

理科教育における子どもの思考と表現を育成するための
方略と評価についての多面的分析

森本信也・渡辺理文・松本朱実・長沼武志

**Analyses of Strategies and Assessments for Nurturing the Students'
Performances in Science Learning**

Shinnya MORIMOTO, Masafumi WATANABE,
Akemi MATSUMOTO, Takeshi NAGANUMA

横浜国立大学教育人間科学部紀要 I (教育科学) No.17 別冊

Reprinted from
THE EDUCATIONAL SCIENCES
Journal of the College of Education and Human Sciences
Yokohama National University
No.17, FEBRUARY, 2015

理科教育における子どもの思考と表現を育成するための 方略と評価についての多面的分析

森本信也* 渡辺理文** 松本朱実** 長沼武志**

Analyses of Strategies and Assessments for Nurturing the Students' Performances in Science Learning

Morimoto Shinnya, Watanabe Masafumi, Matsumoto Akemi, Naganuma Takeshi

1. 問題の所在

日本における現代理科教育の課題は、観点別学習状況の評価「科学的な思考・表現」に関わる学習の充実である。文科省による平成24年度全国学力・学習状況調査の結果は、このことを如実に示した。子どもが観察、実験結果を分析・解釈し、適切に表現するというところに課題が示されたのである。言い換えれば、理科教育における子どものパフォーマンス(Performance)を向上させるための多様な方途の検討なされなければならないのである。そこで、この課題解決のためのいくつかの指導上の方略を提起するのを本稿の目的とする。

本稿では、先ず学校における理科教育において課題解決のための方略上重要な視点を具体的な事例とともに提起する。次に、子どもの教育は当然のことながら学校だけではなく、社会教育としてもなされる。そこで、社会教育施設の一つである動物園を通したこれら課題解決の可能性について論じた。さらに、こうした教育の担い手としての指導者養成の視点についても検討した。すなわち、こうした課題解決において、子ども並びに指導者育成を両輪として捉え、その方略を実践的に検討するのである。

学校における理科教育において、上述した課題解決のためには子どもの学習状況を綿密に分析しつつ、その結果をもとに次の指導を検討するという、活動の連鎖の組織化が有用である。それは、近年注目を集めている「形成的アセスメント(formative assessment)」を基軸とした指導方略の提起と考えることができる。これは本稿の第一の論考である。

第二の論考の対象が社会教育施設である動物園における課題解決の可能性の検討である。日本の理科教育の実践においては、明確に社会教育施設として動物園、植物園、水族館を積極的にこうした目的に即応するものとしての位置づけは希有であった。一方、欧米においてはこうした位置づけは近年積極的になされ、多様な提案がなされている。その基本はレジャー施設からの脱却し、明確な理念に裏付けられた理科教育の場としての主張である(Patrick, P.G., Tunnicliffe, S.D., 2013)。それは、現代の学校における理科教育の基本的な基盤となっている構成主義的な視点の踏襲である。例えば、アメリカ学術研究会議(National Research Council)は、実践のための明確な指針を提案している(National Research Council, 2007)。さらには動物園において、来園した子どもと職員との対話に基づき、彼らに動物概念を構築した実践も報告されている(Wagoner, B., Jensen, E., 2010)。

子どもにおける問題解決をベースにして、理科教育を実践する上において、実施者、すなわち教師であり、社会教育施設における解説者の養成に際して、こうした視点も加味すべきである。しかしながら、従前においては子どもへの理科教育の質的転換を図り、その方略を検討するとき、指導者の養成に関わる問題について顧みられることは少なかった。指導者が子どもへの関わりにおいて、理科教育の質的補償を反省的に顧みながら実践を進めることがなかったのである。これが第三の論考の対象である。

これは具体的に言えば、子どもの学習状況を分析しながら、指導の方略を検証し、その改善を図るという、指導者の能力形成である。ショーン (Schon, D.A., 2001) による「反省的実践家」の提案は、この課題解決に有用である。反省的実践家養成の視点として三品 (2012) はこの論を援用しながら、「省察的実習」を教育実習において実践することを提案している。それは、次の4段階からなる実習の構造である。この構造に見られる活動の実践において、上述した子どもへの関わりへの理解向上が実現されると捉えられている。教育実習生を対象として、これらの仮説の検証を図った。

第1段階：反省的実践の模倣

第2段階：自他の実践についての描写や評価

第3段階：自他の描写や評価の省察

第4段階：対話についての振り返り

本研究では、学校教育、社会教育施設、大学での教員養成という社会における多様な学習環境において、上述した理科教育の課題解決を図るための指導並びその方略と評価についての分析を多面的に行った。

2. 形成的アセスメントを基軸とした学習指導方略の提起

2.1 形成的アセスメントとクライテリア

OECD (経済協力開発機構) は、効果的な学習環境では、何が期待されているのか、学習者が何をしているのか、そして「なぜか」を明確に示す必要性を挙げている (OECD 教育研究革新センター, 2013)。形成的アセスメントを基軸として授業を展開させることは、子どもが常に自らの思考をモニタリングし、制御や調整 (regulation) を図りながら学ぶ機会を保障することになる。一方、形成的アセスメントを実施するにあたり、有本は、クライテリア (criteria) が能力を把握するのに使われることを指摘している (OECD 教育研究革新センター, 2008)。教師は、クライテリアを視点に子どもを評価し、子どもは、クライテリアを視点に自らの考えをモニタリングするのである。

2.2 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のパフォーマンスを向上させるための学習指導方略として、形成的アセスメントを基軸とした理科授業の計画・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、「子どもの思考と表現を育成するための方略と評価」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、国立大学附属小学校第3学年40名、単元「光のはたらき」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「光のはたらき」の学習では、日光は、平面鏡を使うと日光を反射させることができること、

その反射させた光が直進すること、平面鏡を使って反射させた日光を重ねるとものの明るさや温かさが変わることなどについて学習する（文部科学省，2008:24）。

そこで、分析対象とした授業では、図1に示すように、和田・森本（2010）が模式化した子どもの思考の内実を可視化する表象ネットワークモデルをクライテリアの作成に援用する。具体的には、平面鏡を使って反射させた日光が直進する学習場面において、技能、エピソード、イメージ、命題、ストリングを視点に作成したクライテリアをもとに、形成的アセスメントを実施した。

