

# 1 理科教育学から見た現職教員スキルアップ（第2報）

## 1-1 はじめに

昨年度の報告書では、理科教師に求められる2つの技能を同定した。そこでは筆者は次のように書いた。

ここに、アメリカのある大学の教師教育担当が提示する一文がある。

『…私たちが学習者に提供するものは、物理・化学・生物・地学などの 教科内容について専門性を高める<sup>①</sup>機会はもちろんであるが、それ以上に 教師としての認知的能力を形成し高める<sup>②</sup>ための学習や実習の機会である…』

… CTE provides students with the opportunity to engage in coursework and field experiences that focus on the character and formation of cognitive abilities as well as subject matter expertise ….

CTE とはコーネル大学教育学部教師教育担当部門を指す。

この認知能力が何を指すかについては、この文章に続いて、問題解決の思考、反省的思考、教育の社会的文脈、知識・理解の統合、コミュニケーション、授業実践能力、探究能力などをあげている。

この一文は、理科教師にとって、2つのスキルが重要であることを示している。第1に教科の専門的知識を深めること（①に相当、以下「スキル1」）。第2に教師として認知的能力すなわち問題解決の思考、ないし授業実践能力、探究能力などである（②に相当、以下「スキル2」）。これは現在日本の教員養成で求められている教科教育の充実と重複する部分である。なお、注意する点はこの2つが内容と方法というように分離できるものではないということである。

この上で、「スキル2」の視点から、学習者のメタ認知の育成と、教師自身の授業のモニタリングの重要性について指摘した。

ところで、今回の報告では、スキル2の立場からは、大鹿による「I-2 理科指導のありかた」から始まる報告において論じられている。したがって、「スキル1」に近い立場から、現職教員のスキルアップについて検討する。そのため英国の「初等理科」の教科書（大学の教科書、あるいは現職研修用）の一部を紹介する。これは、教科教育法ではなく、小学校で学習する内容を主とするテキストである。では、なぜ英国の「初等理科」か。それは次の2つの理由による。

- (1) ここで紹介する英国の「初等理科」は、どのような考えに基づいて設定されているかが明確に示されている。この教科書には、はもちろん小学校理科で必要となる内容が記述されている。しかし、前提として構成主義的な理科学習論の考えが明確に示されており、その立場から、内容を記述している。つまり、子ども達の自然認識の実態としてミスコンセプションと科学の内容が明示されており、理科の授業実施に直接結び

ついたものとなっている。こうした内容記述のテキストは現在日本では見あたらない。

(2) 日本の学習指導要領が、今後内容の記述だけではなくなる可能性がある。現在の日本の学習指導要領（平成 10 年版・平成 15 年一部改訂）には、学習の内容が記述されている。それに対して、英国の学習指導要領（ナショナルカリキュラムと呼ばれるが、ここでは、「英国の学習指導要領」と呼ぶ。）は、次のような特徴を持っている。①大綱的に書かれている。②科学的探究の習得を重視している。③評価規準が含まれている。④日本の評価規準の考え方と共通の部分と、異なる部分がある。つまり到達目標だけではなく、スタンダード目標ともいうべき評価基準が設定されている。

そして、日本の次期学習指導要領もそうしたものに推移していくことが予想されるからである。

## 1-2 英国（イングランド）の教育制度

ここでは英国の教育制度と、その教育課程を概観する。日本と英国では教育制度が異なる。小学校入学時の年齢が 5 歳であること、教育課程が指導要領上は学年別になっていないこと、などである。なお、イングランドと書いたのは、英国のスコットランドとウエールズ（その制度の一部）についてはイングランドと異なる教育制度を持っているためである。

### 1-2-1 教育制度と評価システム

イングランドの教育の特徴は、①キーステージを設定していること。②英国学習指導要領(1999)は学年ごとに指導内容を規定しているのではなく、キーステージで学ぶことを示していること。③各キーステージ終了年次にナショナルテストという全国一斉学力テストを実施していること。④11 年生で義務教育終了資格試験（GCSE）を受験すること。⑤日本の高等学校に相当する 6thForm は、その多くが中学校に併設されていること。以上である。

