

教職課程における教育内容・方法の開発研究

各教科の指導法（小学校・理科）

開発研究報告書

平成14年3月29日

上越教育大学理科教育研究会
（代表）上越教育大学学校教育学部
助教授 庭野 義英

まえがき

この「開発研究報告書」は、平成12年10月文部省（当時）から平成12年度と平成13年度にわたる「教職課程における教育内容・方法の開発研究『各教科の指導法（小学校・理科）』」の委嘱を受けて行われた研究の成果をまとめたものである。

最近の児童・生徒や学生の「理科嫌い・理科離れ」や「理工系離れ」の現象は、彼らが「自然科学のおもしろさや感動」を理解していないことがその原因であることが分かってきた。したがって、この対策として「自然科学のおもしろさや感動」さらに、自然科学の持つ「客観性、実証性、論理性」と「批判的精神」を彼らに理解させる必要がある。また、自然科学の知識とこれらの自然科学の性格を身につけた教師が児童・生徒に理科を教えることにより、「理科嫌い・理科離れ」や「理工系離れ」が減少し、「理科が好きな子どもを育てる」ことが期待され、さらに、学校で起こっている多くの問題の解決にも寄与できることが期待される。

この研究を通して、子どもも教師も疑問を持つことの重要性が指摘され、さらに、子どもが「科学者」と「科学」に対して明るいイメージを持てるように指導しなければならないことが指摘された。

平成14年3月29日

上越教育大学理科教育研究会（代表）

上越教育大学学校教育学部

助教授 庭野 義英

目次

はじめに	1
第1章 自然科学の教育的価値	3
第2章 子どもの持つ「科学者」と「科学」に対するイメージ	11
第3章 実践事例	33
第4章 音と音楽の不思議さ、おもしろさ、感動をどう伝えるか	54
第5章 理科が好きな子どもを育てる	77
おわりに	82
資料集	85

はじめに

学生の知的成就感・達成感などの欠如が、学生の消極性などの様々な問題の原因になっている。さらに、十分な指導力を持たない教師が誕生することにも連なっている。現在行われている総合学習を通して学ぶおもしろさや、知的成就感・達成感を教科の学習のそれに発展させ、さらに教科の背景にある学問・科学のおもしろさを感じ、理解することにより、子どもたちがそれらを感じ、理解するように指導できる教師を養成する必要がある。

現在の学校教育現場において、次世代を担うべき子どもたちの「理科嫌い・理科離れ」は著しい。この事態を打開する役割は、学校教育現場の理科教師である。子どもたちに自然科学にたいする興味・関心をもたせる「理科」の教育の質は、最終的には理科教師の資質で決まる。

自然観・科学観の正しい理解と、自然の原理・法則に関する深い理解、およびそれらを基盤とした優れた自然科学の指導能力を持つことが要求される。指導能力の基本は、子どもたちとの適切な応答能力と、将来にわたって教育の内容や方法の修正・向上ができる能力であり、これらの能力を併せ持つことにより、子どもに自然科学のおもしろさと感動を教えることができる。

「理科の知識や考え方が身に付いていなくても生きていける。自動車の運転もできるし、携帯電話も使える。パソコンも使える。」こうした考え方はかなり広く若者の心に広がっている。数学、物理学、論理学などの科目を学ぶことによって論理的思考力・抽象的思考力を形成するわけであるが、それぞれの科目によって論理的思考力・抽象的思考力の質も違っているように思われる。自然科学を学ばなければ、このような思考力が形成され難い。また、生命の神秘さ・不思議さを理解できる力、イメージを作る力、創造力などが形成されなくなるし、技術が伝わらなくなる。世界的水準で見たとき、自然科学のレベルが下がることになる。

Max Weber は「社会科学が自然科学と同じ意味で科学と呼ばれるにはどのような条件が必要か」と問いかけ、「それは因果律である」と述べている。この因果関係的思考力のもとより、客観的、実証的、論理的思考力や批判的精神なども自然科学を学ぶことによって多く形成される。

第1章 自然科学の教育的価値

1、自然科学の性格、精神

教師になる学生のための自然科学と、自然科学研究者養成の自然科学は同じである必要はない。近年の子どもたちや学生の理科嫌い・理科離れの現象を分析すると、彼らが「自然科学のおもしろさや感動」を理解していないことが原因として挙げられる。この対策として、「自然科学のおもしろさや感動」さらに、自然科学の持つ「客観性、実証性、論理性」と「批判的精神」を理解させる必要がある。自然科学の知識とこれらの自然科学の性格を身につけて教師になってほしい。このような資質を身につけた教師が子どもたちに理科を教えることにより、理科嫌い・理科離れが減少し、「理科が好きな子どもを育てる」ことができる。また、このことから、自然科学を教えることが、学校で起こっている多くの問題の解決にも役立つことが期待できる。

このような観点から、教師になる学生のための自然科学の内容・指導方法を考えることにより、小学校理科の内容・指導法を考えてみる。

「自然科学のおもしろさや感動」を教えるために、最先端の科学・技術の知識と実生活との関係や、科学史上の主な出来事や実験と、発明・発見物語を書物や映像教材によって学生に理解させる。これらにより知識、概念、法則の発達過程と社会との関係を理解できる。また、科学・技術と人間社会との関係を理解させるために、台所の物理学、台所の化学、遊園地の物理学、スポーツの物理学、果物の生物学、健康と生物学、地震と地学、作物と物理学・化学・生物学・地学などの関係、また科学・技術や人間社会と環境問題などを学習する。学生は図書館、インターネットや新聞などを利用して調べるとともに、実際の場面を見学し、実習する。この際、学生がそれまでに身につけた知識や技術を理論的・体系的にまとめ、自然科学の体系的知識を教える。さらに、「自然科学のおもしろさや感動」さらに、自然科学の持つ「客観性、実証性、論理性」と「批判的精神」を理解できるように教える。これらのことを通して、「理科が好きな子どもを育てる」ために「自然科学のおもしろさや感動」を伝えることができ、科学・技術と実生活との「橋渡し役」的力量を持った教師を養成することが必要である。

自然科学の固有の性格は「客観性、実証性、論理性」である。自然科学の学習により何が客観的で何が主観的なものかを選び出せるようになり、また、客観的な観察や観測方法も使えるようになる。そして、この客観的な事実に基づいて理論を組み立てることができるようになる。帰納的方法も多く用いられ重要である。帰納的方法は、個々のいくつかの事実から一般化することであるが、たいていは飛躍があり、そこには仮説的前提が生まれる。この仮説が正しいか否かは、その仮説から演繹帰結される個別的な場合の結論が、事実と一致するか否かを検証することによって確認される。

そして多くの経験事実から、一般的な法則的記述を導き出す思考作用が、すなわち帰納的思考である。しかしこの帰納的思考は最後の一般法則提出の段階において必ず仮説的飛躍を行う。すなわち帰納の基になるのは個々の有限個の事実であり、その有限個の事実と共通に成り立つ法則を推定し、見いだして、それまでの経験の範囲をこえた普遍的法則へと変化させるからで、この普遍化された法則は一般には無限個の、個々の事象を記述することになるからである。したがって帰納された法則や記述は、この場合仮説的性格をもつ。ここで帰納的方法と演繹的方法を理解し、身につけることになる。

ある個人の経験は初めはきわめて主観的なものであるが、他の人のそれと同様な経験について情報を交換し、その中から客観的と認められるものを選び出す。またこのような方法を繰り返すことにより、自己の経験のうち、何が客観的で、何が主観的なものであるかを選び出せるようになり、また客観的な観察、観測方法も身につけるようになる。そして、この客観的な事実に基づいて理論を組み立てるのである。

子どもが自然科学を学習することにより、客観的に物事を見て、事実に基づいて考えを発展させる。また、具体的事物から概念を抽象したり、それから理論的に考えて思考を発展させ、事実を照らして誤りがないか批判的に検討するような態度が自然科学の精神（「批判的精神」）である。

子どもが身につけた自然科学的知識の活用能力も重要であるが、その知識活用能力や科学的な思考能力が、一般の社会的問題や人間関係の問題の解決にも有効であり、さらに人間形成にまで影響するという考え方がある。これらは、自然科学の批判精神や実証的・論理的な性格が、人間形成一般の問題として論じられている訳であるが、こうした研究はこれからますます深めていかなければならない。

現在行われている総合学習は、学ぶおもしろさや、知的成就感・達成感を子どもに与えてやることことができる。これらは教科の学習のそれに発展し、さらに教科の背景にある学問・科学の感動やおもしろさを感じ、理解できるようになることが期待できる。科学教育の立場から見たとき、このようなことを指導できる教師が期待される。しかし、学生の知的成就感・達成感などの欠如が、学生の消極性などの様々な問題の原因になっており、さらに、十分な指導力を持たない教師が誕生することにも連なっている。

現在の学校教育現場において、次世代を担うべき子どもたちの「理科嫌い・理科離れ」は著しい。この事態を打開する役割は、学校教育現場の理科教師である。子どもたちに自然科学に対する興味・関心をもたせる「理科」の教育の質は、最終的には理科教師の資質で決まる。この資質は自然観・科学観の正しい理解と、自然の原理・法則に関する深い理解、およびそれらを基盤とした優れた自然科学の指導能力である。この指導能力の基本は、子どもたちとの適切な応答能力と、将来にわたって教育の内容や方法の修正・向上ができる能力であり、これらの能力を併せ持つことにより、子どもに自然科学の感動やおもしろさを教えることができる。総合学習も教師の力にかかっている。総合学習が単なるイベントに終わらないように指導しなければならない。

2、知識をどう見るか

これまでの日本の教育では、各教科が縦割りに体系化され、教科の中がさらに縦割りに体系化されていた。理科教育では論理性や客観性重視のあまり、それらが過度に強調され、「理科嫌い・理科離れ」の原因の一つにもなっていた。

知識を体系づける糸は一種類とは限らない。縦割りを横割りにしてみるのもよいし、縦割りに体系化された知識をばらばらにして、新しい視点（軸）で切り直して新しい体系を作ってみてもよい。これまでは、自然科学を「もの」として、つまり無味乾燥な理論・知識の体系として、価値自由として教えてきた。その結果、自然科学の知識はあるが、方法を知らないために知識は使えないし、新しい知識や情報を獲得できないという状態が生まれた。これに対して、欧米では知識は相対的であるという考え方から、自然科学の知識よ

りも、自然科学の性格や方法を重視して教えようとする。アメリカでは、自然科学の意味や自然科学の教育的価値の思想は、既に 1871 年の W. T.ハリスの初等理科カリキュラムにおいて見られ、長い伝統がある。

日本人は絶対的な知識（真理）はあると思っている。すなわち、知識（真理）は変わらない、知識（真理）は一つだと思っている。従って、知識、概念や学問の体系を重視することになる。つまり、答えに到達する道も、答えもいつも一つなのである。これを絶対的知識（真理）観と呼ぶことにする。

一方、欧米の人たちは絶対的な知識（真理）はないか、または知識（真理）は一つではないと思っている。知識（真理）は変わると思っている。つまり、答えに到達する道も、答えもいつも一つではないのである。これを相対的知識（真理）観と呼ぶことにする。この立場に立てば、方法やアプローチの仕方や解釈が重視される。

日本人にとって、真理は永劫不変であり、絶対の真理は手に入れることができ、人間が真理と一体化することは可能であり、「真理とはつかむことのできるもの、探究し得るもの」である。したがって「真理を探究するのが科学であるから、科学者はまちがったことを言うてはならない。自分が観察し、分析した範囲で、正確に物を言わなければならない。」こうした日本人の真理観は「学問のために一身の犠牲をもちかえりみない」とか「教室は神聖である」と言った表現からも知ることができる。「日本人は時と共に変化するアイディアや解釈などを捨て去るところに科学の価値を見出している。」と言うことになる。

日本人の絶対的知識（真理）観から日本的な「師承」「修行」の概念が生まれてくる。師承という言葉から分かるように、日本人は学ぶべきことがらを、師から伝えられてそれを学びとるのである。つまり、師を越えることはなく、師の衣鉢を継ぐのが正当な学び方なのである。これが日本の知的伝統を支えてきたのであり、修行、あるいは修業といった言葉で表されることもある。重要なことは、師の型、あるいは、現代風に言うならパターンを学ぶのであるから、独創は不要であり、危険である。

欧米の人たちにとって大切なのは、世界を人間がどう解釈するかという解釈法であり、人が手に入れられる知識（真理）とは相対的なものであるという考え方である。このような相対的知識（真理）観から創造性の概念が生まれてくる。

3、「わかる」とは何か

これまでは、過度な客観性・論理性重視のあまり、また、子どもの発達段階の考慮の名の下に、子どもが十分に考えて論理的に展開できた時の面白さや知的興奮、問題を解いた時の喜びなどが軽視されてきた。そして、教える意義や学ぶ意義は考察の対象にならなかった。自然科学の知識や方法が子どもの生活に役に立つということは、まず、自然科学の知識や方法が「わかる」ことが必要である。「わかる」とは何か。

高久清吉は「わかる」を；

①はっきりわかる－構造的な理解（基礎的概念、原理、法則などを中心に、知識や方法がその周りにあるように構造的に理解される）、

②深くわかる－全心的理解（単なる知的、悟性的な層にとどまらず、情意の層にまで及ぶ全心的理解、共鳴、感動、知的興奮、科学の面白さなどをさす）、

に分けている（高久清吉；教育実践の原理、共同出版、1970年、111-118ページ）。

現在の小学校での総合学習は、かつては子どもが生活を通して身に付け、社会が彼等に与えていた子どもの将来にとって必要な経験を子どもに与えてくれるのである。これは上述の②の要素をたぶんに含んでいる。

このような意味での「わかる」を重視した指導法が STS である。アメリカの STS の子どもの活動例を見てもらえばこのことは理解できる。

(1) 小学校5年女子の「学校内の冷暖房の効率の研究」；この学校の校長先生はこの研究に基づき校内の冷暖房設備の修理点検を行い、冷暖房の効率を上げることができた。

(2) 小学校1年生の「水を大切に使おう（節水）の研究」；水を流しながら歯磨をするときと、必要なときに水を出しながら歯磨をするときとでは、使う水の量はどれくらい違うか。(31 カップの違い。)

(3) アイオワ州北部の小さな町の「クモ博士」(小学校2年生)；子どもがクモの研究を行い、さらに研究を深めるために、近所の人達に聞いたが、この町には、クモについて深く知っている人はいなかった。そこで、となりのミネソタ州の町の放送局に頼んでクモについて知識のある人を探してもらった。このことを通して、学校と社会が関連があることを子どもは学んだ。

(4) 高校生；近くの農家の仕事に興味を持ったので、農作業を手伝いながら、農業に関する知識(植物学、化学、土壌学、経済学など)や流通機構・貿易などを学んだ。

こうして、自分の疑問を納得した上で、「使うこと」を通して「役に立つ」知識や方法を学んでいる。

従来の細切れスパイラル・カリキュラムでは構造的理解ができない。したがって、全心的理解もできない。一見縦割のように見える理科のカリキュラムも、実際には大きな知識の塊がいくつかあるだけである。これまで、細切れにスパイラルに教えていた、一見関連がないと思われていた教材や概念に論理性、一貫性を持たせる。自然の事物・現象や日常生活との関連や応用を示しながら教える。力概念など特にそうである。

4、自然科学のおもしろさと感動

自然科学のおもしろさをやさしく説明することが、今求められている。エントロピーやエネルギー保存則、運動量保存則などの物理学の基礎概念を、伝統的な教科書のようにならないように、数式を使わないよう説明する必要がある。

野球やスキーのジャンプ、フィギュアスケートなどを、物理学の目で解説してみると良い。このようにすることにより、子どもに科学のおもしろさや感動を伝え、感性を磨いてやることができる。

現代では、自然科学の最先端の研究成果とその社会的意味を、科学者でない人はもとより科学者も含めて説明してくれる人、つまり自然科学の研究の”インタープリター”が必要となる。”インタープリター”は専門用語の単なる直訳者ではなく、問題を指摘し進むべき方向を示唆する、科学と実生活の橋渡しをする解説・評論者である。彼らに求められることは、まず科学のおもしろさを教えることである。科学のマイナス面のみ、あるいは逆に生活の利便性に貢献するプラスの面ばかりをセンセーショナルな言葉で強調せず、本質的な理解に基づいて生命現象の素晴らしさや量子の世界の不思議さ、宇宙の深遠

さを伝えることである。現在の自然科学は、何十億年もかけて作られてきた宇宙や生命のなぞのほんの一端しか明らかにしていないこと、科学による知的創造が人類の未来には不可欠であることも伝えなければならない。このようなことは、学校教育でも求められている。

脳死と臓器移植や遺伝子組み替え作物などのように、倫理や価値判断を求められる事柄が今後ますます増えていくことが予想できる。「死にゆくものの命には、生物学的側面だけでなく、精神的側面もある。」また、私たちの身の回りには、自然科学で扱える「科学的命題」と、自然科学では扱えない「価値的命題」があることを教えなければならない。

自然科学者の研究の成果が人間社会に直接・間接に大きな影響を与えるのだから、自然科学者は自分の研究内容を社会に説明する義務がある。ヨーロッパやアメリカの大学では自然科学の教科書は第一線の科学者によって書かれることが多い。また、自然科学を一般の人たちにわかりやすく説明している例としては、英国王立研究所における金曜講演・クリスマス講演が有名である。これはファラデー以来 70 年の伝統を持っているが、そこでは超一流の科学者が専門外の人や子どもたちに、「自然科学のおもしろさ、感動、ひらめき」などを与えてくれる。日本においても、自然科学の社会的意味付けや自然科学者の責務、自然科学教育の重要性といったことを自然科学の研究者自身が発言しなくてはならない。また、自然科学者の中からも優れたインタープリターが誕生することが期待される。

