

小学校理科における指導過程の研究

— 創造性の育成に関する一考察 —

目 次

I 研究の構想	1
1 研究の趣旨	1
2 研究の目的	2
3 研究課題とその背景	2
(1) 直観的思考の性格について	3
(2) 直観的思考を育てる条件について	3
(3) 教科の基礎知識と直観的思考について	5
(4) 鋭い推察, 創意豊かな仮説について	5
(5) アイディアの多面性, 解答の多様性について	6
4 調査問題作成の観点	6
5 調査の方法	7
II 研究の結果と考察	7
1 統一的・関連的な見方・考え方について	8
(1) 調査事例① あさがおの呼吸	8
(2) 調査事例② 植物の呼吸と動物の呼吸	9
(3) 調査事例③ 生物の特徴	9
(4) 調査事例④ あさがおの成長	11
2 基礎知識や原則の理解と推論について	14
(1) 調査事例⑤・⑥ 温度と水のほうちょう	14
(2) 調査事例⑦ 温度と空気のほうちょう	15
(3) 調査事例⑧ 温と水の温度変化	17
(4) 調査事例⑨・⑩・⑪ ほうさん水	19
(5) 調査事例⑫・⑬・⑭ 電球のつなぎ方	21
(6) 調査事例⑮・⑯・⑰ 電磁石	23
(7) 調査事例⑱・⑲ 重さと力のつりあい	25
3 観点を変えた多面的な考察について	26
(1) 調査事例⑳ 中性・中和・食塩	26
(2) 調査事例㉑ 二酸化炭素の重さ	28
あとがき	30
(付) 主要な参考資料	30

I 研究の構想

1. 研究の趣旨

創造性の開発を図ることについては、国の内外を問わず現代的な課題として大きな期待と関心が寄せられ、そのための論議や提案もかなり広く活発に行なわれている。しかし、われわれが学校教育において、しかも授業を通じて創造性の育成を図るためには、具体的にどうしたらよいのかという点については、ほとんど明らかになっていない。抽象的な目標としてかけられてはいても、現実に根ざした方法がはっきりしないというのが実情である。これでは、指導過程や授業の改善に示唆するところの少ないものといわなければならない。

ところで、創造性とはどういうことであろうか。小口忠彦によれば、<いままで、「創造性」とか、「創造的能力」とか、あるいは「創造的思考」とか、創造という概念を含んださまざまな表現が用いられてきている。それぞれ、ニュアンスもちがえば、内容的にもちがっている。しかし、そうしたちがいにもかかわらず、創造ということにかかわっている点では共通しているところは認めざるをえないが、それでは、創造とは何か、創造とはどういうことかについての規定のしかたが共通していたかといえ、けっして共通していたとはいえない。とはいえ、創造とは、新しいものをつくり出すことであると規定するところでは、共通し一致していた。こういうところで共通していない、などということはありえないことであり、それだけに、こういうところで共通しているというだけのことで、真の共通とはいえないのである。「新しいもの」といっても、いったい、その「もの」の内容は何なのか。また、その「もの」の程度はどのくらいなのか。こうしたところは、共通していたとはいえない。(注1)>といった状況におかれていると考えられる。

創造性の育成に深いかかわりをもつといわれる発見学習や直観的思考といった面でも、具体的には明らかでないことが多い。発見学習について、細谷純によれば、<どうすれば、どうふるまえば発見的であるのか、発見的になりうるかが問題である。実は、困ったことに、それがまだよくわかっていないのである。思考活動、問題解決活動はいろいろな側面をもつが、そのうちで、形式的・論理的な推測の側面、分析的な側面については、研究もかなりされているし、ある程度まで論理的に再構成しうるのであるが、問題状況の中におかれ、その混とんの中から、解決さるべき問題自体を見だし、なんらかの予想なり仮説なりを作り出す発想的な側面、直観的な側面については、研究があまり進んでいないのみならず、研究課題そのものを論理的に設定すること自体が、はなはだ困難に感じられているのが現状である。(注2)>という。

直観的思考についても、ブルナーによれば、<直観的思考の性格とは、いったいどんなものだろうか。ある特定の問題解決的なエピソードが直観的なものだとして認めたり、あるいは直観的能力とはこのようなものだとして認定することでさえ、実は容易でないことはきわめて明らかである。いまの段階で、観察

可能な行動と関連させて、それを正確に定義することは容易にできない。(注3)とされる。

これまで、創造性、発見学習、直観的思考について引用したところによれば、創造性、創造的能力、創造的思考などについての規定のしかたは、必ずしも具体的に共通しているわけではないこと、学習における発想的側面、直観的な側面についての研究はあまり進んでいないだけでなく、研究課題そのものを論理的に設定すること自体に困難性が感じられること、直観的思考の性格や能力を認定したり、観察可能な行動と関連させて直観的思考を正確に定義することは、いまの段階では容易にできないことなどがいえるであろう。こういったことだけでは、創造性を育成することのむずかしさが、いよいよはっきりするだけで、指導過程や授業の改善に示唆するものとはなりえないであろう。

しかし、ブルナーのつぎの提言は、ささやかな研究への一つの勇気づけともなる。直観が生じたときに、それが直観だと認定する正確な技術とともに、直観的思考に関する純粹であまいでない定義が可能になるときまで、その課題についての研究をのぼすわけにはいかないということも明らかなことである。そのような精緻な定義づけの作業は研究の出発点でなく目標なのである。出発点としてじゅうぶんなのは、ある問題解決的なエピソードが、その他のエピソードよりも直観的だと認定できるかどうかを問うことである。(注4)と

そこで、この研究では、創造性の育成にかかわりをもつ諸提案をできるだけ整理してみることに、つぎに、それらの角度からみた児童の実態を、体系的にはなしえないにしても、小学校理科の指導内容に即してとらえてみるならば、創造性の育成をめざした指導過程や授業の改善に役立つ一つの資料となるのではないかと考えたものである。

2. 研究の目的

小学校理科の指導内容に関する、児童の実態調査を通じて、創造性の育成にかかわる問題点を検討するとともに、指導過程や授業の改善のための基礎的資料を得ることを目的とする。

この研究では、創造性の育成にかかわる研究課題として下記のものを設定し、(1)～(2)については主として文献研究によることとし、これにもとづいて(3)～(5)では関連する指導内容に対する実態調査を実施することにした。

- (1) 直観的思考の性格は、一般的にどのようにとらえられているか。
- (2) 直観的思考を育てる条件としては、一般的にどういうことがあげられているか。
- (3) 教科に関する基礎的知識や理解と、直観的思考との関連はどのようにとらえられているか。
- (4) 問題場面における鋭い推察や豊かな仮説を導き出す必要性はどうか。
- (5) 問題解決におけるアイディアの多面性、解答の多様性の意義はどうか。

3. 研究課題とその背景

これまで、研究の趣旨および目的について述べ、創造性の育成にかかわる5項目の研究課題を設定したことに触れた。ここでは、それぞれの研究課題とその背景について、創造性の育成に関連する諸提案を整理する形をとって述べたいと思う。

(1) 直観的思考の性格について

直観的思考と分析的思考について、ブルーナーはつぎのように述べている。<われわれは、直観的思考よりも分析的思考についてより具体的なことを多くいうことができる。分析的思考は一時に一步進むのがその特徴である。その一步一步は判然としていて、それを思考している人が他の人にじゅうぶんに報告できるのがふつうである。そのような思考は、その中に含まれている情報や操作を比較的じゅうぶんに意識しながら進行する。直観的思考は、分析的思考とは反対に、入念で輪かくのはっきりした段階を追って進まないのが特徴である。事実それは、一見したところ問題全体に対するあらわに現わすことのできない感知にもついた操作を含むのがつねである。思考している人は、そこにいたった過程をほとんど意識することなしに解決に達するのであるが、その解決は正しいかも知れないが、反対にまちがいかも知れないのである。その人は、どのようにしてその解決を得たかを、自分でうまく説明できないうえに、問題状況のままにどの面に対して反応していたかにも気づいていないかも知れない、(注5)>

また、小口忠彦によれば、<論理をたどって推理することなく、いっきよに対象の本質を把握する能力を直観として定義してきた従来の考え方は、(1)対象の構造が単純な場合、(2)「偶然」が効果的な場合などには、こうした把握のしかたが成立することがあるが、多くの場合には成立しない。対象の本質を把握するためには、(1)対象を分析すること、(2)時間をかけることが必要になるのがふつうである。空間的には「分析」をし、時間的には「時間」をかける、という点を欠くことができないのがふつうである。「いっきよに」というのは多くの場合、不可能である。ブルーナーのように「飛躍的」という点に着目することもできるが、これは従来の「いっきよに」と別なものではなく、格別の規定のしかたとはいえない。この「いっきよに」「飛躍的」などの特徴のほかにも、特徴を指摘することができるが、これをつぎのようにまとめることができる。

- ① 過程としての特徴 —— いっきよに、飛躍的、 など
- ② 機能としての特徴 —— 結果を予想しない、 など
- ③ 内容としての特徴 —— 暫定的結論、蓋然的結論、 など (注6)>

(2) 直観的思考を育てる条件について

これについての研究は未開拓であるが、直観的思考に影響を与えそうな要因として、ブルーナーはつぎの6項目をあげている。この分類項目と内容は、広岡亮蔵(注7)の要約文にしたがったが、< >内は「教育の過程」(注8)からの引用である。

- ① 関連する経験を適度に提供すること。

直観的思考がはたらくためには、その材料となり手がかりとなるための経験が必要である。だが、過剰な経験はかえって頭のはたらきを混乱させ、直観的思考のはたらきを鈍らせることが多い。

② 構造化された教材をもってすること。

本質構造を暗示しているような教材をもってすれば、これを手がかりとして本質についての直観的なイメージが成立する可能性が多い。＜教えるさいに、知識の構造または関連性を強調すれば、直観的思考の能力がます……生徒が、そのような構造に関する理解をもてば、とりわけ問題を直観的に処理するのがよくなる……＞

③ 発見的手法を活用すること。

たとえば、数学の難問を解くのに、これをやさしい数関係に単純化して解くのは発見的手法の一例である。発見的手法の他の例としては、類推の利用、相似関係への着目、制約的な問いかけ、イメージの具体化などがある。これらの発見的方法を場面に応じて柔軟に活用するならば、直観的思考のはたらきを容易にすることができよう。

④ 当て推量を奨励すること。

自由な集団ふん囲気の中で、当て推量を歓迎する。＜やがては知的な推測のしかたを学習させるために生徒に当て推量を奨励すべきだろう……＞そして、へたに理由を問いつめたりしないで、当初の当て推量を深めていくようにするならば、直観的思考の育成に役立つだろう。このさいに、教師自身も、当て推量を取り入れて思考する人であれば効果はさらに大きくなるだろう。

