

R. オズボーンの所説を中心にした構成主義に基づく 理科教育論の特質と構造

中島雅子*, 松本伸示**

(平成25年6月18日受付, 平成25年12月3日受理)

The Characteristics and Structure of Robert Osborne's Theory of Constructivism in Science Education

NAKAJIMA Masako*, MATSUMOTO Shinji**

The aim of the study is to outline and clarify Robert Osborne's Theory of constructivism in Science Education. It is hoped that an understanding of the theory can be achieved, as well as outline its future application within Japanese Science Education.

This paper discusses the major tenets of the characteristics of Osborne's theory, focusing on two main points. One, the need to awaken in students, the necessity of learning; and two, urging teachers to reconsider their regimented approach to educating. This is followed by a more in depth structural analysis of these characteristics, which will outline the following points;

- The awareness of "Children's science" and the cognition of transforming this awareness into creating a necessity for learning.
- The need for teachers to reconsider their approach to fostering this cognitive strategy,
- The understanding that the necessity of learning by students will depend on the "Teacher's science."

Key Words: Constructivism, Necessity of learning, Concept Formation, Metacognition, Science Education

1. はじめに

本稿の目的は、ニュージーランドの理科教育学者であるオズボーン(Roger Osborne:1940-1985)の所説を中心に、構成主義(constructivism)に基づく理科教育論の特質と構造を明らかにすることである^(注1)。その理由は以下の通りである。

「理科離れ・理科嫌い問題」に代表されるように、我が国の理科教育における課題は多い。これらの問題を克服し、学習者に「生きる力」を育成するために必要なは何であろうか。それは、構成主義に基づく概念の形成過程という視点だと考える。なぜならば、学習者が自分自身の学習過程を確認することが、適切な資質・能力の育成に欠かせないと考えられるからである。これについて、たとえば、米国学術研究会議(National Research Council)の報告書では、学習科学の研究成果により明らかになった「学習における基本的事実」が示された⁽¹⁾。これらに基づき、授業において「学習者の既有知識」を重視することや「学習者が思考の過程を表現し、自分の知識の状態を省察する機会」をもつことの重要性が示されている⁽²⁾。そこでは「既有知識」や「思考の過程」と

いった概念の形成過程という視点が重視されていることがわかる。さらに、田中耕治は、「『学習への意欲』を喚起することは、基本的には『なぜ勉強するのか、この勉強は自分たちにとってどんな意味があるのか』という問いに根ざす『教育のレリバンス(適切性)』の課題」と指摘する⁽³⁾。また、堀哲夫は、「学習の変容を知る意味」は、「どのような働きかけが適切であったかのか、あるいは不適切であったのかをすることができるから」と述べ、「学習者自ら学びの過程を確認すること」が、「学習において重要」とであると主張する⁽⁴⁾。

これらから、学習意欲を喚起するためには、学習者が自己の学びの過程を通して、その意味や価値を学習者が獲得する必要があることがわかる。つまり、学習者が自己の概念の形成過程を自覚することの必要性である。

構成主義とはその立場によって様々な文脈で用いられるが、端的にいえば、人は概念や考え方を受動的に受け入れるのではなく、主体的に意味を構成し認識していくと考える立場をさす^(注2)。

オズボーンを取り上げる理由は次の2点にある。第1は、オズボーンが独自に開発した調査方法により、それ

* 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科学生 (Doctoral program student of the Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education)

山梨県立甲府城西高等学校 (Kofu Josai Upper Secondary School)

** 兵庫教育大学 (Hyogo University of Teacher Education)

までには明らかにされてこなかった学習者の学力の実態を表出させたことである。用いられた調査方法は2つの特徴を持つ。1つは、概念の形成過程を表出させるために工夫された「問い」である。もう1つは、その調査問題の作成段階から、学習者の考え方は調査問題の文言や図に潜む文脈や状況に依存するといった事実を考慮している点である。これらは、授業や学習および評価を一体化した上で議論するというそれまでになかったオズボーンの研究手法によりもたらされたと考えられる。

理由の第2は、研究成果を現場の教育に活用できる形で提供するというオズボーンの研究目的である。彼は、学習者である子どもを理科教育の主体として位置づけ、子どもの目線から研究することの重要性を主張した。このように、オズボーンは構成主義に基づく概念の形成過程に注目し、研究を行った。その結果、オズボーン的主張は、当時の学習論にパラダイム転換をもたらし、現在の理科教育において構成主義がその中心に位置付く契機になった。

以上より、オズボーンによる構成主義を明らかにすることが、理科教育における構成主義に基づく概念の形成過程という視点の意義を探求することとなり、それらは、問題解決に有効な授業を構想することを可能にし、現在の理科教育に大きく寄与すると考えられる。

そこで、本稿においては、まずオズボーン的主張を概観し、日本の理科教育におけるその評価を整理する。次に、ニュージーランドにおいて構成主義に基づく理科教育の理論と実践が歴史的にどのように展開してきたのかを検討し、その中でオズボーンの理論がどのように誕生し、位置づいているのかを明らかにする。次に、オズボーンがニュージーランド政府の依頼を受けて取り組んだ「理科学習プロジェクト (LISP: Learning in Science Project, 以下 LISP と記す)」に焦点をあて、その調査内容とその結果提案されたオズボーンの理論を整理する。その上で、オズボーンによる授業とカリキュラムの構想を検討する。

2. 「子どもの科学」

2-1. 文化としての「子どもの科学」の重視

オズボーンの研究により明らかになったのは、学習に重大な影響を与える自然界についての考え方や言葉の意味を学習者が理科の授業の中に持ち込んでいるという事実であり、その結果、学習者の考え方は教師が予想もしない方法で影響をうけているという実態であった⁽⁶⁾。この学習者の実態を、オズボーンは「子どもの科学 (Children's Science)」と名付けた。オズボーンは、「子どもの科学」について「教師がそのような学習者の見解に対しどのような反応を行う心積もりであっても、彼らによるプライベートな意味づけは子ども文化の紛れもない

