

〈課題研究論文〉

《新学習指導要領への対応—学校教育における実践的課題—》

新学習指導要領における理科の改訂と理科授業づくりの視点

筑波大学大学院人間総合科学研究科

大 高 泉

はじめに

学習指導要領が改訂され、平成23年度以降から完全実施されることになった。それに先立ち、理科ではすでに今年度から移行措置が始まった。新学習指導要領の理科（以下、新しい理科、と略記）において何より目立ったのは、現行と比べて授業時数が大幅に増加し、多くの内容が復活するとともに、新規の内容も加わったことではなかろうか。とはいえ、平成10年版の学習指導要領で理科の授業時数が大幅に減少していたので、今回の改訂はむしろ昭和52年版に近づいた、という方が適切かもしれない。

いずれにせよ、新学習指導要領は、変化の激しい「知識基盤社会」の中で「生きる力」の育成を目指し、「理数教育の充実」を内容改善の骨子の一つとして位置づけた。新しい理科は、いうまでもなく現代の理科教育が抱えている様々の問題を把握し、当然その解決を射程に収めたものである。周知のように、そうした問題のうち、理科学力の問題が、理科教育界のみならず、広く社会の関心を惹いてきた。新しい理科は、こうした問題の解決を標榜し、「知識基盤社会」における新たな理科教育の方向性を打ち出した。しかし、いうまでもなく、新しい理科も新教育課程全体を貫く改訂の基本的な考え方や改善事項を反映している。

そこでまず、ここでは理科学力の問題構造を分析し、次に、新教育課程全体を貫く改訂・改善の特徴を確認し、それを踏まえつつ、これから10年間ほど日本の理科教育の実践を実質的に規定する新学習指導要領とその基底にある中央教育審議会（以下、中教審と略記）の答申に示された理科教育の改善点や方向性を解明し、改訂した新しい理科に対応する授業のあり方を探ってみよう。

1. 理科学力の問題構造

(1) 日本の子どもの理科学力

はじめに、現代理科教育の問題を確認しておこう。その問題は多岐にわたり、またそのレベルも様々ではあるが、理科学力に関する国内外の各種調査¹⁾の結果に表れた主要なものを挙げれば次の通りである。第一に、国際的な学力比較では、日本の理科学力はいまだに高い位置を維持してはいるものの、調査の度に下降傾向にあることである。2007年末に公表された最新のPISA2006によれば、科学的リテラシーは、参加57国・地域のうち、PISA2003の調査時の第2位から第6位に落ちたのである。他方、2008年末に公表されたTIMSS2007によれば、TIMSS2003と比較すると有意差はないものの、小学校4年は3位から4位に、中学校2年は6位から3位にと、高下したのである。第二に、理科学力や科学的リテラシーの内容を詳しく見ると、学力の内容に不均衡が存在することである。日本の子どもは、選択問題には強いが、科

学的に論述したり、疑問を認識したり、現象を科学的に説明することは苦手なのである。第三に、理科学習に対する態度や意識が望ましいとは言えないことである。国際的に見れば、理科好きの子どもが最低の水準に近く、理科の学習に対する態度も極めて消極的であり、また日本の子どもは理科の勉強を楽しいとも、希望の職業に就くために理科で良い成績をとろうとも思わず、自信も持っていないことである。第四に、理科を学ぶことが大切であり、また役に立つと思う子どもが少ないことである。つまり、理科学習の意義や有用性についての認識が低いのである。さらに、第五に、高校生の半数以上が理科の授業がわからないと答え、その比率は全教科平均の2倍前後にも上ることである²⁾。

また、この間実施された教育課程実施状況調査に基づいた具体的な問題点も指摘されている。第一に、過去に比べて理科学習の基盤となる自然体験・生活体験が乏しくなっていることである。第二に、過去同一問題では全体として上昇傾向ではあるが、てこの釣り合いや衝突、人体の構造や働き、物質の状態変化、化学変化における質量の保存、植物の生活と種類など、基礎的な知識・理解に十分ではない状況があることである。第三に、地層のでき方を推論する問題、意味付けや関係付けを伴う説明活動、グラフを読み取り考察する問題、実験の途中経過を考察する問題等に困難を抱えており、科学的思考力・表現力が十分ではない状況が見られることである³⁾。

このように、国際的にみても日本の子どもの理科学力はいまだに高位置を維持してはいるものの、理科学習への意欲や態度に多くの課題を残しているのである。これらが改善されない限り、今後日本の子どもの理科学力の向上・巻き返しは望むべくもなく、この意欲や態度の現状は今後の大きな懸念材料になっている。

(2) 成人と子どもにおける理科学習の再生産

さらに深刻な不安材料がある。それは、日本の成人の科学リテラシーや科学への関心が先進国中では最低レベルに近いことである⁴⁾。このことと、上述の子どもの理科学力の問題や授業の理解度の問題とをあわせて考えると、日本の子どもの理科学力の問題構造が浮かび上がってくる。すなわち、学校時代の理科嫌いや理科学習の意義・有用性の実感の乏しさ、あるいは理科授業のわからなさが、成人において加速化され、成人の科学リテラシーや科学への関心の低下をもたらす可能性がある。このことはまた、社会における教科の序列的評価（ランキング）に反映される。そしてこの序列的評価が、学校教育における理科への資源配分（授業時間数、施設設備、教員の研修機会、他）に反映される。さらにその資源配分の格差を見て、子どもはこの序列的評価を内面化し、自己の理科