一方で、人文系学者・作家、芸術家などと自然科学者とが日常的に接することのできる場を提供することも必要である。アメリカ NASA が打ち上げたボイジャーは宇宙の研究のためでなく、詩人のためだったのである。文系・理系といった垣根がなくなり、実験に従事する科学者の姿を常時目にし、両者が気軽に話をすることで、狭くなりがちな科学者の視野も広げられ、経験がない人も科学的手法が実感できる。このような場から文系・理系にとらわれないバックグラウンドをもった優れたインタープリターが育つであろう。自然科学、社会科学、心理学や芸術などを総合した新しい学問分野が生まれてくる可能性もある。すでに、文系・理系を融合した形の学会も生まれており、新しいタイプの自然科学のインタープリターの誕生も期待できる。

近年の子どもたちや学生の理科嫌い・理科離れの現象を分析すると、彼らが「自然科学の感動やおもしろさ」を理解していないことが原因として挙げられる。この対策として、「自然科学の感動やおもしろさ」さらに、自然科学の持つ「客観性、実証性、論理性」と「批判的精神」を理解させる必要がある。自然科学の知識とこれらの自然科学の性格や精神を身につけた教師が子どもたちに理科を教えることにより、理科嫌い・理科離れが減少し、「理科が好きな子どもを育てる」ことができる。また、このことから、自然科学を教えることが、学校で起こっている多くの問題の解決にも役立つことが期待できる。

「自然科学の感動やおもしろさ」を伝えるために、最先端の科学・技術の知識と実生活との関係や、科学史上の主な出来事や実験と、発明・発見物語を書物や映像教材によって学生に理解させる。これらにより知識、概念、法則の発達過程と社会との関係を理解できる。また、科学・技術と人間社会との関係を理解させるために、台所の物理学、台所の化学、遊園地の物理学、スポーツの物理学、果物の生物学、健康と生物学、地震と地学、作物と物理学・化学・生物学・地学などの関係、また科学・技術や人間社会と環境問題などを学習する。

学生達は図書館、インターネットや新聞などを利用して調べるとともに、実際の場面を見学し、実習する。この際、学生がそれまでに身につけた知識や技術を理論的・体系的にまとめ、自然科学の体系的知識を教える。これらは総合的な学習のねらいである。

さらに、「自然科学の感動やおもしろさ」さらに、自然科学の持つ「客観性、実証性、論理性」と「批判的精神」を理解できるように教える。これらを通して、「理科が好きな子どもを育てる」ために「自然科学の感動やおもしろさ」を伝えることができ、科学・技術と実生活との「橋渡し役」的力量を持った教師を養成することが必要である。

5、感性

子どもの質問に、「普通の落ち葉を踏むと、カサカサと音がする。でも、イチヨウの葉っぱはなぜ音がしないのだろう。」という内容のものがあつた。同じ落ち葉でも残った水分の量で音が違うことに、たいていは気づかないが、この事例などは子どもの感性からくるものであろう。

感性とは、価値のあるものを心に感じ取る力、およびその感じ取ったものから価値感情を湧き起こす力をさす。人間のもつ感性こそが、心豊かな人間を育て上げる土台になる。豊かな感性を育成するには、ヒト、コト、モノに対する直接的な触れ合いの場や機会を増やすことが大切だ。自然科学のおもしろさ、感動などもこれに相当すると考えられる。自然現象の不思議さ、驚き、神秘、雄大さ、驚異などを知ることも感性を育てるのに重要である。原体験や本物・実物にふれる体験の重要さはここにある。思考力、判断力や問題解決能力などの知的面と、思いやりの心、美しいものに感動する心といった柔らかな感性を含む豊かな人間性などから構成される。このことは、知性と感性が相互補完関係にあることを示唆している。

一般に学校教育においては、これまで「知識・理解」など知的面の習得が重視され、わかる喜び、学ぶ楽しさ、発見した感動、気づき、発見などはあまり重要視されてこなかった。しかし、これらのことは知的好奇心に連なり、感性へと発展していく。これまで、感性に支えられた知性の育成はほとんど考慮されなかった。学校において見られる多くの問題は、こうした側面が重視されなかったことから生じたものと考えられる。知性と感性は相互に作用しあっているのである。

アメリカの海洋生物学者レイチェル・カーソンは、『センス・オブ・ワンダー』のなかで「神秘さや不思議さに目を見張る感性」の大切さを強調して、次のように述べている。

「世界のよこび、感激、神秘などを子どもといっしょに再発見し、感動を分かち合ってくれる大人が、すくなくともひとり、そばにいる必要があります。」

日本における環境破壊は、日本人が環境を愛する民族であることに疑問を差し挟んでくれる。こういう事態は理科教育と関係ないのだろうか。

日本の理科教育は「客観性、論理性、実証性」を重視してきた。そして、「価値中立的な自然科学の知識」を「客観的、論理的、実証的」に教えてきた。ここまでは問題なさそうであるが、実は「客観性、論理性、実証性」の概念が日本人と欧米人とでかなり異なるらしいことがわかってきた。日本人の「客観性、論理性、実証性」の概念は完全主義的であり、徹底している。このような概念により、日本人の感情移入的、アニミズム的自然観は姿を消したが、代わって日本人は西洋的自然観を持つようになったわけではない。「自

然はいくら傷をつけても、やがて自然と元に戻る」というような自然観になったようである。「自然に親しむ、自然を愛する」のキーワードに代表される日本の自然観は自然を守るための一つの重要な概念である。こうした概念を子どもに教えるには、まず自然を知ることである。総合学習はこのことを可能にしてくれる。この場合、学ぶ（わかる）喜び、面白さや楽しさなどといった成就観、達成観を経験できるように指導する。子どもの感性や主観を重視しなければならない。子どもの感性が危ない、子どもから感動がなくなった、などと指摘されているように、過度の「客観的、論理的、実証的、価値中立的」な自然理解は危険である。子どもの感性＝主観を重視し、子どもの発達段階に応じてアニミズム的・感情移入的に自然を理解することも必要である。

しかし、自然を①アニミズム的・感情移入的、②感性＝主観の重視、③客観的、論理的、実証的、価値中立的という3段階によって理解するという過程については、まだ十分には研究されていない。

人が客観的、論理的、実証的であり批判的精神をことと、豊かな感性を持つこととは矛盾するものではない。

6、子どもの疑問や質問

科学教育から総合的な学習の時間をみたとき「理科が好きな子どもを育てる」ことがことが期待できる。そのためには「自然科学の感動、おもしろさを伝えたる」ことが必要である。さらにそのためには何が必要か。それは、子ども達が疑問を持つことである。この疑問や質問は、自然現象や身の回りの出来事に限る必要はない。この疑問や質問を解決したり、発展させたりしながら、大きな夢を描くことのできる子どもを育てることである。こうした子どもを育てることを「知的・科学的ほら吹きを育てる」ということにする。

子どもの疑問や質問に答えることは、子どもに自然科学のおもしろさや感動を伝えることになり、結果として、理科が好きな子どもを育てることになる。

子どもの疑問や質問には、魚の肉には赤身と白身があるが、これはなぜか。赤味噌と白味噌の違い、なぜ白ワインと赤ワインがあるのかや、粉末の水や宇宙太陽光発電の発明の夢などがあつた。以下、主な疑問・質問を列挙する。

消しゴムはなぜ鉛筆の文字を消せるか、どうして氷は水に浮くか、声の高低はなぜあるのか、光に重さはあるか、なぜ風が吹くか、食べ物はどうして腐るか、朝起きてまだ眠いとき目をこするのはどうしてか、血液のなかの鉄分と鉄の棒の鉄とは同じものか、など。なお、資料集に1年生から6年生までの疑問・質問を載せておいた。

TVの自動車の広告で自動車は前に進んでいるのに、車輪は後退しているように回転していることに気づく子どもは少ない。大学生でも気づいていない。理由は難しいが考えて見ると面白い。また、つめたい飲み物が入ったコップの外側に水滴がつく。このことと外の湿度が高いとき自動車の中を冷房すると窓が曇る（水滴がつく）現象は、同じ理由で説明できる。飲んだ薬が効くということはどういうことか。頭痛薬は頭で効く、胃薬は胃で効く、傷の化膿止めは傷のところで効く。どうして特定の場所で効くのか。

また、高学年ならば、漢字に疑問を持たせることも大切である。次の例は理科に直接関係しないかも知れないが、考えてみると面白い。

ドラマの「劇」と劇薬の「劇」はなぜ同じ漢字なのか。

赤裸々、赤恥、赤貧はなぜ「赤」が使われるのか。

子どもが、理科の教科書に出てくる用語にも疑問を持つよう指導する必要がある。

また、科学手品を導入した理科の授業も考えてみる必要がある。このような疑問や質問を授業の中にどのように取り入れていくかについては、これまでほとんど研究がない。このようなことを可能にするには、教師自身も疑問を持ち、常に、子どもにも疑問を持たせるように指導する。この場合、子どもの疑問に教師がすべて答える必要もないし、答えを一つにすることもない。また、子どもが論理的に話しをするように指導する。また、いろいろな事柄に対して、否定的表現をさけ、肯定的に表現するようにする。こうしたことが子どもを積極的にし、科学と科学者に対して明るいイメージを持たせることになる。

疑問を解決するということは、その説明の中に因果関係、論理性、客観的思考、実際に調べてみようと言う実証生が含まれる。単純な因果関係の場合もあれば、複雑な因果関係の場合もある。低学年は前者であり、高学年は後者になるであろう。子どもどうして議論することも良い。このようなことを通して批判的精神も育成される。

第2章 子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージに関する研究

1 問題の所在

第1節 本研究の意図

近年、「理科嫌い、理科離れ」が多く言われている。この現象は子どもたちがもつ自然科学のイメージにも関係があると考えられる。「理科嫌い、理科離れ」の結果は子どもの論理的思考力の欠如に連なることが想像できる。そこで理科が好きな子どもを育てるためには、科学に対する嫌悪感を改善する必要があると考える。また、「理科嫌い、理科離れ」と子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージは関係があると考え、子どもたちを対象に「科学者」と「科学」のイメージの調査を行うことによって、子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージについて研究する。

本研究では、日本の子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージを調査し、その結果とアメリカで行われた結果を比較、検討することで、日本とアメリカの子どもたちがもつ性質の分析や考察を行うことを目的とする。

第2節 先行研究の考察

本研究に関する先行研究には、まず1957年に Mead と Metraux によって高校生を対象に行われた科学者のイメージの研究¹⁾がある。この研究は科学者のイメージを調査したさきがけのような研究で、以下のことが明らかにされた。

- ・ 科学者は白衣を着ていて、実験室の中で作業をしている男性。
- ・ 年配かあるいは中年で、眼鏡をかけている。
- ・ 背が低く太っているか、背が高くやせている。
- ・ 頭がはげている
- ・ ヒゲを伸ばしていたり、髪がボサボサである。
- ・ 猫背でくたびれている。
- ・ 試験管、ブンゼンバーナー、フラスコ、試薬ビン等の器具に取り囲まれている。
- ・ 広い実験室は、いろんな音でいっぱいである。
- ・ 試験管やフラスコの中の液体の泡立ち、実験動物の鳴き声や悲鳴、科学者のつぶやく声が聞こえる。
- ・ 科学者は実験をしながら毎日を送る。
- ・ 試験管から試験管へと薬品を注ぐ。
- ・ 繰り返し顕微鏡をのぞき込む。
- ・ 植物や動物で実験をし、それらを切り刻み、動物に血清を注射したりしている。
- ・ 黒いノートにきちんと書き取る

この後、科学者のイメージを調査する方法として、1983年にDASTが Chambers によ

って開発された。D A S Tとは Draw-A-Scientist-Test の略で、描画法を使った調査方法である。描画法によって、言葉では表現しづらい部分もよりわかりやすく明らかにした。

本大学では対象とするものは異なるが、渡邊（1997）²⁾による将来教師を目指す教員養成系大学生を対象に、理科に対する感情的な側面に注目した調査がある。この研究では、理科の教師や理科に対するイメージを調査し、理科学習に対する価値観についての分析と考察を行っている。また、立山（1996）³⁾による子どものもつ「科学」の概念に関するカナダと日本の教員養成系大学生の比較研究では、子どものもつ概念は、教師がそれぞれに抱えている意識が影響すると考え、教師を目指す教員養成系大学生を対象に科学や理論に対する認識の調査を行っている。

最近では、1997年の Charles R. Barman による子どもたちが持つ「科学者像」と「科学」に関する調査がある⁴⁾。この調査は、幼稚園児からミドルスクールの生徒を対象にD A S Tを用いた調査等が行われている。この調査では、現代の子どもたちが持つ「科学者像」が、以前に行われた研究と若干異なってきたことが示されている。そして、学校で行われている理科の様子について、理科の授業が日常生活においていかされているかについて明らかにしている。日本では2001年に隅田・稲垣・中山によるアジアの子どもたちにおけるサイエンス・イメージの研究がある⁵⁾。この研究の背景には、ヨーロッパやアメリカ、オーストラリア等の西洋圏ではD A S Tによる研究が多くなされているが、アジアの子どもたちのサイエンス・イメージは、あまり明らかにされていないということがある。そこで隅田・稲垣・中山らは、日本をはじめ、韓国、フィリピン、中国、インドネシアのアジア圏の調査・研究を行っている。この研究では、日本の子どもたちは、暗くて汚い実験室で、さえない男性科学者が、夜遅くまで研究を行っているというサイエンス・イメージを明らかにしている。また、これらの科学者に対するイメージが、科学者になりたいと思わせる意欲をなくしていることを問題とし、科学教育における子どもたちのサイエンスイメージの改善、に取り組むべきであると述べている。

このようなことから、子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージを明らかにすることは、理科が好きな子供を育て、理科についての理解を深め、議論の展開を行うために必要であると思われる。

第3節 研究の方法

先行研究によって、子どもは「科学者」と「科学」に対してあまりよいイメージを持っていないことがわかる。さらにこれらの悪いイメージは、子どもたちが理科に興味を持つことに、マイナスの影響を与えると考えられる。

本研究は、「科学者」と「科学」に関するイメージを、被験者たちが思っているままの主観的な反応を調査し、日本とアメリカの子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージに関する比較調査を行った。これらの調査を行ったのは、アメリカでは幼稚園、ミドルスクールの子ども、日本では公立小学校、中学校の子どもで、この被験者たちの内、アメリカでは50パーセント、日本では47パーセントが女性で構成される。しかし、違う国の調査であるので環境的な要因

による差が考えられる。

2 予備調査

第1節 目的

この予備調査は、本調査の前段階として行う。本調査では子どもを対象として調査を行うが、本学の初等教育教員養成課程に所属している学生を対象に行う。調査対象は異なることになるが、今後の調査において有効な調査結果が得られるような問題作りができていないかの確かめをすることを目的とする。

第2節 予備調査の作成

この調査は、「科学者像」と「科学」についての意識調査を目的として作成した。

質問内容は以下の通りである。

1. あなたのイメージする「科学者」の絵を描いてください。
2. 理科の授業を受けているあなたの様子を絵に描いてください。
3. 理科の授業で学んだことが、役に立ったことがありますか。あるなら具体的に書いてください。

調査の方法及び結果については、次の節で述べる。

第3節 調査の実施

この調査は、本学の初等教育教員養成課程に所属している学生を対象に行ったものである。この調査に参加した学生は、上越教育大学学部学生97人である。この被験者たちのコースはまだ決まっていない。このうち58パーセントが女性である。

