体験型科学教育に基づく授業改善の在り方

　　　　　　　　　　　　　　　　　静岡サイエンスミュージアム研究会　青木克顕　他９名

概要：静岡サイエンスミュージアム研究会では、平成７年度より米国のローレンツホール研究所で開発された体験型科学教育プログラム「GEMS」に着目し、新学習指導要領のねらいとする学力を定着するための授業改善の在り方を研究してきた。本研究では、理科を中心とした授業改善の最も大きな中心は、「問題解決のための科学的探究能力を育成することのできる授業である」ととらえ、従来の理科教育の課題点を明らかにしつつ、体験型科学教育をベースに育成することのできる学力や、そのための授業改善の在り方について提案する。

キーワード：体験型科学教育　言語活動の重視　科学リテラシー　授業改善

**１．はじめに**

平成２３年度小学校、平成２４年度中学校において新学習指導要領による教育課程が完全実施となった。新しい学習指導要領における改訂の要点には「科学的な体験、自然体験の充実を図ること」とあり、児童・生徒の体験の不足を補うために、原理や法則の理解を深めるためのものづくりや継続的な観察や季節を変えての定点観測など、科学的な体験や自然体験の充実を図るのが望ましいという改定の意図が見られる。

　また、平成２４年度より全国学力・学習状況調査に理科が加えられた。この背景には、次世代を担う科学技術系の人材育成が重要な課題であること、思考力・判断力・表現力の育成、理科を学ぶ有用性など学習指導要領の方向に沿った学習指導の充実、児童・生徒の実態に沿った指導法の改善が必要であることなどがあげられる。この根底に単に知識を身につけているだけではなく、その知識を活用して観察・実験などの計画を立て探究を深める等、科学的に探究する場面でその知識を活用できる児童・生徒を育成していきたいという願いがある。

　それに加えて本年度は、小学校国語Ａの学校別平均点の結果による「学力論争」が巻き起こった。学力向上の方策が議論され、小学校教師の授業力向上が重要な課題とされている。

　静岡サイエンスミュージアム研究会では、平成６年の結成以来静岡科学館を拠点として体験型の科学教育を推進し、児童・生徒の科学的な体験、自然体験を充実させる教育プログラムの開発に取り組んできた。その開発プログラムのモデルとして着目したのが、米国のローレンツホール研究所で開発された体験型科学教育プログラム「GEMS」「FOSS」である。

　平成７年より、現NPO法人体験型科学教育研究所専務理事である古川和氏を講師に招き教員研修を実施し、先駆的に体験型の観察・実験を重視した問題解決的な学習プログラムを作成、普及をしてきた。そして会員が個々の授業実践を通して、理科好きの児童・生徒を育成し、確かな学力を定着させるために、授業をどのように改善させていくことが望ましいのかを考えてきた。本研究は、この９年間の教員研修における教師が感じている課題と、それを改善する具体的な方策について明らかにし、各小・中学校理科の授業改善に資することをねらいとしている。

　なお、本研究の中心である教員研修は、山崎自然科学振興会の平成25年度第27回教員研究助成を受け実施したものである。

**２．研究の目的と方法**

1. **研究の目的**
* 従来の小・中学校の理科の授業における課題を明確にする。
* 新学習指導要領に求められる学力について明確にする。
* 小・中学校理科における授業改善の方向を明確にする。
* 体験型科学教育を基盤とした授業実践プログラムを開発し共有・普及を図る。
1. **研究の方法**

①　理数系教員指導力向上研修参加者にへの直接インタビューによる準構成面接により教員の意識を調査する。

ア　学校教育現場で問題視している事柄

イ　GEMSを体験してどのように感じたか

ウ　GEMSを今後の教育活動にどのように活用していこうと考えるか

以上三点につき、調査を行う。

　　　　インタビューは下記の5名について実施した。

あ　小学校理科教員　30代　男性

い（元）教育委員会指導主事・現在中学校理科教員　50代　女性

う　小学校理科教員　20代　男性

え（前）中学校理科教員・現在大学講師　40代　女性

お（元）静岡科学館職員　60代　男性

以下、本論文において5名の方にはこの記号を記す。

　　なお、理数系教員指導力向上研修講座には、上記5名以外にも教育を志す学生や地域の体験学習を行っている方などが参加していた。5名以外の参加者に対してもアンケートを提出していただいている。その記述から得られた意見も参考にしつつ分析する。

　②　①の分析をもとに、教員のフォローアップ研修を実施する。ＮＰＯ法人体験型科学教育研究所より古川和氏を講師に招き、今どのような授業改善が求められるかについて現状と課題を明らかにしつつ、今後の授業改善のポイントとなるような模擬授業を提案していただく。参加教員の意識調査をさらに分析し、今後の教員研修や授業改善に活かす。

　③　教員研修で重視したいと考えたポイントを押さえた提案授業を実施する。対象児童は静岡科学館において科学教室「しずおかサイエンスアドベンチャー」に参加している会員50名、講師・補助講師は、静岡サイエンスミュージアム研究会の会員である教師が担当する。参加した児童の「振り返り」を元に、成果と課題を明らかにしつつ、小学校への普及を図る。

　④　GEMSやFOSSに代表される体験型科学教育を取り入れた授業実践の事例を紹介し合い、教員個々の授業改善の参考にする。

**３．結果**

**(1)****学校教育現場における問題点**

　聞き取り調査からね以下のアからオの５つの視点から理科教育の問題点が明確になった。

ア　教員の授業力の不足

児童・生徒に対し、**興味・関心を抱かせるような授業を行うことができる教師が少ない**ことや、多くの教師が**知識を身につけさせることを先行する傾向にある**ことが挙げられた。

「理科教育に関していえば、目標が二領域ある。ひとつは、正しい科学的事実の知識を身に付けることで、もう一つが科学的探究の方法を学ぶことである。科学的探究の方法というのは、**物事を考えていく手順というプロセスを学ぶことである。単純に知識を教えるのではなく、その知識にたどり着くための過程を大切にし、生徒に科学の方法を学ばせる工夫が教師には必要**なのではないかと切実に感じるが、それができる教師は非常に少ない。」　　　　　　　　　　(え　大学講師50代女性)

教員が児童・生徒の興味・関心を引く授業を実践できない理由に関しては、教師が多忙化し、優れた指導法を学ぶ時間や研修の機会が少ないという理由が挙げられた。

「つまらない授業、**効率性を追い求めた授業を行う傾向が教師に見られる**。研修の時間を確保させるためには、常に学校に一人か二人の教師の余裕を与えなくてはならないが、今の学校の現状は教育予算削減により、教師の数も少なく、ぎりぎりの人数で学校経営を進めざるを得ない状況である。その結果、教師は休暇をとり、研修に出かける機会を失っている。」

　　　　　　　　　　　　　　(え　大学講師50代女性)

しかし、もし仮に教員研修の時間が確保されたら、即教員の授業力が向上するかというと、疑問であるという。教師集団には「自分の授業パターンに固執し変化を嫌う」という傾向も見られる。

