

構成主義を基軸にした子どもに科学概念構築を促す教授方略に関する研究

**Teaching Strategies for Nurturing the Conception of the Natural Phenomena
based on the Constructivist's Views**

森本信也* 松本朱実** 長沼武志** 野原博人**

1. 問題の所在

これからの日本における学校を中心とした教育課題として、「主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる「アクティブ・ラーニング」）や、そのための指導の方法等を充実させていく」（文部科学省2014）ことが指摘されている。「我が国の子供たちについては、判断の根拠や理由を示しながら自分の考えを述べることについて課題」に基づく指摘である（文部科学省2014）。理科教育においては、この指摘を踏まえると、「科学的な思考・表現」、すなわち理科における思考力・判断力・表現力の育成がこうした課題解決の視点となろう。

理科教育学研究においては1970年後半より、世界的規模で構成主義に基づく教授・学習論研究が隆盛である（Keith S.Taber 2009）。構成主義に基づく教授・学習論に立脚した実践を構想するとき、日本の教育課題は充分解決可能な内容であるように思われる。しかしながら、問題の7割を「科学的な思考・表現」が占めた平成24年に実施された理科の全国学力・学習状況調査において、小学校のこの観点での平均正答率は57.8%，中学校は48.9%であり、この観点に関わる実践は、現状では充分実現されていない。

授業実践の視点を明確にし、かつ、子どもの学習における能動性や協働性を視野に入れた、緻密な授業デザインが構想されなければならないのである。さらに、子どもの理科教育を学校のみに限定することなく、社会教育をも視野に入れ、理科教育の可能性を掘り起こすことも必要である。そこで、本稿では三つの視点から論考を行い、現代理科教育に内在する課題解決を図った。第一の視点は「形成的アセスメント（formative asseessment）」を駆動させ、子どもにおける円滑な科学概念構築を支援する指導方略の検討である。第二の視点は、子どもの理科学習における明確な自覚化の下での協働性を支援し、その上での科学概念構築を促進する指導方略の検討である。第三の視点は、社会教育施設における構成主義に基づく理科の教授・学習論を構想し、その可能性を検証することである。

こうして、本稿においては三つの視点からの理科教育の可能性を構想し、検証することで、上述した教育課題について、より広い視野に立脚して解決策を提示したい。

2. 形成的アセスメントを駆動させて、子どもにおける円滑な科学概念構築を支援する指導方略

2.1 形成的アセスメントの有用性

CERI（OECD 教育研究改革センター）は、形成的アセスメントについて、「学習のニーズを確認し、教授を適切に合わせていくための、生徒と学力進捗状況と理解の頻繁かつ対話的（インタラクティブ）のアセスメントを指す」と、述べている（OECD 教育研究改革センター,2005）。形成的アセスメントは、子どもの発言や描画、記述などあらゆるパフォーマンスに対して、直接的に行われるアセスメントである。クライテリア（criteria）を評価の基準として授業を行い、対話を通して子どものパフォーマンスをアセスメントしながら、子どものニーズに応じたフィードバックを即時的に行って学習を支援する。これは、図1に示す、ヴィゴツキー（Vygotsky, L.S.）の指摘する「発達の最近接領域（ZPD: Zone of Proximal Development）」を見極め、教師が足づくりを行うことと同義である（ヴィゴツキー, L.S., 2001）。

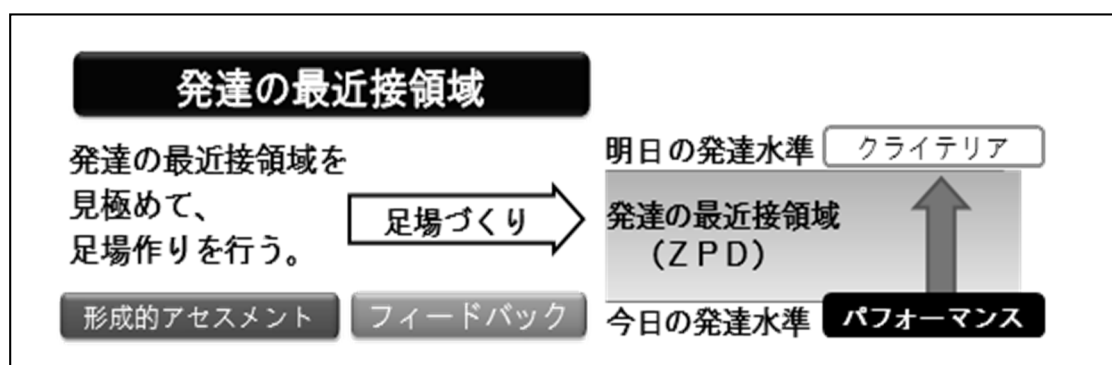


図1 発達の最近接領域と形成的アセスメントに基づくフィードバック

つまり、形成的アセスメントのクライテリアは、明日の発達水準を見据えたものであり、教師は子どもとの対話の中で形成的アセスメントを通して発達の最近接領域を見極め、足場づくりとしてフィードバックを行いながら、子どものパフォーマンスの向上を促すのである。

渡辺らは、授業における子どものパフォーマンスを形成的アセスメントし、子どもへ即時的にフィードバックを与えることにより、子どもは自身の学習を調整しながら、科学概念を構築することを明らかにしている（渡辺、黒田、森本、2013）。また、長沼らは、形成的アセスメントに基づくフィードバックが、子どもの自律的な問題解決、メタ認知や自己評価を促し、科学概念構築に寄与することを明らかにした（長沼、森本、2015）。形成的アセスメントに基づくフィードバックの支援を受けた子どもは、学習の目的を明確にしながら、問題解決に取り組み、考えの関連付けを図ったり、メタ認知や自己評価による学習の調整を図ったりしながら、科学概念を構築するのである。

このように、形成的アセスメントは、子ども自身が学習を調整し、主体的・協同的に学ぶ授業を具現化するものであり、形成的アセスメントが、子どもにおける円滑な科学概念構築を支援する指導方略として有用であると考えられる。

2.2 フィードバック機能の分化

形成的アセスメントでは、クライテリアをもとに子どもを見極め、フィードバックを行うことが重要である。ウィリアム（William,D）は、「フィードバックは課題のそれぞれの特徴に焦点をあて、学習者に焦点をあてるというよりはむしろ、改善する方法についての指示を提供すべきで、単に生徒が正しいかどうかを生徒に示すよりはむしろ、それは問題の「何をどのように、そしてなぜ」に焦点を当てなければならない」と述べている（ウィリアム,D,2013）。一方、HattieとTimperleyは、フィードバックについて、図2に示す、フィードバックが適切に機能する四つのレベルを明らかにした。具体的には、課題を明確にすることに対して機能するタスクレベル、課題を遂行するプロセスに対して機能するプロセスレベル、自己調整に対して機能する自己調整レベル、そして、動機づけとして機能する自己レベルである（Hattie & Timperley, 2007）。