なお、ナショナルテストは QCA<sup>(注1)</sup> と呼ばれる独立行政法人によって直接、また GCSE は QCA により間接的に実施されている<sup>(注2)</sup>。

(注1) QCA（資格認定及びカリキュラム開発機関：Qualification and Curriculum Authority）。文部技術省の外郭団体で独立行政法人。カリキュラムと、ナショナルテスト、GCSEなどを統括している。

(注2) Edexcel, AQA, OCR の 3 つの会社を資格授与団体(Awarding Board)とよぶ。GCSE の問題開発とカリキュラムをつくる民間の業者。従来は 10 社ほどあったという。

## 1-2-2 ナショナルカリキュラム

英国学習指導要領は、4つの領域からできている。科学的探究(Scientific Inquiry), 生物(Life process and living things), 化学(Material and their property), 物理(Physical process)である。科学的探究はキーステージに応じたスキルが記載されている。生物・化学・物理は科学的内容である。日本の学習指導要領が内容を示すのに対して英国学習指導要領は科学的内容と高次の思考の両方を示すといえる。われわれが行ったインタビューによれば、小学校では科学的内容よりも、問題解決の能力の育成を重視している。

また、各領域はキーステージ毎に教師が何を教えるべきかについての枠組みを示し、キーステージ4までに生徒が習得すべき内容が8段階に設定されている。キーステージ毎にその到達レベルが示されている。これはナショナルテストの点数で分類される。

学校		テスト	ステージ	学年	年齢	日本
中学校		A レベル	6thForm	13年	17歳	高3
		AS レベル		12年	16	高2
	義務教育	GCSE	KS4 キーステージ 4	11年	15	高1
				10年	14	中3
		ナショナルテスト	KS3 キーステージ 3	9年	13	中2
				8年	12	中1
小学校	ナショナルテスト	KS2 キーステージ 2	7年	11	小6	
			6年	10	小5	
			5年	9	小4	
			4年	8	小3	
	ナショナルテスト	KS1 キーステージ 1	3年	7	小2	
就学前			2年	6	小1	
			1年	5		
		FS Foundation Stage		4	幼保	

図1：イングランドの教育制度

## 1-3 翻訳資料

ここで紹介する資料は、Science Knowledge for Primary Teachers -Understanding the Science in the QCA Scheme, David Fulton Publishers,2004-の第1章 Exploring Science Ideas である。第2章以下が「人間の体」「力」など内容を扱うのに対して、こうした内容の記述についての基本的方針と学習観が示されている。その内容は次の4点である。

- ・ なぜ教師は科学的な知識と理解を深めることが重要か
- ・ なぜ理科の学習は難しいか
- ・ 理科授業を作るにあたっての QCA の教師用指導書の役割

- ・ 科学的探究
- ・ 理科とその他の複数教科とのつながりについて

第2章以下の内容は、こうした基本的方針と学習観にそって示されている。

## 1-4 小学理科の内容を学習するための科学的考え方についての基本的捉え方（訳）

### 1-4-1 なぜ教師は科学的な知識と理解を深めることが重要か

理科は英国の教育課程の中核となる教科である。そして、この教科は子ども達を刺激して、やる気を引き出す性質を持っている。なぜなら、この科目は子ども達に身のまわりの世界を理解する方法を提供するからである。子ども達は自然事象についてよく質問する。そしてよい理科の授業は質問の設定のしかたと、子どもが学習活動の中から、自らその答えを見つけるための手だてを提供するものなのである。

悩ましいのは、おとなであるあなたが知らないことについて、子どもが興味を持ち、自分で実験や観察をしながら答えを見つけようとするときのことである。本書を読み、科学的な知識や理解を深め、自信がもてるようになり、子ども達の質問に対して適切に答えられるようになることを筆者は望んでいる。その場合適切な答えとは、例えば次のようなものである。