⑤ 学習者の自信と勇気をつけること。

自信を失った生徒は、防衛的になって、冒険的な直観的思考をしなくなる。自信と勇気は、直観的思考を成り立たせたいせつなバネである。

⑥ 学習者の成功や失敗に対して、教師がこだわらぬこと。

教師がこだわると、学習者は誤りを深刻に考えるようになる。＜生徒が、誤りの結果をあまりに深刻なものと考えすぎ、また成功の結果をあまりに偶然なものと考えすぎるときには、分析の手続きが適切でないにもかかわらず、それにしがみつ়ことになるだろう……＞こうなると、学習者は冒険的な直観的思考をさけて、安全な論理的思考をえらぶようになる。

直観的思考を伸ばすに役立つと思われる条件について、藤野武(注9)は、授業場面における留意点という形で箇条書き的に述べている。

① 自由で許容的なふん囲気が、活発な思考を刺激する。

② 知覚の訓練。思考の素材である知覚像、心像、観念、概念などを、生き生きと印象させておかなければならない。そのためには、視聴覚教育、具体的経験、感動的説話などの機会を、精選して豊富に提供する必要がある。

③ 連想の訓練。一つの事象なり概念なりを孤立させて経験させず、多方面に連想の触手を伸ばさせておく。たとえば、自由連想でもよいし、いろいろな制限連想(反対・類似・対立・上位や下位の概念、性質、操作など)でもよい。思考の基礎は連想である。豊かな連想力のないところに思考は育たない。

④ 想像の練習。想像も練習によって発達する。たとえば、ある事態に対して、いくつもの「仮説」を立ててみることは、ひとり想像力を豊かにするばかりでなく、思考・推理・問題解決の能力を高

めるためにも、重要な作業である。

- ⑤ 思考を必要とする場面を設定する。
- ⑥ 有力な思考方式を教えて練習させておくこと。
- ⑦ 満足（手ごたえ）を与えて強化する。

(3) 教科の基礎知識と直観的思考について

ブルナーは、教科に関する基礎的知識と直観的思考について、つぎのように述べている。<よい直観をもった人は、なにか特別なものをもって生まれてきたかも知れないが、その人がうまくやってゆけるのは、教科に関するしっかりした知識をもち、それに精通しているがために、直観が作用できるなにかの手がかりをもっているからである。教科の直観的操作を行なうためには、教材を高度にこなすことが重要であることを指摘している学習に関したいくつかの実験があるのは確かである。……直観的思考をするには、それに関連している知識領域と、その知識の構造に精通していることが必要であるが、そうすることによって、思考している人は、段階をとびこえて、近道をしながらいかに進むことができるのである。（注10）>

また、佐伯正一は、これらについてつぎのように補説している。<まったくのあてずっぽうは、直観とはいえない。直観は、まったくあてずっぽうのでたらめなものではなく、その中では分析的思考もはたらくのだが、それはあらわにはなく、暗々のうちにはたらいており、しかもステップ・バイ・ステップではなく飛躍があたりするから、その思考過程をはっきりと他人に説明したり、自分自身で意識したりできない種類のものである。>

よい直観力をもつためには、その教科に関するしっかりした知識をもち、それに精通することが必要であるとブルナーが述べているのも、こういった文脈から解釈すべきであろう。つまり、教科についての基礎的な知識がよく把握されていないと、まったくのあてずっぽうになってしまうが、反対に、それがよく把握されていれば、それらの知識が暗々のうちに作用して、（つまり、そこで多少とも分析的思考がはたらいて）よい直観が得られるからである。（注11）>

(4) 鋭い推察、創意豊かな仮説について

小口忠彦によれば、<ブルナーは、分析的思考、直観的思考という対比において「直観的」ということばづかいをしている。彼によれば、直観とは、「結論が妥当であるかどうかかわかるような分析的段階を経ないで、蓋然的ではあるが、暫定的な公式化に達するための知的な技術のことである」とまとめ、「鋭い推察、創意豊かな仮説、暫定的な結論に向かっての勇気のある飛躍——こういったものは、思索する人が、たとえどのような仕事であっても、その仕事をすすめるうえでもっとも価値のある財貨というべきものである」ともいっている。（注12）>として、鋭い推察や創意豊かな仮説の必要性を指摘している。

また、広岡亮蔵は、創造的思考と発見学習の関連について述べ、とくに発見学習の過程段階は、①具体的事実を調べる、②仮説を立てる、③理法にたかめる、④現実に適用する、というものであるとまと

めている。とくに、②仮説を立てる段階については、<「あっ、こうではなかろうか」との想念をいだき、事態をとらえる仮説を打ち立てる。これは直観的思考の段階である。直観的思考は、想像と創造によるひらめきの段階であり、狭い意味での発見学習である。直観的思考により仮説の定立がなければ、発見学習は成り立たないといってもよいから、この第2段階は、発見学習にとってはことに重要な段階である。(注13)>として、仮説定立段階の意義を強調している。

(5) アイディアの多面性、解答の多様性について

クラウスマイヤー(注14)は、<思考には少なくとも「2つの方向」があるとし、①集中的思考の方向(論理的思考、批判的思考、推理)と、②拡散的思考の方向(創造的思考、想像的思考、独創的思考)とにまとめている。この区分のしかたによれば、明らかに②の拡散的思考の方向は、「創造」に向けられている。創造力は、拡散的思考と関係が深いことになる。>と述べている。

さらに、ギルフォード(注15)は、<「集中的思考」とは、①一般に認められている「解答」の方向へ向けられる。②解答は単一性をもつ。という条件をみたす思考のことであり、「拡散的思考」とは、①一般に認められているとはいえない「解答」の方向へ向けられる。②解答は多様性をもつ。という2つの条件をみたす思考のことをいう。>と述べている。

これらの記述から、創造力と拡散的思考のかかわりあい、拡散的思考傾向と「解答」の方向や、解答の多様性との関連をくみとることができよう。

また、小口忠彦は、創造力テストに関する因子分析により抽出される因子について、性急に安定した因子を期待することはさけるべきであろうとしながらも、つぎのように述べている。<ギルフォード一派の研究をはじめ、その他の研究によって抽出された、「思考の流暢性」「思考の柔軟性」「あいまいさへの耐性」などは、期待を寄せることのできる因子かも知れない。「流暢性」とは、俗にいう「頭の回転の速さ」である。これに対して「柔軟性」のほうは、アイディアにどの程度の多面性が含まれているかという点に関係する。したがって、この因子にすぐれていることは、適応しやすいということにもなるし、思考が「拡散的」に動いていることを示すことにもなる。流暢性が、思考の「量的」な側面に関係しているのに対し、柔軟性は、思考の「質的」な側面に関係が深いということができる。「あいまいさへの耐性」という因子は、はっきりした結論が出なくてもその事態をもちこたえたり、紋切型でない事態に関心をもったりすることをいう。(注16)>

4. 調査問題作成の観点

これまで述べた、研究課題とその背景にもとづいて、調査問題による児童の実態把握の視点として、つぎのことがらをおさえた。

- (1) 既知の事象をもとにして、未知の事象を統一的・関連的にみることができかどうかをみる。
- (2) 基礎知識や原則の理解をもとにして、適切な推論ができるかどうかをみる。
- (3) 特定の経験事象をもとにして、観点を変えて多面的な考察ができるかどうかをみる。

これらの視点は、調査にあたって提示する問題場面を通じて、主としてどの視点から児童の実態をみようとするかを示したものであって、必ずしも、それぞれの視点を独立的に考えて問題を作成したものではない。また、統一的・関連的な見方・考え方、基礎的知識・理解と推論、多様性をもった解答、多面性を含んだ考察などは、かなりからみあった関係にあって分離することのできないものであることは、すでに引用したとおりである。したがって、これらの視点が複合した形で調査問題に現われてくることは止むをえないところであるが、この研究では、おおまかに3つを区分して述べることにする。

5. 調査の方法

この調査は、質問紙による調査を主として、一部に演示実験による調査を加えたものであるが、概略つぎの方法によった。

(1) 調査問題に関連をもつ教材内容と学年

①・②—植物(4年以上) ③—生物(4年以上) ④—植物(4年以上) ⑤・⑥・⑦—温度とぼうちょう(4年) ⑧—温度と熱(5年) ⑨・⑩・⑪—ほうさん水(3年) ⑫・⑬・⑭—電球のつなぎ方(4年) ⑮・⑯・⑰—電磁石(5年) ⑱・⑲—重さと力(4年以上) ⑳—中和と食塩(5年) ㉑—二酸化炭素(5年)

(2) 調査の対象とした学級数および児童数

新潟市内2か校に依頼して、第4学年—3個学級(120人)、第5学年—3個学級(122人)、第6学年—3個学級(111人)を対象として実施した。なお、調査の実施は各学級担任に依頼したが、演示実験をともなう調査の実施は、筆者が担当した。

(3) 調査の時期

調査期間は、教材配当や授業の進度の関係で、昭和42年10月から昭和43年1月までとした。したがって、調査問題に関連する教材については、授業が終わっている時期に実施した。

Ⅱ 研究の結果と考察

この研究は、先に述べた研究課題とその背景にもとづき、統一的・関連的な見方・考え方、基礎知識や原則の理解と推論、観点を変えた多面的な考察という三つの視点から児童の実態をとらえようとしたものである。これらの視点は、調査問題の作成や結果の処理にあたる場合には、かなりからみあったものとなってくるが、おおまかに分けた形で記述したいと思う。

なお、調査問題の内容としては、小学校理科の教材としてとりあげられていないものも含まれているが、これらについては、知識・理解の内容や程度を問題としたものではなく、イメージの状態とそのイメージの背景を検討してみたいと考えたものである。また、上記の視点のうち、とくに基礎知識や原則の理解と推論の様態をみる調査問題を多くとりあげるようにつとめた。

1. 統一的・関連的な見方・考え方について

既存の学習経験や生活経験にもとづいて、未知の事象を統一的・関連的にとらえさせることが、直観的思考、ひいては創造的思考の育成に深いかかわりをもつことが予想される。また、そのような意味での統一的・関連的な見方・考え方を可能にする学習経験の与え方が、創造力の育成のために必要であるともいえよう。ここでは、既知の事象をもとにして、未知の事象を統一的・関連的にみることができかどうかという観点からの調査事例について検討してみたい。

(1) 調査事例 ① あさがおの呼吸

この問題は、植物（あさがお）を生命体として統一的・関連的にみることができかどうかを、その呼吸に対するイメージを手がかりとしてみようとしたものである。ただし、植物の呼吸作用は、小学校理科の指導内容ではないから、基礎知識や原理の理解をもとにして推論することはできない。したがって、学習以外の日常的な経験にもとづく推論と考えるべきであろう。これを通じて、生きものと呼吸について素朴なイメージをつかむことはできよう。

