

確かな学力の育成

—エネルギー教育に視点を当てた生活科・理科のカリキュラム開発(1)—

岸 俊之 溝邊 和成 山下 美樹 内藤 博愛

はじめに

中央教育審議会経過報告(2006)によれば、「理科においては、粒子やエネルギーなどの基本的な概念について、実生活と関連づけたり、体験したりして理解することが重要である」¹⁾とされ、また、生活科においても「中学年以降の理科の学習を視野に入れて子どもが自然事象について、知的好奇心を高め科学的な認識の基礎を養う」ことが指摘されている。この2点は、小学校教育の生活科、理科において低学年から中学年に至るカリキュラムの一貫性が求められていると考えられる。その一貫性の内実の1つは、生活科が実生活と関連づけたり、体験したりして理解することを重視している点を踏まえた理科の構築であり、もう1つは、粒子概念やエネルギー概念等における低学年からの自然認識の系統性の確立であるといえる。こうした点は、例えばエネルギー教育としての実践例が紹介されているものの²⁾、十分な検討がなされてきていない。そこで、エネルギー概念の育成を中心にしたエネルギー教育を取り入れた生活科・理科のカリキュラム開発を目的とした3カ年研究プロジェクトを立ち上げるに至った。3カ年の研究計画は、次の通りである。まず、初年度である平成18年度においては、力学的エネルギーに関して、検討を行うことを計画している。具体的には、生活科及び理科における実践検討である。さらに、近年注目を集めている核エネルギーの教材化をめざして原子力発電所見学を行う。平成19年度では、前年度に引き続き、実践を通じた検討と資料整理を主たる作業とする。実践検討では、電気エネルギーと熱エネルギーを扱った学習活動のプロセスに注目する。また、資料整理においては、最新のエネルギーの動向を踏まえ、新しいエネルギー開発を取り入れたカリキュラムを想定し、その系統性を整備していく。平成20年度では、光エネルギーの授業実践を行いながら、最終的に、小学校6カ年全体のカリキュラム試案を作成する予定である。

そこで、本研究プロジェクトの1年目である今年度の研究では、2点について報告する。1点めは、生活科及び理科において力学的エネルギーに関する教材の事例的検討である。今日のエネルギー教育の動向を踏まえ、力学的エネルギーの概念と環境教育とを連携する授業実践を試行し、その検討を行うものである。2点めは、核エネルギーに関する今日的情勢を踏まえ教材化するための資料収集をまとめている。具体的には、原子力発電所の現地取材で得られたデータをまとめている。

1. エネルギー教材の事例的検討

(1) エネルギー教育への注目

現在から将来にわたって豊かなくらしを保障するためには、有限な資源、エネルギーに対応したいわゆる「循環型社会」³⁾を築くことが必要である。この「循環型社会」とは、「廃棄物の発生抑制」や「リサイクルによる資源の循環的な利用」と「廃棄物の適正な処分」を行うことにより、天然資源の消費をできる限り節約し、廃棄物をできる限り捨てずに循環資源として再利用し、環境への負荷をできる限り少なくする社会のことである。近年「循環型社会形成推進基本法(循環型社会基本法)」(2000)や「循環型社会形成推進基本計画」(2003)とともに、ライフサイクル・アセスメント(Life Cycle Assessment)⁴⁾のように、消費者が商品を選択する際に、最も資源とエネルギーを使っていないものを選ぶための手がかりを与えてくれる考え方が展開され、エネルギーの消費量と環境への負荷を総合的に推定評価し、環境に配慮していくことが重視されてきた。また、「環境にやさしいけれど、わたしたちのくらしも大切にしたい」といった考え方も広まり、ごく最近では、健康と地球の持続可能性を志向するライフスタイル(Lifestyles Of Health And Sustainability)の略語として用いられているロハス(LOHAS)といった言葉も注目されている⁵⁾。さらに、持続可能な社会

の実現に向けて取り組まれる教育 ESD (持続可能な開発のための教育 : Education for Sustainable Development) も示されてきている⁶⁾。時代や国境を越え、よりよい社会づくりをめざすために、こうした持続可能な社会が重視され、教育においてもこれまで以上に環境教育やエネルギーに関する教育がメインになってくると言える。

こうした流れの背景には、近年になって、地球環境全体に及ぶ環境問題がますます顕在化されてきたことが挙げられる。その代表的なものは大気汚染であるが、その主な要因は、硫黄酸化物、窒素酸化物とされている。最近では、発生の数値目標を決め、それぞれに努力が促され、汚染の増加を制限、抑制されつつあるが、今なお油断するわけにはいかないとされている。耳新しいところでは、ダイオキシンやホルムアルデヒドなどの有害大気汚染物質が挙げられる。これらから引き起こされる環境問題に対しても様々な対応が実施されているが、やみくもに禁止、抑制を行っているのではない。現在の便利な生活や豊かな社会を放棄してしまうのではなく、それを維持しながらもできる限りの環境保護を行うバランスのとれた取り組みが模索されている。それは、3E、すなわち経済成長 (Economy Growth) やエネルギー確保 (Energy Security) においても、また環境保全 (Environment Protection) においてもベストな状態を保とうとすることである。エネルギー需要の不安定化が起これば、当然経済成長の阻害が生じ、エネルギー消費が増大すれば、二酸化炭素等の量が増え、地球温暖化といった環境問題を引き起こる。また、経済が停滞すれば、環境保全への投資が低迷する。こうした3E、すなわちトリレンマの中でバランスを取り、地球にもわたしたちにも恩恵が持続する活動を推進していくことが望まれ始めている。

