

科学技術館 学芸活動紀要

Bulletin of Science Museum

VOL.6 2014



公益財団法人 日本科学技術振興財団・科学技術館
Japan Science Foundation / Science Museum

目 次

- ・ 科学を伝える仕事における一考察
丸山 義巨・・・・・・・・・・1

- ・ WAVE 振り子の動作に関する探究
丸山 義巨、水落 浩一、八木 博之・・・・・・・・・・7

- ・ 博物館における幼児向け対応の研究 ー伊丹昆虫館での取り組みの紹介ー
福島 郁子・・・・・・・・・・15

- ・ 科学技術館における博物館実習生の意識と実習の効果に関する調査研究
中村 隆・・・・・・・・・・19

- ・ 地域連携活動「東京の自然から学ぼう！」の実施について
木村 かおる、石井 雅幸・・・・・・・・・・23

- ・ 連続講座「実験で学ぶ科学の 400 年」のための工作機器類、測定装置の整備と
「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～」
財団法人日本宝くじ協会平成 24 年度助成事業報告
棚橋 正臣・・・・・・・・・・27

- ・ 教員のための理科実験スキルアップ講座 ～ベテラン教師による実践的理科実験
極意の伝授～
東京応化科学技術振興財団「科学教育の普及・啓発助成事業」
桃井 直美、池田 泰江、棚橋 正臣・・・・・・・・・・33

- ・ デジタル教科書・教材を活用した学習環境に関する調査研究報告
高原 章仁・・・・・・・・・・41

- ・ 特別展「日本の航空技術 100 年展」開催とその成果について
近藤 亮・・・・・・・・・・53

科学を伝える仕事における一考察

丸山 義巨*

要旨

科学技術館の活動理念は明示的に継承されていない。開館後 50 年経過した今、改めて明確な目標を持つためには、理念の具体的内容について今一度再定義が必要となっている。これを機に科学館一般の理念まで広げて議論をする材料を提示したい。そこで本稿では、当館業務の根底にある「科学を伝える」という仕事をテーマとして、筆者による一考察を提示する。

キーワード：科学館、科学技術館、理念、科学を伝える

1. 背景

「科学技術館」は 1964 年 4 月の開館以来、関係省庁や協賛企業・団体、教育・学術関係者そして来館者の方々に支えられながら、これまで約 50 年の間活動してきた、科学館の一種である。

時代の流れの中で様々に内容を変えてきてはいるが、その設立目的「科学技術館は、現代から近未来の科学技術や産業技術に関する知識を広く国民に対して普及・啓発する」は現在でも変わらず、北の丸公園という都心一等地にて年間約 60 万人の方々にインパクトを及ぼし続けている。

この目的は一見わかりやすいが、いざ具体的に業務遂行となると暗中模索の感が否めないところがある。特に来館者に直接接して当館のコンテンツを供給する職員は、たとえば下記のような疑問に突き当たると、筆者は考えている。

- ①目的達成のために、科学技術館としてはどのような手段を用いるのが適切なのか。
- ②同じ科学教育分野で組織や企業が林立する中で、科学技術館はどのような立場であり続けて何を目指しているのか。

このような科学技術館の理念に関することについては、職員の中で明確な共通認識があるとは言いがたい。原因としては経営者・管理者と実務を行う末端のスタッフとの意思疎通不足ということも常々あるが、そもそもこれは自然な流れにも思える。経営者も現場スタッフも世代交代が繰り返される中で明示的に継承されていないので、最初は明文化されていたかもしれない理念も次第に空気のように存在感を失っている。

理念が不明確な組織は明確な目標を持たず、継続的な戦略を持たなくなり、存在感を失うのが道理である。これは種々の体制が非合理的な理由で断絶されたり、系統的で

なくリソースの競合を引き起こすプロジェクトが乱立・迷走したりするという形でも表れてくる。末端のスタッフからすればだいぶ無力感を感じる現象である。

しかし筆者を含む科学技術館職員は所属する館に存在意義があること自体は確信しているはずなので、今一度これを明文化したいと願うが、そもそも理念というものの範囲をどこまで広げるか、具体性をどこまで掘り下げるかといったことは重々慎重な分析を経て考えるべきである。当館を取り巻く様々な状況を考慮すると、科学技術館 OB の、ある大先輩の弁「『科学技術館はこのような館である』と決めないのが科学技術館のよいところである」という考え方はかなり正しいという実感もある。

そこで本稿では慎重を期して、一つ問題提起をしたい。科学館の業務の根底には「科学を伝える」という仕事が普遍的に存在し、それに対しては科学館としての一般的な視点からの考え方と、各館個別の立場からの考え方があると考えている。ここに科学技術館の理念を定めるべき最小の範囲があるというのが筆者の考えである。これは筆者が一般公開の講習会や学芸員実習において扱っているテーマであり、その内容は実務者レベルでは概ね受け入れられていると考えている。まずそれを一部ご紹介し、その後様々に議論を進める材料としたい。これはあくまで一職員が個別の業務上到達している見方に過ぎないと捉えることもできるが、論じないことには始まらない。その上で、科学技術館の現状についての考察を最後に述べる。当然ながらそれに対して緻密で論理的な反論があることも重々承知である。各論のバランスをとることで、近い将来に合理的な論ができあがってくることを期待したい。

ともかくも、この試みによって科学技術館の理念の一面を照らし出すことができれば幸いである。

(これ以降、科学技術館のことを「当館」と呼ぶ。)

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 科学技術館運営部
〒102 - 0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1

2. 「科学を伝える」とは

2-1 重要な心がけ

(1) 一般的な視点から

メインターゲットは小学生だが、中学生も高校生も大学生も大人も多数来館するという科学館は少なくない。そもそも科学や科学技術（科学を応用した技術）は子供のものではないので、小学生向きではない科学館もある。その中で学校のように勉強したいと思って来館する人はごく一部で、大抵は何らかの楽しい体験を求めている。

そのような科学館では、まずは楽しんでもらうということが大事である。そこから何かしら自然な「もっと知りたい」とか「自分もやってみたい」といった意欲の喚起、あるいは関係するキーワードを記憶していただくことがあれば、それは一つの成果といえる。

当然来館者に対して主体的に働きかける視点は不可欠である。わかりやすくいうと、館のスタッフは科学という商品を守る店の販売員のようなもので、科学の目的や効用・楽しみ方をお客様よりはよく知っていて、積極的に売り込む意思を持っている必要がある、ということである。もちろん楽しいかどうかは主観的な問題であるからその点の評価は来館者に委ねることになるが、少なくともスタッフが楽しめないものは商品にはなり得ない。

そのようなわけで、まず次の二つの心がけが重要であると考える。

- ①「科学って何？」という疑問に答えられるようにしておく。(少なくとも化学と混同しない)
- ②「科学の何が楽しいの？」という疑問にも答えられるようにしておく。(自分が楽しめないは無理)

(2) 当館の立場から

ところで当館は「業界出展方式」を採用している民間の科学館である。したがって各業務に個別のスポンサーがあり、教育的活動とはいえ学校教育の枠外であることが多い。博物館なので社会教育の枠には入るが、特定のスポンサーからの要請や合意に基づいて実行することになる。

したがって、当館に期待される目的も業務のスタイルもスポンサーにより様々ということになるが、それらを来館者から見て自然な形になるよう、他の業務とともに当館の一部として統合する必要がある。その理由は、業務の中に共通要素が多ければ経済的であるということもあるが、あまり千差万別のスタイルがあると、一般の人々からすれば当館がどのような場所なのかよくわからなくなるからである。そのようにして来館者の目的意識が薄れてしまうと、各スポンサーから期待していただいたほどの成果は得られないかもしれない。ここはスポンサーと来館者の間を取り持つスタッフの匙加減である。つまりもう一つ重要な心がけとして次のことを挙げておきたい。

- ③科学を伝える目的やスタイルについて、様々な考え方を受け入れつつ、芯になる考え方をもち実践する。

2-2 科学とは何か

(1) 一般的な視点から

科学に携わる者にとって、用語を正しい定義で使うことは大切である。

「科学」という単語はその一例である。「科学」を「化学」のことだと思っている人や、「技術」のことだと思っている人は意外と多い。大学で科学・技術分野の学位を取得したはずの科学者や技術者の中にさえもいる。辞書以外にネットで調べるとたくさんの答えが得られるが、間違いが含まれているものも少なくない。

しかし、ある辞書には「科学」の意味が下記のように簡潔に書かれている。

①世界と現象の一部を対象領域とする、
経験的に論証できる系統的な合理的認識。

(中略)

②狭義では自然科学と同義。

(広辞苑第四版より)

(我が国の科学者はよく「科学」の代わりに「サイエンス」という言葉を使うが、それは格好がよいからというより「化学」と区別するためである。)

「科」の字は、「科目」とか「科挙」の科と同じで、物事を分類することを表す。これは現在の科学の状況によく合っているが、科学の源流が最初からそのようなものであったわけではないことにも注意が必要である。「サイエンス」の語源をたどるとラテン語の「scientia」に行き当たるが、これは単に「知識」という意味でしかない。西洋の学問を大規模に導入した明治初期、当時の啓蒙思想家であった西周が「科学」という訳語を当てたといわれている。西洋では18世紀の時点で産業革命と呼び出した science の分化・深化が進んでおり、明治初期には「science = 科学」といえる状況であったことが想像できる。

学問の分化のことを置いておけば、「経験的に論証できる系統的な合理的認識」が、科学的な認識のスタイルの肝であり、科学館の活動の根底に据えるべきことであろうと考えられる。ここを捉えれば、「科学技術」は「科学」ではないということがわかりやすい。

(2) 当館の立場から

ここまで考えると当館の英語名称「Science Museum」には不備があるのではないかと疑問が湧いてくる。当館の日本語名称と内容からして英語名称は「Science and Technology(あるいは Engineering) Museum」ではないか。とはいえ、この名称が決められた経緯は今となっては知る術もない。いつかは改善が必要であろうと思われるが現時

点においては、当館の活動が科学技術の表面の広報宣伝だけではないことを物語っていると考えれば、大して具合が悪いものでもないという考え方もできる。

ここで「科学」と「技術」の関係をもう少しわかりやすく述べておく。「科学」は物事を「知る」こと、「技術」は物事を「する」ことである。これらは日本語ではまとめて「ノウ・ハウ」と呼ぶことができるが、互いに他方がなくては存在しえない。つまり科学技術の内実を語るときには、関連する科学を無視できないのである。

ところでもう一つ忘れてはいけないのが、「自然科学」の意味である。「自然」には山・川・草・木など人の手が加わっていない環境というイメージがあるが、光も電気も重力も自然のものであることを忘れてはならない。自然科学はこれらすべてを対象として、天文学・物理学・化学・地学・生物学等に分類される。科学的方法の対象となりうるのは自然だけではないことに注目するとわかりやすい（社会科学、人文科学など）。その上で、「科学技術館」の「科学」は「自然科学」に限定されていると考えてよいであろう（ただしそれも現時点の話であるが）。

そのようなわけで、本稿においてこれ以降は「科学」を「自然科学」の意味で用いることにする。

2.3 理科とは何か

(1) 一般的な視点から

理科教育が科学を題材としていることには疑問の余地がない。しかしその教育の目指す目的は、単に科学的な知識を教えることとは次元が異なる。それは、文部科学省学習指導要領で定められている理科の目標⁽¹⁾⁽²⁾から読み取ることができる。

＜文部科学省学習指導要領における理科の目標＞

小学校：

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を持った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

中学校：

自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

現代の文明的な生活のかなりの部分が、高度な科学技術の恩恵によって支えられているのは事実である。その基礎を担っている科学者・技術者や、それを信奉する教育者からすると、「この科学技術が重要な時代においては、将来科学者や技術者になるために基礎となる能力の習得が重要」

