

# 理科の基礎・基本と教育課程

能條 歩（理科教育研究室）

## 1. はじめに

平成14年度の研究協力は、「こどもの自然認識（素朴概念）に対応する授業のあり方 - どうやったらいいの、理科授業 - 」および「総合的な学習の時間における個別課題解決学習」のテーマで公募した結果、前者のテーマは件の応募があり、三笠市立三笠中央中学校の松本浩幸教諭との間に研究協力関係が結ばれた。しかし、その後筆者が本学大学院修士課程において松本教諭の指導教官となったため、本件は研究協力関係にはなじまない関係となり、年度途中でいったん解消している。したがって本論では、南幌町立みどり野小学校研修部からの要請に基づき、公式には来年度以降に成立することになる研究協力事業「理科の基礎・基本と教育課程」の本年度前倒し実施分について報告する。

## 2. 基礎・基本の充実とは？ - 研究協力における問題意識 -

「基礎・基本の充実」は昨今の教育現場における金科玉条の一つである。しかし、「充実させるべき基礎・基本とは何か？」という質問に答えられる人がどれだけいるだろうか。授業研究の場でも、単元のポイントやその時間の目標についての議論はあっても、「理科の基礎はこれで基本はこれ。だからそれを頭に入れて授業案を組むべきである」という議論はほとんどない。かといって、どこかに議論のよりどころになるような理科の基礎・基本が明確に示されているのかという点については疑問もある。実際の授業を組み立てるにあたって、学習内容をどう取り扱うのが適切なかを判断することが忘れ去られ、「その学習内容をどう教えるか」が教材研究の目的になってしまうことは、この種の議論が深まらないことが、その原因の一つと考えられる<sup>1</sup>。このことは、「何をもちて学習の到達点の基準とするか」、すなわち評価の基準がどこにあるのかを分かりにくくしている要因にもなっている。

このように、誰も明確に答えられないようなものを授業で充実させよという、できるはずがないことが、理科教育の最も重要なポイントであるとされている所に基礎・基本問題の深刻さがあるのではないだろうか。こうした問題意識に基づいて、まず理科の「基礎とは何か」、「基本とは何か」について考察し、それに基づいて具体的に教育課程をどう修正していくかが研究協力の中身となった。以下に、本年度から着手した「理科の基礎・基本」の検討内容について紹介する。

## 3. 「理科教育の基礎・基本」論

これまでにも理科の基礎・基本について述べたものは決してないわけではないが、その多くは、指導要領の「目標」に基礎・基本が示されているとしている。それらは要約すると、「意図的な対象への働きかけ・見通しを持った問題解決の能力・実感を伴った理解と科学的な見方や考え方」とか「自然を愛する心情・問題解決の能力・科学的な見方や考え方」、「自然事象と関わるとともに、他者と関わり、自己を見直しながら、問題解決能力を獲得して行く力・科学的な知を構築して行く力」などを養うことが理科の基礎・基本であると述べるが<sup>2</sup>、それらの事柄が基本であり、基礎は

<sup>1</sup> ここでいう学習内容は、主に授業で教授されるべき知識・理解をさす。

<sup>2</sup> 教えることが目的化すると、本来理科教育で達成すべき教科の目的に関する意識が失われることにつながる。たとえば、花のつくりがどうなっているかを扱う単元で、「花のつくりを理解させること」を目的にすると、「何のために花のつくりを学ぶか」を考えなくなってしまう。

それを支える具体的学習内容のことであるとするものなどである。これらのことを理科教育で充実させよという文脈は理解できないわけではないが、これでは実際の授業でどういふことを学ばせることがそこに通じるのかについては定かでないし、何が基礎で何が基本なのかという区別もできそうにない。このように、これまでの基礎・基本論でとりあげられていることがらは、むしろ教員がどのような意図で教育を行えばいいかという指針と受け止めるべきであり、教えるということの主眼においた場合の内容的な基礎・基本は別のところにあると考えるのが妥当であろう。また、指導要領の「内容」の部分が基礎・基本であると見る向きもあるかもしれないが、指導要領はたびたびの改訂でその都度付加・削除を繰り返しており、理科教育の根幹に関わる基礎・基本事項がそのように付加されたり削除されたりするものとは考えづらい。このように、基礎・基本が何であるかが不明瞭だったことは、絶対評価の観点をどう作るかが大問題になったことから想像できる。基礎・基本が明確であれば、それが評価の観点（基準）になったはずだからである。それでは、こどもに何を教えるかという立場で考える理科の基礎・基本とは何であろうか。