「個々の教師は自分なりの授業の進め方ややり方を持っていて、新しい方法を真似したり、他の教師の助言を受け入れようとしたりという姿勢はなかなかみられない。**教員同士が連携して、他の教師の授業の良い点を学び会い、子供にとって意味のある教育を実現させようと言う協同的に授業を創っていこうという姿勢が少ない**。」　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

「教員はエリートで育ってきた人が多いから、我が強い。もっと連携して子どもを教育しようという体制が整えられたなら、より良い教育が実現するかもしれない。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(う　小学校教員20代男性)

## イ　　子どもの積極性の低下

　児童・生徒に関して、積極的に実験に取り組む姿勢や、自ら進んでチャレンジしてみようという気持ちが不足しているように感じる。

「私が、受け持っている生徒たちは、おのおの多少の学力格差や意欲の違いは見られるものの、学習態度は大変素直で、与えた課題に対しては、確実に取り組む。しかしその一方で、**自ら課題の解決方法を考えることや、課題を選択して学習に取り組む姿勢は弱い**ように思われる。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

「最近の子どもを見て、**理科離れの現状**を問題に感じる。実験に対して、“僕はやらないよ”とそっぽを向いて、活動に興味を示さない子どもも目立つ。」　　　　　(お　元科学館職員60代男性)

その理由に関しては、教師に原因があると捉えている。

「子どもが積極的に学びに向かうことができない責任の多くは、教師の側にある。教師が子どもに対して、子どもの興味関心を沸き立たせるような、本当に意味のある学びを提供することができるようでなくてはならない。子どもが、授業の時間がつまらなくてしょうがない、というのは非常に残念な状況で、**子どもが学びに主体的に興味を持ち、授業に参加することができれば、もっと授業が意味のあるものになる。**子どもの現状を鋭く捉え、どのような学びを提供していくのが最良であるのか、というのは常に考えられていくべき問題であり、それを作り上げていくのは現場の教員であるべきだ。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(あ　小学校教員30代男性)

「理科に関して言えば、実際に実験させて見て、子どもも促されて体験してみた、そうしたらおもしろくてどんどんはまっていって、気づいたら法則に気づいていた、という学び方が増えると子どもの学びに対する意欲も向上するのではないかと思う。**子どもは好奇心が旺盛で、面白いと感じれば自分から進んで学びに取り組むもの**だ。最初は実験を嫌がっていた子どもも、実際に体験に放り込んでみると、夢中になって取り組むということが多い。子どもに対し、学びを強制するのではなく、“こういう風にやればいいんだよ”とアドバイスし、“そんな風にそっぽ向いていないでこっちに来て一緒にやろうよ”と声をかける配慮を教師が心がける必要がある。」

　　　　　　　　　　　(お　元科学館職員50代男性)

## ウ　生徒の体験の不足

　現在の生徒達には、学習の基盤となる実際の生活体験の量が絶対的に不足している。

「理科教育を行う際に最も大切にしたいのは、**日常体験や生活の中から不思議を見いだすこと**である。しかしその体験量が非常に少ないために、**“どうしてだろう”という問いを生み出す力や、どうすれば解決できるかという方法を考える力が育っていない**。近年の生徒達を見ていると、以前よりはるかに幼稚であり、実験方法まで細かく教師に指示を仰ぐことが多い。**日ごろの体験が不足しているから小さなことでもどうしたらよいのか分からない**のだと思う。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

「土を触る、昆虫を触るといったことが苦手な生徒が多い。しかし授業中にそのような機会を与えると、５分も経過すると夢中になって活動している生徒が多い。**全てにおいて食わず嫌いになっているように感じる**。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(う　小学校教員20代男性)

「**情報量が多い現代社会の中で、体験せずして解答を得ている**ことが多い。正答を答えていても、なぜそのように考えたか問うと、そう教えてもらったからという解答が返ってくる。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(あ　小学校教員30代男性)

「生物領域の授業において感じたことだが、**バーチャルな生命観を持っている生徒が多い**。実際の動物・植物にふれる中で、些細なことに感動する姿を目にする。脈をとったら生きていることに感動したと答えた生徒がいた。**体験が少ないから、学んでいることと自分のこととが結び付けられない**のだと思う。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

## エ　　知識伝達型の教育について

学力テストや入試を意識しすぎるがあまり、**点数重視・知識伝達型の学習になっている結果、子どもの科学的応用力や思考力が低下し、理科嫌いを招いている。**

「テストを意識させ、高得点を目指す学習に偏りすぎていることを感じる。テストにだすから覚えておきなさい、と**暗記を促す指導法では子どもが勉強嫌いになり、勉強に対して拒否反応を起こすようになってしまう**。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(お　元科学館職員60代男性)

「時間のない中で、**いかに効率よく知識を与え、いかに生徒の平均点を上げるか、良い学校に進学させるかということに捕らわれているように感じる**。また、教育熱心な父母の要望もまた、学習効率を上げ、いかに模擬試験や市内一斉の学力調査で高得点を挙げることができるのかというところにあるので、それらに答えようとすればどうしても、**授業の焦点は、いかに模擬試験で狙われやすい部分を抽出して教えるか、語呂合わせでもいい、意味が分からなくてもいい、とにかく覚えさせようというようになってしまう**。これは、小、中、高としだいにその傾向を増すように感じている」

　　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

## オ　生徒のコミュニケーション能力の低下

　まだまだ教師と生徒との間に一問一答式の授業が多く見られ、**生徒同士で深め合う態度が希薄**である。

「最近の生徒は、友人と話し合ったり、教えあったりすることが苦手であるように感じる。日常会話でさえ、メール等のやりとりに頼る人間関係の中で、**コミュニケーション力等、言語活用の力（表現力）が不足している**ことを痛感する。」　　　　　　　　　　　　　(あ　小学校教員30代男性)

**(2)****研修会の参加者より得られたGEMSカリキュラムの魅力と特徴**

## ア　　コミュニケーションを大切にするカリキュラムであるということ

　GEMSを体験する中で、最も多く聞かれた感想は、コミュニケーションを大切にしているところが良いということであった。

「自分一人での活動ではなく、グループでの活動が主になっている。**集団の話し合いのなかで、自分の考えを出し、自分の意見が受け入れられたり、受け入れられなかったり、ということを生徒に経験してほしい**。**他のメンバーに自分の意見を分かりやすく伝えるにはどうしたらよいのかということを考えることは、社会性を養うことにもなる**と思う。コミュニケ－ションを通して集団で何かを成し遂げるという経験をすることは、子どもにとってとても意味のあることだと思う。テストで良い点数をとれるように頑張ることも生徒にとって大切な経験であるが、テストで良い成績をおさめた時の満足感はその生徒一人だけの満足で終わるものであって、みんなで協力し達成した喜びは、周囲と共有することができる。知力を向上させるためだけならば、学校に通わずとも、机に向かって学習すれば良い。**学校で集団で学ぶ意義は、周囲と協力して物事を達成する喜びを知るところにあり、コミュニケーションを重視するGEMSプログラムが子どもに与えうる影響は大きい**。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(う　小学校教員20代男性)