① 動物が呼吸していることはよくわかりますが、植物は呼吸をするのでしょうか。あさがおの呼吸について、つぎの(1)から(6)までの問いに答えなさい。
 答えは、それぞれ1, 2, 3, 4の中からえらんで、その番号を の中に書きなさい。

<p>(1) たねのときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p> <p>(3) 葉が出たときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p> <p>(5) たねができたときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p>	<p>(2) めが出たときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p> <p>(4) 花がさいたときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p> <p>(6) かれてしまったときはどうでしょうか。</p> <p>1 呼吸をしはじめる 2 呼吸がとまる 3 呼吸をしていない 4 呼吸をしている</p>
--	---

この結果を、種子の時期を含めて、一生呼吸をしているというもの、種子の時期には呼吸をしないで芽が出はじめてから呼吸を開始するというもの、一生を通じてどの時期にも呼吸をしないというものに分けて、応答傾向を示すとつぎのようになる。

分 類	4 年	5 年	6 年
種子の時期を含めて、一生呼吸をしている	10%	13%	5%
種子の時期には呼吸をしないが、他の時期には呼吸している	86	76	90
一生を通じて、どの時期にも呼吸をしていない	1	5	1
無答・その他	3	6	4

これからみると、芽が出てから枯れるまでは、植物も呼吸しているはずだという推論、したがって、種子の時期には呼吸を停止しているという推論が高率を示していることがわかる。もちろん、呼吸、こ

とに植物体の呼吸のメカニズムを小学校段階の児童に理解させることはむずかしいであろうが、生命体とか生命現象を統一的にとらえさせるという点では、見のがせない問題を含んでいると思う。

(2) 調査事例 ② 植物の呼吸と動物の呼吸

この問題は、調査事例①と関連させて、生命体に対する見方・考え方を、呼吸に対するイメージからさぐろうとしたものである。

② 動物の呼吸と植物の呼吸について、知っていることを書きなさい。

この問題に対する自由記述の内容を、①呼吸作用そのものの有無について ②呼吸器官の有無について ③呼吸を行なう時期や期間について ④呼吸にともなうガス交換や物質代謝に対するイメージについて分析してみた。もちろん、自由記述であるから、どの児童もこれらの4点に触れた記述をしているわけではないが、およその傾向はさぐることができると思う。

分 類	4 年	5 年	6 年
動物の呼吸はわかるが、植物の呼吸はわからない	11 %	9 %	7 %
動物の呼吸も植物の呼吸もわからない（無答を含む）	18	20	15
植物には、呼吸器官がない	3	4	10
植物は、呼吸をしない	4	16	4
植物には、呼吸をしないものもある	6	9	1
植物には、呼吸をしない時期がある	19	15	10
植物の呼吸では、二酸化炭素を吸って酸素を出す	9	12	30

応答傾向で注目されることは、「植物には、呼吸をしない時期がある」というものである。この傾向は、調査事例①において「種子の時期には呼吸をしない」という応答と対応する。また、動物の呼吸では酸素を吸って二酸化炭素を出す、「植物の呼吸では、二酸化炭素を吸って酸素を出す」というものが、学年を追って増加していることがわかる。このことは、先に述べたように、呼吸作用が小学校理科の指導内容でないことからみて止むを得ないことでもあろうが、第6学年における炭酸同化作用の指導と呼吸作用の指導とが無関係になされていることから起こる概念や推論の混乱であろう。自由記述による応答率から考えると、呼吸とガス交換に対するこの種の混乱は、かなり根強いものであると思う。

(3) 調査事例 ③ 生物の特徴

調査事例①および②では、生命体としての統一的な推論の様態を、主として植物の呼吸に対するイメージからとらえようとしたものであるが、ここでは、身近な動物について、とくに動物としては特徴的な、食物、消化器、呼吸作用、呼吸器、神経、血液、血管、脳などの視点から、生命体に対する見方・考え方をみようとしたものである。

3 つきに書いてある生物には、左に書いてあることがらがあてはまるでしょうか。あてはまるものには○、あてはまらないものには×を、表の中にも書きなさい。

	うさぎ	にわとり	すずめ	かえる	こい	めだか	こおろぎ
食物を食べる							
胃や腸がある							
呼吸している							
呼吸器がある							
神経がある							
血液がある							
血管がある							
脳がある							

この結果を、各項目ごとにすべて○をつけた率で整理してみた。つまり、うさぎの項目についていえば、「うさぎは、食物を食べ、胃や腸がある。呼吸器があり、呼吸をしている。また、血液や血管があり、脳があり、神経もある。」という推論である。また、食物を食べるの項目についていえば、「食物を食べるのは、うさぎ、にわとり、すずめ、かえる、こい、めだか、こおろぎである。」という推論である。このような応答は、生きものであるからには、生きものとして特徴的な機能を持ち、それぞれの活動をするはずだという統一的・関連的な推論の様態を示すものと考えたからである。

	4年	5年	6年
うさぎ	55%	73%	85%
にわとり	35	59	72
すずめ	23	49	64
かえる	14	29	41
こい	8	27	33
めだか	5	23	31
こおろぎ	0	17	10

	4年	5年	6年
呼吸をしている	35%	79%	85%
呼吸器がある	20	41	65
神経がある	29	58	55
脳がある	30	50	55
胃や腸がある	23	51	53
食物を食べる	15	44	50
血液がある	9	32	23
血管がある	6	32	18

この結果をみると、うさぎやにわとりのように、身近な動物で、しかもかなり大きなものについては動物としての特徴を統一的にみることができるといえるけれども、その逆の動物については統一的な推論ができなくなるといえよう。また動物の器管や機能についてみれば、第5学年と第6学年では、これらの動物が、生命体としての機能を持ち活動しているといった統一的な推論がほぼできるといえよう。第4学年では、これらの動物が生きていることは理解しているであろうが、特徴的な機能や活動については、具体的にわからず、統一的な推論ができにくいといえよう。(なお、動物名の項目でみると、こい・めだか・こおろぎの応答率が低く、とくにこおろぎに対する応答が低率である。また、動物の器官や機能の項目でみると、血液、血管の応答率が低くなっている。これは、こおろぎには血管や血液がないという応答が多かったことによるものであり、必ずしも、生命体としての統一的イメージに欠けるといえないであろう。したがって、こおろぎの血管および血液に対する応答を除外した形で、全般的な推論の様態を問題とすべきであると考え、ここでは、概観的な考察にとどめた。)

上記の集計は、各項目ごとにすべて○をつけた応答率であるが、それぞれの小項目ごとに○をつけた

応答率を4捨5入して10点法で表示すれば、つぎようになる。

	呼吸をしている			呼吸器がある			神経がある			脳がある		
	4年	5年	6年	4年	5年	6年	4年	5年	6年	4年	5年	6年
う さ ぎ	9	10	10	6	8	9	9	10	10	10	10	10
に わ と り	8	10	10	7	8	9	8	9	9	9	9	9
す ず め	7	9	9	6	7	8	8	9	9	7	9	9
か え る	8	10	10	7	9	9	7	8	9	7	9	9
こ い	8	10	9	7	8	9	7	8	9	6	7	7
め だ か	7	9	10	6	8	9	6	7	8	5	6	7
こ お ろ ぎ	6	9	9	5	6	7	7	8	6	5	7	7

	胃や腸がある			食物を食べる			血液がある			血管がある		
	4年	5年	6年	4年	5年	6年	4年	5年	6年	4年	5年	6年
う さ ぎ	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9	10	10
に わ と り	9	10	9	8	9	9	9	10	10	9	10	10
す ず め	7	8	9	7	9	9	6	9	9	7	9	8
か え る	8	10	9	3	6	5	7	9	7	6	8	7
こ い	7	10	9	3	6	7	6	9	8	5	9	7
め だ か	5	7	8	3	6	6	4	8	7	4	9	6
こ お ろ ぎ	4	5	6	9	9	9	2	5	3	2	7	3

この応答は、二者択一の形式によるものであるから、わずかの応答率のちがいを問題とするにはあたらないが、うさぎ・にわとり・すずめという向きに応答率が減少しているといえよう。また、動物の器官や機能については、呼吸をしているというのが、食物を食べるというものより高率であることや、神経や脳に関するものも高率であったことは、筆者の予想外であった。呼吸、脳、神経などのメカニズムを児童に理解させることはむずかしいとしても、児童がすでに生きているもののイメージの中にこれらを位置づけていると考えられる。具体的な実証方法が児童の学習方法として成立しないかぎり、触れられない内容と考えることはどうだろうか。生命体としての統一的な見方・考え方を育てるには、どういう角度から、どんな経験を与えるべきかを検討する必要性を示唆するものと思う。

(4) 調査事例 [4] あさがおの成長

この問題は、あさがおの生長を手がかりとして、その発芽や生長に関係する日光、肥料、水、空気、温度などに対する児童のイメージをさぐるうとしたものである。ことに、発芽や生長に関係する諸条件を統一的・関連的にみることができかどうかをさぐることによって、生命体としての植物に対する推論の様態をみようとした。この問題に対する応答は、発芽や生長に関する基礎知識の程度によってかなり変わるものと考えられるので、発芽と日光や肥料の関係について一般的にきく2問と、生活経験の中にあるもの、または生活経験をもとにして容易に連想できそうな問題場面を手がかりとして、発芽と水、空気、温度についてきく4問とで構成した。

4 あさがおの成長について、つぎのような意見があります。これについて、あなたはどう思いますか。あなたの考えを書きなさい。

(1) めが出るまでは日光にあてなくてもよい。日光にあてなければならぬのは、めが出たり、葉が出たりしてからだと思う。

(2) めが出るまではひりょうがなくてもよい。ひりょうがひつようなのは、根が出てからだと思う。

(3) たねを、水にひたしたわたの上において、ときどき水をかけてやるとめが出てくる。だからめが出るまでは水だけあればよいと思う。

(4) 土の中にうめておいたたねでもめが出てくる。土の中には空気がないはずだ。だから、めが出るまでは空気がなくてもよいと思う。

(5) コップに入れた水の中に、たねをしずめておいてもめが出てこない。だから、めが出るためには空気もひつようだと思う。

(6) 土の中におちているたねは、冬のあいだはめを出せないでいる。だから、めが出るためにはてきとうな温度がひつようだと思う。

この結果を、(1) 芽が出るまでは日光にあてなくてもよいかについて示すとつぎのようになる。

日光にあてなくてもよい			
分 類	4 年	5 年	6 年
いらぬ・よい	18%	23%	14%
芽や葉が出てから	17	11	8
土の中・日陰でよい	10	5	14
枯れる・しおれる	3	0	4
温度があればよい	0	1	4
その他	0	0	0
計	48	40	44