この点に関しては、筑波大学附属小学校・理科教育研究部（2002）<sup>5</sup>が「先行する「経験」を当面の問題解決の活動に対して「基礎」といい、問題解決を推し進めている中心的な価値を「基本」と呼ぶ」という考え方を示している。この考え方は、後述する本論の「基礎」・「基本」の定義に近く、このような立場をとるならば「基礎の充実」とは「先行する経験の充実」であり、「基本の充実」とは「問題解決を推し進める価値を充実させる」ことであると理解できる。したがって、「先行する経験」「解決を推し進める価値」とは何であるかを考えれば、それらを授業で保証することが、すなわち基礎・基本を充実させることであるという理解が得られる。ただし、筑波大学附属小学校・理科教育研究部（2002）では、基本を学習指導要領の要約に求めているが、それでは前述のように理科教育の基本が任意に付加・削除される性質のものとなってしまう上に、指針的な文言の域を出ない。そこで、以下では、こどもにどのように科学教育としての理科教育を行うかという視座から、「基礎」と「基本」を

基礎；広い概念に共通する思考法・手続き。建築物にたとえるならコンクリートの基礎。

基本；基礎の上に成立するいくつかの中心的考え方・パラダイム・ドグマなど。建築物にたとえるならコンクリートの基礎の上に立つ柱。

と定義し、どのようなことを充実させるべきかを述べる。

#### 4. 自然科学教育の基礎・基本と理科教育の基礎・基本

ところで、理科教育が自然科学教育であるとするならば、その基礎・基本は自然科学の基礎・基本と相通ずるはずだと考えることもできる。しかし、「自然科学の基礎・基本事項」と「自然科学教育の基礎・基本事項」は同じものではない。自然科学は「自然の事象を理解する」ことが目的で、自然科学教育は「科学（的知識を含めたものの見方）を身に付けるためのもの」であるから、両者は厳密には異なる。つまり、自然科学教育の基礎・基本は、「自然科学を身に付ける（あるいは教授する）ためのもの」であるから、こどものレディネスや発達段階に則した段階性があるはずである。このような考え方に基づけば、理科で教育すべき基礎・基本事項は、小学校・中学校・高等学