「それはとても良い質問だね。その答えを見つけるのはどうしたら良いんだろう。一緒に考えよう。」

本書を手に行している皆さんの多くは、中高時代に理科を学んだことだろう。そしていくつかは科学的な現象や公式を覚えているだろう。しかしこれらの知識は相互につながりを持っているだろうか。もし持っていないとすれば、概念としてはその正確さはあやしいものだと思う。本書を読むことで、科学的な知識相互の結びつきを作り、既に持っている知識をより深く、理路整然としたものにしてくれることを期待している。また本書を通して自信を持てるようになり、さらに読書や調べ物をしながら科学について興味をひろげてほしい。

この小学校理科の科目を履修して、教育学部を卒業した学生が次のように言っている。

「私はものの見方が変わりました。世の中って素晴らしいですね。私は物事が見えるようになったのです。」

あなたも、このように感じるようになるだろう。

英国学習指導要領はその導入部で次のように述べている。

「理科は身の周りの自然現象や物事についての生徒の好奇心を刺激し、かき立てるものである。そして、この好奇心を科学的知識で満足させるものである。なぜなら理科

は実際の経験と頭の中の思考をつなぐものであり、学習者の色々な学年や発達段階に応じて、興味を持たせることができるものだからである。科学的方法とは、実験から得られた証拠やモデル作りなどを通して、その説明を深めたり評価したりするものである。これが問題解決や創造的思考のきっかけになる。理科を通して子どもは科学上の重要な考え方が技術にどのように転用されているかを理解することになる。つまり科学上の重要な考え方が、各種工業、ビジネスと医療に与えた大きな影響、生活の質向上に果たした役割を知るようになる。また子どもは科学の文化的意義とその世界規模での発展状況の様子を学ぶ。子ども達は科学と関わりのある、身の周りのことや未来の社会のすすむべき方向性について、課題を設定し、議論することを学ぶ。」(15ページより)

#### 1-4-2 なぜ理科の学習は難しいか

理科の学習が難しい一番重要な理由は、科学が直観に反するからである。私たちはなぜ、物事がそのように動くのかについて自分なりに説明を作り上げている。その説明と科学的な説明とはお互いに矛盾することが多い。自分の考えは生活経験をもとに作り上げるので、簡単には修正できない。つまり自分の考えはそれなりに意味がとおっているように見えるのに、科学的な考え方は変な考え方に見えたり、本当らしくないように見えるのである。今まで子どもの認識については、広範囲にわたる調査研究が行われているが、背景にはこのように簡単には修正できない子どものミスコンセプションの存在と、それに対する指導方法開発の難しさがある。そうした研究の一つとして例えば英国リーズ大学の子どもの学習についての理科研究グループはリーズ市議会の教育部と協力して、子どもの学習を捉える一連の教材を作成した。この報告はドライバー (Driver,1997) とその関連資料に詳しく見ることができる。また、小学校理科の調査研究プロジェクトとしては、リバプール大学とロンドン大学キングスカレッジで取り組んだ SPCEP(Science Process and Concept Exploration Project)がある。これは後にナフィールド小学校理科計画となるものであるが、その中には科学的な学習内容についての子供達の考え方が、記載されている。こうした子どもの考え方は、正式に理科の授業を受けないとだれもがそう考えるようになるものである。それは、日常生活の中と、多様な経験によって構築されたものなので簡単には変わらない。ただしこの経験というのは実際に何かをするというだけではなくて、他者との会話、読書、多様なメディア視聴という仮想的体験も含まれている。例えば、子ども達は地球や宇宙についての考え方を科学的なフィクションを読んだり、テレビ番組を通して身につけることもある。すなわち、直接経験としてはスーパーマーケットには買い物カートが用意されているが、これを押すことをやめれば、その運動が止まることを子どもは経験している。だから理科の先生に「物体は何か力がそれを止めない限り同じ速さで走り続ける」

といわれても、その理解はとても難しい。一方、仮想的体験としてのメディア視聴がある。TV番組の中で、敵の宇宙船を攻撃したとき、大きな爆発が起こることを見る。しかし理科の教師は「真空中では音は伝わらない」という。教師の言うことを一生懸命に受け入れようとする子ども達であれば、こうした科学的知識を暗記することはできる。しかし本当に教師の示した科学的知識を信じるわけではないし、自分の考えを修正しないで待ち続けている。そして、実際スーパーマーケットでカートを押し続けるのである。