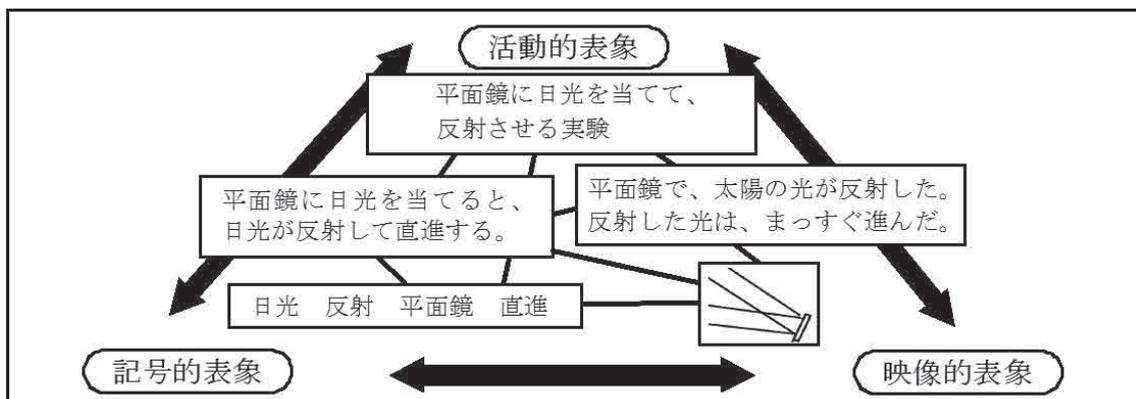


図1 表象ネットワークモデル

2.3 結果

分析対象とした授業では、図2に示すように、平面鏡を使って人の影に日光を反射させる観察、実験を行った。表1から表3には、その結果についての考察場面のプロトコルを示す。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。さらに、図3、及び図4には、考察の場面で子どもが使用した描画例を示す。



図2 影の中に日光を反射させた実験

表1 授業のプロトコル1

C1	(図3を提示して) 太陽の光がまず鏡に当たって、鏡がないと、そのまま太陽の光は真っ直ぐ進んじゃうってことがあるということです。鏡の部分しか反射しないから、鏡の部分だけが反射して影に写ったと思います。
T1	この線は何なの。
C2	太陽の光の道みたいな。当たらないやつは、横へ抜けちゃう。
T2	もう少し解説して。
C3	太陽の光は広がって出ていくから、いろいろな所に行くと、人を抜いてどこかへ行っちゃうって光もあるってことです。

表2 授業のプロトコル2

C4	鏡だけが太陽の光を反射できるから、その鏡の部分だけ、光の道筋が見えるから、鏡に当たってない光はどンドン下に行っちゃうんですけど、反射した部分だけ光が届かないから影になりました。
C5	(図4を提示して)つまり、傘が雨をはじくのと同じで、雨はそこら辺にザーっと降るんですけど、傘に当たった雨の部分だけは、はじかれてはねかえるでしょ。鏡に当たらない部分は、そのまま周りから下に行って地面に当たると思います。
C6	解説するんですけど、雨を太陽の光として傘を持っているということで、傘をさしていないところ以外は、地面に落ちるのと同じです。傘が鏡で、鏡があるところだけ反射して、それ以外の所だけは光が落ちちゃう。

表3 授業のプロトコル3

C7	たまに、光の道が見えることがあるんです。
C8	あるある。
C9	前キャンプに行ったときに煙をたいたら、その上の木の隙間から光の道が見えたんですね。たまに光の道が見えるんです。
C10	今の話に似ているんですけど、プールでも、たまに光の道が見えます。
T3	複雑になってきたので、整理します。まず、光の道を考え始めたのです。光の道は、太陽は全体に当たっているから、反射したところだけ見えるんじゃないかって話をして、それを雨に例えたのです。そうしたら、こんな話が出ました。光の道が見える。 見たことある人？ (挙手12名)
C11	たまに、ピカッとなるよね。
C12	明るく広がっている。
T4	光の道は、見えるのかな？形は、どうなっているのかな？

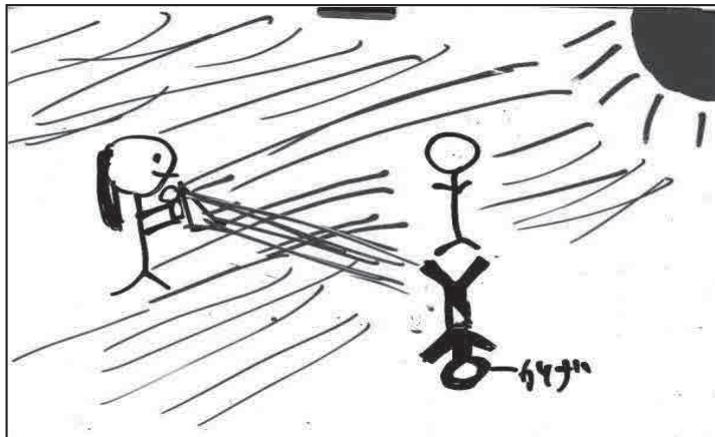


図3 空間を満たす光線のイメージ



図4 雨理論を説明するイメージ

2.4 考察

2.4.1 「空間を満たす光線」についての発表場面に関わる指導と形成的アセスメント

図2に示す観察から、子どもは、なぜ影が消えたのかについて発言した。C1は、図3に示すように、太陽から届く日光が鏡に反射して影の中に写るイメージを提示しながら、「鏡の部分しか反射しないから、鏡の部分だけが反射して影に写った」と説明した。C1のパフォーマンスは、平面鏡を使って日光を反射させる観察、実験の結果を踏まえ、日光が鏡の部分に当たって反射し影に写るといったエピソードをもとに、イメージを描いて説明していた。技能やエピソード、イメージといった視点から、十分事象に対して理解を深めていると評価できる。

ここで、T1は、形成的アセスメントを行い、イメージに描かれた空間全体を満たす線に対して、「この線は何なの」と、発問をした。C2は、自分の考えをモニタリングし、イメージに表現した線に対して、「太陽の光の道」「当たらないやつは横に抜ける」と、説明を付け足した。T2が、「もう少し解説して」と、説明を求めると、C3は、「太陽の光は広がって出て行く」「人を抜いて、どこかへ行っちゃう光もある」と、空間を満たす光線について詳しく説明をした。