という文脈で理科教育を理解することもありうる。しかしそれは理科の目標からは少し飛躍しているし、この考え方の問題点は、興味深いことに戦前から指摘されている。⁽³⁾

すぐに思い当たる問題点として、理科教育がそういう目的のものとしたら、世の中の科学者・技術者が少なすぎるといふ事実がある。（少し古い）平成7年度の国勢調査によると「科学研究者」は約18万人、「技術者」は約237万人であり、合計して総人口の約2%である。⁽⁴⁾

逆に言えば理科教育は、主に98%の科学者・技術者でない人々にとって意味のあるものでなくてはならない。それを念頭に置くと、学習指導要領における理科の目標は、かなり慎重に綿密に考えられていることがわかる。子供たちはいずれ生活や仕事の中で何らかの問題解決をするために頭をひねることになるが、そのとき「科学的な見方や考え方」は、科学・科学技術の分野でなくとも、ものを考える際の作法として重要になると考えられるからである。

また「科学的な見方や考え方」は、他の教科の学習効果を高める働きもあるであろう。たとえば体育で跳び箱やバスケットのシュートなど特定の動作を練習によって実現したいとき、踏切位置や角度といった動作条件を細かく変えながら実験を繰り返し、結果をフィードバックして目標にたどり着くのは、ごく自然な流れである。

(2) 当館の立場から

筆者は、理科が好きだという中学生から「僕たちにもわかる科学の原理はありますか」という不思議な質問を受けたことがある。アルキメデスの原理など、小学生でも知っているような科学の原理がいくつもあはずだが、もしやと思って理科の学習指導要領を見てみると、科学そのものの定義に関する事項がないことに気づき少々衝撃を受けた。当館のスタッフでも「科学って何ですか」と問われて窮することが多いのも、一般に「科学」と「化学」が混同されるのも、ここに原因の一端があるのではないだろうか。

しかし、この状況は理科教育の欠陥とはいえない。科学分野に題材を求めつつ、科学に限らず一般的に役立つ素養・思考技術の習得をすることは、科学の定義をしなくても可能ではある。（ただし最近の教科書を見ると、科学をきちんと定義しているものも出てきているようである。）

これに対して当館の目的「現代から近未来の科学技術や産業技術に関する知識を広く国民に対して普及・啓発する」には、ある程度専門的な方向に国民をリードしようとする考え方（例えば「科学リテラシー」など）が含まれている。その立場に立つと、ある程度科学の定義に関することを来館者に理解してもらうことも必要であると考えられる。それもまた「科学を伝える」という活動に含んでよいだろう。ここが、小中学校等の理科学習支援施設とされる地域密着型の科学館と、当館のような施設の違いでもある。

2・4 科学の何が楽しいのか

(1) 一般的な視点から

科学館は学校のように義務に基づいて通う場所ではないので、「見学したら楽しいだろう」と思えない限り入館料を支払って入る人はいないということを基本としなければならない。したがって、主要なコンテンツである科学がどのように楽しいのか、という問いに対しては、日ごろから回答を用意できていることが望ましい。それが各館の科学を伝えるスタイルを形作ることになる。

(2) 当館の立場から

楽しいという感情は大分主観的なものだが、あえてためらわずに筆者の感覚を紹介すると、「日常的な現象の中にひそむ規則性を見つけたり、すでに知られている規則性を利用して思い通りの現象を起こしたりすることが楽しい」などと言うことができる。

科学館のスタッフや科学者・技術者の方々の中には、これを読んで「自分の感覚とは違う」と思われる方もおられると思うが、それがむしろ重要である。科学の楽しみ方が多様である方が館のターゲット層を広げやすい。当館では、ワークショップコーナーが多いため個性的なスタッフが比較的豊富であり、これは当館の重要な財産といえる。

ところで、以上のように言葉に表しただけでは、科学者・技術者にはピンとくるところがあっても、一般の来館者に対しては通用しない。この楽しさを具体的な体験をもって味わってもらうことで伝えるのが、当館の「実験」の重要な目的である。

2・5 科学館の「実験」は experiment ではない

(1) 一般的な視点から

昨今の科学館には「実験」が見られるコーナーがよく設けられているが、この「実験」の意味が一般の方にはよく理解されていないことがある。

たとえば筆者は、夏休みに中学生から「学校の課題で風力発電をやりたいのですが、何かいい実験はありませんか？」という質問を受けたことがある。(課題の内容は様々だが、毎年夏休みになると当館にはこの類の質問が必ず数件寄せられる。電話の主が保護者であることも多い。)

そもそもテーマがあるなら実験の内容は自ずと決まってくるはずだが、話をしていると「まずよい実験を教えてください」という考えを聞くことになった。

この質問に対しては、宿題を代行することにならないように、「風力発電の羽は何枚が良いか」といった具体的な研究課題を提案するに止めた。ここで、単純に科学館で行っている「実験ショー」的なものを提案すると、宿題をこなしたという既成事実ではできそうだが、研究にはならない。

「実験」を見せる科学館は、同種のケースに対する回答として、「実験」について疑問の余地がない定義を知っておく必要があるだろう。そこである辞書で「実験」を引くと

下記のように書かれている。

- ①実際の経験。
②理論や仮説が正しいかどうかを人為的に一定の条件を設定してためし、確かめてみること。

(広辞苑第四版)

科学者・技術者から見れば②はまったく違和感のない定義である。それはつまり「experiment」であって、要は誰にも質問のしようがないことについて情報を得るために、何らかの結果がわからない現象を引き起こす作業である。そうなると、科学館の「実験」はスタッフが結果を知っているからできるのだから、本来の実験ではないということになる。(結果を知らないような実験をお客様の前で行うのは、色々な意味で危険！)

この種の本来的でない実験は科学館でなくても学校で教師などが行うものであって、昔から「デモンストレーション(demonstration)」と呼ばれている。知識を演出し面白く見せることがデモンストレーションの有効性を高めるので、科学館で実験に関わるスタッフの多くはデモンストレーションの改良に熱心に取り組む。その過程は正に研究・開発であり、数えきれないくらい多くの実験(experiment)が行われているはずだが、それらが来館者に披露されることはない。

ここで、この対立概念についてまとめておく。

- ・科学館スタッフは来館者に対して、「実験」という体裁でデモンストレーションをする。
- ・このとき、それに関連する理論や仮説を来館者に投げかけたり引き出したりして、来館者が実験(experiment)を体験できるように努めている。

(2) 当館の立場から

当館の業務の一環で、子供たちに実験ショーを披露してからアンケートで感想を書いてもらう機会がたまにある。その回答の中には「見た実験を自分でもやってみたい」というものが少なからずある。このように科学に関わる意欲を持ってもらえることは、科学館の仕事として一応の成功であるといえる。デモンストレーションは見るだけで楽しいように作られるのであるから、同じことをやるだけで楽しいのも当然である。そして、それだけでは科学的な思考の要素は少ない。科学の普及とはそのようなことから始まるという認識は大切だが、当のデモンストレーションを行う実験演習スタッフやその監督者がそのレベルに止まっていはいけないと考える。

当館にはプロの科学者(科学自体を発展させるために国や企業などの資金を得て有償の研究活動を行う科学研究者)はいないが、それはこの際関係ない。実験演習に関係

するスタッフが毎日自然現象を科学的に研究し、その方法論を体得していなかったら、来館者に実験(experiment)を提供できるのだろうか？ おそらく、できないだろう。

いかに表面上スマートな作りでも、科学者の魂がないようでは科学館の名に値しない「ハコモノ」である。そのようなわけで、当館のような科学館の活動と科学的な研究は不可分であると筆者は考えている。

なおプロとしてアカデミックな立場にいらなくても、科学の愛好家として研究をする人については「アマチュア科学者」という呼び名がある。当館で業務上の研究をしているスタッフは「プロのアマチュア科学者」と呼ぶこともできるだろう。

3. 考察

3.1 専門スタッフのジレンマ

専門的な作業というものは、それを毎日していたり関わっていたりすることが重要で、少しでも怠ると作業の質が急速に落ちていく。何らか一定のスポーツや仕事を長期間継続した経験をお持ちの方は特に実感されると想像する。

このことは、ダンス・ピアノといった芸事については殊にわかりやすいが、実際にはすべての仕事についていえることである。総務・経理・広報といったどの企業にもある業務にも専門性はあるが、本稿で特に注目したいのは、科学館を科学館として成り立たせている業務—科学・技術の展示の開発・制作・運用や実験演示—である。これらを特に科学館の「専門」と考えてみる。

では、その科学館の専門的業務に関わるスタッフの勤務時間の中で、純粋に専門的な作業の濃さや比率はどうかというと、専門性を維持したり高めたりできるほどではないのが一般的ではないだろうか。

例として当館の実験演示スタッフについて具体的に考えてみたい。1日当たり開館時間は7時間20分だが、実験演示はそのうちの約1時間~2時間半程度と意外と少ない。そのほかの時間は、演示の準備と後片付け、日報の記入、展示物の体験補助や一般的な来館者案内等といった専門外の作業に充てられる。新しい演示プログラムの開発や習得には専門的な労力がかかるが、一度自分のものとして消化してしまえば、あとは運用と細かい改良作業だけになりがちである。

演示つまりデモンストレーションは専門的な作業ではあるが、習熟するに従いルーチンワークになっていく。そうなると手先は衰えないとしても、専門的な観察力や洞察力は次第に低下し、演示の範囲外にまで視野が広がらなくなってくる。その結果、下記のような弊害が出てくる。

- ・見学者は見ている現象について自由な質問・意見をするが、広い視野から答えることが難しくなる。
- ・見学者の年齢層の変動や実験器具の不具合に即応したプログラム組み換えが難しくなる。(演示者としての

「引き出し」が少なくなる、というわかりやすいかもしれない。)

- ・演示プログラムの根本的な改良や新規開発が困難になったり、品質が低下したりする。

以上のことは一言でいうと「マンネリ化」で、この状況が組織全体で進行すると、その組織の価値は下がっていく。しかし不幸中の幸いであることに、それは実験演示スタッフ個人を崖っぷちに立たせることになる。実験演示スタッフにとっては、目の前のお客様に満足してもらえなければ困るし、組織の価値が下がれば困るし、さらにはキャリア形成の観点から将来が不安になるのである。

このような理由から、実験演示スタッフの中には、日々何らかの自主的な研究をする人も少なくない。キャリア形成などは個人的な事情であるだけに、勤務時間外も含み人知れず粛々に行われていることも多いと想像される。そのようなスタッフが豊富であることは、組織としての事情に関わらず自律的に館の品質を保つ方向に作用すると考えられる。このことは、管理部門からは非常に見えづらい事情であろうと想像する。

まとめると、下記ようになる。

- ・実験演示の業務は、それをを行うスタッフ個人に対して専門性を要求する。
- ・実験演示スタッフにとって、自身の専門性の維持は死活問題である。
- ・科学館の品質は、実験演示スタッフによって自律的に保たれている部分がある。(管理業務の品質によらない部分ということでもある。)

このことはもちろん、実験演示スタッフ以外(受付・案内、展示保守、設備、研究・開発等)にも当てはまる部分があると想像する。

3.2 科学を伝える仕事の不要性

科学館を取り巻く経済状況は決して余裕のあるものではなく、近年ますます厳しくなっている。一般的な来館者サービスについてはより高い品質が求められ、科学館としての内容についてはより具体的に問われてきている。極論すれば「科学館がない時代でも偉大な科学者は生まれていたのだから、本来、科学館は不要である」という考え方もあるだろう。

