

理科教育学における 教授・学習論の変遷と今日的課題

小野瀬 倫也

【要約】

PISA 型学力に代表されるように、学校教育において期待される子どもの学力等の変化に対応する為に平成 20 年告示の学習指導要領（理科）は、授業時数、内容が増加された。理科に関して言えば、授業時数や学習内容の増加に加え、構成主義的な子どもの学習観が強調された。このことは、新学習指導要領における主な変更が単に従前の内容への回帰ではないことを意味している。特に理科教育における構成主義的な子どもの学習観の認知は、研究者や学校現場に教授方法の再検討をも迫るのである。構成主義学習論の歴史的意義を辿り、その成果を生かして今日的課題にどう対峙するかを検討は必須である。本稿では、第 1 章において新学習指導要領における子どもの学習観について概観した。第 2 章ではカリキュラム改革運動期における理科学習論、第 3 章では構成主義的理科学習論の勃興、第 4 章では現代理科学習論について検討した。その上で、第 5 章において学習動機、ICT、教師の行為をキーワードとして理科教育学における今日的課題と解決へのアプローチについて考察した。

キーワード：理科教育学 構成主義 教授・学習論 学習動機

1. 学習指導要領における理科の学習観

理科授業における子どもの学習実態を解明する研究においては、構成主義的 (constructivism) なアプローチが大きな成果を上げてきた。すなわち、学習者としての子ども一人ひとりが作り上げる考えを認め、それを積極的に意味付けしていこうというアプローチである。後述するように、構成主義的な子どもの学習観は、平成 20 年改訂の小学校学習指導要領解説（理科編）においてその考え方が反映されている。このことから、我が国の理科教育において、構成主義的な子どもの学習観が一定の市民権を得たと捉えられる。また、こうした考えに基づく理科授業は問題解決的、探究的に行われることが多いのも特徴である。

平成 12 年に改訂された学習指導要領（以下、旧学習指導要領と記す）では、学校五日制のもと、「生きる力」「ゆとり」「総合的な学習の時間」などをキーワードに教育課程の編成が行われ、結果として授業内容、授業時間の大幅な削減が行われた。旧学習指導要領が実施される中、PISA⁽¹⁾、TIMSS⁽²⁾といった国際学力調査において、我が国の子どもの学力低下が指摘されると、その矛先は「ゆとり教育批判」へと向かった。

旧学習指導要領下においては、問題解決的、探究的に行われる理科授業は、

授業時間の不足などと結びつけられ、実施の困難性を主張する声が聞かれるようになった。平成 20 年に改訂された新しい学習指導要領においては、理科の学習内容、授業時間数も増加することになった。このことは、単に学力低下の克服という単純図式で知識偏重の教授論の復活と結びつくことが危惧されたが、中央教育審議会は「教育課程部会におけるこれまでの審議のまとめ」⁽³⁾の中で「指導内容の増加は、社会的自立の観点から必要な知識・技能や学年間で反復することが効果的な知識・技能に限ることが適当である」とその方向性についてまとめた。つまり、時間数の増加は平成元年告示の学習指導要領への回帰を意味していない。むしろ、それは PISA 型の学力を目指した新たな取り組みを意味するのである。

平成 20 年に告示された学習指導要領では、子どもがいかにして、科学概念を構築していくのか、所謂子どもの学習観が以下のように示された⁽⁴⁾。

児童は、自ら自然の事物現象に働き掛け、問題を解決していくことにより、自然の事物・現象の性質や規則性などを把握する。その際、あらかじめ児童がもっている自然の事物・現象についてのイメージや素朴な概念などは、問題解決の過程を経ることにより、意味付け・関係付けが行われる。そして、学習後、児童は自然の事物・現象についての新しいイメージや概念などを、より妥当性の高いものに更新していく。

このような子どもの学習観は、構成主義的な学習観と軌を一にするものである。すなわち、子ども個々が作り上げるイメージや概念の承認とその伸長を志向することを基底としているのである。それは、子どもが持つ既存のイメージや素朴な概念と新たな事象との意味付け、関係付けがなされることによって科学概念構築がなされるということである。新しい学習指導要領（解説）における説明を見る限り、理科学習における構成主義的な子どもの学習観は我が国においても市民権を得たと言えるだろう。そこで本研究では、構成主義的な理科学習論の変遷を振り返り、構成主義的な理科学習論の成果について整理する。その上で、理科教育学研究における今後の課題について論考する。

2 理科学習論の変遷

2.1 カリキュラム改革運動期における理科学習論

1960 年代は、それまでの学校教育のあり方の見直しが要請された。この動きはカリキュラム改革運動としてアメリカに端を発し、およそ 20 年間続いたのである。カリキュラム改革運動期には多くの教育プロジェクトが出現した。理科教育学について言えば、その基礎理論として取り上げられたものは既存の心理学理論であった。しかし、「この時期においては、従来の枠組みである心理学だけではなく、そこに教授学、哲学（科学哲学も含めて）の諸理論を融合させ「借

り物」ではない理科独自の学習論を展開していった⁽⁵⁾」ところに特徴があった。既存の心理学理論とは、行動主義と認知心理学である。本節では、前者の代表としてはガニエ (R.M.Ganié)，後者の代表としてはピアジェ (J.Piaget) の理論を取り上げ、カリキュラム改革運動期における理科学習論について論考する。

2.1.1 行動主義的学習論を基礎にした理科教授・学習論

行動主義学習論は、学習者の刺激に対する反応のみに注目し、学習成立の有無を判断しようとするもので、学習者の心的なプロセスは分析の対象とはしない学習論である。すなわち、行動主義の学習観である連合理論では条件づけによって形成される刺激と反応の連合が学習の基本単位であり、人間が行う高度な学習も、この刺激と反応の連合という要素に分析できると考える⁽⁶⁾。このような立場から、ガニエは人間の学習によって確立されるパフォーマンスを5つのカテゴリーに分類し、それらの諸要素を組み合わせることで学習の階層化を試みている(表 2.1)。例えば、諸々の知的技能が相互依存的であり、しかも、それらが基礎的な学習様式に依存していることは、図 2.1 のようにまとめられている。

このように、ガニエは学習の諸要素を組み合わせることによって学習を階層化したのである。こうした考えを積極的に取り入れたのがアメリカ科学振興協会 (AAAS)⁽⁹⁾ の理科教育委員会が全米科学財団の資金援助を受けて開発した初等理科カリキュラム SAPA⁽¹⁰⁾ である。

表 2.1 学習によって確立されるパフォーマンスのカテゴリー⁽⁷⁾

カテゴリー	下位カテゴリー
知的技能	高次のルール、ルール、概念、弁別
認知的方略	
言語情報	
運動技能	内的条件、外的条件
態度	

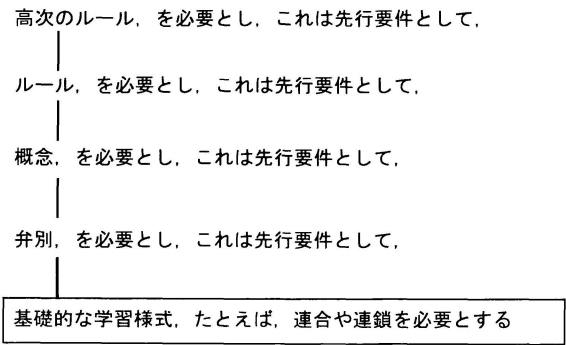


図 2.1 知的技能の階層化⁽⁸⁾

SAPA では、子どもが学習すべき科学的探究技能がプロセス・スキルズとして示された。プロセス・スキルズは、観察、時間・空間関係の利用、分類、数の利用、測定、伝達、予測、推論の八つの基本的な科学的探究技能と条件制御、データ解釈、仮説の設定、操作的定義、実験の五つの統合化された科学的探究技能が示されており、観察から実験に向かって段階的に学習を進めることで、子どもにおける「科学の方法論の形成」が志向された。すなわち、一連のプロセス・スキルズの習得である原理学習は、子どもが一定の方法論を身につけることで問題解決の準備ができたとされるのである。

行動主義では、学習成果が客観的であることを重要視し、観察できるものは行動のみであるとしたことから、学習者の内観は重視されなかった。つまり、行動主義の学習観である連合理論では、刺激と反応の連合を形成することが学習であり、学習の質的な側面は当初から想定しない学習論である。その結果、学習者の内観を重要視した認知発達論を基礎とする学習論とは鋭く対立するのである。

2. 1. 2 認知発達論を基礎にした理科教授・学習論

前述したように、カリキュラム改革運動期における理科教育学が基礎理論として取り上げたものは、行動主義と並んで認知心理学である。本項では、ピアジェの認知発達論を概観し、それを基礎にした理科の教授・学習論について論じる。

ピアジェは、人間の発達を「同化と調節による schema の変換過程」として説明する。子どもが発達していく段階で外部事象を取り入れるために既存の心的構造（ピアジェはこれを schema と呼んだ）を用いる。既存の schema によって外部事象をそのまま受け入れることを「同化」という。既存の schema による受け入れが困難な場合には schema の修正を行い、新たな schema を獲得する。これを「調節」という。また、場面に応じて schema を適切に運用する人間の心的行為を「操作」と呼んだ。

このように、ピアジェは行動主義ではブラックボックスとされた人間の内観を説明しようとしたのである。また、ピアジェの認知発達論の特徴は、子どもの認知的発達（schema の構造）が年齢とともに「予定調和的」に出現するという発達観にある。