このような動向から、最近では「持続可能な開発 (Sustainable Development)」が志向され、環境保護や経済成長、エネルギー確保のバランスが取れた社会をめざす活動の基本的理念として示されている。地球の持っている天然資源の過剰利用を排しつつ、全世界の人々の暮らしを質的に向上していこうとする考え方であり、環境と経済を相反するものとしてとらえるのではなく、互いに関連し補強し合う関係を保とうとするものである。こうした持続可能な開発については、先にふれた ESD として取り組まれている⁷⁾。ESD とは、「持続可能な開発のための教育」Education for Sustainable Development の略であり、よりよい「未来をつくる」ために、環境、人権、平和、ジェンダー、国際協力など様々なテーマに取り組む教育活動を結ぶキーワードとしてとらえられている。この ESD が起

こったきっかけは、ヨハネスブルグサミット (世界首脳会議 WSSD : 2002年) における日本からの提案だった。国連総会がその実施を決め、ユネスコが主導機関となって、2005年より2014年までの10年間取り組まれることになった。1992年の地球サミット (環境と開発に関する世界首脳会議) の「アジェンダ21」では、環境と開発の問題を解決する意識や価値観、能力を身につけ、意思決定への効果的な市民参加を実現するために教育が重要であることを示している。次世代の子どもは言うに及ばず、現代に責任を持つ大人も学び直す機会を提供しているとも言える。

以上のようなエネルギーに関する動向を踏まえ、学校教育は、環境教育の柱としてエネルギー教育を推進しようとしているのである⁸⁾。

(2) エネルギーのとらえ方⁹⁾

前節において話題としたエネルギーは、エネルギー資源としてとらえられている。エネルギー資源は2つに大別される。枯渇性資源と非枯渇性資源である。枯渇性資源は、言葉通り、いずれはなくなってしまう化石燃料 (例えば、石油、石炭、天然ガスなど) や原子燃料 (例えば、ウラン、トリウムなど) 等が含まれる。石炭、石油、天然ガスは、古生物の化石を燃焼して熱や力を発生させる物質であることから化石燃料とされているが、今日、最も主要なエネルギー資源であり、長時間地球によってつくられてきた再生不可能なエネルギー資源である。原子力エネルギーは、ウランなどの物質の原子核分裂によって発生するエネルギーを指す。この原子力エネルギーの最も大きな特徴は、ごく少量の核燃料で莫大のエネルギーを取り出せることにある。とても効率がよいと言われている。さらに特徴的な点は、エネルギーを取り出すのに、地球温暖化に関係する二酸化炭素などを発生させなくてすむということである。これもわたしたち人類にとって魅力的である。しかし、原子力エネルギーは、放射線の影響があり、現在のところ、放射線の異常発生及びその拡大防止対策、周辺環境への放射線物質の異常な放出防止対策などが考えられている。

非枯渇性資源は、再生可能なもので水力や太陽エネルギー (太陽熱や太陽光など)、潮汐エネルギーや地熱エネルギーも含まれる。近年、太陽エネルギー、地熱エネルギー、バイオエネルギー等は、注目されている新エネルギーである。太陽エネルギーは、時間帯によって、エネルギーが供給されないという欠点があり、効率の面で課題が残っている。地熱エネルギーは、地球内部の地殻・マントル・核のうち、上部マントルに岩石が解けた状態になったマグマだまりが源となっている。現在のところ、マグマだまりによって熱せられた

熱水や水蒸気のエネルギーを利用している。バイオエネルギー (bioenergy) は、石油・石炭の化石燃料に対して、生きた燃料とも言われ、その種類は、大きく分けると、廃棄物系と栽培作物系とに分けられる。廃棄物系には、わら、もみ殻や家畜の糞尿、間伐材、おがくずなどの農林水産系のもの、下水汚泥や生ゴミ、廃油といった廃棄物が含まれる。栽培作物系では、例えば、サトウキビやトモロコシなどが扱われている。この他には、風力発電や温度差エネルギー、雪氷熱利用もある。また、需要サイドの新エネルギーとして、燃料電池をはじめ、天然ガスコージェネレーション、クリーンエネルギー自動車の開発も挙げられる。

こうした資源としてのエネルギーをとらえる一方で、物理学で示されるようなエネルギーの特性をとらえることができる。例えば、動いている物体が、他の物体に衝突して動かしたり、穴をあけたりするような仕事をする場合、つまり、物体が仕事をするのできる状態にある場合、その物体はエネルギーをもつと言う。そして、それを運動エネルギーと定義している。 $K = 1/2 mv^2$ (ただし K : 運動エネルギー, m : 物体の質量, v : 物体速度) となる。また、高いところにある物体は、落下すると速度をもち、運動エネルギーをもつようになって、仕事をするようになる。したがって、この場合、高いところにある物体は、位置エネルギーをもっていると言う。 $U = mgh$ (ただし U : 位置エネルギー, m : 物体の質量, g : 重力加速度, h : 高さ) となる。この運動エネルギーと位置エネルギーとは力学的エネルギーと呼ばれ、保存則が成り立つ。この他に、エネルギーの種類としては、電気エネルギー、熱エネルギー、光エネルギー、化学エネルギーがある。さらに核エネルギーがある。このように、エネルギーには様々な形態が存在しているが、それぞれにエネルギーとしての特性を備えている。また、これらの多くのエネルギーは、何らかの機器を使用することで相互に変換することができる。例えば、光エネルギーは、太陽電池によって電気エネルギーに変換されることができる。化学エネルギーは、乾電池によって電気エネルギーに変換される。また、電気エネルギーはモーターで力学的エネルギーに変換される。