この厳しい状況において「科学館を継続して発展させていくにはどうしたらよいか」としか考えられないのなら、それは公益施設が自己目的化していることを意味しているのであって、やはり科学館は不要である。しかし筆者はそうは考えない。科学館には積極的な存在意義があることを信じている。

3・3 科学館は何を創造するべきか

社会が科学館を発展させていくことの意義は何か。理科教育の支援として重要ということなら、それは本来学校教育の整備の範疇であって、実際その方向で学校の設備や制度が改良されている例は多い。もう少し違う要素もあるはずである。

たとえばその一つは逆説的だが、科学・技術の研究に経済的価値が求められる時代になっているからこそ見落とされがちな、経済とは関係ない部分をしっかり扱うということである（ただしあえて言うなら、どんなに純粋な科学もいつかは経済的な成功の種になる可能性がある）。科学館は純粋に科学することの楽しさ・素晴らしさや、その具体的な方法を来館者に提示し「自分にもできる」と希望を持ってもらえる場である。これこそが、一般の大学・企業や研究機関にはなく中等教育でも踏み込めない、科学館が最もポテンシャルを秘めている領域である。そのような「学校ではできないこと」は、当館が対象とする子供たちの保護者に強く求められている。そのような理念を今一度明確に認識し、領域の未踏部分を追求していくことが大事ではないだろうか。筆者は大学・研究所で有償の科学研究を通算約3年、科学館での研究・開発の実務を10年ほど経験した中で、それが可能で創造的な意味のあることであろうという手応えも感じてきた。

3・4 科学技術館の魂

最後に、当館固有の事情について少し考察したい。

お客様に「科学技術館は休憩所として便利」「時々面白いこともやっている」と言っていた程度では、他の施設に比べてアドバンテージはないといってよい。入館者数や会場使用料等は大事だが、それらを第一として物事を考えても、公益施設としての価値は高まらない。

核心的に大事なのは、科学・技術に対する深い理解とリスペクトを持つスタッフが館の内容をしっかり監督していくこと、設立・維持に協力していただいた官公庁・企業・団体・来館者の皆様に対する仁義を果たし信頼していただくこと。その上で、科学館として独自の価値を創造し社会に提供し続けること。これらが強い意志で実行される必要がある。「さすが科学技術館」「我が国の社会にとって必要不可欠」と信奉していただくくらいでなくては、未来はないと考えるべきではないだろうか。真に当然のことだが、入館者数などの経済的な成績は、あくまでこうした中身の充実に伴って生まれてくるものだと思いたい。

ここでお断りしておきたいのは、組織の価値はその構成員が実務的に何をできるのかを基本として決まるということである。持っている学位や連携・協力など人脈の活用が重要な局面はあるが、そうして得られた結果は組織独自の価値とはならない。

専門的なスタッフには、かつて科学・技術に関わる進路を選んだとき、なぜ「自分にもできる」と思えたのかを振り返っていただきたい。（さらにいえば、科学・技術に関わ

る進路を避けたスタッフには、何が自分を遠ざけたのかを、専門スタッフに教えていただきたい。）その経験を活かすことが来館者にどのようなインパクトを及ぼすかについて、担当業務にかかわらず当館スタッフの皆様にはぜひご一考をお願いしたい。この点、本稿をご覧いただいている他の科学館の皆様にも響くところがあれば幸いである。

また本稿そのものに対しては、色々な角度から異なるご意見もあることと考える。それ自体が本稿の目的とするところであり、次号の紀要への投稿はもちろん様々な手段で議論を盛り立てていただけることがあれば幸いである。

(2013年12月23日受付)

文 献

- (1) 文部科学省：「小学校学習指導要領」,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/ri.htm
- (2) 文部科学省：「中学校学習指導要領」,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/ri.htm
- (3) 戸坂潤：「現代科学教育論」,
http://www.aozora.gr.jp/cards/000281/files/42188_12271.html
- (4) 文部科学省：「我が国の技術者数」,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_gijyutu/gijyutushi_index/toushin/attach/1313798.htm

WAVE 振り子の動作に関する探究

丸山 義巨* 水落 浩一* 八木 博之*

要旨

科学技術館 5階「フォレスト」内の「メカ」に設置された展示物「WAVE 振り子」は、科学技術館展示物メンテナンスグループが試作した。数学的な解析の結果、この展示物の特性と主要な見所が明らかになった。

キーワード：科学技術館、フォレスト、メカ、振り子、展示物メンテナンスグループ

1. 背景

科学技術館 5階は、全体が「フォレスト」と称する体験展示物を主としたフロアになっている。その一角にある展示室「メカ」は、巨大な歯車・滑車・てこ・ベルトコンベアーといった機械要素の組み合わせからなる多数の展示物を、手で動かして体験できる場所である。その中心部に、2013年11月から新規の展示物「WAVE 振り子」が設置された。これは科学技術館の展示物メンテナンスグループが「フォレスト」内にある展示室「ワークス」の試作スペース等を利用して研究・開発した展示物であり、その芸術的な挙動から来館者の注目を集めている。

この展示物の主要な要素は、隣り合った15個の振り子と、それらの振動を一斉に開始させるスターターである。振り子1個ずつの挙動は力学的によく知られた単振り子の原理にしたがっており説明は難しくない。そして、これらを一斉に振動させた場合に美しい挙動が現れることをもって展示物としているが、この挙動について意味のある科学的な説明をするには少々研究が必要であった。その主な課題は、理論的にどのような観点から美しいといえるのかという点にあった。

本稿では、まず来館者の視点を想定してWAVE 振り子の主要な部分を説明する。その次に、理論的な解析と、そこから導かれる数論的な見所について解説する。

2. 展示物概要

2.1 構造

(1) 振り子

WAVE 振り子内部には15個の振り子が直線状に並べて吊り下げられている。それぞれの振り子は直径1"1/2 (38.1mm)、質量228.7gのステンレス球を錘（おもり）として、ステンレス製の全ねじで吊り下げ、ベアリングで軸を保持したものである。ベアリング中心から錘の頂点までの長さは

0.393m から 0.556m まであり、15個の振り子が少しずつ異なる。錘がなるべく水平に並ぶように、傾斜したレールに長さ順に並べて吊り下げられている。

振り子は透明アクリル板の窓を取り付けたケージ内にあり直接触れないようになっている。(写真1)



写真1 WAVE 振り子外観

手前にスターターを動かすためのハンドルがある

(2)スターター

ケージの側面にあるハンドルを回すと内部のリンク機構が動き、ストッパーがすべての錘を同時に押さえるようになっている。ハンドルを回し続けてストッパーがスタート位置に達するとリンク機構から脱落し、その瞬間錘を押さえていた力がなくなる。その結果、すべての振子が一斉に振動を始める仕掛けである。(写真 2)



写真 2 スタート直前のスターターのリンク機構

2・2 動作

ここでは、スタート後の動作について述べる。

(1)すべての振子が一斉に振動を始めるので、最初は 15 個の振子の錘が一直線に並んで動く。(写真 3)



写真 3 スタートから約 0.5 秒後

(2)その後この直線は徐々にカーブを描くようになり、次第に振子の列が波を打つように変化する。(写真 4)(写真 5)



写真 4 スタートから約 5 秒後



写真 5 スタートから約 10 秒後

(3)波は次第に複雑になっていくが、ときおり振子が 3 グループ、2 グループ、3 グループというように分かれて動いているように見える。(写真 6)



写真 6 スタートから約 20 秒後

(4)約 2 分後、すべての振子の運動が揃い一直線になる。その後(2)から(4)までを繰り返しながら、次第に振れ幅が小さくなり、やがて停止する。(写真 7)



写真 7 スタートから約 120 秒後

2-3 来館者の反応

ハンドルを見つけた来館者の多くは、スターターで振子を一齐に振動させるところまでは理解する。その後の楽しみ方は下記を例として様々なパターンに分かれる。

- ①さらにハンドルを回し続け、振子の振動をリセットさせることを繰り返す。(振子よりスターターに注目)
- ②ハンドルから手を離して、振子が波を打ち乱雑な動きになってきたところまで去る。
- ③しばらく振子の観察を続け、ときおりグループになることを見届けて去る。
- ④振子が再び一直線に並ぶまで待つ。

振動開始から 2 分後の④まで見続ける来館者はかなり少数派である。力学の心得がある来館者から見れば振子が再び一直線になることは予想がつくと思われ、④を待ち受けているような来館者も見受けられる。

3. 解析と考察

3-1 力学的基礎 —単振子の運動—

振子が xy 平面内を振動すると考える。振子の腕の長さを l 、支点の位置は $(0, l)$ とする。重力(加速度 g)は y 軸の負の方向にはたらき、振子が振動しないとき錘(質量 m)は原点にある。(図 1)

ここで、時刻 t における腕の角度 θ を $\theta(t)$ と表す。空気抵抗や摩擦は無視する。錘に働く重力は、腕の張力とそれに垂直な方向の力に分解できるが、振子の長さが変わらなければ後者についてのみ考えれば運動を記述できることになる。

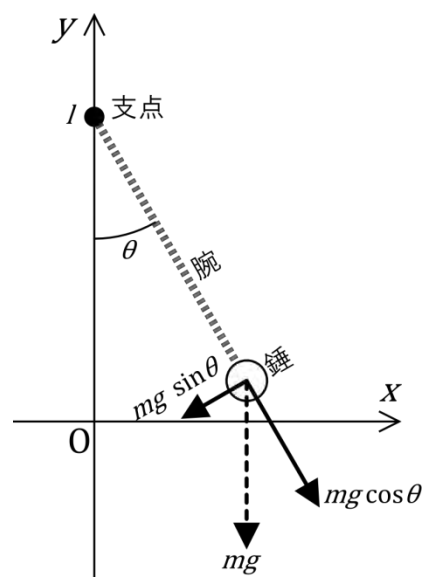


図 1 振子にかかる重力の分解

錘は支点を中心に半径 l の円周上を運動するので、錘の円周上の変位は腕の角度を使って $l\theta$ と表すことができる。すると、運動方程式は下記のように書ける。

$$m \frac{d^2}{dt^2}(l\theta) = -mg \sin \theta \quad (\text{式 1})$$

これは少々難解な微分方程式だが、振れ幅が十分小さいと考えて下記の近似を用いる。

$$\sin \theta = \theta \quad (\theta \cong 0) \quad (\text{式 2})$$

すると(式 1)は

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta \quad (\text{式 3})$$

となる。この式はよく知られた形である。 $\theta(t)$ は実数なので、(式 3)の解は

$$\theta(t) = A \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t + B\right) \quad (\text{式 4})$$

となる。

ここで、ストッパーが脱落する時刻を $t = 0$ として、このときの腕の角度(初期角度)を $\theta(0) = \theta_0$ とする。その瞬間は速度が 0 であることから、 $A = \theta_0$ 、 $B = \frac{\pi}{2}$ となる。

これらを(式 4)に代入すると

$$\theta(t) = \theta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t\right) \quad (\text{式 5})$$

となる。

現実にはベアリングの摩擦や空気抵抗など種々の要因で振幅が小さくなっていくが、簡単のため振幅は θ_0 で一定であると考ええる。

3・2 振り振動のパラメータ

前項の結論(式 5)から、下記のことが裏付けられる。

- ・ 錘は一定の周期で振動する。
- ・ 周期は、錘の質量の影響を受けない。
- ・ 振子が長いと周期も長くなる。

振動の位相(三角関数に与える引数)は $\sqrt{\frac{g}{l}}t$ であり時間によって変化するが、これが 2π の整数倍になるごとに $\cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t\right)$ は 1 に戻る。つまり $\sqrt{\frac{g}{l}}t = 2\pi$ となるような t を単振動の周期 T と定めると、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (\text{式 6})$$