日光にあてなければならぬ			
分 類	4 年	5 年	6 年
必要だ・よくない	7%	10%	2%
弱る・枯れてしまう	9	12	10
いつでも必要	31	28	20
ないと芽が出ない	5	8	12
温度・暖かさが必要	0	2	11
その他	0	0	1
計	52	60	56

この問題場面では、条件設定がかなりあいまいにしてあるので、児童の受け取りかたのちがいが、それぞれの回答に大きなちがいをもたらすものと予想される。したがって、ここでは、推論や予想にあたって、どのような既知の事象が動員されているか、既有的経験をもとにどのように解釈しているかを概観するとどめたい。「日光は、芽や葉が出てから、その葉などにはたらくのだからいらぬ」とか、「日かげや土の中でも芽が出るし、芽が出るまでは、かえて日かげにおくことが多いから日光はいらぬ」といった既有的経験の解釈とその動員にもとづいた回答傾向がめだっている。また、日光が必要だというものの中では、「芽が出る時だけでなく、ずっと必要なのだ」「植物が成長するには日光がいるのだ

から、いつでも日光は必要なのだ」というように一般的な成長と日光についての解釈にもとづいているものや、「日光がないとひょろひょろになる」「日光があるとがんじょうにのびる」というように、特定の経験事象を応用して推論している傾向がめだっている。なお、第6学年では、発芽に必要な条件についての知識をもとにして、温度と日光との混同はみられるにしても、「温度や暖かさが必要だから、日光が必要なのだ」という多面的な理由づけもみられる。

調査問題(2) 芽が出るまでには肥料がなくてもよい、(3) 芽が出るまでには水だけあればよいの2問に対する応答を関連づけて表示するとつぎのようになる。

分	類	4 年	5 年	6 年
(2) 肥料がなくてもよい	(3) 水だけあればよい	24 %	20 %	17 %
(2) 芽が出る前も肥料が必要	(3) 水だけあればよい	21	27	17
(2) 芽が出る前も肥料が必要	(3) 水だけでなく肥料も必要	20	6	2
(2) 肥料がなくてもよい	(3) 水だけでなく肥料も必要	5	1	2
(2) 芽が出る前も肥料が必要	(3) 水と肥料だけでは不足	24	29	31
(2) 肥料がなくてもよい	(3) 水と肥料だけでは不足	6	17	31

この応答の中から、(3) で水と肥料だけでは不足と記述したものについて、その他必要なものとして指摘した内容を表示するとつぎのようになる。(数項目にまたがるものは、複合として示した。)

分	類	学 年	日 光	空 気	温 度	土	複 合	その他
(3) 水と肥料だけでは不足		4 年	15 %	5 %	0 %	6 %	0 %	4 %
		5 年	23	3	4	2	14	0
		6 年	25	5	14	0	15	3

(2)での結果をみると、発芽前にも肥料が必要だというのが、4年で65%、5年で62%、6年で50%を示している。ただし、この応答は、発芽そのものに肥料が必要だというだけではなく、「発芽するためには養分が必要であり、その養分として肥料が必要だ」という生長と養分に関する理解にもとづいた応答や、「発芽してから土を掘って肥料を入れるのはおかしい」とか、「たねまきの実験では、最初から土の中に肥料を入れた」といったような直接的な経験事象を動員して推論しているものが含まれている。問題場面の条件規定のあいまいさや、自由記述法による制約から予想された結果である。したがって、応答内容の正誤を問題とするのではなく、統一的・関連的な推論の様態と、それにはたらく既存経験とのかかわりあいを概観するにとどめたい。

なお、(3)で「水と肥料だけでは不足」という記述内容では、各学年とも「日光も必要である」というものが首位を占め、かなりの応答率を示している。発芽の条件の学習経験をもたない第4学年あたりでも、植物の生長と日光の関連については、かなり強いイメージがあるものと推察できる。また、適当な温度が必要であるという第6学年での応答率、日光と空気や日光と温度といった複合的な条件についての第5・6学年での応答率もかなり高いものといえよう。第5学年での発芽条件の学習内容にもとづく推論の様態を示すものである。

2. 基礎知識や原則の理解と推論について

直観的思考ひいては創造力の育成にあたっては、教科に関する基礎知識や原則の理解が重要なかわりをもつことは、研究課題とその背景の項で記述したとおりである。ここでは、小学校理科の実験教材について、基礎的な知識・理解の内容と思われるものを取りあげ、これに関連した問題場面での推論の様態を検討しようと考えた。なお、ここでいう基礎的な知識・理解の内容は、いわゆる学力調査のように、総合的・多角的な観点から取りあげたものではない。内容をせばめて、こんな基礎知識や原則の理解がなければ、適切な推論ができないのではないかとか、こんな推論ができないとすれば、基礎知識や原則の理解のさせ方に不十分さがあるのではないかといえそうな一面をもつものにとどめている。

(1) 調査事例 ⑤・⑥ 温度と水のぼうちょう

この問題は、水の温度上昇とぼうちょうの場面で、ぼうちょうする部分についてのイメージや、冷却によって起こる事象についての解釈をさぐり、水のぼうちょうに関する基礎的な知識・理解と関連する事象に対する推論の様態をみようとしたものである。

⑤ 図のようなしかけを作って、アルコールランプで熱すると、ガラスかんの水が上がるので、水の体積がふえたことがわかります。この実験で、熱したときに、体積がふえるのは、およそどの部分の水でしょうか。つき1～10の中からえらんで、その番号を、の中に書きなさい。

1 ア 2 イ 3 ウ 4 エ
 5 ア、イ 6 イ、ウ 7 ウ、エ
 8 ア、イ、ウ
 10 ア、イ、ウ、エの全体

⑥ 図のように入れた水と、熱して体積がふれた水とでは、どんなちがいがあのでしょうか。

(1) この水を、はじめの温度までさましたら、水の体積はどうなるでしょうか。

(2) はじめに入れた水と、熱して体積がふれた水とでは、どんなちがいがあのでしょうか。

この結果を、全体がぼうちょうするというもの、およびその他の応答傾向としてめだったものについて分類して示すとつぎのようになる。

分類	4年	5年	6年
アイウエ	15%	17%	50%
エ	17	16	3
ウ エ	14	25	12
イウエ	10	14	14
アイウ	1	1	2

分類	4年	5年	6年
ア	6%	8%	5%
イ	9	6	5
ウ	9	2	1
ア イ	13	7	7
イ ウ	6	4	1

この結果からみると、「ア・イ・ウ・エの全体がぼうちようする」という応答率が、第6学年で50%を示すほかは、かなり低率であって、ぼうちようする事実はわかるとしても、ぼうちようという事象に対するイメージとしてはまずいものといえよう。全般的には、エ・ウ・イといった部分、つまり「熱源に近い部分が加熱されてぼうちようする」という推論の傾向がよみとらえる。これらは、基礎的な知識や理解の不足から、適切な推論ができない事例と考えられる。

なお、「はじめの温度までさましたらどうなるか」については、「もとどおりになる、エのところまでもどる」というものが、4年で72%、5年で62%、6年で67%と高率を示している。

また、はじめの水と熱した水に対するイメージのちがいでについては、「温度がちがう」といったものがほとんど、設問内容のむずかしさもあって、期待した結果は得られなかった。

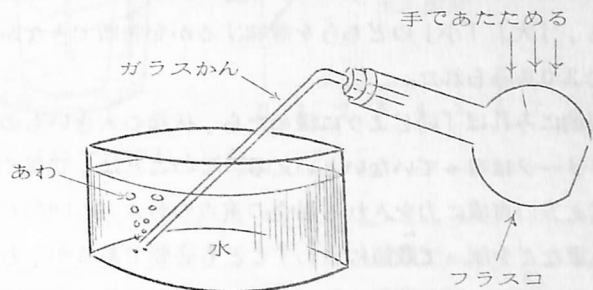
(2) 調査事例 ⑦ 温度と空気のぼうちよう

この問題は、空気の温度上昇とぼうちようの場面で、体積の大きな場合のぼうちようと、体積の小さな場合のぼうちように対するイメージや、ぼうちようと収縮の関係、気体と水の置換についての推論の様態をみようとしたものである。

⑦ 図のようなしかけを作って、ガラスかんを水の中に入れ、手であたためると、空気の体積がふえてあわが出てきます。

この実験について、つぎの問いに答えなさい。

(1) 大きいフラスコと小さいフラスコを使って、どちらも同じようにあたためたら、出てくるあわの数や空気の体積はちがうでしょうか。そう思ったわけも書いてください。



(2) あわが出なくなってから、ガラスかんを水の中に入れたまま、手をはなしてはじめの温度までさますと、ガラスかんの中に水がはいってきます。

① どれだけの水がはいってくるのでしょうか。

② 水がはいってくるのは、どういうわけでしょうか。

大きいフラスコと小さいフラスコを同じように暖めた場合に出るあわの数や空気の体積については、「大きいフラスコから出るあわの数が多く、空気の体積が多い」などのほか別表のように分類できる。

さましたら、フラスコの中にどれだけの空気がはいるかについては、「出たあわや空気の体積と同じだけはある」のほかは、応答内容がかなり多種多様であって類形的にとらえることがむりであった。そのために、「その他」の応答率がかなり高くなったものであり、無答が原因ではない。

分 類	4 年	5 年	6 年
ち 大きいフラスコ	33%	20%	22%
が 小さいフラスコ	17	26	33
う 大・小(不明)	25	43	30
どちらも同じ	25	11	15

分 類	4 年	5 年	6 年
出たあわと同じだけ	63%	53%	68%
フラスコいっぱい	14	16	14
フラスコの $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}$	7	15	9
そ の 他	16	16	9

ぼうちょうによって、フラスコから出るあわの数や気体の体積に対する記述内容をみると、「大きいフラスコ」というものが、各学年とも20%から30%を示している。これらは、「同じように暖めたら、体積の大きいものは、よけいぼうちょうする」といった望ましいイメージともいえよう。しかし、記述内容は4選択肢、つまり「大きい・小さい・同じ・わからない」と同様に考えることもできる。そうとすれば、25%程度の応答は、いわゆる「まぐれ」とみななければならず、必ずしも望ましいイメージの形態とはいえなくなる。そこで、ここでは理由として記述した内容を検討してみたい。

「小さいフラスコ」というものは、その理由として、「空気が少ないので早く暖まる」とか、「小さいので熱が早く伝わる」というものがほとんどであり、「どちらも同じ」というものは、「手で暖めたのだから同じように暖まる」とか、「暖まり方が同じなら、ふえ方も同じ」がほとんどであった。

