態度の育成に視点を置いた指導が十分に成されていないことが推察された。また、文章はいずれのレポートも主部と述部の関係が不明確であるか、原因と結果の関係について述べられていない等の問題点があり、論理的な文章になっていなかった。従来、理科教育において論理的な文章の書き方に関する指導について、その必要性が強調されることは少なかったように思われるが、理科における論理的文章作成能力は、探究内容を他者に伝えるための重要な能力であり、その育成の方法についても検討する必要がある。

以上を総括すると、生徒は①研究題目を適切に表現すること、②仮説を立てること、③立てた仮説を確認あるいは否認できる実験計画（対照実験、実験回数等）を立てること、④測定や記録をていねいにつけること、⑤グラフや表を用いて表現すること、⑥観察・実験の結果に基づいて分析・考察を論理的に行うこと等に困難を感じている傾向のあることを示すものである。

本実践は「一人立ちの発見型学習」として実践したが、問題発見から観察・実験の計画立案、観察・実験の実施、レポート作成等のあらゆる段階で教師の指導・援助が必要であることを示すものである。本実践を行った中学校では、特に問題解決能力の育成に重点を置いた実践を行っているわけではないが、教育の現代的課題である問題解決能力を育成するためには、日常的な授業において科学的問題解決能力の基礎となる知識や技能を確実に習得させるよう指導法の改善・工夫が必要であろう。

次の課題は、さらに自立した科学的問題解決学習に取り組ませるためには、原体験をはじめ観察・実験技能やプロセススキルズ等の諸要因がどのように影響し合っているかを明らかにすることである。

引用文献・参考文献

- 1) R. Osborne & P. Freyberg (1992) *LEARNING IN SCIENCE-The Implications of Children's Science*-, 森本伸也・堀哲夫訳『子ども達はいかに科学理論を構成するか』, pp. 270, 東洋館出版社.
- 2) R. White & R. Gunstone (1995) *PROBING UNDERSTANDING*, 中山迅・稲垣成哲訳『子どもの学びを探る』, pp. 239, 東洋館出版社.
- 3) 松森靖夫 (1997) 子どもの多様な考えを活かして創る理科授業, pp. 201, 東洋館出版社.
- 4) 森本信也 (1997) 子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件, pp. 207, 東洋館出版社.
- 5) 文部省 (1989) 中学校理科指導資料 身近な自然を重視した理科指導, pp. 6-7, 大日本図書.
- 6) 藤池安代 (1982) タンポポを素材にした小学校低学年の合科的指導の試み, 神戸市立教育研究所研究報告第197号, pp. 1-14.
- 7) 船橋市立船橋小学校 (1986) 環境教育と体験学習, pp. 105-111, 東洋館出版社.
- 8) 芹沢俊介・芹沢孝子 (1987) タンポポの生活の総合学習 1, 理科の教育36(9), pp. 64-67.
- 9) 芹沢俊介・芹沢孝子 (1987) タンポポの生活の総合学習 2, 理科の教育36(10), pp. 65-68.
- 10) 藤森文臣 (1988) 環境指標としてのタンポポの教材化. 生物教育28(1), pp. 29-32.
- 11) 山田卓三 (1986) タンポポの観察実験, p. 47, ニューサイエンス社.
- 12) 小林辰至・山田卓三 (1996) 科学教育における観察・実験等の類型化とその内容, 日本科学教育学会 20周年記念論文集. pp. 433-437.
- 13) 山極隆 (1988) 観察・実験重視の内容改訂, 教育科学理科教育252, pp. 124-129, 明治図書.
- 14) 山極隆 (1988) 生物教育におけるコンピュータの活用, 生物教育28(2), pp. 84-87.
- 15) 水越敏行 (1987) 授業研究の方法論, pp. 48-49, 明治図書.
- 16) 小林萬壽男 (1988) 植物形態学入門, p. 69, 共立出版.
- 17) 山田卓三 (1991) 理科教育事典自然科学編, p. 302, 大日本図書.
- 18) 石井俊行・庭瀬敬右・広瀬正美 (1988) 中学校理科第一分野での学習到達度に関する研究, 日本理科教育学会研究紀要, 29(2), pp. 37-44.

