

理科教育における言語表現能力育成の取り組み

大橋 ゆか子*

An Approach to Improve the Expressional Ability in Science Education

Yukako OHASHI

要旨 新学習指導要領が提起している各教科を横断的に貫く「言語表現力の育成」を、理科教育において生かす取り組みを考察する。理科においては、実験・観察を行った場合のレポート作成について文章指導が考えられる。実験・観察結果の記録を授業で活用する際に、教師は目的とする結果とそれ以外の結果を無意識のうちに選別している。この状態で、レポート作成に関する表現力育成を強化しても理科教育としての成果は深まらない。実験は実際に行うことに意味があり、全ての結果は優劣のない事実である。「全ての事実を簡潔にありのままに表現する力」を育成することにより、学習目標を達成すると共に、次の疑問や発見を導き出す力を育成することができる。この方式が定着すれば、規則からはずれた性質を示す事が多い身の回りの物質を、学習対象に取り入れることができる。自然は規則通りではなく、弱い相互作用によるバラツキを伴うことを理解し、バラツキを調整する方法を考えることが、今後の科学・技術を評価し開発する為に重要な要素である。本気で結果を表現する技能と習慣を身につけることにより、自然の規則をそれがもつバラツキと共に理解することができ、知識・技能・考え方の活用能力が高まっていく。

キーワード：言語表現 理科教育 科学教育 理科学習指導要領

1 児童・生徒を囲む科学・技術環境の変化

日本人は、自然と共生する生活の中で、治水、冶金、農業、漁業などの多くの技術を発展させ継承してきた。それらの技術の背景には、広義の自然科学に位置づけられる多くの知識が蓄積され共有されていた。子供達も日常の生活や、身の回りで営まれる職業生活を見て、自然と共生するための技能、知識、考え方を身につけてきた。しかし、19世紀後半になり教育組織が国家的に整備されると共に、生活の中に存在した日本の自然科学が、生活の場から分離された存在になってきた。子供達にとっての「理科」「科学」は、学校で習得す

る自然科学の体系を意味することになった。明治から昭和の時代にかけては、この「理科」「科学」が国力の向上にとって欠くことのできない重要な学問領域と位置づけられ、日本においても近代科学は急速な発展を成し遂げ、社会的にも評価される領域となった。科学・技術と子供達の関係は第2次世界大戦が終わり、科学技術の平和利用が急速に進むとともに大きく変化した。電化製品、それに続いてコンピュータ関連製品などが家庭にも行き渡り、日常生活における時間の使い方や労働の在り方を大きく変化させていった。目に見える形で科学技術の成果が生活の場に登場してきたこの頃には、子供達は科学・技術の役割や価値を期待をもって体験し、科学の将来にも大きな夢を感じるが多かったであろう。その時代に子供期を過ごした世代が親になった頃に、国際学力調査

*おおはし ゆかこ 文教大学教育学部学校教育課程

¹⁾が相次いで実施された。調査結果の国際比較が行われたところ、日本の順位が予想以下の結果であったことが社会的に問題になった。日本の子供達の理科の成績が低下しているだけでなく、興味・関心が非常に薄れているという結果が、子供達の親の世代に衝撃を与えた。

このような自然科学を取り巻く状況を包括した用語として「理科離れ」が頻繁に使われるようになった。「理科離れ」の原因としてまず指摘されたのが、学校週五日制導入及び、生活科や総合的な学習の時間の新設に伴う理科の授業時間数削減であった。自然科学系の各種学術団体及び経済界からの改善要求が出され、社会的な議論が巻き起こった。今回行われた学習指導要領改訂では授業時間数の増加が決定され、理科では小学校で2割、中学校で3割の授業時間数が増加することになった。新指導要領改訂の基本的な考え方として、増加した授業時間を活用し、「知識・技能の確実な定着を計り、観察・実験やレポートの作成、論述など知識・技能を活用する学習活動を行い、これらの学習活動の流れの基盤となる言語に関する能力の育成を重視する」²⁾ことが提示されている。