　ウーブレックというプログラムを例にとると、「宇宙から来た謎の物資の正体を探れ」という導入により、物質の観察を行い、参加者はグループごとに実験方法を考え、仮説をたて実験に取り組むことが求められた。さらにグループごとに見出した物質の特徴を、他のグループの参加者に分かりやすい言葉で伝えることが要求された。参加者はこのワークの感想をこう述べている。

「グループでの活動により、自分ひとりでは思いつかなかったような解答にたどり着くことができることを実感した。**自分一人のものの見方、考え方で学ぶよりも、グループで話し合い、他の参加者の話に耳を傾けることにより、何倍もの事項を理解し、新しいものの見方を獲得できる**ような気がする。自分ひとりの力ではない、グループの仲間がいるからこそ、ワークを成し遂げることができたのだという感覚を肌で感じることは、日常生活で以外に少なく、改めて仲間とかかわりながら学ぶことのありがたさを感じた。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　(参加者感想より抜粋)

「コミュニケーションの中で自分もあの人のようなものの見方ができたらいいなという感性は子どもにも養ってほしいものである。**コミュニケーションから、他者の意見を受容し、共感しようとする姿勢や考え方を養ってほしい**。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　(参加者感想より抜粋)

## イ 　解答がひとつではないということ

　GEMSのカリキュラムの大きな特徴は、解答が唯一ではないということである。「文化遺産調査」というプログラムにおいては「公園に出向き、自然にあるものを見つけて集め、分類する。**自由な観点でグループごとの分類方法を考え、実際に分類してみる。さらに他のグループの分類の観点を類推する中で多様なものの見方を体得する**」という内容のものがある。参加者は、その自由な発想が求められるカリキュラムを魅力に感じたという。

「今の教育は、何を調べなさい、だとか、これをしなさいなど教師が指示を与え、与えられた枠の中で動くことが多いが、何をしてもいいといわれると逆に何をして良いか分からず、日ごろいかに自分が枠にとらわれているか実感した。」　　　　　　　　　　　　　　　　(参加者感想より抜粋)

「決められたテーマに沿って採取するのではなくて自由に拾ってきたものの中から分類方法を考えるという自由な学び方は新鮮である。“この実験を行ったらどうなるだろう”という形の理科教育の授業はたくさんあるが、**「どういう実験を行うか」ということから生徒自身で考えることが求められる**。与えられた実験材料に対し、**自分で疑問を探し、それを解明するためにどのような実験を行ったらよいのか考え実践することが必要**で、学び手はより多くのことを考えることが要求される。また、評価についても、自分自身の解答を見出し、論理的に説明することができたとしたら、それでよしとされる。唯一の解答がないからこそ、**発想力と思考力を頼りに純粋に学びに向き合う**ことができる。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(え　大学講師50代女性)

研修会の後に、仲間わけのワークショップを、幼稚園の子どもに対し実践したという教員がそのときの様子を話してくれた。

「幼稚園の庭から、木の葉を自由に集めてこさせ、自分たちなりにどのような仲間で分けるのか考えて、分類させるという内容で行った。子ども達は、色や形で分けるだけでなく私が驚くほどの自由な発想で分類を行っていた。もちろん自由な発想での分類を指示すれば、“これはないだろう”というような分類を行う子どももいる。しかし、それを否定するのではなく、子どもにその分類方法の理由を問いかけた。**科学的に正しい分類を行わせることを重視していたのではなく、子どもに「どういう分け方ができるだろう」と考えさせることを大切に思っている**からである。その子なりにその分類の仕方を考えてやったということを認めることが大切だと思っている。」

　　　　　(え　大学講師50代女性)

**唯一の解答がないという学習のあり方においては、学習の評価の仕方も変わらなくてはならない**という意見も得られた。

「取り組みに対する評価方法は、いろいろな方法が考えられるが、教師の観察眼によりテストの点数では現れない部分を評価していかなくてはならない。**ものを書かせる作業をさせたり、その取り組みをさせる前後での物事の考え方の変化を捉えたり、グループワークの中での子どもの役割を見ていてあげたり、グループの成長のために自分が果たした役割をその子がどの程度自覚しているのか見ること**が考えられる。パフォーマンステストに代表されるように、**児童・生徒と対面した評価方法が求められる**。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

「普段勉強ができる生徒でも、自分だけができればよいと考えている生徒と、グループでの活動を大切にし、結果を出そうとしている生徒では評価に差が生まれるのがGEMSである。テストの点数だけがその人間の価値を決定するわけではないということを生徒に分からせるという面でも有効に活用できるのではないかと思う。テストには現れない部分を評価する責任は教師にあり、教える側は、一人一人をじっくり観察して、**テストの点数には現れない子どもの良いところを発見する努力が必要**である。そして、**生徒の良い点を発見して生徒に自信を与えるような声がけをしていくことが大切**だと思う。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(あ　小学校理科教員30代男性)

## ウ　 「知識を得る方法」を学ばせるということ

　GEMSは、「考える」という行為自体を重要な学びの対象に定めている。そのことが、**生徒が問題に直面した時にどう対応するべきかという「問題解決力」を養うことになる**という意見が多く得られた。

「**ある問題や物事に直面した時に、どう考え、どう行動していけばよいかという考えのプロセスを学ぶカリキュラム**である。答えにたどり着くためのプロセスを重視視している所に魅力を感じる。教育においては、答えだけを学ぶのではなく、**答えを求めるためのプロセスを学ばせる**ことが大切だと考える。ものの見方や考え方はきちんとトレーニングを積まないと身につかない。答えにたどり着くためのプロセスを知っていれば、集積した情報から、正しい答えを生徒自身が判断できるようになる。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(お　元科学館職員60代男性)

「**人間は知識を与えられてそれを丸暗記しているだけでは成長しない**。GEMSは、考える過程を学ぶプロセスラーニングであるのと同時に、知識を得る方法を学ぶラーニングサイクルを得ることが目標とされている。ラーニングサイクルは、問いを投げかける導入の部分があって、子どもが自ら関係していく部分があって、それを一般化し応用していく部分があって、学びの構造を実感させることができる。**ラーニングサイクルを学ぶことによって、答えが分からなくても課題の解決に向けどのような取り組みをしていったらよいのかという課題解決の能力を養うことができる**。**予め答えが分かっていることなど実社会においては非常に希少で、まして現代社会ではこれまでの原理・原則では解決できない新たな事象も次々に出現している。知識を得る過程を学ぶことにより、学びが学校よりもっと先、実社会に通じるものになり、生涯生きて働く力となり得る。生涯を通じて身につけるべき“生きる力”とはこうあるべきだ**と考える」　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