こうした非科学的な考えはいわば世界共通のミスコンセプションと呼ぶことができる。文化的背景や国が異なっても多くの子どもがどこでもこのような考えを持っていることを今までの研究は示しているからだ。このことは次の点の必要性を示している。つまり理科の内容を教えようとするときにはこのミスコンセプションに対応できる計画を立てること。そして同時に今教えている子どもに固有のミスコンセプションというべきものを見つけ出すように努めること。この2つが必要である。科学的知識そのものを豊かにすることと、このようなミスコンセプションについての知識を深めることによって、私たちはよりよい授業を作ることができるようになる。だからもし具体的教材について、子どもの現在の状況とその子どもにどのようになって欲しいかを明確にすることができれば、これをつなぐ適切な道を開発することができるようになる。

理科教育における構成主義者は、学習というものを活動的な過程であると捉えている。もちろんその過程とは、学習者が本人の理解を発達させたり、構成したりする過程のことを指している。このとき新しい知識への対処の仕方が2種類ある。第1に、学習者は新しい経験を、既に持っている考え・事象に対する知識・経験に取り入れようと努力する。つまり何か新しいことに出会ったとき、既に持っている知識の枠組みの中に、この新しいことを取り込もうと努力することを意味している。第2に、既に持っている枠組みを修正することでまるきり新しい情報や考えを付け加える。場合によっては新しく経験したことを例外と見なし拒絶したり、その新しい経験を、自分の信じている枠組みに合うように解釈しなおすこともある。この第2の場合として、ある大学の教育実習生の例がある。この学生は砂糖は冷たい水にはとけないと確信していた。冷たい水の入っているカップの底にとけないで残る砂糖を見たという経験があったからである。彼女のこうした考えが正しいか否かを検討させるため水と砂糖を与えた。そのとき彼女がしたのは多量の砂糖に水を滴下することだった。それによって彼女は自分の考えの正しさを証明して見せたのだった。溶解について彼女に正しい知識と理解を身につけさせるには、もう少し色々なことを指導することが必要である。学習したことについてどの点を重視して選び出すか、またその結果を用いて自分自身の理解をどのように構築するかということについて、上記の例は、教師が教えようとしたことと、学習者が学んだことの間にとっても大きな食い違いがあることを示している。

構成主義者の考えに基づいた授業方法には、まず子どもが既に持っている考えを見いだすこと、次にこうした事前の子どもの考えと今学んでいる新しい考えを比較検討したり修正する場面を設定すること、この2つが必要である。この検討の時、新しい考えと子どもが既に持っている考えとの間のギャップがあまりに大きすぎると、新しい考えは受け入れられないだろう。したがって、このとき教師に求められるのは、このギャップを何段階かに区切って提示する能力である。もちろん、区切るといっても、最後にはこれらは統合できるものでなければならない。またこの指導が科学概念に徐々に近づいていけるものであることも必要だ。

子どもの考えを探るには色々な方法がある。よく用いられるものとして、概念をイラストを用いて表現する方法 (Naylor and Koegh,1996)、ポスター作り、実物を与えて選別や分類をする学習活動、コンセプトマップ、予想・説明・実験の実施という過程を含む探究活動などがある (なお、探究活動は基礎的なレベルから高次のレベルまで多様である)。

ドライバー (Driver,1988) は構成主義者の指導方法を開発している。それによると、まず導入ステージがある。これは学習者の興味や関心を喚起する部分である。そのとき学習の目的が明確になっていること、また学習内容はそれを支える文脈を重視すること、これがポイントである。次に、顕在化ステージである。子どもの考えを明らかにする。続いて、再構築ステージである。ここでは子どもに、新しい考えが色々な方法を駆使して提示される。そして、子ども自らその新しい考えを実際に学習内容に使ってみる。最終ステージとして、子どもは新しい考えを別の学習内容に用い、検討する時間を与えられ、自分の学習を振り返る。この段階は、新しく学んだことを強固なものにすると同時に、自分の考えがどのように変わったかを自ら検討するものになる。