以上のように見ていくと、日常生活で扱われている様々なエネルギーは、生成され、変換されるプロセスにおいて、資源としての側面と原理的な特性が現れる側面とが、同時に成立し、お互いの関係なくして、エネルギーの本質をとらえることができないと言える。

(3) カリキュラムへの模索

エネルギーを対象として生活科・理科カリキュラムの構築を図っていく場合、上述の特徴から、2段階の

課程が必要であるとする広瀬 (1995) の考えを確認しておく¹⁰⁾。彼は、エネルギー教育として、エネルギーとは何かを学習させる内容を取り入れることが第一であるとしており、いわゆる物理的な原理・原則を学習させる課程が必要であると述べている。第二の課程では、「エネルギー資源の問題」「資源の運搬、貯蔵の問題」「エネルギー変換技術の問題」「地球温暖化の問題」を取り上げるべきであると主張している。取り上げた2段階の課程がエネルギー教育の必要条件とでも言うべき部分であるとしている。また、「とくに、これらに段階課程で述べてきた諸問題の全体像を見通すこともなく、特定の分野、それも狭い知識のみで児童・生徒を指導する場合、特定の考え方に偏重した学習指導となることがある。」さらに、「児童生徒にエネルギー問題の本質を正しく理解させることを教師は、心がけて指導をすべきである。」と指摘しながら、「エネルギー教育は21世紀を展望した長期的な観点に立脚し、資源、エネルギーの問題について正しい理解促進を図る必要がある。」という見解を示している。しかしながら、長期的な観点に立った第一の学習課程と第二の学習課程の実質的なリンクされたカリキュラムについては十分に示されず、二課程の横断的な取り組みが課題と考えられる。

上述の課題に対して、例えば、カリキュラムとして、電気によって電球が灯る仕組みと電気エネルギーの確保を一体化した教材が提示されることが予想される。すなわち、環境保全を含むエネルギー資源開発と各種のエネルギー間の変換については、太陽電池であったり、モーターであったりすることから、日常生活にみかける技術 (テクノロジー) が架橋的な役割をもっていることが想定されるのである。カリキュラム全体において、こうした教材提示やそれを支える一連の学習過程の成立が考えられる。そこで、科学的概念としてのエネルギーと環境教育との架橋的役割を担うものをライフテクノロジー (生活技術) と仮称してとらえ、その実践的なカリキュラムの構築を行うことにする。

(4) 力学的エネルギーを対象とした実践的試み

今回研究では、生活科 (第2学年) 「おはじき遊び」と理科 (第5学年) 「おもりのはたらき」の実践を試みている。以下にその詳細について述べ、考察を加える。

〈生活科における実践〉

①指導者の問題意識 (系統の目を)

5年生の理科。「衝突」の学習の導入として子ども達が「おはじき遊び」をやっているという実践が目にとまった。子ども達には「衝突」の原体験が不足しているから、それをまずは授業で保障して、しっかりと土

台をつくることをやらなければならない…。そういう趣旨であった。少し前の子ども達なら、生活経験としておはじきをはじいたり、「カー消し」なる車の形をした消しゴムなどで落としあいこをしているのが「普通」であったが、今の5年生はおはじき遊びをしたことがない子の方が多数派なのだ。これが「児童の実態」である。結果、「大きな」5年生が理科の授業で、おはじき遊びをする、という「笑えない」学習が昨今の理科の教室で展開されている。

では、このような実態は理科という教科のみで解決する問題であろうか。違う。そもそも「子ども達の自然体験・社会体験の不足」を解消するために生まれた教科がある。生活科である。ここに生活科の出番がやってくる。生活科の趣旨の一つに、子ども達に不足している自然体験・社会体験を少しでも多く遂げさせることがある。生活科の学習、「おはじき遊び」で子ども達は、活動に没頭し自分達でルールを工夫しながら、「衝突」の原体験を遂げていく。しかし、「ただ楽しければいい」「イキイキとしていればいい」と暢気に子ども達の活動を眺めてはいけぬ。「おはじき遊び」で獲得させたい内容を明らかにして、授業を構想しなければならない。これは「衝突」の原体験なのだ、という「系統の目」を持って実践をしなければならない。「系統の目」を持てば、「おはじき遊び」の手立てとして、例えば「大きなブロックを準備する」ことが浮かび上がってくる。

②「昔遊び」の単元作りについて

エネルギー教育について述べる前に、まず生活科学学習指導の問題点を指摘しておかなくてはならない。端的に言えば、それは「ランチバイキング型」の単元構成が大流行しているという点である。「ランチバイキング型」の単元構成とは、私が名付けた、生活科の特徴的な単元構成の手法で、「したいことをしたいだけすればそれでよし」と評価を下す、あまりにも危険な単元構成のことである。例えば、「昔遊び」の単元でそのメニューの一つの「おはじき遊び」が気に入らなければ、「お手玉」や「はねつき」といった他のメニューに変わっても、「主体的に遊びを選び続ける子ども」として評価してもらえる可能性が非常に高い。まさにバイキング。好きな物を好きな量だけ食べることができる子ども達は、なるほど「楽しそう」であるが、果たして、付けるべき栄養がつくのだろうか、甚だ心もとない。