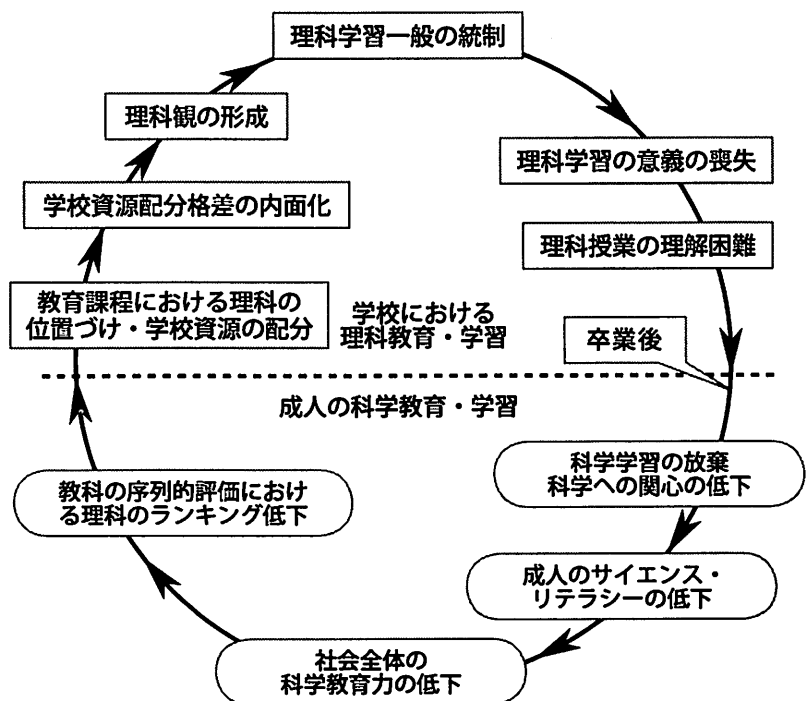


図 成人と子どもにおける理科学習の再生産サイクル・モデル

学習を統制（理科学習への動機付け・構え、学外での理科学習の重み、試験結果への関心・留意度、理科・科学のイメージ等々）する。これがやがて、また成人の科学学習、科学への興味・関心を統制することになる。つまり、学校の理科教育を通して、社会における理科・科学の序列的評価が子どもの中に再生産され、その子どもがやがて成人となり、その序列的評価を再生産し続けることにはならないであろうか（図参照）。この状況を改善するためには、生涯にわたって科学に関心を持ち続け、科学学習を継続するような動機・意欲とその学ぶ力（学力）等々を学校の理科教育が保障する必要がある⁵⁾。

2. 新教育課程全体の特徴

(1) 活用型学習の導入

すでに平成18年2月の中央教育審議会（以下、中教審と略記）の『審議経過報告』は、現行学習指導要領の反省に立って、基礎的・基本的知識・技能の育成（いわゆる習得型の教育）と自ら学び自ら考える力の育成（いわゆる探究型の教育）とは対立的あるいは二者択一的に捉えるべきものではなく、この両方を総合的に育成することが必要であること、また、両者の関係を明確にする必要があることを指摘した。そして、この両者を関係づける学習として活用型学習を位置づけたのである⁶⁾。さらに、平成20年1月の中教審の答申（以下、『答申』と略記）は、基礎的・基本的知識・技能の習得とともに、それらを活用する学習活動を充実するために授業時数の確保を求めている。新しい理科の授業時数の増加にもこうした意図がはたらいっている⁷⁾。

ところで、この『答申』においても、後述する活用型学習と比較すると、習得型学習への言及は圧倒的に少ない。これは、習得型学習がこれまで一貫して学習活動における中心的位置を占めて来ており、しかも国内外の各種調査によれば、基礎的・基本的知識・技能の習得については、すでに一定の成果が認められているからである。そういう中で『答申』は、一層の習得・理解を図る具体的な手だてとして、一つは、発達や学年段階に応じた指導の重視と、もう一つは、指導の工夫や充実が必要な事項を「重点指導事項」として整理し提示することを提案している。前者の発達や学年段階に応じた指導として、体験と理論の往復による概念や方法の獲得、討論・観察・実験による思考や理解を推奨している⁸⁾。

すでに一定の成果が認められている習得とは異なり、日本の子どもの学力は読解力や記述式問題に大きな課題を残している。そこで、この課題を解決するには、思考力・判断力・表現力を育成する必要がある。そして、こうした力は、現行に続き新学習指導要領においても基本理念として踏襲された「生きる力」の中核を担っている。しかも、思考力・判断力・表現力を育成するには、基礎的・基本的な知識・技能の習得とともに、それぞれの教科の知識・技能を活用する学習活動を充実する必要がある。すなわち、「生きる力」の重視、その中核を担う思考力・判断力・表現力の育成の必要性、そのために必要な活用型学習の充実、という論理で、活用型学習が今回の学習指導要領の改訂で繰り返し強調されているのである。例えば、中教審の『答申』には次のように解説されている。

「今回の改訂においては、各学校で子どもたちの思考力、判断力、表現力等を確実にはぐくむために、まず、各教科の指導の中で、基礎的・基本的な知識・技能の習得とともに、観察・実験やレポートの作成、論述といったそれぞれの教科の知識・技能を活用する学習活動を充実させることを重視する必要がある。各教科におけるこのような取り組みがあつてこそ総合的な学習の時間における教科等を横断した課題