調査は、まず1番目と2番目の質問には描画で、3番目については記述で回答を求めた。

調査内容には、特別に専門的な知識を必要とするような調査項目は含まれていない。

予備調査を実施した結果、本調査では問題の形式において、若干の修正を行った。

第4節 調査の結果と分析

(1) 科学者のイメージに関する調査

科学者のイメージについて、被調査対象である教員養成系大学生によって描かれた絵から、以下の項目について集計を行った。

- ・男性のみ

男性のみの科学者象が描かれており、女性は描かれていない

- ・女性

女性の科学者が描かれており、男性の科学者も含まれる

- ・白衣を着ている

白衣をきた科学者を描いている

- ・眼鏡をかけている

眼鏡をかけている科学者を描いている

- ・髪がぼさぼさ

ぼさぼさの髪型をした科学者を描いている

- ・はげている

髪の毛がない、頭が光っている科学者を描いている

- ・ひげを生やしている

あごひげ、口ひげ等のひげを描いている

- ・中年かそれ以上

顔にしわなど年をとった科学者を描いている

- ・知識の象徴

本やクリップボード、ポケットにペン等の知識を象徴しているものが描かれている

- ・研究の象徴

試験管やビーカー、フラスコ等の実験を象徴しているものが描かれている。

- ・研究室の中で働いている

研究室などの屋内で働いているようすを描いている

- ・危険の表示

危険の説明書きや、どくろのマーク、爆発しているようすなどを描いている。

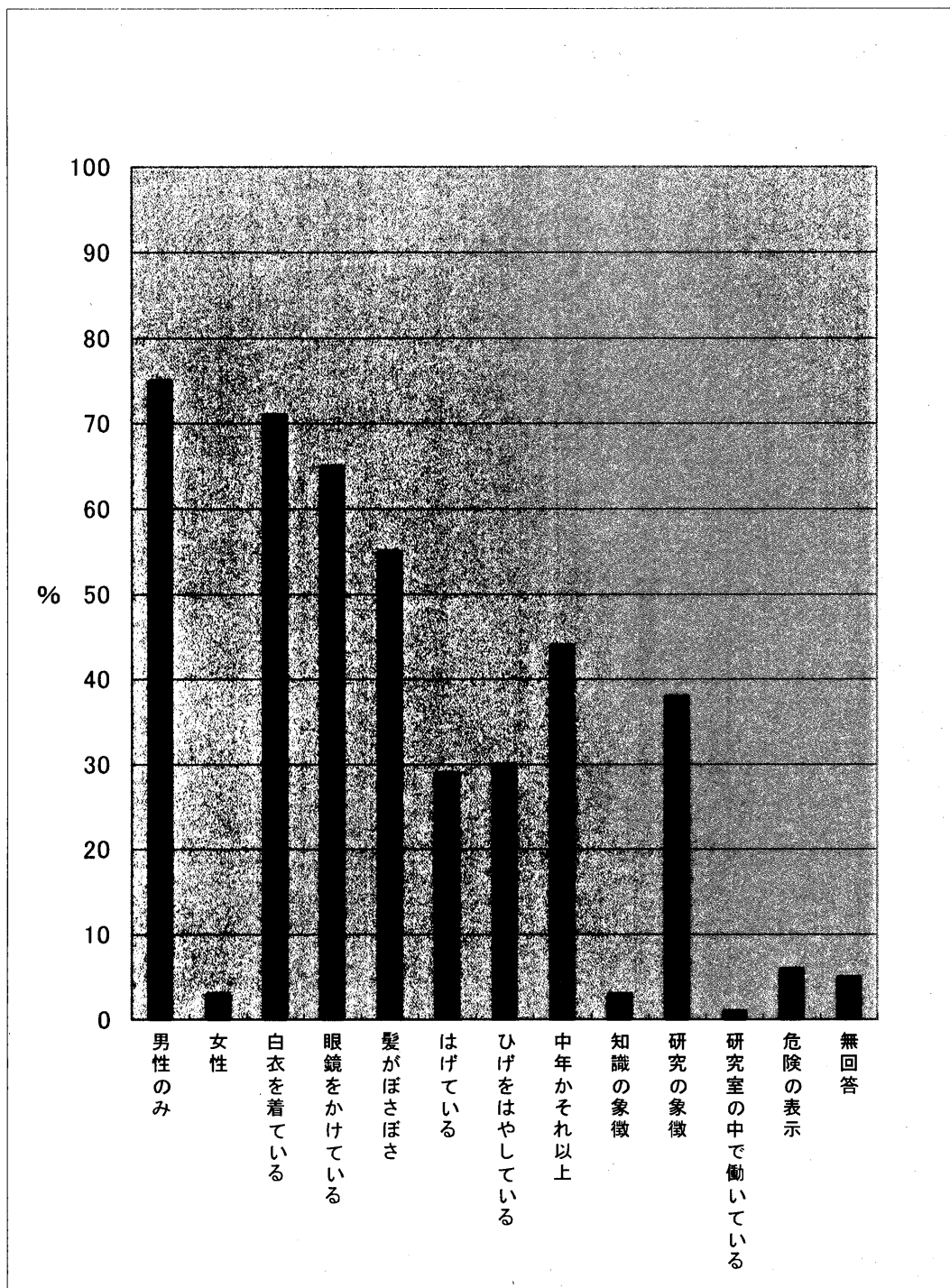
表1と図1は、あてはまる項目ごとの人数を、全体に占める割合でまとめたものである。

表1：科学者のイメージに関する調査

単位（％）

項目	
男性のみ	75
女性	3
白衣を着ている	71
眼鏡をかけている	65
髪がぼさぼさ	55
はげている	29
ひげをはやしている	30
中年かそれ以上	44
知識の象徴	3
研究の象徴	38
研究室の中で働いている	1
危険の表示	6
無回答	5

図 1 : 科学者のイメージに関する調査



表から男性の科学者を描いた学生が一番多く75%が描いていた。逆に男女の判断ができないものを除いても、3%が女性の科学者を描いていたが、描いたのはいずれも女性であった。

全体的に見て白衣を着ている科学者、眼鏡をかけた科学者は多く、髪がぼさぼさである、ひげが生えている等の古くからあるようなステレオタイプなイメージも見られた。しかし、女性の中には、若くてハンサムな科学者を描くこともあった。

(2) 理科の授業を受けている様子

学校で理科の授業を受けている様子について描画法式で調査した。この調査も描画法式で行ったため、あてはまる項目ごとにまとめた。その結果を表2と図2に示す。

表2：理科の授業を受けている様子

	単位 (%)
机に座っている	59
活動をしている	18
無回答	23

図2：理科の授業を受けている様子

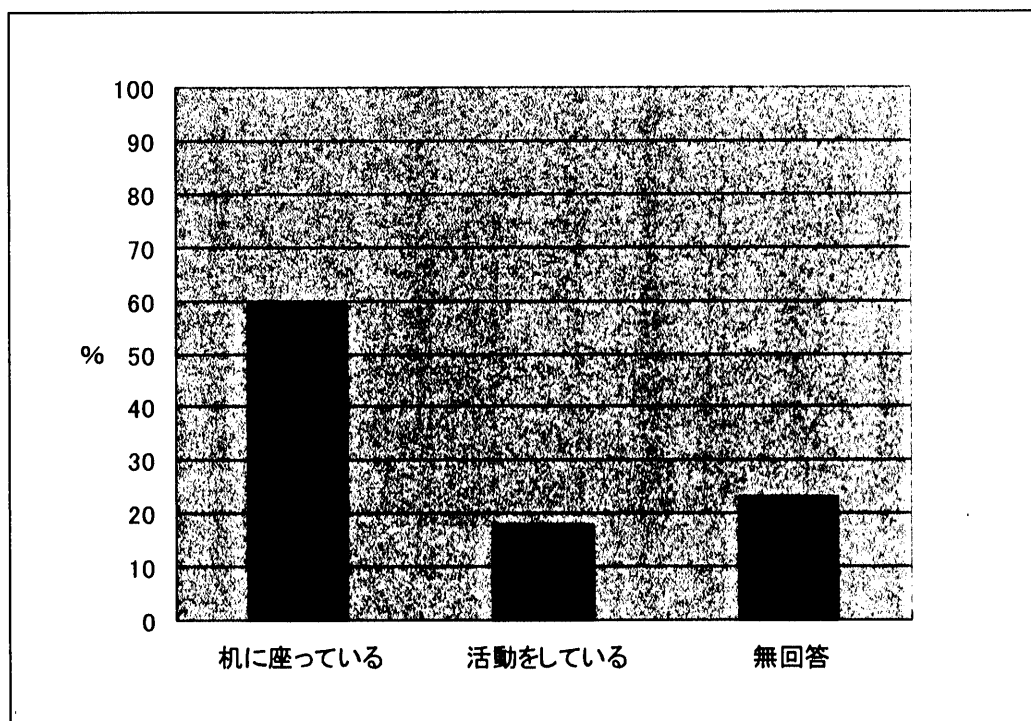


表2のうち机に座っている様子を表している主なものは、机に座って本を読んでいる様子、机に座ってノートを取っている様子を描いたものである。また、寝ている様子や悩んでいるようす、ボーっとして何も考えていない様子も含んでいる。活動をしている様子を表しているものは、試験管やフラスコ、ビーカー等の化学の実験器具を使って実験している様子を描かれたものが大部分であった。しかし、植物の観察をしているものも少数ではあったが描かれていた。

(3) 理科の授業で学んだことで、役に立ったことがあるか。

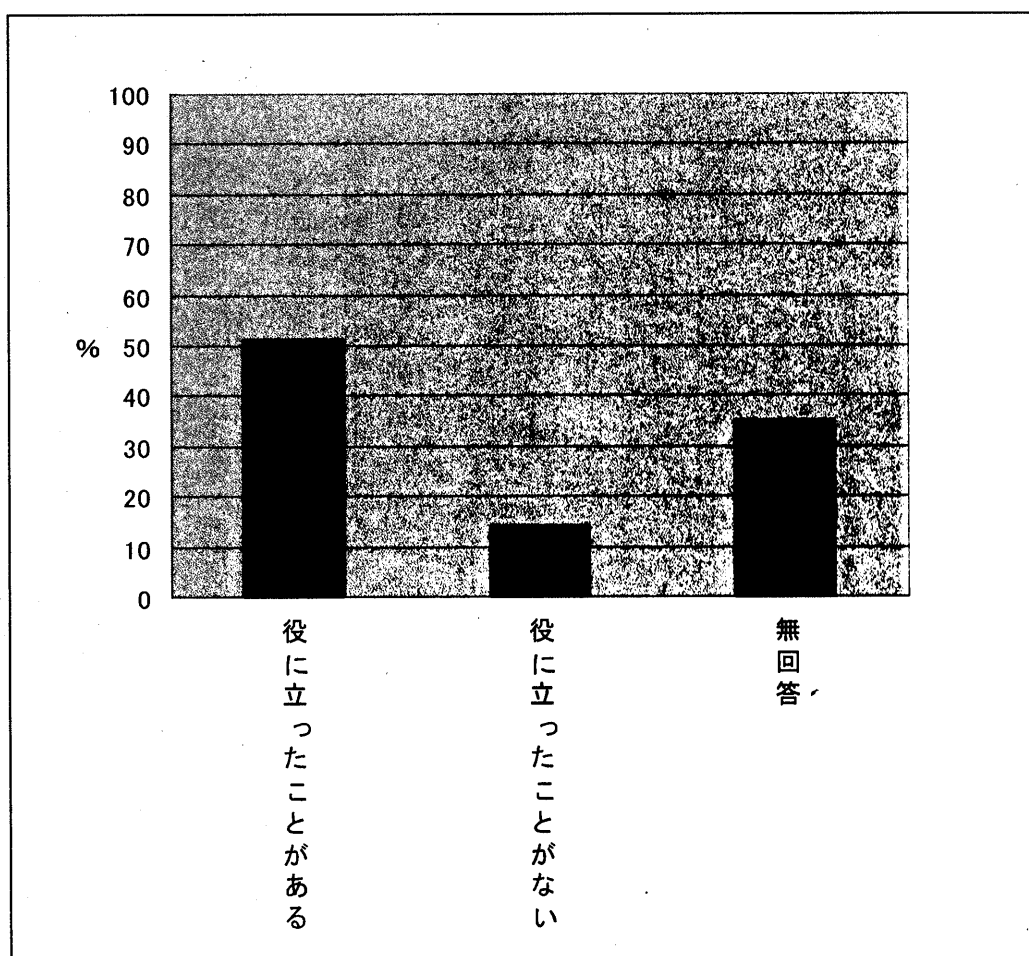
学校の理科で学んだことで、役に立ったことがあるか。もしあるのならどのようなことなのか、に関して記述形式で調査した。この調査では、役に立ったことがあると答えた学生は全体の51%で、役に立ったことがないと答えた学生、無回答の学生は合わせて49%であった。

役に立ったことがあると答えた学生の回答の中で一番多かったものは、てこの原理を理由にあげているものであった。次に多かったものは天気予報の天気図が読めるようになった等、気象のことについて述べているものであった。これらの結果を表3と図3に示す。

表3：理科の授業で学んだことで、役に立ったことがあるか
単位 (%)

役に立ったことがある	51
ない	14
無回答	35

図3：理科の授業で学んだことで、役に立ったことがあるか



第5節 調査の問題点

今回の調査では、質問内容において、表現が曖昧だったため、調査者が意図する回答が得られなかった。『1. あなたのイメージする「科学者」の絵を描いてください。』では、調査者は科学者に加え、科学者のまわりの様子についても描いてもらうことを意図して質問を行った。しかし、大部分の被験者が描いた絵は科学者のみを描いたもので、調査者の期待したような回答は得られなかった。理由として、「科学者」の研究している様子を描いてください。といった

ように科学者の外見だけでなく、研究という行為を意識させて、全体をとらえさせるような工夫がたりなかったためだと考えられる。これは、質問の制作を行う時点での問題とされる対象に関する意識が不十分であったためである。今後の調査では、より問題となる対象への理解を深め被験者個人の意見をできるだけ引き出せるような調査問題の制作が課題となる。

3 調査

第1節 目的

この研究の目的は Charles R. Barman の調査と同じ内容の調査を日本で行ない、Charles R. Barman の調査で得られた結果と比較することで、日本とアメリカの子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージを分析、考察する。このことで、日本とアメリカの子どものもつ「科学者」と「科学」のイメージに対する本質の理解に役立てたい。

第2節 調査の作成

この調査は、Charles R. Barman の行った子どもたちが持つ「科学者像」と「科学」に関する調査をもとにし、さらに結果を比較する形で表すことを考えて作成した。特に注意したのは、Barman の調査結果に現われた項目の内容を、できるだけその意味から外れないようにして、調査を行うことであった。また、回答を描画法式で行うので、表現が多様になり、回答内容の解釈に調査者の主観が影響してしまうことも考えられるが、言葉では表現が難しい部分も表現ができると考え描画法式の調査を中心に行うことにした。

調査の内容は、以下の3つである。

問1. 「科学者」が研究をしている様子を絵にかいてください。

科学者のイメージに関しては、テレビや本などから得られた情報による影響が大きいと考えられる。ここでは Barman の調査項目にあったものと、それ以外にも特に目に付いたものについてまとめた。調査は描画法式である。

問2. 理科の授業をうけているあなたの様子を絵にかいてください。

理科の授業を受けている様子については過去に受けた理科の授業や、教師の影響が大きいと考えられる。ここでは子どものもつ理科の授業のイメージとその特性を調べるために、理科の授業を受けている様子を、実験や観察などのなんらかの活動をしている、机に座ってノートを取ったり、本を読んだりしている、の2つに分けた。調査は描画法式である。

問3. 理科の授業で学習したことの中で、生活で役にたったことがありますか。もしあったら、それはどんなことか書いてください。

学校で学んだ理科が役に立つ、とは子どもが学習内容をきちんと理解し、日常生活の中に応

用できているということである。この調査では役立ったことがあるのか、あるのならばどのようなことなのかを記述形式で問う。そこから子どもたちが理科を学ぶ価値をどのように考えているのかを調べる。

以上の過程によって、本調査を作成した。

第3節 調査の実施

この調査は、埼玉県所沢市内の公立小学校の6年生206名と新潟県柏崎市内の公立中学校の3年生101名を対象に以下に示す項目について調査を行った。

1. 「科学者」が研究をしている様子を絵にかいてください。
2. 理科の授業をうけているあなたの様子を絵にかいてください。
3. 理科の授業で学習したことの中で、役にたったことがありますか。もしあったら、それはどんなことか書いてください。

1番目と2番目の質問は描画で、3番目については記述形式で回答を求めた。調査内容には、特別に専門的な知識を必要とするような調査項目は含まれていない。

この調査より、子どものもつ「科学者」に対するイメージ、学校での理科の授業のイメージ、理科で学んだことをどのように考えているのかなどがわかった。さらに、この調査結果と Charles R. Barman の行った調査結果との比較研究を行った。

第4節 調査の結果と分析

(1) 「科学者」が研究をしている様子

この調査から Barman の調査項目にあったものと、それ以外にも特に目に付いた特徴についてまとめ、表4、図4、図5のような結果が得られた。

表4：科学者の研究している様子

単位 (%)

	小1	小2	小3	小4	小5	小6	中1	中2	中3
男性のみ	43	56	68	81	68	68	78	56	47
女性	35	23	32	13	24	19	19	6	0
眼鏡をかけている	0	46	32	69	43	68	59	53	33
白衣を着ている	3	15	32	50	70	58	68	44	27
ひげをはやしている	3	0	0	16	0	6	22	18	3
髪がぼさぼさ	0	3	0	6	22	0	27	26	17
はげている	0	0	0	0	0	3	16	3	7
中年かそれ以上	0	8	0	16	16	0	32	18	3
知識の象徴	16	28	11	59	11	26	30	21	7
研究の象徴	27	54	92	75	92	90	97	74	100
研究室の中で働いている	57	90	100	94	84	90	76	74	50
危険の表示	0	3	3	13	22	6	16	6	20
架空の科学者	0	3	0	0	0	3	0	0	0
科学技術を代表するもの	11	36	16	6	5	13	5	9	7
説明書き	5	18	3	6	0	6	11	0	0
生物	14	18	8	16	3	13	27	6	7
無回答	0	0	0	0	3	0	0	18	0