と表すことができる。これは、周期が振子の長さの平方根に比例することを意味する。例えば 2 倍の周期にしたい場合は長さを 4 倍にする必要があるということである。WAVE 振り子の振動周期調整はこの式に基づいて行われた。

3・3 数論的基礎 —振り子同士の関係—

振子が複数ある場合に振り子同士の振動にはどのような関係が見出されるのか。もっとも簡単な場合として単振子が 2 種類あると何が起きるのか考える。

振り子 P_0 、 P_1 があり、それぞれの周期を T_0 、 T_1 とする。 P_1 は P_0 より遅く振動するとする(つまり $T_0 < T_1$)。

同じ初期位置(初期位相)から振動を始めた場合、しばらくはバラバラに振動するが、 P_1 の振動が P_0 より丸 1 回分遅れて(これ以降、位相差 2π を「振動 1 回分」と考える)、変位および運動方向が同じになる(つまり同期する)瞬間が、いつか訪れることになる。しかも振動がずっと続けばこの瞬間は一定の周期でやってくることになる。その周期を T_s とする。

上記のことをまとめると、 $t = 0$ から $t = T_s$ の間に、 P_0 は丁度 f_0 回振動し、 P_1 は丁度 f_1 回振動し、 $f_0 > f_1$ であるということができる。

すると、 P_0 、 P_1 の周期はそれぞれ $T_0 = \frac{T_s}{f_0}$ 、 $T_1 = \frac{T_s}{f_1}$ と表せる。

ところで、 f_0 と f_1 は整数でないこともありうる。しかし、議論をわかりやすくするため、これ以降は f_0 と f_1 が整数になる場合のみ考える。その仮定に基づくと、自然数 α と、互いに素である自然数の組 (a_0, b_0) 、 (a_1, b_1) を用いて

$$f_0 = \alpha a_0 + b_0, \quad f_1 = \alpha a_1 + b_1 \quad (\text{式 7})$$

と表すことができる。

さてここで、 T_s の $\frac{1}{\alpha}$ ごとの時間すなわち

$$t = \frac{n}{\alpha}T_s \quad (n = 0, 1, 2, \dots, \alpha - 1) \quad (\text{式 8})$$

において何が起きるか考えてみたい。このとき、 P_0 の振動回数は、

$$\frac{t}{T_0} = \frac{nT_s}{\alpha T_0} = \frac{nf_0}{\alpha} = na_0 + \frac{nb_0}{\alpha} \quad (\text{式 9})$$

となる。同様に P_1 の振動回数は、

$$\frac{t}{T_1} = \frac{nT_s}{\alpha T_1} = \frac{nf_1}{\alpha} = na_1 + \frac{nb_1}{\alpha} \quad (\text{式 10})$$

となる。

na_0 、 na_1 が整数であることは自明であるから、それらを除いた残りの部分が振子の振動の位相差を表している。つまり P_0 、 P_1 の整数回の振動に対する位相差はそれぞれ $\frac{2\pi nb_0}{\alpha}$ 、 $\frac{2\pi nb_1}{\alpha}$ である。

このことはモジュラー演算(剰余計算)の記法を用いると、下記のように一般化して表現できる。

$t = T_s$ までに f 回振動する振子は、
時刻 $t = \frac{n}{\alpha} T_s$ において、整数回の振動に対して

振動 $\frac{n(f \bmod \alpha)}{\alpha}$ 回分の位相差にある。

もし、 $b_0 = b_1$ であれば、

$$f_0 \equiv f_1 \pmod{\alpha} \quad (\text{式 11})$$

であり、振子の位相差は整数回の振動 (2π の倍数) になることがわかる。

3.3 数論的見所 —いつ何が起きるのか—

WAVE 振子を構成する 15 個の振子 ($P_0 \sim P_{14}$ とする) の動きは、それぞれの腕の長さを変化させることで調整できる。全体の動きが美しくなることを目標として、下記の手順で調整されている。

- ① 振子の製作が終了した時点で、最も速い振子 (P_0) と最も遅い振子 (P_{14}) の周期を測定した。
- ② それらの周期の微調整を行い、 P_0 と P_{14} を同期させた。このとき同期時刻 T_s は約 120 秒になった。
- ③ $P_1 \sim P_{13}$ が順番に遅くなるよう粗く調整してから、時刻 $t = T_s$ にすべてが同期するように微調整した。

①の調整の結果、 $t = T_s$ までの P_0 の振動回数は 93 回、 P_{14} は 79 回となった。つまり $f_0 = 93$ 、 $f_{14} = 79$ である。

ここで、 $f_{14} - f_0 = 14$ となったのはまったく偶然であるが、大変運の良いことであった。というのも、 $f_1 \sim f_{13}$ をすべて均等にずらしたとき、整数になるからである。そのため、 $t = T_s$ における n 番目の振子の振動回数は、

$$f_n = 93 - n \quad (n = 0, 1, 2, \dots, 14) \quad (\text{式 12})$$

と書ける。つまり②の調整の結果 $f_1 \sim f_{13}$ はそれぞれ 1

回違いで 92~80 となった。

ここで前項の議論を振子 15 本の場合に拡張したい。例として、すべての振子が同期する周期 T_s の 2 分の 1、つまり $t = \frac{1}{2} T_s$ のときに何が起きるかを考える。これは $\alpha = 2$ の場合にあたり、各振子の振動回数は、

$$P_0 \text{ の振動回数} = (93 - 0) \times \frac{1}{2} = 46 + \frac{1}{2} \text{ 回}$$

$$P_1 \text{ の振動回数} = (93 - 1) \times \frac{1}{2} = 46 \text{ 回}$$

$$P_2 \text{ の振動回数} = (93 - 2) \times \frac{1}{2} = 45 + \frac{1}{2} \text{ 回}$$

$$P_3 \text{ の振動回数} = (93 - 3) \times \frac{1}{2} = 45 \text{ 回}$$

⋮

というように計算できる。すると、整数回と整数 + $\frac{1}{2}$ 回の 2 グループに分かれていることが明らかである。

そもそも、前項で述べたように振子の運動がモジュラー演算を表すことから考えると、 α が 15 以下の整数の場合には時刻 $t = \frac{1}{\alpha} T_s$ において全体が α 個のグループに分かれることは明らかである。このグルーピングの瞬間を数論的な見所と考えることができる。

その後も時刻 $t = \frac{n}{\alpha} T_s$ において同様のことが起きそう

であるが、 $\frac{n(f \bmod \alpha)}{\alpha}$ という式の形から考えると α 個のグループに分かれるのは n と α が互いに素である場合に限られることがわかる。素でない場合は $\frac{n}{\alpha}$ が約分できることを意味する。そのときは

$$n = uk, \alpha = vk \quad (u, v, k \text{ は } 2 \text{ 以上の互いに素な自然数}) \quad (\text{式 13})$$

と書くことができ、

$$t = \frac{n}{\alpha} T_s = \frac{uk}{vk} T_s = \frac{u}{v} T_s \quad (\text{式 14})$$

となるので、グループの個数が α 個ではなく v 個になる。これは例えば $t = \frac{1}{4} T_s$ のときは 4 グループに分かれるが、その後さらに $\frac{1}{4} T_s$ が経過すると $t = \frac{2}{4} T_s = \frac{1}{2} T_s$ であるから 2 グループになる、ということである。

3・4 実際の観察ポイント

ここまで、数論的に振子の運動の見所について論じたが、見所というからには人間の認知能力の限界も考慮されねばならない。周期 2 秒に満たない振子が一見乱雑に振動する中で、15 個の振子全体がときおり瞬間的に見せるだけの秩序を把握し続けるのは難しい。例えば $t = \frac{1}{7}T_s$ においては 7 グループに分かれることが予想され、実際にそうなる(写真 8) が、実際にその瞬間を見ると、ここから一瞬で 7 グループを特定するのは不可能であると思える。



写真 8 スタートから約 17 秒後

簡単に認識できる範囲内で見所を考えると、おそらく a が 4 以下の場合を想定するのが妥当であろうと思われる。そのような見所を下記にまとめておく。

(1) $t = \frac{1}{4}T_s$ (スタートから約 30 秒後)



写真 9 スタートから約 30 秒後
4 グループに分かれている

(2) $t = \frac{1}{3}T_s$ (スタートから約 40 秒後)

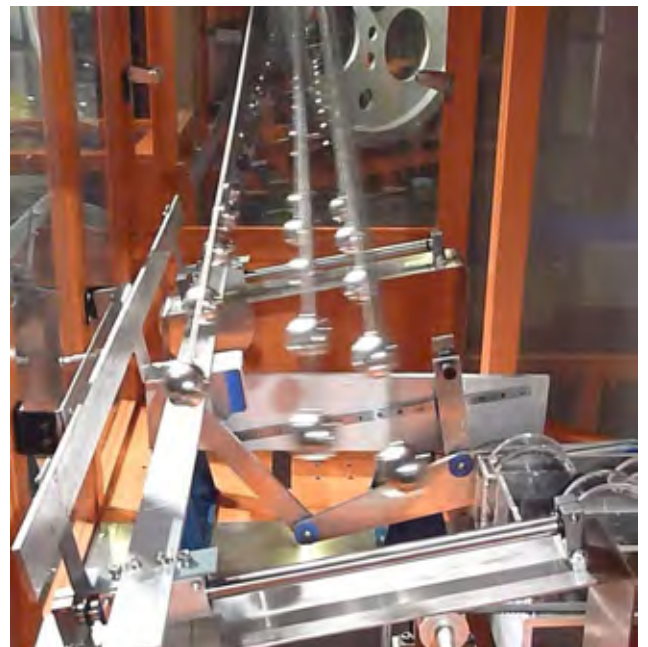


写真 10 スタートから約 40 秒後
3 グループに分かれている

(3) $t = \frac{1}{2}T_s$ (スタートから約 60 秒後)



写真 11 スタートから約 60 秒後
2 グループに分かれている

(5) $t = \frac{3}{4}T_s$ (スタートから約 90 秒後)



写真 13 スタートから約 90 秒後
4 グループに分かれている

(4) $t = \frac{2}{3}T_s$ (スタートから約 80 秒後)



写真 12 スタートから約 80 秒後
3 グループに分かれている

(6) $t = T_s$ (スタートから約 120 秒後)

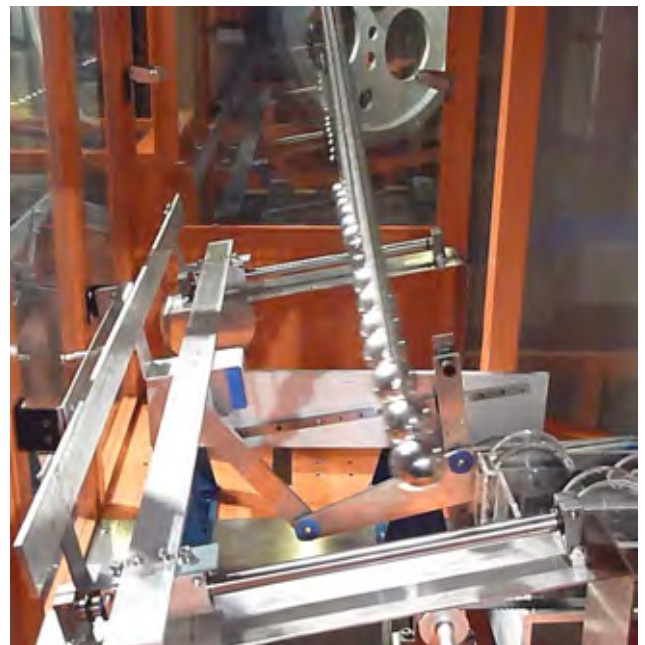


写真 14 スタートから約 120 秒後
1 グループにまとまっている

4. まとめ

WAVE 振り子という試作展示物は、最初の時点では「腕の長さが違えば振子は違う周期で振れる」ということが見せられるだけであった。「一斉に動かせば綺麗に見えるだろう」というアイデアでスターターが作られ、その結果実現した動きを見たときの印象は「ときおり、部分的に秩序のようなものが現れる。」ということであった。その後、展示物メンテナンススタッフの間で次々と試行錯誤され改良が進んでいったが、それは自然と「部分的だった秩序を全体で一つのものにする。」というような目標に向かっていった。その中で不思議な幸運に恵まれ、展示物として飛躍的にグレードが上がり完成を迎えた。