### 1-4-3 理科授業を作るにあたっての QCA の教師用指導書の役割

1998 年、QCA は英国文科省学務部局とともに、QCA の指導計画書 (教師用指導書) を作成した。そこでは次のことが述べられている。

「この QCA の指導計画書は、学習指導要領に記載されている小学校の学習内容とその到達目標をどのように具体的実践に結びつけるかについて説明している。そして当該の子ども達に理科をどのように教えるべきかを示している (Science Teacher's Guide,1998)」

2000 年にこの QCA の指導計画書の改訂版が出たが、その中では、学校で理科の指導計画を作るとき、この QCA の指導計画書を用いるかどうかは自由であり、学校の選択に任せ

ることが示されている。

「学校が必要と認めたとき、ここに示した QCA の指導計画書に、単元を付け加え、あるいは修正して用いてもよい。しかしながら、学校が理科の指導計画を作るときこの QCA の指導計画書を用いる義務はない。」

小学校における理科教育の歴史を振り返ると、なぜ QCA がこのような指導計画書を作ったのか、又なぜこの時期だったのかがわかる。

振り返ると 1960 年代に、英国理科教育学会をはじめとする複数の学会は、小学校教育に理科を取り入れる必要性を強く要請した。当時、科学の進展はめざましものであった。宇宙開発競争が注目され、新しい科学と技術は、私たちの日常生活において重要な役割を果たすようになっていた。そこで述べられたのは次のことである。社会は科学と技術の発展を理解すること。科学を支えている基礎的概念を理解すること。世界規模で行われている競争に勝つため、新しい科学者を育てること。この 3 点の必要性であった。また当時は、小学校で理科の教育を始めるべきだという考えは、次の 2 つの信念に基づくものであった。第 1 は、子どもが物事について興味を持ち始めるのは小学校である。第 2 は、理科では単に教科書を説明するだけでなく、自然について探索したり、課題解決型の学習をする機会を取り入れるべきである。

こうした教育についての考えをもとに、いくつものカリキュラム開発プロジェクトが始まった。一番早いものは、1964 年のナフィールド中学校理科プロジェクトがあり、続いて 1967 年の科学 5/13 がある。これは学術協議会が作った。また、1979 年に学術協議会は科学を通して学ぶプロジェクトを実施している。しかし残念ながら、大きな予算をこれらのプロジェクトに配分したにもかかわらず、小学校の理科教育の開発と教育課程開発は失敗に終わった。その理由は理科教育学会と勅任視学官(HMI)によれば、小学校理科教師に科学的知識とその理解がないことによる。1980 年代になると、再び小学校の理科教育を改善しようという動きが出てきて、結果として 1988 年、英国教育課程のコア（核）として英語、数学と並んで理科が設定されたのである。

そのとき、多くの小学校教師は、ほとんどあるいは全く科学についての知識と理解がない状態で、この新しい教育課程を実施しなければならなかった。結果として非常に大きな不安を彼らは抱えることになった。また、このときの学習指導要領に書かれている文書は解釈するのが難しく、施行されて数年は何度も修正が必要であった。1995 年、デアリング卿がこの学習指導要領の見直しに着手した。このデアリング卿の仲裁と報告（訳者注：デアリングレビューと呼ばれる）により、学校側は、2000 年になるまで、この学習指導要領を修正しないように QCA と英国文科省に要求し、それが認められたのである。現在一番新しい学習指導要領（ナショナルカリキュラム）は 1999 年に発行されたが、この見直し



により修正されたものである。一方、小学校の教師達は、理科を教えようと努力して、そのための支援策を要求した。当時内容が難しかったため、多くの教師は単元の一部を教えなかった。驚くべきことに、力学や電流の学習がその対象であった。そこで、QCAは教師を支援する文書を作った。QCAの指導計画書である。1998年のことであった。