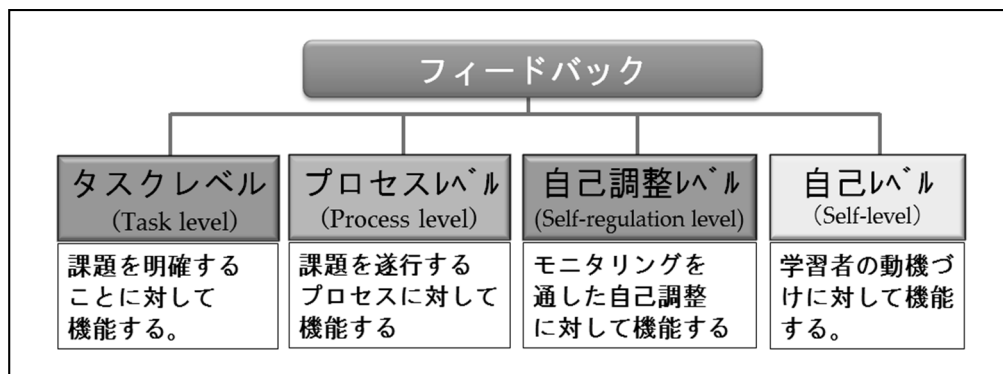


図2 フィードバックが機能する四つのレベル（Hattie & Timperley, 2007）

理科教育で考えるならば、形成的アセスメントに基づくフィードバックを行い、動機づけに働きかけながら、科学概念構築を促すことである。つまり、形成的アセスメントを通して、教師は、子どもの現状を見極め、課題を明らかにし、必要に応じて課題の遂行や自己調整を支援しながら、科学概念の構築を促すのである。同時に、自己レベルとして、子どもの学習に対する動機づけに働きかけながら、子どもの主体的・協同的な学びを具現化していくのである。

2.3 小学校における授業実践

授業実践の目的は、上述したように、子どもにおける円滑な科学概念構築を支援する指導方略として、形成的アセスメントを駆動させた理科授業の計画・実践を行うことにある。その上で、授業における発話や授業中に作成された描画を分析し、「構成主義を基軸にした子どもに科学概念構築を促す教授方略」に関する、形成的アセスメントの有用性について検証を行った。

分析対象とした授業は、神奈川県小学校第4学年、単元「天気と気温」である。分析は、授業を撮影したビデオ記録による発話、及び授業中に作成された子どもの描画によって行った。単元「天気と気温」の学習のねらいは、1日の気温の変化を観察し、天気や気温の変化についての考えをもつことができるようにすることである。具体的には、1日の気温の変化の様子を調べてグラフに表すと、太陽が出ている晴れた穏やかな日には日中に気温が上がる山型のグラフになり、太陽が雲などでさえぎられている曇りや雨の日には高低差の小さい型のグラフになることがある。これらのことから、1日の気温の変化の仕方は天気によって違いがあることをとらえるようにする（文部科学省, 2008）。そこで、分析対象とした授業では、気温の変化をグラフで捉えること、天気と気温の変化を関係づけて捉えることをクライテリアとして、形成的アセスメントを実施した。


2.3 結果

分析対象とした授業では、曇りの日の気温の変化を調べ、表1に示す1日の気温の変化をグラフにして特徴を読み取り、なぜ、8時から9時にかけて気温が下がったのかについて考察を行った。表2には、その結果についての考察場面のプロトコルと説明に用いられた図3～図5を示す。プロトコルにおいては、教師の発言をTとし、子どもの発言をCとして示した。図6には、考察の場面での板書を示す。

表1 曇りの日の気温の変化

| | | | | | | |
|-------|-----|----|-----|-----|-----------|-----|
| 時刻（時） | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 気温（度） | 21 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 |
| 天気 | くもり | 雨 | くもり | くもり | くもり 晴れ | くもり |

表2 考察の場面におけるプロトコル及び、子どもが使用した描画例

| | | |
|----|--|---|
| T1 | なんで雨が降ったら気温が下がったのか。 |  |
| C1 | （図3を提示して）8時は曇りだったけれど、9時に雨が降って、地面が冷たくなったから。 | |
| T2 | 付け足して。 | |
| C2 | 雨が降ったから。 | |
| C3 | 雨が降っていると、曇っているから、太陽の光が少ししか当たらない。 | <p>図3 雨と気温</p> |
| T3 | 雲の上の子とも考えていたんだって。 | |
| C4 | 雨が降って地面の温度が下がって、気温が下がって、太陽の光が | |

| | | |
|-----|--|--|
| C5 | 当たらないから、気温が上がらない。 (図4を提示して) 冷たい雨が降っていて、雨が地面に当たって、空気が冷たくなって、冷たくなった空気が上がってきて、気温が下がる。 | |
| T4 | 雨って、冷たいでしょう。そんな経験ないですか。 | |
| C6 | 傘を忘れて服がぬれたとき冷たかった。 | |
| C7 | 体温が下がって風邪をひく。 | |
| T5 | 風邪をひく理由は、体温が下がるからなんだね。 | |
| C8 | だから、地面も温度が下がるんだ。 | |
| T6 | 発想が鋭い。 | |
| C9 | (図5を提示して) えっと、9時に雨が降っていて、その時は、雨が降るってことは雲があるってことだから、雲は太陽より下だから、太陽が雲に隠れて、それで地面が温まらなくて、それで、水は冷たいし、水が地面に触れるとしばらく乾かないから、さらに太陽が当たらないから、雨のしずくは冷たいから、8時から9時の間は気温が下がった。 | |
| T7 | 2つの理由があるんだね。雨と | |
| C9 | 日があたらない。 | |
| T8 | だから、気温が下がってしまう。 | |
| C10 | 曇りの日は変わらない。 | |
| T9 | 晴れの日? | |
| C11 | 太陽の光が当たって、気温が上がる。 | |
| T10 | まさに、天気と気温には関係が | |
| C12 | ある。 | |

