

## 小学校指導要領改訂に見られる傾向性から、 高等学校までの一連の概念形成に関する問題についてⅢ

— 理科分野・概念獲得を促せる教育教材のあり方 —

結城 敏也\*・結城千代子\*\*

### 1. 教科書重視あるいは授業形態

私たちが日常的なものとする教育を振り返ってみよう。そこで特徴的なのは、「教科書」という存在である。初等学校からの教育課程では「教科書」を使用することがあたりまえになっている。各児童が、一人一人自分専用の「教科書」を持ち、机に座る。その教科書を机に広げる。教師もまたその「教科書」あるいは、生徒各自が持つ「教科書」に準じた指導書をもとにして授業を行っていく。このような光景を私たちは当たり前のこととして疑問を持たない。

しかしながら、このような光景が「当たり前のこと」となったのもせいぜいここ数百年のことにすぎない。コメニウス（Johannes Amos Comenius）が現在の学校制度の基盤となるものを「大教授学」（*Didactica Magna*, 1659）で提示し、また現在の教科書へとつながる「世界図絵」（*Orbis Sensualium pictus*, 1658）を出版して以来、学年ごとに分かれた児童が、それぞれの教室で（ほとんどの場合には教師に向かって並べられた）机に座り、教科書を広げ、黒板等に板書をしながら説明をしていく教師の授業を受け、板書されたものを自分のノートに書き写していく。これは私たちが「当たり前」と考える行為だ。もし教室でそれ以外の配置を見たならば、「何か特別なことをやっている」と考えてしまう。

このような授業方法への賛否はともかく、現在の制度の基盤がコメニウスにより提示され、以来、教科書は今日も変化や進歩と続けながらも、使用形態そのものは変わらないことは改めて意識しておく必要がある。指導要領による内容のいかなる変化も、この制度、主としてこの手法により、生徒に伝達されていくことに変わりはないからである。

その上で、教育目標でもある指導要領を教育現場で実現する為には、言うまでもなく、教科書に改訂を加え、教員が改訂を十分に認識し、自らのものとして提示できなければならない。そう考えたときに、本論文のシリーズⅠ、Ⅱでも提示してきたように、教科書そのものや、教員の中には概念形成に関する問題点が少なからず内在する。

本論文においても、現状の教育問題を俯瞰しつつ、昨今の教科書が内包するメリット、ディメリット、また、教科書を使用する教員の側に見受けられる概念形成に関する問題点をいくつか指摘し、同時に改善案を提示してみたいと考えている。

---

\*茨城キリスト教大学

\*\*上智大学・埼玉大学・昭和大学兼任講師

## 2. 学校では十分ではない状況

学校制度が「教育」を担って年月が過ぎ、我が国で前述の授業形態が日常のものとなり、学校が該当する年代の青少年に当然の生活の一部となった今日がある。しかしながら同時に近年では、都市部を中心として、「学校での授業では（学習内容あるいは内容の獲得、活用・応用力として）十分ではない」という風潮も出ている。都市部では小学校高学年にもなると、子供たちは塾に向かう。学校からそのまま向かうものもいれば、一度自宅に戻ってから向かうものもいるが、塾での長時間の学習を行い場合によっては、帰宅が9時10時を過ぎる場合もある。そうまでしてなぜ子供たちは塾へ向かうのだろうか？

現代の日本においては、イリッチ（Ivan Illich, Deschooling Society, 1971）が指摘したような学歴社会化が高度に進展している。昭和のいわゆる高度成長期以前であるならば、中学卒業者は「金の卵」と呼ばれるほどであり、各種企業からの求人に見事欠くことは無かった。また、各企業における事務一般職等は商業高校卒業者の就職先となるのが一般的であった。

近年になると、高等教育への進学率が増大する。平成15年には高等教育（大学、専門学校、短大、高等専門学校）への進学率は72.9%に達している。そのような中で、高等学校の授業料無償化もともない、高等学校までの進学が「あたりまえのもの」となる。それとともに、中学卒での就職は稀な事態となり、社会全体においては何らかの高等教育を受けてから就職するというのが標準化してきている。

このような状況の元では、「どの学校まで進学したか」ということよりも、「どのランクの高等教育機関を卒業したか」ということの方が社会的な意義を持つようになってしまっている。また、それに加えて近年の少子化とともに、高等教育機関の進学圧力が減り、むしろ高等教育機関が定員割れを起こす恐れさえ出ている。実際に、近年では地方大学の倒産等の問題も生じ始めている。このような状況のもと地方の一部の低ランク大学等では定員割れとそれに伴う経営危機が現れ、都市部の限られた高ランク大学へと受験生が傾倒するようになってきている。

先に述べた学歴社会化の動向ともない、社会的によりよい地位に就くためには、より評価の高い学校へと進学することが必要となってくる。それに伴い、学校は二極化してくる。一方は、成績に関わらず（入学金および授業料を納付することができる）生徒を受け入れる学校である。もう一方は、入学試験において高い成績を収めるものを優先的に受け入れる学校である。俗に取りざたされる学校のランク付けにあっては、前者は低ランク、後者は高ランクの学校と見なされることになる。（注1）

このような環境の中では、公立学校で行われている必要最低限の授業では入学試験等で十分な成績を収めることが困難となってくる。当然ながら現代の公教育制度においては、学級の成績別構成や、飛び級、落第が否定されているために、学級構成は混在化される。

カリキュラムで与えられる授業内容が簡単すぎて授業に興味を持てないもの、授業についていくことができるもの、授業内容についていくことが不可能なもの、こういった様々な能力差を持つ生徒が一樣に取り扱われることになる。

また、全ての生徒が平均的に学習内容を理解することを求めるために、カリキュラム自



体のレベルも低下する傾向にある。

このような状況下にあつては、公立学校の授業だけでは上級学校進学のための入学試験においてよい成績を得ることができないものの割合が増えてきてしまうことになる。そのために、学校での教育を補完するための塾などの機関が現れ、あるいは学校によっては正規授業以外の補習授業を行う必要性が出てきてしまう。

### 3. 学校で十分ではなくなった理由と二元化の現状

このような状況は、社会の学歴社会科の動向とともに始まっていると考えられるが、現代日本においては「ゆとり教育」以降、この傾向が強く現れるようになっている。

これは現象的には、初等・中等教育における私立学校志向として現れてきている。また、公立の中にも、6年一貫や、例えばスーパーサイエンスハイスクール（SSH）のように特定の指定を受けることで、その学校ランキングを押し上げているものがあり、それらへの志向にもなっている。

一般の公立学校は、主として教育に対して過度な投資を欲しない、あるいは特定の私学の教育方針を求めない親が子供を行かせる場所となる傾向にある。この傾向性は、「ゆとり教育」の時代に公立学校が文部科学省の指導に忠実であったために促進されたと言えるだろう。その結果、子供の教育に対して関心が高い親のイメージとしては、公立の小学校、中学校、高等学校は、授業料は無償であるが、必要最低限の教育しか行ってくれない場所となっている。