<sup>3</sup>たとえば、

木下邦太郎（2001）教科の基礎・基本を問う 理科の基礎・基本と評価のポイント。ワーク研究，no.98，光文書院，10-11。

角屋重樹（2000）理科における基礎・基本（1）。日本教材文化研究財団研究紀要，no.30，

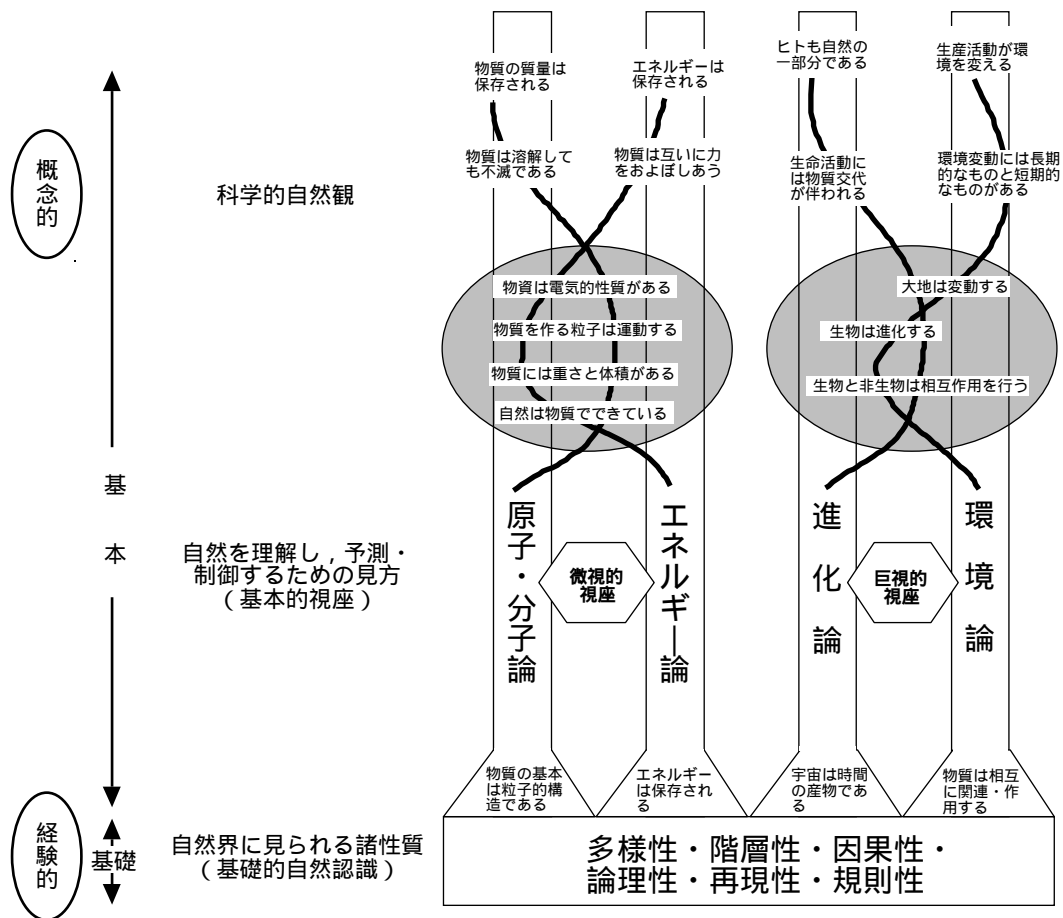
（<http://www.jfecr.or.jp/kiyou30/t1-8.html>）。

日置光久（2002）第1節 理科における基礎・基本の考え方。小学校理科 基礎・基本と学習指導の実際 - 改革・実践・評価のポイント - ，東洋館出版社，27-29。など。

<sup>4</sup>森 一夫（2000）理科における基礎・基本（1）。日本教材文化研究財団研究紀要，no.30，

（<http://www.jfecr.or.jp/kiyou30/t1-9.html>）。

<sup>5</sup>筑波大学附属小学校・理科教育研究部（2002）これだけは教えたい基礎・基本 - 理科 - 。図書文化社，157p。



理科教育の基礎・基本の概念図

校・大学のそれぞれにおいて段階的に深化・拡充されていく部分を持つもので、自然科学の基礎・基本は理科(自然科学)教育の完成型として位置づけられよう。

### 5. 学習内容としての基礎・基本

前述のような考えに基づけば、小学校の理科教育の基礎・基本は、まさに落としてはならない“基礎的”な事項や“基本的”な内容を含んでいなければならない。しかし、学習指導要領の目標に見られるような内容を基礎・基本と押さえるだけでは、授業で取り、上げる具体的な学習内容のどの部分が基礎的なもので、どこが基本的なものなのかは見えづらい。このことは、「その授業ではずしてはならないポイントはどこか」という教材研究の第一段階が見えてこないということにつながっている。そこで、まず理科教育全体の基礎・基本の構造を考察し、その後に発達段階に合わせた学習課題における到達目標としての基本事項について論じてみよう。

まず、前述の考え方に基づけば、「基礎」とは科学的な自然観を身に付けるためのベースになるものであるから、それは主として「経験的に得られる自然に対する認知」である。つまり、幼児期からのさまざまな経験の中から得られる「自然界にみられる特徴・共通性」の認知が、それ以降の学習の“基礎になるもの”と考えられる。このような考え方に基づけば、“基礎になるもの”には、多様性・階層性・因果性・論理性・再現性・規則性など自然界に見られる諸性質の認識をあげるこ