・エ　　実感を伴った理解が可能であること

　GEMSのような体験的に学ぶ学習方法によって、学習内容に対して実感を伴って理解することが可能が可能になる。

「自らの五感で、体験を通して学ぶということは、子どもの学びを深める効果があり、**実感を伴った知識を獲得することを可能にする**。黒板とチョーク、そして教師のトークで行った場合は、知識は獲得できても、それは単なる教師からの知識の伝達に過ぎず、生徒が自分で獲得したものではないので実感を伴わない。」　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(参加者感想より抜粋)

「ある事象を頭では分かっていたとしても、真の理解なくしては、それは単に、テストで良い点数を上げるための道具に過ぎない。体験を通して学ぶこと、自分が考えて、考えて、考え抜いた末に得た答えというのは、その学ぶ者の本当の力になる。**実感を伴った理解を得ることにより、応用力も高まり、似たような問題に直面した時に、どうしたらよいのか、どうすればこの事柄の論理が説明できるのか、ということを考えることができる**。」　　　　　　　　　　(え　大学講師50代女性)

## **(3)　GEMSの教育現場への導入の可能性**

　GEMSに関しては、子どもの学びの質の向上に寄与するであろうという見通しが述べられたが、その実現に関しては、時間的な都合により、ＧＥＭＳカリキュラムをそのまま学校現場に導入するのは難しいという意見が多数であった。そのため、自身の単元構想にどう位置づけ、どう効果的に活用するかが問われる。

「GEMSのような、体験しながら考え課題を解決していくカリキュラムは魅力的ですが、全ての授業をこのように行える訳ではない。実際は、学習指導要領の内容を落ちなく確実に扱い、高校入試などにも確実に備えるために、どうしても時間が足りなくなってしまい、知識の伝達になってしまうことがある。本当はこんな授業はしたくない、と思いながら授業をすすめることになってしまう。しかし、全てを取り入れることは難しいにしても、**生徒の学習意欲の向上させるための手段として、学習の導入部分などにスポット的に取り入れていくことは効果がある**と思う。」

　　　　　　　　　　　　　　　（い　中学校理科教員40代女性）

GEMSを教員の研修として活用し、教員の授業方法を根本から変えるきっかけにしたらどうかという意見も得られた。

「子ども達に質の高い授業を提供するためには、教員自身がそのカリキュラムの面白さを体感し、自分が夢中になって活動に取り組む経験を重ねなくてはならない。これまでの教員研修には、実技研修会も多少は存在したがそこに重きは置かれておらず、講師の先生からの知識や技能の伝達型の研修会が多かったように感じる。ワークショップ形式の教員研修を多く取り入れて、**その教員自らの主体性を伸ばし、自分でコミュニケーションし、自分で考えること、自分で感じることの楽しさを実感できる研修会が必要である**と感じる。**教師自身が何より理科を好きであると感じ、子どもと共に学ぶことの面白さ・楽しさ・科学の不思議さを感じることができなければ、学びの楽しさを子どもに伝えることができるはずがない**。教員研修にこそ、GEMSを取り入れ、**体験を通して学ぶことの大切さを教師自ら実感してほしい**。」　　　　　　　　　　　(い　中学校理科教員50代女性)

また、GEMSを教員研修に取り入れることにより、教師の役割を再確認してほしいとも述べた。

「**知識と体験は、どちらが欠けてもいけないもの**である。頭で考えるのが大切なこともあるし、反復することが大切なこともある。発想する時間が大切だということもある。さらには忍耐力が大切だと言うこともある。ひたすら覚えるという時間があってもいい。教育において大切なことは、子どもが**動機を自ら発見し、勉強すること**である。暗記することがいけないのではなく、教師に言われるがまま、嫌々勉強する子ども、動機を持たずして暗記していることが問題である。教師の役割というのは、**子どもの動機付けを助けること、子どもの興味が勉強することで満たされ、達成できる方向にうまく導くことである**と考える。ただ定められたことを教えるのが教師の役割ではない。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(あ　小学校教員30代男性)

「GEMSのような学び手主体のカリキュラムを体験することにより、**教師としてのあり方を問い直す機会になる**のではないか。あくまでカリキュラムそのものをまねするのではなくて、それをきっかけに自分の授業、生徒との関わりを今一度振り返る心がけをしてほしい。」

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（お　元科学館職員60代男性）

**(4)　本年度のフォローアップ研修の実施報告**

　　(1)～(3)に記したこれまでの研修会において参加者の聞き取りや、アンケート記述から分析した教員の問題把握や「ＧＥＭＳを授業に導入することによって授業改善をしたい」という意識をもとに、本年度体験型科学教育（リアルサイエンス）フォローアップ研修会を開催した。以下その報告をまとめつつ、授業改善の在り方を明確化させていきたい。

1. 問題提起「今なぜ体験型科学教育か」
2. ＧＥＭＳプログラム「化学反応」を事例にした授業改善の方向性

　中学校２年理科「化学変化と原子・分子」の単元を取上げ、科学を学ぶ意義を高めるために、日常生活と関連した物質を扱い、生徒の興味・関心を高め、科学的なものの見方・考え方を育成する授業のあり方を学ぶ。（資料５参照）

　**導入（Elicit、Engage）→探究（Explore　実験を計画し、試行錯誤、データ収集、計算、集計、結果の考察を行う）→説明（Explain）→精緻化（Elaborate　説明に新しく得た概念を付加し学習を深める）→応用（Extend　次の新たな課題に向かう）→評価（Evaluate）**というラーニングサイクルに基づき授業を設計する。

　導入では酢酸ナトリウムのエコカイロ実験を行った。（資料６参照）これはエコカイロとして市販されており、状態変化や化学変化が起こる際に熱の出入りが伴う場合があることを体感する実験として効果的である。導入の興味づけとして非常によい教材例として扱った。

　次に「謎の白い粉の正体を調べよう」と課題を提示し、予め種類名がわかっている9種類の白い粉の性質を調べながら、謎の2種類の白い粉末の組み合わせを当てる活動である。この活動を通して、生徒は予想を立てながら実験を計画し、自らが考えた方法で検証を進めていく。家庭にある９種類の粉の化学反応式を調べながら、「混ぜたときどんな反応が起こるか」、「それはどういう物質に変化したためか」等の考察を深めていく。こうした活動を通して、化学式、化学反応式に潜む元素の種類や結びつきについての考えが深まり、化学反応式のしくみを概念的に学んでいく。従来、化学式や化学反応式を丸暗記させていた授業方法と比べて、科学を探究することの意義と、そのラーニングサイクルを学ぶことができる。このスキルを習得していれば、新たな課題が与えられても、自らの知識を駆使し、データを集めながら課題解決に向かっていけるであろう。

　さらに自分たちが探究した結果を発表することにより、自分たちのグループの実験をわかりやすく相手に伝える表現力が育成される。また他のグループの説明を聞き、質問し合うことで自らの実験方法を振り返り、さらに改善すべき点を明確にすることができる。