こうしたピアジェの理論を理科学習に取り入れたのがイギリスで開発された Science5/13 である。これは、ピアジェの発達段階に沿う形で教材を配列し、文字通り 5 歳から 13 歳の具体的操作前期から形式的操作初期の子どもを対象にした、理科プロジェクトである⁽¹¹⁾。Science5/13 において最も重要視されるのはピアジェ理論に基づく各発達段階に応じた科学的な探究方法の獲得である。従って、各発達段階に応じた論理操作に結びつかない科学概念は無意味なものとされるのである。

ピアジェの理論では、子どもの学習の成立を発達段階に応じた新たな Schema

の獲得と位置づけた。カリキュラム改革運動期における理科学習論が基礎とした心理学理論は、子どもの内観を重視するピアジェの理論と子どもの行動から学習の成立を検証するガニエの理論が子どもの学習のひな形として位置づいたのである⁽¹²⁾。

2. 1. 3 新ピアジェ派の台頭に見る理科教授・学習論の構築

1980年代は、新ピアジェ派(neo-Piagetian)が台頭した。新ピアジェ派の理論は、ピアジェの発達段階を予定調和的に固定化されたものとして捉えるのではなく、積極的な教授によってこれを形成していこうという提案であった。

新ピアジェ派として代表的な研究者であるケース (Case,R.) は、子どもの現在の知的レベルを学習内容に適合させ、認知的な成熟を図るための必要条件として次の三点を挙げる⁽¹³⁾。

- (1) 教材内容を理解するのに必要な情報処理の方法を一連のピアジェの論理操作から分析する。
- (2) 学習者において現在形成されている論理操作の内容を同定する。
- (3) 準備された教材の内容と学習者の現在の操作レベルとの間にギャップがある場合、教材内容を学習者に適合するよう修正したり、あるいは学習者を教材内容に適合できるような処置を施す。たとえば、それを理解するのに必要な情報 処理方法を教える等。

このような観点からの実践や研究が数多く輩出されたが、教材に対する子どもの「適合」をどのように捉えるか、その理論の展開方法には研究者による大きな差異があった。1974年から1980年にかけて行われた、中等学校の理科と数学のカリキュラム評価プロジェクトである Concept in Secondary Mathematics and Science (以下 CSMS と記す) は、具体的にこれらの方法論が理科授業の設計に際してどのように適用されるのかを検討した。CSMS の結果はその中心メンバーであった Shayer,M. らによってまとめられた⁽¹⁴⁾。CSMSに見られるような、新ピアジェ派による学習論の展開は、カリキュラム改革運動期におけるピアジェの学習論を継承するものであったが、意図的に導入された論理操作が子どもに定着するののかという基本的な疑問が残された学習観でもあったのである。

3 構成主義的学習論の勃興と理科学習論の構築

前節において、カリキュラム改革運動期の理科学習論がベースとしたガニエの行動主義学習論、ピアジェの認知発達論とその具現化として新ピアジェ派に見る教授・学習論について論考した。本節では、ピアジェ派の予定調和的発達観に対峙する構成主義的学習観の流れについて論考する。そのために、まず、ピアジェの構成主義への原点回帰として位置づけられる Kamii,C., DeVries,R. らの理論を取り上げる。そして、学習者の内観を重視しつつもピアジェ派に見られる斉一的認識論の否定であり、後に個人的構成主義と呼ばれた Alternative

Conception Movement について取り上げることにする。

3.1 ピアジェの構成主義への原点回帰

新ピアジェ派の予定調和的発達観に対して、「すべての知識は子どもたち一人ひとりが多様な事象に働きかけ、その経験から何かを作りだそうとするときに彼ら一人ひとりの中に構成される」というピアジェの構成主義 (constructivism) への原点回帰と言える理論を展開したのは Kamii, C. と DeVries, R. である⁽¹⁵⁾。すなわち、対象を就学前の幼年期から小学校低学年としているものの伝統的な構成主義に則った理論を展開した。小川らは Kamii, C. らの分析を次のようにまとめる⁽¹⁶⁾。

まず、子どもが「事象に働きかける」ことは、初めは観察したり実験したりするなどの「手作業 (manipulation)」であり、次いで「変化を観察」することによって比較したり関係付けたりするなど「論理操作 (operation)」を行う。この操作から、「いしはねんどよりかたい」「トンボとカブトムシは同じムシのな~~かま~~」というような○○で示した自然事象を整理して理解するための知識が生まれる。こうして生まれる自然事象についての結果判断を彼らは「物理的知識 (physical knowledge)」と命名する。また、「物理的知識」は「～より～」「～と同じ」等の論理操作に基づき形成される。そこで、この知識を「論理－数学的知識 (Logico-Mathematical Knowledge)」と命名する。

これら二つの知識を子どもは次の学習に役立てたり、生かしながら、自然事象への適用を試みることにより「物理的知識」と「論理－数学的知識」を発達させる。こうして、子どもの学習活動において、「物理的知識」と「論理－数学的知識」は表裏一体化して機能していくのであり、このことは図3.1に表すことができる。

このような二つの知識を軸にした理科学習のあり方を考えるとき、その活動の中心は子どもが事象に働きかけをし（つまり実験）、その変化を即時的に観察し（物理的知識の生成）、意味づける（論理－数学的知識の生成）ことができるものでなければならない。Kamii, C. らは、子どもの事象に対する働きかけを十

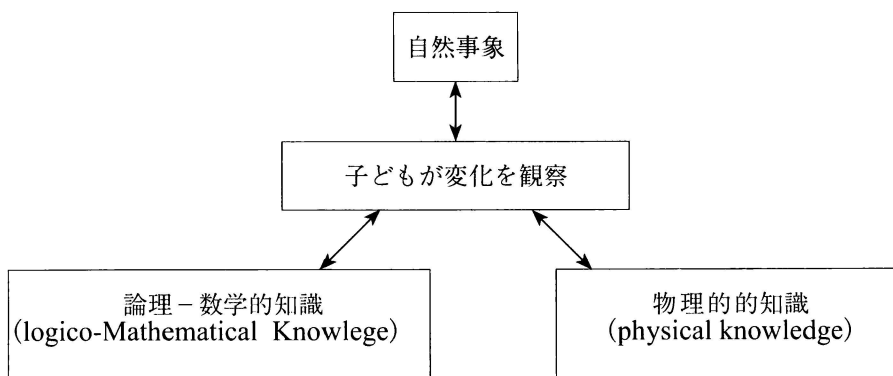


図 3.1 Kamii, C., DeVries, R. の視点⁽¹⁷⁾

分に保障した。そして、子ども自身が知識を構成していく場を保障しようと考えたのである。子どもによる多様な事象への働きかけと、子ども個々による意味構成の保障という Kamii,C. らの理論は、まさしくピアジェが主張した構成主義の原点といえるのである。

3.2 相対主義的科学観と Alternative Conception Movement

新ピアジェ派の出現と同時期に、ピアジェの予定調和的な概念の発達観に抗して、力、熱、生命といった特定の学習内容に関わる子どもの既有概念に関する研究が胎動した。表 3.1 は、後に構成主義者（constructivist）と呼ばれる彼らの研究の内容である。

表 3.1 領域に固有な子どもの論理⁽¹⁸⁾

領 域	認識内容	年 齢	研 究 者
力 学	動いている物体は力を持っており、運動を維持するのに一定の力を必要とする。	すべての年齢	Watts, 1983
	摩擦力は二つの動いている表面が接触したときに生じる作用である。	すべての年齢	Stead, 1981
光 学	昼よりも夜の方が光は遠くへ進む。	9-15歳	Osborne, 1980
物質粒子	空気を構成している粒子間には酸素、水蒸気、空気が存在する。	12-14歳	Osborne, 1983
熱と温度	熱には、冷たい熱と温かい熱がある。熱と温度は同じ。熱は高温を作り出す素である。	すべての年齢	Erickson, 1979
体積置換	重い物体ほど置換する水の量が多い。	すべての年齢	Linn, 1983
浮き沈み	形にかかわらず、重い物体は沈み、軽い物体は浮く。	4-8歳	Linn, 1973
生 命	動くことのできる物が生きているのである。	10歳まで	Carey, 1985
岩 石	岩石とはこぶし大の大きさで、つやのない、ゴツゴツした物である。	11-17歳	Ilapps, 1982
地 形	海溝は海と陸の境界である。	14歳	Freyberg, 1981
植 物	木は植物ではない。草やタンポポは雑草であり、植物ではない。野菜は植物ではない。種は植物ではない。	10-15歳	Bell, 1981
イ オ ン	電気分解中の水溶液の中には電気は流れていない。	13歳	Osborne, 1980

こうした研究は、ピアジェ派に見られる斉一的認識論では説明できない、領域に固有な子ども個々の事象に対する認識の様子を明らかにしていった。こうした領域に固有な子どもの認知を「認知の領域固有性」と呼ぶ。ここでいう構成主義的な学習観とは、「子どもが事象にはたらきかけることで意味を構成していく」という基本的な構成主義的学習観は同じである。しかし、ピアジェの伝統的な学習観では、子どもの学習を同化と調節によって発達段階に応じた新たな schema の獲得と位置づけたのに対して、新たな学習観では、子ども個々の領域に固有な事象に対する意味の構成としたのである。