このように、昔遊びの単元を「ランチバイキング型」で構成すると、子ども達は自分が挑戦したい遊びを選びながら活動を展開していき、その過程で、獲得する価値は「地域の人のあたたかさ」「昔遊びのおもしろさ」等であろうが、前者はともかく、後者は甚だ心もとない。

なぜなら、「昔遊びの本当のおもしろさ」を味わうためには、ある程度の「練習」「習熟」が要求されるからである。子ども達は、「習熟」する前に、もっと「お手軽」な他のメニューを求める可能性がかなり高い確率で予想される。「おはじき遊び」の場合だと、今の子ども達は概して、おはじきを「はじく」という指の動作そのものができない。ねらった的に当て、それを落とす遊びをした生活経験そのものが決定的に欠けているのだ。このように考えると、昔遊びを安易に「ランチバイキング型」の単元構成で行うことの危険性が見えてくるであろう。つまり、子ども達が「はじく」ことに習熟する前に「おはじきは、おもしろくないから他の遊びにしよう」となってしまうのだ。おはじきを極めることで、おはじき遊び本来のおもしろさにたどり着くことができるのに、なんとも「もったいない」単元構成である。

では、どうするのか。ここに「おはじき遊びにしかり取り扱わない」という「専門店型」の単元構成が登場する。

③おはじき遊びを通して、子ども達につかませたい価値

おはじき遊びの本当のおもしろさを味わうことができるように、単元を「専門店型」で構成することを提案する。子ども達は最初は不器用におはじきを「はじく」が、だんだん思い通りにおはじきを「はじく」ことができるようになる。活動に没頭すること間違いなしである。

おはじき遊びの本当のおもしろさは、ねらった「的」におはじきを命中させ、落とすことである。はじくことに習熟した子ども達は遊びの中で「力の伝わり」の原体験を積むことができる。ここでいう「力の伝わり」とは、簡単にいうと、「強くはじくと、遠くまで飛ぶ」「重いものを的にするとはねかえされる」ということである。このような見方・考え方は、第5学年の「衝突」の学習の素地となる。

④指導上の留意点

強くはじけば、はじかれたおはじきを遠くまで飛ばすことができる。弱ければ、その押し出す力も弱いままである。これがおはじき遊びのルールづくりの基本となる。例えば、相手のおはじきを落としたり「1点」というおはじきの落とし合いゲームを試みる。これによって、「衝突」「作用・反作用」の概念を遊びながら獲得することができる。

更に、この遊びに慣れた頃に、例えば「重たいブロック」などを提示し「これを落とすと5点」とうように場を再構成していく。子ども達はムキになって「5点」をねらうが、逆に「重たいブロック」に、おはじきは

跳ね返されることとなり、どうして、そうなるか考え始める。このように場を再構成することによって「はじかれるものの重さ」と「はじくものの勢いの強さ」という関係にも気付くことができる。

⑤単元の概略（全6時間）

第一次 教師が決めたおはじき遊びをする。・・・①

第二次 ブロック等を用いたおはじき遊びをする。④

第三次 おはじき遊びのことを絵や言葉で表現し、学習のまとめとする。・・・・・・・・・・①

⑥活動の実際

・ おはじきの練習

おはじき遊びを初めてする子ども達もかなりの数いた。子ども達はおはじきをうまく「はじく」ことができない。そこで、毎時間の最初の5分なら5分を「練習タイム」と名づけ、一人でおはじきをはじく時間を設定することにした。

この活動を通して、子ども達は「はじく」ことに習熟していった。更に、はじかれたおはじきがどのような動きをするのか、多様な気付きを出すことができた。

・ ルールづくり

おはじき遊びの経験が少ない子ども達が早く学習の「入口」に立つことができるように、最初は教師が遊びのルールを示すことにした。黒板を使って、丸い磁石をおはじきに見立て、「相手のおはじきを落とせば一点」と大まかなルールを示した。

ルールがわかってくると、子ども達は自然に自分達にあったルールに作り変えていった。

・ ブロック等を用いたおはじき遊び

おはじき遊びに習熟してきた頃を見計らい、子ども達にブロックを提示した。

次のように子ども達は反応した。

T これ、落とすこと、できると思う？

C できると思う！

C でも、大きいからできないかもしれない。

C 強くはじけば大丈夫だよ。

C 強くはじいても、はねかえされるだけだと思う。

ここでは結論は出さずに、とりあえず、いろいろ思っていることを出し合わせていった。「できないかも・・」と心配している子にも、「落とす」ことにチャレンジしてほしいので、「このブロックを落としたら5点です！」と宣言した。子ども達は大笑。「5点」の魅力に引かれ、早速ゲームスタートとなった。そして、悲鳴。おはじきが跳ね返されていく。

その後、気付きを交流していった。

T どうでしたか？

C いくら強くしてもはねかえされてしまった。

C ブロックはびくともしなかった。

C 私達からみたら、ブロックは小さいけれど、おはじきからみたら、ブロックは大きいのだということが分かった。

T どういうことですか？

C だから、ブロックにぶつかるのはおはじきですよ。いくら強くはじいても、ぶつかるのはおはじきだから、それは小さいから、ブロックを落とすことができないと思いました。

このように、気付きを出し合う中で、大きなブロック落とすことは無理であることに気付いていった。しかし、途中でそのことに気付き、ブロックをねらうことをやめた子もいたので、どの子にもその原体験をさせたいと考え、ブロックを落としたり100点。はじめに置くブロックの位置は自由、とルールを再構成していった。