図4：科学者の研究している様子（科学者の身体的な様子）

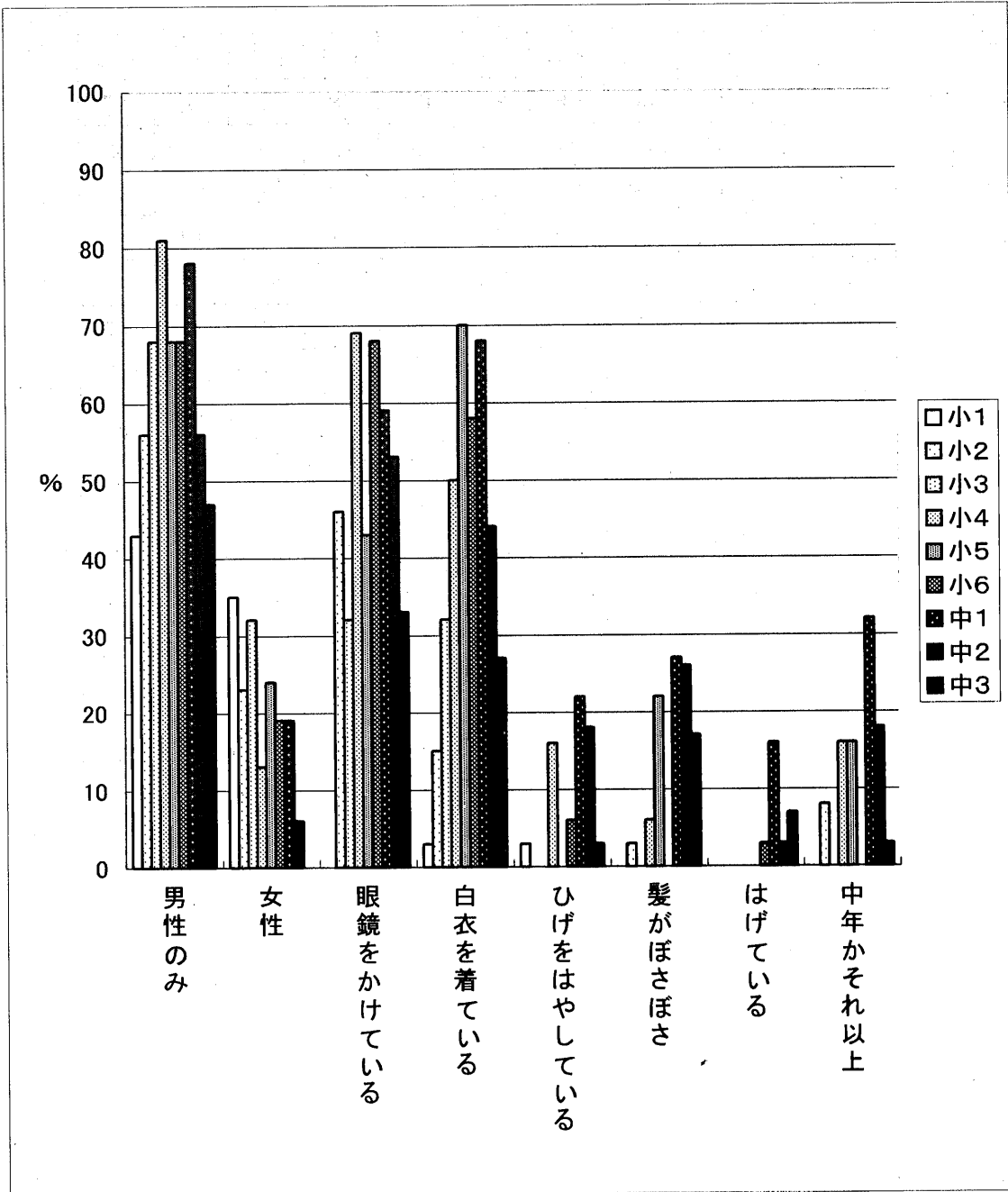
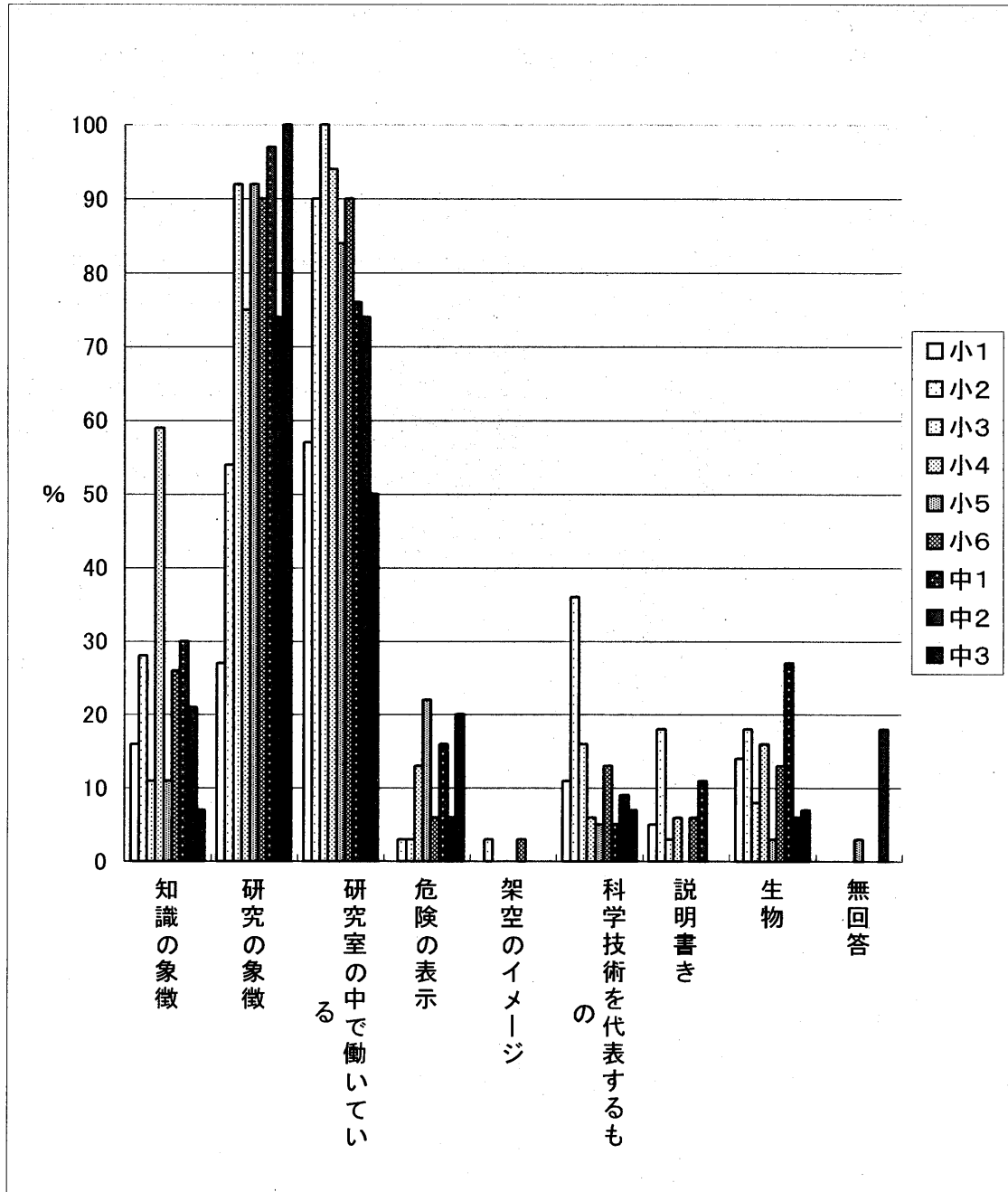


図5：科学者の研究している様子（科学者の周囲の様子）



1. 1. 科学者の身体的な様子

科学者が研究している様子では、図4で科学者の身体的な様子をまとめた。科学者の多くは男性として描かれており、全体的に女性の科学者を描いた子どもは少ないことがわかる。特に女子のほうが男子よりも女性科学者を描く割合が高く、男子においては、ほとんど女性科学者を描いているものは見られなかった。また学年ごとに比べてみても、高学年になるにつれて女性科学者を描く割合が減ってきている様子がわかる。また、眼鏡をかけている科学者、白衣を着ている科学者も多く描かれている。眼鏡をかけている科学者は、小学校の1年生では0%であったがそれ以外の学年では、およそ3分の1以上の子どもが描いている。白衣を着ている科

学者は、低学年では少ないが、中学年では半数以上の子どもが描いている。これは、低学年での白衣の認識が低いためだと考えられる。その他にも以前の研究でも見られていたような、ひげを生やしている。頭がはげている。髪がぼさぼさである。等の様子も描かれていた。

1. 2. 科学者の周囲の様子

次に科学者の周囲の様子について図5にまとめた。非常に高い割合で、試験管やフラスコ、アルコールランプなどの研究の象徴をかいたものや、研究室の中で働いている様子を描いたものが見られた。学年別には、見ても小学校1年生27%、小学校2年生54%と低学年でこそ低い、それ以外の学年では7割以上の子どもが描いていることがわかる。研究の道具としては、コンピューターやテレビなどの科学技術を代表するものや、魚や動物などの生物が対象として描かれることもあった。全体的には、試験管やフラスコなどの化学分野の実験器具が多く描かれており、科学者を化学者と見る傾向が強いと考えられる。また、研究室の特徴として、暗いなどの説明書きがしてあるものもあった。

他の様子は少数で、本やクリップボード、ポケットの中にペンなどを描いた知識の象徴で小学校4年生では59%と高い割合で見られたが、それ以外では3割に満たなかった。また、爆発している様子や言葉で直接「危険」と書かれていた、危険の表示も少なからず表されていた。しかし、以前の研究と違い架空のイメージの科学者を描く子どもが少ないことがわかる。今回の調査では、架空の科学者のイメージとして魔法使いになれる薬などを描いていた。

(2) 理科の授業を受けている様子

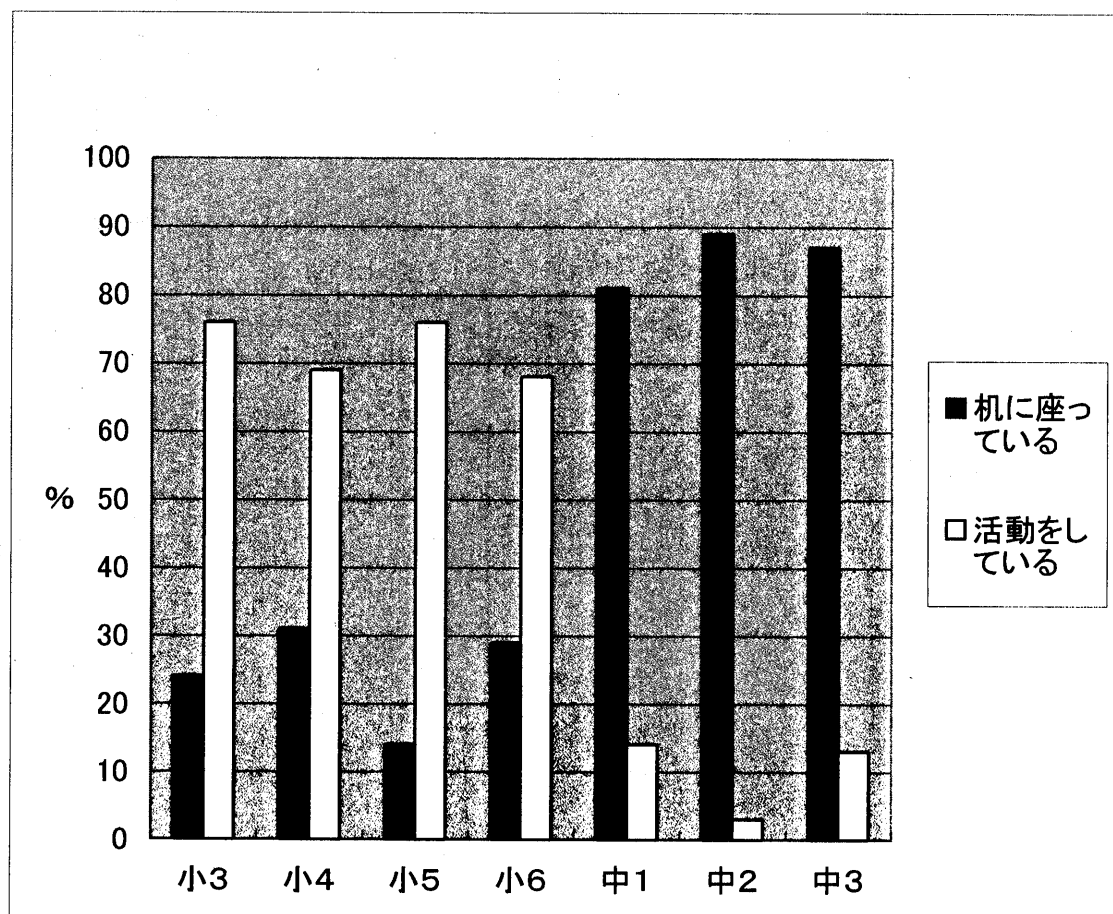
理科の授業を受けている様子について描画法式で調査した。その結果を表5、図6に示す。

表5：理科の授業を受けている様子

単位 (%)

	小3	小4	小5	小6	中1	中2	中3
机に座っている	24	31	14	29	81	89	87
活動をしている	76	69	76	68	14	3	13
無回答	0	0	11	0	0	0	0

図6：理科の授業を受けている様子



この調査では、小学校1年生、2年生については理科の授業が行われていないため調査対象から外した。

小学校の理科の授業では、アルコールランプを使った実験や、植物や動物の観察等、なんらかの活動をしている様子を絵に描く子どもが多く、実に3分の2以上の子どもが活動をしている様子を示している。しかし、小学校での結果とは逆に、中学校の理科では机に座って本を読んでいる、ノートを取っているなどの様子を描く子どもが大部分で、なんらかの活動をしている様子を描いた生徒は2割にも満たなかった。さらに机に座っている絵の中には、寝ている様子や、ノートに落書きをしている様子なども描かれている。

(3) 理科の授業で学習したことで役に立ったことがあるか

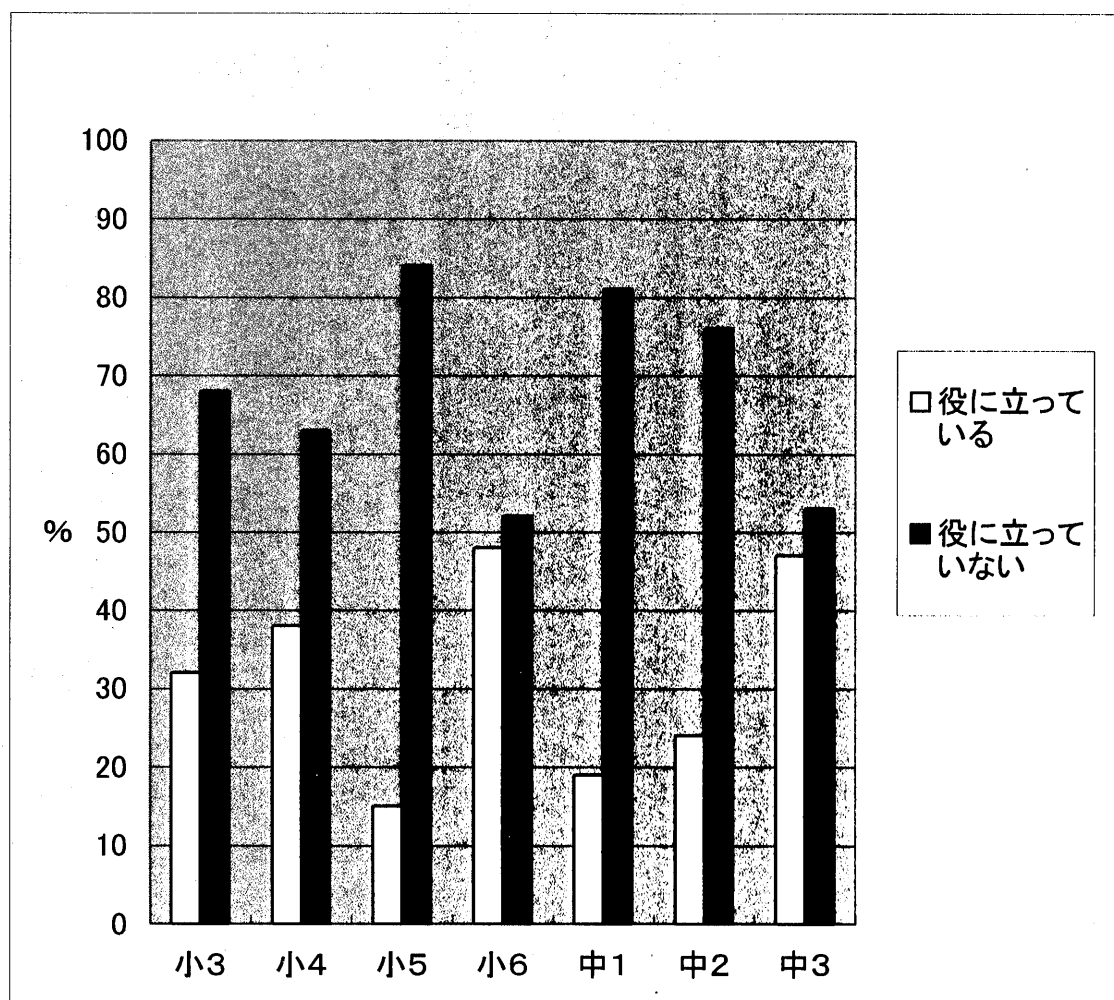
学校の理科の授業で学習したことの中で役にたったことがあるか、あるのならば、それはどのようなことなのか記述形式で調査を行った。その結果を表6、図7に示す。

表 6 : 理科の授業で学習したことで役に立ったことがあるか

単位 (%)

	小3	小4	小5	小6	中1	中2	中3
役に立っている	32	38	15	48	19	24	47
役に立っていない	68	63	84	52	81	76	53

図 7 : 理科の授業で学習したことで役に立ったことがあるか



この調査においても、小学校1年生、2年生については理科の授業が行われていないため調査対象から外した。

全体的に見ると、全ての学年において半分以上の子どもが役に立ったことがないと答えていることがわかる。学年ごとに見てみると、中学校では高学年になるにつれて、役に立ったことがあると答えた子どもが多くなっている。小学校においても、5年生以外では、学年があがるにつれて増加する傾向があると考えられる。

この調査の質問が「理科の授業で学習したことの中で、役にたったことがありますか。もしあったら、それはどんなことか書いてください。」であるので、無回答については役に立ったことがないとして集計した。

4、結果と考察

第1節 調査結果の比較と分析

以上の日本の小学生・中学生を対象にして得られた結果を、Barman がアメリカで行った調査と比較する。Barman の調査では、調査結果を幼稚園児からミドルスクールの2年生、ミドルスクールの3年生から5年生、ミドルスクールの6年生から8年生の3つのグループに分けてまとめている。そこで日本の子どもから得られた調査結果についても、小学校1年生から2年生、小学校3年生から5年生、小学校5年生から中学校2年生の3つの範囲に分け比較する。

(1) 科学者が研究している様子

科学者が研究している様子についての比較を表7、科学者の研究している様子で、身体的な様子をあらわしたものを図8、周りの様子をあらわしたものを図9に示した。

表7：科学者が研究している様子の日米比較

単位 (%)