この指導計画書は小学校の理科教育を支援するために導入されたものであるが、具体的には次の点を目指している。

- ・ 小学校理科の質を高める。
- ・ 学習レベルの国内の均質化とそれをもとにした学習の深まりをめざす。
- ・ 政府の関係機関が具体的な内容に絞って学校を指導できる。

多くの学校はQCAの指導計画書を、教師を助けるため、そして理科教育の授業をつくりやすくするため、用いるようになった。また、ある教師は理科を教えるための参考にこれを用い、別の教師は彼らが独自に作った指導計画を評価するためにベンチマークとしてこれを用いた。そして現在でも多くの小学校の教師達が理科の計画づくりのとき、基礎資料としてこれを用いている。

QCAの指導計画書は、学習指導要領に示された内容を学年別、単元別に割り振っている。これにより教育課程に連続性ができあがった。ここに連続性とは、教師が立てる指導計画の配列を指す。それによって学習者は自分の学習を達成するための枠組みを知るのである。一人ひとりの子どもの学習の進み具合はその子どもの学習状況によって異なる。QCAの指導計画書はそれぞれの単元の中でこれを支援するようになっている。各単元は導入で始まり、顕在化の活動、そしてさらに単元に応じた学習活動が組み込まれている。そこで、自分の持っている考えと新しく学ぶ考え方の検討が始まる。単元の終了時にはまとめと復習を行う。こうした学習活動の配列は、理科が得意でない教師を支援するものとなる。というのは、この順にそっていくと学習すべき概念が効果的に発達していくように設定してあるからである。その他に『注意点』がある。ここではよく知られている誤った理解やミスコンセプションが説明されている。また健康と安全についての配慮事項も示されている。しかしQCAの指導計画書には概要だけが示されているので、教師は一人ひとり自分の受け持つ生徒と、その学校の時間割に合うように計画を調整する必要がある。やがて教師が理科を教えることについて自信が持てるようになる。そして、教え方が創造的になったり、QCAの指導計画を柔軟に扱うことができるようになる。自分の受け持った子どもに合った楽しくて、興味をかき立てる理科の授業を作ることができるようになるのである。

#### 1-4-4 科学的探究

科学的探究は、小学校の理科教育の中では重要な位置を占める。科学的探究といっても、温度計の使い方を学ぶというような基礎的な技能の習得から、子どもが問題解決のために

実験の計画作り，実施，結果の解釈をするという一連の学習活動など高度なものまでの幅がある。その他にも，子どもが取り組む学習としては新しく学んだことをイラストで描いたり，注意深く観察するなどがある。例えば，花の構造の部品1つ1つを注意深く観察し，それぞれの名称を確認したり，空気の抵抗が少なくて質量の異なる2つの物体を同時に落下させ観察するのは，そのよい例である。取り入れる学習活動によって目的は違うのだが，しかし子どもがそうした学習活動に取り組むとき重要なのは，子どもが何の目的で，いま何をしているかを知っていることである。ほとんどの子どもは活動的な学習が大好きである。そのため，ただ楽しいだけで終わってしまうこともある。つまり，科学的な技能や概念を全然理解しないで，教師に指示されたまま活動して，正しい答えだと思ふものを表面的に仕上げるのが可能なのである。積極的に取り組んでいるように見えても，教師がねらったような学習をしているとは限らないのである。

科学的探究を行うときの技能や手順は事前に教えてもらうことが必要である。この場合技能には，色々な科学実験用の器具の使い方の習得が含まれる。またどの程度正確に測定したらよいかを判断できるようになることも含まれる。だから，子ども達はてんびん，虫眼鏡，温度計，そして液体の体積の測り方を学んでおくことが必要だ。またそれと同様に大切なのは，何を測定したら良いのか，いつ，どの程度の精度で測定をする必要があるかを学ぶことである。すなわち意志決定も求められるのである。