一要因なのである」と主張する⁽⁶⁾。

この考え方は観察や実験を指導の基本にとらえる理科学習に対し重大な問題を提起することになった。なぜならば、これまで理科学習で受け入れられてきた帰納主義的な学習観に対して、疑義を唱えることになったからである^(注3)。帰納主義的な学習観とは、観察や実験を通して得られた結果を一般化することによって、自然の中に潜む原理や法則を見つけ出せるという考え方である。この考え方に基づけば、学問的体系に沿った授業のもと適切な実験を重ねれば、すべての学習者が科学的概念を形成することが可能になるはずである^(注4)。しかし、オズボーンにより明らかにされた事実は、一様な方法ですべての学習者が科学的概念を形成するのは難しいことを示していた。

このパラダイム転換により、理科教育の学習論はそれ以後再考を迫られることになった。この考え方が以後注目を浴びるようになった構成主義である^(注5)。つまり、学習によって新しい概念や考え方を形成するその過程は、それまで言われてきたような精神白紙説 (tabula-rasa) に基づくものではなく、もともと学習者が持っている既存の概念や考え方との再結合であると構成主義は主張する。ここにおいて、それまであまり注目されてこなかった学習者の学習前の学力の実態や学習者の概念の形成過程に焦点をあてざるを得なくなったのである。

2-2. 日本の理科教育における「子どもの科学」の位置づけ

日本の理科教育において、オズボーンの構成主義は「子どもの科学」を理科の授業論においてどう位置づけるかでいくつかの解釈がある。たとえば、オズボーンによる科学的概念の形成過程という視点に注目した堀 哲夫らは、「自己評価」による「メタ認知」の育成を理科教育の目的とする。これが「子どもの科学」を科学的概念へ変容を促すと主張する⁽⁷⁾。

また、森本信也らは、オズボーンの考え方に基づけば、「子どもの科学」が強固であるために、理科授業において科学の論理と学習者の論理の二項対立が存在することになると指摘する。さらに、オズボーンの構成主義には社会的な文脈における知識構成や「状況的認知」という「社会的構成主義 (social constructivism)」の視点が欠けると位置づける⁽⁸⁾。

理科教育のあり方を探究する上で必要なのは、構成主義が現場の教育に寄与する要素を明らかにすることであろう。それらは、以上のように解釈が分かれるオズボーンの構成主義の特質と構造を明らかにすることによりもたらされると考える。

3. ニュージーランドにおける理科教育の歴史的展開

3-1. オズボーンの問題意識に始まる諸外国との連携

1970年代、オズボーンが直面したのはワイカト大学の物理学教室において、通常のテストでは高得点であるにもかかわらず、物理の基本的な概念が十分理解できていない学生の実態だった⁽⁹⁾。オズボーンはこのような学生の学力の実態を裏付けるような教育心理学の知見に関心を持っており⁽¹⁰⁾、ピアジェ (Jean Piaget) による「発達段階説」に基づく学習論に不満を抱いていた⁽¹¹⁾。オズボーンの研究の基盤となった知見の多くは、ニュージーランド教育省からの依頼を受けて実施された LISP における調査研究にあった⁽¹²⁾。LISP は、ニュージーランド教育省の援助を受けワイカト大学教育研究センターにおいて 1979 年から 1988 年にかけて実施されたプロジェクトである。そこで用いられた調査問題は、オズボーンが 1979 年からの 1 年間サバティカル (sabbatical) を利用しイギリスのサリー大学にてギルバート (John K. Gilbert) やワッツ (Michael D. Watts) とともに開発された。ギルバートとワッツは当時サリー大学に勤務していた理科教育学者である。

また、オズボーンの研究は、オーストラレーシア科学教育学会 (The Australasian Science Education Research Association Ltd. 以下 ASERA と記す) と大きく関わるものであった⁽¹³⁾。ASERA を設立したのは、オーストラリアの理科教育学研究の創始者であるフェンシャム (Peter J. Fensham) であった。オズボーンは ASERA への参加により、オーストラリアとニュージーランドそれぞれの理科教育学研究に、親密な関係と理論の相互環流が生まれることとなった。創設 40 年目にあたる 2009 年 6 月、その記念に発表された論文の中で、ASERA に大きく貢献した 4 人の人物の 1 人としてオズボーンが紹介されている⁽¹⁴⁾。

また、同じく ASERA のメンバーである教育心理学者のホワイト (Richard T. White) は、オズボーンの研究の偉大さに関し、ガンストン (Richard Gunstone) との共著 *Probing Understanding* の巻頭において「本書をロジャー・オズボーンに捧げる」と記しオズボーンへの業績に対する敬意を記している。ガンストンは、オーストラリアの理科教育学における認識研究をリードしてきたモナッシュ大学にホワイトとともに所属していた教育学者である⁽¹⁵⁾。フェンシャムとホワイトらは、オズボーンと互いに大きな影響をうけあう関係にあった。彼らの多くの主張の根拠になったのは、LISP において明らかにされた知見である。

このように、理科学習を通して学習者に科学的概念の形成が十分なされていないという懸念と、ピアジェの「発達段階説」に依拠した当時の学習論に対する懐疑という問題意識を背景に、オズボーンは LISP において概

念の形成過程に着目した調査を行なったのだった。それらは、諸外国の研究者との連携により行われたことがわかった。

3-2. オズボーンの研究目的と功績

オズボーンの研究目的は、現場への寄与にあった。これは、次の 3 点から明らかである。第 1 に、オズボーンの研究は、理論的な提言に留まらず、その成果が授業や学習といった現場における具体的な形で示されたことである。これにより、教師らに現実を見ることを可能にし、彼らを納得させるに十分な説得力を持つものになったと考えられる。第 2 に、LISP に多数の現場の教師が関わったことである。「子どもの科学」を明らかにするためには、調査問題の作成に携わる研究者の洞察力が不可欠であった。その洞察力は多くの初等教育学校および中等教育学校の教師らの経験によるものが多かった⁽¹⁶⁾。第 3 に、オズボーンは研修会を通して LISP の成果をその研究手法と共に現場の教師に伝達することに努めたことである⁽¹⁷⁾。オズボーンの理科教育における新しい提案がパラダイム転換をもたらすことになったのは、現場への寄与という目的によるものであろう。