とができる<sup>6</sup>。また、一方の「基本」は、「自然事象を理解するための中心となる考え方」で、そこには原子・分子論やエネルギー論といった微視的な視座と、進化論や環境論のような巨視的な視座とがあり、おのおのの考え方は「基礎」から導かれるものである。これらの考え方は、自然事象を理解するための道筋であり、それらを獲得することによって多くの事象を系統的に整理し理解できる。また、それらは現象を予測・制御することで日常生活を支えている科学的技術の基盤となっているものでもある。したがって、図中に示した「物質の質量は保存される」とか「大地は変動する」といった基本的事項を、それぞれの単元の指導において見失わないように心がける必要があり、これらをこどもに持たせることができれば基礎・基本の充実を図られたと考えてよいだろう。逆に、これらの事柄をこどもに与えられなかったとしたら、理科教育の目的は達成されえないのである。

#### 6. 基礎・基本の充実とは

「基礎・基本の充実」とは、前述したような基礎・基本事項をきちんと修得させることをさす。したがって、すべての単元や教材から得られる知識・理解・技能などは、ここでいう基礎・基本を修得させるための“手段”に過ぎない。もちろん、それらの“手段”の中に、現代を生きるものの常識として理解させておかなければならない知識が含まれているのは言うまでもないが、それらを単に知識や技能として獲得させることは、理科教育の目的にも添わない。授業で実際に取り扱われる内容は、ここで基礎・基本として示した科学的自然観を身に付けられるためのものでなければならない。このことは、個別の教材研究においてもそのような視座に立つことが肝要であることを意味し、特に、教育内容の精選が求められる場面では重要なポイントとなることを示唆している。つまり、授業で教えようとしている内容が、ここで示した基礎・基本の獲得のためにあるという認識を教授者が持つことが必要なのである。このように、基礎なくして基本はなく、基本なくして科学的自然観を身に着けることはできないという階層的構造があること、そしてそれらは学年進行によって積み上げられるという側面を持つものの、異なる学年の別々の単元・教材においても、繰り返し取り扱いながら強化されていかなければならないものでもあることを押さえておきたい。そして、繰り返し行われるこれらの教育活動が、基礎・基本の充実に取り組むことにほかならないのである。

#### 7. 各学年における基礎・基本

前述の角屋（2000）は学習指導要領の目標に付加された点を以下のように整理している。

第3学年；問題を見出すために、事象の違いに気づいたり比べたりする力

第4学年；事象を生起させている原因となる要因を抽出する力

第5学年；観察、実験などを組織的に行っていく実験計画の力

第6学年；得られた結果を総合的な視点から考察していく力

また、筑波大学附属小学校・理科教育研究部（2002）は、理科教育の基礎・基本を

第3学年；存在に気づく…比較・対照する

第4学年；変化に気づく…関係づけ

<sup>6</sup>ここでいうそれぞれの性質の示す内容は以下の通り。

- ・多様性；多種多様な物質や生物が存在すること。また、同じ物質でもさまざまに異なる形態で存在すること。
- ・階層性；宇宙 銀河系 太陽系 惑星・衛星系 混合物 化合物 原子・分子などのように、自然の事物には分類・区分することによって認識される階層構造があるということ。
- ・因果性；時間は逆戻りせず、ある事象の存在には原因となる事象が存在するということ。
- ・論理性；自然事象は、事実記載を積み重ねることで合理的に説明が可能であるということ。
- ・再現性；同じ条件を設定すれば、同じ現象が再び起こるということ。
- ・規則性；自然の事象はいろいろな秩序があること。

<sup>7</sup>「理解」という言葉には、単に「知る」ということだけでなく、「わかる」、すなわち表面的に見えていない関係性をも洞察できるという意味を含める。

第5学年；「流れ」に気づく...条件制御

第6学年；関係に気づく...多面的な見方

と、整理している。両者はいずれもそれぞれの段階における基礎と基本の区別はないが、おおむね共通した理念を持って理科教育の段階性を俯瞰しているといえる。学習指導要領に示されている内容は、系統性に十分な配慮がなされているとはいえないので、これに基づく授業展開で、基礎・基本論の充実を全うできるとはいえない。したがって、ここで示す基礎・基本を充実させるためには、学習指導要領の内容を越えた教材を持ち込む場面が必然的に出てくることになるが、何をどこまで取り扱えばいいのかの指針もはっきり示されていない。そこで、学年ごとにどのような教育活動を行うことを考えることにする<sup>8</sup>。