子ども達は、机の隅に（しかも、半分は机からはみ出して今にも落ちそうな位置）に置く、という工夫をはじめた。

T どうして、机の端っこにブロックを置いたの？

C だって、ものすごく強くはじいたら、ほんの少しだけ動くから。

C そうそう、ほんの少しだけ動くから。

T では、ほかに何とかしてブロックを落とすアイデアはないかな。

C 先生、おはじきではなくて、ブロックでブロックをはじけば、落ちると思います。

T どうして、そう思うの？

C だって、さっきKさんが言ったように、おはじきにとってブロックが大きいので、動かすの難しいけど、同じ大きさのブロックをぶつければ、動かすことができると思うからです。

⑦指導の考察

子ども達の発言から分かるように、「作用・反作用」につながる概念、つまり、強くはじけば遠くに飛ばすことができる、大きいものをはじけば、はねかえされる、ということを獲得することができた。

これは、生活科の単元で「おはじき遊び」のみを取り扱うという「専門店型」で構成したことと、はじく練習の時間を位置づけたこと、更には大きなブロックを落とすと「5点」というルールを再構成する場を位置づけたことが有効に作用したためと考える。

〈理科における実践〉

①単元 おもりのはたらき

②学年 第5学年

③指導目標

- おもりのはたらきについて進んで調べようとすることができる。
- ふりががものを動かす決まりをおもりの重さや振れ幅、糸の長さに関係づけて考えたり、おもりが他のものを動かすことを、おもりの重さや動く速さに関係づけて考えたりすることができる。
- 変える条件と変えない条件を制御しながらふりこの動きやおもりの衝突を定量的に調べ、ものの動き方の規則性を見つめることができる。
- ふりがが1往復する時間がふりこの長さによって変わることや、おもりが他のものを動かすはたらきが、当てるおもりの速さや重さによって変わること理解することができる。

④指導計画（全14時間）

第1次 ふりこの動き方について調べよう。

6時間

第2次 おもりの速さと重さによるものの動き方を調べよう。

6時間

第3次 ふりこ衝突の実験結果からおもりのはたらきのきまりをまとめよう。

2時間

⑤単元について

本単元は、ふりがが1往復する時間がふりこの糸の長さによって変わることや、おもりがほかのものを動かすはたらきはおもりの重さや動く速さによって変わることとらえ、条件を制御しながら計画的に実験する方法を考える能力、あるいはものの動き方の規則性を追求する能力を育てることをねらいとして設定されている。学習指導要領では、ふりこ衝突の問題を主体的に選択する課題として扱うこととしているが、ここでは両方の課題を統合して指導計画を立てている。それは、ふりこを扱うことによって基本的な実験方法を身につけた後、おもりのはたらきを発展的に捉えさせ、重さと速さによってものを動かすはたらきを定量的に捉えさせると同時に、ふりこの運動によって位置エネルギーに着目させ、最下部での運動エネルギーがものを動かす仕事をするということにも着目させたいからである。

本単元の学習内容は「運動エネルギー」「位置エネルギー」「仕事」が複雑に関わっているにもかかわらず、ふりこや衝突といったある限られた現象だけを取り上げているため、物質の運動に関する一般的な科学的概念が身に付きにくい。また、低学年の段階で、おもりを使ったおもちゃで遊ぶ体験、あるいはおはじき遊び

等の衝突を利用した遊びの体験が少ないことも原因の一つであろう。

そこで、位置エネルギーや運動エネルギーが保存されることや、エネルギーをもったおもりが他へ仕事をするということを言葉としてではなく、実感をとまなう知識として身につけさせるようにしたい。また、興味ある課題を提示することで実験の目的を明確にし、実験データからわかることを科学的な視点からじっくり考えさせるようにしたい。そのために、より具体的な結果が得られる教具の選定に心がけ、誤差の範囲内で信頼できるデータが児童の実験結果から得られるように心がけた。

ふりががふれる高さは抵抗が小さい状態では左右等しく、その位置エネルギーが保存される。ここでは支点を途中で変えたとき、おもりを離す位置によっておもりがどの高さまで上がるかという課題から、おもりの速さやおもりを離す位置に着目させ、離れた位置とほぼ同じ高さまで上がってふりこの運動をくり返すことを実験で確かめる。レールを転がるボールもふりこ同様、スタートする位置によって運動エネルギーが大きくなることに気付かせ、ボールが他のものを動かすためには、ボールの位置が関係していることにつなげたい。ふりこの運動から衝突の実験へと移行する授業として、ふりこのおもりを離す位置を扱うことは有効であると考えられる。

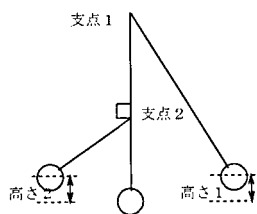
⑥本時の目標

ふりこのおもりを離す位置（高さ）によってふりこの速さが変わることや、おもりを離れた位置まで再びおもりが上がることを理解することができる。

⑦授業の実際

・ 本時の学習課題を知る。

本時の課題は「ふりががふれる高さは、途中で支点を変えたときにどのように変化するだろう。」とした。この課題はふりがが振動している途中で、ふりこの糸の部分に木片を当て、ふりこの長さを変えるとどうなるかというものである。これまでにふりこの長さで周期が変わることを学習しているため、周期が短くなることは予想できる。ところが、どこまでおもりが上がるかには注目していなかったため、議論が期待できる。ここでねらっているのは、ふりこの長さが変わったときに、変わるものは何で変わらないものは何か、そして、それはどのような決まりによるのかということ子どもに気づかせることである。