	日 1・2	米 k・2	日 3・5	米 3・5	日 6・2	米 6・8
男性のみ	50	58	72	73	68	75
眼鏡をしている	24	17	47	28	60	46
白衣を着ている	9	29	51	41	57	52
ひげをはやしている	1	5	5	9	16	26
中年かそれ以上	4	13	10	32	18	38
研究室の中で働いている	74	86	92	88	79	71
研究の象徴	40	72	87	94	87	84
知識の象徴	22	19	25	35	25	37
危険の表示	1	10	12	18	10	22
科学技術を代表するもの	24	8	9	11	9	13
説明書き	12	2	3	13	6	19
架空のイメージ	1	8	0	11	1	3

図8：科学者が研究している様子の日米比較（科学者の身体的な様子）

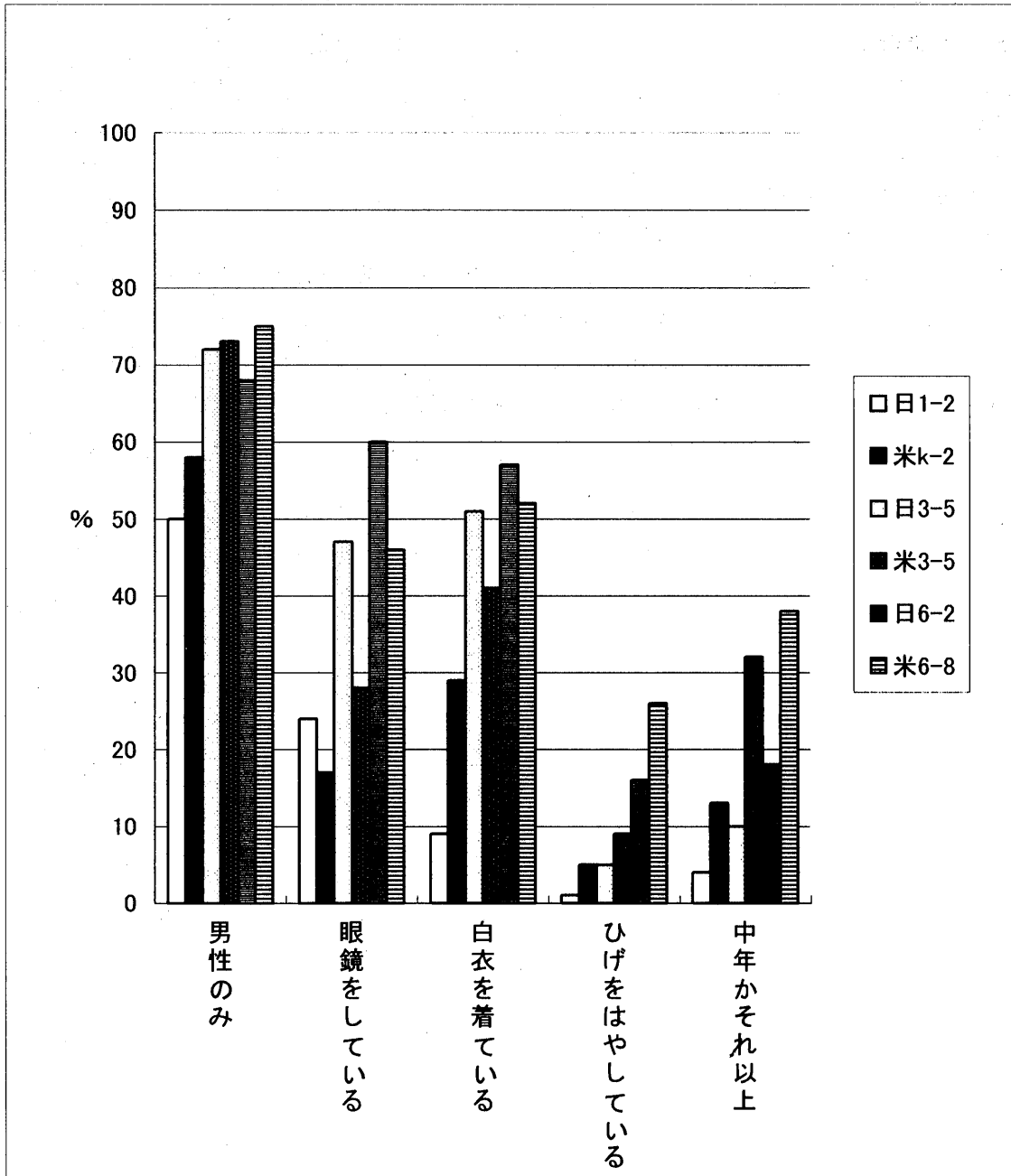
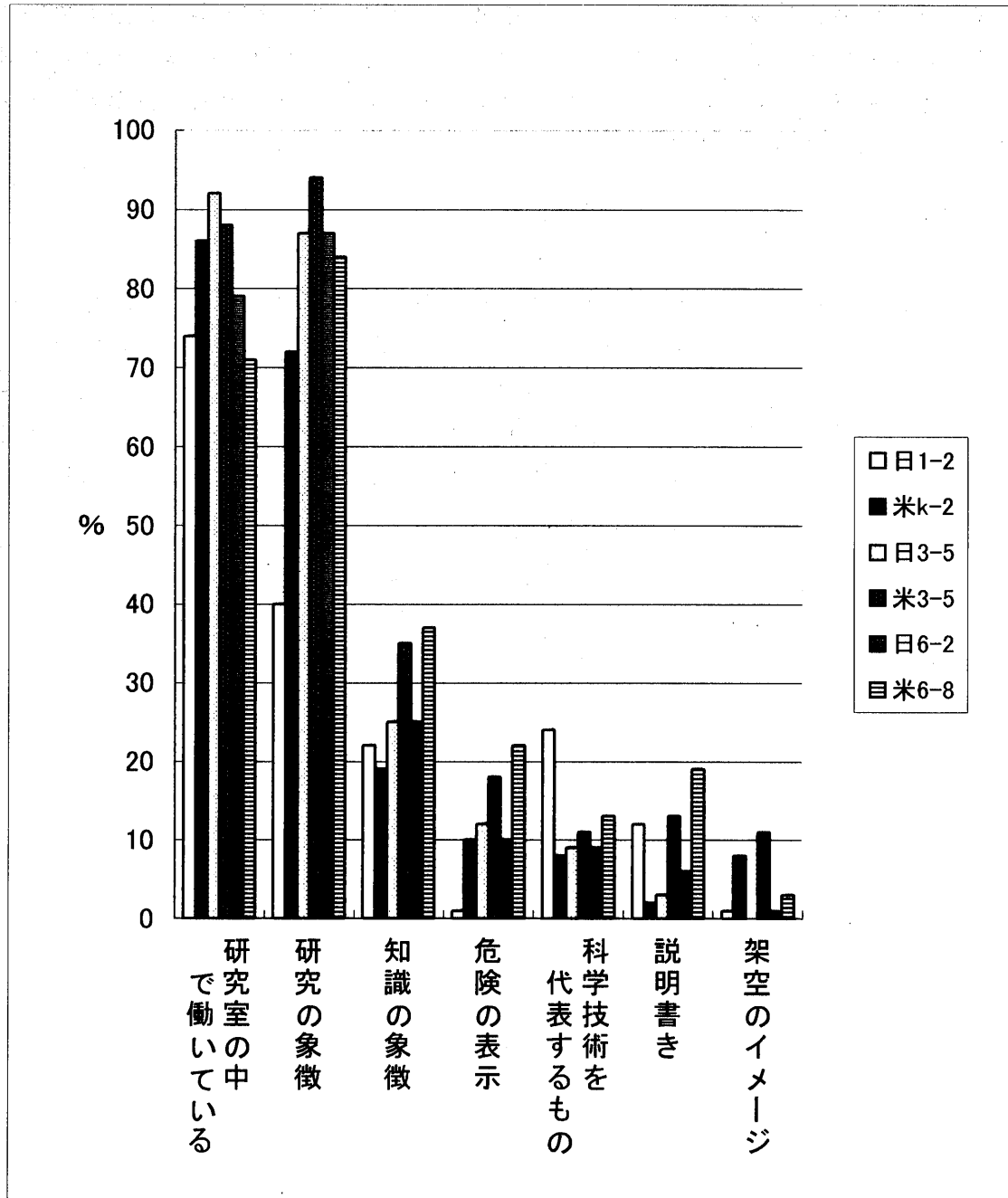


図9：科学者が研究している様子の日米比較（科学者の周りの様子）



まず科学者の身体的な様子についての比較結果では、アメリカの調査と日本の調査に共通して、男性の科学者を描いている割合が高いことがわかる。

全体的に見て、日本の子どものほうが多く描く傾向にあったのは、眼鏡をかけている、「白衣を着ている」の項目であった。「白衣を着ている」の項目では、日本の小学校1年生、2年生については、アメリカの幼稚園児から2年生よりも描いた子どもは少ない。これは、日本の1年生、2年生については白衣についての認識が薄いからであると考えられる。しかし、その他の項目については、アメリカの子どものほうが多い。しかし、中年かそれ以上かでは日本の子どもが描いた科学者の顔に表情がなかったものもあり、そのため判断ができず差ができてしまったと考えられる。

次に科学者のまわりの様子については、アメリカの調査と日本の調査に共通して、研究室の中で研究をしている科学者、試験管やフラスコなどを使って研究している科学者を多く描いている。さらに日本の調査では、暗い研究室などの説明書きがあるものもあり、全体的に見て日本の子どもたちのもつ科学者に対するイメージは、アメリカの子どもたちのもつ科学者のイメージよりもさらに暗いものであると考えられる。

(2) 理科の授業を受けている様子

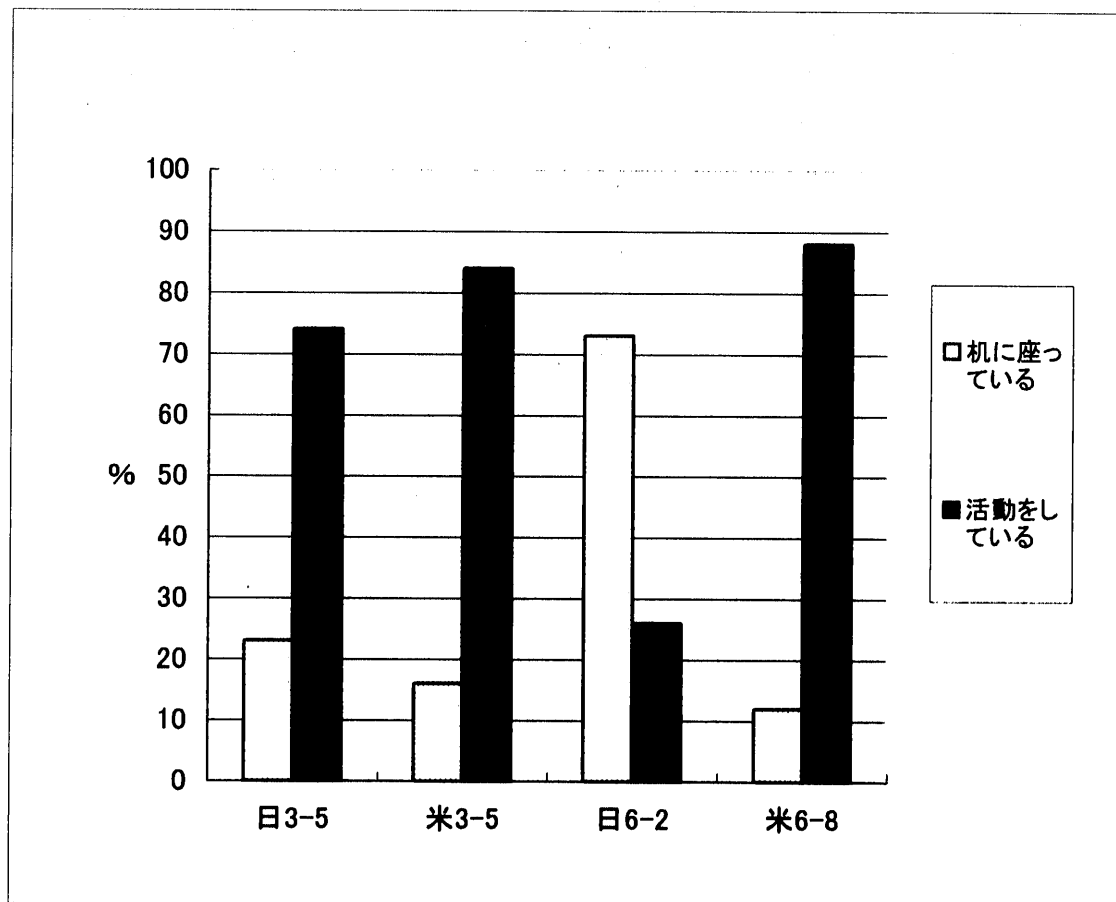
アメリカの調査では、3年生から5年生で84%、6年生から8年生で88%と表されているように8割以上が、理科の授業でなんらかの活動をしている様子を描いている。それに対し、日本では、小学校3年生から5年生では74%が活動をしている様子を示しているが、中学生では、活動をしている様子を絵に描いた子どもが3割に満たないことがわかる。また、全体で比べてみても日本ではその割合が低いことがわかる。この結果からアメリカのほうが活動志向の強い授業を展開していると考えられる。この結果を表8と図10に示す。

表8：理科の授業を受けている様子の日米比較

単位 (%)

	日 3-5	米 3-5	日 6-2	米 6-8
机に座っている	23	16	73	12
活動をしている	74	84	26	88

図10：理科の授業を受けている様子の日米比較



(3) 理科の授業で学習したことで役に立ったことがあるか

アメリカの調査では、3年生から5年生で84%、6年生から8年生で87%と表されているように8割以上が、理科の授業で学習したことが役に立っている、日常生活において応用することができるかと答えている。しかし、日本の調査結果から、小学校3年生から5年生では28%、小学校6年生から中学校2年生では29%の子どもしか、理科の授業で学習したことが役に立つと考えていない。つまり、日本においては7割以上もの子どもが理科の授業で学習したことが役に立っていないと考えていることが明らかになった。以上の結果から、アメリカの子どもの方が理科をなんらかの形で生活の中にかすことができると考えている傾向がある。

第2節 考察・結論

本研究を通して、日本とアメリカの調査結果を比べてみると、日本のほうがアメリカよりも暗いイメージを持っていることがわかる。このような暗いイメージは、理科を好きな子どもを育てることにマイナスの影響を与えられられる。そのために、この暗いイメージを改善することは、理科教育において重要なテーマである。

今回の調査によって、日本の子どもたちは科学者を偏った見方で見ていることが明らかになった。その理由としては、子どもたちが日常生活において科学者と接する機会がなく、「科学者」や「科学」のイメージをテレビや本などの情報のみからで創られていることがあげられる。そ

ここでこれらのイメージを改善するために；

- 1) アメリカの小学校の壁には、「君も宇宙飛行士になれる」「ノーベル賞をとるのは君だ」などとポスターが張ってあるように、子ども自身が、将来、科学の世界に進む可能性のあることを示唆する。
- 2) 子どもが自然現象や身の回りの科学・技術に興味や疑問を持ち、それらをさらに深め、解決していくように指導する。
- 3) 自然の雄大さや美しさ、感動を子どもに伝える。顕微鏡の世界、望遠鏡の星空観察、オーロラのきれいな写真とその現象の起こる理由、可能なら、因果関係や論理の展開の美しさなどを子どもに理解させることが必要である。できるだけ、実物や実際の現象に触れるように指導する。

引用文献

- 1) Mead, M., & Metraux, R.:『Image of the scientist among high-school students』*Science*, 126, pp384-390, 1995
- 2) 渡邊亮夫:『理科嫌い・理科離れに関する調査研究－教員養成系大学生がとらえた理科学習の必要性－』上越教育大学学校教育学部卒業論文、1997
- 3) 立山昌子:『子どものもつ「科学」の概念に関する研究－カナダと日本の教員養成系大学生の比較－』上越教育大学学校教育学部卒業論文、1996
- 4) Charles R. Barman: 『Students' Views of Scientists and Science』 *Science and Children*, pp.18-24,1997
- 5) 隅田学・稲垣成哲・中山迅:『アジアの子ども達におけるサイエンス・イメージ』日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.16, No.1, pp5-24, 2001

第3章 実践事例

1. 小学校段階の力概念の形成

物理学における「おもしろさ」や「感動」はそれぞれ2つに分けて考える。

①自然現象の中の物理現象における「おもしろさ」と「感動」、

②物理学の理論的展開における「おもしろさ」と「感動」、

これら①、②の「おもしろさ」と「感動」を体系化して教える必要がある。このような考え方から、物理学の立場からみた「自然科学のおもしろさや感動」を理解させる一つの方法として力概念の形成を事例に取り上げた。

(1) 低学年「おもちゃ」

この教材は「動くおもちゃ」、「おもり動くおもちゃ」などであり、工夫する意欲を育て、自分で作る経験を持つことにより、力の概念や重さの概念の素地を作ることを目的としている。したがって、児童が工夫しながら自分で作ったおもちゃで遊ぶという活動が重要になってくる。その遊びを通して力や重さの概念を形成するのである。

「おもちゃ」による遊びを通して、風の手やゴムの伸びがおもちゃを動かす力に変換することを学ぶ。ボール紙、紙コップ、輪ゴム、ビニル袋などの身近にあるものを利用し、工夫しておもちゃを作ることが大切である。

遊びを通して指導する場合の問題点は、児童の活動が単なる遊びに終わり、上の学年に発展しないことである。指導の際そのことに留意しなくてはならない。一例を示そう。

かんころがしの実験では、図に示すように、かんの内側につけるおもりの位置と大きさ（重さは同じ）を変えて、かんのころがる速さを比較する。最も早く転がるかんを見つけたら、①、②、③の動き方、ころがり方の特徴を見つける。次に②に注目させ②は下図の④の動き方と同じであることを確認させる。このとき、⑤のようにかんの底に絵をかくおき、絵の動きに注目させる。⑥は⑤の絵を拡大して作った棒である。このとき、⑤の絵も⑥の棒も動物と人形の絵などでできていると児童の興味・関心を引く。