LISP におけるオズボーンらの研究成果は、その後のニュージーランドの理科カリキュラム改革に大きな影響を与えることになった。ワイカト大学でオズボーンと同僚であったベル (Beverley Bell) によれば、そもそも LISP の組織化の背景には、1970 年代中頃、科学の論理的構造と学習者が科学を学ぶ方法とが食い違っているという懸念があった⁽¹⁸⁾。それまでの「精神白紙説」に基づくニュージーランドのカリキュラムに対する批判が、LISP を生んだのだった。それは、1984 年 11 月文部大臣により「学校カリキュラム再調査委員会」の設置が行われた事に始まる。当時実施されていた 1968 年改訂の「初等理科シラバス (junior science syllabus)」は、科学の論理的構造に基づき作成されたものであった。その後、1992 年 4 月に教育省から配布された「全国共通理科カリキュラムドラフト (Science in the National Curriculum)」の巻頭には、LISP の成果である、理科教育における学習者の自然観や、「子どもの科学」から出発することの重要性が記された⁽¹⁹⁾。

ベルは、LISP の果たした役割は「カリキュラム意志決定 (decision-making)」において学習理論の機能を強調することであったと説明する⁽²⁰⁾。

このように、オズボーンの理論は、ニュージーランドにおける理科カリキュラム改革をもたらした。その原動力になったのは、オズボーンの問題意識に端を発した LISP による調査結果だった。

4. LISP により明らかになったこと

LISP の調査問題には、学習者たちにとって答えやすく、誘導的でなく、科学的概念の本質に関わる質問内容が用いられた。この調査は「子どもの科学」を明らかにするのみならず、科学的概念の形成を促す機能があることをオズボーンは主張した。さらに、オズボーンは現場の教師の洞察力が研究を進める上で不可欠であるとし、多くの教師に関わりを求めた。その結果、研究の成果を学校現場において活用できる形で提案することが可能になった。以下、LISP の内容と、その結果に基づき提案されたオズボーンの理論を詳しく見ていく。

4-1. LISP の内容と成果

4-1-1. 調査方法と用いられた調査問題

オズボーンは、「子どもの科学」を明らかにするための有効な手段は、学習者の1つ1つの考え方にに対し、価値づけをすることなくただひたすら彼らの意見に耳を傾けることであると指摘する。なぜならば、「学習者は長いこと教師が気に入るように解答する方法を学んできたため」であると述べる⁽²¹⁾。このような観点に基づき、オズボーンらは独自に調査問題を作成した。LISP では、2種類の調査方法が開発された。「事例面接法 (IAI: interview-about-instances)」および「事象面接法 (IAE: interview-about-events)」である。調査は、授業観察と面接を中心に行われた。「事例面接法」が、「植物」といったようなある言葉について学習者が連想する概念を調査するために用いるのに対し、「事象面接法」では、「光の放射、反射、吸収、あるいは台所での水の蒸発、凝縮」といったような日常観察される現象についての学習者の考え方が調査された。具体的には、両者ともに図1に示すようなカードを用いて面接が行われた⁽²²⁾。

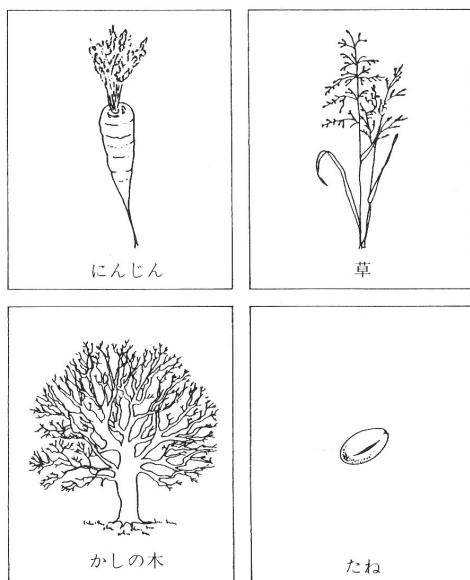


図1 植物に関するカード

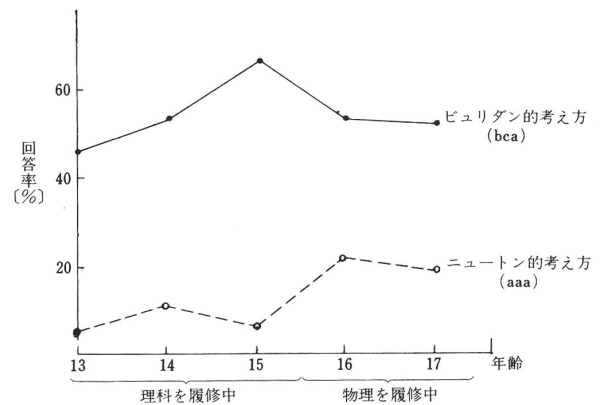
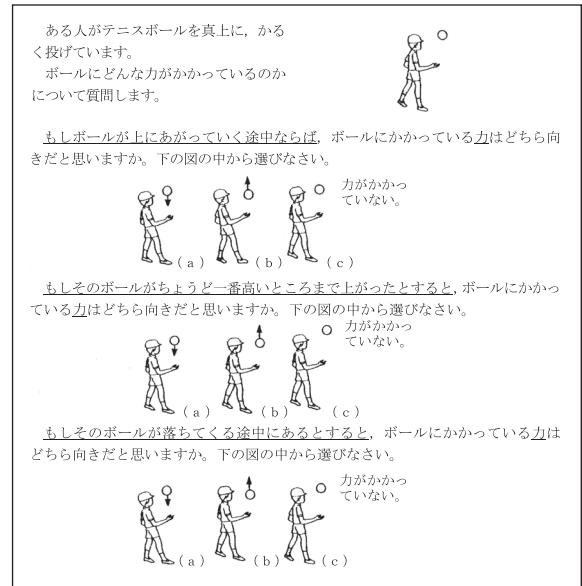


図2 力と運動に関する多肢選択式問題と回答率 (正答は aaa)