Osborn, R. と Wittrock, M. は「生成的学習モデル」としてこのことを表現し

た⁽¹⁹⁾。図 3.2 は生成学習モデルの模式図であり、次の (1) から (7) にまとめることができる⁽²⁰⁾。

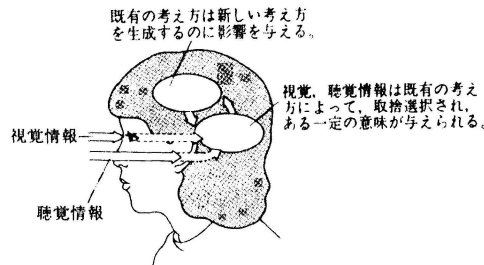


図 3.2 生成的学習モデルの説明⁽²¹⁾

- (1) 学習者は、環境にある、学習者にとって有利と思われる感覚情報のみを選択的に取り入れ、他は無視することにより、記憶を蓄えたり処理する。
- (2) 学習者によって、選択され、注意を向けられた情報それ自体は、意味を持たない。つまり、教師のことばの意味は学習者がそのことばを聞いただけでは伝わらないのである。
- (3) 学習者は、入力された情報と彼の記憶内容との間において、関連性が認められた時、これら二つの情報の間に、結びつきを作ることができるのである。しかしながら、このような結びつきが、教師の意図しない方向で行われることがある。
- (4) 学習者は記憶内容にある情報を引き出し、これを用いて能動的に、入力された感覚情報から意味を構成する。
- (5) 学習は、構成された意味を記憶内容及び経験に照らし合わせて検証する。
- (6) 学習者は、構成された意味を、記憶の中へ包摂する。新たに構成された考えが、直ちに、既に記憶されている考え方に、適応されることもあるし、包摂のために、大幅な考えの再構成や経験の再解釈が必要とされる場合もある。
- (7) 学習者は、潜在意識として、記憶の中で、新たに構成された意味に対して、ある種の位置づけを行うようになる。すなわち、記憶の中で、新しい考え方と以前よりある考え方が、同時に捉えられるようになり、やがて、一方の考え方がなくなり一つの見方として、統一されていくのである。

このように、子どもの多様な学習を認める背景には新たな科学観の導入があった。それまでは、「科学とは客観的な観察と論理（帰納法）を基礎とする」という考え方が主であった。科学をこうして絶対無二の事実と捉えたと、上述の子どもの多様な学びの承認はあり得ないのである。しかし、歴史的な事実から言っても科学は流動的であり、その時代を象徴した考えや合意のもとに存在してい

たのである。例えば、天動説から地動説に、フロギストン説から燃焼説へという科学の転換は良い例である。

このように科学が絶対無二の事実ではなく、個人や集団における「相対的」なものであるという考え方を「相対主義的科学観」という。理科教育におけるこの時代の構成主義では、認知の領域固有性と相対主義的科学観の融合がはかられた。この理論は、「学習者一人ひとりが構築する世界 (personal construct) の承認と、その存在の積極的な意味づけを行おうとする運動 (Alternative Conception Movement, 以下 ACM と記す)」を結実させていったのである。

この運動は学習者の内観を重視しつつも、ピアジェとは異なる意味合いでの構成主義的 (constructivism) な理科の学習論を展開した⁽²²⁾。こうした学習論は後の社会的構成主義に対して個人的構成主義と呼ばれ、Osborne,R. らにより開発、試行された初等教育段階を対象とした LISP (The Learning in Science Project,1979-1984) や Driver,R. らを中心として開発された中等教育段階を対象とした CLISP (Children's Learning in Science Project,1983-1986) にその具体例を見ることができる。ここでは、CLISP を例に構成主義的学習観に基づく教授論について考えることにする。

イギリスにおいて Driver,R. らを中心として教育・科学省 (Department of Education and Science) などの基金により開発されたのが CLISP である⁽²³⁾。CLISP は、中等教育段階 (11 ～ 19 歳) を対象として開発された理科プロジェクトである。そこで展開されている授業や学習は、構成主義学習論として典型をなす一つと考えられる。具体的な構造は図 3.3 に示す通りである。この学習は、「オリエンテーション」、「既存の考え方の抽出」、「考え方の再構成」、「考え方の応用」、「考え方の変化の再吟味」といった五つの段階を経ながら進行していく。

「オリエンテーション」は、子どもの興味を喚起させる導入場面である。「既存の考え方の抽出」では、学習前の既有概念を子どもが出し合い、教師がそれを把握する場面である。学習前の子どもの既有概念を重視する考え方は、構成主義的な学習観の特徴である。「考え方の再構成」において認知的葛藤を引き起こさせる場面を設定していることが CLISP の特徴でもある。こうした場の設定によって子どもの考えを再構成させるのである。「考え方の応用」では、新たに構成された考えの適用場面を広げ、これを強化する。さらに、「考え方の変化の再吟味」によって子ども自身が自分の考えの変化を確認するのである。

CLISP は、これまで幾つかの単元を開発し実施されている。しかし、図 3.3 に示すモデルが必ずしもすべての理科学習に適応可能であるのかは疑問が残る。それは、子どもの学習の多様性を前提とする構成主義的学習観に対して「授業の構成順序」を規定してしまうことが、「学習の再構成に順序性」を持たせるという矛盾を生じるからである。このことが、構成主義的学習観に基づく授業論の構築に困難性をもたらしているのである。

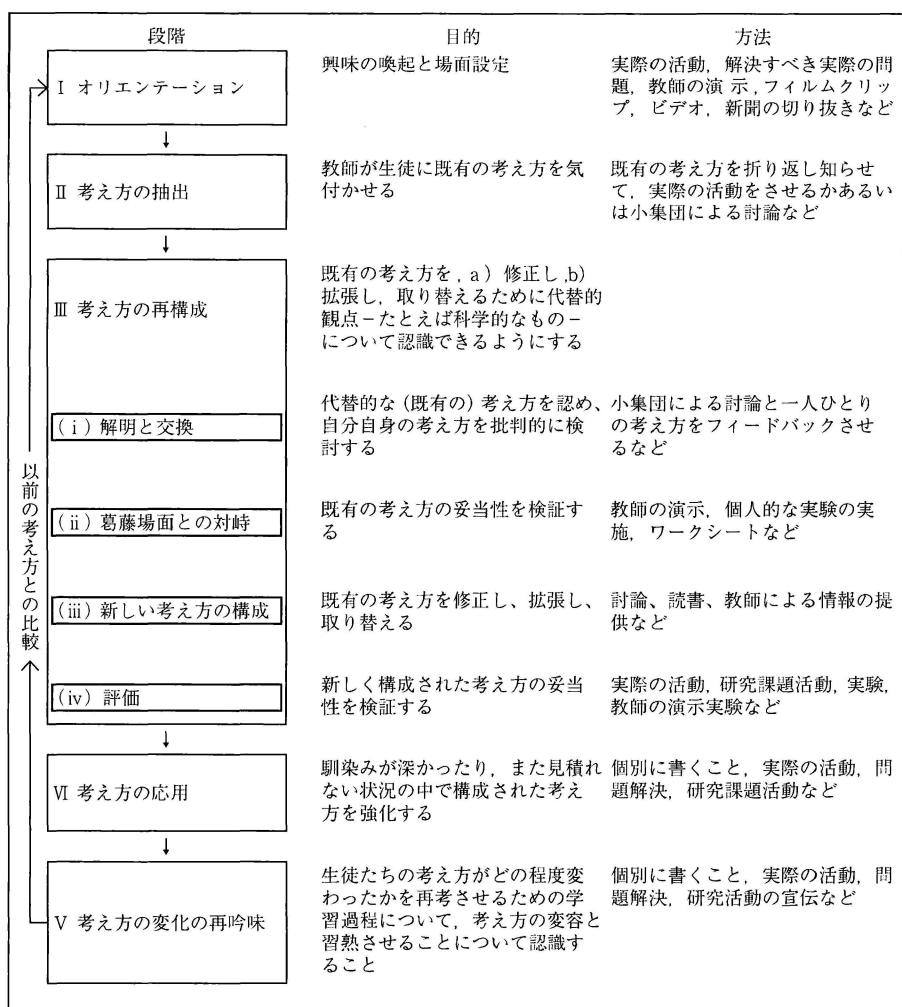


図 3.3 CLISP の構造 ⁽²⁴⁾

4 社会的構成主義の生起と現代理科教授論

1980年代の個人的構成主義研究は、1990年代に入り、教授理論へとその研究の視点を移し、社会的構成主義を生起させていった。本節では、社会的構成主義が生起してきた過程について考えるとともに、その理論的起源となり現代理科教授論に大きく影響を与えた Vygotsky, L.S. の所論である「発達の最近接領域 (ZPD: Zone of Proximal Development)」論について論考する。

4.1 社会的構成主義の生起

前節において論じられた構成主義は、子ども個々の認識の多様性に依拠した理論であり、後に個人的構成主義と言われるようになった。そして、その研究の基本的視点は子ども個々の考えの構成の解明にあった。しかし、1990年代に入り、

教授理論へとその研究の視点を移したとき、問題とされるのは子どもは何を背景にして論理を構築するのかという問いである。つまり、いかなる授業を展開することが子どもの論理構築に寄与できるかということである。それは、構成主義的な授業において子どもが関わりを持つ対象への注目である。