解決的な学習や探究的な活動も充実するし、各教科の知識・技能の確実な定着にも結びつく。」⁹⁾

この解説や改正学校教育法、新学習指導要領の前文等における活用型学習に関する言説を総合してみると、その表現に若干の差異があるものの、「活用」の直接的ねらいは、思考力・判断力・表現力等の育成であり、「活用」の効果は、課題解決的学習と探究的活動の充実であり、知識・技能の確実な定着への貢献である。また、「活用」の対象は、教科の基礎的・基本的知識・技能であり、「活用」の実際は、「観察・実験やレポートの作成、論述といった」学習活動である。

前述の『答申』では、「知識・技能の活用など思考力・判断力・表現力等を育むための学習活動の例」、つまり、活用型学習の例のうち、理科にも関する学習活動として、事実を正確に理解し伝達する学習活動、グラフや図表などを読み取り、また表現したりする学習活動、観察・実験結果を整理し、考察し、まとめ表現する学習活動、予想や仮説と検証方法を討論しながら考えを深め合う学習活動などが例示されている¹⁰⁾。

ところで、「活用」の辞書的な意味は、「そのもののはたらきを生かして用いること」である。この意味に照らすと、こうした学習活動を「活用」に含めるには若干の違和感があるのも確かではある。しかも、ここに例示された学習活動は、授業における思考と言語活動のほとんどに及んでいるといっても過言ではない。「活用型学習」の意味はきわめて広く通常の辞書的な意味を超えてはいるが、「知識・技能の活用」の直接のねらいが思考力・判断力・表現力等の育成にあるため、その育成に有効であると目されるこれらの学習活動も「活用型学習」として総称されているといえよう。結局、包括的に言えば、活用型学習は、子どもが「自己の内に取り込んだ」、「習得した」(インプットした)知識・技能を「使ってみる」・「外に出す」(アウトプットする)ことである、と捉えられよう。

以上、習得と活用に限定して述べたのではあるが、それらは、「習得・活用・探究」の三つ組みとして語られることが多い。ここでは全く取り挙げなかった探究は、広く世界に共有されている理科の基本的な学習活動である。この三つ組みは、学習の順序として固定的に考えられるべきものでもなく、そこでは相互のバランスが配慮され、相補的相乗的な効果が期待されている¹¹⁾。

もともと、学校で伝達される知識のほとんどは、脱文脈化したもので、当の知識が生産された文脈(コンテキスト)からも、その知識が利用・活用される文脈からも切り離されている。そうした知識にかかわる学習は、生徒にとってはリアリティを欠いている。そのため学習の意義を実感しにくく、それへの興味ももちにくい。こうした現状を打破するために、目下、context-based approachあるいは、context-based learningが提唱されている。「活用型学習」は、習得した知識・技能を「使ってみる」ことで一つの文脈(活用の文脈)を与えて、学習のリアリティ・意義・有用性を実感させるもので、一種のcontext-based approachといえる。コンテキストを付与することで、現状の入試対策という点からは、学習の効率の低下を懸念する向きもあるが、イギリスの化学教育の例(Salters advanced Chemistry)では、このアプローチの導入により、生徒の科学に対する態度が改善され、化学への進路選択者が増加し、従来のアプローチに相当する化学知識も維持した、と評価されている¹²⁾。

(2) 言語活動の充実

今一つの新たな特徴をあげれば、それは「言語活動の充実」を図ったことである。無論、PISA2006で57参加国・地域中15位に落ちた読解力の向上を図る、というねらいとともに、言語活動を知的活動の基盤として、またコミュニケーションや感性・情緒の基盤として明確に位置づけたことが、その背景にある。

知的活動の基盤としての言語活動の例として、記録、報告、説明、まとめ、表現、などがあげられている。具体的にいえば、「観察・実験において、視点を明確にして観察したりして事象の差異点や共通点を捉えて記録・報告する。」(社会、理科等)、「比較や分類、関連付けと言った考えるための技法、帰納的な考え方や演繹的な考え方などを活用して説明する。」(算数・数学、理科等)。「仮説を立てて観察・実験を行い、その結果を評価し、まとめて表現する。」(理科等)

一方、コミュニケーションや感性・情緒の基盤としての言語活動の例としては、表現、記述、伝い合い、共感、発表、まとめ、説得などがあげられている。具体的にいえば、「体験から感じ取ったことを言葉や歌、絵、身体などを使って表現する。」(音楽、図画工作、美術、体育等)、「体験活動を振り返り、そこから学んだことを記述する。」(生活、特別活動等)、「合唱や合奏、球技やダンスなどの集団的活動や身体表現」などを通じて他者と伝え合ったり、共感したりする。」(音楽、体育等)、「体験したことや調べたことをまとめ、発表する。」(家庭、技術・家庭、総合的な学習の時間等)、「討論・討議などにより意見の異なる人を説得したり、協同的に議論して集団としての意見をまとめたりする。」(道徳、特別活動等)¹³⁾