図4 雨と地面の関係

図5 太陽と雲と雨

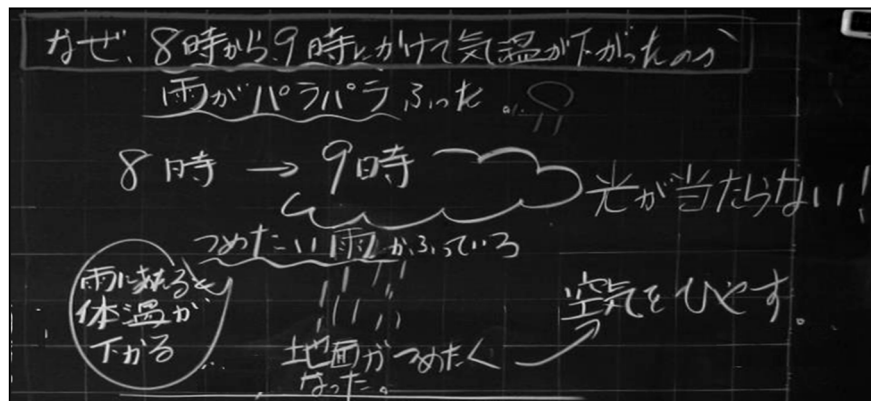


図6 授業の板書記録

2.4 考察

本実践では、曇りの日の気温の変化を折れ線グラフに表した時、気温が下がった部分に疑問を持った子どもの発言をもとに、考察場面での学習内容を設定した。T1は、課題を明確にするタスクレベルのフィードバックとして、「なんで、雨が降ったら気温が下がったのか」と発問し、図6に示す通り、黒板に考察の視点を記述した。すると、C1は、図3を提示して、「8時は曇りだったけれど、9時に雨が降って、地面が冷たくなった。」と、発言した。さらにC3は、「雨が降っていると、曇っているから、太陽の光が少ししか当たらない。」と、太陽と地面の関係についての発言を付け足した。T3は、天気が雨であること、雨が地面を冷やしていること、そして、雲の上の太陽のことを関連づけるために、「雲の上のことも考えていたんだって。」と、

プロセスレベルのフィードバックを行った。すると、C4は、「雨が降って地面の温度が下がって、気温が下がって、太陽の光が当たらないから、気温が上がらない。」と、3つの要因を関連づけた。その後T4は、経験と学習を結び付けるために、自己調整レベルのフィードバックとして「そんな経験ないですか。」と、発問した。すると、C6は、「傘を忘れて服がぬれたとき冷たかった。」と、答えた。この発言を受けて、C8は、「だから、地面も温度が下がるんだ。」と、学習を調整しながら、雨と気温の関連付けを再確認した。T5は、C8を動機づけるために、自己レベルのフィードバックとして「発想が鋭いね。」と、価値づけした。最後にC9が図5を提示して、「太陽が当たらないから、雨のしずくは冷たいから、8時から9時の間は気温が下がった。」と、これまでの対話をふりかえりながら、意見をまとめた。T8は、天気が雨であると地面を冷やすこと、そして、太陽が雲に隠れていると気温があがらないことを説明していると見極めて、「2つの理由があるんだね。雨と？」と、自己調整レベルのフィードバックを行った。また、最後には、「晴れの日？」と、前時までの学習内容をふりかえり、天気と気温の変化の関連づけを図る自己調整レベルのフィードバックを行った。その結果、子どもは、天気と気温の変化について関係づけて、雨が降ると気温が下がる理由について、理解を深めたのである。

2.5 形成的アセスメントを駆動させた指導方略の有用性についてのまとめ

本実践では、「構成主義を基軸にした子どもに科学概念構築を促す教授方略に関する研究」に関して、形成的アセスメントを駆動させた理科授業デザインを構想した。

授業では、子どもが観察、実験した事象をグラフにまとめ、気温が下がった理由について対話を中心とした考察を行い、結論を導出した。この問題解決の過程において、子どもは、タスクレベルのフィードバックにより、気温が下がる理由について、天気と関係づけて考えることを明確にした。また、プロセスレベルのフィードバックにより、雨が降ると気温が下がるといった考えの関連づけを発展させて、雨が地面を冷やすことや、雨雲が太陽光線を遮るため気温が上がらないことに拡大させて理解を深めた。さらに、自己調整レベルのフィードバックにより、水が温度を下げるだけでなく太陽光線が届いていないことを含めて、学習をふりかえったり、晴れの日気温の変化の理由と結び付けたりしながら、曇りの日の気温の変化についての理解を拡大させた。同時に、自己レベルのフィードバックにより、学習への動機づけを高めていった。

このように、課題解決の課程において、適切に形成的アセスメントが行われた結果、子どもは、主体的・協同的に学び、科学概念を構築したと考えられる。つまり、形成的アセスメントを起動させた指導方略は、子どもにおける円滑な科学概念構築を支援することが明らかとなった。

3. 子どもの理科学習における明確な自覚化の下での協働性への支援をした上での科学概念構築を促進する指導方略

3.1 学習におけるリフレクションの具現化

「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について（文部科学省, 2014）」において、子どもに必要な資質・能力の育成が重要であることが指摘されている。理科教育においてこの指摘を踏まえると、「科学的な思考・表現」、すなわち理科における思考力・判断力・表現力の育成がこうした課題解決の視点となる。この課題解決に対して有効であるのは、他者との協同的な活動の下で、こうした学習を深化させることである。それにはまず、子ども自らの考えの自覚化の促進である。次に、科学概念の構築過程において、子ども自らの考えと他者の考えと相対化し、考えの調整をさせることである。その指導方略が必要である。

サンツォら（Sanzo.et.al.,2014）は、学習の導入から結末を通して、子どもが学習の状況についてセルフ・アセスメントとセルフ・モニタリングを意図的に繰り返していくことによる効果的なリフレクション（考えの自覚化）が、学習目標到達に向けて重要であると指摘している。この学習におけるリフレクションを理科授業における問題解決の過程に援用するならば、「どのように科学概念を構築していけばよいか」といった学習を常に見通すセルフ・アセスメントと、そのために毎時間「どのように問題を解決するのか」といったセルフ・モニタリングが必要である。この二つの活動を一体化させ、科学的な思考・表現の総体として子どものパフォーマンスは促進され、科学概念の構築がなされていく。