#### ・低学年の基礎・基本

低学年理科教育のかなりの部分は、生活科に含まれている。生活科には生活科の固有の目的があり、それを追求しなければならないが、一方で、生活科は理科教育に接続する要素を持つことが期待される教科でもある、したがって、その点で生活科には「低学年の理科教育を担う教科」としての位置づけを持たせざるを得ない。低学年では形式論理を取り扱うのは発達段階的にも困難であり、授業にはより具体的な操作を取り入れる必要があるのはいうまでもない。また、昨今の児童に体験的な要素が不足していることから考えても、体験的な要素を取り入れた授業展開が望まれることは理解できる。しかし、これまでに「ただ、体験させただけ」に陥った授業に関する反省から、「意味のある体験」を重視する方向が強く打ち出されるようになってきている。このようにいきさつと、前述の基礎・基本論をふまえれば、低学年では「先行経験」となりうる「体験に基づく基礎の獲得」を重視すべきであろう。したがって、さまざまな単元において身の周りの事象の多様性・因果性・再現性を、比較・分類といった活動のなかから獲得させる（気づかせる）ことが重要である。その場合、個々の指導にあたっては、ことさら多くの知識を与えようとするのではなく、1) 身近な自然事象との接触、2) 五官を使った活動の重視<sup>9</sup>、3) 表現するための言語の獲得<sup>1</sup>、に配慮することでこの目的は達せられるであろう。

#### ・中学年の基礎・基本

中学年では低学年での基礎（体験）に加えて、規則性・階層性の存在を知ることなどが重要となってくる。これらは、さまざまな事象の時間変化・状態変化の比較などを通して学習される。そして、課題解決的な学習課程を通じて、現象の予測と制御についての理解を深める。中学年でも、目に見えないものを概念的に扱うのは困難な場合が多いので、物質・エネルギー・生物などに見られる根本的な法則性については入り込みづらい。しかし、いろいろな物質が、条件によってどのように変化する性質を持つのかを学び、それに基づいた予測や希望の状態を作り出すためにある程度の制御ができるようになることは、日常生活のなかで「科学的な成果を利用する」ためにも重要なスキルである。そして、高学年で行われる課題解決のための準備の意味も込めて、ある現象の原因や変化の過程を適切な情報を元に調べだし、調べ学習を充実させた形でそれを説明したり再現したり

<sup>8</sup>学習内容の取捨選択の際には、各単元は基礎・基本を充実させるための手段ととらえればよい。

<sup>9</sup>身近な自然事象との接触...動植物の様子と変化、環境（気温や水温など）の状態、空の色と雲の形や色といった、我々の周囲にある自然事象の存在を知る。まずは、多くの気づかずにいるさまざまな事象の存在に気づくことが、すべての認知の第一歩である。それらに対する知識の獲得を要求するのではなく、存在に気づくということが第一義的に重要なことである。

<sup>1</sup>「五官を使った活動の重視...感覚器官を研ぎ澄まし、多くの体験をさせることは観察行為の重要な基礎となるばかりでなく、情報獲得の手段を学ぶことでもある。我々の認知は視覚器からの情報に引きずられがちなので、特に視覚器以外の感覚器を使わせるようにすることが必要である。遊びの中で、手の感覚からものの重さを感じたり、物作り活動の時に意図的に物質の持つ性質の違いを感じさせる場面を含めたりすることが必要であろう。

<sup>1</sup>「表現するための言語の獲得...必ずしも生活科で、ということではないが、さまざまな自然現象を体験する際に、それを自分の言葉で表現させることが気づきを定着させるために有用である。その際には、「きれいだった」「大きかった」「痛かった」という言葉だけでなく、どのような「きれいさ」「大きさ」「痛さ」だったのかということを豊かに表現できるような活動が重要である。表現力は観察力や洞察力に大きな影響をもたらすからである。