また、質問の語尾が「ちがうでしょうか」となっていたために、記述内容から「ちがう」と分類はできても、「大」「小」のどちらを意味するかを判断できなかったものが、4年で25%、5年で43%、6年で30%みられた。

一般的にみれば「同じように暖めたら、体積の大きいものは、よけいぼうちょうする」といった望ましいイメージは育っていないといえる。このことは、空気や水のぼうちょうの授業などで、数量的な見方・考え方の育成に力を入れる場合の重点のおき方に問題があるように思う。温度やみかけのぼうちょうした量などを測って数値に表わすことも必要であるが、むしろ、それぞれの教材や授業の、どこでどういうことがらの量的関係に気づかせる必要があるかを吟味することがたいせつである。このような場面で適切な推論ができないことは、その推論に必要な基礎知識や理解が欠けていることを示すものであり、基礎知識や原則の理解を手がかりとしない推論は当てずっぽうになることを物語っている。

「さましたら、フラスコの中にどれだけの空気がはいるか」については、「ぼうちょうして出たあわや空気の体積と同じだけ、水がはいってくる」という記述が、4年で63%、5年で53%、6年で68%と高率を示している。その他の応答としては、表の通りであるが、さらに、「ガラスかんの出口の近くまで」、「ぼうちょうした空気の $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4}$ くらい」、「フラスコの口の近く」といったような応答がみられる。これらは、いずれも、基礎知識や理解を手がかりとしてもたない当てずっぽうであろう。

これらのことから、どういった学習経験をどの程度までは与えなければならないのか。それらの学習経験にもとづいて、どの程度までは適切な推論が可能であるかなどについての検討が必要であると思う。

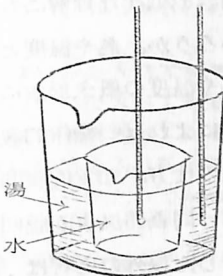
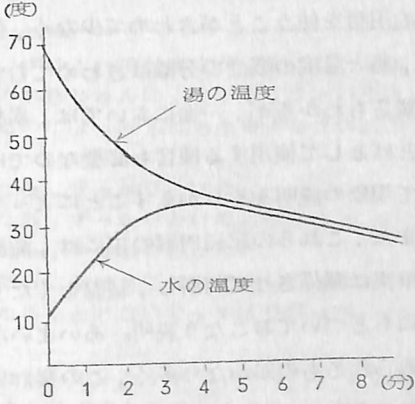
「水がはいってくるのはどういうわけでしょう」という問題は、もちろん、収縮による減圧や大気圧による水の流入などに対するイメージをみようとしたものではない。ただ、空気と水の置換に対するイメージをみようとしたものである。「空気がないから」、「空気が出なくなったから」、「冷えてきたから」、「水がすいこまれるから」、「空気が水を防がないから」、「水をじゃまするものがなくなったから」、「冷やしてすきまができたから」などの記述が多く、期待した応答は得られなかった。

(3) 調査事例 ⑧ 湯と水の温度変化

この問題は、湯と水を接触させて温度変化を観察する場面と温度変化を示すグラフを提示して、グラフに表わされる曲線の意味をきくことによって、熱や温度に対する概念の様態および、熱的平衡に関するイメージをさぐろうとしたものである。(1)と(2)では、湯や熱のカーブが急下降または急上昇していることの説明を通じて、温度と熱の用語や概念の様態をさぐり、(3)では、並行的に下降しているカーブの説明を通じて、熱的平衡に関するイメージをみ、(4)では、それらの概念とイメージをもとにして、関連した事象に対する推論の様態をみようとしたものである。

⑧ 大きいビーカーには湯を入れ、小さいビーカーには水を入れて、下の図のようなしかけを作りました。水も湯もよくかきまぜながら、1分ごとに温度の変わりかたを調べたら、右のグラフのようになりました。

この実験について、つぎの問いに答えなさい。

(1) はじめに、湯の温度が急に下がったのはなぜでしょうか。

(2) はじめに、水の温度が急に上がったのはなぜでしょうか。

(3) とちゅうから、湯と水の温度が同じように下がったのはなぜでしょうか。

(4) はじめの湯と水の温度のちがいを、もっと大きくしたらどうなるでしょうか。

「はじめに湯の温度が急に下がったのはなぜでしょうか」という(1)と、「はじめに水の温度が急に上がったのはなぜでしょうか」という(2)に対する記述内容を分類するとつぎのようになる。

分 類	5 年	6 年
熱が伝わった, 移った	8 %	9 %
熱がとられた, うばわれた	7	6
熱がにげた, いった	2	1
熱がすいとられた	2	0
熱が冷やされた	2	0
計	21	16

分 類	5 年	6 年
温度が伝わった, 移った	8 %	13 %
温度がとられた, うばわれた	5	2
温度がにげた, いった	0	1
温度がすいとられた	8	1
温度が冷やされた	6	5
計	27	22

分 類	5 年	6 年
熱が伝わった, 移った	5 %	11 %
熱をもらった	4	2
熱がはいってきた	2	0
熱をすいとった	3	1
熱であたためられた	10	3
計	24	17

分 類	5 年	6 年
温度が伝わった, 移った	11 %	18 %
温度をもらった	2	3
温度がはいってきた	2	3
温度をすいとった	7	0
温度であたためられた	6	6
計	28	30

この結果から感じることは、湯や水の温度変化を説明するにあたって、「熱」や「温度」といった科学的用語を使うことがきわめて少なく、使ったとしてもかなり混乱しているということである。もちろん、熱と温度の概念の分離はきわめてむずかしいことであり、それらの用語を適切に使い分けることの困難さもわかるが、一面においては、素朴な内容や低次な理解にもとづいたものであっても、とにかくことばとして使用する練習も必要なのではなからうか。熱や温度ということばを、まがりなりにも使用して現象の説明をくりかえすことによって、熱や温度の概念形成に役立つ面も否定できないと思う。

また、これらの記述内容の中には、滝沢武久によれば「操作的説明—示された事実を、以前に観察した事実に関係させて判断し、結論をくだす説明の仕方。知覚的説明—目の前にじっさいに見えるものだけにもとづいておこなう説明。あいまいな説明—同義語反復的説明や理由のない説明（注17）」とみられるものがかなり多く、この集計表に示した以外の応答は、ほとんどが「あいまいな説明」に類するものであった。

熱的平衡のイメージをみようとした (3)、および、関連する事象に対する推論の様態をみようとした (4) の記述内容を分類するとつぎのようになる。

分類	5 年	6 年
これ以上はやりとりがない	7 %	6 %
温度が同じになってさめた	25	31
湯はさめて水は暖まった	18	17
空気にふれてさめていく	6	17
同じように冷えていく	8	2
熱や温度がなくなった	16	8
湯と水の間温度になった	4	3
その他	16	15

分類	5 年	6 年
結果や意味は同じになる	41 %	30 %
このグラフと同じになる	7	12
結果は同じが時間がかかる	11	10
激しく急な変化が起こる	16	31
変化や差が大きくなる	10	13
もっと温度が上がる	2	0
結果は同じが早くなる	4	1
その他	9	3

熱的平衡に対するイメージとしては「これ以上やりとりがない」および「温度が同じになった」などが望ましいものと考えられるが、これらは5年で32%、6年で37%となっている。また、両者が同じ温度になって熱のやりとりがなくなったので「空気にふれてさめていく」というものを加えれば、さらに高い応答率とみることができる。

関連する事象に対する推論をみた (4) では、「結果や意味は同じになる」および「このグラフと同じ」という適切な推論が、5年で48%、6年で42%を占め、かなり高率であるといえよう。

(4) 調査事例 ⑨・⑩・⑪ ほうさん水

この問題は、ほうさんの溶解や濃度に対する基礎的な知識・理解をみるとともに、それらにもとづいた飽和に関する推論の様態をみようとしたものである。

⑨では、ほうさん(溶質)の量と溶液の濃度の関係をきき、「多量に入れるほど濃くなる」、「とけきらなくなるまでの濃さは同じ」、「とけきらなくなってからは、ほうさんを入れてもそれ以上は濃くならない」というイメージを分析してみようとしたものである。⑩では、ほうさんの析出についての知識・理解と溶質のふるまいに対する推論、⑪では、溶液中における溶質のふるまいについての推論の様態をみようとした。

⑨ ビーカーに湯を入れて、その中にほうさんをさじで1ばいずつ入れてかきませ、よくかきました。つぎのときのこさについて、いちばんこいと思うものからじゅんに、1, 2, 3というように番号を()の中書きなさい。同じこさだと思うものには、同じ番号を書きなさい。



- () 1ばいめを入れてかきませたら、すっかりとけた。
- () 2ばいめを入れてかきませたら、すっかりとけた。
- () 3ばいめを入れてかきませたら、すっかりとけた。
- () 4ばいめを入れてかきませたら、とけきらないで少し残った。
- () 5ばいめを入れてかきませたら、とけないで、やはり残った。

⑩ あついほうさん水のはいったビーカーを、水でひやしたりしてさますと、湯にとけていたほうさんはどうなるでしょうか。

⑪ あついほうさん水と、ひやしてつめたくなったほうさん水とでは、どんなところがちがうでしょうか。

溶質の量と溶液の濃度の関係をきいた⑨の結果はつぎのようになる。

分 類	4 年	5 年	6 年
飽和状態になれば濃さは変わらない。それまでは量が多いほど濃い。	19%	14%	27%
飽和状態になれば濃さは変わらない。それまでの濃さはほとんど同じ。	3	10	2
よけい入れるほど濃くなる。とけきらないことには関係がない。	37	19	11
飽和状態になったときが最も濃く、その前後ではうすくなる。	13	11	22
飽和状態になる直前が最も濃く、その前後ではうすくなる。	18	31	25
そ の 他	10	15	13

この応答をみると、「1ばい, 2ばい, 3ばいと濃さが増していくが、とけきらないで残るようになってからは、ほうさんを加えても濃さは変わらない」というもの、つまり、濃度の変化や飽和についての正しいイメージをもっていると考えられるものは、4年で約20%、5年で約15%、6年で約30%である。「飽和状態になれば濃さは変わらない」という応答内容は、4年で22%、5年で24%、6年で29%あるともみれるが、いずれにしてもかなり低い正答率と考えられる。

これと同様の場面での調査事例(注18)でも、「4はいめ5はいめの濃さはほとんど同じで、3はいめはそれよりうすい」という正答率は、4年で22%、5年で21%、6年で27%であり、誤答としては、「5はい入れたときがいちばん濃くて、4はい、3はいの順に濃い」というものが多く、4年で28%、5年で43%、6年で32%を占めていた。