これに対して、多くの私立学校そして一部の公立学校は「ゆとり教育」時の文部科学省の方針に対して抵抗した。授業時間の削減を最低限にする、検定教科書以外に副読本を使用し、最低限必要な知識内容を教える等の行為を通して、学習レベルの低下を最低限に押さえるために多大の努力をしてきた。その結果として、子供の教育に対して関心が高く、特定の学校の教育方針に魅力を感じる親であれば、子供を基本的には進学志向の私立学校（特に中高一貫教育行っている学校）へ送り出すという現在の状況が現れてきている。公立高校と比較すると、入学金、学債、月謝など支払わなければならない対価は多いが、親の期待に添う特定な、あるいは高度な教育を行ってくれる。（場合によっては、SSHに選定された中高一貫の公立学校もこちらの選択肢に入ってくる。）

「ゆとり教育」自体は、昭和40年代以降の日本において、上級学校への進学率が増大し。特に大学入学試験が中等教育を受ける生徒に対して大きな圧力となつてしまい、「受験戦争」とも呼ばれた社会状況を作り出し、学生から余暇を奪ってしまったことに対する反省として、あるいは中等学校での学習目的が知識の獲得ではなく、試験問題解法のノウハウを覚えることに堕してしまつたことに対する反省として生まれた、と考えることができる。

特に、共通一次試験、センター試験の実施にともなひ、大学入学試験で要求される科目数は激減した。しかしながら、実際にはこのような受験改革は逆に、大学生が高等教育に必要とされる、しかしながら受験科目としては要求されないような知識カテゴリーを習得しないまま進学してしまうという結果をもたらしている。また、受験科目解答のための知識の暗記と、問題解法のノウハウを取得していても、自己の獲得した知識と現実世

界とを関連づけることができないという問題も発生してきている。(注2)

#### 4. 二元化の片方に行く為に必要なことが学習目的を変質させる

世間的評価で「よい中学」、「よい高校」と呼ばれる学校に入学するためには入学試験を良い成績で突破しなければならない。しかしながら通常の公立小学校、公立中学の授業を受けていただけでは、このような入学試験を突破することは困難である。入学試験の傾向を知り尽くした塾で、その学校の入学テストで高い点数を取得するための問題解法の反復練習が必要となる。高等学校においても、対象が「大学の入学試験」「センター試験」と読み替えられるだけで、基本的な条件は変化しない。

結果として、先にも述べているような「学習」の目的は変質が顕在化してくる。「より評価が高い上級学校への進学」「入学試験のテストで高得点を獲得すること」が学習者と親との目標になる。これは、学習到達度をテスト得点で評価するという長い慣行と、学科の目標とされる学習到達度に達していなくても、その学科を再履修させることなく、次の段階の学科を履修させる（児童を落第させることなく進学させる）という、学習という観点からすると、多くの問題性を抱えたまま行われている太平洋戦争敗戦以降の日本における学校運営の在り方に原因のいくつかを求めることができるだろう。

このような公立学校における教育のあり方の結果として、公立学校での授業履修のみでは学習者や親が希望する上級学校への入学試験で十分な成績を上げることができず、進学する学校のランクを下げなければならないということになる。そのために、多くの場合には自分が希望するランクの上級学校に進学するという「目標」を達成するためには、学校以外の場所で「受験」のための学習を行う必要にせまられる。その結果として、場合によっては小学校の頃から、放課後に「塾に通う」「家庭教師に教わる」と言った手法でもって、公立学校が提供しない学習をおこなうこととなる。

このような「塾等での学習」は上級学校の入学試験に受かるということを分かりやすい「学習目的」として、学習者に提示する。

しかしながらこのような形に変質した「学習目的」は、本来の学習目的であったはずの「知識の蓄積」「知識の活用」「新たに得た知識をもとにした概念の構築、あるいは変換」の一部あるいは、ほとんどの獲得を阻害してしまうことになる。

その結果として生まれてくるのが、知識を暗記して、あるいは特定の知識の組み合わせによる解法（あえて知識の活用とは呼ばない）に熟達して、試験では良い成績を取ることができる方法である。しかし、実生活においてはその試験で確認された自分が持っているはずの知識を有効に利用（これを最近では知識の活用と呼ぶことが多い）することができない人間である。（これについてはファインマンのブラジル人学生の逸話が古典的な例としてあげることができるだろう。「ご冗談でしょうファインマンさん」Richard Feynman “Surely You're Joking, Mr. Feynman” Adventures of Curious Character, 1985）

#### 5. 科目学習の単元分けの意味とお互いの関係

それでは、実際に日本の中等教育までの授業の中で、知的要素はどのようにして提示されているかを振り返ってみよう。

各科目の学習は単元に分けられる。その単元は、独立した学習内容を持つ。しかしながら、各単元は平面上に、等価なものとして存在しているのではない。むしろ、樹形図のように上下の包摂関係を持つ。

しかしながら、このような現行の知識理解自体にも問題がある。現行の学校制度におけるより大きな問題点は、「知識は段階的ではあるが連続的である」という古典的な理解と、「知識の積み重ね＝学習の達成」とする教師および生徒に広まっている知識観にある。

しかしながら、実際には知識には断絶が存在する。ある段階の知識を積み重ねても、それだけでは次の段階の知識へと進めない。知識の集積を媒介として、世界を観察するパラダイムが変換することで、次の段階が開ける。

学習において、「体験の積み重ね → 実験 → 観察 → 知識」という学習パターンが踏襲されるのであれば、パラダイム変換はかなり自発的に出てくる可能性が高い。このような学習パターンは、幼児が知識を獲得する場合に踏襲されるものである。また、古典的なヘルベルトの4段階教授法（明瞭－連合－系統－方法）が提示しているのも、まさにこのような学習パターンである。

昨今の日本における教育状況では知識伝達が重視され、経験が軽視されるようになってきているのは、やはり大きな問題である。理科学習においては、実際に手を使って行う実験は軽視される。それにかわって教師が教壇上で行う提示実験、あるいは教科書会社などが教科書に準ずる形で作成した実験ビデオを見せることで実験の代わりとする学校が大部分を占めるようになってきてしまった。

このような、提示実験あるいは実験ビデオ視聴は、自分の手で行う実験を通しての経験の代わりとなることはできない。提示実験あるいは実験ビデオの鑑賞で得られるものは、具体的な経験を欠いた抽象的知識の枠を越えることはできない。（実際に実験を行っても、その実験指導が不適切な場合には、知識獲得に必要な経験をさせることができないこともまた真である。力量を欠いた教師が提示実験あるいはビデオ視聴に傾くことも、各単元に与えられる時間的制約や人的資源の不足のために、手間がかかる実験が省かれる傾向もまた否定できない。教科書に用意された基礎的な実験をすべてこなしている教員は決して多くはなく、まして発展的に要されている大実験にあたる探求実験を十分に活用できる教員は極めて少ない。）

提示実験等は、実際に学習者が自らの手で時間を費やして行う実験の不十分な代替物でしか無く、提示実験が学習者に与えるものは経験の獲得ではなく、知識の暗記要求でしかない。そしてこのような日本の中等教育現場において普遍的にみられる学習パターンでは、学習者の中で自発的なパラダイム変換が生起する可能性はかなり低くなる。