だからもしタンポポの種子が地面に落ちるところを見て，それに要する時間を知りたいと思ったとすると，時間を測定するためにストップウォッチを選び取る。それがあれば，落下の様子を見て，ストップウォッチをスタートさせ，止めるという反応をすることができ，できるだけ正確な時間（秒）を記録することができる。子ども達は，たぶん100分の1秒の数値を記録するだろう。なぜなら，ストップウォッチがそこまで表示するからだ。またそこまで書いた方が正確だと考えるからである。この実験では種子を同じ高さから落とすということが実は一番大切なことである。ただし，高さの測定の必要性を知っていることと，定規を使うことができることは別のことである。例えばこの場合定規を使うとき，メートル，センチメートル，ミリメートルのどの単位を用いるか。結果に自信が持てるようになるためには，何回測定すればいいのか。測定しようとするものが定規の長さより長いときはどうするか。こうした意志決定の方法は教えられなければならない。

英国学習指導要領に記載されている科学的探究の手順は，計画作り，実験データや観察事実の獲得，その提示，結果の考察と一連の学習の評価である。こうした手順は，当該の単元だけではなく，すべての理科の教育課程を通して身につけるものである。そして，この手順を学ぶこと的前提として，科学では証拠や事実の収集をすること，問いを設定すること，理科の他の領域とのつながりを見いだすために，自分のアイデアを創造的に考えたり検討したりすること，これらがある。だから概念の習得と同時に科学の手順を身につ

けさせなければならない。そのためには、教師サイドでの計画作りが必要になる。QCAの指導計画書では、各種実験と探究のしかたが身に付くように、それぞれの単元を設定してある。そして、3つの要素、つまり計画作り、データなどの獲得、結果の考察について、子どもの学力を育てることがその中では明確に記されている。こうした、技能や科学の方法を身につけさせ育てるということは、とても大切なことなので、これについていくつかの文献、たとえばハーレン(Harlen,2004)、ホリンズとウィツビー(Hollins and Whitby, 2001)、シェリントン(Sherrington,1998)等の理科教育関係のものを読んで、知見を深めてほしい。

#### 1-4-5 理科とその他の複数教科とのつながりについて

理科は他の教科と独立に教えられるべきものではない。もし理科を、学ぶべき事実と真実の集積したものととらえるなら、理科は客観的な方法で教えることが可能となり、事物を証明するために実習を行えばよいことになる。

しかし、もし理科を私たちが生きているこの世界を理解しようとする努力としての素晴らしい探検活動であるととらえるなら、次の3つが可能になる。

- (1) この世界を創造的にとらえること。
- (2) 自分たちの考えについて議論し、コミュニケーションをし、共有すること。
- (3) 科学を社会的な活動にするということ（その活動とは、科学だけでなく他の内容や日常生活と関わりのあるものを含むものを指す）。

以上である。

英国学習指導要領における「発展的な学習」の項目は、科学についての後者の立場を反映している。それによれば、科学的知識、技能、理解は子どもにとってなじみのある文脈を用いて教えられること、科学ではたくさんの有用な技術開発の成果を取り入れること、この2つの重要性を示している。情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）をもとにした情報源や器具を効果的に使うことが求められている。このことはICTを使った学びとは情報の収集、表示、分析だけではなく課題学習のための道具としてこの技術を使うことを意味している。表計算ソフトやデータベースソフトの使い方を工夫するのは、それをデータ表示に使うだけではない。データの意味することを考え、子どもが実験によりデータを収集し、そのデータの意味のとらえなおすこと。そしてソフトウェアを使って他のデータベースからデータを得ることに取り組ませることになる。ここでは、実際には小さすぎて目に見えない現象をモデルで表現し、そのモデルを操作すること（例えば分子モデルがそれに相当するが）、これが必要であるとか、大きすぎるものを太陽系モデルで表現して、それによって理解が深まり、その内容について意欲的になる。コ