　参加した教員はこの研修を自らの授業にどのように活用できるか、またどのような学力を育成することができるか等について、以下のように述べている。

＜酢酸ナトリウムのエコカイロ＞

* 化学の面白さを伝えるための単元の導入にする。
* 溶解する際の吸熱反応と併せて反応熱の導入に使う。
* 中学校3年のエネルギーの活用例として使う。（2名）
* 発熱反応の学習の際に分子の運動の様子と併せて扱う。
* 再結晶のときに結晶の美しさを実感させるときに使う。
* 中学校2年の化学変化による発熱・吸熱の一例として扱う。
* 結晶を観察させる際の視覚的な面白さがある。
* リユースカイロとして日常生活との関連を実感させる。（中学校3年）
* 小学校5年生の「ものの溶け方と溶けた物が取り出せること」を実感させる際に使える。
* 小学校6年生の水溶液の性質のところで興味づけに使える。
* エネルギーの概念を育成するために、小学校でも中学校でも挟み込み教材として扱い、探究的に学習させる。

＜謎の白い粉の正体を探る＞

* 中学校2年で化学式や化学反応式を学んだ後に、その概念の定着のために使う。
* 実験計画を自分で立てさせることで論理的に考える習慣を育成できる。
* 自分がどのような仮説をたて、どのように実験を進めたかを発表させることにより、表現力を育成できる。
* 単元のまとめとして、パフォーマンステスト、新課題テストとして扱う。
* プレゼンテーション力を育成することができる。言語活動の充実になる。
* 体験型科学教育を実践することで、思考力・判断力・表現力の育成につながる。
* 実験方法を自ら考える楽しさを味わわせることができる。
* 友達と協同的に学習を進めていく楽しさや、相互に発見し合う喜びを伝えることができる。
* 仮説を立てて検証していくプロセスを学ばせることができる。
* 観察の仕方や手順を追って考える思考の仕方を学ばせることができる。
* 分析する楽しさや、科学を探究する意義や、その方法を学ばせることができる。
* 既習知識を活用して実際に新しい問題を解決していく力が育成できる。
1. 体験型科学教育プログラムでどのような力が養えると思うか。

　参加者21名にアンケートをとった結果以下のような結果になった

　コミュニケーション能力、科学的な思考力、科学への興味・関心、論理的な思考力、問題解決力が獲得できると指摘された上位５つの学力である。

④　今回参加した教員の意識はどう変わったか。

　事後アンケートの結果参加した教員の反応は以下のようであった。

ア　本研修会に参加した動機は何ですか。（複数回答可）

イ　本研修会に参加していかがでしたか。

　参加者にとっては、「自らの教員としての資質向上を望む」動機が一番多かった。そのために「授業の役に立つ教材を見つける」という動機も多い。本研修会は62％が「十分に満足した」、38％が「ほぼ満足した」と解答しており、非常に満足度の高いものとなった。

ウ　参加者の感想より

　参加者の自由記述による感想から、本研修会が自己の授業観の変化にどう影響するかを分析してみた。参加者の所属種別の感想を以下に抜粋する。

・コミュニケーションを重ねると自らが変容するということが実感でき、もっと多くの研修の場に出ていきたいと思った。　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（大学生）

・日本の理科教育で体験型のものを組みたいと思ったときの留意点がわかった。　　（大学院生）

・科学を学ぶことの重要性は自分で結論まで導くこと、その過程で冷静に自分の考えで検証をすることであると感じた。学びの主体は生徒であるが、教える教師も学び続けることの重要性を感じた。

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（科学コミュニケーター・科学館ボランティア）

・今日本や世界各国が学びをどのような方向性で考えているのかが把握できた。**生徒達の好奇心を引き出す授業の組み立てや考え方がわかった**。　　　　　　　　　　　　　　　　　　（小学校教員）

・学校現場では授業研究以前に大きなエネルギーを使い果たしてしまう日々であるが、教材のこと、学習指導法のことを集中して学ぶ機会は貴重である。**理科好きな子を一人でも増やしたい、理科の楽しさを伝えたいという思いで授業に取り組みたい**。　　　　　　　　　　　　　　　（小学校教員）

・突然学校の事情で苦手な理科を受け持つことになり、自分の苦手意識を減らしたい、理科に興味を持ちたいという思いで参加した。**体験だけで終わらせずに、ノート作りにも力を入れなければいけない**と思った。実験の楽しさだけでなく、**協力する良さや言語表現の大切さ**を学んだ。　（小学校教員）

・**体験したことを言語に表現することの大切さを学んだのでノート作りもこれから大切に考えていきたい**と思った。　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（小学校教員）

・ただ楽しいだけでなく、**考えさせながら楽しく授業を進めていきたい**と思った。　（小学校教員）

・単元の中に断片的にでも生かしていきたい。　　　　　　　　　　　　　　　（中学校理科教員）

・実験等に興味・関心を持たせるようにしていきたい。　　　　　　　　　　　（中学校理科教員）

・いつも一人で授業を進めているので、教師もこうして授業について話し合ったり相談し合ったりする機会は貴重であった。　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（中学校理科教員）

・教えてもらうのではなく、自分で実験をして確かめるという作業はとても楽しかった。アプローチの仕方が班によって異なることが面白かった。　　　　　　　　　　　　　　　（中学校理科教員）

・知識だけでなく、これからの社会で求められる力について参考になった。　（高等学校化学教員）

　今回の研修会で主たるターゲットにしたのは、小学校教員であり、その授業観を変えるきっかけになったことが自由記述より伺える。特に「言語活動の充実」につながる、「書く力」「話す力」を理科の授業においても重視したいという意識が芽生えている。

(5)　しずおかサイエンスアドベンチャーにおける実践報告

　(4)におけるフォローアップ研修会の成果を生かす実践の場として、12月8日（日）のしずおかサイエンスアドベンチャーにおいて「ウーブレック」を実施した。会員は小学校3年生より6年生までの小学生、縦割りのグループ構成による。以下その内容を報告する。

①　養いたい力

　データ記録、実験方法を考える、自主的思考力を用いての討論、コミュニケーション、プレゼンテーション、グループ討論、意志決定

②　授業内容

　GEMS「ウーブレック　科学者は何をする人なの？」のセッション１，３を中心として2時間の短縮版に編成して実施した。（資料　参照）以下その展開を簡単に述べる。

セッション１：ウーブレックを調査せよ

「るくる号がウーブレック星から持ち帰った謎の物体、ここに地球に生命が誕生したヒントが隠されているかもしれない。謎の物体の性質を調査せよ。」の指令のもとに、観察したり、触ったり、「味覚」以外のすべての感覚を使って調べる。その調査方法や使用する用具は可能な限り児童の考え、使いたいと思ったものは使用させる。各グループで調べた性質を記録用紙に記録する。

セッション２：科学会議

　「世界中からいろいろな分野の科学者が科学会議に出席するために集まってきた。みんなは科学者だ。これから発見したウーブレックの性質について話し合う。」児童達は「どういう方法→どんなことを調べたら→どんな性質がわかったか」について具体的に話すように指示をする。反対、賛成等立場を明確にして「数値等で表される具体的な表現を付け加えること」「言葉の意味をはっきりさせること」等を助言した。