この場面では、イメージに対する教師の形成的アセスメントによって、光線が空間全体を満たし、鏡の部分だけが反射するイメージが共有された。その結果、子どもは、「太陽の光＝光線」という概念を拡張して、「光線＝空間全体を満たしている」「鏡に当たった一部の光線＝反射した光の道になる」と捉えるようになった。反射概念に対する精緻化が図られたと考えられる。

2.4.2 「雨の概念」を活用したたとえの発表場面に関わる指導と形成的アセスメント

図3のイメージが、クラスの合意として受け入れられた結果、C4は、このイメージに対して、「鏡だけが太陽の光を反射できる」、「鏡の部分だけ、光の道筋が見える」、「鏡に当たってない光はどんどん下に行っちゃう」と、受け入れたイメージの意味を解説した。すると、C5は、図4を示しながら、「傘が雨をはじくと同じ」、「雨はそこら辺にザーッと降る」、「傘に当たった雨の部分だけは、はじかれてはね返る」と、雨の概念を拡張して、空間を満たす光線と、鏡に反射した日光についての精緻化を図った。雨が空間全体に降っているというエピソードをもとに、日光を雨に、平面鏡を傘にたとえて、空間を満たす光線についての考え方を拡大させたのである。子どもは、この考え方を雨理論と名付け、太陽光線が空間を満たす考え方を太陽理論とした。C6も同様に考え、「傘が鏡で、鏡があるところだけ反射して、それ以外の所だけは光が落ちちゃう」と、傘と鏡を対応させて捉え、反射についての精緻化を図っている。

この場面では、空間を満たす光線の一部が反射するというイメージに対する合意が、精緻化を促していた。形成的アセスメントにより、反射の捉え方を拡大した子どもは、雨理論と太陽理論を対比させながら、空間を満たす光線について自ら制御と調整を繰り返し、精緻化を図ったのである。

2.4.3 「光の道」についての発表場面に関わる指導と形成的アセスメント

C9は、キャンプに行ったエピソードをもとに「煙をたいたら、その上の木の隙間から光の道が見えた」、「たまに光の道が見える」と発言した。C10は「プールでもたまに光の道が見えます」とエピソードを付け足した。

そこでT3は、クライテリアをもとに形成的アセスメントを図った。すなわち、子どもは、鏡に当たった部分の日光が反射するイメージや命題についての合意に至っているが、反射した日光の直進性に対するイメージや命題についての理解が図られていないと捉えたのである。そこでT3は、「(光の道を)見たことがある人?」と発問し光の道に焦点化した。これに対して、C11は、「たまに、ピカっとなるよね」とエピソードについて話し、C12は、「明るく広がっている」と光の道のイメージを述

べた。T4は、「広がる」という発言に対して、改めて形成的アセスメントを図り、「形は、どうなっているのかな？」と発問した。

この後、光の道の形に対する疑問が明確になり、子ども自ら、反射させた光の道は、広がるのか、真っ直ぐなのかについての問題を見いだすこととなった。そして、子どもは、平面鏡に日光を当てると、日光が反射して直進するという合意に至り、反射に関する科学概念を構築した。

2.5 小学校理科授業における形成的アセスメントの有用性についてのまとめ

本実践では、「子どもの思考と表現を育成するための方略と評価」に関して、表象ネットワークモデルを援用して作成したクライテリアによる形成的アセスメントを基軸とした授業を構想した。

授業では、観察、実験した事象に対して、対話を中心とした考察を行い、結論を導出していった。この問題解決の過程において、子どもはイメージを用いながら、日光を平面鏡で反射させる事象についての説明を行い、教師は、クライテリアに基づき形成的アセスメントを図った。

授業のはじめ、子どもは、日光を反射させた光を人の影に当てると影が消えるといった現象について説明をしていたが、形成的アセスメントにより、自分の思考をモニタリングし、空間全体を太陽光線が満たし、鏡に当たった部分だけが反射しているといった表現を受け入れるようになった。やがて、新たに提案された雨理論を拡張させて、自分の考えを制御や調整しながら、空間を満たす太陽光線についての理解を拡大させていったのである。その後、改めて光の道についての考察を始め、形成的アセスメントにより、光の道が直進するのか拡散するのかについての疑問を明確にし、新たな観察、実験を通して、反射した日光が直進するといった科学概念の構築に至った。

このように、問題解決の課程において、適切な形成的アセスメントを行うことによって、子どもは自らの考えをモニタリングしながら制御と調整を行い、思考と表現の質を高めていき、その結果として、科学概念の構築が図られたと考えられる。つまり、形成的アセスメントを基軸とした学習指導方略は、「子どもの思考と表現を育成するための方略と評価」に関して、有用性が高いことが明らかになった。

3. 学社連携を志向した動物園における科学的思考と表現を育成する指導方略と評価

3.1 子どもの思考と表現に即した動物園教育

子どもは学校だけでなく、家庭や社会の様々な場面で得た自然事象に関わる情報や経験を、自らの判断で関連付け、科学概念を構築していく。したがって、学校における理科教育の課題を解決し、可能性を広げるためには、学校教育と社会教育を連携させ、双方において子どもの思考や表現に着目した指導と評価を行うことが必要である（松本，2014）。

社会教育には、個々の子どもの多様な興味や問題意識に対応した具体的な事象が豊富にあり、子どもが自由に選択して意欲的で能動的な学びを展開できるメリットがある。その一施設の動物園では、子どもが生きている多様な動物と出会い、社会的な関わりを通じて、生命や動物について実感を伴う理解を図る学習が可能である。しかしながら、実際に子どもが動物園でいかに動物を学んでいるのか、またどのような指導が子どもの科学概念構築に関わるかを、子どもの思考や表現に着目して検討した研究は、国内の動物園教育において十分になされていない。そこで本章では、動物園においてリアルタイムで起きている子どもの学びのプロセスを評価し、対話を通じた協同的な学習を進める観点から

談話分析に着目した。そして動物園の展示前におけるコミュニケーション方略をデザインし、これを用いて子どもと指導者との談話を分析し、子どもの動物概念構築との関わりを検証した。