- 19) 上掲書16) pp. 71-75.
- 20) 多鹿秀嗣・川上昭吾 (1988) 理科授業における先行オーガナイザーの効果 第2報
—小学校第5学年, 花のつくりの学習において—, 日本理科教育学会誌 第29巻第1
号, pp. 29-36.
- 21) 砂川徹・山田卓三 (1988) なぜタンポポは林の中に生えないか—緑葉がつくり出す発
芽抑制の光条件—, 採集と飼育, Vol. 50 No. 3, pp. 113-117.
- 22) 森田竜義 (1976) タンポポ教材化の可能性, 教材生物ニュース No. 12, pp. 119-123.
- 23) 小筆恵美子 (1976) タンポポの教材化, 教材生物ニュース No. 12, p. 124-127.
- 24) 山田卓三・原沢伊世夫 (1978) 身近な植物の教材化1 タンポポ, 採集と飼育, Vol. 40,
No. 9, pp. 495-499.
- 25) 藤池安代・前田保夫 (1984) 小学校低学年における地域教材の合科的指導の研究, 神戸
市立教育研究所研究報告第210号, pp. 3-28.
- 26) 花岡 章 (1986) 楽しく役に立つ自然体験学習6年「タンポポ調べ」, 教育科学理科教
育, Vol. 18, No. 9, p. 52-60.
- 27) 芹沢俊介・芹沢孝子 (1987) タンポポの生活の総合学習, 理科の教育, Vol. 36, No. 9, pp.
65-67.
- 28) 木村進 (1982) なぜセイヨウタンポポが都市に広がっているのか—都市化に伴うタン
ポポ類の分布変化とその原因—, Nature Study, 28(7), pp. 75-78.
- 29) Kiyoshi OGAWA (1978) THE GERMINATION PATTERN OF A NATIVE DANDELION (*Taraxacum*
Platycarpum) AS COMPARED WITH INTRODUCED DANDELIONS, *JAPANESE JOURNAL OF*
ECOLOGY, Vol. 28, No. 1, pp. 9-15.
- 30) 竹崎雅丹・藤井心平・前田保夫 (1988) 神戸の自然シリーズ 18「神戸の身近な生き
物地図」, P. 25, 神戸市立教育研究所.
- 31) 西岡正泰 (1992) 理科授業における観察・実験の意義, 理科教育学講座6, pp. 92-93,
日本理科教育学会編, 東洋館.

第七章 科学的問題解決学習モデルの妥当性に関する実証的研究

前章では、タンポポを素材とした観察・実験の類型化とその構造化を行った。そして、タイプ分けした4つの授業方略の妥当性について、タンポポを教材とした授業実践を通して検討した。

その結果、「タンポポの小花数のヒストグラム作成」の学習は、「全面制御型学習」として、「植物の体のつくり」と「花のつくりの規則性」の学習は、「半発見型学習」として、「外来及び在来タンポポの分布状況と発芽習性」の学習は、「誘導発見型学習」として、「タンポポをテーマとした課題研究」は「一人立ちの発見型学習」として、実施することが妥当であるとの結論を得た。

しかし、「一人立ちの発見型学習」として行った「タンポポをテーマとした課題研究」については、必ずしも満足のいく学習成果は得られなかった。これは、生徒の原体験の程度や知識・理解の到達度、あるいは実験操作技能の習得状況に問題があるものと考えられる。

そこで、本章では前章で提案した科学的問題解決学習のパターン（図VI-1）の構成要因について、分析的に捉えるとともに数量化し、要素間の相関、ならびにそれらの科学的問題解決能力に及ぼす影響について、統計的に検討することにした。