例えばカードを見せ「これらの絵の中に植物はある?」「植物って何?」といった植物概念の本質に関わる質問を行なった。

また、上記の方法で明らかになった「子どもの科学」をカテゴリー化し、それらを選択肢として採用した「多肢選択式問題」も用いられた (図2)。これにより、短時間で多人数に対して教室で一斉に調査が可能になった⁽²³⁾。「多肢選択式問題」は「子どもの科学」を明らかにするとともに、授業に活用することで科学的概念の形成を促す機能があるとオズボーンは主張した。

オズボーンらは、面接を成功させる鍵は質問の内容と実施時期にあると主張する。質問内容は「答えやすく、誘導的でなくて、本質的」である必要があった⁽²⁴⁾。実施時期は、学習後に限らず学習前や学習中にも行われた。これは、学習前に学習者が保持している概念や考え方を明らかにすることと、それらがどのような過程を経て変容するのか、あるいは学習の結果どのように変容したのかについて調査するためであった。したがって、すでに理科を学んでいる大学生も調査の対象となった。

さらに、面接対象は授業実施者である教師におよんだ。これは、教師自身の科学に関する概念や考え方を調査するためであった⁽²⁵⁾。

このような、授業観察と面接により、現場で実際に何が行われ、その結果何が起きているのかを実証的に明らかにすることが、「子どもの科学」を明らかにすることを可能にしたと考えられる。

4-1-2. 「子どもの科学」の要素

オズボーンは、LISPにより、「子どもの科学」の要素を「言葉の問題」と「直観的な考え方」の2点にあることを明らかにした。「言葉の問題」とは、言葉が曖昧性(vagueness)と多義性(ambiguity)をもつことに起因する問題である⁽²⁶⁾。すなわち、日常的に人々が使用している言葉は、曖昧なので1つの意味にのみ限定されず、使われる状況によって異なる意味で用いられることを指す。たとえば、科学的には人間は「動物」に分類されるが、日常的な言葉の感覚から言えば「動物」とは考えられていないといったことである⁽²⁷⁾。

オズボーンによれば、曖昧性と多義性は、学習者が幼児期から各々独特の自然観の中で、科学に関する言葉の多様な意味を作り出していることに原因があると指摘する。このことから、オズボーンは教師が授業で用いる言葉に同様の問題が存在すると注意を促すのである。つまり、教師が使用する言葉に対して学習者は教師と異なる意味で捉えており、そのために教師の意図しない形で学習者に理解されている場合があると指摘したのである⁽²⁸⁾。

次に、「直観的な考え方」についてである。オズボーンは、「事例面接法」による「力と運動」についての調査結果をもとに、次の2点を指摘した⁽²⁹⁾。1つは、学習者は「人間中心的な考え方」をする傾向があること。もう1つは、それは昔の科学者の考え方と似通っているということである⁽³⁰⁾。この調査により、たとえすでに物理を学んでいたとしても、学習者は直観的な考え方を放棄していないことが明らかになった。オズボーンは、「力は物体の中にあり、運動の方向に作用する」といったような直感的な考え方は、「ビュリダン派(Buridan)の14世紀のパリの物理学者によって広く指示された考え方」と同様であると指摘する⁽³¹⁾。さらに、オズボーンはこの学習者の考え方が、どの程度の年齢の生徒たちに行き渡っているかについて、すでに物理を学び終えている16、17歳を対象に含めた調査を行った。その調査問題と結果を図2に示す。これより16、17歳の生徒たちが非ニュートン的な考え方を保持していることがわかった。このように、すでに物理を学んでいる生徒でも「物体を動かし続けるには、力を加え続けなければならない」という非ニュートン的な考え方を保持していることを明らかにした。

ここで間違った考えは、学習者が「力」と「運動量」を混同しているために起こっているとオズボーンは指摘する。つまり、学習者が保持する「物体を動かし続けるには、力を加え続けなければならない」という考え方における「力」は「運動量」であって、「運動量」は科学的には「力」とは見なされない。このように、力と運動に関する科学的概念の形成を困難にする要因が、学習者の「直観的な考え方」による「運動量」と「力」の混同にあると、鋭く指摘した。さらに調査を重ね、学習者の非ニュートン的である「直観的な考え方」は、「摩擦」や「重力」といった他の物理に関する概念についてもみられることを示した⁽³²⁾。

では、この誤解を持つ学習者はさらに複雑な力学概念を学ぶ際、どのように理解するのであろうか。オズボーンは「重力」を事例に次のように説明する。「学習者にとって『重力』とは、地球の表面より高くなるにつれて増加するもの」なのである。それは、「物体が高いところから落ちれば落ちるほど『より速く落ちるようになる』から、低いところから落ちるよりもいっそう衝撃が強くなる」という事実となんら矛盾がなく、したがって高くなるにつれて「多くの重力が働いているに違いない」と理解する⁽³³⁾。このように、学習者が新しい科学的概念を学ぶ際に、たとえ非ニュートン的な考え方をもっていたとしても、学習者は自分なりの解釈でそれらと整合性をもつように新しく学んだ概念を構築する。そのため、より複雑な概念を形成するのになんら支障がない。これを、オズボーンは、調査結果から立証したのである。ここでは、学習者にとっての整合性や論理の一貫性という視点が重要な意味を持つ。

4-1-3. ピアジェ批判

オズボーンは、LISPの成果を根拠に、学習者の年齢には特有の思考様式があるといったピアジェの「発達段階説」の問題点を指摘した。これに関し、オズボーンは以下のように述べる。LISPにおいては、「学習者の年齢に関連した認識変化がいくつかの事例でみられた」。しかしながら、「年齢に応じた自己中心性や擬人観的説明の減少、及び抽象的仮説的説明の増加以外、(ピアジェの言うところの)発達段階に応じた傾向を見いだすことはできなかった」。たとえば、「ある年齢層において学習者が様々な多様な考え方を持つ」という事実は「発達段階理論」ではあり得ないことになる⁽³⁴⁾。つまり、LISPにより明らかにされた「子どもの科学」の特質は特別に斬新なものではなく、ピアジェ以降多くの理論家により指摘されてきたことであり、ピアジェのアミニズム、自己中心性、思考と言語の関係に関する初期の研究成果等は、理科の授業を構想する際、未だに大きな意味を持つ。しかし、学習者がいかにして独自の考えを持つようにな