## 6. 単元の関わりの本質と現在の教科書の対応、改善された点と問題点

さて、学習内容を「単元」と単純に一言でくくれるものではないが、便宜上、指導要領で区切るところの単元を念頭に、小学校段階からの学習を考えると、おおむね、「独立して学習可能」、「他の単元と内容的にリンクしている（内容的には等価 or ある単元を分割している）」、「他の基本的単元の学習を前提として学習可能」、「一群の単元の学習を前提として学習可能」という4つの性格の単元に分類して差し支えあるまい。

具体例をすこし挙げてみよう。

「独立して学習可能」な単元は、本質的にはそれほど多くはない。当然、小学校段階に多く、中学、高校においても、科学的な要素が初出である限り、その単元は独立して学習可能な提示となる。例えば小学校3年の「光と影」「電気」「磁石」などの物理的な分野の内容がそれである。一方で、生物分野になると単なる初出でも、生活科の段階からの自然体験を前提とした自然観察が季節ごとに繰り返され、さらに互いに関わりを持つなど、独立して学習可能な単元は極めて限られることになる。この辺りは分野の特性があるが、いずれにせよ、最も基礎となる単元がこのくくりである。

「他の単元と内容的にリンクしている（内容的には等価 or ある単元を分割している）」典型が、前述の生物分野となろう。種子を植え、発芽を観察し、育て、花を観察し、種子を採集する一連のサイクルは、それぞれが単元として分断され、一年間の適した季節に配置されるが、互いにリンクして初めて学習の完成を見る。これは一見積み重ねとも見えるが、正確には、それぞれが独立した内容でありつつ同列にリンクしているのであり、積み重ねにはあたらない。

「他の基本的単元の学習を前提として学習可能」な単元としては、中学理科の「いろいろな力（1年）」と「力と運動（3年）」を例としてみよう。中学1年の単元の一つ「いろいろな力」において、日常用語から物理で扱う「力」が切り離されて定義される。「物体の形を変える」「物体の運動の様子を変える」「物体を持ち上げたり支えたりする」などといった、力がどのようなものかを現象と対比しつつ、この後に扱う運動方程式を念頭に置いて分類する。この学習があって初めて、中学3年の「力と運動」の学習が可能になる。ここで、1年で定義した「力」を用いて、さまざまな運動現象を分析、法則化といった方向で解釈していくことになるからである。

もう一つの例として、科目を横断して考えるならば、高校数学の「三角関数」と高校物理の「波動」がある。三角関数の学習がない限り、「波動」で扱う関係性は理解できない。

「一群の単元の学習を前提として学習可能」な単元の例としては、中学3年の「エネルギー」の学習があげられるだろう。この単元は、まず、中学3年で学ぶ「力と運動」を前提とした、仕事の考え方や力学的エネルギーとしての運動エネルギーと位置エネルギーから始まる。さらにエネルギー保存やエネルギーの変換を学ぶことになるが、ここで扱う熱のエネルギーは中学2年の「電気」の学習において、電気による熱量の発生を扱うことを前提としている。また、光のエネルギーが電気エネルギーを生み出すことは、小学校6年の「電気」で太陽エネルギーを利用した自動車の作成などが前提となる。また、化学エネルギー、音のエネルギーなど、その時点までの学習を総合的に活用することが必要になる単元だ。

以上、4種の関わりは、指導要領を構築するときに当然議論され、単元の樹形図が形作られるわけだが、実際に学習現場でいちいちこのような点に関して、生徒はもとより、教員自身も、意識的に樹形図を頭に描いて単元を扱っているとは言い難い。

そのため、それぞれの意図が十分に生きることなく、樹形図の枝折れ状態が生じる。特に、教員による示唆がない限り、生徒が自らこの樹形図を見いだすことは困難である。

そのような困難を解決できないかと、今まで、さまざまに単元を入れ替え、スパイラル

式に展開するなどの工夫がなされてきた。教育の本質的な点での工夫はそれぞれの効果に関しては授業研究やその成果に関する報告が、その都度各所から提示されるのでここでは踏み込まない。

ここでは、本質的な研究だけでは対応しきれなくなった現実について、どのような工夫がなされてきているかを俯瞰しておきたい。というのも、教育現場ではベテランの教員が減り、新任教員自身がいきなり手探りで授業を作っていかなければならない状況にある。また、教員は、日常の業務に追われ十分に教育研究に時間を割けない。

このような状況下では、小手先とはいえ、教科書を一目見るだけで単元の位置づけやそこにある意図が分かるような工夫が必要となってきた。

科目横断や学年横断の視点を教科書に組み込む試みは近年加速しており、図1や図2のように、表現の各所で、その単元がどこと関わりがあり、どのような学習を前提としているかが、教科書そのものにヴィジュアルに表現されるようになってきた。

しかし、このような試みには、教科書が煩雑になるという欠点がある。本質的な内容理解以外に、読み解かなければならないアイコンや指示が増えすぎてしまう。

また、「ふりかえり」などの一言二言に集約された内容で「わかった気になる」「思い出した気になる」ことになってしまう。そのために本質的な理解が伴っているかどうかに関する十分な配慮がなされない可能性が出てくる。

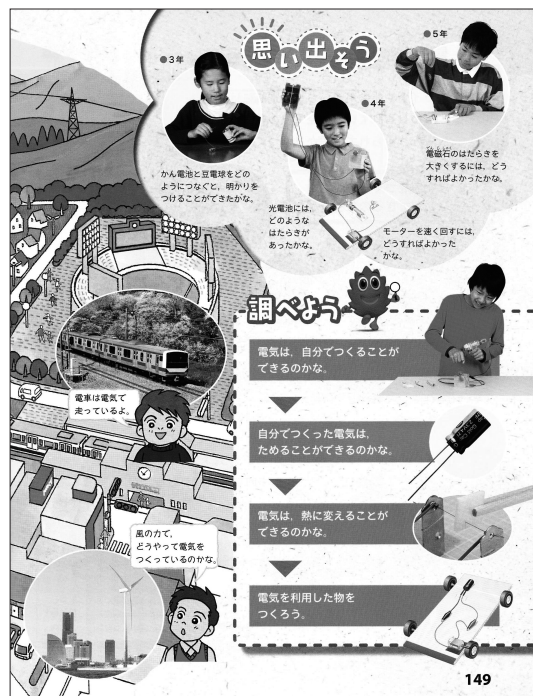


図1 単元の一つ（章）の冒頭の導入例  
「思い出そう」で既修事項を、「調べよう」で章全体の流れを示している。  
東京書籍小学校H22年度新しい理科6年 p149