してみるということを通して身につけられるようにすることも求めたい<sup>12</sup>。

・高学年の基礎・基本

高学年では、これまで身につけた基礎的な認識や科学的な知識を用いて、条件設定を行ったり対照実験を行ったりして、実験などを組織的・計画的に組み立てることができるようになることを目指す。すべての単元での取り組みは不可能であろうが、「疑問 課題化 仮説設定 検証方法の検討 検証（実験・観察） 科学的事実の獲得」の流れを授業に取り込むことが求められる<sup>13</sup>。これらの過程を通じて、ある条件を設定してどのような状況が発生するかが予測できるようになれば、希望の状態を作り出すために事象を制御することができる。その過程を通して自然科学における論理性を学び、それを身につけることを目指すのである。

8. おわりに

理科の対象は自然である。しかし、理科の教員としては、授業で取り扱うものは実際に存在する「ありのままの自然」ではなく、「切り取ってきた自然の一部」であることを意識しなければならない。エネルギーや運動の法則を学ぶ教材、化学反応を観察する教材、生物のつくりや営みを学ぶ素材、地球や宇宙のありようを学ぶ教材のいずれも自然現象のある一部分を取り出して学んでいるに過ぎない。複雑系そのものである自然をいちどきに認知することができない以上、要素還元主義<sup>14</sup>的に研究や学習が組み立てられるのは当然であるが、少なくとも教える側はそのことを理解した上で学習を組み立てるべきである。一部を取り出して学んでいるのだから、そこから抽出されてくる規則性や法則性には限界もあれば例外もある。しかし、周囲のひとつの自然事象に対する理解を、徐々に普遍性をもつものへと進化（深化）させていくことが自然科学であり、理科の学習は「出来上がった体系を知識として伝達する」ものではなく、学びを進めるに従って自分の認識が広がるといふものであることを意識させたいのである。そのような実感が持てるとしたら、こどもたちにとって、理科は学ぶことの楽しさを実感することができるものとしても受け入れられるようになり、理科離れというような、さびしく危機的な状態を回避することもできるのではないだろうか。

本年度の南幌市立みどり野小学校との研究協力は、まずこのような基礎・基本論に立つた研究活動を行うことを確認し、来年度に向けて具体的な教育課程をどのように組み立てるかを検討した。一部研究に着手はしているが、その詳細は別稿にゆずる。

---

<sup>12</sup>個別の単元のポイントについては、以下の文献で詳しく述べられている。これらの文献からは、本論の考察を進めるにあたり多くの示唆を受けた。前者からは低学年の基礎・基本について一部を引用した。また、後者のシリーズは、その学年で扱うものの重要ポイントだけでなく、その考えに基づく全時間の授業案が掲載されており、それを参考にすることも優れた実践が期待される。

高橋嘉徳・上田英彦・青野裕幸・川端良三・田中信明（1999）理科教育。完全学校5日制をすすめるために〔第3次報告教科編〕、北海道教職員組合学校5日制検討推進委員会学校5日制教科研究委員会、96-109。

江川多喜雄編著（2002）基礎的な内容を楽しく学ぶ理科3年の授業。星の環会、147p。

高橋 洋編著（2002）基礎的な内容を楽しく学ぶ理科4年の授業。星の環会、131p。

小佐野正樹編著（2002）基礎的な内容を楽しく学ぶ理科5年の授業。星の環会、147p。

江川多喜雄編著（2002）基礎的な内容を楽しく学ぶ理科3年の授業。星の環会、175p。

<sup>13</sup>ここでの用語の意味は以下の通り。

- ・ 疑問；身近な自然事象についての疑問
- ・ 課題化；疑問を解決可能な形式の課題（テーマ）に変換する作業
- ・ 仮説設定；課題を解決するための作業仮説づくり
- ・ 検証方法の検討；作業仮説を裏付けるためにどのような方法をとるかの検討
- ・ 検証（実験・観察）；実験は対象物に人為的な操作を加えて経過をみるもので、観察は対象をそのまま記述するもの
- ・ 科学的事実の獲得；検討と仮説設定のルーチンワークを通じて、その現象に関わる共通性・因果性・規則性・再現性について学ぶ

<sup>14</sup>自然の研究は、丸ごとすべてを扱えないので、それぞれを構成する要素に分解して検討し、それらの要素のシステムが解明された後に総合して全体像を理解しようとする考え方。自然科学が物理・化学・生物・地学のような分野に分かれているのもそのような考えに基づく。