WAVE 振り子の理論的裏付けを逐一理解するには、前節で述べたような議論が必要で、少々エネルギーを費やすことになる。しかし振り子というありふれた力学的現象の特徴が、試作段階の展示物の直感的な観察と試行錯誤を促進した。結果として最初は想定していなかったモジュラー演算の原理が炙り出されることになったのは興味深い。

これからしばらくは、この展示物が来館者に新しい楽しみを提供してくれるはずである。展示物メンテナンススタッフは研究開発で蓄積したノウハウをさらに別の展示試作などの業務で生かすことが期待できる。

最後に、このような機会を与えていただいた「フォレスト」のスポンサーである理化学研究所、その他科学技術館の関係者の皆様に御礼を申し上げる。

(2013 年 12 月 28 日受付)

博物館における幼児向け対応の研究 —伊丹昆虫館での取り組みの紹介—

福島 郁子*

要旨

現在、科学技術館では子どもの来館者の低年齢化が進んでいると言われており、2013年3月からは幼児向けサイエンスプログラムの取り組みも始まった。これからの幼児向けの取り組みの参考にするため、伊丹市昆虫館（兵庫県）が行った幼児向け対応に関する調査研究レポートについて何うとともに、館内で実際の対応の様子を視察した。今後、科学技術館としてどのように対応をしていくかを検討するために、他館での取り組みを参考にしたい。

キーワード：幼児、実験教室、展示、低年齢化、子育て支援

1. はじめに

昨年、館内で新規事業案を募集した際に、複数人より幼児（未就学児）向けプログラムの提案があった。それをきっかけに幼児向けプログラムの検討が始まった。そのような中、伊丹市昆虫館より2011年2月付で発行された「0～2歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして —伊丹市昆虫館でのとりくみ—」（図1）⁽¹⁾という調査研究レポートを入手し、この取り組みの詳細とその後の対応について調べるために前述の昆虫館へ伺った。今後の科学技術館での取り組みの参考にすべく、報告をする。



図1 報告書表紙

2. 「0～2歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして —伊丹市昆虫館でのとりくみ—」⁽¹⁾の概要

2-1 調査研究の背景

この調査研究は、「伊丹市昆虫館」と「子育てがもっと楽

しくなるミュージアムづくり研究会」の共同で行われた。

研究の動機は、やはり近年の未就学児来館者の割合上昇を受け、乳幼児連れ来館者に対するサービス向上が課題となったことであった。実際、伊丹市昆虫館の「年間来館者数における未就学児割合の推移」⁽²⁾を見ると、1999年に9%だった割合が、2004年には12%、2009年には15%と右肩上がりになっている。元来年齢層が低い施設であるが、更に低年齢化が進んだとのことであった。印象としてもベビーカーを押して回られる来館者が多いそうである。

その理由として考えられることを伺ったところ、幼児の母親に、幼児連れでも外に出かけたい、家に閉じこもりたくないという考えの人が増えたのではないかと、とのことであった。また、小学3年生以上は塾や習い事、クラブ活動などで以前よりも忙しいようで、幼児とは逆に減少傾向にあるとのことであった。

そこで、「ミュージアムができる“子育て支援”とは何か」を考えるとところから始まり、「乳幼児もいっしょに楽しめる知的な居場所」を提供することではないかの仮説を立てるに至った⁽³⁾

2-2 実態調査

まずは乳幼児連れ来館者を対象にした「利用実態調査」を行った。どう質問したら利用実態が明らかになるか、質問事項を決めるのに苦労をしたとのことだった。調査結果から、「来館者に、より展示に関わりをもってもらうための改善が必要」ということがわかり、具体的には既存の展示を支援ツールで補完することとなった。その支援ツールは、「親子の目線・気持ちがいっしょになるしかけ」となることを目的とし、下の3つとなった。⁽⁴⁾

- ・ステップ
- ・床シール
- ・虫のうた

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 科学技術館運営部
〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1

2・3 支援ツールとその後

ヒアリングを行った時期が報告書発行から約2年経っており、支援ツール設置時とは状況が変わっていたので、その変化と経緯について伺った。

2・3・1 ステップ

設置時はジオラマのある部屋など館内広く設置していたが、車いすの通行の妨げになる場所もあることが判明し、一部を残して撤去したとのことだった。一方でステップがあると幼児が自分達用だと理解をし、積極的に幼児が利用していたそうである。

形状はAタイプ（高さ20cm×幅60cm、目立たないベージュ）とBタイプ（高さ15cm×幅100cm、黄色、穴状の取っ手あり）の2タイプが用意された（図2、3）。自由に動かしやすいのと、目に付くと幼児が進んで乗ることから、Bの方がより活用されているとのことであった。

また、保護者からは「子どもの目線に合わせやすくなった」、「抱っこしないで済むのが助かる」といった意見があった。



図2 ステップAタイプ
（高さ20cm×幅60cm、目立たないベージュ）



図3 ステップBタイプ
（高さ15cm×幅100cm、黄色、穴状の取っ手あり）

2・3・2 床シールと床サイン

ハチ、チョウ、テントウムシ、と子どもが喜びそうなかわいらしいイラスト3種の、直径20cmの丸い床シールと、矢印などの床サインを床に貼る工夫も行なった。保護者からは好評であったそうだが、これらも数を減らしていた。その理由として、床シールや床サインがあると展示への誘導になる一方、これらがない所へあまり足が向かなくなるという負の影響も出たそうである。また、床サインは当然ながら踏まれる為に劣化しやすいが、資金不足で更新が難しいという問題もあった。

2・3・3 虫のうた

昆虫館という特性を生かし、セイヨウミツバチの生態展示の前で「ぶんぶんぶん」を、チョウ温室で「ちょうちょう」を、ムネアカオオアリの生態展示の前で「おつかいありさん」の曲を流した。保護者からは「より子どもがその虫に関心を示している様子だった」という意見があった。

2・4 その他の館内の工夫

今回の研究によるもの以外にも、館内を見学すると幼児向けにされた工夫を見ることができた。

2・4・1 階段法面へのイラスト

階段のステップに対して垂直な面（法面）に、虫をテーマにした幼児向けのイラストがあった（図4、5）。



図4 階段法面のイラスト1



図5 階段法面のイラスト2

大人目線からだと気付きにくいですが、幼児目線だとよく見えた。また、法面なので汚れにくく、十数年メンテナンスはしていないとのことだった。

2・4・2 塗り絵・折り紙コーナー

団体来館時を除いた土・日・祝に、虫をテーマとした塗り絵・折り紙が自由にできるコーナーを設置しているそうである。特に塗り絵が大変人気があるとのことだった。

2・5 報告書発行後の展開

2011年度は館内の展示工夫をするというプロジェクトを行って前述の報告書を発行したが、2012年度は館外にも発展させてプログラム工夫のプロジェクトを行って「0・1・2歳児と楽しむミュージアムガイドブック@いたみ」(図6)⁶⁾を発行したとのことだった。

具体的には、伊丹市内の博物館間の交流が盛んなので、ブックスタートの博物館版として「ミュージアムスタートキャンペーン」を行ったとのことであったが、今回はこちらの詳細については割愛をする。



図6 ガイドブック表紙
母子手帳サイズになっている

3. 科学技術館における課題

幼児向けプログラム開発の検討会でも申し上げたことだが、当館でも具体的な来館者層の把握及びその数値の変化など、まずは実態を調査する必要があると感じた。既に試験的に実施している幼児向けプログラムではアンケートをとっているが、引き続き行ってデータの蓄積を図り、場合によってはアンケートの設問の再検討も必要かと思う。そういった調査を行うことにより、「なんとなく最近幼児が多い」という実感の裏付けになるとともに、他館とは違った、当館の傾向も見えてくるのではないかと思う。

名前の通り、伊丹市昆虫館は“昆虫”がテーマであり、当館は“科学技術”がテーマである。よって今回の報告はそのまま当館に当てはめることができるということではないが、幼児目線を意識するということや、保護者の具体的な要望に応えるという点は大いに参考になるのではないかと思った。

また、私たち館運営部のスタッフは、子どもたちが館内を走っていたり、展示物を乱暴に扱っていたりすると、「保護者にお子さんを見てほしいな」と思う事がある。そのことについて、「辻井こども総合研究所」(2011年6月より「子どもと育ち総合研究所」に名称変更)の宮野亮氏の話が前述の報告書に載っていた。⁶⁾

やはり「ミュージアムにおいて、子どもが遊んでいる時に大人がベンチ等に座っていることについては、評価が分かれるところ」とのことであった。以前は「いっしょに遊んでもらうというコンセプトもあるのに困る」というマイナスの意見が多かったが、最近は「大人もちょっとほっとしたいのも理解できる」という受容の見解も出てきたそうである。「親が子から離れている時は、子が一人でできる力を育てている。一方で、離れている時も親は子を見ていないといけない。アイコンタクトが取れて子が安心するその満足感を、離れていても与えてあげるべきである」とあった。

親の態度として「nearness:そばにいる」と、「distance:離れている」の意識化が必要で、子どもが親ではない人とnearnessの関係が作れるのが、博物館のような場の良さだと思うとのことであった。

私たち館のスタッフはまさに、保護者も安心して、子どもとnearnessの関係を作りやすい立場だと思った。今後それを意識していきたいと思う。

4. おわりに

私たち館スタッフのねらいは、幼児連れにも「また来てもらうこと」であると思う。そのためには保護者には「幼児連れでも来やすい」、子どもには「楽しい」と感じてもらう必要がある。科学技術館のカラーを保ちつつ幼児連れの方にも「楽しかった」と思って帰ってもらうにはどのようにしたら良いか、これからより検討を重ねなくては

ならない。

(2013年12月23日受付)

文 献

- (1) 坂本昇：「博物館の子育て支援機能に関する研究 ―乳幼児連れ来館者の為の展示、教育普及事業の企画手法の開発― 庁舎研究レポート」『0～2 歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして―伊丹市昆虫館でのとりくみ―』伊丹市昆虫館 (2011)
- (2) 坂本昇：「博物館の子育て支援機能に関する研究 ―乳幼児連れ来館者の為の展示、教育普及事業の企画手法の開発― 庁舎研究レポート」『0～2 歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして―伊丹市昆虫館でのとりくみ―』伊丹市昆虫館 p.4 (2011)
- (3) 坂本昇：「博物館の子育て支援機能に関する研究 ―乳幼児連れ来館者の為の展示、教育普及事業の企画手法の開発― 庁舎研究レポート」『0～2 歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして―伊丹市昆虫館でのとりくみ―』伊丹市昆虫館 p.6 (2011)
- (4) 坂本昇：「博物館の子育て支援機能に関する研究 ―乳幼児連れ来館者の為の展示、教育普及事業の企画手法の開発― 庁舎研究レポート」『0～2 歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして―伊丹市昆虫館でのとりくみ―』伊丹市昆虫館 p.10 (2011)
- (5) 子育てがもっと楽しくなるミュージアムづくり研究会：「0・1・2 歳児と楽しむミュージアムガイドブック@いたみ」, (2012)
- (6) 坂本昇：「博物館の子育て支援機能に関する研究 ―乳幼児連れ来館者の為の展示、教育普及事業の企画手法の開発― 庁舎研究レポート」『0～2 歳児といっしょに楽しめるミュージアムをめざして―伊丹市昆虫館でのとりくみ―』伊丹市昆虫館 p.6 (2011)
- (7) 公益財団法人日本科学技術振興財団：「幼児にサイエンスの芽生えを！」, JSF Today, No. 129 pp.4-7 (2013)