るのか、なぜ彼らの考えは修正が困難なのかという問題は、研究対象の多くを「発達段階説」に限定してしまっているピアジェ流の研究では、十分解明できないとオズボーンは指摘する⁽³⁵⁾。

以上のような LISP の成果を基に、オズボーンは「子どもの科学」によって概念の形成が困難になる要因を、言葉の曖昧性と多義性、および、科学的概念の形成過程で学習者にとって整合性と論理の一貫性がはかられていることに見いだしたのだった。

4-2. オズボーンの理論

では、この困難を乗り越え、「子どもの科学」が科学的概念に変容するにはどのようにしたらよいのだろうか。これについて、オズボーンは、科学的概念の形成に必要な条件を提案した。これらは、理科授業における学習者を主体とした考え方を前提としており、そこにはフェンシャムの「生徒優勢論 (student dominance)」の影響がみられる⁽³⁶⁾。つまり、学習者を主体とする考え方である。

4-2-1. 「学ぶ必然性」の獲得

オズボーンは、学習者の「直観的な考え方」と授業の関係に関する論考をふまえて、科学的概念の形成に必要な条件を2つ提案している。第1は、科学的概念の形成において、学習者が学ぶ必然性を持つことである。これは、ポスナー (George J. Posner) らの言説に依拠する。「学習者が自分の考え方を変えるのは、現在持っている考え方の何らかの点に不満を覚えている場合」である。「もし彼らが自分の考え方の代わりに利用できるような魅力的な考え方があれば、それを拒否するとは限らない」。それには、次のような3つの条件が必要である。①学習者にとって「よくわかること (intelligible)」。すなわち「論理的でかつ内面的に首尾一貫している」ことである。②学習者にとって「もっともらしく思われること (plausible)」。すなわち「子どもが既存の他の考え方と調和させることができる」ことである。③学習者にとって「効果的であること (fruitful)」である⁽³⁷⁾。さらに、オズボーンはヒューソン (Peater W. Hewson) の主張を引用しこう述べる。科学的概念に関する「ある観点から他の観点へのいかなる変化も、ゆるやかな過程でならなければならない」⁽³⁸⁾。そして「新しい考え方は、それがさらによくわかるようになったり、さらにもっともらしく思えるようになったり、さらに効果的になったりするにつれて、次第に地位を確立するようになる」⁽³⁹⁾。つまり、新しく学んだ考え方が学習者の論理において、もっともらしく有効であると学習者が得心することで、学びに必然性をもたらす科学的概念の形成を促すとオズボーンは主張したのである。本稿では、これを、学習者による「学

ぶ必然性」の獲得と名付けることとする。この考え方は、オズボーンの構成主義における特質と考える。

第2は学習者の既存の考え方を明らかにすること、および、それらと科学者の考え方を比較させることである⁽⁴⁰⁾。なぜならば「我々は教師として、子ども達が現在持っている考え方を科学者達の考え方に变化させたり、さらには科学的な見方へと発展させ、あるいは、彼らのかかなり初期の考え方と関連させたり、関連させられることができるような補足的な見方が得られるようにしたい」からであると述べる⁽⁴¹⁾。このように、オズボーンは「子どもの科学」の特性をふまえ、科学的概念の形成条件を明らかにした。そこでは、学習者が「学ぶ必然性」を獲得するための教師の役割が示された。

4-2-2. 学習者主体

オズボーンは、ギルバートやフェンシャムと共に行った「生徒と教師とのやりとりに関する研究」をもとに⁽⁴²⁾、理科学習における多くの問題の根本原因は、「精神白紙説 (tabula-rasa)」と「教師優勢」という2つの考え方にあると指摘した⁽⁴³⁾。これまで授業を構想する際に、学習者を主体にするという考え方が見落とされてきた背景には、この2つの考え方の存在があったというのである。

オズボーンによれば、学習者主体とは、理科学習において「子どもの科学」が支配的な役割を果たすことを意味する。さらに、学習者の考え方は彼らの全生活時間における経験に基づいているので、数時間の授業で容易に修正されたり別の見方へ変えられたりすることはないとオズボーンは指摘する⁽⁴⁴⁾。したがって、理科学習の中心にある学習者の考え方に注目し、授業を構想する必要があり、その際学習者主体という考え方を前提とすることは必然になるのである。

さらに、オズボーンは、「理科教育の目的は、学習者の考え方を、有用で使用しやすい形に変えながら、彼らの世界についての理解を可能にしていくことにある」と述べる。「ところが、学習者は」、⁽⁴⁵⁾「学習した内容と彼らの生活している世界を関連することができる、首尾一貫した自然認識の世界を作り上げている」と続ける⁽⁴⁵⁾。したがって、オズボーンによる理科教育の目的を達成するためには、学習者主体の考え方に基づき、授業において、「新しく学んだ考え方が学習者の論理において、もっともらしく有効である」と学習者が自覚するための方略、すなわち、先ほど述べた「学ぶ必然性」を学習者が獲得するための方略が必要となる。つまり、学習者が自分の考え方を自覚するための方略を獲得できるような授業を構想することをオズボーンは主張したのである。

このように、オズボーンが授業を構成する際に科学的概念の形成過程に着目した背景には、学習者主体という考え方があった。これは、学習者が主体的に自分の考え

方を自覚することを可能にする授業の構想を目指したオズボーンの考えによるものと考えられる。それは、科学的概念の形成を困難にする要因が、「子どもの科学」の特性である言葉の「曖昧性」と「多義性」および学習者の「直観的な考え方」にあることと、それらを乗り越えるには、学習者に「学ぶ必然性」の獲得を促すことが必要であることを明らかにしたことでオズボーンが出した結論であった。

5. 授業とカリキュラム

オズボーンによれば、教師がすべきことは学習者の年齢に応じた授業ではなく、学習者の考え方を変容させるような授業である。これは、言い換えれば「学習者にその責任を負わす」ことになるが、「学習経験の組織化やその提供は教師の責任である」⁽⁴⁶⁾。「学習者に提示される内容が、彼らの既存の考え方よりも、わかりやすく、得心がいき、まことしやかで、有益であるものであれば、これらの内容は彼の中で容易に把握されうる」とし、学習者の既存の考え方は、授業やカリキュラム編成における教師やカリキュラム編成者の支援により変容可能であると主張する⁽⁴⁷⁾。ここでは、その授業とカリキュラムについて詳しく見ていく。