ンピュータグラフィックスは私たちの視点や変数の扱い方を変えることができるが、もしその学習過程を有意味にできれば、これを用いることはとても有益である。

実験や観察データを継続的に集め、その推移を表現するデータロガー（物理量の継続的記録装置）は、実験で現在目の前で繰り広げられていることと、グラフ表示が結びついていて、リアルタイムでこれを見ることができる。例えば、温度測定の手元ロガーを用いれば、断熱材を用いた場合と用いない場合のお湯の温度の冷えかたをとらえることができる。そうすれば子どもの注意は、一定時間毎に温度を読み、記録し、グラフを作るときの X 軸と Y 軸の尺度を決め、データをプロットし、グラフを作成するというよりも、冷却時の 2 つのグラフの形やその時間的推移の違いに子どもの注意を向けることができる。もちろん、こうしたデータ収集から、その表示のための技能を習得することは大切である。しかしもし子ども達がこの点については既に十分身に付いているとすると、ICT を用いることで、データの解釈と科学的概念に集中することができるのである。

科学を探究していくには、各自がお互いに持っている考えを、色々な方法で伝え合うことが必要である。そこには、例えば、はじめに持っていたお互いの考えについて議論し合うことやほかの人がどのように考えているか、どのような意図で実験計画を作ったり、相互のコミュニケーションをはかろうとしているかを調べることも含まれるだろう。

読み書き計算の能力（いわゆるリテラシー）と理科の間には、かなり強いつながりがある。そして大切なことは、このつながりを使うことである。

よく知られている物語から疑問がわいてきて、それをもとに理科の課題解決学習の計画作りにつながることもある。例えば「ゴールドロックス」(訳者注～Goldilocks and three bears：英国の話で 3 匹のクマの家を訪れて眠り込んだゴールドロックスという名前の女の子の話)は、物体の冷却について勉強するにはちょうどよい物語である。「3 匹の子ブタ」は構造物の強度を調べる学習で使える。「王女とカエル」はライフサイクルを見つけ出すのによいだろう。

理科では色々なレポートが宿題として課される。理科で求められるレポートには一定の形式がある。もちろん子どもはこうした正式なレポートの書き方の指導を受けることが必要である。しかしすべての場合に正式の方法でレポートを書く必要はない。例えば植物の発芽の条件を見つけ出したあとだったら、その苗木が育つ条件下での様子を絵はがきにするのはどうだろうか。また、一定時間毎の変化を記録する場合には、1 コマ毎に細長いカードにイラスト風に記録をつけ続けることもできるだろう。例えばリンゴを食べたあとそれがどのようにおなかの中で変化していくかを想像して物語を書いてもよいし、私たちの歯に付いている細菌類が生き延びるためにどのような努力を歯の上でしているかを想像して書いてもよいだろう。

理科と数学にはかなり強いつながりがある。理科では色々なものを測定するが、そこで

得られたデータを表やグラフにして記録したり，測定結果を比較，並べ直し，分類したりする。科学的な考えを数学の等式として表現することもよく行われている。したがって，理科と数学の教育課程のつながりを開発していくことはとても大切なことである。

またある分野で学習したり，やり方が上手になった技能を，違った内容を学んでいるところで，使おうとしても忘れてしまうことがよくある。こうした他の状況への技能や知識の転移がうまくいくように子どもを支援することもとても大切なことである。

理科は今日教育課程の中で重要な位置を占めている。また理科は人々の生涯を通して重要であり続ける。教師である私たちは，将来の偉大な科学者を育てたり，あるいはおとなになってから学校で学んだことを活かすことができ，あるいは色々なメディアを使って提供される新しい科学や技術を理解できる人を育てるのである。

これから解決していかなければならない現代の課題はたくさんある。クローニング，発電，集中的に化学肥料を用いて肥沃化することの環境への影響，遺伝子操作をした穀物の増加などである。私は将来を担う子ども達が，これら重要な課題に，情報に基づいた議論に参加できるようになって欲しいと思う。

(古屋光一訳)

## 文献

Science, The National Curriculum for England,1999 QCA.

Science Teacher's Guide: A schema of work for Key Stages 1 and 2, 1998,QCA..

古屋光一：イングランドにおける小学校理科の授業実践とそれを規定するもの－Christ Church CE Primary School(ロンドン)の場合－，臨床教科教育学会発表資料，2006

Linda Gillard: Science Knowledge for Primary Teachers-Understanding the Science in the QCA Scheme, David Fulton Publishers,London,2004 他。

(古屋光一)