科学技術館における博物館実習生の意識と実習の効果 に関する調査研究

中村 隆*

要旨

博物館法施行規則の改正に伴い学芸員養成課程のカリキュラムが改訂され、博物館実習はより実践主体の内容が求められるようになった。時間的、人的制約がある中で実践の更なる充実は容易ではないが、次世代の有能な学芸員を育成するためにどうしても必要なことであり、そのためには“効果的な実習”の実施が重要となる。本調査研究では、科学技術館における“効果的な実習”を検討するために、実習生の意識と実習の効果について調査し分析した。

キーワード：科学技術館、博物館実習、実習生の意識、実習の効果

1. 背景・目的

改正された博物館法施行規則が 2012 年 4 月より施行となり、学芸員養成課程における博物館実習は、より実践を主体とした内容へと、その充実が求められている。博物館においては、時間的にも人的にも制約がある中で実践的な実習の更なる充実は容易ではないが、次世代の有能な学芸員を育成するためには必要不可欠であり、そのためには“効果的な実習”とすることが重要となる。しかし、効果的な実習とするためには博物館側の視点だけでなく、実習を受ける学生側の意識についても知ったうえで内容を検討することが必要である。

そこで、本調査研究では、科学技術館において“効果的な実習”を実施するための有効な情報を探ることを目的として、科学技術館および他館で実習を受けた学芸員養成課程の学生の意識について調査を実施し考察した。

2. 方法

本調査研究では、科学技術館で実習を受けた学生にアンケート調査を行い、学生の意識と実習の効果について考察した。また、駒澤大学と東京海洋大学に協力をいただき、他館の実習を受けた学生にもアンケート調査を行い、科学技術館の実習生の場合と比較した。

表 1 に調査対象群の内訳を示す。

表 1 アンケート調査の対象群

対象群	人数	内訳（調査年度等）
科学技術館の実習を受けた学生	25 名	2012 年度 19 名 2013 年度 6 名（夏期のみ）
他館の実習を受けた学生	79 名	2012 年度 駒澤大 45 名 2012 年度 東京海洋大 34 名

3. 結果

3-1 実習館の選定理由

まず、実習を受けた館を選定した理由の結果を図 1 に示す。他館の実習を受けた学生については「自分の専攻に関連している」が 16.5%であるのに対し、「専攻と異なるが興味がある」が 20.3%、そして最も多いのが「家が近いから」の 27.8%である。実習時期の多くは 7 月から 8 月の夏休み期間であり、多くの学生は帰省先など地元で受けることを望む傾向が強いことがうかがえる。実習館の選定に当たり当初「自分の専攻分野に関連している」ことを選択理由として推測していたが、実態としては、「専攻分野に関連している」、「専攻分野と異なる」という両面から館の専門性を踏まえて選択されていた。さらに、「専攻分野」との関係以上に、「家が近い」ことが重要な選定理由となる点に留意すべきである。

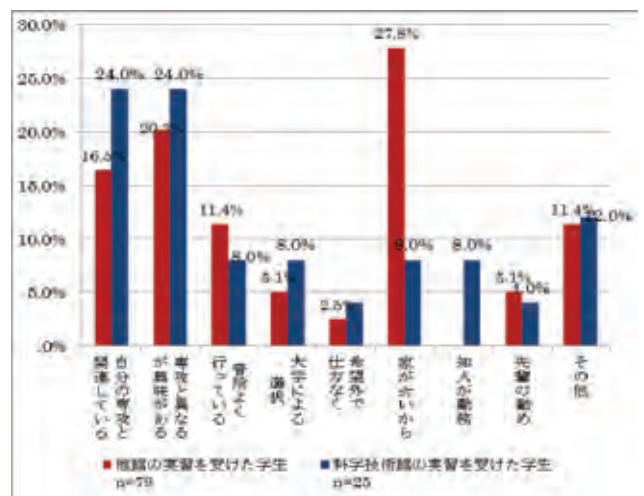


図 1 実習館の選定理由

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 科学技術館運営部 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1

一方、科学技術館の実習を受けた学生の場合は、「自分の専攻と関連している」、「専攻と異なるが興味がある」がともに 24.0%と最も多くなっている。館の専門性に着眼して選択されているようである。一方で、「家が近いから」は 8%にすぎない。これは科学技術館が東京都心に位置するという科学技術館の立地の影響と考えられる。

3.2 大学での履修科目との関連性

図 2 では、実習を受けているときに、学芸員養成課程の履修科目で学んだことが役立ったと思ったかを質問している。図より、他館で実習を受けた学生は、役に立ったと「とても」思ったが 20.3%、「まあまあ」思ったが 58.2%となっており、75%以上の学生が役に立ったと回答していることがわかる。よって、他館の実習内容は、大学での授業内容との関連性が比較的高いことがうかがえる。

一方、科学技術館については、「とても」が 20.0%、「まあまあ」が 40.0%となっているが、「あまり」の選択者が 40.0%もいる。よって、他館で実習を受けた学生に比べて大学で学んだことが役に立ったとは必ずしも感じられていないようにみえる。

他館の場合と科学技術館の場合で有意な差があるか、「とても」と「まあまあ」というポジティブな回答をした群と「あまり」、「まったく」というネガティブな回答をした群に分けて χ^2 検定をすると、5%水準で有意差はないという結果となった。また、他館も科学技術館も「とても」という強いポジティブ回答が少ないことから、各館の実習内容が授業内容を踏まえたものとは必ずしもなっていないことがうかがえる。実習は学芸員養成課程の一科目であり、この結果は課題として考慮すべきものと考えられる。

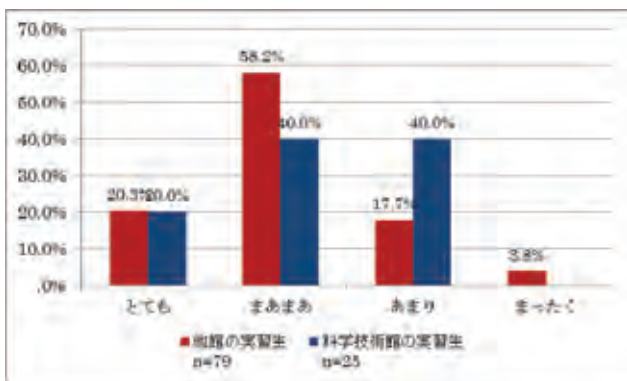


図 2 大学での履修科目との関連性

3.3 役立った実習内容

図 3-1 に他館の実習を受けた学生の場合の結果を示す。博物館の仕事を理解するうえでのような実習内容が役にたったか、よく当てはまるものを 3 つまで選んでもらった結果である。

「資料の取り扱い方」が 59.5%で最も多く、次いで「イ

ベントの運営補助」が 48.1%、続いて「来館者対応」が 34.2%となっている。実習の多くは、主に学芸員としての知識と技術が求められる「資料の取り扱い」と、主に学芸員としての意識が問われる「運営、来館者対応」に関する内容が充実していたものと思われる。

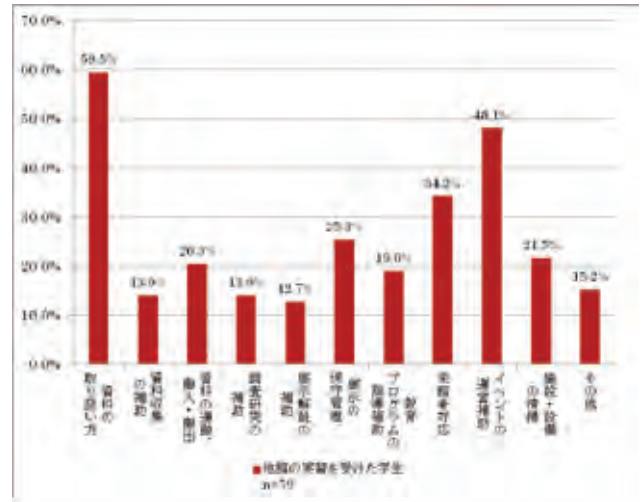


図 3-1 役立った実習 (他館の実習を受けた学生)

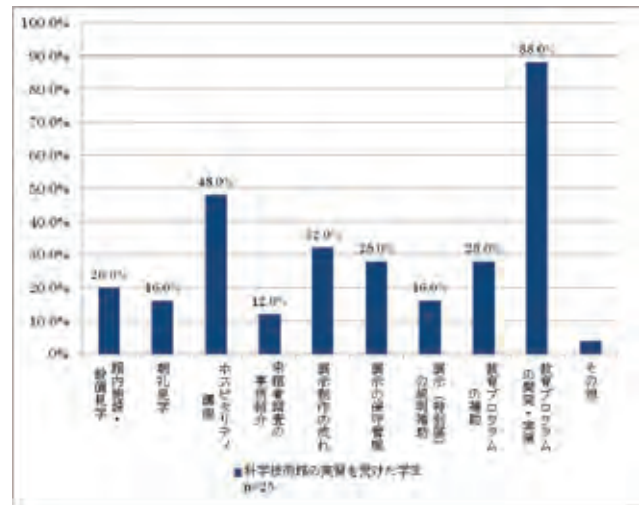


図 3-2 役立った実習 (科学技術館の実習を受けた学生)

図 3-2 に、科学技術館の実習を受けた学生の場合の結果について示す。科学技術館では、主に来館者対応を重視した実践的カリキュラムを実施している。カリキュラムの概要を簡単に述べると、最初の 2 日間でスタッフに交じって開館前の発声練習や当日のイベントスケジュールの確認などを体験する「朝礼見学」、実際に起こった来館者対応についてロールプレイなどで模擬実践する「ホスピタリティ講座」、来館者の意識や満足度などの実態を学ぶ「来館者調査の事例紹介」などを行い、まず来館者に対して持つべき意識を高める。そのうえで 3 日目以降に「展示 (特別展) の説明補助」や「展示の保守管理」、「教育プログラムの指導補助」といった現場での実践に臨むようにしている。そし

て、最後の4日間は「教育プログラムの開発・実演」として、チームに分かれて教育プログラム(実験ショー)を考え、最終日に実際に来館者に向けて実演するという内容としている。科学技術館では、この「教育プログラムの開発・実演」は、実習中に習得、体得したことの集大成となる主要な実習と位置付けており、図で「教育プログラムの開発・実演」が88.0%と最も高くなっていることから、館の意図通りに学習効果をあげているのではと考えている。しかし、その他の実践的な実習である「展示(特別展)の説明補助」、「教育プログラムの指導補助」が比較的低く落ちており、むしろ講義に近い「展示制作の流れ」の方が高くなっている。どれが高ければ良いというわけではないが、実践を重視している科学技術館としては、実践的な実習が低くなっている点は課題として捉える必要があると思われる。