3.2 動物園展示前のコミュニケーション方略の枠組み

本研究の談話分析で用いたコミュニケーション方略の枠組みを図5に示す。

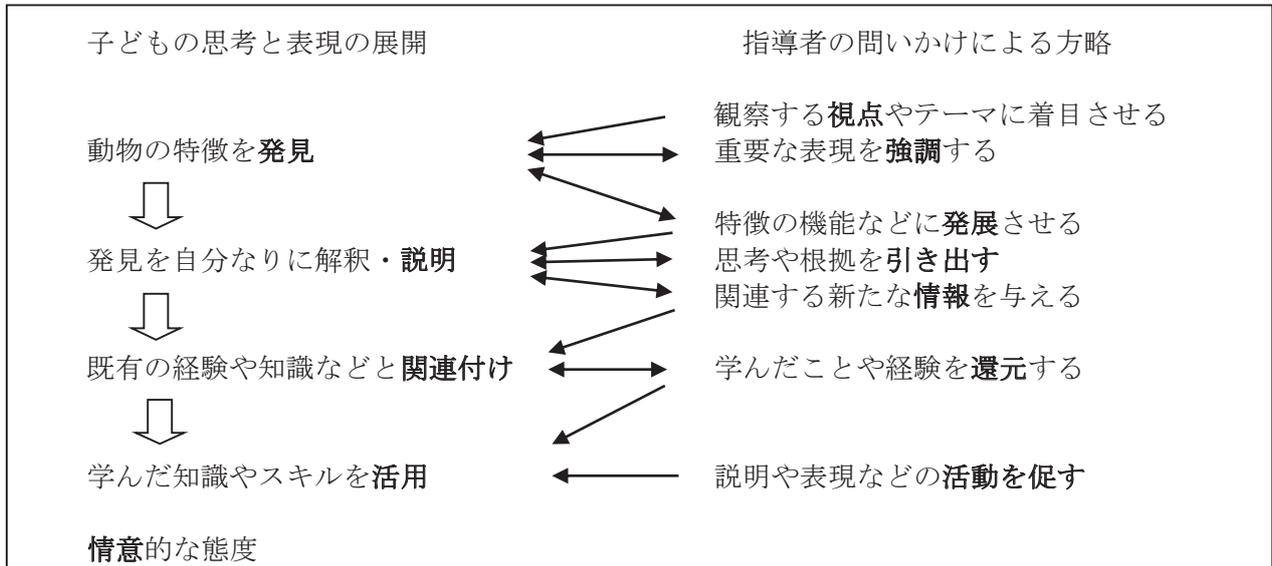


図5 動物園展示前のコミュニケーション方略図

3.3 枠組みを用いた動物園教育の実践と分析

3.3.1 目的と対象

2014年4月10日に和歌山公園動物園を訪れた国立大学附属Y小学校第5学年を対象に、図5の枠組みを用いてインドクジャクの展示前での談話分析を行った。研究者（松本）がクジャクの前に滞在して、自由に立ち寄る子どもたちに図5の指導方略を意識した問いかけを行い、研究者と子どもたちの談話を記録した。そして、談話を通して子どもの動物概念構築の萌芽がいかに表現されたかを分析した。なお、本実践では小学校第5学年理科単元「動物の誕生」と関連させて、クジャクの雌雄や性選択をテーマに観察指導を行い、動物が環境と関わり自分の子孫を残すしくみについて、子どもが科学概念を広げていくことを目的とした。

3.3.2 科学概念「生命の連続性」に関わる分析の枠組み

小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008:43）では、第5学年の動物に関わる目標について、「動物の発生や成長に時間などに目を向けながら調べ、見いだした問題を計画的に迫及する活動を通して、生命を尊重する態度を育てるとともに、生命の連続性についての見方や考え方を養う」と示されている。

ところで、ここに掲げられた「生命の連続性」は、子孫を残す（自分の遺伝子を継承し種を維持する）という、生物の本質である繁殖活動によりなされ、この繁殖のしくみには図6に示す要素が複合的に関連することが必要である。すなわち、食べ物の確保や天敵からの防御、気候条件などの環境要素に対応して、子孫を残すための生理、形態、社会、性差、子育てなどが密接に関わるので

ある。これらの要素や関連性を、動物園における談話を通じた動物の観察により、子どもがいかに関心し表現したかを分析した。

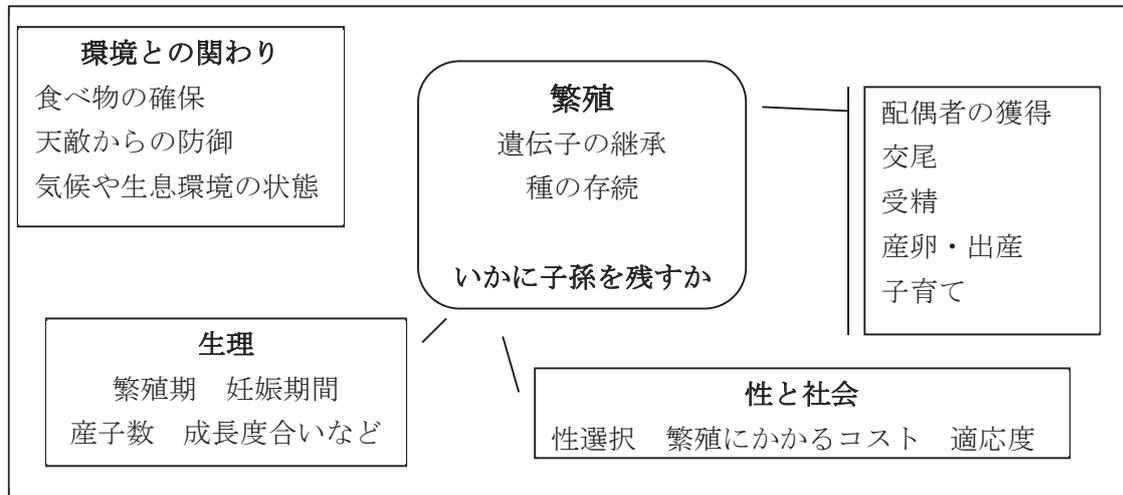


図6 動物の繁殖（有性生殖）に関わる分析の枠組み

3.3.3 談話分析の結果

以下に、繁殖に関わる概念が表現された例として、抜粋した4つの場面（表4）における談話分析結果を示す。子どもをC、指導者（研究者）をRで示し、場面ごとに発話者の通し番号を付記した。各発話には複数の要素が含まれるので、談話全体における子どもの表現や問いかけの要素の発現状況と、コミュニケーションのプロセスが把握できるように表を構成した。また、研究者が子どもとやりとりをして特に重視した部分を濃い色で示した。