一般的に、子どもは教室における集団の中で、教師やクラスメイトとの対話、観察や実験などの事実、教科書などから得られる情報等を背景に論理を構築していると考えられる。このように、教室をネットワーク化された一種の社会と見立て、その中で子ども固有な論理の構築、修正、発展がはかられるという考えを社会的構成主義と呼ぶ。こうした考えを具体的ににしたのが社会的分散認知である。

このように、子どもの学習を他者との関係によって成立すると考えるとき、従前の授業の牽引者という教師の役割は見直される。「子どもの周りに張り巡らされたいくつものネットワークを価値づけ（評価）、その調整に腐心するコーディネーターが新しい教師の役割となるのである⁽²⁵⁾。」

Scott,P. は表 4.1 に示すように、教師の重層化された支援活動を四つの視点から分析し、社会的分散認知に見られる他者を視点に入れた授業実践の戦略についての提言をしている。これらは、Ⅰ～Ⅱの段階は個人内での問いの醸成活動への支援、Ⅲは協同的な学び（collaborative learning）への支援、Ⅳは評価、がそれぞれのキーワードとなる。

Scott,P. による提言は、授業の進め方を示しているものではなく、教師が子どもの学びを解釈・判断し、即応する支援の視点を示している。また、支援の内容に、協同的な学びへの支援が盛り込まれたことが注目すべき点である。教師の役割をこのようにとらえ直すとき、教師は「学びの場をコーディネート」する立場へと変容するのである。Scott, P. の提言から, Driver, R. の実践を再考するならば, Driver, R. が積極的に授業プランの定式化を追求しているのに対して, Scott,P. は、いわば子どもに対する教師の構えのありようを追求したものと考えられる。

表 4.1 子どもの学びの側面とこれに呼応した教師による支援の視点 ⁽²⁶⁾

子どもの学びの側面	即応した支援
I 自由意志、直観等から構成され、洗練されていく知識	子どもの考えの引き出し
	・子どもの考えを選別する ・子どもの考えの価値を見いだす ・子どもの考えの履歴を抽出する
	子どもの考えの具体化
	・子どもの考え方を具体的に演示してみる ・考え方をいろいろな視点から分析する ・対照的な考え方を提示する
	子どもの考え方の強調
	・子どもの考え方を繰り返して言う ・子どもの考え方を言い換える
II 知識の性質についての理解	・現象の解釈が理論により異なることの説明 ・現象にかかわる変数への着目
III 他者の考え方の受け入れによる個人の学びの広がり	知識の共有化の促進
	・子どもの考え方をクラス全体へ提示する ・個々の考え方をクラス全体で共有する ・グループごとの考え方をクラス全体で共有する
	知識の共有化の状況のモニタリング
	・クラスメイトの考え方を言い換えさせる ・コンセンサスが得られている考え方をチェックする
IV 一貫した視点からの学び	・子ども同士あるいは子ども－教師間の話の流れを整理する ・議論の焦点化を常に行う ・議論の内容をいろいろと言い換える ・考え方をまとめる

4. 2 現代理科教授・学習論としての発達の最近接領域論

社会的構成主義の理論的起源は Vygotsky,L.S. に求められる。ピアジェの認知発達の研究は、人間の内面における心的構造を明らかにすることにあつた。これに対して Vygotsky,L.S. は、学校教育の問題に深い関心を持っていた。こうした関心は、学校教育における教師の役割や子どもの協同的な活動の中に、子どもの発達に関わる意義を見いだしたのである。これが、Vygotsky,L.S. に社会的構成主義の理論的起源を求める所以である。

Vygotsky,L.S. の提唱する認識論の基本は、精神間的機能から精神的機能への、すなわち、子どもの社会的集団的活動形式から個人的機能への移行現象として説明される ⁽²⁷⁾。精神間的機能とは、理科の教科書あるいは教師によって導入される用語、記号、論理など、子どもの眼下の認識水準では、自力で解決できない内容の総体を指す。一方、精神的機能とは学習者の内的な論理を指す。精神的機能は、当然のことながら、一つの水準に止まることなく、教師やクラスメイトとの対話を経て、内容の更新がなされていく。この更新を促すものこそ精神間的機能である。精神間的機能が子どもの精神的機能に影響を与え

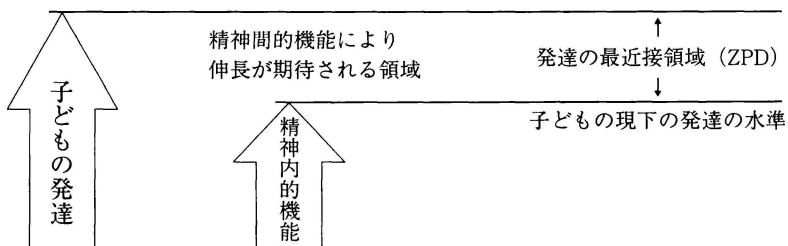


図 4.1 発達の最近接領域

るのである。

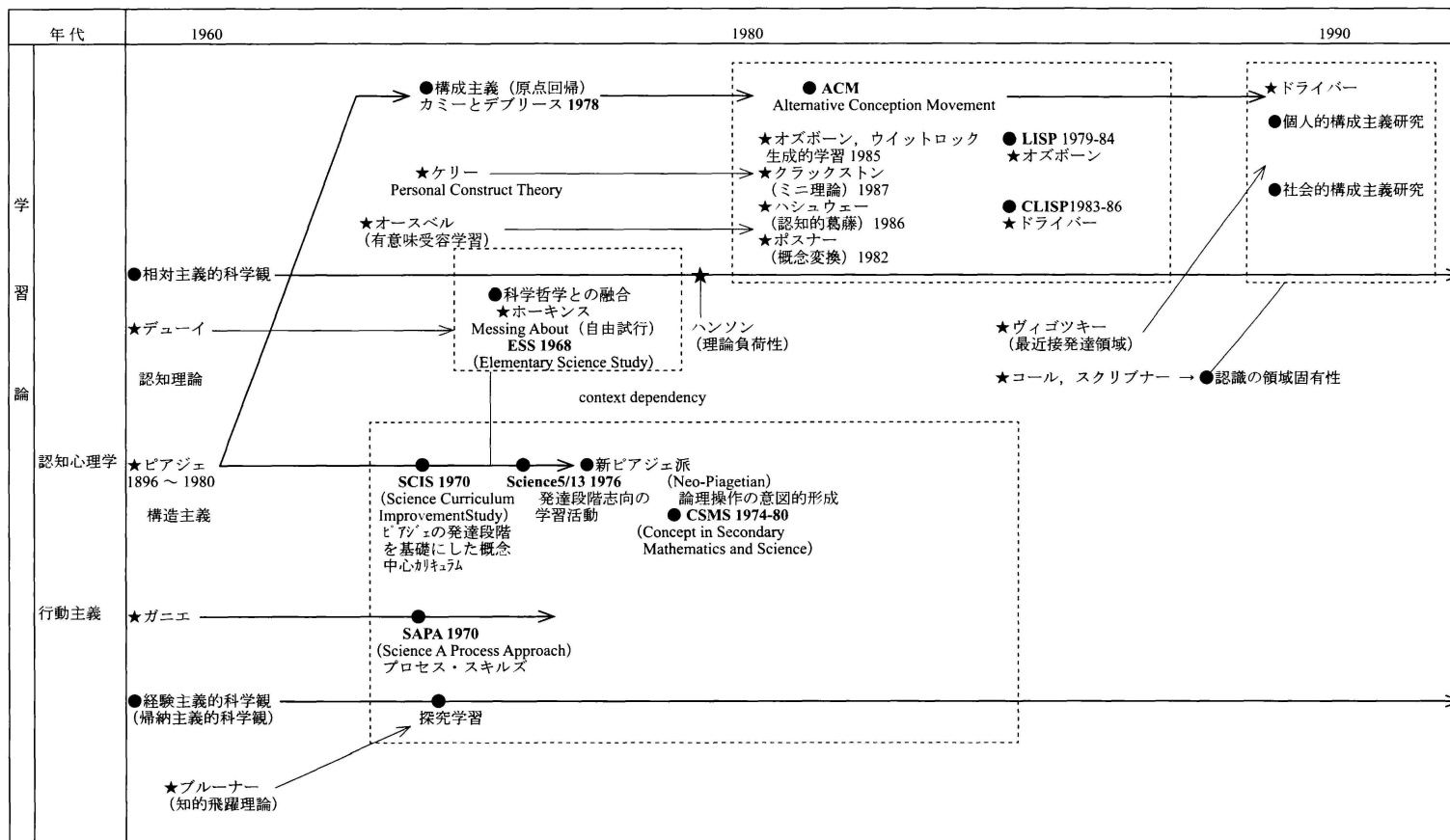
こうした Vygotsky, L.S. の理論を具現化したのが「発達の最近接領域」論である。図 4.1 はこれを表したものである。すなわち、学校における学習は、子どもの現下の発達水準（子どもができること）ではなく、教師の協力や仲間との協同によって可能なことを学ぶのである。Vygotsky, L.S. はこれを発達の最近接領域と命名した。