こうした活動例が示しているように、言語活動の重視は、上述の活用型学習の導入・強調とも重なっている。

3. 理科改善の基本方針

教育内容の改善事項は、言語活動の充実や体験活動の充実など7項目あるが、その一つとして理数教育の充実があげられている。理科に限っていえば、その背景とねらいは、次の二点である。一つは、「知識基盤社会」において、科学技術力が国際競争力と生産性向上の原動力となるからというもので、そのねらいは科学技術系の人材育成である。今一つは、科学の成果が国民生活の隅々にまで浸透した今日では、国民一人ひとりが、民主社会の形成者となるための相応の科学の素養が求められるからというもので、国民一人ひとりの科学に関する基礎的素養、つまり科学的リテラシーの向上をねらっている。いずれも、「知識基盤社会」の喫緊の課題なのである。学校教育においても前述した理科学力に関する問題が山積している。理数教育の充実には当たっては、後述するように、理科の内容の充実のみならず、それを支える次のような広範な条件整備が必要である、と明示された¹⁴⁾。

- ・習熟度別・少人数指導の充実のための教職員定数の改善
- ・小学校高学年における専科教員による教育の充実
- ・理科支援員の配置
- ・観察・実験のための理科教育設備の整備
- ・繰り返し学習や自ら発展的学習に取り組むことを促す教科書の充実
- ・研修等を通じた教員の専門性や資質向上
- ・改善の方向に対応する入試問題の出題の工夫

そこで基本的にはこれまでの理科の方向を踏襲しつつ、理科全体の新たな改善の方向性として以下の点が提案された。第一に、基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達段階を踏まえ、小・中・高を通じた内容の構造化・系統化を図り、内容の一貫性を重視したことである。第二に、科学技術の進展の

中で理科教育の国際的通用性を確保するとともに、内容の系統性を確保し、小・中学校の学習の円滑な接続を保障する観点から、必要な指導内容を充実したことである。第三に、科学的な知識・概念の定着と科学的見方・考え方の育成の観点から、観察・実験、自然体験、科学的な体験を一層充実する方向で改善したことである。第四に、科学を学ぶ意義や有用性を実感する機会を提供し科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を図る内容を充実する方向で改善するとともに、持続可能な社会構築が求められている状況に鑑み、理科についても環境教育の充実を図る方向で改善したことである。その意図は上述のように、日本の子どもの理科を学ぶ意欲・積極性・自信が低下しているゆゆしき現状を改善するためでもある。そのために、理科学習と社会や生活との結びつきを一層強化し、学校における理科学習にリアリティを確保し、理科学習の意義や有用性を実感しやすくし、理科学習の動機付けを強化するのである。第五に、科学的思考力・表現力等の育成の観点から、観察・実験の結果を分析し、解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動の充実を図ったことである¹⁵⁾。

4. 新学習指導要領における理科の改訂

(1) 小学校理科の改訂のポイント

このような理科全体の改善の方向性に沿った小学校理科の主要な改訂ポイントは以下の通りである¹⁶⁾。

一つ目は、授業時数が現行の350から405に変わり、55時数増え、大幅に増加したことである。

二つ目は、領域構成が、現行の「生物とその環境」、「物質とエネルギー」、「地球と宇宙」の3区分から「物質・エネルギー」、「生命・地球」の2区分になるとともに内容の系統化が図られたことである。上述のように、理科全体では、基礎的・基本的知識の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達段階を踏まえ、小・中・高を通じた内容の構造化・系統化を図り、科学技術の進展の中で理科教育の国際的通用性を確保することも目指している。こうした理科全体の改善の一環で、この区分は、児童の学びの特性や2分野構成の中学校の理科との円滑な接続を考慮したものである。このうち「物質・エネルギー」では、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たものづくりの指導に重点が置かれ、「エネルギー」、「粒子」を柱に内容の系統性が確保されている。例えば、風やゴムの働き、物と重さ、電気の利用などを扱う。他方の「生命・地球」では、児童が生物の生活や成長、体の作り及び地表、大気圏、天体に関する諸現象について観察やモデルなどを通して探究したり、自然災害の視点と関連付けて探究したりすることについての指導に重点が置かれ、「生命」、「地球」を柱として内容の系統性が確保されている。例えば、自然の観察、人の体の作りと運動、太陽と月などが扱われる。内容の変更としては、「体積と重さ」(3年)、「骨と筋肉の働き」(4年)、「雲と天気の変化の関係」(5年)、「月の位置や形と太陽の位置」(6年)などが復活し、「形と重さ」(3年)、「関節の働き」(4年)などが新規に加わった。

三つ目は、現行学習指導要領の一つの目玉であった課題選択が廃止され、5年の「卵の中の成長」と「母体内の成長」や6年の「火山の噴火による土地の変化」と「地震による土地の変化」はいずれも必修となり、5年の「振り子の運動」と「衝突」では、前者が残り後者が中学校へ移行することになったことである。

四つ目は、理科全体の改善方向に合わせて、科学的思考力・表現力育成のために観察・実験の結果を

整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などの充実が図られたことである。これは、新教育課程全体を貫く言語活動の充実、活用型学習の重視の方向にも合致し、また、国内外の各種調査で明らかになった日本の子どもの科学的論述力不足の克服という、理科全体の改善の方向とも合致している。これまで理科の授業では、実験・観察に主たる関心が向けられ、授業でのコミュニケーションや表現、論述への関心は相対的に希薄であった。新しい理科では表現力育成への意図的な取組みが求められる。

五つ目は、問題解決力の中身が中学校との接続を考慮して見直されたことである。現行でも、各学年で重点を置いて育成されるべき問題解決能力が規定されているが、中学校との接続も考慮され、「比較」(3年)、「関係づけ」(4年)、「条件制御」(5年)、「多面的追究」(6年)から6年が「推論」に変わった。ちなみに、中学では「分析・解釈」となったのである。