表4 繁殖に関わる概念が表現された談話分析結果の場面（抜粋）

場面	概念	子どもの思考と表現	関わった問いかけの方略	分析
1	雌雄の識別	自らで雌雄の違いを識別	引き出し（識別の根拠）	表5
2	繁殖期	羽の機能と季節による変化	活動（標本の体験） 情報（季節による変化）	表6
3	オスの競争	特徴と繁殖の競争を関連付け	発展（特徴と機能）	表7
4	雌雄同型異型	身近な野鳥の雌雄を説明	情報（他の鳥の雌雄差）	表8

場面1（表5）では、子どもが自らの判断でクジャクの雌雄を識別しており（C1）、指導者がその根拠を引き出す（R1）ことで、形態の差異を確認していた（C2, C3, C4）。またその理由を発展させる（R4）と、自分の問題意識としてとらえていた（C6）。

場面2（表6）では、オスだけにある飾り羽の機能を、指導者が発展させる（R2）ことで子どもは多様に思考した（C2, C3, C4）。また繁殖期があり、その特徴がその季節だけにあるという情報を与える（R5, R7）

3.3.4 談話分析結果の考察

本実践は、事前に明確な学習目標をもたずに動物園を利用した子どもを対象に行った事例であった。しかしながら、本研究でデザインしたコミュニケーション方略の枠組みを用い、指導者が注目させたい視点を与え、子どもの思考や表現に着目した問いかけや評価を行うことにより、子どもの繁殖に関わる動物概念構築の萌芽が表現されることが明らかになった。

他にも、雌雄と食べ物の差異を関連付けて思考した表現や、クジャクの音声を模倣して繁殖行動を通訳するように表現した談話なども示された。以上から、本実践において、子どもたちはクジャクの雌雄の観察を契機に、図6で示した環境要素（季節や餌資源）、性選択（メスが選ぶ、オスどうしの競争）、性差と社会など、動物が環境と関わり子孫を残すしくみについての概念を多様に広げる効果が示されたとと言える。

本実践で明らかになった通り、同じクジャクの展示を見ていても、各子どもの興味や問題意識は多様であり、その思考や表現に着目して問いかけや評価を行い、協同的に学習を進める指導が子どもの新たな概念の構築につながったと考えられる。この動物園での経験を学校の理科授業と関係づければ、さらに生命の連続性に関わる科学概念が子どもの中でつながり、学社連携の意義や動物園教育の位置づけが明確になると考えられる。

3.4 世界の動物園教育の動向

本研究で重視した、学習者の表現や思考に着目して指導や評価を行う動物園教育は、海外において近年、理論や手法の研究が進んでいる。世界の動物園教育は野生生物や環境の保全に向けた環境教育を明確な使命に掲げ、その効果を来園者の視点に立って、知識や態度の変化などを多角的に評価する動きにある。

この中で、大人の来園者を対象に質問紙と談話分析を通じて動物園での体験の質を研究した報告（Clayton, S., Fraser, J., Saunders, C.D., 2009）では、来園者が動物とつながりを感じ、動物を介して他者と対話し社会的な関わりを体験する機会が、保全に対する態度に効果をもたらすとしている。本研究において、子どもたちは談話を通じてクジャクが羽を広げるのを友だちとずっと待ったり、羽が重そうだと自分の身に置き換えて共感したりして、能動的に展示動物と関わりながら観察して思考や表現を高めていった。このような社会的な学習活動は動物概念の構築と共に、子どもたちが動物と共存して健全に生きていく環境保全に向けた教育にもつながると考える。今後はこのような社会構成主義に基づく動物園教育を国内においても学校教育と同様に進め、学社連携による理科教育の可能性を広げる必要があると考える。

4. 教育実習生における理科授業実践に関わる省察的実習

4.1 教員養成における授業デザインに関する能力の形成

本稿の目的である「科学的な思考・表現」に関わる学習の充実を志向する上で、教師が子どもの学習状況の分析を行いながら、自らの指導方略の改善を図っていくことは重要である。このような教師の指導方略、または、授業デザインに関する能力の形成について本章では取り上げる。対象は教員養成系学部の大学生の教育実習である。教育実習生の授業デザインに関する能力の形成過程についての

分析を行った。授業デザインに関する能力について考えたとき、教科固有の視点を加味していく必要がある。そのため、理科教育の教員養成を対象とした。また、教育実習生の授業デザインに関する能力の形成には、ショーンの論じた「反省的実践家論」は有用である（Schon, D.A., 2001）。そこで、ショーンの提案を援用し、理科教育専攻の学生の教育実習についての分析を行った。

4.2 反省的実践家

反省的実践家論は、教師の専門性として「反省的実践家（reflective practitioner）」の概念を提案するものである。ショーンは、二つの専門家像を対比させ、この概念を説明している。一つは、上述した「反省的実践家」であり、もう一つは「技術的熟達者（technical expert）」である。

技術的熟達者とは、現実の問題を解決していくために、科学の理論や技術を厳密に適用し、専門的な知識を合理的に適用する実践者である。これは「技術的合理性」に基づいた実践者である。技術的合理性とは、科学の理論や技術を厳密に適用する道具的な問題解決を行うという考え方である。しかし、現代社会が抱える諸問題は複雑であるため、技術的合理性による問題解決、すなわち、厳密に細分化された専門的な知識や科学の理論、技術による問題解決の手段だけでは、解決しきれなくなっている。つまり、技術的熟達者としての専門家像では、問題を解決するプロセスは踏めても、問題を認識することができない。なぜならば、問題を認識することは、技術をもっていることで可能になることではないためである。

そこで、このような課題を解決するために提示されたのが、反省的実践家である。これは、専門家の専門性とは、実践の中の知と、それを省察することにあるとする考え方である。ショーンは、この反省的実践家について、「行為の中の知（knowing in action）」、「行為の中の省察（reflection in action）」、「状況との対話（conversation with situation）」の三つの概念を挙げている。