5-1. 「認知的方略」の形成を目的とした授業論

5-1-1 自己評価による「認知的方略」の獲得

先ほども述べたように、オズボーンは、学習者が理科教育で育成するべきは、自分の考え方を自覚する能力とした。ホワイトはこれを学習者による「認知的方略(cognitive strategies)」と名づけた。これは、LISPにおけるオズボーンらの研究成果をふまえ、ホワイトが理科学習で形成される能力として提案したものである⁽⁴⁸⁾。

学習者の「認知的方略」を育成する授業を考えるにあたって、ホワイトは、「認知的方略」が適切な学習環境のもとで伸長する可能性があることに注目した⁽⁴⁹⁾。具体的には、学習者が『どんなことやったの?』、『そんなふうに考えていいのだけ?』というような、学習者に自発的に考えさせるような発問をすることを重視したのである⁽⁵⁰⁾。これは、オズボーンがLISPで用いた質問と一致する。つまり、これらの問いには学習者に「認知的方略」を獲得させるというねらいがあったといえる。

「認知的方略」は、特定の教科に固有のものではない。学習課題を明確化する、学習の目標を決める、熟考する、一般化する、別の考え方を受け入れる等の、思考上の手続きがその要素となる⁽⁵¹⁾。ホワイトは、この方略が活用される場面として、学習者による「学習状況の評価」を提案する。

ホワイトによれば、学習者が学習状況を評価することは「そこに意味を見いだす」、「目標を明確にする」こと

を指す⁽⁵²⁾。つまり、言い換えれば「自己評価」によって、理科授業において自分が何をしたいのか、あるいは何をどのように求められているのかといったような学習目標を明確化したり、自分の考え方を自覚化したりするといった「認知的方略」が獲得されるということである。これは、「学習者にとって学習の意味を感じ取り、その後の学習に対する方向性を見つける」という堀による自己評価の考え方と重なる^(注6)。

以上より、「認知的方略」の育成には、「自己評価」とLISPで用いた質問が授業において有効であることが明らかになった。

5-1-2 教師の支援

では、教師の支援はどのように位置づけられたのであろうか。オズボーンが提案したのは、学習者の理解において首尾一貫した科学的全体像 (scientific perspective) として得られる「生徒の科学 (student's science)」を形成するモデルである (図3)。

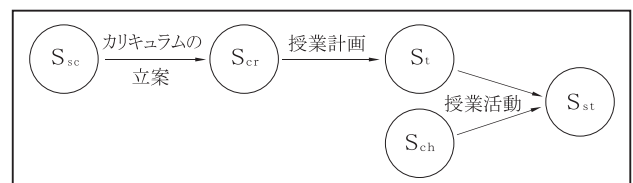


図3 「生徒の科学」への変容過程モデル

授業では「子どもの科学 (Sch)」に対し科学者共同体の合意によってもたらされた意味を「科学者の科学 (scientist's science, Sse)」とする。それは、カリキュラム設計者によって教授内容に含めるために選び出されたり、教科書でとりあげたりすることにより、「カリキュラムの科学 (curricular science, Scr)」になる。この「カリキュラムの科学」が教師の考え方を通すことで「教師の科学 (teacher's science, St)」が作り出される。したがって、授業では「教師の科学」と「子どもの科学」の相互作用によって「生徒の科学 (student's science, Sst)」が生まれることになる。オズボーンらによれば「子どもの科学」が科学的概念に修正されるかどうかは、「教師の科学に関する見解」に大きく関係する。なぜならば、教師それぞれの多種多様な考え方が、理科の指導計画や教材研究に関係するからである⁽⁵³⁾。つまり、ある単元において授業を構想する際、学習者の既存の概念を科学的概念に変容させるために必要な教材の選択や学習者の考え方に即した指導計画は、授業を担当する教師自身が行うことになる。ここでの教師の論理を「教師の科学」と名付けた。オズボーンによれば、このモデルは「学習者が理解し (understand)、価値を認め (appreciate)、生活や仕事の場に関連することで成立する」⁽⁵⁴⁾。このように「子どもの科学」を「生徒の科学」に導くには、「教師の科

学」に基づく教師の支援が、学習者にとって首尾一貫していて、もっともらしく、効果的であるといった、学習に必然性をもつような支援でなければならないことがわかる。つまり、「子どもの科学」が「生徒の科学」に変容する過程において、もし学習者が学ぶ必然性を獲得する条件が満たされていなければ、「教師の科学」と「カリキュラムの科学」は、その考え方を変更せざるを得ない。

このように、オズボーンの構成主義は、「子どもの科学」に依拠した教える側の論理を問い直すものだったと考えられる。これは、「学ぶ必然性」の獲得と同様、オズボーンの構成主義の特質と言えよう。「教師の科学」と「カリキュラムの科学」は、「科学者の科学」に基づくものである。したがって、教育を通して「教師の科学」や「カリキュラムの科学」が再考を迫られることを鑑みると、その基にある「科学者の科学」も唯一絶対のものとはいえなくなる可能性があるのではなかろうか。さらに、「教師の科学」を再考する際は、あらかじめその考え方を明確にしておく必要がある。なぜならば、「教師の科学」のどこに問題があったのかを明らかにする必要があるからである。以上の理由で、LISPにおいて教師が面接対象に含まれたのだった。