Vygotsky, L.S. は、発達の最近接領域における「協同」の有効性を強調する。それは、「共同の中では、子どもは自分一人でする作業のときよりも強力になり、有能になる。かれは、自分が解く知的難問の水準を高く引き上げる。⁽²⁸⁾」という言葉に表れている。（訳書では、「共同」と訳されているが、その意味合いから本論では「協同」とする。）

こうして、子どもの学習が、「教室における集団」「教師やクラスメイトとの対話」「観察や実験などの事実」「教科書などから得られる情報」等、すなわち、精神的機能を背景に成立するという社会的構成主義における教授・学習論の基礎が築かれたのである。また、Vygotsky, L.S. は、教授が発達の最近接領域によって決定される一定の時期に行われるときに最も効果を上げるとし、これを子どもが「特別な感受性を持つ時期」としている。この特別な感受性の自覚こそ、子どもが学習を進め、自らを伸長させ原動力になると考えられる。

第 2 章～本章において、理科学習論の変遷を概観した。この間、理科における学習論は学習の主体である子どもを単にブラックボックスとして考える学習観から、「学習の成立」とはいかなる状況を示しているのかを問うてきたと思われる。それは、「子どもが学習をどのように位置づけるのか」という構成主義が追求してきた課題にはかならない。1990 年代における構成主義は、これを「認識の領域固有性」「相対主義的科学観」等の理論を導入することによって克服してきたのである。表 4.2 はこれまで述べてきた理科教育学がベースとしてきた教授・学習論の変遷についてまとめたものである⁽²⁹⁾。また、本文中に示していなかったが、その時代の理論に影響があった人物、理論等も付加されている。

★研究の基礎理論として影響があった人物 ●研究プロジェクト、その時代を象徴する理論



5. 理科教育学研究における現代的視点

本章では、理科教育学研究の現代的課題について以下の視点から検討する。

- (1) 理科学習における学習動機
- (2) 学習環境、主に ICT 機器の導入
- (3) 教授に関する熟達者としての教師（熟練教師）の行為（教師教育の視点）

5.1 理科教育学研究における学習動機

前述のように、理科教育学研究においては、構成主義的な視点から、子どもの科学概念構築の実態が明らかにされてきた。そして、世紀変わりにおいては、社会的に個人一人ひとりが、いかに学習に関わり、認識（cold cognition から hot cognition への移行）を成立させるかに関心が向かっていった。つまり、子どもが科学概念を構築、または変換させていく原動力と言える情意面への関心である。

こうした視点は既に 1980 年代に台頭していた。例えば Osborn, R. と Wittrock, M.C.⁽³⁰⁾ は、子どもが学習に際して受容する情報を名辞的刺激（nominal stimuli）と機能的刺激（functional stimuli）とに分類した。前者は文字通り意味を自ら捉え直すことなく受容することであり、後者は学習者の視点から情報が捉え直しをされることである。情報が子どもにより加工され処理される情報である。80 年代にこうした視点はあったものの、その後十分に検討されずに残された課題であった。言い換えると、構成主義的研究が明らかにしてきた、子どもの概念変換を具体的に動かす情意的要素の解明が取り残されてきたと言える。

実際、最近の研究では、子どもの概念変換における学習動機としての意図（intention）の役割が強調されている。これは、子どもが学習目標を明確に意識し、学習を自ら調整していく様を示すものである。この学習を説明するキーワードは、自己効力感の生起、内発的な価値意識、テスト不安から構成される子どもにおける学習の方向付けとしての明確な学習動機の生起である。さらには、これを実行に移す学習方略の調整機能を上げることができる。

Pintrich, R.⁽³¹⁾ らは、子どもの概念変換が成立するためには、以下の 4 つの状況が必要であると指摘している。

- ①子どもにとって既有概念と新たな概念との内的関係づけができる。
- ②子どもにとって学習目標、目的、意図が明確である。
- ③概念生態系への位置づけ。
- ④（子どもにおける）学習を動機づける信念（Motivational Beliefs）が生じる。

（（ ）は筆者）

学習を動機づける信念とは、学習が明確な意志のもとになされることを意味する。このことは、上述の「温かい認知（hot cognition）」における学習動機をより、

具体的に説明するものである。

Pintrich,R. がこうした「明確な学習動機」を子どもの概念変換が起こる主要因と捉える背景には、上述した子どもの自己効力感の生起、内発的な価値意識、テスト不安といった学習への動機が、科学概念の獲得に不可欠であると考えられるからである。すなわち、Pintrich,R. は子ども固有の「学習を動機づける信念」を具体的に実現するものとして「学習方略の調整 (Self-Regulated Learning Strategies)」を位置づける。そして、子どもの「学習を動機づける信念」と「学習方略の調整」が相互に関連し合いながら、科学概念が構築されることを示唆する。

「学習を動機づける信念」と「自己制御的学習のストラテジー」の具体的な内容は表 5.1 の要素として示すことができる。これは Pintrich,R. らの指摘するものの⁽³²⁾のうち、理科学習と関連の深い要素を抽出したものである。表 5.1 から子どもが科学概念を構築する契機として機能する要因は、自己効力感や学習成果への期待といった「学習遂行への期待感」が一種の動機として機能していることが推察できる。また、期待感に基づく学習を実現するために、学習内容の言い換え・概括等の認知的方略、あるいは学習内容の自問自答、情報の吟味等の「自己制御的学習のストラテジー」が働いていることも併せて捉えられる。

表 5.1 学習を動機づける信念と自己制御的学習のストラテジーの要素⁽³³⁾

学習を動機づける信念 (Motivational Beliefs)
A: Self-Efficacy (自己効力感) ・学習をうまく進められるという確信 B: Intrinsic Value (内発的な価値意識) ・学習に対する価値意識の保持 C: Test Anxiety (テスト不安) ・意味ある成果をもたらせようとする意識
自己制御的学習のストラテジー (Self-Regulated Learning Strategies)
D: Cognitive Strategy Use (認知的方略の使用) ・D1: 自分の言葉に言い換える。 ・D2: 情報を結合しようとする。 ・D3: 記憶しやすくするように学習したことを復唱する。 ・D4: 学習を概括する。 E: Self-Regulation (学習の進捗状況の調整) ・E1: 学習課題を自問自答する。 ・E2: 学習課題を遂行するために受容すべき情報の質について考える。 ・E3: 学習課題を遂行するために必要な情報を吟味する。

次に、心理学分野におけるもう一つの研究動向との関連について考えることとする。近年の心理学の分野における動機づけ研究は「認知論的アプローチ」が盛んである。これは、「信念」(belief)が動機づけを規定する立場である。その代表的な理論は「期待×価値理論」である。期待×価値理論とは、動機づけを期待(成功可能性に関する主観的認識)と価値(行動遂行にかかわる価値)との「積」によってとらえようとする理論の総称を指す⁽³⁴⁾。

ここで言う、期待と価値を学習に関連することとして考えるならば、次のように例えられる。

- ・成功する見込みがあるから取り組む。
- ・取り組むに値する価値があると思うから頑張る。

前述した「学習を動機づける信念」とは、まさに学習に対する価値意識であり期待感の要素として捉えることができる。そして、こうした学習動機に裏付けられて、子どもは自己制御的学習のストラテジーを駆使しながら学習を進めていると考えられる。

ところで、理科教育学研究の成果を振り返ると、Posner,J.ら⁽³⁵⁾は、子どもが概念変換を起こすための要件として以下の4つのキーワードを示している。

- ① dissatisfaction (所有する概念に不満である)
- ② intelligible (新たな概念に対して最小限の理解をしている)
- ③ plausible (新しい概念はとりあえずもっとうもらしい)
- ④ fruitful (新しい概念は説明力、予測力に優れている)

これらの点を踏まえて、科学概念の変換に動機づけ論を組み込むとき、教授論的視点として次の諸点に還元される。

- (1) 子どもは考えを自ら構築できる。周知のように、ただ教えたからといって子どもは簡単に概念変換しない。子どもが自分の表現方法により科学概念を構築する。
- (2) 子どもは自分の考えを適切に表現できる。表現するためには、その方法(ストラテジー)を育てることも大切である。同時に、子どもが自由に表現できる場の設定が配慮されなければならない。
- (3) 子ども自身の考えを使った説明可能性を高める。このことが子どもにとっての科学概念の意味についての認識を成長させる。
- (4) 子どもが今行っている学習が「科学」に近づいているという実感をもたせる。

以上の点を配慮した教授論に基づく授業実践が、「学習を動機づける信念」を高め、「自己制御的学習のストラテジー」を駆使する子どもの育成につながる

と考えられる。

5.2 理科授業における ICT 機器の導入

前節で述べたように、理科教育学への心理学の適用が進む一方で、コンピュータに代表される ICT 機器の導入によって学習環境が大きく変化している。「ICT 能力育成」は優先的教育課題に掲げられている一方で、機器の導入は遅々として進まない状況が続いていた。現在では、何とか導入が進みつつあるものの期待される効果などは未知な部分が多いといった状況である。それでも、2007 年文部科学省委託事業である「教育の情報化の推進に資する研究（ICT を活用した指導の効果の調査）」⁽³⁶⁾では、「ICT 活用のある授業を受けた児童生徒の客観テストの結果が高いこと」「ICT 活用は児童生徒の関心意欲や知識理解を高めること」などが報告されているなど、導入による効果が多数報告されるようになった。そうした中、構成主義的な理科授業における ICT 機器の活用には、以下の2つの領域に分けられると考えられる。次項においてそれぞれについて検討する。