第1節 科学的問題解決能力に関わる諸要因の構造化

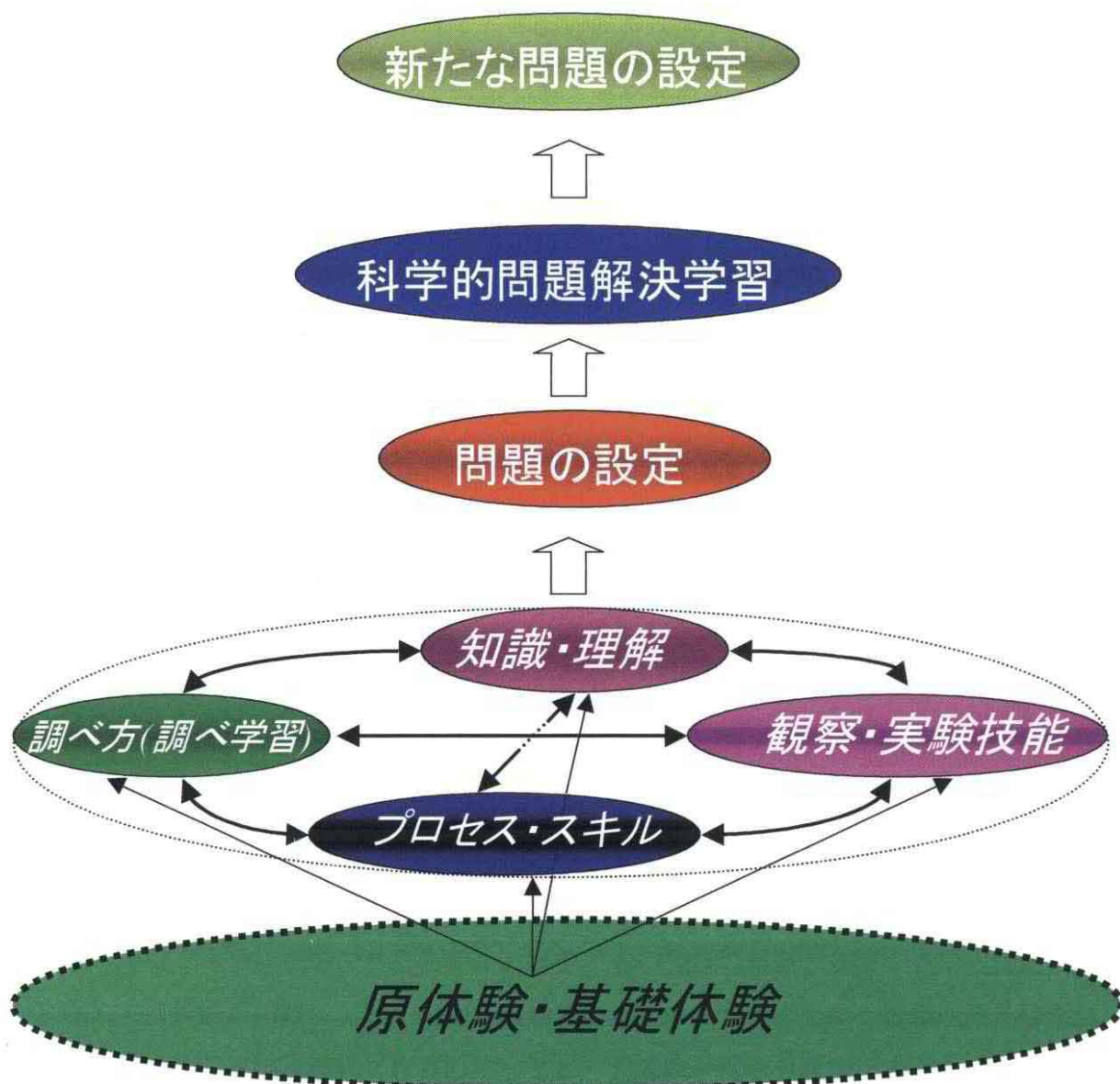
中央教育審議会第一次答申は、「生きる力」をはぐくむことを重視することを提言している。「生きる力」について同答申は「自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」等を要素として上げている¹⁾。中学校における理科教育の立場で「よりよく問題を解決する資質や能力」を考えると、それは基本的には科学の方法であるプロセス・スキルを用いて問題解決する資質や能力ということになる。

自分で調べたい問題を見つけ、それぞれの興味・関心に応じて意欲的に学習を進める上で、学習の導入段階において D.Hawkins²⁾ の提唱する *messing about* の活動を取り入れることが、効果的であることが報告されている³⁾。問題解決的な学習の前段階として、生徒の興味・関心のおもむくまま事物や現象に触れさせることの重要性を示すものであろう。しかし、一般的には子ども自身に問題を設定させることは、困難を伴うことが多い。

筆者は学習の導入段階での *messing about* の活動だけではなく、幼少期からの地域や家庭でのさまざまな原体験や基礎体験が、問題発見の基盤として重要ではないかと考えてい

る。また、生徒が問題を主体的、かつ科学的に解決していくためには、基礎的な知識・理解や科学の方法（プロセス・スキル）、あるいは観察・実験等の技能に関する一定の内容を確実に習得しておくことが不可欠である。