3.2 セルフ・アセスメント、セルフ・モニタリングを促進する教師と子どもの活動

サンツォら（Sanzo.et.al.,2014）は、学習におけるリフレクションの具現化において、学習状況の自覚化の促進、学習状況に即応した支援の分析、形成的アセスメントに基づく教授、自己肯定感や合意形成を促進するといった、教師が子どもの学習に関与していくための4つの要因が必要であると述べている（図7）。これらは、形成的アセスメントを軸としたものであり、この4つの要因の教授過程において、セルフ・アセスメントやセルフ・モニタリングは機能していく。この4つの要因を理科授業に即して捉えていく。

学習状況の自覚化の促進とは、理科授業における科学概念構築に向けて見通しを立てることである。子どもが問題を明確にし、必要な情報について自覚していくための促進といえる。学習状況に即応した支援の分析とは、子どもの学習状況を把握し、科学概念の構築に向けたアセスメントの規準につい

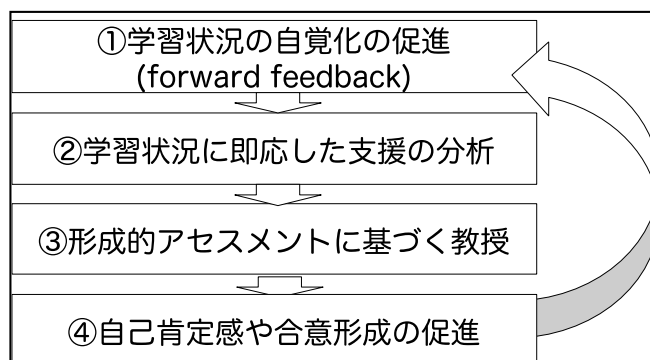


図7 教師による学習への関与における要因
(Sanzo.et.al.,2014をもとに作成)

て、子どもとの対話を通して共有することである。そして、対話の活性化を目指した形成的アセスメントに基づく教授から、科学概念の構築に向けた自己肯定感や合意形成の促進を図っていくことで新たな学習状況が決定されて、学習状況の自覚化の促進にもどるというサイクルによって理科授業の問題解決におけるリフレクションは具現化されていく。

この4つの要因は、理科授業における問題解決のプロセスを通じた科学概念の構築を図っていく上での教師の役割として有益な視点をもたらしていくと考えることができる。

また、教師の役割の対象となる、リフレクションの主体である学習者にも対応した活動があると考えられる。学習者の活動について、ムーアら(Moore.et.al.,1969)は、学習者には4つの活動があると述べている。この学習者の活動を理科授業に即して考えてみる。まず、「働きかける人」とは、自然事象に働きかけ、自らの既有知識や生活経験をもとに解釈を試みるといった、自分の考えを他者に伝えることで、考えの深化・発展を志向するという活動である。「待ち受ける人」とは、対話に参加することを通して、他者の考え方を受容し、自分の考え方や表現と比較したり考えるきっかけを得ようとしたりするという活動である。「やりとりをする人」とは、他者の考え方に対して自分の考え方を付け足したり不明な点について質問したりすることを通して、考え方の表現やその意味を明確にするという活動である。「判定する人」とは、対話を通して表出した複数の考え方について共有し、どの考え方が適しているか、根拠や理由を明確にしながら判断をするという活動である。

それぞれの学習者の活動を促進していくのが教師の役割である。上述にあるサンツォらが示した教師の役割によって学習者に効果的なリフレクションを促進していけば、ムーアらによる学習者の役割に能動性が付加されていくと考えることができる。そこで、ムーアらによる学習者の4つの役割について、「能動的に情報を収集する」「能動的に情報を吟味する」の二つの分類に試みた(図8)。

まず、「働きかける人」「待ち受ける人」は、「能動的に情報を収集する」という役割として捉えることとした。学習問題の抽出や予想や考察におけるパフォーマンスの表出において主体的に発話をしたり協同的な姿勢で対話に参加したりするといった、学習を能動的に進めていく上での前提条件である役割になると考えることができる。

そして、「やりとりをする人」「判定をする人」は、「能動的に情報を吟味する」という役割として捉えることとした。科学概念構築において必要な情報としての、判断の根

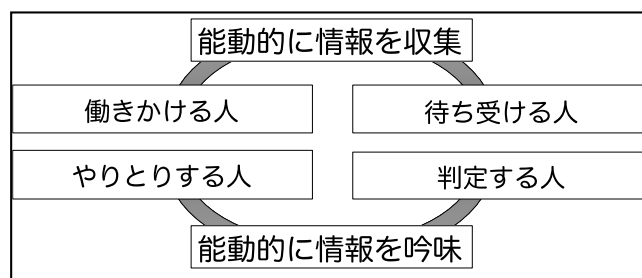


図8 リフレクションを促進する学習者の活動 (Moore.et.al.,1969をもとに作成)

抛や理由についての吟味を通してパフォーマンスを深化させていくという役割であると考えることができる。

3.3 授業デザインの方略

上述の論考をふまえ、教師と学習者の役割を明確にした理科授業のデザインの下での、学習におけるリフレクションの具現化についての検討を行った。子どもにおける科学概念構築の内実については、能動的に情報を吟味するという学習者の役割が対話を通したパフォーマンスの表出過程において有効に機能していくものと考えられる。この役割を促進していく教師の役割との連動性について、授業プロトコルによる発話及びワークシートにおける記述の分析を行った。

分析の対象は、川崎市小学校第4学年、単元「電気の働き」とした。ここでは、直列つなぎでの電流の強さについての概念構築を目標とした授業の実施と分析を行い、子どもの理科学習における明確な自覚化の下での協働性への支援をした上での科学概念構築を促進する指導方略について検討した。

3.4 結果

分析対象とした授業では、電流の向きから並列つなぎでの電流の強さの学習をした後に直列つなぎについて追究させていくこととした。図9は、並列つなぎの電流の強さについて概念構築した際の子どもの記述である。

「並列でつながれている電池から出ている弱い電流同士が、合流する導線で合体して電池1つ分の電流の強さとして回路を流れている」と考えており、並列回路における電流の強さについての概念構築が果たされていることがうかがえる。