- (1) 子どもの表現ツールとして用いる
- (2) 子どもの社会的な学びの手段として用いる

5.2.1 子どもの表現ツールとしての ICT 機器の導入

図 5.1 は、中学校理科第 1 学年第 1 分野「状態変化」の学習における子どもの表現である⁽³⁷⁾。子どもは水の粒が手をつないでいる様子としてミクロの世界を表現した。次に描画、言葉による説明に加えて図 5.2 に示すようにコンピュータ

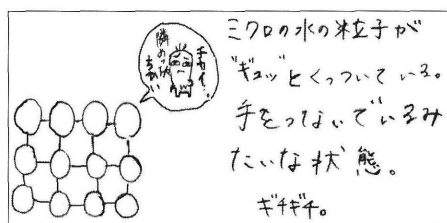


図 5.1 「状態変化」における表現

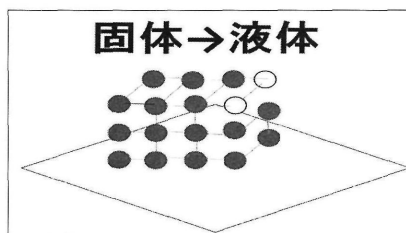


図 5.2 コンピュータソフトを使った表現

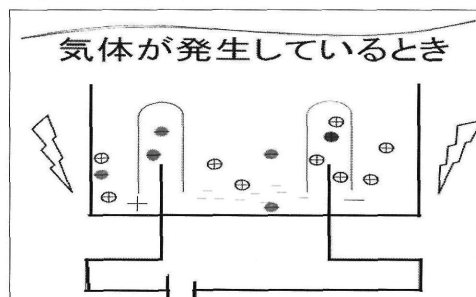


図 5.3 動画による水の電気分解モデル

ソフトを使って三態変化を動画表現させた。学習は、第2学年「物質の成り立ち」へと進む。ここではさらに「水の電気分解」のモデルを動画によって表現した(図5.3)。このモデルづくりは、化学変化、質量保存の法則、イオンの学習へと発展する。

本事例では、これまで描画や言葉による説明によって、教師と子ども、或いは子ども同士が共有してきた「水の粒子モデル」を動画で表現することによってイメージの精緻化の促進などの効果が見られた。また、学年を追ってコンピュータ等、ICT機器を活用するスキルを計画的に習得することによって通常の授業時間の範囲で実践することが可能である。

5.2.2 子どもの社会的学びを支援するツールとしてのICT機器の導入

「子どもの社会的学び」を支援するICTを活用した研究では、例えば大黒らのコンピュータプログラムの開発⁽³⁸⁾や、和田らの電子黒板を利用した学習プログラムの開発⁽³⁹⁾がある。また、子どもの社会的な学びを実現するツールとしての教材提示装置の使用や子どもの表現の取り込み保存、及び「教師による即時的評価」を可能にする教具としてのタブレット型コンピュータの活用などの授業実践が報告されている。さらに、インターネットなどを活用し、Web上で学習を進める上で生じた疑問について検討や解決をはかり、学習を深化、発展させる試みもなされている⁽⁴⁰⁾。しかし、施設・設備、指導者のICT使用に関するスキル等、課題も多い。

上述の5.2.1や5.2.2に挙げられた研究は「子どもの学習論」に重きを置いたICT機器導入に関する研究である。しかし、こうした研究には、コンピュータソフトの開発という壁がある。コンピュータソフトの開発については隣接する研究領域というより、別領域の研究(例えば情報教育の分野)として個々独立に行われてきた。それでも、一部これらを融合しようとする研究もある⁽⁴¹⁾が、ソフト(プログラム)開発に力が注がれている段階である。現時点では、公立学校に導入されている程度のコンピュータソフト(例えば、パワーポイント等のプレゼンテーションソフトやペイント等の描画ソフト)を用いた表現活動を中心にする事で、汎用性や実現可能性の高い内容が目指されるべき段階である。

5.3 教師の教授行為への着目

ここでは、教授活動の熟達者としての教師の行為を理解する為の視点について整理する。その視点とは、以下の2つの視点である。すなわち、客観的な教師の行為分析の視点からClaxton, G.の所論を、子どもが理科授業において抱く「疑問」に対する教師の評価の方向性の視点から掘の研究について論じる。子どもが抱く「疑問」を分析することは、特に子どもの素朴概念を科学概念に引き上げることを目的としている理科教育において、重要な位置をしめられる。

教授行為に対する構成主義的なアプローチにおいては、子どもの素朴概念や概念構築の分析は行われて来たが、授業者が行う評価についての分析は未解決であった。堀の視点は我が国における子どもの「疑問」研究における先がけとして再び振り返る意義があると考ええる。

5.3.1 教師の教授活動のカテゴリー化

平成12年12月に提出された教育課程審議会答申⁽⁴²⁾では、これからの評価の基本的な考え方の一つに「指導と評価の一体化」が提示された。こうした指導と評価の一体化は、形成的評価への注視と言い換えられる。それは、形成的評価の核心はまさに、学習の過程に視点を当てたものであり、この過程で得られた情報こそが教師の指導改善、子どものメタ認知の促進に寄与する中心的役割を果たすと考えられるからである。つまり、学習の過程の中で、自ら学び自ら考えるプロセスが具現化され、それを支援、促進するための形成的評価がなされなければならないのである。言い換えれば、子どもによる科学概念の構築過程における即時的な評価がその中心として位置づけられるのである。

Claxton,G. は、教師が授業において為す判断行動を分析した⁽⁴³⁾。そして、これらを教師が即時的に、直観的に学習を評価する際のパラメーターとして定義している。それは表5.2に挙げる6つのパラメーターから構成されている。

表 5.2 教師が授業において為す判断行動

教師の判断行動	説 明
(1) 専門的な熟達性 (expertise)	科学や学習支援の方法についての知識。
(2) 潜在的な学習の発掘 (implicit learning)	子どもの学習にとっての意味ある情報の収集。
(3) 判断 (judgement)	明確なカテゴリーに基づく判断。
(4) 感受性 (sensitivity)	学習状況への細心の注意。
(5) 創造性 (creativity)	子どもの問題解決向上のため要件の判断。
(6) 反芻 (rumination)	子どもの学習支援に関わる諸決定を総合的に判断する。

ここで述べられていることを理科授業に即して要約するならば、次のように示すことができる。すなわち、教師は自ら保持する科学や学習指導の方法に関する見識に基づき、眼下の子どもの学習について意味あると思われる情報を収集、これをカテゴリー化する。そして、これらの内容のうちで、子どもの問題解決上意味ある部分を焦点化したり、あるいは必要な情報を提示したりする。さらには、次時の授業へ向けてこれらのストラテジーの検討を行うのである。

森本らは、理科授業の構成要素に則り、教授ストラテジー、評価の視点と方法、教材の位置づけ、さらにはこの教授ストラテジーにおいて形成される子どもの学習状況を分析した。そして、その結果を「理科教授スキーム」と命名し、表5.3にまとめた⁽⁴⁴⁾。

表の左端のⅠ～Ⅵは理科授業の構成要素である。授業が授業構成要素に従って進められるとき、そこで得られた情報は、次の授業へフィードバックされる。

「ループとしての授業構成要素」とした所以である。また、表 5.3 における□で囲った内容は、具体的な教授ストラテジー並びに実行する視点である。

表 5.3 の意味を読み取る上において留意しなければならないことがある。すなわち、これはあくまでモデルであって、子どもの概念が予定調和的に構築される雛形を示すものではない。大切なことは、教師が授業全体をどのように見通し、子どもの何を解釈・判断し、何を価値づけして子どもの学習へフィードバックするのか、さらに、子どもは教師やクラスメイト、教材との関わりの中でどのように科学概念を構築することができたのか、といった授業の質的側面を見とるための視点を与えるものなのである。

すなわち、表 5.3 に見られる教授ストラテジー並びに実行する視点は、小さくは 1 時間の授業展開の中に、大きく見れば単元や年間計画といった単位で位置づけられるのである。ここに示された理科教授スキームは、授業デザインに基づく授業構想を具現化する一つの段階として位置づけられる。