六つ目は、生活科との関連を考慮し、自然体験の充実とともに、ものづくりなど、新たに科学的な体験の充実が図られたことである。自然体験の充実・重視は、これまでの小学校理科の一貫した基本的立場であったが、今回、初めて「科学的な体験」という言葉が使われ、その充実が強調されることになった。「科学的な体験」には、学習した科学の原理・知識を応用したものづくりや科学の法則・概念・原理を如実に示す現象の体験などが含まれる。

七つ目は、環境教育の一層の推進のために地域特性、その保全、環境への負荷に留意した学習の充実が図られたことである。

(2) 中学校理科の改訂のポイント

中学校理科の改訂も理科全体の改善の方向性に沿っているが、主要な改訂ポイントは以下の通りである¹⁷⁾。

一つ目は、授業時数が現行の290から385に変わり、95時数増え、大幅に増加したことである。

二つ目は、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」を柱に小・中学校の内容の一貫性・系統性を重視したことである。

三つ目は、原理・法則の理解を深めるためのものづくりや、継続的な観察、季節を変えての定点観察などを各内容の特質に応じて指導することを規定したことである。

四つ目は、科学技術が日常生活や社会を豊にし、安全性の向上に役立っていることなどについての指導を規定したことである。

五つ目は、大幅に内容が復活し、また新規に加わったことである。例えば、1年に「力とばねの伸び」、「質量と重さの違い」、「水圧」、「種子をつくらぬ植物の仲間」、2年に「電力量」、「熱量」、「電子」、「交流」、「無脊椎動物の仲間」、「生物の変遷と進化」、「日本の天気の特徴」、「大気の動きと海洋の影響」、3年に「力の合成・分解」、「仕事・仕事率」、「放射線」、「水溶液の電導性」、「原子の成り立ち」、「イオン」、「遺伝の規則性」、「月の運動と見え方」、「銀河系」が復活し、「プラスチック」(1年)、「周期表」(2年)、「エネルギー変換の効率」、「DNA」、「地球温暖化」、「外来種」(3年)が新規に加わった。

六つ目は、現行では一部選択であった、第1分野の「科学技術と人間」(科学技術の発展)と第2分野の「自然と人間」(自然の恵みと災害)を必修化し、「自然環境の保全と科学技術の利用」として統合・新設し、環境教育の充実を図ったことである。

七つ目は、小学校との接続を図り分野目標の中に「分析・解釈」を新たに規定したことである。

八つ目は、「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」、「観察・実験の結果を分析・解釈する学習活動」、「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」の充実を新たに規定したことである。

5. 理科改訂に対応した授業づくりの視点

理科改訂のポイントは上述のとおりであるが、この改訂に対応した理科授業づくりの視点を上げて見よう。むろん、近年の理科教育研究の成果を踏まえても、理科授業づくりの視点は多岐にわたり、ここでそれを網羅することはできない。これらの視点は、今回の新しい理科にのみ当てはまるものではなく、これまでの理科授業においても当然、考慮されるべき視点ではある¹⁸⁾。ここでは、新しい理科の方向に対応して、習得型学習（授業）、活用型学習（授業）、探究型学習（授業）の3つの授業の観点から述べてみよう。言うまでもなく、それぞれの視点は、この3つの類型に截然と区分されるものではない。上述のように、新しい理科では、この3つの類型がバランスをとり相互連携し、相乗的効果が生まれることが期待されているからである。

(1) 新内容に対応した理科授業づくりの視点

これは3つの類型全てにかかわる視点である。新しい理科では、授業時数の増加に伴って、かつて扱われた内容が復活したばかりではなく、新規の内容が加わった。例えば、「電気の利用」（6学年）では、「発電」ばかりではなく、新たに「蓄電」、「発光ダイオード」をも扱うことになった。これらは、確かに現象としては観察でき、また身近でもあるが、小学生の知識レベルでは、その原理・仕組みが理解できないブラックボックス的内容である。これをどう指導すればよいのか。具体的には例えば、子どもたちがゼネコンを勢いよく回すと、通常使用している豆電球がすぐ切れてしまったり、ゼネコンのギアがすぐ摩耗して回りにくくなるがどうすればよいのか、どんな種類のどのくらいの容量のコンデンサを使うのがよいのか、等々、新内容の指導法や教材の開発や工夫が必要である。理科教材業者はすでに関連の教材を開発・試行してはいるが、そうした教材を実際の授業のなかでどのように活用するかは、いまだに未知数であることが多い。新内容に対応した教材や指導法について自ら実践的に工夫するとともに、関連の情報に敏感でありたい。また、すでに導入されている理科支援員等配置事業なども積極的に活用したい。

(2) 習得型学習に対応した理科授業づくりの視点

習得型学習として推奨されている前述の体験と理論の往復による概念や方法の獲得等々は、その実態はともかく、少なくとも理科授業の理念としては特に目新しいことではない。これらを踏まえて、新しい理科、特に小学校理科では、「実感を伴った理解」が強調されている。これは、小学校理科に限定されるものではなく、習得型授業をより多いものにするための基本的視点である。「実感を伴った理解」、言い換えれば「なるほど、と膝を打つような理解」を図るための視点として4点指摘しておこう。

1) 子どもの考えを生かす

第一に、たとえ誤った考えであるにせよ子どもの考えを生かすことである。例えば、小学5年では、「物の溶け方」を学習するが、水溶液では、溶けた物が一様・均一に広がっている、と考える子どもは必ずしも多くはない。食塩が完全に溶けきっていても、食塩が底の方に濃く溜っていくと考える子どもが多い。この考えは、確かに正規の科学から見れば誤りではあるが、子どもにとっては筋が通っていて、しかも生きて働