科学的問題解決能力は、原体験・基礎体験を基盤にして、科学的な知識・理解やプロセス・スキル、観察・実験技能及び検索（図書等の調べ方）に関する知識・技能の総合的能力であると考えられる（図Ⅶ－１）。



図Ⅶ－１ 科学的問題解決能力に関わる諸要因の関連及び学習の過程

第2節 探究の過程を重視した科学的問題解決学習モデルの妥当性の検討を目的とした 実証的研究

ここでは、科学的問題解決学習の実践とともに、原体験が前節で述べた科学的問題解決能力に関わると考えられる諸要因や科学的問題解決能力に及ぼす影響について検討する。

1. 授業及び調査の実施

(1) 授業について

目的：

生徒の興味・関心及び主体性にまかせて問題解決学習を行わせた後作成したレポートの評価を通して科学的問題解決能力を測定することを目的とした。授業は以下に示す方法で実施した。

対象：

宮崎大学教育学部附属中学校3年生の選択理科の受講者28名（男子10名、女子18名）を対象に実施した。

方法：

1) 授業の方法

授業は1998年5月から10月にかけて、同中学校教諭日高俊一郎が選択理科（週2単位時間の隔週）として実施した。総配当時間は18時間である。

生徒には、問題及び仮説の設定、問題解決の方法、データ収集及び整理、考察、レポート作成を自分の力で行うよう指導し、個人で取り組ませた。教師が介入したのは主として、問題及び仮説の設定、問題解決の方法の検討段階である。助言は生徒が自分で考えた方法で科学的な問題解決が可能かどうかを振り返らせるために行った。

2) 問題解決能力の測定方法

科学的問題解決能力は以下の観点で評価したレポートの得点とした。得点化の観点は次の通りである。①研究題目が内容を適切に反映した表現になっているか、②仮説（予想）が問題の事象を十分に説明できるものか、③子どもの既存の体験や知識で立てられた仮説か、④立てた仮説が実験によって確認あるいは否認できるか、⑤実験や観察の条件設定は適切か、⑥測定や記録が適切になされているか、⑦観察・実験の結果に基づいた分析・考察がなされているか、⑧研究内容に独自性が認められるか。上述の各観点ごとに3段階で評定を行い、その合計点を科学的問題解決能力の得点とした。

(2) 科学的問題解決能力に関わる要因に関する調査

目的：

生徒の科学的問題解決能力とそれに影響を及ぼしていると考えられる次の4つの要因、①プロセス・スキル、②知識・理解、③観察・実験技能、④原体験・基礎体験との関係を明らかにすることを目的とする。

対象：

宮崎大学教育学部附属中学校3年生の選択理科の受講者28名（男子10名、女子18名）を対象に実施した。

実施時期：

1998年7月に実施した。

調査内容及び方法：

科学的問題解決能力に影響を及ぼしていると考えられる、①プロセス・スキル、②知識・理解、③観察・実験技能、④原体験・基礎体験の4つの要因を定量化するために、以下の内容と方法で調査を実施した。

1) プロセス・スキル

本調査では、Karen L. Ostlund⁴⁾が作成した問題を参考に、質問紙による測定が可能な7項目（量的見積もり、モデル作成、データ解釈、グラフ作成、仮説の設定、変数の制御、操作的定義）を取り上げた。

定量化は各項目について、所定の観点に基づいて点数化し、その合計点をプロセス・スキルの得点とした。

2) 知識・理解

知識・理解については、2年用理科標準学力検査（教研式 図書文化）で測定した。なお、学力検査の内容のうち、プロセス・スキルに関わる得点は合計点から差し引き、その点数を知識・理解の得点とした。

3) 観察・実験技能

観察・実験技能については、課題として「ミョウバンを再結晶させ、顕微鏡でその結晶を検鏡しスケッチする」作業を課した（表VII-1）。課題はワークシート形式で提示した。

操作に必要な器具（500g試薬びんに入ったミョウバン、メスシリンダー、試験管、試験管立て、上皿天秤、薬包紙、ガスバーナ、マッチ、燃えがら入れ、スライドガラス、顕微鏡）はあらかじめ実験台に準備しておいた。