ショーンは、行為の中の知を、ポラニー（Polany, M.）の考案した暗黙知と同様なものとして考え、実践の中で状況を捉え、行為を調整する無意識の知のことであると説明する。これはノウハウのようなものであり、行為の中に埋め込まれているものである。例えば、綱渡り芸人のノウハウは、ワイヤーを伝って進む方法の中に埋め込まれている。このような実践を無意識のうちに行う場合、行為の中の知が働いていると考えられる。

また、行為の中の省察は、活動の中で瞬時に自らの行為について思考することである。行為者自身にとって即興的で無自覚的なものである。さらに、行為の中の省察を行う中で、状況との対話が起る。関わっている状況の中で、その状況を評価し、新たな状況を作りながら、さらにそれを評価する探究が行われる。このように、今まさに、関わっている状況と対話することによって、次の活動が構想されていくのである。この行為の中の省察は、決して、活動中の思考に限定されるものではない。実践後に行為を振り返る「行為についての省察（reflection on action）」も含んでいる。つまり、反省的実践家は、状況との対話を通しての省察と、行為後の省察として自己との対話も行っていく。この行為の中の省察が、反省的実践家の中心的な概念である。

4.3 反省的実践家の形成としての教員養成

ショーンは、反省的実践家の育成のための専門家教育のあり方について、省察的実習を提案する（Schon, D.A., 1987）。この省察的実習の特徴として、なすことによって学ぶこと、そしてそれをコーチすることが重要視されている。反省的実践家としての専門家のもつわざが、問題を設定することや即興的に状況と対話し、それに対応していく能力であるためであり、道具の操作等の技術的なこ

とに限定されるものではないためである。このような省察的実習を、三品（2012）は図7のように構想している。

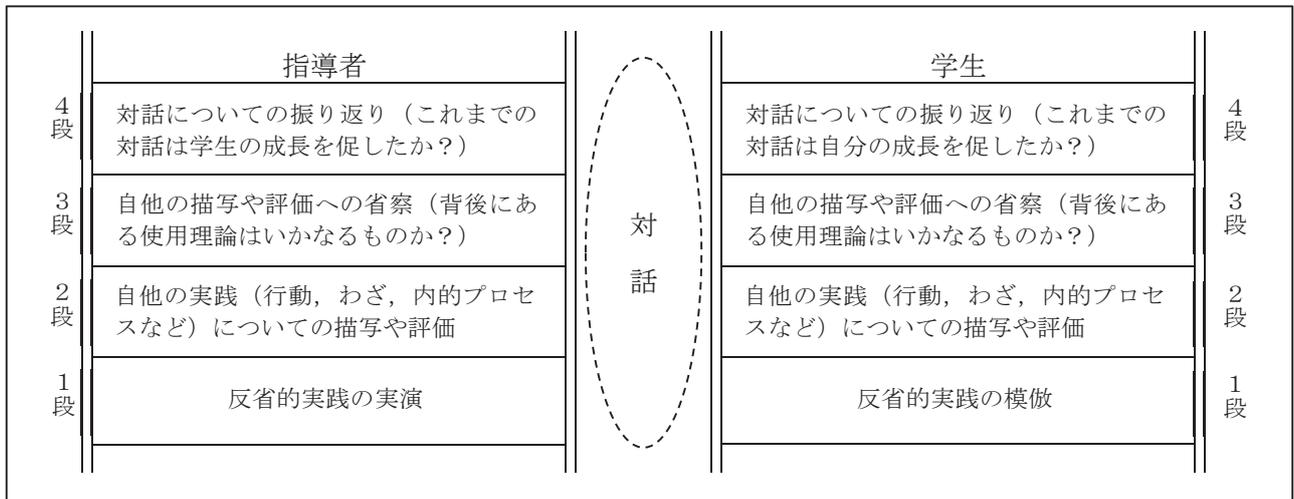


図7 省察的実習の構造（三品，2012）

最下層の1段目は、「デザイン過程」である。ここでは、指導教員による反省的実践の実演と、教育実習生による実践の模倣が行われる。2段目は、「デザイン過程の描写」である。ここでは、指導教員と教育実習生は1段目の自他の実践について評価し、相互に言及し記述を行う。3段目は、「デザイン過程の描写についての省察」である。2段目の描写や評価について吟味を行う。これにより、指導教員が実践の中で見せるわざや、子どもの学習状況の評価の背景にあるものを教育実習生と教員とで共有していく。4段目は、「デザイン過程の描写についての省察の振り返り」である。ここで、指導者と学生は対話した内容について振り返りを行う。2，3段目での対話が学びを促進させたか否かを相互に話し合い、検討する。このように、対話を中心とし、教育実習生は指導教員の経験を学んでいく。そのために、指導教員と教育実習生は考えを表現し合うことが求められていく。

この省察的実習では、指導教員と教育実習生の対話が重要となる。ショーンは、指導教員と教育実習生の関係性について、教育実習生が受動的に指導教員から与えられる情報を受け入れるのみであってはならないと指摘をする。それぞれが協働探究の当事者として、相互作用的な関係を築き、互恵的な省察が行われる必要性を述べている。つまり、指導教員と教育実習生とが対話により、共通認識を見いだしていく過程の実現が重要となる。それにより、教育実習生は反省的実践家としての能力を形成していくことができるのである。

4.4 小学校における省察的実習

図7の構造に従い、小学校の教育実習を実践し、教育実習生の授業デザインに関する能力の形成過程について分析を行う。実施した時期は、2014年6月から2014年7月である。教育実習生は、理科教育を専攻する国立大学教員養成系学部3年生2名であり、指導教員は、教員経験15年以上の国立大学附属小学校教諭1名である。教育実習期間中に、9回の授業リフレクションを行った。また、実習生が授業を行う単元は、小学校第6学年「てこの規則性」である。分析は、指導教員と教育実習生の授業のリフレクション中の対話を発話分析した。

4.5 結果

指導教員と教育実習生によって行われた授業リフレクションの一場面のプロトコルを表9に示す。プロトコルにおいて、指導教員の発言をTとし、教育実習生の発言はA、Bとして示す。表9に示す場面は、実習生Aの実践について振り返っている場面である。子どもが実験用てこを用いて、てこが水平に釣り合うときの決まりについて学習していった授業である。この授業は、実習生Bの同内容の実践のリフレクションを指導教員と実習生A、Bで行い、その省察を踏まえて、実習生Aによって行われた実践である。