学習過程

学 習 活 動	学 習 活 動	評 価 の 観 点
1 前時の学習を想起する。	○ ふりこの等時性やふりこの速さについて、これまでの実験結果から分かったことをまとめ、課題を解決する手だてとなるようにする。	○ ふりこについて、基本的な知識が身に付いているか。
ふりこがふれる高さは、途中で支点を変えたときにどのように変化するだろう。		
3 実験の計画を立て、結果を予想する。	○ 1つの条件を変えるとき、変えてはいけない条件は何かをきちんと整理させることが正確な実験を行う上で大切であること、誤差の扱いに注意することを確認する。	○ 条件制御の考え方を持って実験を計画し、効率よく実験をおこなうことができたか。
4 実験結果を表やグラフにまとめ、気付いたことをもとに話し合う。	○ 定性的なものから見方から、より定量的なものになるよう、データから言えることを児童の言葉で発言させる。	○ ふりこのきまりについての考えを持つことができたか。
5 レールを転がるボールの動きをふりこと比較しながら考える。	○ ふりこのおもりを離す位置とふれる高さが支点を変えても変わらないというきまりが、レールを転がるおもりについても適用できることに気付かせる。	○ レールを転がるおもりについて、進んで調べようとしているか。

T ふりこのおもりはどこまで上がると思えますか。

C はじめと同じ高さまで上がると思えます。

C はじめの高さよりも少し高く上がると思えます。途中で支点を変えると周期が短くなって、スピードも上がるからです。

C はじめよりも下がると思えます。それは、途中で支点を変えるとき、これまでのスピードを止めるからです。

C なわとびを鉄棒に巻き付けるみたいに、1回転すると思えます。

C 同じ高さまで上がります。そして、右と左では、周期も同じだと思えます。

T 周期の話が出ましたが、周期についてはどうなるかを考えた人はいますか。

C 私は周期は途中で糸が短くなるので、短くなると思えます。

このように、手を離した高さまで上がるとした子どもの中には、周期も同じになるという誤概念をもつ子どももいた。つまり、課題に対しては正しい解答をしていても、すべてを理解しているとは限らない。また、回転するまで上がるという児童は、実際に遊びの中で経験したことからの発言であるが、この「回転」について考えることも、本単元の目標の一つである。

・ 実験の計画を立て、結果を予想する。

実験はふりこの長さを50cmとし「支点2」をふりこの長さが25cmになるように設置した。そして、手を離

す位置を最下部から20cmと、10cmの2か所で行うようにし、高さがよくわかるようにふりこを支えているスタンドに、方眼を印刷したアクリルボードを貼り付けた。(右写真) また、実験の結果はそのアクリルボードにシールを貼り付ける方法

をとった。実際に同じ高さから離しても条件によって誤差は生じるため、誤差については事前にしっかり学習しておく必要がある。

・ 実験結果を表やグラフにまとめ、気付いたことをもとに話し合う。

実験結果から長さを測定し、各班のデータを比較した。

T 実験結果を見て、どんなことに気づきましたか。

S 結果は少し下の位置になったけれど、おもりは何とか元の位置まで戻ろうとしているように見えた。

S もう一度右の方に来たときにはきちんと元の位置に来ているから、左でも同じことがおこっているのだと思います。

実験の結果は空気抵抗や誤差、糸が支点にあたるときの抵抗等があるため、はじめの高さよりも低い数値となる。しかし、ふりこを正面から見るのではなく、



縦方向から見ると、同じ高さまで上がっていることが実感でき留りに気づいた子どもがいたため、残像が残る機能のついたビデオカメラでそれを映してみたところ、ほぼ同じ高さまで上がっていることがはっきりとわかった。

その後、同じ高さから離れたおもりの速さが同じであることをビースピという速度測定器で確かめるとともに、同じ速さにするには高さを変えればよいということにも気付くことができた。エネルギーについては漠然とした概念ながら、児童のワークシートには「高さがあるというだけで下に落ちようとする力がある」「最も速い最下点での速さは、高い位置からおもりを離すことによって生まれている」「高さが0になったときに速さが一番速くなるので、高さが速さに変わった」という言葉でまとめをしていた。

④考察

本単元では運動エネルギーと位置エネルギーが関係しており、互いに変換をくり返していることを実感として味わわせることができた。運動が止まったときに最も高い位置に来ることから、なぜ最も高い位置でストップするのかを考えさせることもできた。また、最下部ではどのような長さのふりこでも、高ささえそろえておけば同じ速さであることにもふれたため、これが、ボールのようなおもりがレールを転がる時には、高さによって最下部の速さが決まることにつながった。データはパソコンを使い、エクセルの表に書き込ませ、常にグラフに反映するようにしていたため、誤差の概念や、大幅に値が違う実験をしたときのデータ処理の方法にも気づくことができたと考えている。

今回はふりこの等時性だけではなく、特におもりの高さに焦点を当て、おもりの速さと周期、おもりの重さやふれる角度の関係を実験で確かめる実践を行った。エネルギーの概念は、今後6年生のB領域でさらに育成したいと考えている。

2. 施設見学

(1) 施設見学の目的

エネルギー教育の内容について広瀬(1995)¹¹⁾は、第一に採るべき内容について、エネルギーとは何かを学習させることであり、その物理的な原理・原則を学習させる課程が必要であると述べている。第二の学習課程では、「エネルギー資源の問題」「資源の運搬、貯蔵の問題」「エネルギー変換技術の問題」「地球温暖化の問題」を取り上げるべきと述べている。12月までにエネルギーに視点を当てた生活科・理科の授業実践は、第一の学習課程に相応する。広瀬氏が述べているようにエネルギー教育は、第二の学習課程の視点も重要で