ここで、⑤の絵の動きと⑥の棒の動きに注目させ、それらが同じであることを確認する。

次の段階では⑤と⑥の動きからどのようなおもちゃや道具が考えられるかを確認しておく。簡単なものは児童に製作させる。製作や実際の遊びによって平衡感覚が育成されることになる。

教師は⑥を発展させた形として、下図の⑦（⑥のたての棒を短くしたもの）、⑧（⑦のたての棒をさらに短くし、ほとんどなくしたもの）、⑨（⑥の横棒を中心から等角度におりまげた形のもの）などがあり、それらを応用したおもちゃや道具の具体例を知っておく必要がある。さらに⑦の横棒の左または右を長くしたものとして⑩のような道具が考えられる。

こうして、かんころがし→おきあがりこぼし→やじろべえ→てんびん→てこ、の図式を考えることができ、教材の系統性が把握される。

(2) 「風車」

この単元の目標は、風の強さと風車の回り方、風車の物を動かす働き（ゴムやバネでみる）となっており、そのための製作活動、実験が多く考えられている。風車が物を動かす働きの実験により、風のエネルギー→風車を回すエネルギー→物を動かすエネルギー、というエネルギー変換の図式を教師は頭を入れてこの単元を指導しなくてはならない。

風車がよく回る→より重い物を持ち上げる、と考え、児童に風車の制作活動をさせ、実験をさせる必要がある。さまざまな種類の風車を作る際、(i) はねの形(面積)、(ii) はねの枚数、(iii) はねの角度など条件を変えてみる。できあがった風車を用いて、a 送風機と風車との間の距離、b 風の強さの条件を一定にしても実験する。風車の回る速さは風車につけたひもがどれくらいの重さの重りをひっぱったり持ち上げたりできるかにより測定する。この実験により風の強さを持ち上げた重りの重さにより定量的に測定することができ、風の力が物を動かす力に変換するという概念が形成される。

「風車」の単元を持つ問題点は、遊び的要素が多いため児童は積極的に行動するが、現象面にのみ注意が集中しがちであり、そのため、現象の原因や風の当て方と回り方などに関係づけについての観点が欠落するという点である。なお、風車の回るしくみと風の動きの関係は教師として正しく把握していなければならない。

(3) 「ものの重さとてんびん」、「てこのはたらき」

「てんびん」と「てこ」は一つの概念の流れの上に位置付けることができる。前述したように「かんころがし」の延長上に二つを位置付けることができる。少しくわしく検討してみよう。前述の⑧を応用したものが上ざらてんびんである。このことをまず確認する。次に⑧の横棒にあるはばのある均一な棒を用い重心にひもをつけ上からつるしたものが⑩である。⑩を不均一な棒にしたものが⑪であり、⑬、⑭、⑮、⑯と棒の形を変えて実験をし、いずれの場合もてんびんの機能を果たすことを確認し、棒以外のものでもてんびんの機能を持つことを指導する。特に⑬の場合は、てんびんをつるしているひもと垂直な横線が、板をはみ出すことに注目させる⑰。このことから木の枝や丸太もてんびんの機能を持つこと、すなわち実験器具や道具ばかりでなく、他の物体にも目を向けることができるよう指導する。

てんびん⑮を用いて⑱、⑲のような発展的な実験が可能である。なぜつり合うかは疑問として残しておいてもよいが教師は⑳の値が左右等しいときであることを把握しておくこと。この実験は、「てこの原理」の発見へと発展する。⑳からは円版てこ、輪軸への発展可能であることを教師は把握しておくことが必要である。

「てこ」への導入は、⑦の応用として、21、22 のような実験を行うとよい。てこの単元の最大のねらいは、「てこの原理」を発見することにある。てんびんの実験を十分に行っていればこの発見は容易である。特に、てんびんとの継続を考えると、⑱、⑲の実験は導入としても、「てこの原理」の発見としても重要である。

輪軸はあまり多くの時間をかけていないようであるがてんびんやてこの発展段階として十分指導しなければならない。日常生活で見られるてこを利用した道具では、てこがどのように利用されているかをくわしく調べておかなければならない。

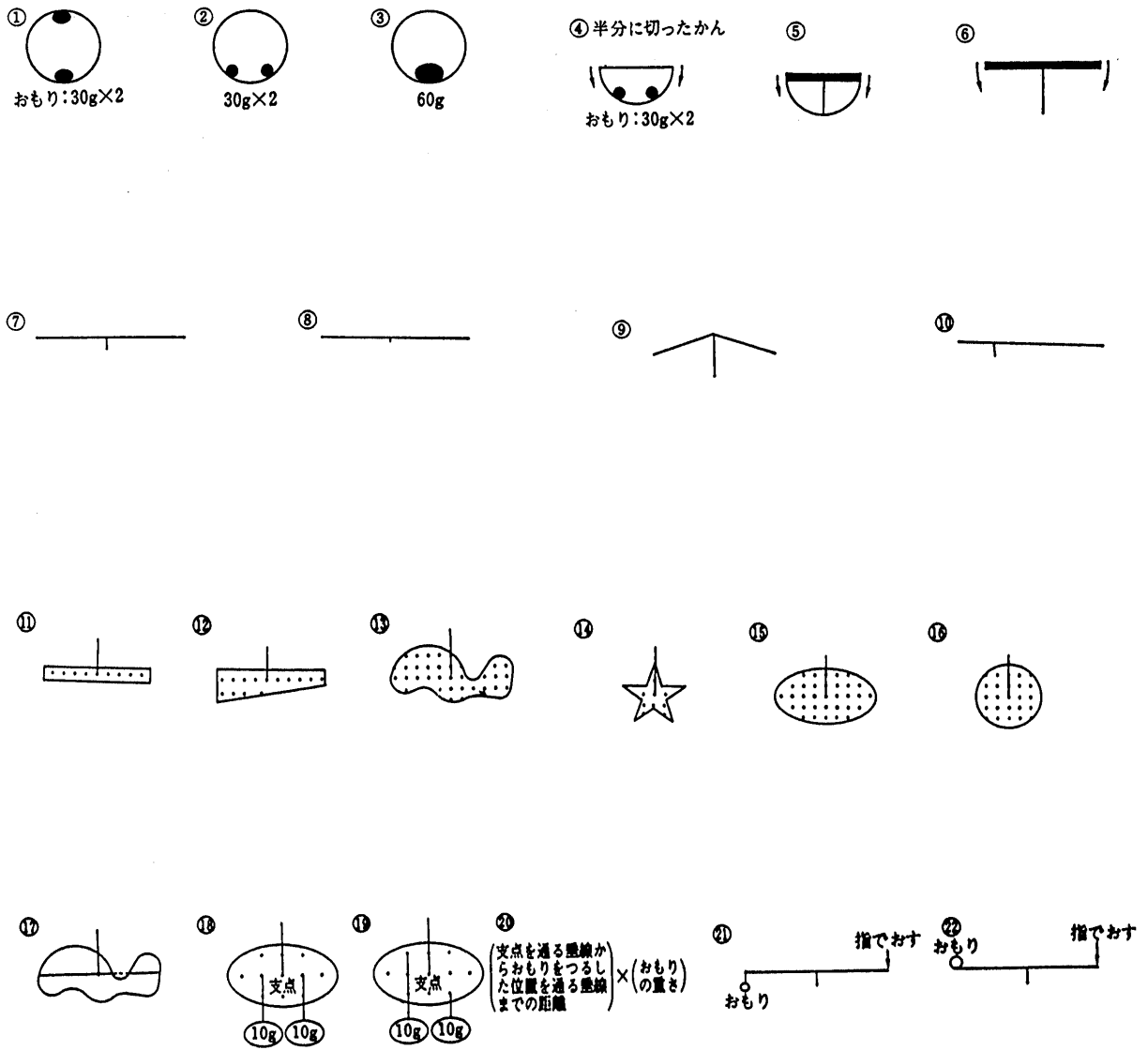


図 力概念の形成過程

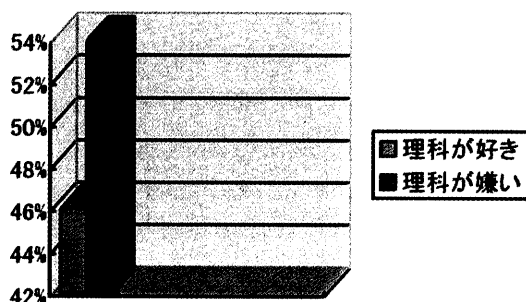
2、身近な自然現象の疑問を解決しよう

I 対象児童；6年3組児童26名(男子14名、女子12名)

II 理科嫌い事前調査(H13.10.1現在)

理科が好き 46%

理科が嫌い 54%



[理科嫌いの理由]

- ・ 実験以外の学習がつまらない。覚えることが多い。 (7)
- ・ 実験が長引いたり、失敗したりするから嫌い。 (5)
- ・ 危ない、気持ち悪いことが多い。 (4)
- ・ 観察がつまらない。 (4)
- ・ 個人でやりたいのに班になるから嫌い。 (1)
- ・ もう答えが教科書にあるのに必ず実験をしなければならないから嫌だ。(1)

(教師の考え)

クラスの子どもたちの中に、理科嫌いが半数以上いることが分かった。その理由の中で、実験は好きだがそれ以外の学習が好きでないと考えている子どもが多いのは、実験の手続きには興味関心をもっているが、何のための、そして、何を知るために活動をするのかというところについて意識して取り組んでなかったといえる。すなわち、これまでの観察・実験等の活動自体が、主体的な探究活動でなかったと考えられる。

<教師の手立て1.>身近な題材を扱う

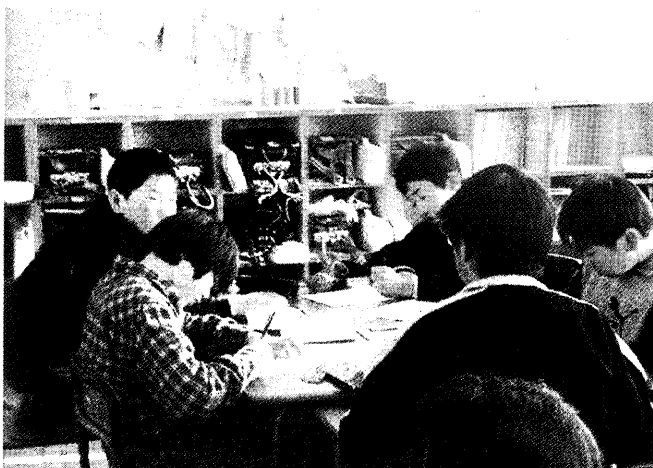
III 身近な自然現象に関する疑問

- ・・・最初のうちは、疑問さえもてなかった子どもも多くいた。しかし、次第に次のような疑問があげられるようになった。
 - ・ なぜ、包丁は切れるのか。
 - ・ なぜ、ほこりはできるのか。
 - ・ なぜ、髪の毛やひげ、つめは伸びるのか。
 - ・ なぜ、むし歯はできるのか。

- ・なぜ、水中には空気がないのか。
- ・声が出る仕組みについて知りたい。
- ・なぜ、物が立体に見えるのか。
- ・流れ星は、どうして流れるのか。
- ・生物に血があるのはなぜ。
- ・なぜ、肌の色は国によって違うのか。
- ・どうして虹は出るのか。
- ・アルコールランプの軸は紐なのに、どうして燃えないのか。
- ・山の上は太陽に近いのに、気温が低いのはなぜ。
- ・なぜ、天気は変わるのか。
- ・なぜ、蛇口をひねるとお湯や水が出るのか。
- ・なぜ、空気は透明なのか。
- ・太陽がなくなると、地球は何度くらいになるのか。
- ・どうして人間は年をとると顔が変わるのか。
- ・何で音の区別(ドレミ)ができるのか。
- ・宇宙はなぜ無重力なのか。

IV 活動スタート

これらの「なぜ・どうして」からその解決に向けて、活動がスタートしました。



50 を越える疑問の中からクラスで相談して、「ほうちょうは、なぜ切れるか」という疑問から、

包丁 (ほうちょう)

をテーマに選び、それについての課題を考えました。

・・・次のような課題が子どもたちから出されました。

- ・包丁の上部も研ぐと、切れるようになるのか。

- ・学校内によく切れる包丁はどれくらいあるのか。
- ・包丁はどれくらい研ぐとどれくらいの厚さになるのか。
- ・新しい包丁と古い包丁の切れ方の違いは？
- ・包丁のどの部分がいちばんよく切れるのか。

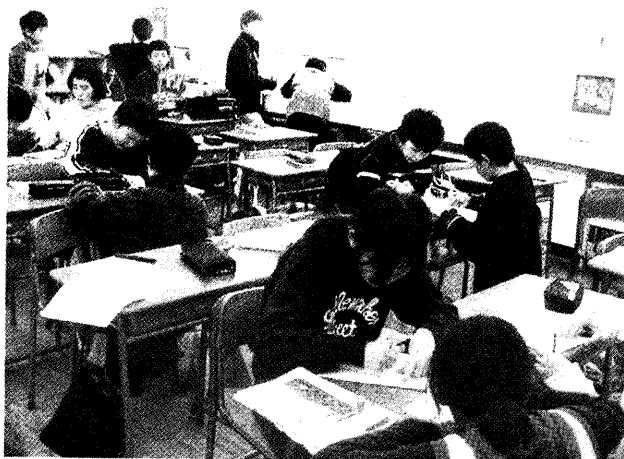
<教師の手立て。2> グループや活動時間を見直す。

活動にあたって調べたアンケートの結果より、理科嫌いの理由として、「いつも班での活動になるから嫌だ」「実験が長引くから嫌だ」とあった。そこで、自分が解決したい課題を決め、必要であれば、個別でもっていいこととした。また、活動時間を十分に保証するために、通常45分のところ活動時間を60分とした。

・・・同じ課題で調べたい人が集まって、7つのグループに分かれました。

V 活動の様子

1 課題解決のための計画を立てる



課題解決方法が、教科書に載っていないということで、ずいぶん悩んでいました。教師側からも、今まで経験してきた方法や、使ってきた道具を想起させるにとどめ、できるだけアドバイスをしないという方向で活動を進めました。

2 実験スタート

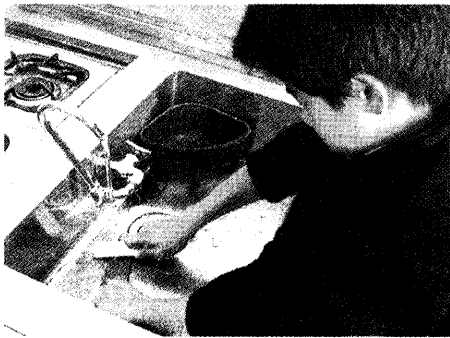
グループの活動を紹介します。

「包丁の上部を研いだら切れるようになるか」グループ



包丁の上部を包丁とぎ器で研ぎました。5分ごとに、切れ味を確認しました。切るものには、こんにゃくを選んでいました。切れ目のぎざぎざ具合で切れるか切れないかを判定していました。

「包丁のとぎ時間と厚さの関係を調べる」グループ



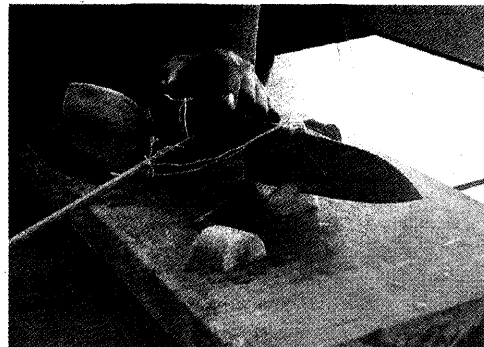
2人グループになりました。二人の握力を測り、握力のバランスがよくなるように、注意していました。ストップウォッチで時間をはかり、10分おきに、包丁の様子をデジカメで撮影しました。

「包丁のどの部分がいちばんよく切れるのか」グループ



てこの原理を使って・・・

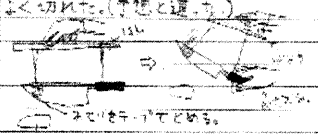
包丁の先端、中央、根元と3箇所の切れ方を調べました。調べる部分には、力学分銅を包丁の両脇に10グラムずつつけ、一人が軽く包丁の柄の部分を支え、もう一人が、包丁に紐をつけて振り下ろす役割をしました。切るものを何にするかずいぶん悩んでいましたが、バナナを選びました。



学習カード

名前 (清水 十郎)

探究テーマ
包丁のどの部分がいちばんよく切れるか?