表9 指導教員と教育実習生による対話のプロトコル

番号	プロトコル
B1	僕の場合は、まず釣り合っているということと、てこの傾ける力の話の時に、子どもに手を離すとどうなると思う？っていう問いかけをしなかった。一方的な説明形式だった。実験の説明の前に道具を配ったこともあって、子どもたちの手元にあるものに興味が移ってしまっていた。今日は、実験三箇条を黒板に明示している。自分の場合は口頭で示していたので弱かった。今日は三箇条に違反している子に対して、他の子が三箇条でさって黒板を指して注意していた。
A1	Bさんの授業を生かすということで、実験するものを一度に渡さないというか、先生が昨日言っていた交換方式にして、テーブルに説明するものが常の一つになるようにしました。で、錘10gを増やして行って、最後は10個で。10個にしたのは、最後回収しやすいなと思ったし、いろいろなパターンをできるかなと思って、途中で7個渡す時は、時間がかかって、がやがやしちやって。後で、声をはらなきやいけなくて。やらなきやいけななと思っていて、前もってできなくて、みんなが考え始めたのに、プリントが配っていないことが今日の一番の反省です。でも、Bさんの授業の振り返りのときに話した、実験道具を一度に渡さないとか、実験三箇条を明示するというのは、Bさんの授業に工夫を加えてやっていった点です。何人かはいたんですけど、三箇条に違反しているでしょって言うと、はいつて伝わったので。自分が工夫しようとしたことが反映された授業でした。
T1	実験の三箇条が目に見えるようになって言ったけど、最初のころからこだわっていた課題が、みんなに共有されているかどうかの部分はどうか？Bさんの授業では伝わってなかったよね。
B2	今日は、道具に限られていたので、やる事が明確になっていた。交換方式は良かったと思います。
T2	課題が共有されていないと集団で勉強する意味が無くなっちゃうと思うのね。好きなことは休み時間で良いし。同じ目標に向かっていけないといけないしね。手持ちのものが無くなっていったっていうのも、その支援の工夫でしょ？まさに、工夫がたくさんあった。もちろん、たくさん渡せば、試行する要素が増えるけど、その兼ね合いだとは思いますが。まだ、放任するには余裕はないよね。こういう段階は簡潔で、遊びが少なくていいと思っている。理想は遊びがたくさんあって、その中で話し合っって、一つの道筋に子どもが向かって、一つのものに収束していく。これが理想的な学びだと思っているのね。まだ、初期の段階であれば、好きにやっっていいよって言ったら、收拾がつかなくなってしまう。まさにBさんとか悩んだのはそこだよ。自由に渡したら、もう分からなくなっちゃう。集団を組織するのに大切な、だめなものはだめだって、ちゃんと言えたこと。目に見えてやっってはいけないものが貼ってあったのは大きいと思う。人って情報は目で見ただ方が覚えやすいから。もうひとつ、机間巡視で子どものパフォーマンスを評価していくっていうのがあったじゃん。子どものパフォーマンスを瞬時に判断していくっていうのがあったけど、今日はその辺りで気付いたことあった？
A2	今日は、机間指導の中で大きなところは実験4です。10gの錘を10個まで用いて、Xの袋の重さを測るところだったんですが、各班いろいろ個性があって、明らかに綺麗に釣り合っているというか、先生は科学性と芸術性と言ったけど、芸術的に見ても科学的な釣り合いから綺麗にいつている班もありました。今日のこの実験では、机間巡視して、どの班にもすごいねって言っていました。私が釣り合いのやつを形として目でとらえて、そのまま感想を述べているという形になったので、指導の面では充実してはなかったんじゃないのかなって。

B3	今日のグループの活動の様子についてなんですが、今日の実験4の前の実験3の時に、てこの釣り合う時の決まりとして、支点からの距離と錘の重さの関係を明示していたんですが、実験4に関してその関係をちゃんと計算して、釣り合いの作業を行っている班は少ないというか、感覚的に模索していく。傾いたから、ずらそうとか、決まりを生かした手法ではなかった。感覚的な後で、計算で合っていたねと確認していた。Aさんは、錘を下で繋げる班に、それ説明できる？って、できないとか、きちんと指摘できていました。ただ、実験の目的を意識させる言葉が無かった。
T3	研究授業に向けて、机間巡視って重要で、板書についてもこれから話すけど、例えば、今回ね。実験1, 2, 3って書いていたけど、何について調べるとか、言葉の情報が書いてなかったのね。活動4は机間巡視しながら、僕なら、課題を把握しているか見る。もう一つ、感覚的なものと決まりを使っているっていうのは、思考の程度が違うでしょ？そうすると、ちゃんとノートに記録できているか確認する。僕が見ていた班はまず、袋の重さを確かめたんだよね。何で？って聞いたら、この重さがわかれば、計算で確かめられるって。それは、まさに、決まりを使っていこうとする班でしょ？それはまさに決まりを使う班と、感覚での班とは、思考が違う。その決まりを使った班に僕は言ったの、みんな感覚でやっているけど、ここは予想しながら決まりを使っているでしょって。他の班とは違うよねって。発表の時には、感覚でやった班が先に発表して、その後に決まりを使っていた班が、僕たちは予想をしながらやりましたっていったら、感覚の班は、あって驚くでしょ？机間巡視の時には、発表するタイミングなんかも見通しをもたせると良いよね。感覚的な決まりを用いているかって、考察のレベルに出てくることがある。要はBくんがAくんを包括しちゃっている場合。Bくんが先に発表しちゃうと、Aくんが発表することが無くなっちゃうから。Bくんは、みんなの発表を聞いて、みんなの考えのどこに付け加えることができるのかを考えてねって。自分のタイミングを考えてごらん？ってね。これをやらないと、その後の話し合いがぐちゃぐちゃなんだよね。いきなり、全部分かる子がいうと、終わっちゃう。いきなり難しいから、階段を昇っていないの。ちゃんとレイアウトしていくのも先生の役割だから。では、授業の全体について、感想でもなんでもあれば。
A3	最後、ある班が、もう一時間ちょうだいって。ちゃんと考えてからみんなに発表したいって言っていて、その時は純粋にうれしかったんです。飽きてつままないとかではなく、もう一時間取れないの？って。授業やってよかったなって。こういう課題をつくって良かった。まだ、改善する方法はあるけど、今日は子どもたちに授業を受けさせることができ良かったと思いました。あと、Bさんのような最初に授業をやる実習生がいて。その間に先生との振り返りがあって、先生が実習生にはない技術とかパフォーマンスを教えてくださいまして、それを反映することが今日は少しできました。