いている。かき混ぜた時は全体に広がるが、食塩は水より重いので、次第に下に溜まって行くと考えるからである。そしてこの考えで日常の溶液に関する理解に支障を来してはいないのである。それゆえこうした考えは根強いのである。ではこのような子どものミスコンセプション（考え違い）をどのようにして正規の科学の概念に変容させることができるのであろうか。決定的な方法が確立されている訳ではないが共通理解に至っている点は、子どもが授業以前に既にもっている考えを把握しそれを生かし、またそれとのつながりをつけつつ新しい概念を導入するということである。身近なたとえが分かりやすいかもしれない。道に迷った人が電話で道を尋ねてきたとき、我々の対応の本質は、「今どこにいるのか」を聞くことである。結局、今迷っているその場所を知らなければ、またそれを抜きにしては、目的地へ至る適切な道筋を教えることは決してできないのである。目的地が正規の科学概念に、迷っているところがミスコンセプションに対応している。ミスコンセプションを把握して初めて、そのミスコンセプションから正規の科学概念に至る固有の道筋、つまりそのミスコンセプションをもっている子どもに固有で最適な指導の道筋を確定できるのである。こうした指導が、暗記に終始せずに正規の科学概念を子ども自らが納得して構成する学習への道を拓くのである。

2) 新しい概念導入の必然性を確保する

第二に、新しい概念導入の必然性を十分確保することである。小学校理科での粒子概念の扱いを例に挙げよう。新しい理科では、「エネルギー」や「粒子」等を柱にして、内容の系統化・構造化が図られたので、小学校理科で扱う関連現象ですら粒子概念で説明しなければならない、と考えるのは早計ではないだろうか。確かに、例えば小学4年の「空気と水の性質」、「水の三態変化」などは、粒子概念を導入して説明した方が分かりやすいことも少なくない。またそこは粒子概念の説明力の強力が示されるところでもある。しかしこの時点で粒子概念を導入する必然性が子どもたちの中に十分生まれているとはいえない。眼前にある物体が粒子とその間の空間で構成されている不連続体とは考えにくく、むしろ物体を連続体として捉えることの方が子どもには直感的にも分かりやすいからである。関連現象について十分な体験を積むなど、新しい概念導入の必然性に配慮したい。

3) 体験の再解釈による感動的理解を図る

第三に、体験の再解釈による感動的理解を図る必要がある。新しい理科では、これまで一貫して強調されて続けてきた自然体験に加えて、科学的な体験が新たに強調された。筆者自身の体験例を挙げよう。小学5年の内容に振り子の学習がある。そこでは、振り子の周期が振り子のおもりの重さ（質量）や振幅とは無関係で、振り子の長さによることを学ぶ。大方の予想を裏切って、振り子の周期が振り子の重さに依存しないことに、不思議さと感動を覚える子どもも多い。しかし、筆者が「なるほど、そうだったのか」、と最も深く感動したのは、この振り子の性質と日ごろ何気なく見過ごしていたことがらとが結びついたときであった。父親が振り子時計の円形のおもりの下の小さなねじを調節していたのを思い出したのである。振り子のおもりの下のねじの調節は、時間の遅れや進み具合を調節するためであること、すなわち、振り子の長さを変えて振り子の周期を変えることと同じであることがわかったのである。論理的な関係や整合性について理解するというレベルの理解、学びでは本来十分とはいえない。前述のミスコンセプションの解消という意味でも、感動、衝撃を伴う程深く納得するような理解や学びの実現が課題となる。

4) メタ認知を促進する

第四に、メタ認知を促進する必要がある。メタ認知は、文字通り、認知についての認知である。例えば、

「自分自身の理解レベルをモニターして、理解がうまくなされているかどうか判断したり」、「自分の学習方略や能力を自分自身でモニタリングしたり、テストの準備ができていないか、どのくらいうまくできているかについて自己診断したり」、「様々な課題での自分の成績を予想したり、自分の現在の学習や理解の水準をモニターする」ことである。したがって、メタ認知能力は、自己の学習・理解・認知について、モニタリングしたりコントロールしたりする能力である。学習を進める時には、学習についての知識、自分の学習の長所や問題点についての知識、課題の要求に関する知識などが重要になる。こうしたメタ認知能力には、自己学習制御能力、つまり、自分の学習を統制し、計画し、遂行をモニターし、適切な時にエラー修正する能力も含まれており、これらは全て効果的な意図的学習にとって欠かすことのできない重要な能力である。生徒の学習や理解について、授業において自ら振り返る機会を確保し、メタ認知を促進する必要がある。それは、例えば、「正しく学習しているかどうかを自分で確認させる」、「学習したことを他者に分かりやすく説明させる」、「理解できていないことを書き出させてみる」、「関連する既有知識を検索させる」、といった機会を授業の中で確保することである¹⁹⁾。