「理科離れ」現象、特に「理科に対する興味・関心の減少」には学校教育以外の要素も考えられる。20世紀半ばは、科学技術製品の登場による生活環境の改善が急速であったため、当時の子供達は技術が登場する前と後の違いを、自分の体験として感じる事ができた。一方、現在の子供達にとっては、技術に支えられた生活環境は当たり前の日常である。また、技術や製品が極度に微細化したり、巨大化したために、機能や作用を自分の目で見ることができなくなっている。子供達が科学や技術と接する条件が最近50年の間に著しく変化し、子供達は科学・技術に対する体験的感動を得にくい状況に置かれている。コンピュータの目覚ましい発展により、家庭で世界中の情報や宇宙の情報までを瞬時に得ることができる。しかし、コンピュータは単なる日常の道具となり、ブラックボックス化した技術は子供達の興味の対象

から外れてしまいがちである。

科学・技術が発展し、生活にとけ込み、多様な体験や活動を可能にすることは、人類にとって一つの目標であったはずである。現在、それが実現に近づいている。しかし、科学・技術で支えられた生活は、人間に備わっている生理的速度や生理的許容量を超える恐れがあり、人間と科学・技術が共生するためには、継続的にその関係を検証し、改善していかななくてはならない。そのためには、子供達が科学・技術のもつ限界や多様性に関心をもつことが不可欠であり、学校の理科教育の目標もそれを可能にする方向性を含んでいなくてはならない。

2. 学校における理科と児童・生徒

小学校と中学校で同時に学力調査を行った場合、どの調査でも、小学生は理科への興味・関心が他の教科に比べて高いが、中学生は、学年の進行とともに興味・関心が低下している。小学校・中学校・高等学校を同時に対象とする調査は今のところ報告されていないため、理科への興味・関心が中学校から高等学校へどのように変化するかを数値的に議論することはできない。また、高等学校では文化系、理数系と進路別履修形式を取ることも、比較を難しくする。著者は文教大学教育学部2年生約300人を対象とする小学校教員免許取得科目、理科指導法で、学生の状況調査を行っている。その中の項目に、小、中、高、現在（大学2年）の4時点で「理科が好き」の程度の変化を問う質問を入れている³⁾。中学校・高等学校の理科教諭免許を取得する理科専修の学生は結果が異なるが、それ以外の専修の場合、予想される通り、学年進行と共に「好き」の数値は減少しており、高校時代が最低の値を示している。

同じ調査の中で、高等学校化学の授業では多くの実験を実施し、レポートを作成したが、つまらなかったという記述が多かった。学習指導要領の改訂毎に学習内容の改善は何回も試みられている

が、高等学校の授業は大学教育との内容の連携に重点があり、実験は特に理論及び規則の検証と位置付けられている。レポート作成も、書くべき要素、構成を学習し、それに合わせて記録する技能と位置付けている。そこで、高校教員の努力にも拘わらず、生徒は実験にかかる労力に見合う達成感を得られないのではないかと考えられる。

今回の学習指導要領改訂の基本的な考え方として示された内容は、「知識・技能の確実な定着」、「観察・実験やレポートの作成、論述など知識・技能を活用する学習活動」、「学習活動の流れの基盤となる言語に関する能力の育成を重視」であり、この中でも各教科を横断的に貫くポイントとして、「言語」と「体験」が挙げられている。理科においては「体験」は現在でも教育現場で目標とされており、結果をまとめるレポートの作成、論述について様々な試みがなされている。

今回の理科における「言語に関する能力の育成」として、レポート作成の中で、実験的結果を科学的概念に基づき説明する学習活動及び、グラフやデータ、誤差の検討を活用する活動が提唱されている。これは、今までも行ってきた学習活動の延長線上にある。著者は、理科における言語表現能力について、少し視点を変えて考えてみたい。

3. 言語表現能力の育成の活用

日本の初等・中等教育は、学習指導要領で規定された内容の教科書を用いて教育を行う方式であり、目標は、将来、自立した個人として生活するために必要な基礎的技能、知識、考え方を習得することである。19世紀以降、多くの理科の教授法や学習論が提唱されてきており、それぞれ長所と短所をもっている。特定の教授法や学習法に基づくカリキュラムは、学習する領域や方法や物質に偏りが出ることから、現在の教科書は学習段階に対応していろいろな教授法や学習論を組み合わせられた形になっている。