表 5.3 理科教授スキーム

□ : 教授ストラテジー並びに実行する視点

ループとしての 授業構成の要素	指導と評価		教材	子どもの学習の形成状況
	教授ストラテジー	評価の視点と方法		
I 見通し	顕在的カリキュラムと授業計画 <ul style="list-style-type: none">専門的知識 ・ 教師の科学観カリキュラム構造についての理解	評価計画 <ul style="list-style-type: none">評価規準学習目標	思考の道具 <ul style="list-style-type: none">提示方法の多様性実物、モデル、映像、観察実験装置	
II 子どもの学習状況についての理解（把握）	子どもの学習実態の把握 <ul style="list-style-type: none">生徒の考え、経験を表現させる既有的経験、知識、概念の把握コミットメント、プリコンセプションなどの発見	評価規準と子どもの既習事項との照合 <ul style="list-style-type: none">自分なりの方法（ことば、描画など）で表現できる学習、経験と関連づけて表現できるエピソードが共有できる（ものか）	描画法 概念地図 問答法 板書	エピソード、既概念の想起 <ul style="list-style-type: none">自分の考え、理由の表現（表現しながら意識化）
III 明確なカテゴリーに基づく指導の内容と方法についての意志決定	<ul style="list-style-type: none">授業ストラテジーについての判断、構成（学びの見通しの分析）内容の選定			
IV 学習の文脈に対して敏感であり、多様な指導の方法を考え実施する	子どもの考えの引き出し <ul style="list-style-type: none">子どもの考えを選別する子どもの考えの価値を見いだす子どもの考えの履歴を抽出する	学習の方向付け <ul style="list-style-type: none">子ども同士あるいは子ども－教師間の話の流れを整理する議論の焦点化を常に行う議論の内容をいろいろと言い換える考え方をまとめる	教材提示	課題の意識化（目的意識の持続化） <ul style="list-style-type: none">教材提示に対する自分の考えの表出教師の価値付けによる自分の考えの意味の実感
学習課題の成立	子どもの考えの顕在化 <ul style="list-style-type: none">子どもの考え方を具体的に演示してみせる考え方をいろいろな視点から分析する対照的な考え方を提示する比喩的な表現、創造の支援	学習課題の把握 <ul style="list-style-type: none">自分なりのモデル、比喩的な表現によって考えを表現できる	モデルの作成	学習に即した素材の変更・調整
	<ul style="list-style-type: none">観察・実験の実施	考え方の表出 <ul style="list-style-type: none">自分なりのモデル、比喩的な表現によって考えを表現できる	観察・実験の技能・表現	学習に即した素材の変更・調整
	子どもの考え方の再説 <ul style="list-style-type: none">子どもの考え方をくり返し言う子どもの考え方を言い換える視点の転換、焦点化子どもの論理の修正、補強、拡大意図的な情報提供	知識の共有化状況のモニタリング <ul style="list-style-type: none">クラスメイトの考え方を言い換えさせるコンセンサスが得られている考え方をチェックする	対話場面の設定 ネットワーク作り エピソードの共有化	観察・実験の実施（報告書の作成） <ul style="list-style-type: none">イメージ化による結果の解釈モデルの精緻化
	知識の共有化の促進 <ul style="list-style-type: none">子どもの考え方をクラス全体へ提示する個々の考え方をクラス全体で共有するグループごとの考え方をクラス全体で共有する知識の導入、補強	<ul style="list-style-type: none">知識導入の必要性		対話 <ul style="list-style-type: none">他者への意思表示議論による合意形成他者評価情報収集知識の欠乏状態→新たな知識の導入自己評価
V 学習者の変容、概念構築	学習課題の解決	学習の振り返り	ノートの記述 ポートフォリオ 概念地図	概念構築 <ul style="list-style-type: none">考え方の拡大・修正コミットメントの変容科学モデルの再構築学習の振り返り新たな追求課題
VI 授業の「反省的見直し」「再構成」	学習目標との照合、科学の体系、系統性との照合。子どもの認知的側面からの教授スト	ファイジーの反省的見直し。	教材の評価（見直し、検討）	

5.3.2 子どもの疑問に対する教師の評価の視点

堀⁽⁴⁵⁾は、子どもの「疑問詞」を分析し、その内容を4つの段階に分類した(表5.4)。すなわち、小学校低学年までに発せられる「何か」「誰か」といった事物現象と名前の対応などの単純な疑問を第1類。「どの位あるか」「どんな(形状、性質)か」「何からか出来たか」といった事物現象の数量や状態、由来に関する疑問を第2類。「どういうわけか」「なぜか」といった因果関係についての疑問を第3類。「本当か」「あるかないか」といった内容についての考察を伴わない表現を第4類とした。

すなわち、堀は、子どもの疑問詞から子どもの思考を分析した。そして、子どもの表現に表れる疑問詞と事物現象に対する子どものコミットメントの強さを関連づけたのである。このことは、第1類から第3類に向かって内容が複雑化するのみならず、子ども自身も疑問にコミットしていることを表す。第4類に関しては、学年とともに内容が変化するが、第1類同様、子どものコミットメントは小さい、つまり「思いつき」のような疑問である(表5.4)。

次の(1)～(4)は中学校理科授業における子どもの疑問を堀の分類を参考にカテゴリー設定した例である⁽⁴⁶⁾。

(1) 実験方法や実験途中の様子に関する疑問

表 5.4 堀による「子どもの疑問詞」の分類

	疑問詞の種類	疑問詞の内容	指導の方向性
第1類	何か(What?)	名称についての疑問。最初に発せられるもの。	疑問としては最も単純なもの。この第一類の疑問に対しては、なるべく解答し、名称と事物の概念とを十分結合させるがよい。
	誰か(Who?) (Whose?)	事物現象と人との関係についての疑問 誰のものか(所有の概念)を含む	
	いつか(When?)	事物現象と時の関係	
	どこか(Where?)	事物現象と空間との関係	
第2類	どの位(ある)か(数量に関するもの) how many? how much?	事物の数量に関する疑問	質問者自らが観察実験によって解決するように指導すべきものである。口頭の説明によって、教えるような安易な解決法を成るべく、さけることが緊要である。
	どんなか(How?) 色、形状、味、硬さ、性質など、事物の状態に関するもの	事物現象の形状、色彩 状態に関して発する疑問	
	何からか(事物現象の変化についての質問に使われる疑問詞) 何から出来たか、何から変化したか、などに関するもの	日常使用する原料についての疑問 その事物の由来	
第3類	どういわけか	因果関係について起こるもの	真の疑問であり、いずれも、因果関係の疑問である。なるべく、解答を与えない方がよい。そして、児童自ら解決するように指導するがよい。すなわち、思考し推理するに必要な事実を自ら確実に認識させ、その事実に基づいて、児童が自ら十分、推理して解答するように導くことが肝要である。
	どうしてか	どんなにして出来たか、どうして出来たか 純然たる因果関係の疑問で原因、理由を質問する場合	
	なぜか(Why?)	事物現象の因果関係についての疑問詞	
	なんでか 「何で出来ているか」なぜかの変化したもの	「なにでか」の意味に使うものもあるが、多くは、「何故か」の疑問詞と同様に使う	
第4類	あるかないか	「あるか」「無い」または「あるかないか 確かめる性質の疑問	正常な疑問詞ではない。「あるか、ないか」の質問に対しても、なるべく解答を与えないで、確実な資料について質問者自ら思考し、判断するように指導するがよい。 なるべく、直接、解決を与えることをさけ、なるべく、解決に必要な資料を提供するようにするがよい。
	本当か	確かめる形の疑問	
	ふしぎだ・ぎもん	質問というより断定	
	その他	「どうか」「へんだ」「いくら?」「どちら?」「どう?」「どうやって?」「なんのためか」「おもしろい」「どちらか」「どうなるか」「どうすればいいか」「どのようにして?」「何によってか」「ろう?」「しろう?」「どうやって?」などを一括したもの	

- (2) 科学概念の一般化，獲得した概念の適用範囲の拡大に関する疑問
- (3) 発展・応用に関する疑問
- (4) その他・未記入

このカテゴリーは，まず，堀の分類を参考に中学生が観察・実験場面で使用したワークシートに設定した欄「新たな疑問」に書かれた内容全体を俯瞰し，子どもの疑問の分類を内容が比較的単純なものから複雑化するものに分類し，その内容から共通するカテゴリーを抽出したものである。

これをもとに，中学校理科第2学年「物質と化学反応の利用」の授業において，実験1【酸化銅の還元実験】，実験2【化学変化における温度変化】，実験3【電池をつくるための条件】で使用したワークシートの欄「新たな疑問」における子どもの記述を分析した。表 5.5 はその結果である。

表 5.5 「新たな疑問」の内容と数

新たな疑問の内容	実験 1	実験 2	実験 3
実験方法や実験途中の様子	9	17	2
科学概念の一般化，概念の適用範囲の拡大	52	38	33
発展・応用	9	19	27
その他・未記入	11	4	7
合計	81	78	69

(複数の記述があるため合計は一致しない)

実験 1, 実験 2, 実験 3 いずれにおいても，子どもの疑問は「科学概念の一般化，概念の適用範囲の拡大」に関するものが最も大きな値を示した。実際，教科書による学習の流れでは，1つの実験を行い，そのことが一般化できるという流れになっている場合が多い。しかし，一般化できるかどうかを考える子どもは多いが，その内容（段階）は様々である。次に各実験の内容（取り扱い）との関連から結果を分析する。

実験 1 のように，内容が連続している場合においては，特に「科学概念の一般化，概念の適用範囲の拡大」に子どもの疑問が集中し，且つ解決を模索した子どもが多かった。疑問を解決しようとする学習動機の高まりが見られたと考えられる。

実験 2 においては，いわばブラックボックスとなっている化学変化の前後の変化（熱エネルギーの出入り）から一般的な規則性を導き出す内容である。こうした内容においては，中学校の範囲を超えてしまっても，ブラックボックスになっている部分について，子どもに調べさせ，その上で一般性を導き出させるのが良いと思われる。また，小学校段階から化学反応に発熱や吸熱が伴っていることを気づかせてベースとなる科学的な気づきを持たせておくことが大切である。発熱，吸熱反応をそれぞれ一つ行って一般化するのは，子どもにとっ