調べ方	おもりを使う。 ここに包丁の刃の部分を貼る。おもりをのせておもりを置く。おもりをのせておもりを置く。
調べたこと	どの部分がいちばんよく切れるか。
必要なもの	ほう丁、おもり 100g、(包丁の刃の部分)
分かったこと	今日は、包丁の刃の部分がいちばんよく切れた。(予想通り)  また、おもりをのせておもりを置く。
結果	包丁の刃の部分(裏)がいちばんよく切れる。 包丁の刃の部分(表)がいちばんよく切れる。

学習カード

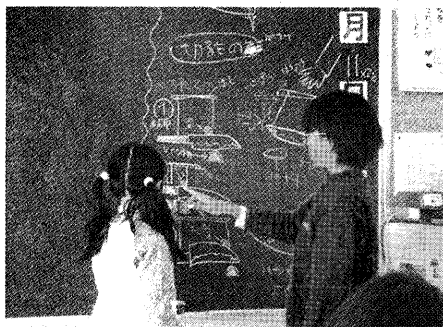
名前 (高原 佳奈)

探究テーマ
新しいほう丁と古いほう丁の切れ味のちがいを調べる。

調べ方	①古いほう丁と新しいほう丁を探し出す。(1つずつ) ②探したら、両方とも切れる物(例えば、固い物まで切れてみる) ③どちらが切れ味がよくなるか、どちらがよく切れるかがある。
調べたこと	包丁(家庭科室のもの)を切れる物(固い物)を切った。
必要なもの	包丁(家庭科室のもの)
分かったこと	古いほう丁は切れ味がよく、新しいほう丁は切れ味がよくない。古いほう丁のほう丁は切れ味がよく、新しいほう丁のほう丁は切れ味がよくない。古いほう丁のほう丁は切れ味がよく、新しいほう丁のほう丁は切れ味がよくない。
結果	古いほう丁と新しいほう丁は、おもりをのせておもりを置く。

今回の活動の様子を見ると、半数以上の子どもたちが、「私が切れると思ったから、このほうがよ切れる」などと、自分の主観でものごとを判断してそれを結果としてあげていることが分かった。しかし、子どもたちの中には、「改良すれば、もっと詳しく調べられるようになる!」と、声をあげている子どもや、「もう一度、実験をやり直したい。」と話す声もあがっていた。

3 実験結果発表



国語で取り組んだパネルディスカッションを思い出し、パネルディスカッション形式で実験の結果発表をしました。記録カードだけでなく、黒板に図示して説明を進めるグループもありました。質問タイムでは、かなり突っ込んだ質問も子どもたちの中から出てきました。「包丁を研ぐときに交代でやったら個人に応じて力が違うのではないかな。その辺はどう考えているのか。」といった質問や、切るのがやわらかすぎなので、包丁でなくても何でも切れてしまう。実験をしている意味がないのではないかな。」など、このような質問に対して困ってしまう子どもたちもいた一方、次回に役立てようとメモを取る子どもたちもいました。

「包丁のとき時間と厚さの関係を調べる」グループ

<前回の反省点>

- ・ デジタルカメラで記録しただけなので、違いがよく分からなかった。
- ・ 2人が交代で研いだので、研ぐ力の違いが出てしまった。

<今回の改良点>

- ・ 研ぐ人は1人とする。
- ・ デジタルカメラ撮影のほか、研がれた部分の長さを測る。
- ・ 包丁の研がれてないほうの面を使って試す。

「包丁のどの部分がいちばんよく切れるか」グループ

<前回の反省点>

- ・ 手で支えているところがあったので、もしかしたら知らないうちに力がかかっていたかもしれない。
- ・ デジタルカメラで記録しただけなので、細かい違いが分かりづらかった。
- ・ 切るものにバナナを使っただけだったので、今度は他のものも使いたい。

<今回の改良点>

- ・ 手で包丁を支えず、てんびんを支えの代わりにする。
- ・ 切るものを変えて試す。
- ・ デジタルカメラで撮影するだけでなく、包丁の歯が入った部分の長さを測る。

② 活動の様子

「包丁の上部を研いだら切れるようになるか」グループ



以前のグループがさらに細分化しました。切るものの種類を増やしたグループは、硬さを3段階(ようかん・りんご・かぼちゃ)に分けて、それが切れるか切れないかで判断をしていました。

輪ゴムの伸びる力を使って包丁の切れ具合を調べていたグループは、輪ゴムの本数で、切れ方を判断していました。

その他のグループの様子を見ても、前回の反省を生かしたものが多く、「自分が切れると思ったからこれは切れる包丁だ」といったような主観的な基準が減っていました。

学習カード

名前 (山田太郎)

テーマ 包丁

調べること 包丁の厚さ

予想 包丁は研いで使うので厚さが減る

調べ方 顕微鏡で測る

結果 5分研いだら厚さが約0.3mm減る。15分研いだら約0.5mm減る。

考察・反省 包丁の厚さは時間とともに減っていく。研ぎ進むと、厚さが減っていく。

活動のあて 研いで使う包丁

記録

10分研いだら厚さが約0.2mm減る
15分研いだら厚さが約0.3mm減る
20分研いだら厚さが約0.4mm減る
25分研いだら厚さが約0.5mm減る
30分研いだら厚さが約0.6mm減る
35分研いだら厚さが約0.7mm減る
40分研いだら厚さが約0.8mm減る
45分研いだら厚さが約0.9mm減る
50分研いだら厚さが約1.0mm減る

結果 研いで使う包丁の厚さは時間とともに減っていく。

考察・反省 包丁の厚さは時間とともに減っていく。研ぎ進むと、厚さが減っていく。

「包丁のとき時間と厚さの関係を調べる」グループ

デジタルカメラ撮影だけでなく、研いだ部分を測り、数値を出すことで、より確実にみんなに結果を伝えたいと思うようになりました。5分おきに記録をとり、包丁を研ぎ進めると、時間ごとに厚さが変化していることに気づき、それが、算数で学習した比例の関係となっているのではないかと計算を始める姿も見られました。

学習カード

名前 (山田太郎)

テーマ 包丁

調べること 包丁の厚さ

予想 包丁は研いで使うので厚さが減る

調べ方 顕微鏡で測る

結果 1デジカメで包丁の厚さを測る。2デジカメで包丁の厚さを測る。15分研いだら厚さが約0.3mm減る。30分研いだら厚さが約0.5mm減る。

考察・反省 包丁の厚さは時間とともに減っていく。研ぎ進むと、厚さが減っていく。

活動のあて 包丁の厚さを測る

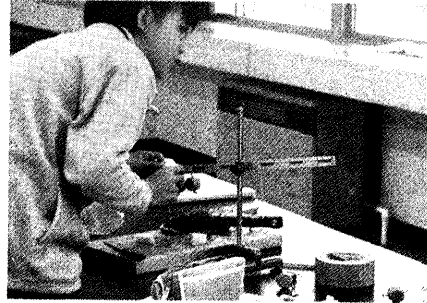
記録

1回目 厚さ4.5高さ15.4面積34.65cm ²
2回目 厚さ4.5高さ15.4面積34.65cm ²
3回目 厚さ4.5高さ15.3面積34.425cm ²
4回目 厚さ4.4高さ15.2面積33.44cm ²

結果 包丁の厚さは時間とともに減っていく。

考察・反省 包丁の厚さは時間とともに減っていく。研ぎ進むと、厚さが減っていく。

「包丁のどの部分がいちばんよく切れるか」グループ



以前の発表でクラスみんなに手で支えては包丁にいらぬ力が入っているかもしれないと批判され、新しいスタイルで実験をやり直しました。切るものにはバナナだけでなく、キウイやりんごも使い、同じ実験を数回繰り返すことで、本当に自分たちが出した結果が正しいのか判断していました。結果が以前とは異なったため、どれが本当なのかもう一度調べてみたいという感想を述べていました。

学習カード

テーマ	名前 (グループ)
調べること	
手順	
調べる方法	<p>① 力を加えるところを切り始める。 ② 切るものに、これより歯が入った方がはかる。 (はさみで、手甲うしろで切る) ③ 切るものをかえて、同じようにする。</p>
出展のもの	<p>① 歯の長さ、手甲の長さ、 ② 歯の長さ、手甲の長さ、 ③ 歯の長さ、手甲の長さ、</p>

活動のめあて	でいかに切る
記録	<p>1. 歯の長さ、手甲の長さ、 2. 歯の長さ、手甲の長さ、 3. 歯の長さ、手甲の長さ、 4. 歯の長さ、手甲の長さ、 5. 歯の長さ、手甲の長さ、 6. 歯の長さ、手甲の長さ、 7. 歯の長さ、手甲の長さ、 8. 歯の長さ、手甲の長さ、 9. 歯の長さ、手甲の長さ、 10. 歯の長さ、手甲の長さ、</p>
結果	<p>1. 歯の長さ、手甲の長さ、 2. 歯の長さ、手甲の長さ、 3. 歯の長さ、手甲の長さ、 4. 歯の長さ、手甲の長さ、 5. 歯の長さ、手甲の長さ、 6. 歯の長さ、手甲の長さ、 7. 歯の長さ、手甲の長さ、 8. 歯の長さ、手甲の長さ、 9. 歯の長さ、手甲の長さ、 10. 歯の長さ、手甲の長さ、</p>
感想・反省	<p>歯の長さ、手甲の長さ、 歯の長さ、手甲の長さ、 歯の長さ、手甲の長さ、 歯の長さ、手甲の長さ、 歯の長さ、手甲の長さ、</p>

活動を進めていくうちに、包丁で切ったものの切断面をよく見たいと、虫めがねを出してきたり、顕微鏡で細かく観察したりしたグループもあった。活動時間が十分に確保できていたため、細かい疑問まで追求する時間ができたといえる。

VI 活動を終えて

(児童の感想カードより)

S さん(女)

自分のオリジナルの方法で、いろいろなパターンで活動できて楽しかった。そのほかにも、パネルディスカッションをしてほかの班の活動を聞いて、「こんなやり方もあるのかあ。」と関心をもちました。同じことを調べていても、それぞれの班で結果がちがったので、もっとくわしく調べたほうがいいと思いました。

次回は、ちがうテーマでいろいろな角度から実験をしていきたいです。

N さん(女)

包丁の実験は、少しこわかったけれど、とてもおもしろかったです。今度は、自分の好きなテーマで実験してみたいです。例えば、「花」というテーマで、花の色を変える実験や、「石」というテーマでの実験です。わたしは、このようなことにとても興味があるのでやりがいもあると思います。いつも、こんな活動だったらいいのにと思いました。

M さん(女)

自分でテーマを見つけて活動計画を立てる学習は、楽しかったです。わたしは、理科がきらいだったので、いつもこのような活動だったら理科が好きになると思いました。

今後してみたい活動は、しんれいスポットを探して「ゆうれいは本当にいるのか」について調べてみたいです。

T さん(女)

活動を成功させるのは、とてもむずかしかったです。2度目の実験前には、グループの人と「あーだこーだ」と話し合っって実験を見直しました。上手に実験できたときは、本当にうれしかったです。

Y さん(男)

活動は、おもしろかった。普段の理科の時間にもしてほしい。身近なことを考えるので、気軽にできるし、やっていくうちにどんどん疑問が解決していくから楽しかった。教科書がなくても、自分たちで考えてそれを試し、答えを見つけるのが楽しかった。

3学期もこのような活動をしてほしい。

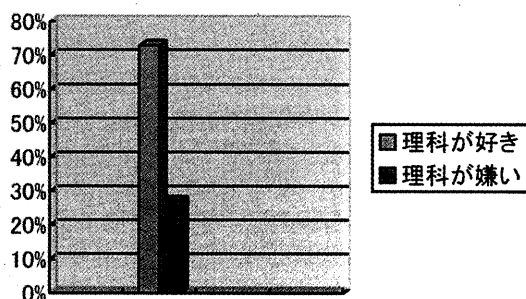
「もっと活動したい、新しい疑問に挑戦したい。」と感想を述べる子どもが多くいた一方、「もうしたくない、教科書に沿って活動をしたい。」と述べている子どもも数名いた。活動と活動の間が空き過ぎ、意欲が持続できなかつた子どもたちもいたと考えられる。活動を進めるうえで、短期集中型として取り組んだほうがより効果的に進められると考えられる。

VII 今後の課題

(活動後のアンケートより)

理科が好き 73%

理科が嫌い 27%



[その理由]

理科が好き：

- ・勉強ばかりでなく、考えて活動できたから。
- ・教科書だと実験の答えが載っているけど、今回の実験は、自分のオリジナルでできたので楽しかった。
- ・いつもより、結果がとても気になったから。
- ・自分で決めた課題で活動できたから。
- ・選んだテーマのことがよく分かったから。
- ・大変だったけれど楽しかった。
- ・ほかのテーマでもまだやってみたいので。

理科が嫌い：

- ・実験をするまでが大変だったから。
- ・危険なことはやりたくない。
- ・結果的に意味のないこと(失敗)が多かったから。
- ・理科はやっぱり好きになれない。

身近な自然現象についての問題を考えることは、子どもたちが「理科が好きだ」と考えることができるようになるためのきっかけとなりうるということが分かった。このような活動は、週に数回の理科の時間を待って活動を進めるより、学期の最後に、集中した時間を取り活動を進めると子どもたちの活動意欲を高めたまま活動を深めていくことができる。また、活動を見なおす時間で、どう変えたらクラスみんなに活動内容や結果を認めてもらえるかを考えていたときが、子どもたち間の話合いがもっとも活発であった。その様子は、子どもたちが休み時間に遊びのルールを変えてより楽しんで活動したいとする姿と似ていた。また、活動を進めていく中で、よりよい手段を見つけ試す姿も見られた。子どもたちの姿一つとっても、普段の授業とは違う生き生きとした様子があった。子供たちの活動の様子から、このような課題解決学習を進めることは、理科の授業だけに限らず、日常生活においての問題解決にも役立てることができると思われる。

3、従来の化石教材の問題点と身近にある面白い化石教材

(1) はじめに

化石は地質時代に生存していた生物の遺骸と活動痕跡をいう。生徒・児童だけでなく学生にとっても化石採集は興味深いものである。近年、化石採集をともなう野外学習は小中学校でもあまり行われておらず、高校では地学履修者が少ないため、大学に入学して体験学習などで初めて化石採集を経験する者が多い。しかし、新学習指導要領では『生きる力を養う』理念に沿って、野外学習が小中学校で重視されている。

小学校では第6学年「理科」(文部省, 1998)で『土地やその中に含まれる物を観察し、土地のつくりや土地のでき方を調べ、土地のつくりと変化についての考えをもつようにする』と実際の観察が求められている。また、『地層は、(中略)、化石が含まれているものがあること』とされている。中学校では、第1学年「理科」(文部省, 1998)で『野外観察を行い、観察記録を基に、地層のでき方を考察し、重なり方の規則性を見いだすとともに、地層をつくる岩石とその中の化石を手掛かりとして過去の環境と年代を推定すること』とされている。すなわち、中学校では以前と異なり、野外観察が明らかに義務化されているのである。また、化石から示相化石や示準化石を用いて過去の環境や年代を推定することが求められている。こうした指導要領の改訂にともなって、地質野外実習を行う小中学校が増えることが予想され、将来的には、大学に入学して初めて化石採集を経験する学生は多少とも減少するように思われる。

ところで、中学校の新学習指導要領解説「理科編」(文部省, 1999)で示相化石として挙げられている生物はサンゴとシジミなどであり、示準化石としては古生代の三葉虫、紡錘虫、中生代の“恐竜”、アンモナイト、新生代第三紀のピカリア、第四紀のナウマン象が例として挙げられている。従来でもこれらの化石は中学校「理科」のほとんどの教科書で掲載されてきた。しかし、これらの化石には下記のような問題点があり、教師やこれから教師を目指す学生は、これらの問題点を考慮する必要がある。

(2) 中学校「理科」化石教材の問題点

1) 示準化石

示準化石の条件として・生存期間が短い・広く分布する・個体数が多いが挙げられている。厳密にこの条件を当てはめていくと、広く分布する点からいえば海生の浮遊性生物である必要がある。さらに、化石として保存され個体数が多いという点からすれば有殻の無脊椎動物や有殻の微細な植物である必要がある。つまり、海生で有殻の浮遊性無脊椎動物や有殻の植物である必要がある。実際に新生代の地層の細かな分帯は石灰質ナンノ化石、珪藻、浮遊性有孔虫、放散虫化石によって行われている。しかし、これらの化石はいずれも微化石であり、実際に児童生徒が肉眼で観察するには不向きである。一步退いて考えても、海生で有殻生物という線ははずれないところである。この観点から学習指導要領の解説に挙げられている化石を検討する。

・三葉虫 古生代といえはこの化石が頭に浮かぶほど有名な化石である。三葉虫(節足動物門三葉虫綱)は現生のカブトガニ(節足動物門腿口綱劍尾目)に近縁とされている。

上記の海生で有殻の無脊椎動物という条件には当てはまっているが、身近でないという問題点がある。標本自体は比較的安価な値段で購入できるが、ほとんど外国産の標本で、国内の標本は大変貴重である。その理由は、三葉虫の最盛期は古生代カンブリア紀、つまり古生代の初期である。一方、日本では最古の化石が岐阜県福地から発見されているオルドビス紀の化石 (Igo *et al.*, 1980) であり、シルル紀～デボン紀の地層も分布が限られている。このため、三葉虫は日本では著名なわりに発見しにくい化石となっている。

・紡錘虫 原生動物門根足虫綱有孔虫亜綱フズリナ超科で、一般にフズリナ類と呼ばれている。この仲間は古生代後期の石炭紀から二畳紀 (ペルム紀) に栄えた仲間で、石灰岩中より産出する。日本の古生代の地層は石炭紀から二畳紀に堆積した石灰岩が多く、身近な示準化石といえる。底生生活をしていたと思われる点ではマイナスだが、その他の点はずべて上記の示準化石の条件に当てはまっている。

・アンモナイト 名前はエジプトのアモン神に由来する。軟体動物門頭足綱アンモナイト超目で、現生のオウムガイ類に近縁な分類群である。中生代の示準化石として扱われているが、古生代シルル紀後期にすでに出現している。アンモナイト目はジュラ紀～白亜紀に生存しているので、狭義のアンモナイトならば示準化石として良いであろうが、外形だけからは判断が難しい。田村 (1977) はこれらのことから、アンモナイトを中生代の示準化石として扱うことに危惧している。

・恐竜 この名前の分類群は実在しない。脊椎動物門爬虫綱竜盤目と鳥盤目をあわせたものに相当する。岩波書店の広辞苑 (第四版) によれば、『両生類・爬虫類の大型化石動物の総称。中生代の三畳紀に出現、ジュラ紀・白亜紀に生息したが、特に白亜紀には巨大なもの (体長20～35メートル) があった。陸生のほか、空中を飛ぶ翼竜、水生の魚竜や頸長竜がある。ディノザウルス』とあり、有名なわりに誤った解釈がなされている。竜盤目と鳥盤目は陸生の爬虫類であり、巨大な竜脚下目はほとんどジュラ紀に栄えたことが知られている。生存期間は短い、陸生の高等動物であるので、個体数が少なく、最も多いマイサウラで200頭ほどの骨格が知られているのみである。したがって、示準化石としては適切とは言えない。