また、小学校、中学校、高等学校の理科カリキ

ュラムでは、各段階で重要な項目は重複して扱われている。小学校で体験的に学習した領域に、中学校、高等学校と進むと、用語・概念の定義、扱う対象の広がり、定量的扱いなどが追加されていく。実験・観察など体験的要素が学習内容に占める比重は、小学校理科が最も大きくなっている。観察記録の付け方、保存の仕方、データの分析や比較の仕方についても、小学校理科でまず学習する。身近な混合系を対象としていた小学校から、中学校・高等学校と進むと、実験・観察の対象が純粋系に近づく。従って、新指導要領でレポート作成のポイントとして提示されている「実験的結果を科学的概念に基づき説明する学習活動及び、グラフやデータ、誤差の検討」を行うことは、小学校より中学校・高等学校の実験・観察の場合の方が容易である。このような違いがあるが、学習の基本的な構造は、小学校から中学校まで共通していると言える。

小学校の理科では、器具や道具の使い方を身につけ、身の回りの現象や物質を対象として、測ること、観察することによって、新しいことが見つかることを体験していくことが目標になる。カリキュラムの中で、それぞれの実験・観察は学習目標として「見つけるもの」が想定されている。先生は授業で全員に「見つけるもの」を見つけさせたいと思うあまり、無意識のうちに他の現象や物質を無視してしまうことがある。この傾向は、中学校、高等学校に進むとより顕著になるが、小学校段階から始まっていると思われる。

小学校の理科は目標としている「見つけるもの」の幅が広いので、弾力的な授業ができる。小学校段階で、実験・観察をどのように行い、どのように表現し、記録するかを、児童に身につけさせることが重要だと考える。

学校の理科で、必要な領域を学習させようと考えたと、各段階で学習の目的が設定されるため、現象を切り離して学習するようになる。しかし、自然現象は複数の相互作用が複雑に関係して成り立っている。その中で強い相互作用に支配される

部分について、まず規則性が見つかり、現在分かっている規則や理論となっている。従って、現在分かっている規則や理論を越えて、新しい人間との関係を見いだすには、まだ気付いていない複数の弱い相互作用を見いだすことが必要なのである。現在、強い相互作用に支配される機構はほとんど解明されており、解明されていない弱い複数の相互作用が重要な働きをしていることが明らかになってきている。若い世代を育てる理科教育の目標は、強い相互作用に関する規則や理論を理解し活用する能力を養成することだけではなく、複数の弱い相互作用の機構があることを理解し、そのバランスを調整していく方法を理解する能力を養成することだと考える。前者の能力養成は、科学・技術を現在の方向性で効率的に発展させるために、専門領域の人材を育成するには重要である。後者の能力養成は、科学・技術の新しい方向性を見つけだす専門領域の人材育成とともに、人間スケールで人類と自然の共生関係を選択し、判断する非専門領域の人材育成として重要である。

著者は、この後者の目的のために、理科における言語表現能力の育成が活用できると考える。言語表現能力には、読み取る能力、書いて表現する能力、話して表現する能力などがあるが、ここでは、書いて表現する部分を考える。何を書くかは、何を見るかである。先に述べたように、小学校理科の実験・観察の対象は「見つけるもの」の幅が広い。先生が、全員に「見つけるもの」を見つけさせたいと、実験や観察の条件設定など準備に時間を掛けることは重要である。実験や観察が始まると、問題になるのは、何を観察するのかである。起こったこと、見たこと全てが結果である。通常、目標とした結果の記述欄の他に、「気づいたこと」等の欄を用意して、目的以外の現象や対象を記録させている。しかし、「気づいたこと」欄の内容を授業で生かすことは難しいし、あまり行われていない。児童はそのような授業を何回か受けるうちに、今回の実験・観察は、どこをみればいい、何をみればいいと最初から決めてかかることにな

る。授業の目標の達成にとって、その様な態度は必要であるが、実験・観察でみられる全ての結果を基にして考えるという態度が同じ程度に重要である。

そこで、観察の基準を設定し、予断を抱かず観察する方法を考えてみよう。例えば、観察のポイントとして、見る（視覚的観察）、聞く（聴覚的観察）、嗅ぐ（臭覚的観察）、触る（触覚的観察）、味わう（味覚的観察）の五感を設定する。味覚的観察は禁止しなくてはならない授業があるが、できるだけいつも五感を活用して、実験・観察の結果を全部感じ取り、記録することが大切である。実験・観察で起こったことは全て真実である。結果が規則や理論に当てはまらないことがあれば、それは規則や理論の前提条件が限られているからである。結果を理論値に近づけたければ、理論の前提条件を見つけなければよいのである。