4.6 分析

図7の1段目である反省的実践の模倣により、実習生Aは実践を行っていった。この場面では、それに基づいて、2段目の自他の実践についての描写や評価が行われていった。実習生Bは、B1において、自分の実践について発言しながら、実習生Aの実践について評価を行った。具体的には、実験三箇条を示すことによって、実験の際にやってはいけないことを子どもに明示した指導が良かったと評価した。それを受けて、実習生AもA1において、自らの実践について述べた。すなわち、実習生Bの授業の省察を踏まえて、実験道具の配り方を工夫し、実験三箇条を明示することにしたと説明をした。また、プリントを配るタイミングが悪かった等の反省を述べたが、実習生Bの実践を踏まえて行った工夫が反映されていたと、自らの実践を評価した。

一方、指導教員は、T1において、課題がクラスで共有されたか否かの視点はどうだったかを発問し、実習生Aの実践についての省察を促していった。その発問に対して、実習生Bは、実験道具の配り方が良かったため、課題が明確になっていたと評価を行った。このようにして、2段目の自他の実践についての描写や評価が対話的に行われ、実習生Aの実践が明確に表現され、評価されていった。

続く、T2において、指導教員は、3段目の自他の描写や評価への省察を行った。具体的には、課題が共有されることによる集団で学ぶ意義について自らの考えを説明した。まず、実習生Aの実験道具

の配り方によって、課題が明確になり、それによって子どもは同じ目標に向かって集団で学ぶ素地ができたと評価した。そして、子どもが自由に試行し、一つのものに考えを集約していくことが理想的な学びであることを伝えた。このようにして、指導教員は、普段意識している授業デザインに関しての理論を実習生に伝えていった。また、実験三箇条を明示したことにしても評価を行い、実習生 A の実践の省察を行っていった。さらに、パフォーマンス評価の視点から、実習生 A の実践について振り返るように促した。

こうして、再度、2段目の自他の実践についての描写や評価が行われていった。実習生 A は、A2 において、自らの机間巡視を振り返り、適切な指導が行えていなかったと評価をした。実習生 B は B3 において、子どもの学習状況として、この決まりを用いて実験を行っていなかった様子を説明した。

指導教員は、二人の実習生の発言を受け、3段目の自他の描写や評価への省察を行った。具体的には、この決まりを用いて予想をしながら実験をする子どもと、感覚的に実験をする子どもの科学的な思考の方法やレベルが異なることを説明した。そこから、机間巡視をしながら、子どもに自らの考えに基づいて、発表するタイミングを考えさせる指導が必要であると説明をした。このようにして、指導教員は、普段意識している授業デザインに関しての理論を実習生に伝えていった。

最後に、実習生 A は4段目の対話についての振り返りとして、自らの実践について振り返り、実習生 B の実践の省察が、自分の実践に寄与していたことを省察していった。

4.7 まとめ

構想した省察的実習では、図7の4段の過程を行き来しながら、指導教員と実習生は対話を行い、実践について省察を行っていった。対話によって共通認識を見いだしていく過程において、指導教員は、普段意識している授業デザインの理論について説明を行っていった。そこでは、科学的な思考という理科教育固有の視点について、子どもの様子に基づいて説明をしていった。そのような指導教員との関わりによって、実習生は授業デザインに関する能力を形成していった。省察的実習が、実習生の授業デザインに関する能力の形成に寄与すると考えられる。

5. 結語

本研究では、理科教育における子どもの思考と表現を育成するための方略と評価について、学校教育、社会教育、大学における教員養成という異なる教育施設での新たな展開について論考した。小学校や動物園での子どもを対象とした方略としては形成的アセスメントが、彼らの思考と表現としてのパフォーマンスを深化・拡大させることが明らかとなった。加えて、教員養成においても実習生に反省的に指導方略の振り返りを繰り返えさせ、その拡充を図らせることで、彼らの指導方略に関わる思考と表現を更新し、そのことが実習の授業における、子どものパフォーマンスの深化・拡大に寄与することを実証できた。形成的アセスメントとその成果としてのパフォーマンスの変容、これからの理科教育の質的転換を図る要因の一端が顕在化された。

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 23531166)，科学研究費・基盤

研究(B) (代表：益田裕充，課題番号 25282032H2) の成果の一部である。

(註)

(和文)

- ・松本朱実 (2014) 「学校教育との連携」『動物園学入門』，朝倉書店，153-157
- ・三品陽平 (2012) 「反省的実践家養成のための省察的実習論の再検討」日本教師教育学会年報，21，86-87
- ・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
- ・OECD 教育研究革新センター編 (有本昌弘監訳) (2008) 『形成的アセスメントと学力』，明石書店，272-277
- ・OECD 教育研究革新センター編 (立田慶裕・平沢安政監訳) (2013) 『学習の本質』，明石書店，369-399
- ・Schon, D.A. (佐藤学・秋田喜代美訳) (2001) 『専門家の知恵—反省的実践家は行為しながら考える—』，ゆみる出版，76-121
- ・和田一郎・森本信也 (2010) 「子どもの科学概念構築における表象の変換過程の分析とその教授論的展開に関する研究—高等学校化学『化学反応と熱』の単元を事例に—」理科教育学研究，51(1)，117-127

(欧文)

- ・Clayton, S., Fraser, J., Saunders, C.D. (2009) Zoo Experiences: Conversations, Connections, and Concern for Animals, *Zoo Biology*, 28(5), 377-397
- ・National Research Council (2007) *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grade K-8*. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Washington, DC: The National Academy Press
- ・Patrick, P.G., Tunnicliffe, S.D. (2013) Visitor Voice, *Zoo Talk*, Springer, 91-92
- ・Schon, D.A. (1987) *Educating the Reflective Practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*, Jossey-Bass Publishers, 157-174
- ・Wagoner, B., Jensen, E. (2010) Science Learning at the Zoo: Evaluating Children's Developing Understanding of Animal and their Habitats. *Psychology & Society*, 3(1), 65-76