でも無理があると考えられる。そのために、教師が小学校理科における指導の中で、中学校での学習内容に関連づけるよう、意図的に授業展開することが重要である。

実験3のように、多くのデータの中から規則性を見つけていくような課題に関しては、その内容を基にして一般化を類推していく子どもが多い。時間的な制約も多いが、できるだけ多くの事例を扱い、見つけ出した規則性をもとに疑問に対する子どもなりの考えを展開させるのが有効であるように思われる。

最後に、子どもから出された疑問にどのようにして応えていくかという課題が残る。堀は、第1類の疑問には、「なるべく解答し、名称と事物の観念を十分結合させるがよい」⁽⁴⁷⁾としている。既習事項に関わる科学的用語を適用する場面においては、「あなたの書いたこのことを〇〇と言います」のような添削指導が有効である。また、科学的な言葉の使用については、基礎・基本として「正しく使える」ようになることを前提に添削するのが良いと考えられる。

第2類に関しては、「質問者自らが観察実験によって解決するように指導すべきである。」と主張している。次の学習課題を見いだしていくヒントがここにある。つまり、学習の流れが学習者の疑問の解決につながる授業展開にあることが望ましいということである。それは、「実験1が子どもにとって疑問に対する自分なりの考えを示しやすい内容であった」ように自分の疑問や考えを反映させながら、規則性を見いだすこと、言い換えれば科学概念を構築していくことが大切である。

第3類に関しては、「思考し、類推するに必要な事実を自ら確実に認識させ、その事実に基づいて、児童が自ら十分、推理して解答するように導くことが肝要である。」と述べている。すなわち、子どもの疑問が次の学習課題に結実し、こうした過程を経て解決していくことが重要なのである。

これまで、理科学習における子どもの疑問に対する教師の評価の方向性は議論されてこなかった。これは、資料収集の困難性を伴う領域であることも関係していると思われる。しかし、このことは、特に熟練教師の「技」の領域にとどめず、指導の方法論に還元されるべきである。その意味で、堀の視点は有意義である。

6. おわりに

平成18年に教育基本法が改正された。昭和22年に教育基本法が制定されて以来、半世紀以上が経過した。この間、グローバル化といった社会の仕組みの変化や価値観が大きく変化してきた。教育の世界も社会からの要請によってその形態を変化させてきたと考える。その一方で、教科教育学も地道に蓄積を重ね、学問としての地位を築いて来たと考える。我が国では、学習指導要領がおよそ10年に一度改訂されるが、こうしたタイミングに改めてその蓄積の確認と、今後10年間の展望を考えることは大きな意味がある。

平成 20 年告示の学習指導要領では、構成主義的な子どもの学習観が強調された。こうした考えが我が国の学校教育の基本的な方向を定める学習指導要領に反映された意味は大きい。先達の地道な努力があってこそのことである。一方で、学校評価の分野を中心に、PDCA サイクル (Plan-Do-Check-Action) の重要性が叫ばれるようになった。PDCA サイクルの考え方は、第 2 次大戦後の商工業分野で派生した考え方である。一部に、普段の教科学習でも取り入れるべきという考えがある。こうした Plan 先行型の発想は、子どもの実態と教師の即時的評価を重んじる構成主義をベースとした教授・学習論とは対立するのである。森本は、構成主義的な理科授業の具現化として See-Plan-Do を主軸とした授業を提唱している⁽⁴⁶⁾。それは「まず眼下の子どもを見る (See= 評価)」することが教育のベースになるべきという主張である。グローバル化、効率化という社会の流れの中においても、ひとり一人の子どもに対する学びの質の保証を優先課題にしていかなければならない。

引用・参考文献

- (1) PISA：経済協力開発機構 (Organisation for Economic Cooperation and Development) が行う学習到達 度調査 (Programme for International Student Assessment)
- (2) TIMSS：国際教育到達度評価学会 (IEA) が行う国際数学・理科教育動向調査 (Trends in International Mathematics and Science Study)
- (3) 中央教育審議会初等中等分科会教育課程部会 (2007)：「教育課程部会におけるこれまでの審議のまとめ」
- (4) 文部科学省 (2008)：小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，p.9
- (5) 森本信也 (1992)：「学習論の変遷」，『理科教育学講座 4』東洋館出版社，p.5
- (6) 森敏明 (2005)：「学習と発達」，『認知心理学キーワード』，有斐閣，pp.168-169
- (7) R・M・ガニエ (1982)：『学習の条件』(平野・金子訳)，pp.30-59
- (8) 同上書，p.41
- (9) AAAS：American Association for the Advancement of Science
- (10) SAPA：Science A Process Approach, 1970
- (11) 前掲書 (5)，pp.15
- (12) 同上書，pp.18-22
- (13) ケイス (1984)：『ピアジェを超えて』吉田甫訳，サイエンス社，pp.9-21
- (14) Shayer, M., Adey, P. (1981)：Towards a science of science teaching, Heineman
- (15) Kamii, C., DeVries, R., (1978)：Physical knowledge in preschool education, Prentice-Hall
- (16) 小川哲男・森本信也 (2005)：「生活科における子どもの自然事象に関わる「知的な気づき」の構造に関する研究」，『理科教育学研究』，Vol.45, No.3，日本理科教育学会，p.11-21
- (17) 同上書，p.12

- (18) 前掲書 (5), p.62
- (19) Osborn, R., Wittrock, M.C., (1985) : The generative learning model and its implication for science education, Studies in Science Education, Vol.12, pp.59-87
- (20) フライバーグ,P. & オズボーン,R. (1988) : 「理科授業と理科学習についてのいくつかの仮説」, 『子ども達はいかに科学理論を構成するか』, 森本信也・堀哲夫訳, 東洋館出版社
- (21) 同上書, p.64
- (22) 前掲書 (5), pp.59-65
- (23) CLISP (1983-1986) : Full Report and Summary Report, University of Leeds
- (24) 堀哲夫 (1992) : 「構成主義学習論」, 『理科教育学講座 5』, 東洋館出版社, p.203
- (25) 森本信也 (2000) : 「社会的構成主義」, 『理科重要語 300 の基礎知識』, 明治図書, p.187
- (26) 森本信也 (1999) : 『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』, 東洋館出版社, p.81
- (27) ヴィゴツキー (2001) : 『新訳版・思考と言語』, 柴田義松訳, 新読書社, p.383
- (28) 同上書, p.300
- (29) 本図は, 以下の文献に加筆, 修正したものである。
小野瀬倫也・森本信也 (2006) : 「子どもの概念変換に関する理科学習論的研究の論点と今後の課題」, 『横浜国立大学 教育人間科学部紀要 I (教育科学)』, No.8, 横浜国立大学教育人間科学部, pp.254
- (30) 前掲書 (19)
- (31) Pintrich, P.R., Marx, R.W., Boyle, R.A. (1993) : Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change, Review of Educational Research, Vol.63, No.2, Summer, The University of Michigan, p.172
- (32) Pintrich, P.R., De Groot, E.V. (1990) : Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance, Journal of Educational Psychology, Vol.82, No.1, pp.33-40
- (33) 小野瀬倫也・森本信也 (2006) : 「子どもの科学概念構築と学習に対する動機づけとの関連に関する研究」, 『理科教育学研究』, Vol.46, No.3, 日本理科教育学会, pp.1-11
- (34) 上淵 寿 (2004) : 『動機づけ研究の最前線』, 北大路書房, pp.6-7
- (35) Strike, K.A., Posner, G.J. (1985) A conceptual change view of learning and understanding, in West, L.H.T., Pines, A.L. (Eds.) Cognitive Structure and Conceptual Change. Academic Press, pp.211-231
- (36) 文部科学省 (2005) : 「教育の情報化の推進に資する研究 (ICT を活用した指導の効果の調査)」
- (37) 平成 22 年度東京学芸大学附属竹早中学校公開研究会における実践報告書 (理科)
- (38) 大黒孝文・出口明子ら (2007) : 「共同学習における対面的－積極的相互作用の活性化」, 『理科教育学研究』, Vol.48, No.1, 日本理科教育学会, pp.35-50
- (39) 和田一郎・森本信也 (2007) : 「電子黒板の特性を利用した対話的な理科学習プログラムの開発とその検証」, 『理科教育学研究』, Vol.48, No.1, 日本理科教育学会, pp.133-

- (40) 例えば, 竹中真希子ら:「Web Knowledge Forum を利用した理科授業のデザイン実験」, 科学教育研究 (2002), Vol.26, No.1., 日本 科学教育学会 ,pp.66-77
- (41) 中山迅 (2010):「思考と表現が一体化した理科の学習活動を志向する ICT の導入」,『理科の教育』, Vol.59, No.699, 日本理科教育学会, pp.5-8
- (42) 文部科学省 (2000):「児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について (教育課程審議会答申)」
- (43) Claxton, G. (2000): The anatomy of intuition, T. Atkinson & G. Claxton (eds.) in The Intuitive Practitioner, Open University Press, p.40
- (44) 森本信也・小野瀬倫也 (2004):「子どもの論理構築を志向した教授スキームの分析とその検証」,『理科教育学研究』, Vol.44, No.2, 日本理科教育学会, pp.59-70
- (45) 堀七蔵 (1959):「児童生徒の疑問の調査研究」,pp.614-740, 福村書店
- (46) 小野瀬倫也・森本信也 (2010)「科学概念構築に関する基礎的研究 (7) - 子どもの疑問から問題解決への足場作り -」平成 22 年度日本理科教育学会東海支部大会要項, p.15
- (47) 前掲書 (45), p.737