5-2. オズボーンによるカリキュラム論

オズボーンは、当時のカリキュラム上の問題を2点指摘した。単元内容の順序に関わる問題と学習者主体の考え方に関わる問題である。単元内容の順序に関わる問題とは、理科授業における単元の内容領域は、その内容の表現の仕方に関して、唯一の論理的順序性を持っている点である。たとえば、物理学の中で、「変位と速度」についての考え方は、いつも「加速度」の考え方よりも先に教えられている。また、それと同様に「速度と質量」の考え方は「運動量」よりも先に教えられている。これはカリキュラム開発者や教科書執筆者が利用する単元内容の階層的順序性が、次のような無意識的な前提にあることにに基づく。それは、「学習者が持っているような非科学的な概念は、伝統的な科学的な考え方の学習に対してなんら重要な影響を与えることはない」という仮説である。この仮説は間違っているとオズボーンは断言する。その上で「学習者の直観的な考え方が突き止められるならば、もっと首尾よく直接的に科学的な見方を学習者たちが受け入れるような単元内容の順序を提案することが十分に可能である」と述べる⁽⁵⁵⁾。たとえば物理の授業においてそれまで「運動量」の単元は「力と運動」よりも後に学習するように設定されていた。このことが、「力と運動」に関する科学的概念の形成を困難にすることが立証されていたのである^(注7)。

次に、学習者主体の考え方に関わる問題である。授業構想の前提となる学習者主体という仮定は、以前にはカ

リキュラム開発において見落とされがちであった。実際に「子どもの科学」の存在は、無視されるかせいぜい付け足し程度にしか考えられてこなかったのである。さらに、多くの理科カリキュラムの背景にある考え方は、学習者は学習課題となる話題について何の知識も持ち合わせていないという「精神白紙説」を踏襲していると批判する⁽⁵⁶⁾。これは、いうまでもなくLISPの調査結果を根拠としたオズボーンらの立場であった。

6. おわりに

以上より、次のような結論を得た。オズボーンの構成主義における特質は、次の2点にある。1つは、学習者に「学ぶ必然性」を獲得させることで科学的概念の形成が可能になるとしたこと、もう1つは、その結果教える側の論理が問われることである。その構造は以下の通りである。「学ぶ必然性」は、学習者が「子どもの科学」を自覚し、それが科学的概念に変容する過程を認識することで獲得される。学習者が自分自身の概念の変容過程を認識するには「認知的方略」が必要になる。したがって、教師は「教師の科学」に基づく授業により、学習者に「認知的方略」の育成を図る。つまり、学習者が「学ぶ必然性」を獲得するかどうかは、「教師の科学」に依拠することになる。このようにして「教師の科学」、すなわち教える側の論理が問われることになるのである。

しかし、まだ課題は残る。まず、オズボーンが急逝した後その弟子達に受け継がれることになった研究の再検証をすることが必要となろう。また、オズボーンの理論の諸外国における位置づけを検討することにより、オズボーンの構成主義の本質がさらに明らかになろう。これらは今後の課題としたい。

一注一

- 1 構成主義の考え方が日本に紹介される契機になったのは、1988年におけるオズボーンらの著書 *Learning in Science* の森本信也と堀哲夫の訳出によるものであった（稲垣成哲「監訳者あとがき 一知の多様な表現を基底にした教室を目指して」R.T. ホワイト・R. ガンストン（中山迅、稲垣成哲監訳）『子どもの学びを探る 一知の多様な表現を基底にした教室をめざして』東洋館出版社、p.231、1995）。
- 2 構成主義という言葉は使う文脈や立場によってそのとらえ方は様々である。たとえば「ピアジェ（Jean Piaget）理論」に代表される「個人主義的・心理学的個人主義」といった立場や、ガーゲン（Kenneth J. Gergen）による『構築主義（constructionism）』と呼ばれる立場、そして「状況論的アプローチやヴィコツキー学派を中心」に主張されるようになった「社会的構成主義」と呼ばれる立場などがある。詳しくは以下の文

献を参照されたい。堀 哲夫「構成主義学習論」日本理科教育学会編『理科教育学講座 5 理科の学習論(下)』東洋館出版社, pp.105-226, 1992 / 久保田賢一『構成主義パラダイムと学習環境デザイン』関西大学出版会, 2000

- 3 理科においては、帰納主義の他に演繹的な方法で授業が進められる場合も多い。これは、まず科学の原理・原則を学習しそれらを具体的な現象に適用して理解していく方法である。この場合は、学習者の既有的な考え方が取り入れられる余地はないと考えられる。
- 4 こうした考え方は、周知のごとく広く展開されてきたし、現在でも広く容認されていると思われる。
- 5 ただし、オズボーン自身は明確に構成主義の立場であるとは表明していない。
- 6 堀は、これまでの自己評価の問題点を指摘し、その上で学習者による自己評価の機能としてメタ認知能力の育成をあげている(堀 哲夫『学びの意味を育てる理科の教育評価』東洋館出版社, p.54, 2003)。
- 7 オズボーンらは、力と運動に関する科学的概念の形成を困難にする要因が、学習者の直観的な考え方に基づく「運動量」と「力」の混同した考え方にあることを明らかにした(Osborne & Freyberg, 1985, pp.48-50=邦訳, pp.75-77, 1988)。

一文 献一

- (1) Bransford, J. D. Brown, A. L. & Coking, R. R. (Eds.) *How people learn: Brain, mind, and school*, Washinton, DC: National Academy Press, 2000.
- (2) R. K. ソーヤー編, 森敏昭・秋田喜代美監訳「学習科学ハンドブック」培風館, p.1-2, 2009
- (3) 田中耕治『教育評価』岩波書店, p.9, 2008
- (4) 堀 哲夫, 西岡加名恵「授業と評価をデザインする理科」日本標準, p.225, 2010
- (5) Osborne, R. & Freyberg, P. *Learning in Science*, Heinemann, 1985, p.1, 1985, なお, 森本信也, 堀哲夫訳『子ども達はいかに科学理論を構成するか ―理科の学習論一』(東洋館出版社, p.7, 1988) 参照(以下, Osborne & Freyberg, 1985 = 邦訳, 1988 と記す)。
- (6) Gilbert, J. K., Watts, D. M., & Osborne, R. Eliciting student views using an Interview-about-Instances technique. In West, L. H. T. and Pines, A. L. (eds.), *Cognitive structure and conceptual change*, Academic Press, p.11, 1985, なお, 森藤義孝訳「事例面接法による生徒の認識調査」進藤公夫(監訳)『認知構造と概念転換』(東洋館出版社, p.25, 1994) 参照(以下, Gilbert, Watts & Osborne, 1985 = 邦訳, 1994 と記す)。
- (7) 堀 哲夫『教育評価の本質を問う 一枚ポートフォリオ評価 OPPA 一枚の用紙の可能性』東洋館出版社, p.56,