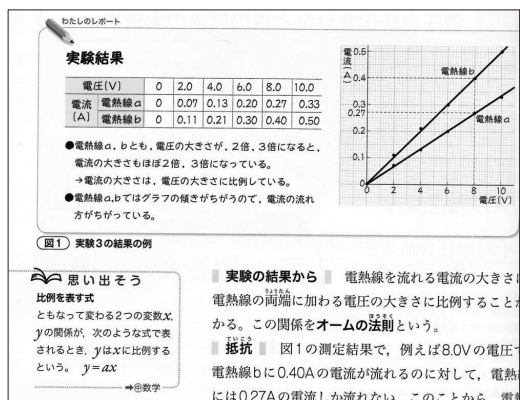


図2 側中に「思い出そう」というコーナーを設け、中学の別の科目（ここでは数学）での既修事項を振り返っている

東京書籍中学理科H23年 新しい科学2年 p154

いずれにせよ、最近の教科書では、単元の関わりを極力可視化しようとはしている。だが、それは本質論の手前の段階での可視化であり、そこからあぶり出される単元の関わりを教員の側がきちんと認識し、その価値を生徒に十分に伝えることができれば価値がない。そうできるよう、小、中、高、科目、教科といった個々のくくりを越えて、理科なら理科という教科教育全体を、一つの概念形成の場であると俯瞰する意識を持てることが重要である。

## 7. 知識の記憶と活用の外にある世界観の変換

学習内容によっては、単に「記憶」し「使える」のでは十分ではない。学習内容の積み重ねによって、学習者の世界の見え方（把握の仕方）が転変するような世界観の枠組みとつか、パラダイム転換を発生させて初めて学習が完成したといえることができる。

かつての指導要領が理念として目指していたものはともかくとして、現実には「知識を記憶する」学習面が重視される形となってしまった。そのために知育偏重の弊害が取りざたされるようになり、最近の国際比較で重視される学力面が弱いことが露呈した。その結果として、現在の指導要領で重視されたのが「活用」という面である。つまり、知識は記憶しているだけではなく、適した場面で使えなければ意味がないという至極当然の事実を重視したわけである。

この場合の活用は単にかつてのような試験問題を解けることではなく、さまざまな状況において生じる問題の解決能力を求めている。

実際の指導要領および、その解説書に置ける記述の中で「活用」や「問題解決」に関する言及も、ここではその統計の数字は意味がないのであげないが、個数を確認すると明らかな増加があり、表現の上でも重視の姿勢が前面に出ている。具体的な場面の例を少しだけあげてみよう。（以下本文抜粋、下線は筆者）

例① 平成20年6月小学校理科学習指導要領解説理科編（文部科学省）p2第1章改訂の経緯より

「…④の思考力・判断力・表現力等をはぐくむために、観察・実験、レポートの作成、論述など知識・技能の活用を図る学習活動を発達の段階に応じて充実させる…」

例② 同p 4 第1章理科の改訂の趣旨 (ii) 改善の具体的事項 (小学校) より

「…(イ)「物質・エネルギー」については、児童が物質の性質やはたらき、状態の変化について観察・実験を通して探究したり、物質の性質などを活用してものづくりをしたりすることについての指導に重点を置いて内容を構成する。…」

例③ 同p10-11 第2章理科の目標及び内容 第1節理科の目標より

「…児童が対象である自然の事物・現象に関心や意欲を高めつつ、そこから問題意識を醸成するように意図的な活動を工夫することが必要である。…」 「…児童は、自らの生活経験や学習経験を基にしながら、問題の解決を図るために見通しをもつことになる。ここでの「見通し」は、児童自らが発想したものであるため、観察、実験が意欲的なものになることが考えられる。このような意欲的な観察、実験の活動を行うことにより、その結果においても自らの活動の結果としての認識をもつことになる。このことにより、観察、実験は児童自らの主体的な問題解決の活動となるのである。…」

例④ 同p16 第2章第2節理科の内容区分1A物質・エネルギーより

「…「A物質・エネルギー」の指導に当たっては、実験の結果から得られた性質や働き、規則性などを活用したものづくりを充実させるとともに、「エネルギー」、「粒子」といった科学の基本的な見方や概念を柱として、内容の系統性が図られていることに留意する必要がある。…」

例⑤ 同p22 第2章第3節学年目標と学年内容の構成の考え方、1) 学年目標の構成の考え方より

「…(2) 教科の目標で問題解決の能力の育成を重視していることを受けて、児童が事物・現象を比べたり、変化とその要因とを関係付けたり、条件制御をしな④ら観察、実験を行ったり、推論したりするなど、各学年で重点を置いて育成すべき問題解決の能力を目標として位置付けている。…」

このような指示のもとに作られた教科書では、明らかにそれを意図した場面であるとアピールできる箇所が存在することが求められる。内容全体の構成がその姿勢のもとに作られるのが当然で、この場所がそのための仕掛けと提示できる必要が果たしてあるのか？という問題は、ここでは問わない。とりあえず、内容全体の姿勢は大前提として、さらに加えて、あちこちに、教員がその仕掛けを利用して「活用」を促したり、「問題解決」を積極的に試みさせたりする場面が、最近の教科書にはあるということを示しておこう。このような目に見える仕掛けにより、ベテランでない教員でも、指導要領が求める能力の育成に留意して指導ができるという考え方である。例えば図3から図5のような場面が、求められた「活用」や「問題解決能力育成」を実現する為に用意されている。

実際の効果の程は、この教科書により教育された生徒達について、もう少し後に検証せねばならないのであるが、いずれにせよ、「記憶」から「活用」へ、確かに焦点が当たる場所は広がった。



図3 &lt;例②に関して&gt;

基礎的・基本的事項を習得とは別に「かつようしよう」で習得したものを活用する場合の提示が、「やってみよう」でさらなる活用の応用が行われている。

東京書籍小学校H22年度新しい理科5年 p143



図4 &lt;例③に関して&gt;

問題意識の醸成や問題解決の活動が主体的になされるよう促す手法の一つとして、学習意義の提示の提示がある。例えばこの教科書では「生活に広げよう」で学習内容が社会に生かされていることを示すことで、学習意義を提示している。

東京書籍小学校H22年度新しい理科6年 p160



図5 <例④に関して>

系統性に焦点を当てるために、たとえば「学びをつなごう」で既修事項の関連付けを行っている。

東京書籍小学校H22年度新しい理科4年 p148—49部分 と 6年 p70—71部分

しかし、この次に来るべき、生徒のパラダイムの転換に関しては（単元全体、教科全体が、そのスタンスで構築されているということ以上の）手は打たれていない。

そして、今までもそのつもりで作られ、成功したとは言いがたいパラダイムの転換は、現在の教科書も、学習者のパラダイム転換を目指して作られているが、成功はおぼつかない。

その理由の一つとして、教科書にはページ数の限界が相変わらず存在していることがある。以前は教科書会社間の協定で、現在は自由競争の結果としての予算や営業方針のせい、厳然としたページ数の限界が存在する。

このなかで、今日、新しい単元の導入、踏み込みの工夫は格段に進歩した。これはパラダイム転換の第一歩ともいえ、これから学ぶことと、今までの世界観の双方を俯瞰する形をとる場合が多い。ここで、生徒は転換を予感することはできる。例えば図6である。

だが、肝心な内容において、始まりや続く基礎的内容を懇切丁寧にすすめていく。すると、ページ数が足りなくなる。始めに躓かないことを重視した最近の教科書は、確かに始めでは躓きにくくなった。ところが、その結果として、基礎的内容をまとめるところで一気に簡潔な要素の羅列になってしまう。ページ数が制限されてしまうために、思考を促す流れがいきなり消える。緩やかなスロープが、パラダイム転換の肝の部分で、縄梯子程に昇りにくくなる。