このように、ポイントを決めて正確に表現することを繰り返すことが第一歩である。次に、それをどう活用するかである。授業には目標があるのであるから、同じ記録でも「実験や観察の結果」欄と「気づいたこと」欄の扱いは当然異なる。「気づいたこと」欄は、実験・観察を行ったことで得た新しいの興味の芽生えである。これを「不思議カード」などとして残しておく、後の学習に繋げることができる。小学校の時の疑問が中学校で解決するかも知れない。「実験・観察の体験」と「結果の言語表現」を教師が意識的につなぎ合わせて行うことにより、実験をして自分が観察することが全ての始まりであること、その結果を考えると他の現象にも繋がっていくこと、その結果が深まると考えられる。小学校でこの習慣が付くことにより、中学校、高等学校での実験・観察に向き合う生徒の姿勢が高まっていくのでは内だろうか。

4. 具体例の考察

具体例として小学校6年で学習する「ものが燃えるとき」を扱ってみる。この章では「ものの燃

え方と空気」「空気の成分の変化」「ものを燃やすはたらき」の項目を学習する。そして同じ学年で生物における酸化現象を、「ヒトや動物の体」章で「呼吸」,「生物とかんきょう」章で「生物と空気」として扱っている。

「空気の成分の変化」では、ろうそくを瓶の中で燃焼させ、「ものが燃えるには酸素が必要であり、酸素は燃えた後は二酸化炭素に変化する」ことを見つけることが学習目標である。実験をすると、二酸化炭素と同時に水蒸気が発生するので、ろうそくの炎が見えにくい程まで瓶の内側で結露する。実験をしている児童は、視覚的に気付いたこととして「気付いたこと」欄に「びんがくもった」という書くだろう。スチールウールを燃やす実験も発展実験として載っている。この実験では、瓶は曇らない。この「気づき」は直ぐに理論的に説明する必要はないが、燃え方にもいろいろある、燃えるものによって違うこととして、記録し次の発展に繋げることのできる観察結果である。ろうそくが燃えている瓶を触ると、上の部分は熱いけれど下の部分は冷たいままだと気がつく。熱い空気は冷たい空気より軽いことに触覚的観察で気付く。

自由に観察させることは、同時に危険も伴うので、観察方法の学習の徹底は必要である。反応を目で観察するときは必ずガラス越しに見る、熱いものを触るときは、冷たいところから少しずつ近づき、においを嗅ぐときは直接鼻を近づけないで手で扇ぐなどの規則をしっかりと身につけさせる。その上で、自由に十分に観察し、正確に記録する。記録は表現能力を育成すると共に、次に繋がる疑問、興味、関心を明確化、意識化するのに役立つ。

「空気の成分の変化」の授業では、二酸化炭素の存在を、石灰水を使って確かめる。「呼吸」の授業でも、石灰水を使って、吐く息は吸う空気より二酸化炭素が多いことを観察する。実験ではビニール袋に吐く息を入れて、石灰水を加えると白濁する。しかし、しっかりと観察していると、時間の経過と共に濁りがうすくなることが多い。水酸

化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し白濁するが、更に二酸化炭素が多いと水溶性の炭酸水素カルシウムになり透明になる現象で、通常の児童が行う実験条件で起こりうる結果である。水酸化カルシウムに対して二酸化炭素の量が多いと、反応が直ぐに2段目まで進み、最初から濁らないこともある。学習目標は「二酸化炭素があると石灰水が白濁する」ことであるため、先生にとっては困った結果となるが、「さっきは濁っていた」「少しは濁っている」ですませることが多いのではないだろうか。「気付いたこと」欄に「一度白くなったが、時間がたつと色がうすくなった」と書いた場合や、「初めからにごらなかつた」と書いた場合には、石灰水を足して、反応を1段目に戻すことで初期の目的を達成させる必要がある。このように、目的とした結果以外の観察を記録し、それを活用することにより、「反応は条件によってかわる」という発見に繋げることができる。また、「実験をするとき、観察しながら入れる量を見極める必要がある」ことを知ることができる。教師は、実験したことが真実であること、予想されない結果には何か原因があることを明確に意識して、「結果を本気で表現し記録する」ことを指導する必要がある。