・ビカリア 軟体動物門腹足綱ビカリア属のことで、新生代の示準化石として挙げられている。大型の巻貝化石で、日本では始新世と前期中新世末期～中期中新世初期に知られる。前期中新世末期～中期中新世初期 (約1600万年前前後) のビカリア・ジャポニカの方が広く分布し、教科書にも掲載されている。底生動物ではあるが、短期間に広く分布している点では示準化石の条件を満たしている。また、この種は熱帯～亜熱帯の干潟に生息し、北海道長万部付近を北限としているので示相化石として用いることもできる。ただし、他の貝化石に比べ、生息環境が限定されるので、特定の場所以外では採集できないという欠点もある。

・ナウマン象の歯 脊椎動物門哺乳綱長鼻目の1種、ナウマンゾウは新生代第四紀の示準化石とされている。日本では40万年前から1.5万年前に生息し、生存期間などからは条件を満たすが、陸生であることや個体数が少ない点では、条件を満たさない。

以上のように、中学校で扱われている示準化石には何らかの問題点を抱えている。しかも、指導要領にあるように児童生徒に野外で採集させ、そこから地質時代を検討することを考えると困難な場合が多い。

2) 示相化石

示相化石の条件としては生息環境が限られていることが挙げられる。しかし、化石は堆積物としての1面を持ち、生息場から移動して堆積することが多い。また、どの程度まで分類を厳密に行うかで、生息環境の解釈は変わってくる。従来のように、座学のみで授業を進める場合はともかく、現地で観察した結果に基づいて古環境を解釈すると、こうした産状や分類の問題は切り離せないものとなる。この観点から学習指導要領の解説に挙げられている化石を検討する。

・サンゴ 暖かく、浅い海の示相化石として知られている。腔腸動物門花虫綱はサンゴ類の総称であるが、このうち六放サンゴが現生している。六放サンゴには造礁群体サンゴと非造礁性サンゴの2生態群がある。造礁群体サンゴは渦鞭毛藻Zooxanthellaeを共生させる関係上、年平均水温17℃以上、光合成の関係で50m以浅の泥質懸濁物の少ない外洋表層水中で繁栄している。一方、非造礁性サンゴは単体であることが多く、共生藻類がないことなどから深海や極地にも生息する。この違いを認識しておかないと、野外でサンゴ化石が産出した場合、解釈の誤りをおかす可能性がある。

・シジミ 軟体動物門二枚貝綱シジミ科またはヤマトシジミ属のことを指しているように思われる。日本周辺のヤマトシジミ属には汽水域に生息するヤマトシジミと淡水域に生息するマシジミ、琵琶湖周辺に限られるセタシジミがある。化石の場合、それぞれの種によって生息環境の解釈は異なることに注意が必要である。また、ヤマトシジミの場合河川付近に生息するため、生息地と異なる場所に運搬され堆積する可能性もある。また、ヤマトシジミと同様にカキ類も汽水域に生息するが、厚殻のため遠方まで運搬され、しばしば深海性の堆積物中に摩滅した離弁状の殻が発見される。

・その他 木の葉の化石がしばしば湖や池など淡水域の示相化石として扱われることがある。しかし、木の葉は運搬されて堆積するため、浅海の堆積物中からもしばしば発見される。木の葉のみがラミナ中に含まれて産出する場合には湖で堆積した可能性があるが、他の化石との関係で判断する必要がある。また、珪藻化石やマンモスなども示相化石として教科書に取り上げられているが、珪藻化石は微化石であり、抽出が困難であること、マンモスは個体数が少ないなど、児童生徒が実際に扱うには無理がある。

(3) 身近にある面白い化石教材

1) 美味しい示相化石 -ホタテガイ類-

軟体動物門二枚貝綱イタヤガイ科のうちイタヤガイ亜科とホタテガイ亜科は新生代の示相化石として最適である。これらホタテガイの仲間は耳状突起をもち、放射肋(殻表面の出っ張った縦スジ)が広く平滑であることで、他の二枚貝と容易に区別できる。何よりも、貝柱が食用とされていることで、なじみ深い二枚貝の一つでもある。また、多くの二枚貝は底質中に潜入して生活するのに対し、ホタテガイ類は浅海域の砂底上に生息し、捕食者が近づくと一時的に遊泳して逃避する特異な生態をもつ。

①イタヤガイ属(*Pecten*) 石油会社のシンボルとなっている貝である。ホタテガイに比べて膨らみが強く、小型である(図1)。時に大発生し、小型の貝柱が市場に出回ることもある。新生代新第三紀中新世に地中海域に出現し、東方へ移動し、新生代第四紀に日

本近海に出現した。第四紀層には普通に産出する属であり、日本付近では新生代第四紀の示準化石として最適である。

②ホタテガイ属 (*Mizuhopecten*) 狭義のホタテガイの仲間で、その貝柱は食用となっている。新生代新第三紀中新世前期に日本近海に出現し、繁栄したが、徐々に種数が減少し、第四紀更新世前期には4種(図2はそのうちの1種ヨコヤマホタテガイ)であったのが、後期には2種に減少し、現在はホタテガイ1種のみが生き残っている。言いかえると生きた化石であるとも言える。現生のホタテガイは東北地方から千島列島、サハリンまで生息するために、教科書では示相化石として取り上げている場合がある。ホタテガイ類は本来、中新世の温暖な海域に生息し、その1部が寒冷域に適応した。現生のホタテガイは寒冷域に適応したグループから進化した種であり、ホタテガイ類化石はむしろ温暖域に適応していた種の方が多い。このため、示相化石として扱うのには問題があるといえる。しかし、日本全国の新生代の地層から産出し、各種の生存期間は二枚貝にしては短く、保存も良いため、新生代の示準化石として扱うには最適である。

③ヤベホタテガイ属 (*Yabepecten*) 中新世後期にアラスカ付近に出現した属で、鮮新世から第四紀更新世前期まで東北日本日本海側を中心に生息した。殻の表面の放射肋が弱いか平滑(図3)なため、他のホタテガイ類と容易に区別される。生存期間が短いので、新生代後期の示準化石として扱うこともできるが、産地が限定されること、個体数は必ずしも多くないため、最適とは言えない。

④モミジツキヒガイ属 (*Amussiopecten*) この属はカリブ海の始新世に出現し、地中海を経由して、日本まで移動し、日本で絶滅した。日本近海には中新世後期から鮮新世まで西南日本を中心に生息していた。この仲間は、表面の低い放射肋だけでなく、貝殻の内側にも放射肋(内肋)を持つのが特徴的である(図4)。産地が主として西南日本太平洋側に限定されるが、生存期間が短く、個体数も多いので、新生代の示準化石として扱うことができる。

⑤タカハシホタテガイ属 (*Fortipecten*) 中新世にサハリン付近に出現した属で、このうちタカハシホタテガイ(図5)は東北日本太平洋側～カムチャツカの鮮新世の地層に広く分布している。厚殻でかなり膨らむ。成貝は厚殻のため遊泳できず、砂泥質の底質に潜没し、いわゆる“冰山戦略”を採ったと考えられている(Hayami and Hosoda, 1988)。モミジツキヒガイと対照的に産地が北海道から東北地方太平洋側に限定されるが、生存期間が短く、個体数も多いので、新生代鮮新世の示準化石として扱うことができる。

以上まとめると、ホタテガイ類は新生代の示準化石として有効で、なかでもイタヤガイは従来のナウマン象の歯に比べて、示準化石としての多くの適性を持ち、第四紀の示準化石として最適である。児童生徒でもホタテガイ類の形態は容易に区別できるので、野外で、この仲間が採集されれば、新生代の地層と判断できる。

2) 岩に穿たれた不思議な穴 -岩石穿孔性二枚貝-

海岸を歩いていると、きれいな丸い穴が開いている礫に気付くことがよくある(図6)。多くの場合、この礫は泥岩、頁岩であることが多いが、風化した安山岩や石灰岩の場合もある。こうした礫を割ってみると、二枚貝(石灰岩では巻貝もある)がこの中に含まれている(図7)のに驚かされる。つまり、これらの貝類が硬い岩石に穿孔してつくった巢穴の入り口がきれいな丸い穴となっているのである。こうした、二枚貝のことを岩石穿孔性

二枚貝とよぶ。

①岩石穿孔貝の仲間と水深

岩石穿孔性二枚貝の多くは泥岩、頁岩や安山岩に機械的に穿孔するが、イシマテガイ(図8-10)を含むシギノハシガイ属のように酸を出して石灰岩などを溶かして穿孔する二枚貝も知られている。岩石中に機械的に穿孔するグループの貝は殻表面に粗い彫刻を持ち、殻の開閉、前後運動や回転によって、周囲の岩石を削り、巣穴を拡大すると考えられている。また、巣穴の中で成長するため一生を穴の中で過ごす。このため、化石となった場合、巣穴化石とともに体化石も見い出されるのである。

泥岩などに穿孔し、比較的頻繁に観察される二枚貝としては以下のような種がある。すなわち、チヂミマユイガイ(図8-7)、ヤエウメノハナガイ(図8-1)、マツカゼガイ(図8-3)、イワホリガイ(図8-2)、シオツガイ(図8-4)、ニオガイ(図8-5)、ニオガイモドキ(図8-6)、カモメガイ(図8-8)、ヨコヤマスズガイ(図8-9)である。これらは、系統的に全く異なった場合も多く、ほとんどの種が潮間帯から水深20mまでの浅海域に生息することが知られている。

岩石穿孔性二枚貝の科の多くは中生代ジュラ紀以降に出現したことが知られている(Vermeij, 1987)。Vermeij(1977)は中生代後半に真骨魚類や甲殻類など有殻類を破壊し、捕食する動物が多く出現したため、軟体動物は対捕食者戦略として、その形態や生態を変えざるを得なかったとし、これを“中生代の海洋変革”と呼んだ。“中生代の海洋変革”は現生の貝類の生態に大きな影響を与えているが、岩石への穿孔もその1手段と考えられている。つまり、硬い岩石に穿孔するという現在の岩石穿孔性二枚貝の生活様式は捕食者が多い潮間帯から水深20mという餌の豊富な環境で、捕食されないようにするための有効手段であると言える。

②示相化石として最適な岩石穿孔性二枚貝化石

岩石穿孔性二枚貝の化石は潮間帯から水深20mまでに生息することから浅海を示す良い示相化石となる。岩石穿孔性二枚貝は化石としては東北日本を中心とした限られた産地にしか見いだされないが、現生標本を採集させ、化石の写真を用いて説明することは可能である。岩礁性海岸や岩礁性海岸に隣接した砂浜を歩けば、巣穴を含む礫が容易に見られる。この礫を割ると二枚貝が発見でき、円形の穴を開けた正体は貝であったことが分かるため、意外性から生徒の興味をひきつけると思われる。特に、岩石穿孔性二枚貝化石は巣穴の化石と共に産出する事が多く、その場で化石となったことを示すので、他の示相化石のように産状を考慮する必要がないという利点を持つ。

また、こうした示相性を利用して、地震に伴う土地の隆起を説明する良い教材となる。例えば、教科書に掲載されている場合があるが、関東大震災によって隆起した三浦半島で、陸上から岩石穿孔性二枚貝の巣穴が見つかっている。昭和39年の新潟地震の際には新潟県粟島の東海岸が1mほど隆起したが、現在1mの高さに巣穴が認められる。さらに、岩石穿孔性二枚貝化石の巣穴の存在は、巣穴のある基盤とそれを覆う地層との間に少なくとも下位層が固結する時間を要することから時間間隙があり、不整合関係にあることを意味している。

以上から、岩石穿孔性二枚貝は、現生標本や化石標本(写真)を利用して最適な示相化石教材になると思われる。干満の差が少ない日本海側ではこうした貝類を生きた状態で採

集することは困難であるが、太平洋側では干潮時に岩盤が露出する場所では生きた貝類を直接観察できるため、生物教材としても扱うことができる。

(4) おわりに

新学習指導要領で取り上げられている示準化石、示相化石の問題点を述べ、そうした問題点を克服可能な身近でしかも面白い化石の例を2例示した。新生代の化石についてはこの2例だけでなく、その土地毎に良い示相化石、示準化石となりうる化石素材は多い。例えば、最近深海艇によって発見され、話題を呼んでいるシロウリガイ類などは新潟県では普通に産出する深海性の貝で、示相化石として適している。一般に東北日本では新生代の地層が発達しているので、こうした化石素材を活かして地域の化石教材をつくることは容易である。しかしながら、児童生徒にとって比較的採集が容易な古生代、中生代の化石は北海道のアンモナイトやセメント工場付近の石灰岩のズリからのフズリナ類などに限られているため、新たな身近にある示準・示相化石教材を開発していく必要があると思われる。

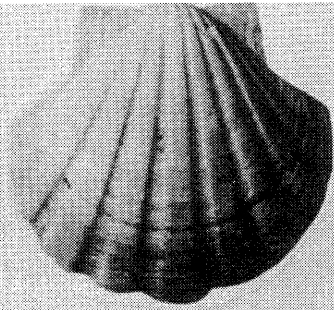


図1 イタヤガイ

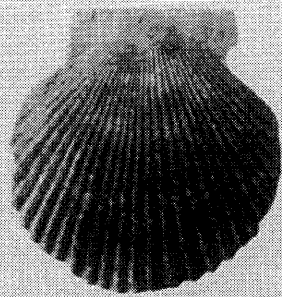


図2 ヨコヤマホタテガイ

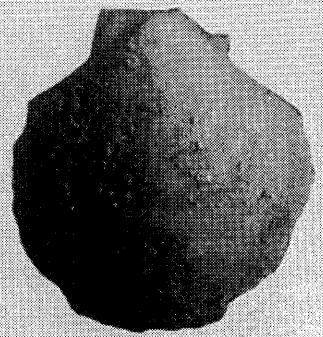


図3 ヤベホタテガイ

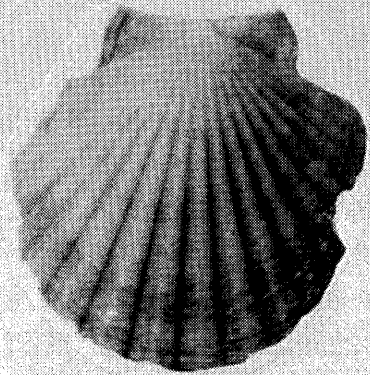


図4 モミジツキヒガイ

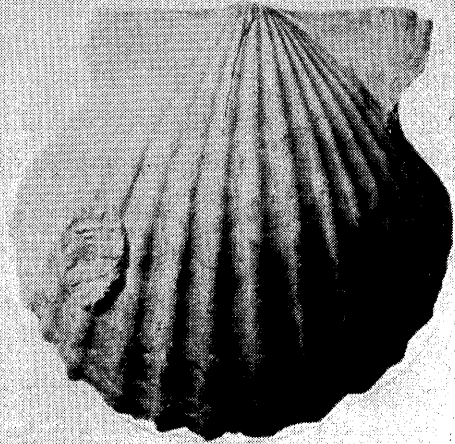


図5 タカハシホタテガイ

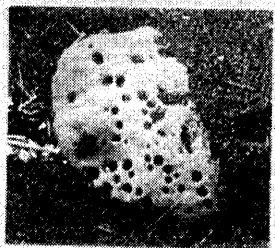


図6 穿孔性二枚貝の
巢穴を含む礫



図7 カメメガイの
産状 (現生)

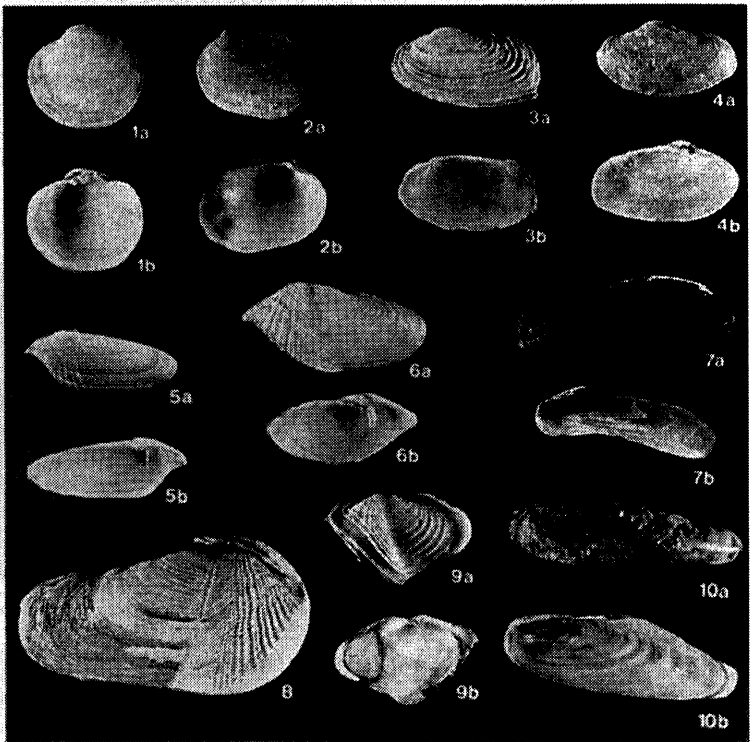


図8 主な岩石穿孔性二枚貝

- 1. ヤエウメノハナガイ 2. イワホリガイ 3. マツカゼガイ
- 4. シオツガイ 5. ニオガイ 6. ニオガイモドキ
- 7. チヂミマユイガイ 8. カメメガイ 9. ヨコヤマスズガイ
- 10. イシマテガイ