- 2013 / 堀 哲夫, 西岡加名恵, 前掲書, pp.224-225
- (8) 森本信也「構成主義的理科学習論の教育実践への寄与とその発展のための課題」日本理科教育学会編『理科の教育』Vol.49, No.1, 東洋館出版社, pp.4-5, 2000
- (9) Fensham, P. *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*, Dordrecht: Kluwer, p.52, 2004
- (10) その知見とは、以下に示すものである。Ausubel, D. P. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, Winston, 1968 / Barnes, D. *From communication to curriculum*, Harmondsworth: Penguin Books, 1976
- (11) Gilbert, J. K. Roger Osborne(1940-1985), University of Waikato, New Zealand. *Cultural studies of science education*, Vol.4 (2), p.316, 2009
- (12) Osborne & Freyberg, p.3, 1985 = 邦訳, p.11, 1988
- (13) Gilbert, J. K., op. cit., p.316
- (14) Ritchie, S. M. ASERA: an uncontroversial evolution. *Cultural studies of science education*, Vol.4 (2), p.259, 2009
- (15) 稲垣成哲「監訳者あとがき 一知の多様な表現を基底にした教室を目指して一」R.T. ホワイト・R. ガンストン(中山迅, 稲垣成哲監訳)『子どもの学びを探る 知の多様な表現を基底にした教室をめざして』東洋館出版社, p.231, 1995
- (16) Gilbert, J. K., op. cit., p.317
- (17) *Ibid.*, p.318
- (18) Bell, B. Science curriculum development in New Zealand a historical account. *Research in Science Education*, Vol.17(1), p.244, 1987
- (19) 狩野高信, 松本伸示「ニュージーランドの理科教育 ―理科カリキュラム改革における構成主義的観点を中心として一」『日本教科教育学会誌』Vol.18 (2), p.26, 1995
- (20) Bell, B., op. cit., p.244
- (21) Osborne & Freyberg, p.151, 1985 = 邦訳, p.220, 1988
- (22) Osborne & Freyberg, p.6, 8, 1985 = 邦訳, p.15, p.18, 1988
- (23) Osborne & Freyberg, p.166, 1985 = 邦訳, p.239, 1988
- (24) Osborne & Freyberg, p.152, 1985 = 邦訳, p.221-222, 1988
- (25) Osborne & Freyberg, p.113, 1985 = 邦訳, p.166, 1988
- (26) Gilbert, Watts & Osborne, pp.13-15, 1985 = 邦訳, pp.28-31, 1994
- (27) Osborne & Freyberg, p.32, 1985 = 邦訳, p.51, 1988
- (28) Osborne & Freyberg, pp.33-36, 1985 = 邦訳, pp.53-58, 1988
- (29) Osborne & Freyberg, p.41, 1985 = 邦訳, p.64, 1998
- (30) Osborne & Freyberg, pp.42-47, 1985 = 邦訳, pp.65-72,

1988

- (31) Osborne & Freyberg, p.46, 1985= 邦訳, p.71, 1988
- (32) Osborne & Freyberg, p.47, 1985= 邦訳, p.72, 1988
- (33) Osborne & Freyberg, p.47, 1985= 邦訳, p.72, 1988
- (34) Osborne & Freyberg, pp.84-85,1985= 邦訳, p.126, 1988
- (35) Osborne & Freyberg, p.13, 1985 = 邦訳, p.24, 1988
- (36) Fensham, P. J. A Research Base for New Objectives of Science Teaching, *Research in Science Education*, Vol.10, pp.23-33, 1980
- (37) Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, Vol.66 (2), pp.211-227, 1982
- (38) Hewson, P. W. A conceptual change approach to learning science. *International Journal of Science Education*, Vol.3 (4), pp.383-396, 1981
- (39) Osborne & Freyberg, p.48, 1985 = 邦訳, p.74, 1988
- (40) Strauss, S. Cognitive development in school and out, *Cognition*, Vol.30, pp.295-300, 1981
- (41) Osborne & Freyberg, p.47, 1985 = 邦訳, p.73, 1988
- (42) Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, Vol.66, No.4, pp.623-633, 1982
- (43) Osborne & Freyberg, pp.86-87, 1985 = 邦訳, pp.128-129, 1988
- (44) Osborne & Freyberg, p.86, 1985 = 邦訳, p.128, 1988
- (45) Osborne & Freyberg, p.88, 1985= 邦訳, p.131, 1988
- (46) Osborne & Freyberg, pp.85-86, 1985= 邦訳, p.127, 1988
- (47) Osborne & Freyberg, p.84, 1985= 邦訳, p.126, 1988
- (48) White, R. T. *Learning Science*, Basil Blackwell, p.78, 1988 (なお、堀哲夫、森本信也〔訳〕『子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか：認知論的アプローチによる授業論』(東洋館出版社, p.114, 1990) 参照。以下、White, 1988 = 邦訳, 1990 と記す)。
- (49) White, p.78, 1988 = 邦訳, p.114, 1990
- (50) White, p.86, 1988 = 邦訳, p.125, 1990
- (51) White, p.83, 1988 = 邦訳, p.120, 1990
- (52) White, p.84, 1988 = 邦訳, p.121, 1990
- (53) Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J., *op. cit.*, pp.627-628
- (54) *Ibid.*, pp.630-631.
- (55) Osborne & Freyberg, p.48, 1985= 邦訳, pp.74-75, 1988
- (56) Osborne & Freyberg, p.86, 1985= 邦訳, p.128, 1988

—図 版—

図1 R. オズボーン, P. フライバーグ編, 森本信也, 堀哲夫〔訳〕『子ども達はいかに科学理論を構成するか—理科の学習論—』東洋館出版社, p.16, 1988

図2 同上書, pp.70-71

図3 ギルバート, ワッツ&オズボーン「事例面接法による生徒の認識調査」進藤公夫〔監訳〕『認知構造と概念転換』東洋館出版社, p.26, 1994