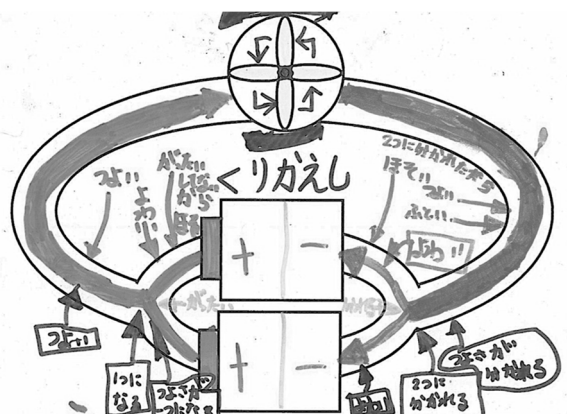


図9 並列回路における電流の強さに関する記述

表3 予想の場面におけるプロトコル

| | |
|----|--|
| C1 | 前回言ったけどさ、電気は回路化していて、前の並列つなぎは複雑になっていて、電池の半分ずつが出てきたけど、今度は倍になってでてくるじゃないかな |
| T1 | 倍になって？ |
| C2 | 電池の速さが違う |
| T2 | どういう意味？ |
| C3 | だって、電池をそうやってつなぐなら、補給するところが直で2つあるから、2回補給できるから速くなる。ガソリンスタンドが近くにあるって...ガソリンスタンドが近い分2回補給することができるので、速くなると思う。 |
| T3 | 今の話を聞いていてどう？倍になっているじゃないかなと思っています。 |
| C4 | 回路と同化しているので、速くなっている倍になっているみたいな考え方になって、たまにお父さんとかが飲みに行ったときにもう1件行きますか的ないうことがあって、もう1個の電池からいってまたもう1個の電池によっていく |

| | |
|-----|---|
| T4 | はしごですか。お店を渡っていくことによってことですよ。勢いがついていくと。 |
| C5 | C3 さんが言っていたと同じようにガソリンスタンドが続くってことと同じだ。 |
| C6 | そう。何軒も何軒も通うみたいなことで、電池を何個も何個もつけていくことでパワーアップすると。前にやった、回転説が2倍。 |
| C7 | 回転説で考えられると。 |
| T5 | 回転説のビルドアップ |
| C8 | どういうこと？ |
| T6 | ちょっと速くなる。 |
| C9 | 回転説はもう当たり前だよ。だって回路だもん。それを小分けして説を作っているのだから。ていうことは、回転説に入っている。 |
| C10 | 回路だったら回転説は基本でしょって。電気はプラスからマイナスに回っているんでしょってことだから |
| T7 | 回転説。 |
| C11 | なんかかんやいて電気は回転していると。 |
| C12 | 回転説のビルドアップというはあるかもしれないけど。回転説と合体説を直列つなぎで考えてみると... |
| C13 | 一度書いて整理してみようよ |
| T8 | そうだね |

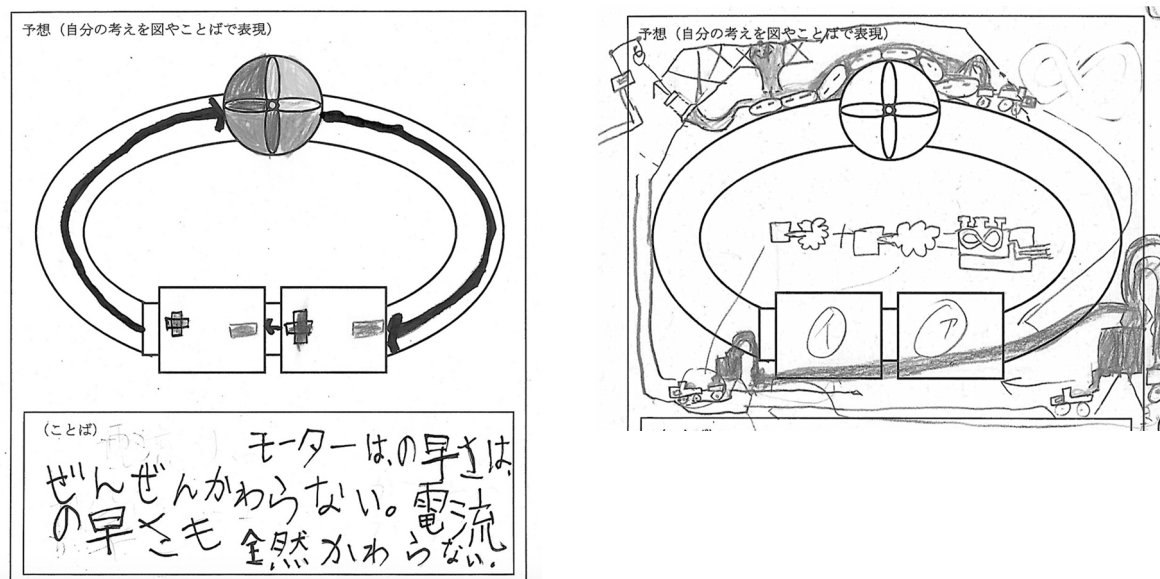


図10 直列回路における電流の強さについての予想の記述

3.5 考察

教師による学習状況の自覚化の促進という役割は、図10の子どものパフォーマンスに基づいた授業展開への準備である。直列つなぎでの電流の強さについての見通しを立てていく際、子どもがどのように考えていけばよいか、自分の考えの根拠の拠り所を自覚させていくために必要な役割であり、対話における学習者の役割の活性化やパフォーマンスの表出と深化につながっていくと考えることができる。

表3におけるC1によって、前の学習における並列つなぎでの電流の強さでの想起が行われていく。直列つなぎでは電流の強さは倍になるのではないかという根拠や判断の理由を明確にしていくこのC1の発話は、学習者における判定するという役割が促進されているといえる。

そしてC2以降、教師は直列つなぎによる電流の強さについての子どものパフォーマ

ンスを促進させるための学習状況に即応した支援や形成的なアセスメントによる教授といった行動を通して、判定する、やりとりをするという学習者の役割が促進していく。教師と子どもの役割の促進によって、直列つなぎにすると電流は倍になる、いきおいがつく、パワーアップするといったパフォーマンスが表出され、並列つなぎとの違いや電流の強さについての判断を根拠とするセルフ・アセスメントやセルフ・モニタリングが行われていることがわかる。

続いて、C7は電流の向きの学習での回転説のパフォーマンスに基づき、直列つなぎでの電流の強さは電池1つの2倍になることを発話している。この子どものパフォーマンスを受けて、教師は電流の向きや回路での電流の量についてのクライテリアの共有を図っていくために、学習状況に即した支援を行なっていく。そして、C10によって、予想では電流には流れる向きがあるという概念を適用したパフォーマンスが前提となるという内容の発話から、判定する役割の促進が続いていく。また、C10の発話を受け、教師による回転説をベースとしていくという形成的なアセスメントに基づく教授によって、C10の判定する役割は強化され、やりとりをするという学習者の役割が促進されていくとともに、「一度書いて整理してみよう」といった能動的に情報を吟味するという学習活動の促進につながり、クラス全体でのパフォーマンスを引き出すきっかけを作り出している。学習状況の自覚化の促進という役割を受けた、学習状況に即応した支援や形成的なアセスメントに基づく教授といった教師の役割が機能したことによって、子どもの役割に能動性が付加されていったと考えられる。