典型的な例を中学理科で見てみよう。

2年時に学習する電気の範囲の一つの山に、オームの法則の理解がある。小学校段階で学習するのは電流の存在と、電源としての電池、発光体としての豆電球であるが、中学に





図6 ここまでの学習事項を振り返ると同時に、単元の注目点を日常生活から説き起こして提示、これからの学習の方向を導入本文中で提示している。

東京書籍中学理科H23年 新しい科学2年 p136

なると電流、電圧、抵抗の三つの変数の関わりを「オームの法則」として数式化する。教育研究で報告される習熟度に関する統計的調査のデータを示すまでもなく、ここは多くの生徒がつまづく難関として知られている。

この範囲の教科書の扱いでは、さまざまなモデルや展開が工夫されてきたが、今問題にしてみようと思うのは、その個々の学習効果ではなく、展開の各段階で割かれるページ数である。

緩やかなスロープと例えられる部分は電流と電圧の導入である。

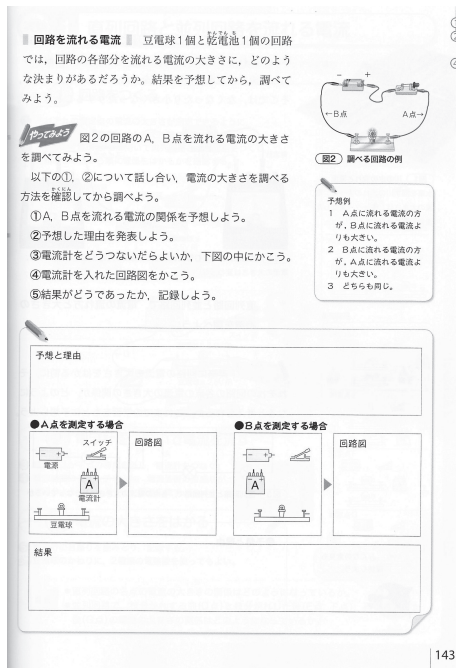
たとえば電流の導入は、大きさの測り方、回路の各所での電流の大きさを測り、直列回路と並列回路で電流がどのように流れるかを学ぶ。この学習の為に、図7のような本文や図、実験には書き入れを前提とした図が用意されるなど、丁寧な展開で4～5ページが割かれる。

電圧に関しても全く同様に丁寧な展開が4ページにわたって用意されている。電圧の終わりで、電流と電圧のそれぞれの特徴を、後の互いの関係性を予想させる形でまとめている。

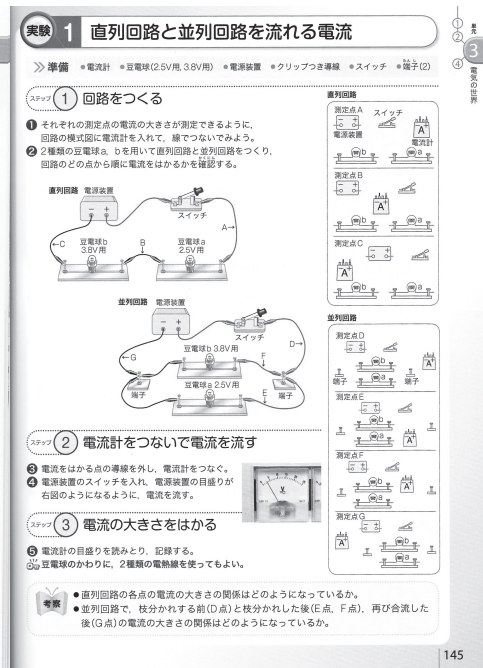
一般に、学習においてこのような前半の丁寧な展開は評価できる。そして、後半に行く程、噛み砕き、例を増やし、展開を丁寧にしていくべきである。

順当に考えて、電流、電圧、抵抗という三つの変数について、前者の2つについて、丁寧に段階を追って理解できるステージを用意したのであれば、次は抵抗について同様のス





143



145

図7 中学理科H23年度 新しい科学2年 p.143 p.145 電流についての展開1

ページを用意すべきである。さらに、続く次の段階として三つの変数について、それぞれ、一つを固定した上で、残り二つの関わりに着いて確認することを経て、「オームの法則」という数式化を完成させていくべきではないだろうか。

ところが、現実には緩やかなスロープの次にくるのは、図8のように、電流と電圧の関係性を一つの抵抗で測定する実験を行う際に、別の大きさの抵抗についても測定することを推奨され、一気に三つの変数の関わりから「オームの法則」の式に集約していく展開で、全体で4ページしか割かれていない。緩やかなスロープが縄梯子になる部分である。

真ん中辺りのステップ②内の④に別の抵抗値も試みる事が記載されている。

ここで問題にしたいのは、4というページ数が多いか少ないかというよりは、電流、電圧のページ数と、抵抗の登場から電流、電圧、抵抗の関係性、数式化までに割かれるページ数が等しいという点である。

親切的導入を可視化するのはいいが、後ろにしわ寄せを作るのは問題であろう。このような風潮は例にあげた教科書だけではけしてなく教科書全体に言えることである。むしろ、導入にこれだけの丁寧な展開を提示する姿勢が欠けている教科書も多い。

最近の教科書では、チェックシート項目等をもうけて、生徒が、項目で提示されている新しい概念（あるいはパラダイム）を理解しているかどうか、どの段階までは理解できたのかを、自分の手で確認できるような手法を取り入れ始めているものもある。

これは、確かに何もしないよりはましではあるが、教科書作成者自体がパラダイム形成



単に事項を記憶するだけのものではなく、新しい知識の枠組みが形成されることをも含むことが軽視されている。知識分野にあつては、既学習者である教師にとっては「当たり前」で疑問に思わないような、特に説明を必要とするとは思えない事項であっても、学習者である生徒にとっては「なぜ分からないか分からない」ものであるという事態も発生する。ここで注意しなければならないのは、既学習者＝教員にとって既知の知識の枠組みであっても、学習者にとっては初遭遇の知識の枠組みであることだ。

このような教師と学生との間の齟齬は、特に「頭が良く」「学習で躓いたことがない」と評されて成長してきた教師が標準的な学生と出会うときに起きやすい問題である。(逆に進学校に在籍するような「頭が良い」と評される生徒の場合にはこの問題が顕在化しない場合が多いが、顕在化しないだけで内在している。)

先にも述べたように、「頭が良い」教師は、学習者であった時点で、特に苦勞することなく枠組みの転換を通過している。しかしながら、一般の生徒にとっては、これまでの「常識」とは異なった枠組みそのものが不可解であり、教師から与えられる新たな知識の枠組みを受容することができずに、与えられた問題解法だけを機械的に記憶することになる。

そして場合によっては、正解に限りなく近いながらも誤った知識の枠組みが形成される場合もある。学習者自身は知識の枠組みの誤形成を、「何となく問題がうまく解けない」という感覚でしか感知することができない。むしろ、後になってその知識の枠組みを前提とする新しい知識を形成する場合に、「理解できない」という形で知識の枠組みの誤形成が明らかになることになる。