ある。これからどのようにエネルギー資源を確保し、有効的に使用することが求められている。日本の発電所では、約30%を原子力エネルギーに頼っている。原子力エネルギーは、ウランなどの物質の原子核分裂によって発生するエネルギーであり、ごく少量の核燃料で莫大なエネルギーを取り出すことができる。さらに、特徴的な点としては、エネルギーを取り出すのに、地球温暖化に関係する二酸化炭素などを発生させなくてすむということである。しかし、原子力エネルギーを放射線の影響が懸念されている。そこで、原子力発電の現状について見聞し、教育活動へ生かすことができないかと考え、実際に島根原子力発電所施設の見学を行った。

(2) 原子力発電の原理

原子炉(軽水炉)では、炉心で燃料が核分裂するときに発生する熱エネルギーで水を高温高圧蒸気に変え、この蒸気で蒸気タービンを回して発電を行う。核分裂により発生するエネルギーを用いるが、蒸気タービンを回して発電する点では、石炭や石油など化石燃料を燃焼させてボイラーで蒸気を作る火力発電と大きな違いはない。炉心燃料は、濃縮されたウラン235から二酸化ウランの焼結ペレットを作り、直径1cm程度のジルコニウム合金製の燃料被覆管の中に密封して燃料棒としている。軽水炉とは、ウランの核分裂が効率よく進むよう原子炉内で中性子の速度を遅くして、炉心で発生した熱を取り出すため、普通の水を用いた原子炉である。

1個のウラン235が核分裂を起こすと、約200MeV(約32pJ(ピコジュール))のエネルギーが発生する。臨界状態を維持するために、ウランの濃縮度、配列について工夫されている。

(3) 放射線のエネルギーと生体影響

放射線によって生物作用が生じるのは、放射線のエネルギーが生体に与えるからであり、その特徴は、不均等であることである。生物の基本単位である細胞レベルで見れば、細胞のごく一部にエネルギーの固まりが与えられる。細胞の中でもDNAに傷が生じたときに、その影響が大きいと考えられている。この塊の大きさは放射線の種類によって異なる。放射線の種類ごとに影響の大きさが異なる。放射線防護の観点で用いる放射線の量(線量)としては、この影響の大きさの違いを考慮に入れた単位であるシーベルト(Sv)を用い、その1000分の1をミリシーベルト(mSv)で表す。

放射線で傷ついたDNAは修復を受ける。この修復が行えなければ細胞は死に、または修復に誤りが生じたときには突然変異、染色体異常、細胞死が起こる。細胞死の影響について、生体の組織は多くの細胞で成

り立っているため、少数の細胞が死んだだけでは影響は表れてこない。しかし、放射線の量が増えるほど死細胞が増え、一定量を超えると影響が生じ始める。線量が増えるにつれ、頻度が高くなるとともに、その症状も重くなる。

(4) 安全確保の考え方

原子力発電所では、環境中への放射性物質の異常は放出により、周辺公衆が放射線の被曝による影響を防止することを、安全確保の原則としている。このため、「異常発生を未然に防止する対策」、次に「異常が発生した場合にその拡大を防止する対策」、更に、「周辺環境への放射性物質の異常は放出を防ぐ対策」といった「深層防護」の考えに基づいた多段階の安全対策を講じることにより安全確保を図るようにしている。また、施設には、放射性物質が外部に漏れないように、個体の燃料ペレット、燃料被覆管、原子炉圧力容器、原子炉格納器、原子炉建屋という五重の壁によって放射性物質を閉じこめる設計をしている。施設の立地としては、周辺住民との間に、十分な隔離をとるようにされている。

周辺住民への説明責任の観点からも、島根県のホームページで日々の原子力発電所の活動や放射線量について発信されている。

(5) 授業実践に向けて

原子力エネルギーは、今までもこれからも必要とされている。しかし、実際の小学校現場では扱われていない。子どもたちは、基本的な概念も学習しないまま大人になっている。そのため、原子力発電所でどのようなことが行われているのか、原子力エネルギー・核エネルギーとは何なのかということもあまり理解されていないのが現状である。また、原子力発電所のマイナス面の報道によって、原子力発電は危険なのだという先入観をもち発電所に入っただけで被曝すると考える人たちも少なくはない。何も知らずに怖がる子どもにならないように、まずは現状を子どもたちに伝えていくことが大切であると考えます。そして、その現状からこれからはどのように環境について考えなければならないのか、行動も含めた意志決定ができる力の育成が求められている。

おわりに

本研究は、広瀬（1995）の考えをもとに、原理的なエネルギーの特性と資源として扱うエネルギーに関わる環境教育の融合をいかに展開するかを検討すべく、小学校低学年及び高学年の2実践を事例として取り上げたと言える。いわゆるエネルギーと環境教育の結末点として借定したライフテクノロジーは、低学年では、

「おはじき」であった。このおはじきの動きが、低学年児童にとってもわかりやすい力学的エネルギー（運動エネルギーと位置エネルギー）を扱った事例として、説明しやすくしている。また、高学年児童にとっては、あえてエネルギーの本質的な部分に着目し、確かなデータを手がかりに学ぶことによって次の環境教育への下準備ができたにとらえられる。さらに、前節で述べたように、昨年注目されている核エネルギーについて、施設見学が準備段階として実施された。授業実践への足がかりとしてその手応えを得たと報告されている。