表Ⅶ-1 パフォーマンステストの課題

課題：ミョウバンを再結晶させ、顕微鏡でその結晶を検鏡しスケッチする

手順：

1. 試験管に水道水5mlを測り取る。
2. ミョウバン2gを上皿天秤で測り取る。
3. ミョウバンを水道水5mlの入っている試験管に入れる。
4. ミョウバンの入った試験管をガスバーナで加熱し、ミョウバンを溶かす。
5. ミョウバン水溶液1滴をガラス棒を用いてスライドガラス上取る。
6. スライドガラス上にミョウバンの結晶をつくり、顕微鏡で観察する。
7. ミョウバンの結晶をスケッチする。

表Ⅶ-2 観察・実験技能評価の観点

1. メスシリンダーを台の上に置き、目盛りを真横から見て測っているか
2. 上皿天秤のバランス調整をしているか
3. 左右の皿に薬包紙を置いて薬品をはかり取ったか
4. 利き手側の皿で薬品をはかり取ったか
5. 薬品びんのふたをしめたか
6. マッチを点火することができたか
7. マッチの燃えがらを燃えがら入れに入れたか
8. ガスバーナの炎の調節を行ったか
9. ガスバーナの炎は適当な強さであったか
10. 試験管に水や試薬を手際よく移せたか
11. 試験管を振りながら加熱したか
12. 試験管の口の向きに注意して加熱しているか
13. 反射鏡の調節を行ったか
14. 鏡筒を下げた後ピント調節を行っているか
15. センタリングを行っているか
16. 左目で検鏡しているか

各生徒の活動のようすは、各実験台の前に固定した8ミリビデオカメラで録画した。8ミリビデオに収録した生徒の作業は所定の観点で分析した(表Ⅶ-2)。得点化は、各観点の行動が適切に行われていた場合には1点を、不適切な場合には0点とした。次に、この合計点の最大値と最小値の間を5段階に区分し、それぞれに5～1点を与えた。この得点を作業正確度得点とした。また、各生徒の作業に要した時間の最大値と最小値の間

を5段階に区分し、それぞれに5～1点を与えた。この得点を作業流暢度得点とした。そして、作業正確度得点及び作業流暢度得点の合計を観察・実験技能の得点とした。

4) 原体験・基礎体験

原体験・基礎体験については、21項目からなる質問紙を用いて調査した(表Ⅶ-3)。質問項目は調査対象者が幼児期から現在までの間に体験したと思われる「科学工作」、「飼育」、「採集」、「その他の遊び」のカテゴリーで構成し、「よくした」、「少しした」、「ぜんぜんしなかった」の3段階で回答させた。なお、調査項目は附属幼稚園の教師の協力を得て、調査対象者の幼児期における原体験・基礎体験を振り返りながら作成した。

表Ⅶ-3 原体験・基礎体験に関する調査項目

科学工作	1. 木の板を切ったり釘を使ったりして工作をする 2. 電気器具や時計などの機械を分解する 3. 電磁石またはモータを作る 4. ドングリのヤジロベエをつくる 5. ナイフで木や竹を削って工作をする
飼育	6. ザリガニを飼育する 7. ダンゴムシを飼育する
採集	8. 落ち葉や木の実をひろう 9. アケビなど木の実を採って食べる 10. 網を使って昆虫採集をする 11. 海や川などでの生き物を採集すめ 12. ザリガニを釣って採集する 13. 昆虫の標本をつくる 14. 植物の標本をつくる
その他の遊び	15. 草花の実や花を用いて色水遊びをする 16. シャボン玉液をつくって遊ぶ 17. レンズで光を集めて遊ぶ 18. 木登りをする 19. 草ずもうをして遊ぶ 20. マメ笛を作って遊ぶ 21. 海や川、池などで釣りをして遊ぶ

各質問項目について、「よくした」と答えたものには2点、「少しした」には1点、「ぜんぜんしなかった」ものには0点を与え、その合計点を原体験・基礎体験の得点とした。

4. 分析方法

分析は、生徒が科学的に問題解決を行う上で不可欠と考えられる4つの要因、①観察・実験技能、②プロセス・スキル、③知識・理解、④原体験・基礎体験、について相互の相関係数をもとめた。

5. 結果

プロセス・スキルと観察・実験技能との相関を求めたところ相関係数は0.60であった(表VII-4)。また、プロセス・スキルと知識・理解との間の相関係数は0.56であった。以上のように、プロセス・スキルは観察・実験技能及び知識・理解との間に正の相関が認められた。観察・実験技能と知識・理解との間の相関係数は0.28と弱いものの正の相関が認められた。