また現在の教育制度の下では、誤った知識の枠組みを形成してしまったものが教師となる場合も出てしまう。このような教師の下では、学習者の正しい知識の枠組み形成自体が成立しようがない事態が生起してしまう。

教科書には制作上の制限からも様々な問題点が潜在し、教員の意識が概念形成を阻害する。そのためには、教科書作成者や現場で授業を行う教員の意識改革が重要な課題として与えられている。しかしながらこのような根源的な改革はたやすく履行すること、あるいは改善された状態を持続することが困難だ。

むしろ現状における助けとして考えられるのが、学習者に対して当該知についての物語を与えることであるかもしれない。「物語」という形で、学習者に対して付与しようとする新しいパラダイムを、生徒にとって既知のパラダイム(知の枠組み)を使用したアナロジーで提示する。この「物語」を通して、新しいパラダイム取得の補助となす。

このような副教材の重要性については以前にも指摘し(結城敏也・結城千代子「小学校指導要領改訂にみられる傾向性から、高等学校までの一連の理科概念形成に関する問題についてⅡ—理科分野・粒子概念と大気圧の扱いを中心としての解題—茨城キリスト教大学紀要第46号2012年12月 p 83-102)、現在、実際の書籍として出版(結城千代子・田中幸著「ワンダーラボラトリーシリーズ1・粒でできた世界」「同2・空気は踊る」太郎次郎エディタス出版2014/08)、その効果を検討しようと考えている。

もちろん既存の教材としてそのようなものも存在する。しかしながら、近年出版される教材にあつては、物語性を強く押し出したものは少なくなっている。要素をマニュアル的に与えるのであれば、目先の結果として表れやすいために、ノウハウ的な教材が幅を

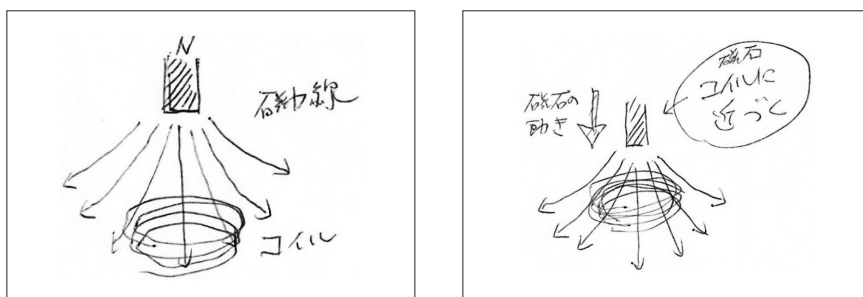
占めている。

また、「物語」による既知のパラダイムを使用したアナロジーは、新しいパラダイム形成の失敗つながりかねない危険性をはらんでいる。

物語性を持った教材の作成者は様々なバックグラウンドを持っている。特に出版物としてこのような物語性を持った教材が作成される場合には、編集者、イラストレータ、デザイナーといった当該分野の専門家ではない可能性が高い人々が教材作成の一助を担うことが多い。

例えばイラストレータは、専門家の指示に従ってイラストを作成するが、非意図的に概念的に間違ったイラストを作成してしまうことがある。

図9-1 著者の指示と仕上がった図との間のずれが、問題となった例の再現  
指示として磁力線が描かれた磁石がコイルに近づく下書き図が著者から提示された場合  
<指示用の図>



実際に仕上がった時に、右図と左図の磁力線の形が違っている。磁石が作る磁力線の形状は位置の移動では変化しないことが大前提だが、画面を仕上げる時のバランスの都合で形状が放射状の矢印がより開いた形に変化している。

<完成図>

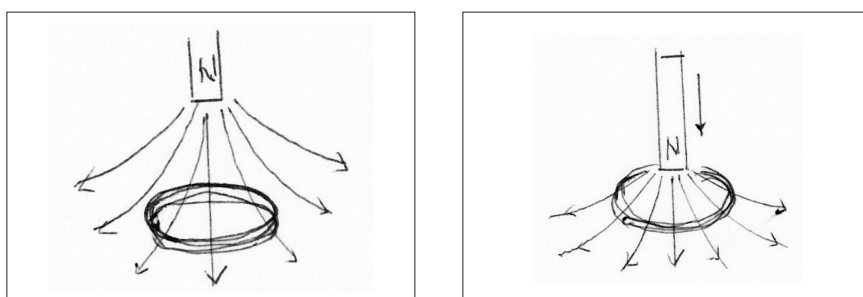
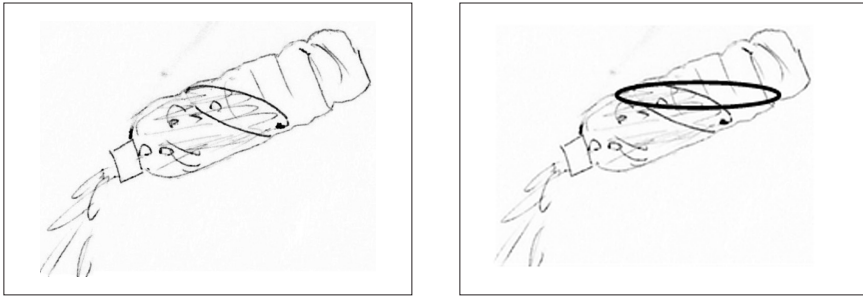


図9-2

実験の過程でペットボトルに水を入れて傾ける場面を含んだ挿絵を指示され、提示されてきたイラスト。水面が適当な斜めで水平面になっていない。右図の黒丸が正しい水面の位置



一般に教材ではこのようなイラストはあくまでも補助的なものであり、学習者の知の枠組み形成に直結するものとは限らない。しかしながら、場合によっては、学習者の知の枠組み形成を阻害することもあるので十分な注意が必要となる。

このような明らかな間違い以外にも、正しいが、図として現象や風景などの対象を抽象化することで生じる問題については、過去に指摘してきたとおりである。(結城敏也・結城千代子「小学校指導要領改訂にみられる傾向性から、高等学校までの一連の理科概念形成に関する問題について—理科分野原子論についての指導要領改訂を中心としての解題—茨城キリスト教大学紀要第45号2011年12月 p 131-146) (同「概念の実体化あるいはステレオタイプ化に起因する概念理解の問題II」シオン短期大学「創造」第25号1996年p57-69) (同「抽象概念のビジュアルモデルのよる説明の有効性と限界」シオン短期大学「創造」第24号1995年p43-54)

## 9. 概念の形成・変換に関する教師の意識の改革の重要性

実際の教育現場を考えてみよう。教師によっては、問題解法テクニックを磨かせることによって、生徒がテストの問題に正解に答えることができるようにさせる。このように、生徒がテストで高得点を取ることができるようにさせることでこの段階をすり抜けているものもある。このような教師の場合には、「学習者に新しいパラダイムを発生させること」が単元の目的であることが理解できず、学習者に対して解法テクニックを授与することで終始することになってしまう。

教職単位の理科教育法を例にとってみよう。教育実習に行く前の段階で授業計画や模擬授業を行う際に、大学生の提示してくる教科の指導内容は、主として自らの受験体験に有用であった項目になりがちである。たとえば、重要な公式をわかりやすく解説して提示、覚えやすい方法や、当てはめられる場面、解法問題に置ける活用の手法を丁寧に扱ったりする。