図10は、この対話を通して表出した直列つなぎでの電流の強さについての予想のパフォーマンスである。右の図は、モーターは働く場所であるとなとえ、電池1つのときよりも直列つなぎでの電池2つのときの方がモーターを回すための材料は多く補給できるためたくさん働いて速く回すことができると考えて表現している。これは、並列つなぎでは電流の強さは合体しているというパフォーマンスを根拠としたものであるととらえることができる。また、左の図は「モーターの回る速さは変わらず、電流の速さも変わらない」と描画についての説明がことばによってなされている。これは、電流の向きについてのパフォーマンスにおける回転説を根拠にしたものであるととらえることができる。これらのパフォーマンスの表出過程においては、これまでの学習を根拠にしたり判断の理由に自信をもたせたりといった状況を作り出す、教師による自己肯定感の促進といった役割が機能していたとも考えることができる。

以上のことから、教師と学習者の役割を明確にした協同的な問題解決をベースとした理科授業デザインによって、セルフ・アセスメントとセルフ・モニタリングによる学習におけるリフレクションの具現化が図られ、学習者の役割に能動性が付加されていくことが明らかとなった。特に、学習者としての能動的に情報を吟味するという役割と教師による学習状況の即した支援の分析や形成的なアセスメントに基づく教授という役割の連動性は、子どものパフォーマンス、すなわち科学的な思考力表現力を育成

していく上で重要な要素であるということが授業分析から明らかとなった。

4. 社会教育施設における構成主義に基づく理科の教授・学習論の構想とその可能性

学社連携により理科教育を充実させるためには、学校教育と同様に、社会教育施設においても、構成主義を機軸とした指導を行い、子どもにおける能動的な科学概念構築を支援する必要がある。本章では、社会教育の一施設である動物園における構成主義的な教授・学習論と指導方略の構想と可能性を論じる。動物園教育者機関が発行する論文集を中心に文献の調査を行い、構成主義に基づく動物園教育の理論を援用した指導方略の枠組みを作成して具体的実践における指導方略の特徴を分析した。

4.1 博物館教育・動物園教育における構成主義的教授・学習論

動物園は国際的に博物館の一種とみなされる。博物館教育・動物園教育における構成主義的な教授・学習の理論を3つ述べる。

4.1.1 Falk,J.H.&Dierking,L.D.による3つのコンテキストの相互作用モデル

Falk,J.H.&Dierking,L.D.は、博物館が市民の学習の場として役割を担うようになった時代の流れを受けて、来館者の立場から博物館教育を理解する視点を提示した（Falk,J.H., Dierking,L.D. 1996 : 9-15）。この中で、来館者の博物館体験は、それぞれの人の「個人的」「社会的」「物理的」コンテキスト（文脈）の相互作用を含むものだと論じ、3つのコンテキストが関連する相互作用モデル（Interactive Experience Model）提唱した（図 11）。これらは個々に独立させて見ることもできるが、実際には統合された全体として来館者の博物館体験の機能を示したものと捉えられる。

- ・個人的コンテキスト；利用者の既存の知識、経験、興味が学びに関わる視点。
- ・社会的コンテキスト；博物館における他者との関わり合いが学びに関わる視点。
- ・物理的コンテキスト；展示物やプログラムなどの、学習環境が学びに関わる視点。

この3つのコンテキストが統合されて来館者の博物館体験に機能することを示し、この視点に立って博物館教育を検討する意義や方策を論じた。

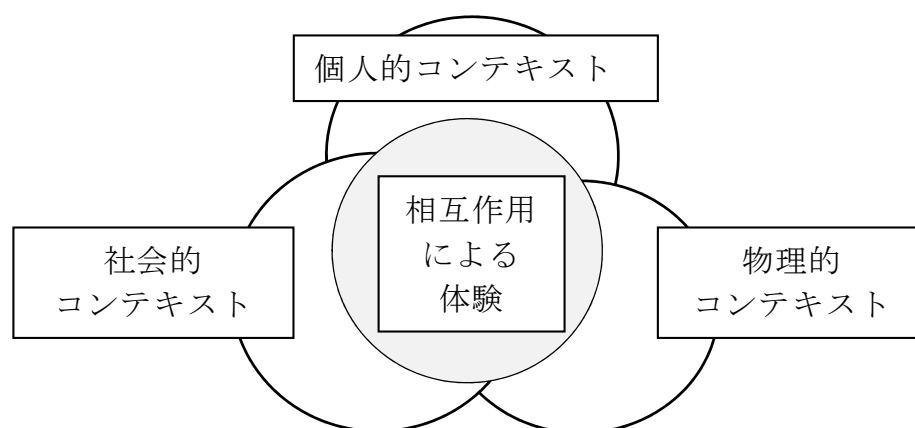


図 11 博物館体験における3つのコンテキストの相互作用モデル
(Falk,J.H., Dierking,L.D.1996)

4.1.2 Hein,G.E.による構成主義に基づく博物館教育の指導方略

2 つ目の理論として、Hein,G.E.は、「来館者は自分の経験から意味づけを行うので、博物館教育において構成主義を受け入れる必要がある」と主張し、構成主義に基づく博物館教育の指導方略を具体的に示した（表4）。

表4 構成主義に基づく博物館教育の指導方略 (Hein,G.E.1998)

| 項目 | 内容や理論 | 具体例 |
|---|---------------------|---------------------------|
| (1) Connections to the familiar 身近な事との関連付け | 既存の知識,経験,イメージとの関連付け | オリエンテーション 知っていることを展示 |
| (2) Learning modalities 学びの様式 | 学習スタイルに合わせる 多重知能理論 | 感覚を働かせる活動, バリアフリー |
| (3) Other resources 資源 | 豊富な資源の関わり活用 | 展示資源の幅を広げる |
| (4) Collaborations 協働 | 他機関と連携 資源の充実 | テーマによる連携, 学校との連携 |
| (5) Time 時間 | 滞在時間 継続的な利用 | 長く過ごす環境作り |
| (6) Social interaction 社会的相互作用 | 協同的な学び 学びの共同体 言語 | 社会的活動を生み出す プログラム作り |
| (7) Developmentally appropriate 発達に即す | 来館者の年齢や発達 に対応させる | プログラムを分ける,あ らゆる人に開いた展示 |
| (8) Intellectual challenge 知的挑戦 | 能動的学習 発達の 最近接領域 | 難しい課題を与える 方向付けをする |
| (9) Acknowledging constructivism 構成主義を認める | 展示は来園者が解釈 するもの | 来館者研究 |