次に、これらの能力の基盤になっていると考えられる原体験・基礎体験との間の相関係数を求めた。その結果、原体験・基礎体験と観察・実験技能との間の相関係数は0.37、原体験・基礎体験とプロセス・スキルとの間の相関係数は0.49で、それぞれ正の相関が認められた。原体験・基礎体験と知識・理解との間の相関係数は0.26で、弱い正の相関が認められた。なお、科学的問題解決能力とプロセス・スキル、観察・実験技能、知識・理解との間に相関は認められなかった。

表VII-4 諸変数間の相関係数

	プロセス・スキル	知識・理解	観察・実験技能	原体験・基礎体験
プロセス・スキル		0.56	0.60	0.49
知識・理解			0.28	0.26
観察・実験技能				0.37
原体験・基礎体験				

6. 考察

科学教育にける原体験は、自然の事物・現象に対する好奇心や興味・関心を高めたりする段階である⁵⁾。また、基礎体験は生物の飼育・栽培や科学工作の過程を通して、自然や科学に対する興味・関心を高めたり、飼育・栽培や科学工作等に関する基礎的な知識・技能を習得する段階である⁶⁾。

本調査で取り上げた原体験・基礎体験の内容は、調査対象となった宮崎大学教育学部附属中学校の生徒が幼稚園児であった頃、園庭で日常的に行われていたものである。例えば質問項目の「草花の実や花をつぶして色水遊びをする」や「ドングリでヤジロベエを作る」等の活動は「千切る」、「切る」、「剥がす」、「にぎる」、「つかむ」、「ねじる」等、人間の生活に必要なさまざまな基本的技能が含まれている。中学校段階の観察・実験技能の視点からみると「ツユクサの葉の表皮を剥がす」、「茎をカミソリで薄く切る」、「ガスバーナの空気調整ねじをねじる」等の技能の基礎となるさまざまな活動が含まれている。子どもは本来自由度の高い環境のもとで、調査項目で取り上げたような原体験・基礎体験を通して無意識のうちにさまざまな技能を習得してきたものと考えられる。本調査において、原体験・基礎体験の程度と観察・実験技能との間にみられた正の相関は、幼児期からの原体験・基礎体験を通して身に付けた生活に必要な基礎的技能が、中学校理科における観察・実験の技能を円滑に行う上で有効に作用していることを示すものである。また、原体験・基礎体験は学校において学習する理科の内容にも興味・関心をもち、積極的に学習に取り組む上でも重要な要因になっているものと考えられる。

科学はいわゆる科学の方法を用いて行う自然認識の様式である。科学の方法にのっとって自然を認識するためには、仮説の設定、変数の制御、データ解釈、モデル作成等に関する知識・技能とそれらを用いる能力、いわゆるプロセス・スキルを習得しておく必要がある。

Karen L. Ostlund⁷⁾ が示しているように、プロセス・スキルの達成度は、具体的な操作や活動を通して評価するものである。しかし、仮説の設定や推論、データ解釈等は抽象的思考であり、思考を通してその課題の解決は可能であると考えられる。本研究では、原体験・基礎体験の程度とそのような抽象的思考力との間の関連性を検討することを目的の1つとしていることから、15項目の中から操作や活動を伴わなくても評価可能な「量的見積もり」、「モデル作成」、「データ解釈」、「グラフ作成」、「仮説の設定」、「変数の制御」、「操作的定義」の7つを取り上げ、その達成度を質問紙によって測定した。その結果、上述したように原体験・基礎体験及びプロセス・スキルとの間に正の相関 ($r=0.49$) が認められた。これは、原体験・基礎体験を通して獲得した幅広い経験と知識・技能が仮説を設定したり推論したりする抽象的な思考力に何らかの影響を与えていることを示唆する