3.4 実習の効果

実習の効果を見るために、実習を受けて学芸員に必要な「意識」、「知識」、「技術」が身についたと感じたかどうかの結果を図4に示す。

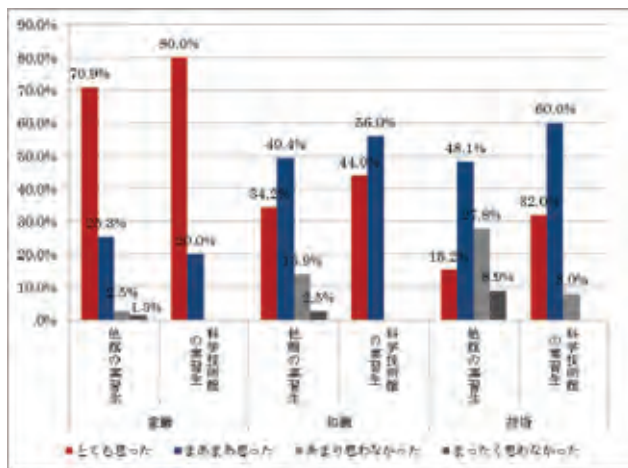


図4 実習の効果(「意識」「知識」「技術」)

他館の実習を受けた学生は、「意識」については「とても」と思った学生が70.9%と最も多く、「意識」はしっかり身についたと感じているようである。しかし、「知識」については「とても」が34.2%にとどまり「まあまあ」が49.4%と最も多く、身についたと強くは感じていないことがうかがえる。「技術」にいたっては「とても」が15.2%、「まあまあ」も48.1%とさらに低く、しかも「あまり」が27.8%、「まったく」が8.9%となっており、身についたとは感じていないといえる。もっとも、10日間前後という短い実習日数では「知識」や「技術」が身につかないと感じるのは当然であろう。

科学技術館の実習を受けた学生の場合は、同様に「意識」については「とても」が80.0%と非常に高くなっている。科学技術館の実習が来館者に対して持つべき意識を高めることを重視している点では、効果が現れていると思われる。

「知識」については、「まあまあ」が56.0%で他館の場合と同じく一番多いが、「とても」も44.0%と他館の場合と比べるとやや多くなっている。「技術」については、「まあまあ」が60.0%、「とても」が32.0%で他館の場合の結果と比べると高くなっている。「技術」について、他館の場合は、主に「資料の取り扱い方」における「技術」と捉えており、科学技術館の場合は主に「教育プログラムの開発・実演」における「技術」と捉えていることが差となって現れていると思われる。ただし、「知識」および「技術」について、「とても」とそれ以外を合わせた回答群で検定すると、どちらも5%水準で有意な差はない。

3.5 後輩へのアドバイス

アンケートの最後で「これから実習を受ける後輩にアドバイスしたいこと」を自由記述してもらった。表2に回答の一部を示す。

表2 後輩へのアドバイス

授業だけでなく自分の足でいろいろな博物館を見学するのをオススメしたい。	事前に実習館の展示内容についてしっかりと勉強しておいた方が、実習中、来館者の対応などしやすい。
受身で学ぶのではなく興味を持って実習に臨むことが大事です。	日々の講義をまとめたものが実習で活かせることが実感できると思う
社会人としてのマナーを身につけよう。	大学での授業をきちんと聞いておくこと。
理想とのギャップが大きいので覚悟すること。	礼儀はきちんとすること。
事前に内容が少しでもわかるならば、展示に関わらせていただくことのできる館で実習をさせていたければ、より良いのではないかと思います。	ただ資格がほしいという気持ちでは実習はやっていくことはできないと思います。自分は学芸員になりたいという気持ちを持って実習を受けてほしい。
博物館実習を行うまでに、同じ目的を持った学生と多くのコミュニケーションをとってみてください。	積極的に実習先の学芸員さんや来館者、地域の人とコミュニケーションをとることが大事です。
自主的、自発的に行動し、自分の目で物事を判断してください。	扱う資料について、少しでも下調べをして準備しておくこと。
積極的に実習を受けさせていたがけないと得られることが少ない。	大学の授業では学ばないことをいっぱい吸収して、博物館の現実を捉えてください。
学芸員さんとたくさん交流し、いろいろな情報を得ることが大切だと思います。人の経験から知識を学ぶこともできます。	博物館実習で得られるものは、学芸員として必要な知識だけでなく、社会に出たときに必要となるスキルを身につけることができる場でもあるので、多くのことを吸収して実りのある実習にしてください。

回答は、「受身で学ぶのではなく興味を持って実習に臨むことが大事」、「社会人としてのマナーを身につけよう」、「積極的に実習を受けさせていただかないと得られることが少ない」など、実習を受けるにあたっての心構えに関するものが多い。また、「大学での授業をきちんと聞いておくこと」、「日々の講義をまとめたものが実習で生きてくることが実感できると思う」といった、大学での講義を重視する回答も少なからずあがっており、実習と講義をトータルで考えている学生がいることもうかがえる。

4. 考察

本調査研究では、科学技術館の実習を受けた学生の意識と実習の効果について、他館の実習を受けた学生の場合と比較しながら分析した。分析結果より、他館で実習した学生は、大学における履修科目とある程度関連のある実習を行ったと感じているが、科学技術館で実習した学生は、履修科目と実習内容とが関連しているとは必ずしも感じていないことがわかった。また実習の効果については、他館、科学技術館ともに、「意識」については高いが、「知識」や「技術」については身についたと必ずしも感じていないことがわかった。このような事項は“効果的な実習”を検討するうえで、重要な要素であると考えられる。

これらを踏まえて今後“効果的な実習”を実施するためには、実習を受ける学生の学習度等について実習前に調べ、実習後に学生が感じた実習の効果等を調べて比較し分析することが重要となると考える。そのためには、博物館側の努力だけでは難しく、やはり大学側の協力も必要であろう。博物館と大学が協力することで、大学側は実習を想定した授業内容を検討でき、博物館側はその授業内容を踏まえた実習内容を検討することができると思われる。

本調査研究の結果については、異なる大学の歴史学科、海洋の環境系学科および生物系学科の学生へのアンケート調査結果と科学技術館における学芸員実習生に対するアンケート結果を比較対象にして分析したが、他の大学、他の学科、さらに他の博物館であれば、また異なる結果となる可能性があることに注意しなくてはならない。また、本調査研究では効果的な実習を検討するために有効となる情報を探ることを目的としており、サンプル数をあまり多くとっていないので、今後サンプル数を増やしてさらに精査する必要がある。

もちろん、学生の意識にばかりとらわれてしまうことには問題もある。実習内容が学生の好みに偏ってしまい、本来実施すべき実習内容とならない恐れがあるからである。ただし「学生のことを知らずして、効果的な実習とすることはできない」ということは踏まえなければならない。

今後さらに多くのデータを収集、分析し、科学技術館における博物館実習をより“効果的な実習”としていきたいと考える。

謝辞

本調査研究を進めるにあたり、アンケート調査にご協力いただきました東京海洋大学の田中次郎先生、駒澤大学の湯浅隆先生及び両大学の学生、科学技術館の実習生に厚く御礼申し上げます。

(2013年12月23日受付)

文 献

- (1) 文部科学省：「博物館実習ガイドライン」(2009)
- (2) 株式会社丹青研究所：「大学における学芸員養成課程及び資格取得者の意識調査」(2009)
- (3) 中村隆：「学芸員養成課程の学生の意識に関する調査研究～効果的な博物館実習を検討するために～」，日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要，第17号，pp.47-53 (2013)

地域連携活動「東京の自然から学ぼう！」の実施について

木村 かおる* 石井 雅幸**

要旨

科学技術館運営部では2005年度より千代田区の小学校及び大妻女子大学家政学部児童学科と連携して、昆虫や星の観察・実験等を通して都心と山間部の自然を比較するプログラムを継続実施している。また本プログラムについて2011年度からは、独立行政法人国立青少年教育振興機構の「子どもゆめ基金」の支援を受け「東京の自然から学ぼう！」として実施している。本稿では、2011年度と2012年度に実施した活動内容について報告する。

キーワード：地域連携活動、自然観察、科学体験活動、継続教育

1. 「東京の自然から学ぼう！」実施の経緯

科学技術館と大妻女子大学家政学部児童学科は、小学校の正規の授業支援のほか、これまでに公的な助成金や学内の補助を受けて、放課後や週末の活動として千代田区の麹町地区の小学校を中心に、科学体験や自然体験活動プログラムを実施してきた。本活動は、2005年度より実施しており、参加した児童が中学生等になったあとも後輩の指導に寄与するなど、継続してプログラムを子どもたちに提供していることによる副次的な教育効果もみられるようになった。一方事業実施のための資金については、ほとんどの助成金が単年度ごとの給付のため、各種の助成金をつないで実施してきた。2011年度以降は、2010年度まで獲得していた独立行政法人科学技術振興機構の地域科学技術理解増進活動推進事業が終了したため、独立行政法人国立青少年教育振興機構の「子どもゆめ基金」や、大妻女子大学家政学部児童臨床研究センターの協力を得て実施している。

2. 「東京の自然から学ぼう！」

2.1 目的

都会に住む子どもたちが、①自然環境に触れる楽しさを感じ、②身近な自然から複数のことを捉えたり考えることができるようになり、③学校では体験できない異年齢の交流を図り、相互で助け合う、または教えあう——といった姿勢を養うことを目的に本プログラムを実施している。

東京の中心部にある北の丸公園を主な活動場所として、2011年度は昆虫・植物・天文（光学）・環境（水質）をテーマに、2012年度は昆虫・環境（水質）・生物（DNA）・天文・地層・植物をテーマにして観察や実験を行い、得

られたデータをもとに結果をまとめ、考察する方法を学び、更には自分の意見を述べたり相手の意見を聞きながらディスカッションができるようになることを目標に指導案を作成した。また、参加した子どもたちが、科学技術館の学芸員や大学の専門家からの指導を受けることにより、自然や身の回りの環境への関心を強め、科学的に調査する手法を獲得し、継続的な観察、実験・工作を自ら行っていくことができるようにした。

2.2 運営体制

2011年度及び2012年度は、独立行政法人国立青少年教育振興機構が助成している「子どもゆめ基金」から助成を受けた。事業推進にあたっては、科学技術館事業部サイエンス友の会グループが中心となって運營業務を行った。また、2010年度までと同様に、大妻女子大学家政学部を依頼し、講師の派遣や実験室等の借用などで助力をいただいた。

個々の活動については、安全管理の面から講師と担当者以外に指導員を4~5名配置するように予算を計上し、指導員を募った。指導員には、子どもの生活指導や理科教育指導の面から、大妻女子大学の学生、専門的な知識を有する理工系の大学生及び科学技術館のサイエンスボランティア、更にこれまでに実施した教室のOB・OGに協力していただいた。

2.3 「東京の自然から学ぼう！」の実施プログラム

「東京の自然から学ぼう！」の実施にあたっては、これまでの経緯などを考慮し、サイエンス友の会、千代田区麹町地区・北区・多摩市の各小学校、関連機関に案内を配布し参加を呼びかけた。2011年度は募集人数を超える32名の参加者を、2012年度は34名の参加者を受け入れた。プログラムは、これまで継続して行ってきた、北の丸公園に生息する昆虫とすばる（プレアデス星団）の観察による大気環境調査に加え、大妻女子大学の先生方の協力を得て、

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 科学技術館運営部
〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1

**大妻女子大学 家政学部児童学科
〒102-8357 東京都千代田区三番町12

新規の教室も企画・実施した。プログラムについては次のとおりである。

(1) 東京の自然から学ぼう！(2011年度)

- 1回目 昆虫編 ～昆虫採集と標本づくり
- 2回目 昆虫編 ～標本箱を完成させよう
- 3回目 植物編 ～葉脈標本をつくろう
- 4回目 天文・光学編 ～天体望遠鏡づくり
- 5回目 環境・化学編 ～水の分析

3回目～5回目は午前と午後のグループに分け、大妻女子大学にて実施した。

(2) 東京の自然から学ぼう！(2012年度)