だが、この公式がなぜここに登場するか、なぜ重要か、公式に至る関係概念の存在や、諸概念の中でのその公式の位置づけと言ったもの、あるいはもっと原初的に、単元内で公



式で表現される関係性がいったい何の概念を説明しようとしているのか、そういったことに焦点が当たることは少ない。自分たちにとっては自明の事実であり、単元名とある重要公式は彼らの受験体験に置いては、ほとんど等価に想起されねばならないものになっている為である。教育法の授業においては、学生にもう一度、中学、高校生の頭に戻ってもらう為に、いったん構築された概念を解体してもらうことから始めることになる。

もう少し具体的にこの事態を伝え、改善の可能性を提示する為に、「光」の学習を例にとって考えてみたい。

教員を目指す大学生は「光」という単元名を聞くと、中学の学習であれば「光の直進、反射、屈折、レンズ」などの項目を、高校の学習であればそれに加えて、「波動性、回折、干渉、偏向、光速度」などの項目を、それぞれの現象を考えるとときに使える公式とともにあげつらう。そして、中学1年の学習指導案には導入として「小学校でも学んだように、身の回りを見ると、窓から差し込む光が直進する様子を観察できる。光源装置を使って、暗闇の中で、直進する様子を確かめる」などといったことが書かれることになる。

ほとんどの理科教員の卵や、場合によっては多くの現役理科教員も、ここに何の問題も見いだすことはできないだろう。

私たちが問題としたいのは、ここで当然のように既知のものとして登場している「光」という単語である。教育を受ける生徒達が、ほぼ共通した「光」という概念を持っているという過信はどこから来るのだろうか。「明るい」「まぶしい」といった形容詞や、「見える」「輝く」「光る」といった動詞の理解は、「光」概念を構築する上で重要な要素であり、日常体験で得られるものだが、あくまでも雑多なあらゆる体験の中の一つに過ぎない。その一方で「光」という言葉は、「代表的に際立つ人物」や「希望」の意味でも使われるのが日常生活だ。

光が「光源から出て、あるいは私たちの周囲で反射して私たちの目に入り、認識されるエネルギー形態の一つ」で、「目を閉じるなどの遮蔽により目に届かなければ認識できなくなる」、「光というエネルギーの伝搬は『波動性』とまとめられるさまざまな性質を持つ」といった理解には、当然のごとく遠い。それに対して、教える側はこの理解を始めから前提に置いて、いかに巧く、わかりやすくこの性質を伝えようかという点に教育目標を置きがちである。

「太陽がまぶしい」＝「太陽は光源で、光がでている」、「ろうそくなどの火が燃えていること」＝「火は光源で、光が出ている」、「電灯などがついていて明るい」＝「照明は光源で、光が出ている」は、教える側には自明であるが、教わる側には決してイコールにはなっていない。ましてや、光源からでた「光」を「矢印」で表し、それもすべての光を矢印表示できるはずもないから、注目した代表線だけを利用し、鏡に映る像や、見え方が歪む屈折をその一本の矢印で説明する、この暗黙の了解を当然のように振りかざしていることに問題はないと思えるだろうか。

では、教える側はいつの間にこの概念を獲得したのだろうか。改めて、ざっと、中学に至までの「光」に関しての出会いを振り返ってみよう。

子供時代の絵本では図10、図11のような「光」に関する場面が当たり前に描かれている。

これは当然ながら日常の現実の体験としても積み重なっていく物事であり、幼児期に育まれる自然界の認識を深めている。

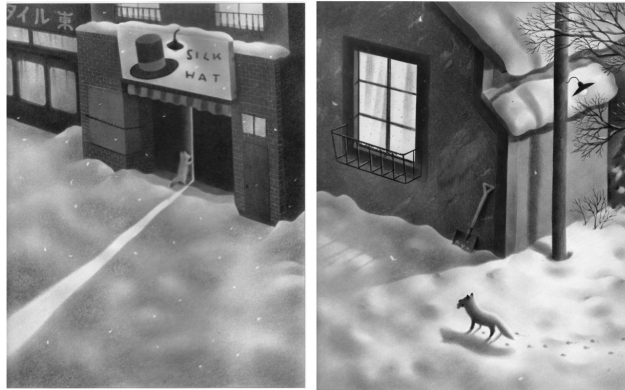


図10 絵本の表現 光源と影  
手ぶくろを買いに 新美南吉・作 黒井健・絵  
偕成社 p21, p25



図11 絵本の表現 光源と光の反射  
銀河鉄道の夜 宮沢賢治・原作 KAGAYA・画  
河出書房新社 p33, p63

図10では「灯り」「まっすぐ進む光」「光源の位置と光のあたる位置、影のできる位置」「明るいところ、暗いところ」などといった、さまざまな「光」の在り方が描かれている。図11では「さまざまに光を出すもの」や「反射で水面に映る像」が美しい色合いで描かれており、図1とは違った「光」の側面を見ることができる。

加えるなら、子供はいつしかお絵描きで太陽の光を四方に広がる直線で描く作法を獲得している。また、アイコンとしてのお日様マークにも、この直線の光の表現がある。小学校時代を経て、懐中電灯などの光を直線で描くことは「なんとなく」自然になっていく。これが、中学の矢印表現の基盤とも言える。

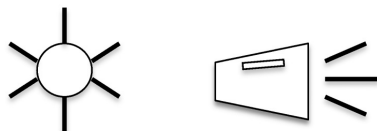


図12 アイコンによる光の表現例

このような「光」経験があることを念頭に、小学校1, 2年の生活科では図13にあるように、遊びの中で理科の基盤を形作り、3年(図14)以降(図15)の理科において、発達段階に応じた学習を準備する。「光」は太陽光を主に、光と影や、鏡やむしめがね遊びといった学習が、中学の「直進性」「反射」「レンズ」への橋渡しとなっていく。



図13 影遊び

東京書籍生活科どきどきわくわくあたらしいせいかつ上H21年度 p 93部分



図14 太陽の位置と影の観察

東京書籍小学校新しい理科3年H22年度 p 62



図15 鏡遊びと光りの直進

同 p 78部分

そして、図16のように、中学で太陽以外にも光源を扱い、「光」の個別現象が一般化され始める。光を堂々と矢印で表し始めるのはここからである。良心的な教科書では、矢印で表すことをについて、その利便性の説明がなされるが、必ずしもではない。