セッション３：宇宙船設計

　「ウーブレック星探査機を設計せよ」科学会議の結果、合意したウーブレックの性質を考慮し、ウーブレックの海に着水し、その星を探査・調査した後、再び地球に帰還するためには、どのような装備を有することが必要かを各ブループで話し合う。話し合いの結果を具体的な絵で表現すること。書き終えたら各ブループその特長と工夫した点を発表しあう。

③　参加した児童の感想

　終了後の振り返りシート「今日のサイエンス」より、児童の感想の主たるものをその学年毎に記す。

＜小学校3年）

* 自分で宇宙船を考えるのが楽しかった。
* 温度計があったらウーブレックの温度を測ってみたかった。
* ウーブレックが本当は何でできているのかを知りたい。家で作れるならば**自分で作ってもっとよく調べてみたい。**
* ウーブレックが本当はどんなところにあるのかを知りたい。
* 僕たちの班はウーブレックをすくいとるそうちを工夫しました。僕が宇宙飛行士になったら、ウーブレックのあるところに**行ってみたい**。
* 飛行機の設計図をつくるのに、**はんでいっしょにちえを出し合い、たのしくべんきょうになった**。本当につくってみたい、うちゅうひこうしになってウーブレックせいにいってみたいと思った。
* ウーブレックをさわったらにおいがくさくて、うすみどりでした。ウーブレックがほんとうにあるか**しらべてみたい**。
* ウーブレックにビー玉を入れるとなかなかとれないことをはじめて知りました。こんどは、ウーブレックにさとうやしおを入れると**どんなへんかがおこるかをしらべてみたい**です。

＜小学校4年＞

* みんなの**発表を聞いていると、どんどん質問が出てくるのも楽しくて面白かった**です。ウーブレックとかたくりこをとかしたものを比べてみたいです。うす緑の色をつけたら、ほとんど同じだと思ったからです。
* ウーブレックはねちねちしていてよくくっつきました。あみの中に入れたけどなかなか出ないでとれませんでした。うちゅうせんは色々なはんのものを見て、すごくおもしろいと思いました。
* ウーブレックをにぎると固まる、はなすとドロドロになることがわかりました。宇宙船を考えるとき、**みんなの意見を聞いて自分の考えが持てました**。なんだか宇宙船を考えていると未来が見えてきたような気がしました。
* みんなで変な、えきたいかこたいみたいなものをどんなせいしつかしらべて、それにたいおうするうちゅうせんを考えるのが楽しかったです。
* ロケットを作るときに、ウーブレックがくっつかないように**工夫をするのがおもしろかった**です。ウーブレックをさわるときに不思議なかんしょくがしてびっくりしました。ウーブレックをさわると、とけたりかたまったりするのがおもしろかったです。
* ふしぎに思ったことは、ウーブレックと名づけられた物がいったい何なのかということです。にごると固まり、はなすととけるなどといったせいしつはわかったけれど、まだウーブレックはなぞにつつまれています。**家でもっとしらべてみたい**です。

＜小学校5年＞

* 宇宙船を**考えるのが一番楽しかった**。将来宇宙飛行士になって仲間と一緒に5人で宇宙に行きたい。あの図にさらに片方100mの主翼をつけてコントロール翼をつけて沈まないようにコントロールしたい。後ろの垂直尾翼で方向転換よくする。ウィングレットで燃料節約をする。それを上下１ｍずつつける。今回は、**今までの理科で一番楽しかった科学**。
* ウーブレックの**物質を調べるのがおもしろかった**。ぼくたちの班ではいろいろなものを入れたりしてみました。スポンジを入れて時間をおくと固まってしまった。ウーブレックをどうやって採るのか考えるのがおもしろかった。だけどこうやったら固まってしまう、もうやったら沈んでしまうというように**むずかしかった**。
* ウーブレックは**いろいろな性質をもっていてすごい物質だと思いました**。固いのに空気にふれると水みたいになってしまうからふしぎだと思いました。**ほかにもどんな性質があるのか**を知りたいです。
* 今日はウーブレックのことで話し合って楽しかったです。今日調べられなかったこともあるからもっと自分でも調べたいです。ふしぎに思ったことはなんでウーブレックには固くなったりやわらかくなったり、粉になったり、**すぐにいろいろな形に変わるのがふしぎに思いました**。
* ウーブレックの海が本当にあったら、本当にいろいろな設備が必要だなと思った。すぐに固まったりネバネバするからびっくりした。ウーブレックは**入れ物によってもネバネバ感が変わる**からそれもびっくりした。
* どうして色が変わるのか、**固体でもなく液体でもなくてふしぎな物質**だった。**作ったり、もっと観察したりしてもっといろいろなことを発見したいと思う**。ぶきみな感じでネバネバしていたり、キュッキュと音がしそうでしなかったり、**わからないことがたくさんある**。
* **みんなと協力してウーブレックについて追究しました**。いろいろな道具を使ってなぞのウーブレックの正体に一歩近づけたと思います。これをヒントにして、本当にウーブレック星にこれを採りに行くには、いろいろな非常事態のことも考えないといけないと思います。これからも**不思議に思ったことをどんどん追究していきたい**と思います。
* ウーブレックというものは本当にきみょうな物質でした。見た目は水みたいだけれど、さわってみたらどろっとしていて、それをにぎったら固まったけれど、放したら固まっていたのがまた水みたいにもどってしまいました。普段使っている水がウーブレックみたいだったら怖いなと思いました。

＜小学校6年生＞

* 久しぶりに**想像する体験**をしました。こんな宇宙船を作ってみたいです。
* ウーブレックは薄緑で、せんめんきの底にあったものは固くてカチカチになっていた。紙や金属用の**接着剤として使えそうだ**と思った。何ともいえない感覚が不思議に思った。
* ウーブレックはにぎったりすると固まるのに、はなすとドロドロに溶けてしまうのが不思議で面白かったです。水の中だと粘土のよう、でもかたまるとチョコのよう。つぶすと粉みたいになったのがすごいと思いました。ウーブレック星に行くための宇宙船を考えるとき、**どんどん考えが出てきて、全然まとまらなかった**けど、ちゃんとできたのでよかった。宇宙飛行士に大切なことは**調べる心（たんきゅう心）冒険する心などがあったので、これからこういう心を大切にしようと思いました**。

　以上の児童の感想を分析すると発達段階毎のスキル獲得の様子がわかる。

　小学校3年生では、科学への興味・関心が広がっている。多様な性質にふれ、個々の性質の違いにっふれた驚きが探求心の芽生えにつながっている。

　小学校4年生では、仲間と共同作業によるコミュニケーションスキル、協力する力等、協同的な探究学習によるスキルの向上が顕著にわかる。

　小学校５，６年生は自分で実験方法を考え実践する自主的な思考力、日常生活に活用する力、さらには科学への態度形成など意思決定につながるスキルの芽生えを感じる。

　いずれの年齢の層においても科学は面白いものであり、探究していくことは自分にもできることであるという姿勢、科学一般に対する前向きな見方、考え方を育んでいることが記述より伺われる。