溶液の濃度および飽和の概念は、児童にとってかなりむずかしいものであろう。溶液中における溶質のふるまいといったものに対する適切な推論を可能にする基礎的な知識・理解が欠けていることや、限られた学習経験にもとづいて推論する力が不足していることが原因であろう。それならば、どういう基礎的な知識・理解があればよいか、適切に推論する力の育成方法はあるかという点になるとなかなかわからないというのが実情である。個々の問題場面での推論の様態と、それに動員されている知識・理解の質や量との関連について、具体的な分析検討をさらに続けるならば、一つの手がかりは得られよう。

「あついほうさん水をひやしたら、湯にとけていたほうさんはどうなるか」をきいた(10)の記述内容を分類するとつぎのようになる。

分 類	4 年	5 年	6 年
・もとにもどる	81%	86%	82%
・でてくる			
そのまま・とける	8	9	16
こくなる	1	0	0
なくなる	0	1	0
その他	10	4	2

この結果からみると、ほとんどの児童が「もとの結晶やかたまりの状態にもどる」「上にたまる」「下にたまる」と記述している。ほうさんの飽和溶液と規定した問題場面ではないけれども、学習経験の内容からみて、そのようにうけとめたものであろう。応答傾向としては、きわめて高い率で「析出」する事実を理解しているといえる。

ところで、この「析出」に関する記述を分析して、そのイメージをとらえてみよう。

大部分の記述内容は、「ほうさんのつぶが少し見えてくる」「下に沈んでたまってくる」「ほうさんが水面に浮かんでくる」「ほうさんが固まってでてくる」「溶けなくなって固まってくる」というものであり、これだけでは、析出することに対する具体的なイメージをつかむことができない。

「ほうさんがたんたん下へ沈んできて、お湯とほうさんとに分離される」「水は真水になって、ほうさんだけが下に沈んでたまる」「水とほうさんとが分かれて、ほうさんは沈殿の状態になる」という記述をみると、析出に対するイメージとしては望ましいものとはいえないであろう。おそらく、上記の大部分の記述の背景に、このようなイメージをもつものがかなり含まれていると思う。また、「あつい湯はほうさんをよく溶かすので、ほうさんは残っていないが、冷やすとほうさんは水によく溶けないのでピーカーの下に残る」「ほうさんは湯に溶けるが、水には溶けないから、湯に溶けていたほうさんは水で冷やしたりすると固まる」という記述なども、それらと同様の問題を含んでいるといえよう。

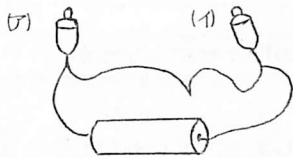
「入れたほうさんの全部ではないが、ほうさんの粉が下にたまる」とか「湯にとけていたほうさんの半分ほどが白いつぶになってピーカーの内側のほうにつく」といった記述もみられたが、これらは、溶解や析出に対する望ましい推論の様態といえるが、これらの事例はきわめてわずかであった。

基礎的な知識や原則の理解と適切な推論との関連を検討するような場合には、提示する問題場面のじゅうぶんな吟味とともに、記述や応答の背景となっているイメージを具体的に把握する方法の検討がなされなければならないと感じる。

(5) 調査事例 ⑫・⑬・⑭ 電球のつなぎ方

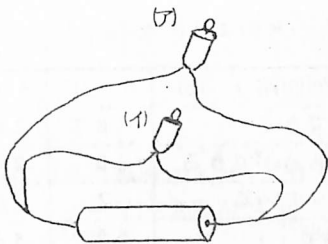
この問題は、電球のつなぎ方を事例として、直列回路や並列回路での電球のつき方や回路についての基礎的な知識・理解の実態をみるとともに、それらにもとづいて関連する事象に対する推論の様態をさぐろうとしたものである。調査事例⑫および⑬は、直列回路および並列回路での豆ランプの点滅について質問紙たけででき、⑭は、白熱電球を使用した図のような装置で、実験1および2について、それぞれ演示しながら、解答用紙に記入させたものである。⑫と⑬では、主として基礎的な知識・理解をみ、⑭では、未知の事象に対する推論の様態および既有経験との関連をみるための問題構成をした。

⑫ (1) 図のようにして電池をつないだとき、まめ電球はどうなるでしょうか。つぎの1～5の中からえらんで、その番号を の中に書きなさい。



- 1 (ア) だけについて、(イ) はつかない。
- 2 (イ) だけについて、(ア) はつかない。
- 3 (ア) は明るくつくが、(イ) は少しくらい。
- 4 (イ) は明るくつくが、(ア) は少しくらい。
- 5 (ア) も (イ) も同じ明るさにつく。

(2) 左の図で、(ア) のまめ電球をゆるめていたらどうなるでしょうか。つぎの1～3の中からえらんで、その番号を、 の中に書き、そう思ったわけを の中に書きなさい。



(肢・略)

⑬ (1) 左の図のようにして電池につないだとき、まめ電球はどうなるでしょうか。

(2) 左の図で、(ア) の豆電球をゆるめていたらどうなるでしょうか。

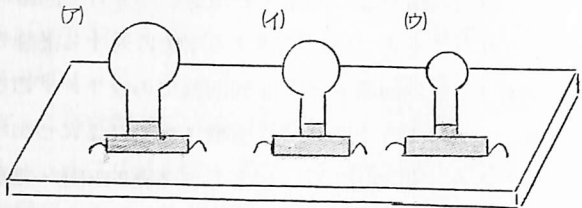
基礎的な知識・理解に関する⑫および⑬での応答はつぎのとおりである。

直列回路⑫について	5 年	6 年
(1) 同じ明るさにつく	7 0 %	8 5 %
(2) アもイも消える	8 0	4 8
上記2問とも正答	5 5	3 9

並列回路⑬について	5 年	6 年
(1) 同じ明るさにつく	4 9 %	6 5 %
(2) イはつく	8 3	8 0
上記2問とも正答	4 0	5 5

この結果からみると、直列回路では両方の豆電球は同じ明るさにつき、一方を消せば他方も消えるという知識・理解や、並列回路では両方の豆電球は同じ明るさにつき、一方を消しても他方はついているという知識・理解は、かなり深まっているといえよう。記述内容の細部については、不正確な表現もみられ、学年によって差のみられる内容もあるが、概括的には高い理解度であると思われる。

14 実験1, 2をみながら, つぎの問いに答えなさい。
(実験1と2では, 同じ電球を使います。)



実験1 (1) (ア)がいちばん明るく, (ウ)がいちばんくらいのはなぜでしょうか。

~~~~~

(2) (ア)をゆるめてけしても, (イ)と(ウ)がついているのはなぜでしょうか。

~~~~~

実験2 (1) (ウ)がいちばん明るく, (ア)がいちばんくらいのはなぜでしょうか。

~~~~~

(2) (ア)をゆるめてけすと, (イ)も(ウ)もきえてしまうのはなぜでしょうか。

~~~~~

関連する事象に対する推論の様態をみる14の記述内容を分類するとつぎのようになる。

実験1 (並列回路) (2)	5年	6年
意味の推論ができる	38%	52%
やや, 意味の推論ができる	58	36
推論がまちがっている	4	12
推論ができない	0	0

実験2 (直列回路) (2)	5年	6年
意味の推論ができる	38%	25%
やや, 意味の推論ができる	0	29
推論がまちがっている	7	10
推論ができない	55	36

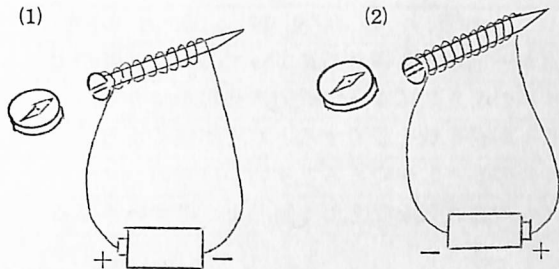
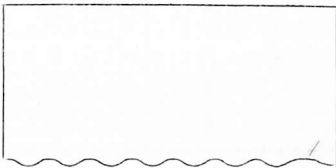
実験1の(2)は, 「アをゆるめて消しても, イとウがついている」という事象から, 並列つなぎになっているのではないかと推論ができるかどうかをみたものである。記述内容からみて, 並列回路を意味していると判断できるものは, 別表のようにきわめて高く, 両学年とも約90%を示している。ところが, 実験2の(2)で, 「アをゆるめて消すと, イもウも消えてしまう」という事象から直列つなぎではないかと推論できたものは, 別表のようにかなり低く, 推論できないものの率は両学年とも急増加している。12および13で示された回路についての知識・理解が, 14の並列回路では, 適切な推論をくだすためにはたらし, 直列回路では, 具体的なイメージを構成する役割を果たすことができなかったものといえよう。その原因については判然としないが, 興味ある課題のように思われる。なお, ここでは, 明るさについての推論については検討する余裕がないので割愛する。

また, これらの問題に関する自由記述の中に, 「直列」または「並列」の用語を用いているものはきわめてわずかであって, ほとんどが苦しいいまわして日常語を使って表現していた。模式的・典型的な場面では, おそらくかなり使い得るはずの用語が, 少し変わった場面では適切に使い得ない。科学的概念や用語の定着のむずかしさ, 科学的観念の適用性の範囲について考えさせられた点が多い。

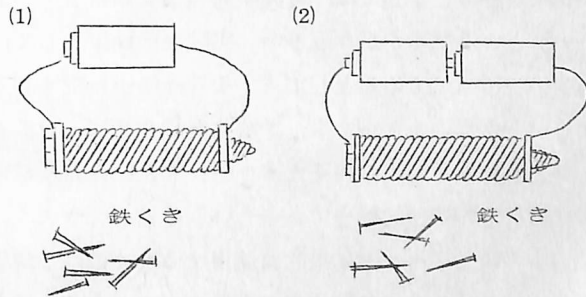
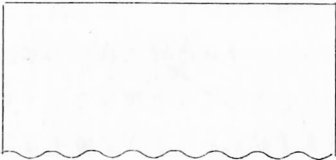
(6) 調査事例 15・16・17 電磁石

この問題は、電磁石に関する問題場面を提示して、電流の向きと電磁石の極の変わり方、電流の強弱と電磁石の磁力の強弱、コイルの巻き数の多少と電磁石の磁力の強弱などについての基礎的な知識・理解をみようとしたものである。また、直観的思考の育成にかかわる重要な要素として、教科に関する確実な知識をもちそれに精通していることがあげられているのは、すでに引用したとおりである。ここでは、そういった知識・理解に大きな関連をもつと思われる「実験の目的意識」をもあわせてとらえてみたいと考えた。ここでいう実験の目的意識と、その実験で得られる知的内容とは判然と区別しにくい性格のものであるが、記述の中に現われる諸概念や視点が、授業でそれぞれの実験をとりあげるときの目的とどのくらい一致しているかを考察することによって、一端の把握はできるのでなかろうか。