なお,表4の指導方略は,さらに,「学習者による意味づけの支援 (1)(2)(7)(9)」、「協同的な学びを支援 (6)(8)」、「資源を充実させて活用を促す支援(3)(4)(5)」の3項目に整理できると考える。そしてこの3項目は、4.1.1のFalk,J.H.&Dierking,L.D.の3つのコンテキスト(個人的,社会的,物理的)に対応するとみなせる。

4.1.3 Patric,P.G. & Tunnicliffe,S.D.による生物概念の構築に寄与する指導方略

動物園教育においては、1980年代以降、野生生物種の保全への寄与を評価するに伴い、来園者の視点に立った有効な教育を行う方策として、構成主義に基づく教育理論が導入

されるようになった（Carr,B.L.2000）．Patric,P.G. &Tunncliffe,S.D.は,動物園における来園者の生物概念の構築に寄与する要素として,構成主義的な立場から,次の3点の指導方略を示した（Patric,P.G., Tunncliffe,S.D. 2013:139-144）．

(1)個人による意味づけ

個々の来園者が既存の知識と関連付け,自分のストーリーとリンクさせることを重視し,子どもの場合は発達段階に即して支援を行う．

(2)社会文化的な文脈

動物園における社会的環境が学びに貢献する．Vygotsky,L.S.の ZPD 理論にあるように,学習者が相互に談話を通じて論理的な意味づけを行い,生物概念を再構築する．指導者は,学習者がなぜそう考えるかなどの根拠を尋ねるなどの「足場作り」を,対話を通して行うことが重要である．

(3)展示動物周辺における環境での体験

社会的な学びが,展示動物周辺において意味構築がなされることを示した．展示動物を介して子ども同士や大人と子ども間で論理的な意味構築がなされ,その場（環境）における体験（Zone of experimental space）が,個人による問題解決と,仲間や大人との相互作用において可能になる問題解決のレベルの差を生じさせる ZPD として機能すると論じた．

以上から,動物園では生きた動物という動物園が有する資源と人々が相互に関わる環境が,学習の可能性を高めることを示した．

4.2 構成主義に基づく動物園教育の指導方略の枠組みと具体的実践

4.1 で論じた,3つの構成主義に基づく博物館教育・動物園教育の教授・学習論には,共通する3つの視点が示されていた．すなわち,「個人による意味づけ」「協同的な学び」「豊富な資源環境」の3点である．本項では,これらを統合・整理して,社会構成主義に基づく動物園教育における,子どもの動物概念構築を支援する具体的な指導方略の枠組みの作成を試みた．表5に示す．

表5 構成主義に基づく動物園教育の指導方略の枠組み

| 指導の視点 | 指導方略 |
|------------|---------------------|
| 個人の意味づけを支援 | 関連付け 多様な学習様式 発達に即す |
| 協同的な学びを支援 | 社会的相互作用 対話 |
| 資源の活用を促す支援 | 他機関との連携 時間 専門的知識・人材 |

4.3 具体的実践における構成主義に基づく動物園教育の指導方略の特徴

表 の枠組みに基づき,国内外で子どもを対象に実践された動物園教育の具体的な指導方略の特徴を「(1)個人による意味づけ」「(2)協同的な学び」「(3)資源の活用」の視点で分析した．

4.3.1 個人の意味づけを支援する指導方略

子どもが見通しを持った観察を行い「思考を表現させる」指導と、子ども自身が動物のここを見たいと課題を見出すための、「視点を焦点化させる」指導が示された。後者に寄与した教材例として、多摩動物公園で開発した、学校への事前学習用の貸し出し教材があった(松本・草野・小泉 1996)。動物の目の位置を実感できるお面や、ゾウの胴回りと同じ長さのロープなどの様々な教材を子どもが自由に選択して学校で体験するもので、個々の子どもが動物園で観察したい視点が明確化されて、詳細な気づきをもたらした。

4.3.2 協同的な学びを支援する指導方略

子どもが動物園で学んだことを「他者に伝えさせる」指導と、「対話を通じた足場作り」を行う指導が示された。サンフランシスコの科学博物館では、カエルの展示前における親子の談話を分析し、大人の問いかけによる足場作りの役割を論じた(Ash,D.2003)。そして博物館教育には、来園者が持ち寄るテーマと、博物館側が伝えたいテーマがあり、大人、子ども、博物館職員相互における対話を通じた指導方略によって、互いのテーマが結びつき、来園者の学習の可能性(ZPD)を高めると図12に示すモデルを提示した。この対話を通じた指導方略を、子どもに関わる全ての大人(親、教師、動物園教育者など)が意識して行うことにより、さらに動物園における協同的な学びの効果が高まると考えられる。

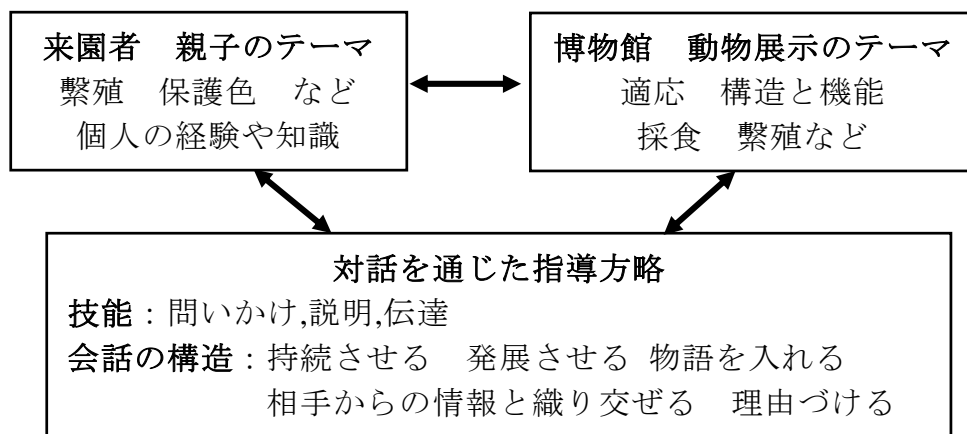


図12 ZPDをもたらす動物展示前における対話を通じた指導方略 (Ash,D. 2003)