5年生の「植物の発芽と成長」章の「種子の発芽と養分」と、6年生の「ヒトと動物の体」章の「植物の消化と吸収」,「生物とかんきょう」章の「生物と養分」では、ヨウ素デンプン反応でデンプンの存在を調べる。教科書ではデンプンにヨウ素液を加えた時の変化を、カラー写真で示しており、色について「紫色」等とは記載していない。植物の種類や部分によって、含まれているデンプンの分子量や構造に違いがあるため、ヨウ素デンプン反応の呈色にはかなりの違いがあるためである。黒色にしか見えない結果を「むらさきいろに変化した」などとまとめることがないようにしたい。正確な文章表現を指導することが、「デンプンはヨウ素液を加えると色が変化するが、デンプンには色々な種類があり、色は種類によって異な

る」という発見を引き出す力になる。

5. おわりに

このような形の言語表現力を育成する学習を通して、「共通性をもつ規則はある」「規則は常にある程度のバラツキをもっている」ことを身につけさせていくことが、科学的思考方法の基礎を育てることになる。現在のカリキュラムでは「規則は常にある程度のバラツキをもっている」という部分が学習の中に位置づけられていない。そのため、学習対象として当然取り入れるべきものが、教科書に入っていない。身の回りの重要な物質をみても、水、土、糖、コロイドなどは、単純な規則からはずれた性質を示す。それらの特殊性こそが、宇宙に数少ない生命環境を備えた地球を支えている土台なのである。実験・観察の結果を「見たままに表現」し、整理していく習慣が身に付けば、規則からはずれる物質の学習を小学校でも扱うことができるようになる。

小学校で学習する「もののとけ方」は、中学校で「水溶液の性質：飽和、溶解度、再結晶」、高等学校で「物質の分離・生成」「溶解熱」と繋がっていく。5年生で学習する「もののとけ方」では、「物質が水に溶けて見えなくなっても物質の質量はなくなる」「物質が水に溶ける量には限度がある」「温度を上げると水に溶ける物質の量は増加する」「水の温度を下げたり、水の量を減らすと溶けていた物質を取り出すことができる」という項目で構成されており、それぞれ実験を行う。この時に扱う物質は、溶解度の温度依存性が小さい物質としての塩と、温度依存性が大きい物質としてのミョウバンである。日常生活との繋がりから考えると、溶解度の温度依存性が大きい物質は砂糖であるが、溶解度の温度依存性が短時間では可逆性を示さないことから小学校の教科書では扱われない。「規則は常にある程度のバラツキをもっている」と言うことが身に付いていれば、ミョウバンに加えて砂糖を対象として扱い、

「溶けたものを取り出すには水を減らせばよい」という共通ルール他に、「砂糖は溶けると簡単には水から離れない」という「対象の性質」にも触れることが児童の理解範囲に入るであろう。「自然現象は複数の相互作用が複雑に関係して成り立っているから、規則は常にある程度のバラツキをもっている」ことは、難しい概念ではない。理科を完全な規則の積み重ねとして捉える教育目標にこだわりすぎると、理科の学習を日常の体験から得た知識に結びつけることができなくなる。学校の理科は自然と人間の共生を目指すものであるから、明確な規則の積み重ねとしての「自然」ではなく、複雑で多様な方向性を持つ「自然」を対象とし、その実像に適した方法論で学校の理科を構成する必要がある。理科における言語表現力を、理科教育の本質的な部分の育成に活用することができると思う。

【引用文献】

- 1) 科学技術庁科学技術政策研究所 (1991) 「日・米・欧における科学技術に対する社会意識に関する比較調査」、文部省国立教育研究所「理数調査報告」(1995)、「科学技術と社会に関する世論調査」(1995)、IEA (国際教育到達度評価学会) の小学校4年の第3回国際数学・理科教育調査 (1995)、IEAによる中学校2年の第3回国際数学・理科教育調査の第2調査 (2000)、OECD「生徒学習到達度調査 (PISA)」15歳児調査 (2000)、国立教育研究所「平成13年度小中学校教育課程実施状況調査」(2001)、OECD「生徒学習到達度調査 (PISA)」(2003)
- 2) 学習指導要領 (2008年度改訂)
- 3) 大橋ゆか子：小学校教員養成課程における理科教育のあり方 I, 文教大学教育学部紀要, 第40集, 2006, p.75-80