1. ＧＥＭＳ、FOSSプログラムの理科授業における他の実践事例

　これまでの成果を踏まえ、実際に導入可能な中学校の単元についてこれまでの実践をもとに記す。

①　＜実践１＞　中学校２年生「化学変化とエネルギー」

○　目標（つけたい力）

・化学変化において、吸熱反応・発熱反応が起こることにより、化学エネルギーが、熱エネルギーに変化して生活の中で利用されていることを知る。（知識・理解）

・より大きな熱（吸熱・発熱）エネルギーを取り出すにはどうすればよいかを、化学変化　の式をもとに考える。 （科学的な思考）

○　使用テキスト「化学反応」

　第２部：熱を発生させるものを調べるｐ．９～ｐ．１３

○　授業展開

 「より熱くなる携帯カイロと、より冷たくなる冷却パックを作ろう」

　携帯カイロは使用教科書にある酸化鉄の例を示し、実際に発熱が起こることを体験させたのち、「より温度を上げるにはどうすればよか」を考えさせた。生徒は化学変化を引き起こす材料となる鉄粉、酸素、触媒のはたらきをする活性炭素や食塩水に着目し、これらの量を変化させることにより大きな温度上昇が得られることを、予想をたてながら実験し、確かめていった。中には酸素ボンベを要求する班もあった。

　実験後、すべての班に最高温度を記録させ、どのような工夫をしたら温度が上がりやすかったのかを発表させた。生徒からは以下のような意見が出された。

　・鉄粉と活性炭素を乳鉢でよくすりあわせてから袋にいれる。

　・食塩水の濃度を濃くする。

　・よくふった後、袋の口を開け空気を入れる。

　・酸素ボンベで酸素を吹き込む。

 ・鉄粉の量を増やす。

 ・活性炭素の量を増やす。

 ・食塩水は入れすぎない。

　次時には、「逆に温度を下げて冷却パックができるかな？」と持ちかけた。１００円ショップで購入した「セクシーボンバー」を演示し、化学変化で冷却（吸熱）が起こることを示したあと、市販の冷却パックを提示した。裏面の表示を見ながら生徒にどのような薬品を使用すれば吸熱が起こるかを考えさせた。資料集や実際に市販されている商品の解説等も参考に調べることを許可した。生徒らは、「クエン酸＋水」「塩化アンモニウム＋水」「硝酸アンモニウム＋水」「硫酸アンモニウム＋水」の４種類を探し出した。そこでそれらの薬品を用いて、量等は工夫し、制限時間１０分以内に何度まで下げられるかを実験した。制限時間終了後１０班すべてに最低温度を記録させ、チャンピオンを決定した。チャンピオンには、どのような工夫をすることにより温度を変化させることができたのかを発表させた。

　－６℃まで温度が下がった班がチャンピオンであった。その班からは、「尿素と硝酸アンモニウムを良く混ぜ合わせた後、水に溶かすとよい。」という工夫が発表された。

②　＜実践２＞　中学校３年生「地球と宇宙」

○　目標（つけたい力）

・月が太陽の光を反射して光ながら、地球の周りを公転するときに、満ち欠けが起こるわけを、太陽・月・地球の位置関係から説明できる。 　　　　　　　　 （科学的思考）

○　使用テキスト「地球・月・星」

○　授業展開

 単元「地球と宇宙」の導入にあたって、これまでの学習や生活経験から、「月・太陽　・地球」について知っていることをあげていった。ウェブマップの手法を使い、ひとり　が何でもよいので発言したら、次の人がそれから思いつくことを次々にあげていくという方法で、学級の全生徒（３３名）に発言させながらウェブマップを作成していった。それを整理しながら、いくつかの本単元の学習課題ができていった。そのうちのひとつが、 「月は地球のまわりをまわっているっていうけれど、どうして満ち欠けをして見えるの？」 である。

 そこで、電球を太陽、発砲スチロール球を月、それを持っている自分を地球に見立てて、太陽と地球・月の位置関係により、地球から見て月がどのように見えるかを調べた。生徒達は自分の目で満ち欠けを確かめながらワークシートに記録していった。

　さらに、「金星はどうして満ち欠けしながら大きさも変わるんだろう？」という疑問に対しては、同様のモデルで、電球を太陽、発砲スチロール球を金星にして、金星が太陽の周りを公転するとき、その外側から見ている自分（地球）からどう見えるかを調べた。位置関係と地球との距離により、形や大きさが変わることが実感できた。

　その他に自分が地球になって地球の自転と公転の動きを確かめてみる、明け方、正午、夕方、真夜中の位置を確認すること、自分が地球になって自転しながら公転し、１２の星座と太陽、そして地球の位置関係がどのように変わるかなど、仮想宇宙空間を作り出すことで疑似体験してみることができる。

③　＜実践３＞　中学校３年生「自然と人間」

○　目標（つけたい力）

・学校林において、土の中にすむ動物の種類を調べその環境について考えることに興味を持ち、意欲的に追求しようとする。　　　　　　　　　　　　　（関心・意欲・態度）

・見つかった動物の種類から「自然度が豊かとはどんな条件があるのか」について考える。

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（科学的な思考）

○　使用テキスト

　テラリウム　土と生きものの世界

○　授業展開

　学校林「西山」に行き、土壌生物を採集してくる。またその動物や土を教室に持ち帰り

ハンドソーティング法で透明カップに入れる。見つかった土壌動物の種類や数から、西山の自然度を判定したり、「自然度が高い」とはどのような環境条件が考えられるのかを発表し合う。

　生徒からは、植物が多い、生息する動物の種類数が多い、食物連鎖が見られる、湿り気がある、土がある、落ち葉がある、人があまり入らない等の条件が出された。

 観察の最中にも共食いを始める光景や、ふんをする光景が見られ、生徒達は「食物連鎖」について興味を持ち始めていた。

　土壌動物のなかでダンゴムシを取り上げ、「ダンゴムシが食べるものは何か」「ダンゴムシとワラジムシの見分け方は」といった課題が出され学習が広がっていった。

④　＜実践４＞　中学校３年「地球温暖化と温室効果」

○　目標

 実験結果をグラフ化し、比較しながら考察することで、地球上の気体や水の温度上昇の要因について考える。　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（科学的思考）

○　使用テキスト

　地球温暖化と温室効果

○　実践内容

　ＧＥＭＳテキストを用い、地球温暖化と温室効果について学習を２時間行ったのち、生徒による課題研究を行う。生徒は、大気中の二酸化炭素等のガスの増加による地球温暖化を少しでも遅くするために、カーテンや衣服・建物の壁等の色を工夫することで、夏涼しく、冬暖かく過ごすことができるようになるのではと考え、どの色が温度が上がりやすいかを調べていった。