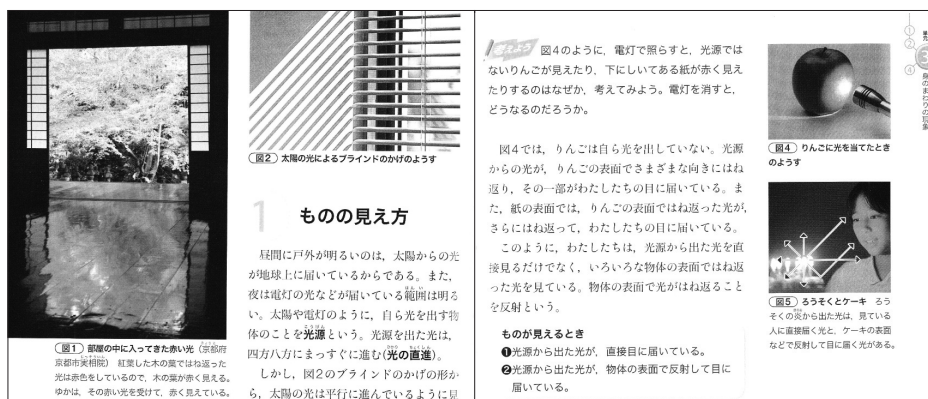


図16 東京書籍新しい科学1年H23年度 p 132-133部分

本格的な抽象化、エネルギーとしての「光」概念の完成は高校を待つことになる。

このように振り返ってみると、教える側の前提は小学校までしか終わっていない中学生には大変ハードルが高いことがわかる。

余談だが、教える側は往々にして自分の学生時代を振り返るものだが、中学を教えるなら、中学時代を振り返るのは間違っている。中学生は小学校までの学習しか終わっていない。思い出の中学時代は一般に、中学の頭脳を持っているイメージになってしまう。思い出すなら小学校の自分であろう。

さて、前項で、すでにパラダイム変換を経由している教師、特に自分の場合にパラダイム転換に苦労しなかった者の場合には、「学習者が新しいパラダイムを理解できない」ことが理解できないことが多いとのべた。多くの教員は担当単元の授業の為に、いちいち、今行ったような概念形成の道筋の確認を行うことは少ない。それが必要である認識も少な

い。だが、振り返ってみれば、いかに多くの背景が自分の概念の完成、日常の実現象からの抽象化の過程として存在していたのかがわかる。

自身の既成概念を解体する為に、日常のあらゆる関連現象を整理し、どのような理解の段階があったのかを想定してみることは大きな意味がある。もちろん概念形成は個々人のあらゆる環境により異なるわけだが、想定通りにどの子どもが概念を形成するという意味ではなく、教える側の認識の中で、存在しうるギャップ、概念の完成への困難となりうる場面を捉えておく助けとなるはずである。

諸テストで単元の不達成が起きている原因が、このような、根底の部分に存在するパラダイム変換の失敗にあることは少なくない。が、表層的な解法の失敗に原因を求めることが多く、本質を問われる大学などの高等教育の場に移って、初めて学習不備であることが明らかになる。あるいは、学習者が、その単元のテーマを活用しないような学部に進学している場合には、学習の不備は表面化しない。

これまた、余談だが人気のある子供向きの連載漫画に、日常現象でアリストテレス的な間違いが描かれていたことがある。重い物が先に落ちるという解釈である。単行本にもなり、その話からずいぶん巻を重ねた頃に著者の間違いに対するお詫びがあとがきにある巻が出版されていた。パラダイム変換の失敗が表面化しなかった一例である。

## 10. まとめ

ここでは、客観的な比較が比較的行いやすい科学分野（物理）を題材として現在の教科書の問題点を例に、一般的な現状の俯瞰と、教材、教員に内在する概念形成上の問題について論じてきた。

教育においては、日常的生活感からは獲得することができないパラダイム獲得が重要な課題となっている。このようなパラダイムは数千年にわたる文明の発達の中で抱かれ、検証され、育ってきたものである。そのために、日常的経験の中から自発的に浮かび上がるものではなく、そのパラダイムを獲得したものから、学習者の中でパラダイム獲得が起きるように誘導する必要性が存在する。

現在の日本の公教育制度の下に使われている教科書は、このような目的を達成するためにはまだまだ不十分なものと言わざるを得ない。昭和時代の教科書はパラダイム獲得を重視したために分厚くなり、結果的にカリキュラムの中でその内容を教授することがほぼ不可能に近くなってしまった。詰めこみ主義に繋がりゆとり教育が登場するきっかけの一つとなった。そのためにも、現行の教科書は「ゆとり」後の発展的内容の増加したある程度内容の濃い本に戻りながら、ページ数を制限する傾向にある。しかしながらこの結果として、現行の教科書はパラダイム獲得という目的を十分に達成できない欠点も抱えている。また、全ページカラーの潤沢な映像表現は、必ずしも学習に適しているとばかりは言えない。現在の教科書はこの問題点を克服するために、ここで指摘したように、あるいはそれ以外にも様々な手法を試みている。しかしこのような手法はまだ完成されたものではなく、未だに多くの改善を必要としている。副読本の充実なども一つの解決方法とすべきであるが、同時に、今回指摘してきた視点での教科書の更なる改善は必要不可欠であろう。



そして、社会全体（主として保護者や生徒，教員）が成果の見えにくいパラダイム獲得に関して、より重視する努力が必要であると主張したい。

#### 引用・参考文献

- (注1) 当然ながら、低ランクと分類される学校であっても、入学金や授業料の免除、奨学金の支給等の手法によって好成績の学生を取り込み、入学者の成績あるいは卒業生の上級学校進学実績に基づき自己の学校ランクを上げようとする試みも行われている。
- (注2) 「ゆとり教育」自体は、自ら考える力を養うことを目的とし、そのために授業内容を精選し、単なる暗記ではなく、獲得した知識を元に現象の世界を理解する能力を育むことを目的としたものではあったが、理念の現実化において完全に失敗した。  
カリキュラム策定において非教育専門家の意見を重視しすぎたために、そのような非教育専門家が把握できなかったようなパラダイムの学習をカリキュラムから排除することになり、「ゆとり教育」を受けた世代に対して、現代世界を理解するための鍵となるようなパラダイムの学習を阻害させることになってしまっている。

### The Problems of Concept Construction on Textbooks. Ⅲ -from primary school to high school -

Toshiya, Yuuki, Chiyoko, Yuuki

In previous articles, we pointed out that the Japanese test book system does not have a continuity that is essential in the concept construction on students. One of the main reasons is that the each textbook used in officially accredited school has to pass the test of Department of Education of Science (DSE). This system guarantees to maintain the minimum quality in education. This system is sometimes criticized as official censorship, especially in the field of social science. This system also shows merits like preventing the absurdity like the Darwin controversy that observed in United States of America.

Science text in recent years became thin in pages, as thick text with volumes knowledge to be taught do not suit for average student. As the result, the pages of textbooks are limited and became thinner. Also the use of illustration and photos are spreading in order to make textbook easier to reader. This caused that the text allocated to each topics became shorter. Sometimes text is insufficiently short, so the average student cannot acquire the concept that the topic required to teach.

Writers of science textbooks tries many methods to incorporate required stage of concept acquisition within short space allowed to them. Their efforts are insufficiently conducted because of limitation required by DSE.

In order to revitalize science education, fundamental reform of DSE policy is required. In addition to this the part of new concept acquisition (or paradigm formation is neglected in current text books. Re-evaluation of the problem of concept formation (or paradigm acquisition) is necessary as the basis of textbook reformation. The school system also suffers the immanent problem of teacher quality. There are too many teachers those only keep presenting students the phrases or procedure described on the textbook. Re-education of science teachers to recognize the importance of concept formation is required.