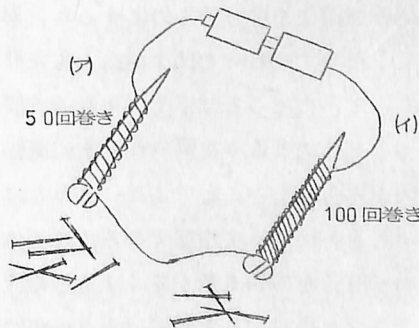
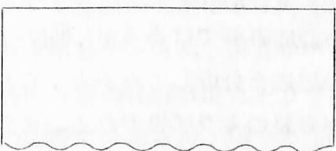
15 電磁石を使って、右の図のように電池の向きを変えて、(1)と(2)の実験をしました。
この実験から、どういうことがわかるでしょうか。



16 電磁石を使って、右の図のように電池の数を変えて、(1)と(2)の実験をしました。
この実験から、どういうことがわかるでしょうか。



17 50回巻きの電磁石(ア)と、100回巻きの電磁石(イ)をつないで、右の図のような実験をしました。
この実験から、どういうことがわかるでしょうか。



この結果を、応答傾向の類型にしたがって示すとつぎのようになる。

電流の向きと電磁石の極 15	5 年	6 年
電流の向きが変わると電磁石の極(N・S)が変わる	5%	6%
電池の向き(+・-)を変えると電磁石の極(N・S)が変わる	40	58
(1)でS(またはN)がつけば(2)でN(またはS)がつく	20	6
(1)と(2)で磁針の向きが変わるか	11	8
その他	24	22

電流の強弱と磁力の強弱 16	5 年	6 年
電流の強さを強くすれば電磁石の磁力も強くなる	36%	28%
電磁石を流れる電流の強さがわかる	5	2
電池をふやせば電磁石の磁力は強くなる	56	68
その他	3	2

コイルの巻き数と磁力の強弱 17	5 年	6 年
電流が一定のとき巻き数によって磁力に強弱ができる	0%	1%
コイルの巻き数によって磁力に強弱ができる	76	82
コイルの巻き数を多くすると電流が強くなる	18	7
コイルの巻き数を変えるとすいつけない	1	6
コイルの巻き数を変えても同じようにすいつける	2	2
その他	3	2

この結果をみると、15では「電流の向きが変わると……」という記述は少なく、「電池の向きが変わると……」という記述がかなり多い。実験上の操作としては、電池の向きを変えるわけであるからこの記述が多いのは当然であるとしても、その操作から生まれるイメージとしては「電流の向き」という要素が欲しいと思う。また16でも、「電池をふやせば……」という実験操作を説明したものが多く、そのイメージとしての「電流が強くなる」という記述はかなり少なくなっている。これらは、この時期における科学の基礎的観念であるということができよう。もし、そうだとすれば<これらの基礎的観念をわがものにし、それを効果的に使用するためには、単純なものからしたいにより複雑な形でこれらの諸観念を使えるように学習することによって、これらの諸観念をたえず深めることが必要である。

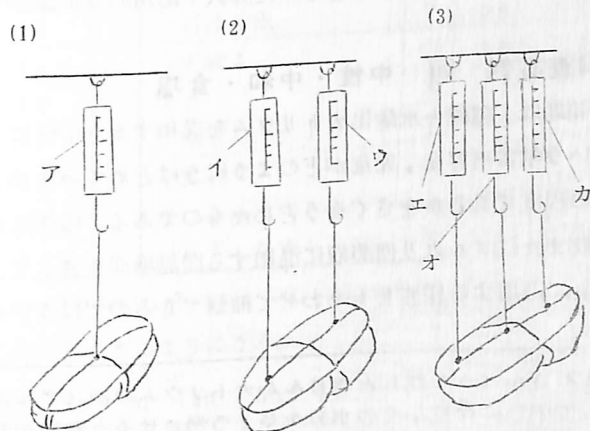
これらの基礎的な諸観念を自分のものにするためには、子どもが基礎的諸観念をはじめに直観的に理解し、自分でこれらを試す機会をもたせることが必要である。(注19)>

これらの点からみていえることは、それぞれの実験場面における基礎的知識や原則の理解は、一般的にはかなり高いが、具体的事象や実験操作の上に築かれるべきイメージや科学の基礎的観念についてはそれほど深いものがみられないことである。それらは、授業でとりあげる目的と、子どもの記述した視点のずれを検討することによって指摘できるであろう。また、わずかの応答率ではあるが、15のその他の記述や、17での「コイルの巻き数を多くすると電流が強くなる」の記述を分析してみると、これらの基礎的観念やイメージを構成するために、もう一步つっこんだ指導が必要のように思われる。その指導法の検討と、子どものうけとめ方の吟味が今後の課題となって残されるであろう。

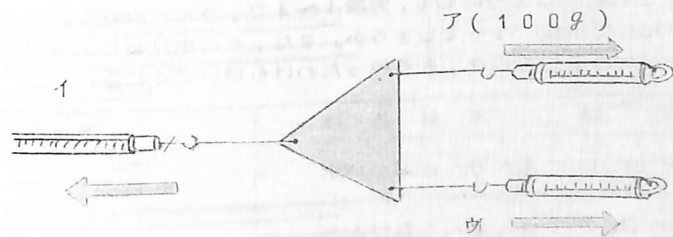
(7) 調査事例 18・19 重さと力のつりあい

この問題は、重さや力のつりあいに関係した場面を提示して、重さや力の保存性に対する基礎的な知識と推論の様態をみようとしたものである。

18] 重さ 12 Kg の砂袋を、右の図のようにしてつるしました。
はかりの針は、それぞれ、何キログラムをさすでしょうか。
つぎの (Kg) の中に数字を書きなさい。
ア (Kg)
イ (Kg)
ウ (Kg)
エ (Kg)
オ (Kg)
カ (Kg)



19] 右の図のようなしかけを作って、たいらなところではかりを矢じるしの向きに引っばりました。アのはかりが 100 g になってつりあったとき、イとウのはかりはそれぞれ何グラムになるでしょうか。
イ (g)
ウ (g)



この応答を表示すると、つぎのようになる。

18] の 応 答 分 類	5 年	6 年
全小問ともに正答	79 %	87 %
(1) 誤答	5	8
(2) 誤答	11	7
(3) 誤答	12	8
全小問ともに無答	4	2

19] の 応 答 分 類	5 年	6 年
イ (200 g) ウ (100 g)	61 %	83 %
イ (100 g) ウ (100 g)	15	6
イ (50 g) ウ (100 g)	7	3
そ の 他	10	7
無 答	7	1

この結果をみると、一定の重量をもつ物体を、1本・2本・3本の糸でつるした場合に、それぞれの糸にかかる荷重については、きわめて高い正答率を示している。荷物を持ち運ぶといった日常的な経験事象からも推論が可能であったことと考えられる。また、19]での力のつりあいについても、かなり高い正答率を示しているが、第5学年での正答率は、18]と19]でいくらかの差があるといえよう。これは、日常生活に近縁の経験事象とそうでない事象との差ではないかと考えられる。なお、全体としてはごくわずかの応答ではあるが、18]での(2)や(3)、および19]での「イ(100g)ウ(100g)」のように重量保存の推論を、このような簡明な事象にも適用できないものがあることに注目したい。

3. 観点を交えた多面的な考察について

直観的思考や創造力の育成にあたっては、多面性をもったアイデアの開発が必要であり、これらは思考の柔軟性にかかわることや、問題場面における多様性を含んだ解答の引き出しが必要であることなどは、すでに指摘されているところである。ここでは、特定の経験事象をもとにして、観点を交えた考察ができるかどうか、多様性をもった解釈や応用的な推論ができるかどうかを事例的に検討したい。

(1) 調査事例 ㊦ 中性・中和・食塩

この問題は、塩酸と水酸化ナトリウムを混和すると中性になり、その中和液の中には食塩が生成しているという学習内容を、児童がどのようにうけとめているか、中和反応や化学変化に対する基本的な観念がどの程度であるかをさぐるうとしたものである。塩酸と水酸化ナトリウムのそれぞれを、その他の酸性溶液またはアルカリ性溶液に混和する問題場面を通じて、特定の経験事象から得た知識・理解を未知の事象に適用する様態をもあわせて推察できるのではないかと考えた。

㊦ えんさん（さん性）と水さんかナトリウムの液（アルカリ性）を、ちょうどよくまぜると、中和して中性になり、その水分をじょう発させると食塩が残ります。
これと同じようにして、実験1～4で、さん性の液とアルカリ性の液をちょうどよくまぜたら中和して中性になるでしょうか。また、その水分をじょう発させたら食塩が残るでしょうか。あなたの予想を書き、そう思ったわけも書いてください。

実験	まぜる液	あなたの予想とそう思ったわけ
実験 1	えんさんと石かい水	
実験 2	えんさんと石けん水	
実験 3	すと水さんかナトリウム	
実験 4	なつみかんのしると 水さんかナトリウム	

酸性の液とアルカリ性の液を混和した場合の液の性質については、全般的にはかなり高い理解度であると考えてよからう。この問題の背景と考えられる他の事例（注20）によれば、「酸性の液とアルカリ性の液を混ぜたときには、酸性が強ければ酸性になり、アルカリ性が強ければアルカリ性になり、両方の強さが同じときには中性になる」という理解度は、第6学年で54%であった。この点からみて、酸性の液とアルカリ性の液を提示するこの出題形式では、中性になること自体にはあまり重点をおかないでよいことと考えた。また、塩酸と水酸化ナトリウム以外に提示したのも、石かい水、石けん水、す、なつみかんのしるであり、いわば学習内容としても代表的なものと考えたので、その液性については自明のことと考えたものである。しかし、記述内容を見ると、酸性のものやアルカリ性のものについての区別ができない児童もかなりいたが、全体としてはさほど大きな問題ではないと思われる。