このように、部分的であってもいくつかの種類のエネルギーを取り上げ、エネルギーと環境教育のカリキュラム上のあり方が提言できるようにいくことが本研究の目的であった。研究プロジェクトの1年次研究としては、その目的が達成されたにとらえている。今後の課題としては、子どもにとってもとらえやすい電気エネルギー、熱エネルギーをていねいに取り上げ、カリキュラム化への要件抽出を行っていくことである。

註および参考・引用文献

1) 文部科学省(2006) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/06021401.htm

2) 最近のエネルギーに関する文献には、以下のものが見受けられる。

寺本潔・山田綾編著、エネルギーを軸にした総合学習、明治図書、2002。

佐島群巳・高山博之・山下宏文編、エネルギー環境教育の学習用教材 小学校編、国土社、2004。

佐島群巳・高山博之・山下宏文編、エネルギー環境教育の学習用教材 中学校編、国土社、2004。

電気新聞編、エネルギー・環境教育の時代、(社)日本電気教会新聞部、2004。

佐島群巳・高山博之・山下宏文編、エネルギー環境教育の理論と実践、国土社、2005。

エネルギー&環境学習フォーラム編、身近に引き寄せるエネルギーの授業、明治図書、2005。

エネルギー教育全国協議会

<http://www.eneducation.jp/index.html>

上記の他、関連した外国の取り組みとして、1990年代から STS 教育が紹介されている。例えば、

小川正賢監修、科学・技術・社会 (STS) を考える、東洋館出版社、1993。

小川正賢、序説 STS 教育 市民のための科学技術教育とは、東洋館出版社、1993。

野上智行・栗岡誠司編著、「STS 教育」理論と方法、明治図書、1997。

- 野上智行・稲垣成哲監訳, SATIS8-14 21世紀の授業, 大日本図書, 1999.
- 川村康文, STS 教育読本, かもがわ出版, 2003.
- 3) 循環型社会, 循環型社会形成推進基本法, 循環型社会形成推進基本計画については, 以下を参照している。
- 環境庁, 「循環型社会への挑戦 —循環型社会形成推進基本法が制定されました—」, 2000.
- 環境省編, 『循環型社会白書(平成16年版)』, ぎょうせい, 2002.
- <http://www.env.go.jp/recycle/circul/recycle.html>
<http://www.env.go.jp/recycle/circul/pamph/fig/guide.pdf>
<http://www.env.go.jp/recycle/circul/keikaku/>
<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=1239>
- 4) ライフサイクル・アセスメントの用語については, 以下に基づいた。
- フリー百科事典ウィキペディア
<http://ja.wikipedia.org/wiki/ライフサイクルアセスメント>
- 5) ロハスに関しては, 例えば, 以下を参考にしている。
- フリー百科事典ウィキペディア <http://ja.wikipedia.org/wiki/LOHAS>
- 木村麻紀, ロハス・ワールドリポート —人と環境を大切に生きる生き方—, ソトコト新書, 2006.
- NPO ローハスクラブ, 日本をロハスに変える30の方法 —BUSINESS LOHAS—, 講談社, 2006.
- 6) 持続可能な開発, 国連持続可能な開発のための教育のための10年については, 次の資料を参照している。
- [Http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/sogo/kaihatsu.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/sogo/kaihatsu.html)
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/edu_10/10years_gai.html
- 「国連持続可能な開発のための教育の10年」関係省庁連絡会議, わが国における「国連持続可能な開発のための教育の10年」実施計画, 2006
 パンフレット「はじまる×はじめる ESD」
http://www.env.go.jp/policy/edu/hajimaru_esd/index.html
- 7) 「国連持続可能な開発のための教育の10年」に関する第57回国連総会決議については, 以下を参照した。
- 持続可能な開発のための教育の10年推進会議 (ESD-J), 「国連持続可能な開発のための教育の10年」ガイドライン, 2006.
- http://www.env.go.jp/policy/edu/ketsugi_dec.pdf
<http://www.esd-j.org/>
- 8) 日本の取り組みについては, 以下のものが参考になる。
- 持続可能な開発のための教育の10年推進会議 (ESD-J) <http://www.esd-j.org/>
 文部科学省
http://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/jizoku/kankyoku.htm
- 9) エネルギーに関連して参照した文献は, 以下の通りである。
- 東洋・大橋秀雄・戸田盛和編, 理科教育事典 自然科学編, 大日本図書, 1991.
- 日本理科教育学会編, 理科の教育, 52 (12), pp. 4-35, 2006.
- 広瀬正美, エネルギー教育, 日本理科教育学会編, これからの理科教育, 東洋館出版社, pp. 120-125, 1998.
- エネルギー教育研究会編著, 現代エネルギー・環境論, エネルギーフォーラム, 2006.
- 新エネルギー財団, <http://www.nef.or.jp/>
 エネルギー講座,
<http://www.iae.or.jp/energyinfo/index.html>
- エネルギー白書については, 資源エネルギー庁の以下のものを参照した。
- <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2005/index.html>
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2004/index.html>
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2006EnergyHTML/html/i2000000.html>
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/energy-in-japan/energy2006html/index.html>
- 10) 広瀬正美, エネルギー教育とは, 日本理科教育学会編, 理科の教育, 44 (11), pp. 4-7, 1995.
- 11) 広瀬正美「エネルギー教育とは」『理科の教育』11月号, 1995, pp-4-7.