(3) 活用型学習に対応した理科授業づくりの視点

1) 言語活動・表現活動の充実を図る

第一に、上述のように例示された言語活動・表現活動を充実することである。これまでの理科教育においても、観察・実験の重要性や科学的思考力の育成は不断に強調されてきた。しかし、観察・実験の結果を解釈したり、科学的な概念を使用して説明する学習活動がこれほど強調されることはなかった。理科教育の中でこうした言語活動・表現力の育成を明確に強調したのは今回の学習指導要領が初めてである。これは、新教育課程全体を貫く「言語活動の充実」という改善事項の理科における表れでもある。しかし、言語活動・表現力重視が、プレゼンテーション・スキルの向上のみをめざしているかのように誤解されてはならない。「科学的思考力・表現力」と一組で使われていること、言い換えれば、論述力・表現力育成と科学的思考力育成とが相補的であることに留意したい。

2) ものづくり・科学的な体験の充実を図る

第二に、ものづくり・科学的な体験を充実することである。科学の原理・法則等を理解し、それらを生かして何かを作成したり何かに利用することこそ、本来の意味での「活用」である。あるいは科学の原理・法則等が利用されている技術的所産（例えば、発光ダイオードなど）、自然現象（例えば、大気圧によるドラム缶潰しなど）についての体験・科学的な体験も、そうした原理・法則等の深い理解と定着をもたらすはずである。第一に指摘した言語活動の充実が体験を欠き、あるいは体験と分離された言語主義に陥っては活用型学習の本来の狙いの達成は望むべくもない。この第二の活用こそ、第一の言語活動的な活用に強力なりアリティを付与しうるのである。

(4) 探究型学習に対応した理科授業づくりの視点

1) 共有化を図る・相互作用を活性化

上述の議論はどちらかといえば子ども一人ひとりのレベルに焦点をおいたものであるが、クラス全体の視点からの授業づくりのポイントも確認しておこう。近年興隆した社会的構成主義の学習論は、学習を共通の知識、言語、目的、価値を共有する共同体の活動への参加能力の形成として捉えている²⁰⁾。こうした立場では、子ども達に自分自身の考えを表明させ、他の子ども達のいろいろな見方を批評し、それに異議を申し立て、

討論を通して概念的な理解の諸々の変容について振り返ってみる、という進め方が多く提案されている²¹⁾。ここでは、グループやクラス全体で子ども達の予想、確信等を共有化することと、そのための討論が重要な位置を占めている。これは、ちょうど科学者が科学という学問共同体を形成し、その中で知識を創造し発展させるように、授業を「科学の語らい」の世界として構成・展開することである。そういう語らいによって、物事の意味、価値、面白さを発見し、味わい、世界を捉え直す、意味・価値の共同的構築がなされるのである²²⁾。

ところが日本の理科授業の現状は必ずしもそうはなっていないのである。2006年のPISA調査によれば、「対話を重視した理科授業に関する生徒の認識」が、参加の57ヶ国・地域のうち最低なのである²³⁾。理科授業を充実するには授業における共有化や相互作用を活性化する必要がある。社会文化的アプローチによる学習論がその理由を明確に示している。これによれば、「文化的道具」を本当に自分のものにする、つまり「専有」(appropriation)するということは、無条件に受容する、すなわち、「習得」(mastery)することではない。他者との相互行為の中で他者を通して自己の中に「専有」という名にふさわしい真の学びと発達が起きるのである。真の学びのためには、抵抗と反対の「受難」を経なければならないのである²⁴⁾。

2) 本物の探究の機会を保障する

いずれにせよ、すでに自明の結果に至る形だけの探究、教科書の内容を「回りくどく」確認するだけの探究ではこうした「科学の語らい」の世界は生まれにくい。小学校理科の内容とはいえ、それはもともと一流の科学者にとっても「わくわくする」探究の対象であったはずである。この「わくわく感」を是非授業で味わせるような本物の探究の機会が保障されてよい。それによって、より深い学びが実現され、基礎的・基本的知識・技能の習得のみならず、現代理科教育の喫緊の課題でもある理科学習への関心・意欲を一層喚起できるはずである。

例えば、小学3年生では平面鏡を使って光の反射の学習をする。四角形の鏡で日光を近くに反射させると、四角形の明るい平面ができる。しかし、さらに遠ざけて写すと反射光は四角形ではなく円形になる。実際に鏡を使って日光をいろいろと反射させてみたことがあれば、このことに気づいた子どもも少なくないはずである。これはどうしてだろう。三角形の鏡ではどうであろうか。どのくらいの距離になれば円形になるのだろうか。日光以外の光ではどうであろうか。ここに本物の探究、「真性の科学」(authentic science)²⁵⁾が展開する。その中で必要な知識が学ばれ、自分の意見を表明し、級友の考えを知り、自分の役割を認識し、成功の喜びも失敗の挫折感をも味わい、問題へ取り組む教師の姿(場合によっては級友すら)が科学的探究のモデルとなり、確かに存在するのであるがうまくは語れない科学の探究の指針、「いかに探究するのか」をこの実践に参加することによって知るのである²⁶⁾。

3) 探究スキルの独立した学習を導入する

現行学習指導要領では、観察・実験にあたって、「見通しを持つこと」、「目的意識をもつこと」が強調されてきた。しかし、児童・生徒に、見通しや目的意識をもたせるには、どのようにするのか、その具体的方法やそのための授業のあり方については不明確であった。これは、見通しや目的意識のみならず、例えば、変数の制御、仮説設定、データ処理、グラフ化、分析・解釈、他にも言えることである。この状況から脱却する一つの方策として、英米のプロセス・スキルの独立した学習が手がかりになる。例えば、変数の制御では、言明や物語から変数、「変化するもの」を見付ける(変数を記入、変数にアンダーラインなど)、簡易な