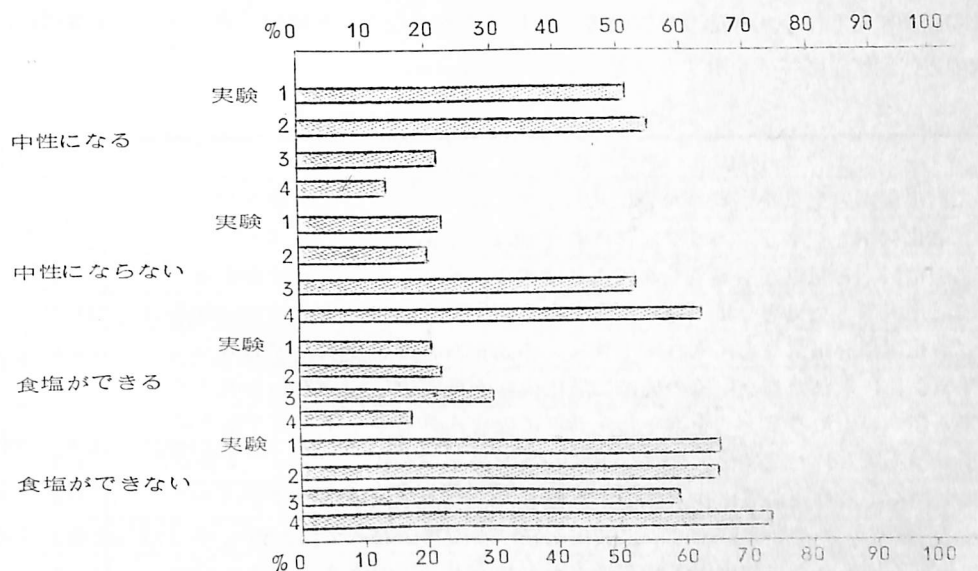
㊦での応答内容を分類するとつぎのようになる。

中性になるかどうか		5 年	6 年
実験 1	○	59 %	72 %
えんさんと	×	32	17
石かい水	?	9	11
実験 2	○	41 %	58 %
えんさんと	×	46	30
石けん水	?	13	12
実験 3	○	60 %	66 %
すと	×	29	22
水さんかナトリウム	?	11	12
実験 4	○	62 %	66 %
なつみかんのしると	×	25	21
水さんかナトリウム	?	13	13

食塩ができるかどうか		5 年	6 年
実験 1	○	45 %	63 %
えんさんと	×	26	14
石かい水	?	29	23
実験 2	○	28 %	52 %
えんさんと	×	38	22
石けん水	?	34	26
実験 3	○	38 %	29 %
すと	×	29	55
水さんかナトリウム	?	33	25
実験 4	○	33 %	22 %
なつみかんのしると	×	32	53
水さんかナトリウム	?	35	25

(○はなる・できる, ×はならない・できない, ?はわからないを示す)

この結果を, 第 6 学年についてグラフに示すとつぎのようになる。



「中性になる」という応答は, 実験 1~4 を通じてかなり高く, その考察については先に述べたとおりである。しかし, 「食塩ができる」または「食塩ができない」という応答は, 実験 1, 2 と実験 3, 4 ではかなり大きな差がみられる。実験 1 と 2 では塩酸が使われていることから「塩酸の中にある食塩がとり出される」という理由を書いたものがほとんどであった。混和すること, ひいては化学反応によって食塩が生成するという知識・理解とともに, それらの上に築かれるべき基本概念やイメージの指導をくふうしないと, 多面的なアイディアの開発は困難であり, 応用的な推論も成立しないといえよう。化学変化のメカニズムを知的に体得させることはむずかしいことであるが, この時期の子どもなりに, 推論や連想・想像の訓練といったものを具体的に検討してみる必要があるように思う。

(2) 調査事例 21 二酸化炭素の重さ

この問題は、二酸化炭素が空気より重いことを確かめる実験方法を問うことによって、特定の経験事象をもとにして、観点を変えた考察ができるかどうか、既存の経験について、問題場面に応じた多様性をもった解釈や応用的な推論ができるかどうかをみようとしたものである。ここでは、実験方法として妥当かどうかについては問題としないで、解釈の多様性やアイデアの多面性を検討したい。

21 二酸化炭素が空気より重いことは、どんな実験をしたら調べられるでしょうか。調べられそうな実験のしかたを、できるだけたくさん書いてください。

この問題に対して、できそうな実験方法として児童が記述した種類は両学年とも15種程度である。実験の方法別に、応答率を示すとつぎのようになる。

実験の方法	5年	6年
二酸化炭素と空気を、ビニル袋に入れ、てんびんにかけて傾きをみる	62%	48%
二酸化炭素と空気を、ふうせんに入れて飛ばし、落ちる速さをみる	5	16
二酸化炭素と空気を、ふうせんに入れて水中に沈め、浮かぶ速さをみる	5	8
二酸化炭素と空気を、集気びんに入れて上皿てんびんにのせ、傾きをみる	14	6
二酸化炭素を集気びんに入れて、マッチの火を入れると下の方で消える	28	4
集気びんに入れたろうそくの火に二酸化炭素を注ぐと、短い方から消える	6	6
集気びんの中でろうそくをもやしたあとに火を入れると、下の方で消える	9	9
集気びんに入れた二酸化炭素は、下においた集気びんに、空気中でも移せる	15	2
集気びんに入れた二酸化炭素は、ふたをしなくても空気中ににげない	4	2
ろうそくの火を消す実験では、二酸化炭素はみぞを伝わって流れた	3	4
集気びんに入れた二酸化炭素に石灰水を入れると、下のほうで白くにごる	3	2
ふたをした容器の中でろうそくをもやすと、短いろうそくの方から消える	2	2
二酸化炭素のシャボン玉は、空気のシャボン玉よりも飛ばない	1	1
炭火をもやしている部屋では、床の上ではマッチの火がつけにくい	1	4
ドライアイスの煙は、床にそって流れていく	0	1
上皿自動ばかりに集気びんをのせ、ろうそくをもやす前後の重さをはかる	0	1

この結果をみると、ほとんどの応答が「ビニル袋に入れて重さをくらべる」に集中している。授業の中でこの実験を行なった目的がもともと「二酸化炭素と空気の重さをくらべる」ためであるから、それ自体の目的意識や結果の理解はかなり高いものであるとみてよからう。ここで考えたいのは、その他の

目的で行なわれた実験やその結果を、多面的に考察できるかどうかということである。もともと、二酸化炭素の重さを目的としなかった経験事象を、その事象が成立する要素に着目して、観点を変えた考察ができるかどうかを考えてみたい。

そこで、児童1人あたりの記述件数とその比率を示すとつぎのようになる。

	0 件	1 件	2 件	3 件	4 件
5 年	5 %	4 9 %	3 1 %	1 2 %	3 %
6 年	2 4	2 9	3 2	1 4	1

この結果からみると、第5学年では1件だけ記述したものが最も多く、次いで2件を記述したものととなり、4件および0件とい

たものはきわめて少ない。これに比べて、第6学年では1件と2件の記述がほとんど同じように多く、0件というものもかなり多くなっている。おそらく、第5学年では、「ビニル袋に入れてはかった」という印象が強に残っていたために、別表のように62%の児童がこれを取りあげたものであり、第6学年では、学習後1年以上を経過しているために、この実験の印象すら残っていなかった児童が、かなりいたためであろう。

「ビニル袋に入れて重さをはかる」実験以外は、本来の目的がほかにあるわけであるから、それらの観点を変えて考察するためには、それらの実験操作や結果を可能にしている要素を分析し、その要素を多面的に解釈するという思考過程が要求されるはずである。この点からみれば、いくつかの望ましい事例をみることができると思う。

「二酸化炭素を集気びんに入れて、マッチの火を入れると下の方で消える」「集気びんの中でろうそくをもちたあとに火を入れると、下の方で消える」「ろうそくの火を消す実験では、二酸化炭素はみぞを伝わって流れた」などは、どちらかといえば、「火を消す」「火がもえない」という面だけが強調されやすい事象の要素を分析的にとらえ、多面的な考察をしたものといえよう。

また、「集気びんに入れた二酸化炭素は、下においた集気びんに、空気中でも移せる」「集気びんに入れた二酸化炭素は、ふたをしなくても空気中ににげない」などは、どちらかといえば、なんらかの目的をもった実験のための単なる過程上の操作として取り扱われやすい事象の要素を、多面的にとらえたものといえよう。

これらのことから、実験の指導にあたっては、その本来の目的に即した理解を得させるとともに、その実験操作を可能にしている要素に着目させて、多面的に考察したり、応用的な推論をしたりする指導が必要であると思う。むしろ、そのような考察や推論をさせたり、多様性を含んだ解釈をさせる機会が与えられないならば、本来の目的というものが達せられないように考えられる。

あ と が き

この研究では、創造性の育成にかかわるいくつかの学説を整理してみること、そして、それらの角度から小学校理科の指導内容に関連させて児童の実態をとらえてみようとしたものである。今年度は、研究の手はじめとして、ややあらい手法といえなくもないが、問題点を概観できるような調査研究を意図した。調査にあたっては、主として自由記述法によったことや、問題設定のむずかしさもあって、必ずしも精密な結果の処理を望むことができなかつた。

今年度の研究結果からみて考えられる問題点としては、各章の取組に述べたもののほか、児童のイメージの把握のしかたのくふう、ことに、調査問題として取り上げる問題場面の検討、応答方法の吟味などが重要なことがらといえよう。また、授業を通じての研究や面接法による実態把握なども、今後に残されたむずかしい問題である。

この研究をすすめるにあたって、新潟市立浜浦小学校、新潟市立小針小学校、新潟大学教育学部付属新潟小学校から多大のご協力をいただいたことを付記して、厚く謝意を表したい。

この研究を担当したのは、渡部宇威智である。

主 要 な 参 考 資 料

- | | | | | |
|------|------------|------------------|-------|------------|
| 注 1 | 小口忠彦 | 創造力の心理 | 牧書店 | P. 1 |
| 注 2 | 細谷 純 | 現代教育科学 | 明治図書 | № 91—P. 13 |
| 注 3 | ブルーナー | 教育の過程 | 岩波書店 | P. 75 |
| 注 4 | ” | ” | ” | ” |
| 注 5 | ” | ” | ” | P. 73 |
| 注 6 | 小口忠彦 | (同上書) | | P. 62 |
| 注 7 | 広岡亮蔵 | 授業研究 | 明治図書 | № 54—P. 22 |
| 注 8 | ブルーナー | (同上書) | | P. 79 |
| 注 9 | 藤野 武 | 授業研究 | 明治図書 | № 51—P. 16 |
| 注 10 | ブルーナー | (同上書) | | P. 72 |
| 注 11 | 佐伯正一 | 授業研究 | 明治図書 | № 54—P. 46 |
| 注 12 | 小口忠彦 | (同上書) | | P. 60 |
| 注 13 | 広岡亮蔵 | 現代教育科学 | 明治図書 | № 91—P. 12 |
| 注 14 | 小口忠彦 | (同上書) | | P. 57 |
| 注 15 | 小口忠彦 | (同上書) | | P. 55 |
| 注 16 | 小口忠彦 | (同上書) | | P. 75 |
| 注 17 | 滝沢武久 | 教育的認識論 | 明治図書 | P. 137 |
| 注 18 | 新潟県立教育センター | 研究紀要 1967 第 60 集 | 別刷 4— | P. 22 |
| 注 19 | ブルーナー | (同上書) | | P. 16 |
| 注 20 | 新潟県立教育センター | (同上書) | | P. 35 |