　生徒は以下のような実験を重ねていった。

　＜実験１＞温室効果実験

 サランラップをかけたペットボトルと、かけていないペットボトルを、６０ｗの電球で加熱し、気温の変化を見る。

 ＜実験２＞

 試験管に水を５ml入れ、周囲を色紙で巻く。試験管の周囲を色紙で巻き、太陽熱に対し45°の角度で試験管をたて、空気の温度を測定する。

　実験を終え生徒は以下のように考察した。黒は、水も大気も上昇温度が大きい。これは熱吸収性が黒は大きいためである。したがって、冬は黒っぽい色のほうが熱を吸収することができ、暖房等の節約になる。その反対で白は熱を反射するので、夏には白い衣服を着た方が体感温度は低い。温暖化が心配される地球であるが、衣服やカーテンの色を工夫することで、暖房、冷房を節約できることがわかった。

４　考察まとめ

研修参加教員のインタビューやアンケート調査より、理科教育における教員の問題意識の根幹は、これまでの教育における教師のあり方に関わるものものであるように感じる。これまでの学校教育における現場の授業方法には、今だに知識伝達型のものが多いことを指摘している。学びにおいて、大切にしなくてはならないことは、「単純に知識を教えるのではなく、その知識にたどり着くための過程を大切にする」ことだという指摘がなされている。本当の学びは「学ぶべき対象」にたどり着くまでの過程にあって、過程を学ばせる工夫を行うことが教師の役目である。

教員は日々児童・生徒と接し授業を行う中で、「理科教育はこのままであってはならない」という意識を持ち、少しでも自分が実践する授業の一部分であっても子ども主体の学びを提供できはしないかという思いから研修会に参加する。そうした教員が集団を形成することにより、参加者同士の交流が活発になり、休日や長期休暇を利用して教材研究を行い、学校教育の授業の中では実践が難しい体験的な学びの場を小・中学生を対象に提供しようと努力をしている。

こうした教員研修会は「より良い学びを実現したい」「生きてはたらく学力を形成したい」という共通のコミットメント持った仲間が集まり、それに対して自分たちのできることを実行しようという試みの場として機能している。「GEMS」というカリキュラムを一つの媒介としてコミュニティ－を形成した状態であるといえる。

教育に子どもの自発性を取り入れようとする時には、体験を通して教育することが重視され、子どもにとってみると「遊び」のようなカリキュラムが成立する。しかしそれは「遊び」ではなく、「学習」であるといえるのは、発達の過程に照らした目的が存在するからである。教育に子どもの自発性を取り入れるにしろ、体験的な学びのカリキュラムを取り入れるにしろ、そのカリキュラムは教育の手段に過ぎず、目的は常に学習指導要領に定める内容の定着であり、学力の形成である。しかし学び手である児童・生徒の主体性を尊重するとき、授業における教師と生徒の関係は一方的なものではなく、双方向のものになってくる。現代の知識基盤社会においては、一方的に知識の伝達をするのではなく、その元となる科学リテラシーを形成することが重要なのである。教師にコミュニケーション能力が非常に重要で、教師は「科学コミュニケーターとしての役割を果たすべきである」という考え方に至る。

教育の起源においてソクラテスの教育観に視点を当ててみる。ソクラテスは、「自己は無知なる人間である愚なる人間である」という自覚に到達し、その自覚によって自己は他の賢者といわれる人々よりも賢いことを見出したとされる。ソクラテスの教育観は、「自分では産まず、ただ他人の出産を助けるに過ぎない」とされる。その教育手法は「自分が何かを一方的に与えるのではなく、対話によってその人の中にある知性を呼び起こす産婆術である」という。「体験型科学教育」は古くはソクラテスの理論に基づく、科学の基本概念を主体的に習得し・その方法を学べる有効なプログラムであると確信する。そうして獲得したスキルは日常生活に不可欠な自主的探求心を育み、生涯にわたり生きて働く「思考力・判断力・表現力」の基盤となるものである。

　これからの理科教育を考えたとき、ＰＩＳＡ型学力の形成が重要である。そのポイントは以下のように捉える。

* 証拠に基づく結論を導き出すための科学的知識とそれを活用する力
* 科学的な思考習慣とそれを理解する力
* 科学とテクノロジーが社会を形成していると考える力
* 市民として科学が関連する諸問題に科学的な考えを持って、思考し、判断し、問題解決に向けて行動することのできる力

　以上のように捉えたときに、生徒が自分勝手に思いつきで（根拠もなく）実験したり、各自が勝手な目的意識で実験したりすることは避けるべきである。体験型ということは体験のさせっぱなしや、好き勝手に体験させることではなく、問題解決のための大きな目的に向かって体験活動を行うことなのであることも教師は自覚したい。体験することが目的ではなく、その体験に基づき問題解決がなされる、あるいは問題解決のための方向が出されるものでなければならない。

５　今後の研究予定

　本年度までに明らかになった理論や、授業実践を元に、今後は静岡サイエンスミュージアム研究会としては以下のような活動を行いつつ、教育現場への普及を図っていく。

・各自の授業実践の中に「体験型科学教育」の理念やプログラムを導入し、その単元展開案をデータベース化するとともに、授業評価を行っていく。各学年の理科、生活科、総合的な学習等において、年間一単元を設定し実践していく。

・これまで理科授業を中心に研究を行ってきたが、米国のＳＴＥＭ教育に代表されるよう、理科、技術家庭、算数・数学等の他教科との横断的な学習プログラムについても実践していく。また幼児教育における実践を深め、幼稚園・保育園・児童館等の教育活動への普及を目指す。

・体験型科学教育に基づく教員研修会を継続し、今後の理科教育の方向性、求められる学力について教師が学び合い、語り合える土壌（コミュニティー）の形成・定着を図る。

・他地域への普及を図るために、ＮＰＯ法人体験型科学教育研究所と連携し、体験型科学教育研究大会

　において実践報告をする等の活動を展開していく。

６　おわりに

　静岡サイエンスミュージアム研究会の活動も来年度で10周年を迎える。会の結成当初から連携し研究を進めてきた特定非営利活動法人体験型科学教育研究所専務理事でおられる古川和氏に心より感謝の意を表する。

　また長年にわたり教員研修の資金的な援助をしていただいた山崎自然科学振興会に心より感謝の意を表するとともに、今後も静岡県内外の理科教育の先駆的な活動となるよう決意を新たにするところである。

　最後にこの論文をまとめるにあたり、ＧＥＭＳ研修会に参加し参加教員より聞き取り調査の協力をしていただいた長澤芙未氏に感謝する。

研究同人

静岡サイエンスミュージアム研究会

会長　　常葉大学　准教授　永田研

副会長　静岡市立千代田東小学校　校長　青木克顕

会員　　静岡市立千代田東小学校　教諭　渡邉一恵

　　　　静岡市立清水有度第二小学校　講師　川村一彰

　　　　静岡市立安西小学校　　　教諭　森竹高裕

　　　　静岡市立大里中学校　　　教諭　増田　浩

　　　　静岡市立西豊田小学校　　教諭　塩澤康人

　　　　静岡科学館　元館長　増田俊彦

　　　　静岡科学館　館長　　長澤友香

　　　　静岡科学館　主事　　坂田尚子