実験（例えば、加えた塩化カルシウムの量（スプーンの杯数）と溶液の温度上昇を調べる実験など）で独立変数と従属変数の同定や区別など、もっぱら探究スキルそのものの習得のために独立した学習が導入されているのである。つまり、ここでは、実験の科学的な内容の理解よりも、そこで用いられる探究スキルの習得に重点があるために、それにふさわしい簡易な実験に即して探究スキルの学習が行われるのである²⁷⁾。

おわりに

今回の改訂では、理科の授業時数が増え、またこれに応じて内容が増えた。こうした量的な増加への対応が現実的には何より関心を惹いている。しかし、授業時間の増加、内容の復活と新設等々、こうしたカリキュラムを主とした改訂のみでは十分とは言えない。新しい理科教育の質的改善の方向性を踏まえて、変化の激しい「知識基盤社会」における理科教育・理科授業の充実を図る必要がある。そのためには、前述の「理数教育の充実」においてすでに明示されている人的物的な広範な教育条件の整備が同時並行的に進められる必要があることはいうまでもない。

註

- 1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター、『平成 13 年度小中学校教育課程実施状況調査報告書小学校理科』、東洋館出版社、2003。国立教育政策研究所教育課程研究センター、『平成 13 年度小中学校教育課程実施状況調査報告書中学校理科』、ぎょうせい、2003。国立教育政策研究所教育課程研究センター、『平成 14 年度高等学校教育課程実施状況調査報告書理科』、実教出版、2004。国立教育政策研究所、『TIMSS2003 理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の 2003 年調査報告書』、ぎょうせい、2005。国立教育政策研究所教育課程研究センター、『平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査質問紙調査集計結果-理科-』、2006。国立教育政策研究所、『生きるための知識と技能 3 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006 年調査国際結果報告書』(以下、『PISA 2006』、と略記)、ぎょうせい、2007。国立教育政策研究所、『TIMSS2007 理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の 2007 年調査報告書』、2008。
- 2) 拙稿、「新しい理科教育のめざすもの 意欲を高め科学的思考力・表現力を育む」、『悠+』、25 巻 12 号、2008、pp.16-19。
- 3) 中央教育審議会、『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について (答申)』(以下、『答申』と略記)、文部科学省、2008、p.88。
- 4) OECD 加盟 14 カ国を対象にした科学・技術についての公衆の理解調査の結果は、14 カ国中 13 位であった。また、文科省科学技術政策研究所の別の調査結果によると、欧米諸国と比べた結果、14 カ国中 12 位であった。J. E. Aubert, Science and Society: Avoiding a Gulf, *The OECD OBSERVER*, No.205, 1997。文科省科学技術政策研究所、『科学技術に関する意識調査-2001 年 2～3 月調査概要』、2002。
- 5) 拙稿、「これからの理科教育のあるべき姿」、日本科学教育学会、『第 31 回年会論文集』、2007、pp.365-366。
- 6) 中央教育審議会初等中等分科会教育課程部会、『審議経過報告』(以下、『経過報告』と略記)、2006、

- p.16。
- 7) 『答申』、p.27。
 - 8) 同上書、pp.23-24。
 - 9) 同上書、p.24。
 - 10) 同上書、p.25。
 - 11) 『経過報告』、p.16。会田哲雄、「新学習指導要領における知識・技能の活用を図る学習活動の重視」、阿彦忠彦編、『「活用力」を育てる授業の考え方と実践』、図書文化、2008、pp.12-13。
 - 12) P. Nentwig, et al. (eds), Making it relevant Context based learning of Science, Münster 2005. *IJSE*, Vol.28, No.9, 2006、Special Issue: Context-based Chemistry Education.
 - 13) 『答申』、pp.53-54。
 - 14) 同上書、p.55。
 - 15) 同上書、pp.88-89。
 - 16) 拙稿、「理科教育」、『指導と評価』、54巻5号、2008、pp.30-33。
 - 17) 同上書、pp.30-33。
 - 18) 拙稿、「自ら学び、自ら考える力を育てる理科の学習指導」、『初等教育資料』、713号、1999、p.6。
拙稿、「子どもの発想や実感を生かす授業を基本に」、『初等理科教育』、2008、No.530、pp.10-13。
拙稿、「小学校「理科」の指導をどう充実するか」、『教職研修』、2009、37巻7号(439号)、pp.44-45。
拙稿、「理科における習得型授業と活用型授業」、『教育時評』、No.18、2009、pp.24-27。
 - 19) 米国学術研究推進会議、編、『授業を変える』、北大路書房、2002、p.12、pp.18-20、p.45、p.65、p.96。
三宮真智子編、『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』、北大路書房、2008。
 - 20) S. M. Glynn, et al., *The Psychology of Learning Science*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1991, p.113.
 - 21) D. Hodson, *Teaching and Learning Science*, Open University Press, 1998, p.75.
 - 22) 佐伯胖、他編、『科学する文化』、東京大学出版会、1995、p.227。
 - 23) J. V. ワーチ (佐藤公治、他訳)、『行為としての心』、北大路書房、2002、pp.227-229。
 - 24) 『PISA 2006』、p.159。
 - 25) D. Hodson, *op.cit.*, p.121.
 - 26) 拙稿、前掲論文、「自ら学び、自ら考える力を育てる理科の学習指導」、p.66。
 - 27) 例えば、R. J. Rezba, et al., *Science Process Skills*, 4. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, 2003.