4.3.3 資源の活用を支援する指導方略

動物園が有する専門的な資源と継続的な活用の事例があった。小学校第3学年の理科と関連付けた観察プログラムで、動物園での対話的な学習における指導を継続的に実施し、獣医の専門的な講話も指導に含めた結果、子どもが既存の知識や経験と、複数の生命概念を複合的に関連付けて拡充させた効果が示された(松本・森本 2015)。

4.4 考察

表5の枠組みにおける「個人の意味づけを支援」「協同的な学びを支援」「資源の活用を促す」指導方略における具体的な実践が、国内外の動物園教育において実践されていた。構成主義に基づく動物園教育における指導方略の特徴として措定できると考えられる(表6)。今後はこれらの方略を駆使し、相互に関連付けながら、動物園教育のデザインを試みることで、構成主義に基づく動物園教育の具現化につながると考える。

表6 国内外の動物園教育の実践に示され構成主義に基づく指導方略の特徴

| 指導の視点 | 指導方略 | 実践に示された指導の特徴 |
|------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 個人の意味づけを支援 | 関連付け 多様な学習様式 発達に即す | 思考の表現 視点の焦点化 多様な学習機会 学年や単元に対応 |
| 協同的な学びを支援 | 社会的相互作用 対話 | 他者に伝え学び合う 対話を通じた足場作り |
| 資源の活用を促す支援 | 他機関との連携 時間 専門的知識・人材 | 継続的な活用を促す 自由な選択 専門的な情報提供 |

5. 結語

本研究では、理科教育の課題である、子どもの「思考力・判断力・表現力」の育成に寄与する、構成主義を基軸にした子どもに科学概念構築を促す教授方略について検証した。その結果、以下に述べる(1)～(3)の視点における解決策を明らかにした。

- (1) 形成的アセスメントを駆動させる指導方略については、指導者がフィードバックの4つの機能を子どもの学習状況に即して運用した結果、子どもが課題を明確化させて課題を解決し、学習を自己調整して動機付けを高めた効果を示した。指導者が適切に形成的アセスメントを行うことで、子どもの主体的で協同的な学習活動を促し、科学概念の構築を支援した。
- (2) 子どもの理科学習における自覚化の下での協働性を支援する指導方略では、指導者が学習者の役割を明確にして能動性を付加させ、情報を吟味させる支援の有用性を示した。協同的な学びにおいて、セルフ・アセスメントとセルフ・モニタリングによる学習におけるリフレクションの具現化が図られ、子どもの能動的な科学概念構築を支援した。
- (3) 社会教育施設における構成主義に基づく理科の教授・学習論の構想とその可能性については、博物館や動物園において、「個人による意味づけ」「協同的な学び」「資源の活用」を支援する指導の視点が示され、それぞれにおける指導の特徴が具体的実践で明らかになった。前者の2つの視点「個人による意味づけ」「協同的な学び」は、上述(1)(2)の結果における、各子どもの学習状況に即した形成的なアセスメントやリフレ

クシオンを促す支援ならびに、協同的な学びを支援する指導方略と共通するとみなせる。そして、3 点目の「資源の活用」は、社会教育施設における専門的で豊富な資料と、子どもが相互に能動的に関わる学習活動を支援する有用性を示した。

附記

本研究は、科学研究費・基盤研究(C) (代表：森本信也, 課題番号 15K4485) の成果の一部である。

(註)

(和文)

- ・Falk, J.H. & Dierking, L.D., 高橋順一訳(1996)『博物館体験—学芸員のための視点—』, 雄山閣.
- ・波多野誼余夫, 稲垣佳世子(1973)「知的好奇心」中公新書, pp.144-148.
- ・松本朱実・森本信也 (2015)「動物園における小学校の理科教育との連携の試み—対話的な学習を通じた指導の試み—」, 『理科教育学研究』, 56 (1), pp. 59-73
- ・松本朱実・草野晴美・小泉佑里(1996)「動物ふしぎ発見ポケット」, 『どうぶつと動物園』, 東京動物園協会, 48 (9), pp. 4-7,
- ・文部科学省(2014)「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」
- ・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, pp.40-41
- ・長沼武志, 森本信也 (2015)「自己調整的な理科学習を進めるためのフィードバック機能に関する研究—フィードバックが機能する四つのレベルを意識した授業デザイン—」『理科教育学研究』, 第 56 巻, 第 1 号, pp.33-45.
- ・OECD 教育革新センター編著 (有本昌弘監訳) (2008)『形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話型学習をめざして』明石書店, pp.26-27.
- ・ヴィゴツキー L.S. (柴田義松訳) (2001)『思考と言語』新読書社, pp.297-304.
- ・渡辺理文, 黒田篤志, 森本信也 (2013)「子どもの科学概念構築を促す「形成的アセスメント」の機能に関する研究」『日本教科教育学会誌』, 第 36 巻, 第 3 号, pp.13-26.
- ・ウィリアム, D (有本昌弘訳) (2013)「形成的アセスメント：効果的な学習環境における役割」『学習の本質 研究の利活用から実践へ』明石書店, pp.162-163.

(欧文)

- ・Ash, D. (2003) Dialogic Inquiry in Life Science Conversations of Family Groups in Museum, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), pp. 138-162.
- ・Carr, B.L. (2000) Conservation Education in Zoos and Aquariums, *Journal of the International Association of Zoo Educators*, No.36, pp. 32-37
- ・Hattie, J., Timperley, H. (2007) “The Power of feedback”, *EDUCATIONAL ASSESSMENT AND EVALUATION*, Current Issues in Formative Assessment, Teaching and Learning, Vol.IV, pp.170-183.
- ・Hein, G.H. (1998) *Learning in the Museum*, Routledge

- ・ Keith S.Taber (2009) *Progressing Science Education* Springer
- ・ Moore,O.K, and Anderson,A.R, (1969) ”Some Principles For The Design Of Clarifying Educational Environments” , HANDBOOK OF SOCIALIZATION AND RESEARCH, pp.577-578.
- ・ Patrick,P.G., Tunnicliffe,S.D.(2013) : *ZOO TALK*, Springer.
- ・ Sanzo,K.L., Myran,S., Caggiano,J.,(2014) ”Understanding Assessment”, Formative Assessment Leadership: Identify, Plan, Apply, Assess, Refine,pp.16-21.