ものである。

原体験・基礎体験の中には、プロセス・スキルの育成に直接的に関連するものもある。例えば、ヒマワリの頭花当たりの種子の概数を調べるために、フィルムケース1個に入る種子の数を数えた後、フィルムケース何個分かを調べる活動等は、プロセス・スキルの項目のうちの、Estimating（見積もり）の技能育成に直接的に結びつく。一方、科学的問題解決に直接的に結びつかないような、原体験・基礎体験もある。野山で虫を追いかける等の活動は、具体的なプロセス・スキルの項目に直接的に結びつけることは難しい。しかし、このような体験が基盤となり、昆虫と植物の相互作用に関する問題を直観的に見出したり、仮説を設定したりする上で有効にはたらく場合もありうると考えられる。そのような意味において、幼少期における原体験・基礎体験は、理科教育のみならず他教科の学習の基盤となるものであり、教師の適切な方向付けで、有効に機能する可能性を秘めている。

上述の結果は、個々の原体験・基礎体験とプロセス・スキルの各項目との間の明確な因果関係にまで言及することはできないが、原体験・基礎体験が科学的問題解決能力の基盤となっていることは示すことができたものと考えられる。

原体験・基礎体験と知識・理解との間には、弱い正の相関 ($r=0.26$) が認められた。生物をつかむという原体験は、男女に関わらずヒガンバナやアメリカザリガニに関する知識の獲得に、大きな影響を与えていることが明らかになっている^{8) 9)}。また、植物に対する原体験の乏しさが植物に対する興味・関心を低めるとともに、植物に関する本に対する親しみの程度も下げるという負の影響を及ぼしている可能性のあることも明らかになっている¹⁰⁾。これらのことを総合的に捉えると、原体験・基礎体験と知識・理解との間に認められる弱い正の相関は、原体験・基礎体験を通して自然の事物・現象に対する興味・関心が高まった生徒は、学習内容に興味をもって取り組んだり、あるいは原体験・基礎体験が新たに学んだ知識と結びつき、生きた知識になっていることを示唆するものであろう。

なお、科学的問題解決能力と原体験、プロセス・スキル、観察・実験技能、知識理解の間に相関は認められなかった。これは、問題の設定、実験計画の立案、観察・実験の実施において、指導者が常に生徒の進捗状況を把握し、指導・援助を行ったためであると考えられる。

以上のように、原体験とプロセス・スキル、観察・実験技能、知識理解との間に、弱いながらも正の相関が認められたことは、筆者が提案してきた、原体験・基礎体験が科学的問題解決能力の基盤であることを示すものである。そして、その基盤の上に基礎・基本となる概念や知識、あるいは科学の方法に関する授業方略を「全面制御型学習」や「半発見型学習」等¹¹⁾のように目標に応じて柔軟に対応させ、知識・技能を確実に習得させること

により、科学的に問題を解決していく能力が育成できるものと考えられる。つまり、科学的問題解決学習は生徒の主体性にまかせ、自由度の高い学習を保障すべきであるが、そのためには日常的な理科授業の中での基礎・基本の徹底が重要であるし、また家庭や地域での自然体験や科学体験など「原体験・基礎体験」に関わる活動を幼少期から保障することが、科学的問題解決能力を育成する上で重要であるといえる。

引用文献・参考文献

- 1) 文部省(1996) 21世紀を展望した我が国の教育の在り方について－第15期中央教育審議会第一次答申－. 文部時報 第1437号, pp. 92-96, ぎょうせい.
- 2) David Hawkin(1965) Messing About in Science, *Science and Children*, Vol.2 No.5, pp. 5-9, 1965
- 3) 入江隆明他(1979) 多岐探究学習による理科指導法の研究(その1)－中学校「加熱と分解・化合」－, 日本理科教育学会研究紀要 Vol. 19 No. 2, pp. 9-15.
- 4) Karen L. Ostlund(1992) *Science Process Skills -Assessing hands-on student Performance-*, pp. 138, Addison-Wesley Publishing Company.
- 5) 小林辰至(1998) 科学的問題解決能力の育成を目的とした生物教育再構築に関する一考察, 生物教育, Vol. 39, No. 1, pp. 11-20.
- 6) 前掲誌5), pp. 11-20.
- 7) 前掲誌4), pp. 138.
- 8) 小林辰至(1991) アメリカザリガニに関する知識の獲得に及ぼす直接経験と間接経験の影響について, 生物教育, Vol. 31, No. 2, pp. 85-91.
- 9) 小林辰至(1989) ヒガンバナの形態的特徴の理解度に及ぼす直接経験の影響について, 生物教育, Vol. 29, No. 3・4, pp. 75-79.
- 10) 前掲誌9), pp. 75-79.
- 11) 前掲誌5), pp. 11-20.