- 1回目 昆虫編① ～北の丸公園の生態調査1
(採集方法を学ぼう)
- 2回目 環境編① ～水について調べよう
- 3回目 昆虫編② ～北の丸公園の生態調査2
(標本づくりに挑戦)
- 4回目 生物編 ～細胞の観察・
DNAを取り出してみよう
- 5回目 天文編① ～月のクレータの観察
- 6回目 天文編② ～簡易分光器の製作と太陽の観察
- 7回目 地学編 ～地層のでき方と化石
- 8回目 環境編② ～すばるの観察で大気環境調査に
チャレンジ
- 9回目 化学編 ～身近な野菜から色素を取り出そう

4回目、6回目、7回目は午前と午後のグループに分かれて教室を実施し、そのほかは全員参加の教室とした。また、2回目と9回目は大妻女子大学で実施した。



写真1 大妻女子大学の実験室で(水の分析)

3. 「東京の自然から学ぼう！」活動内容

「東京の自然から学ぼう！」2011年度及び2012年度の活動の内容は以下のとおりである。

3・1 2011年度

【1回目】昆虫編 ～昆虫採集と標本づくり

活動日時：2011年8月11日 10：00～16：00

活動場所：科学技術館及び北の丸公園

活動内容：

- ①北の丸公園(銅像ゾーン、池のゾーン、清水門、雑木林)で昆虫採集と観察
 - ・セミの抜け殻さがし(触角が折れないように持ち帰る)
 - ・バッタ・コオロギ、トンボ、チョウの採集
 - ・枝や葉にとまる小型の昆虫の採集(たたき網等の指導)
- ②標本づくりの指導
 - ・大きな翅のある昆虫の展翅(チョウ、トンボ、ガなど)
 - ・大型の甲虫類の展足
 - ・台紙標本、ラベルの作成、検索の方法について

【2回目】昆虫編 ～標本箱を完成させよう

活動日時：2011年8月30日 13：00～15：30

活動場所：科学技術館

活動内容：

- ①展翅版に固定した標本を、標本箱に移す
- ②採集した昆虫を発表する

【3回目】植物編 ～葉脈標本をつくろう

活動日時：2011年10月9日

10：00～12：00、14：00～16：00

活動場所：大妻女子大学

活動内容：

- ①講義
 - ・植物と動物のちがい、植物のつくり
 - ・葉のつき方と葉脈の働き
 - ・水溶液について、メッキとはどのような反応か
- ②実験
 - ・ヒイラギ、ツバキなど葉を用いて葉脈を取り出す
 - ・葉脈にメッキする

【4回目】天文・光学編 ～天体望遠鏡づくり

活動日時：2011年12月11日

10：00～12：00、14：00～16：00

活動場所：大妻女子大学

活動内容：

- ①講義
 - ・光の通り道、レンズを使った演示実験
 - ・望遠鏡の種類としくみ
- ②望遠鏡の工作
 - ・望遠鏡での物の見え方と、ピントの合わせ方の練習

【5回目】

環境・化学編 ～水の分析

活動日時：2012年2月11日

10：00～12：00、14：00～16：00

活動場所：大妻女子大学

活動内容：

- ①講義
 - ・水源について（雨水が飲み水になるまで）
 - ・水素イオン濃度と水の硬度、成分について
 - ・残留塩素、COD、pH、NO₃について
- ②実験
 - ・さまざまな水源の水を調べる
- ③ディスカッション
 - ・安全な水について考える

3・2 2012 年度

【1回目】昆虫編① ～北の丸公園の生態調査1
(採集方法を学ぼう)

活動日時：2012年8月2日 10:00～16:00

活動場所：科学技術館および北の丸公園

活動内容：

- ①北の丸公園（銅像ゾーン、池のゾーン、清水門、雑木林）で昆虫採集と観察
 - ・セミの抜け殻さがし（触角が折れないように持ち帰る）
 - ・バッタ・コオロギ、トンボ、チョウの採集
 - ・枝や葉にとまる小型の昆虫の採集(たたき網等の指導)
- ②標本づくりの指導
 - ・大きな翅のある昆虫の展翅（チョウ、トンボ、ガなど）
 - ・大型の甲虫類 展足
 - ・台紙標本、ラベルの作成、検索の方法について

【2回目】環境編① ～水について調べよう

活動日時：2012年8月24日 10:00～15:00

活動場所：大妻女子大学

活動内容：

- ①実験とディスカッション
 - ・3種類の水についてテイスティング
 - ・硬度とpHを調べる、蒸発皿で残留物を調べる
 - ・硬度やpHと味の関係性はあるか、意見を出し合う
- ②講義
 - ・水源について（雨水が飲み水になるまで）
- ③実験とディスカッション
 - ・いろいろな水についてパックテストを行い、データを発表する
 - ・水の一生を考え、自分の考えを発表する

【3回目】昆虫編② ～北の丸公園の生態調査2
(標本づくりに挑戦)

活動日時：2011年8月26日 13:30～16:00

活動場所：科学技術館

活動内容：

- ①8月2日に採集できた昆虫のまとめ
- ②展翅版に固定した標本を、標本箱に移す
- ③採集した昆虫を発表する

【4回目】生物編 ～細胞の観察

DNAを取り出してみよう

活動日時：2012年9月30日

10:00～12:00、13:30～15:30

活動場所：科学技術館

活動内容：

- ①ディスカッション
 - ・生命とは何かを考える
 - ・発表から、「生命」の共通点を見つけ出す
- ②実験
 - ・顕微鏡の使い方と試料の作成方法を学び、タマネギ(植物)と口内(動物)の細胞を観察し、スケッチをとる
- ③講義
 - ・細胞、DNAとは何か
- ④実験
 - ・プロッコリーを使ってDNAを抽出する
- ⑤ディスカッション
 - ・「生命」と「環境」の関係について考えてみる



写真2 細胞の観察

【5回目】天文編① ～月のクレータの観察

活動日時：2012年11月23日 17:30～19:30

活動場所：科学技術館

活動内容：

- ①データ解析
 - ・月のデータを使って、月の満欠けを調べる
- ②11月13日の皆既日食の報告
- ③月の観察

【6回目】天文編② ～簡易分光器の製作と太陽の観察

活動日時：2012年11月25日

10:00～12:00、13:30～15:30

活動場所：科学技術館

活動内容：

- ①簡易分光器の工作

②講義

- ・分光器のしくみとスペクトルについて
- ・太陽の観察方法

③太陽の観察と記録

④講義

- ・生きている星
- ・太陽、黒点の変化と地球の環境の変化について

【7回目】地学編 ～地層のでき方と化石

活動日時：2012年12月23日

10:00～12:00、13:30～15:30

活動場所：科学技術館

活動内容：

①講義

- ・関東地方の地層と化石のでき方について

②実験

- ・化石のクリーニング
- ・アンモナイトのレプリカをつくる



写真3 2012年度より始めた地学編
化石のクリーニング

【8回目】環境編② ～すばるの観察で大気環境調査に
チャレンジ

活動日時：2013年1月5日 17:30～19:30

活動場所：科学技術館

活動内容：

①講義

- ・光害とエアロゾル
- ・オリオン座とすばるの観察方法

②観察と記録

- ・双眼鏡の使い方復習
- ・オリオン座とすばるの観察、観察の記録

③ディスカッション

- ・データの整理とまとめ

【9回目】化学編 ～身近な野菜から色素を取り出そう

活動日時：2013年2月11日 13:30～16:00

活動場所：大妻女子大学

活動内容：

①講義と実験の準備

- ・水溶液とは何か、水溶液の見分け方
- ・水溶液を準備する

②実験

- ・色素の抽出
- ・酸とアルカリの実験

③ディスカッション

- ・実験結果と野菜の色と色素の関係について考えを発表

④講義

- ・野菜の色素のはたらきについて

4. 「東京の自然から学ぼう！」活動の評価

2011年度は、昆虫・植物・天文・環境と様々なテーマを取り上げた。各教室実施にあたって参加者は、実験・工作や観察に真剣に取り組み、議論も活発で、時間延長となった教室もあった。天体や環境の学習活動については、子どもたちの興味関心が非常に高く、今後も継続してデータを蓄積したいと考えている。また、学校の理科の授業で水溶液の学習を終えていた子どもたちは、酸性・アルカリ性の実験に興味を示し、非常に熱心の実験に取り組んでいた。反省点としては、各教室を実施した日程があいてしまったため、参加者からするとそれぞれのプログラムの繋がりがつかみにくかったようだ。これについては、2012年度に改善した。

2012年度は、2011年度の内容をさらにブラッシュアップした内容とし、地学の分野も追加して活動を行った。2011年度に引き続き参加する子どもも多くいた。また本事業は2005年度より継続して実施していることから、本事業で学んだ児童が中学生等になり、教えられる側から今度は教える側としてリーダーシップを発揮し、観察・実験の時など、積極的に下級性に対して指導を行う姿が見られた。これは、良質のプログラムを単発で提供するだけでは生まれない、継続して実施しているからこそ生まれた教育効果であると考えている。

本事業実施にあたって科学技術館では30名を超える子どもたちに対して十分な実験道具を準備できないため、大学の施設を借用し科学実験を実施した。大学の施設・器具を利用することで、参加した子どもたちや保護者に大きなインパクトを与えることができた。また、募集に関しては千代田区の教育センターなどに地域連携活動を推進する一環としてご協力いただき、各学校へのチラシの配布を認めていただいた。

科学技術館単独で事業を実施するのではなく、大学、行政が連携することで、より充実した学習プログラムを子どもたちに提供できることから、今後もこのような複数の組織が連携した社会教育活動を積極的に展開していきたいと考えている。

(2014年1月31日受付)

連続講座「実験で学ぶ科学の400年」のための 工作機器類、測定装置の整備と 「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～」 財団法人日本宝くじ協会平成24年度助成事業報告

棚橋 正臣*

要旨

財団法人日本宝くじ協会の平成24年度公益法人助成事業（社会貢献広報事業）に採択された「連続講座『実験で学ぶ科学の400年』のための工作機器類、測定装置の整備」事業により、科学技術館の実験スタジアムLと工作室に設置された機器類の説明ならびに、それらの機器の使用を前提に開発した講座「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～」の試行状況を紹介する。

キーワード：科学史、光の性質、波動性、粒子性

1. 事業の目的

17世紀から20世紀までの400年間、科学の礎を築いた先人たちが如何にして科学の法則を導き出したのか、その偉業について当時の時代背景を検証し、実験装置の再現・追試を行うことにより、彼らの思考過程を辿りながら実験結果を評価・鑑賞することを目的とした連続講座「実験で学ぶ科学の400年」のための工作機器類、測定装置の整備を行った。それらの機器を使用し、科学に強い興味をもつ中学2年生以上の生徒及び一般を対象に、開発した講座「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡～」を試行した。

2. 機器類の選定と調達

本助成事業申請時に作成した連続講座「実験で学ぶ科学の400年」のための工作機器類、測定装置一覧を基に、物理学、化学、生物学の各分野別に活用できる工作機器、測定装置を選定し、以下の機器類を調達した。

2-1 工作機器類

実験装置の製作にともなう部品加工では、3次元切削加工機が必要でありCNC仕様の汎用小型フライス加工機(写真1)を調達するとともに、実験装置に使用する各種の部品及び試料作成における作業効率を高めるためレーザー加工機(写真2)を調達した。また、本事業においては、オリジナルの実験器具を小ロットで迅速に製造する必要が出

てくるので、3次元の複雑な形状が必要なレンズやガラス器具を支持するためのスペーサ、分子模型・幾何学模型・生物模型等の器具を安価で迅速に製造するための3Dプリンタと3Dスキャナー(写真3)、GM管等の真空を利用する機器の作成が可能となる透明アクリル製で視認性を有するグローブボックス(写真4)を調達し、工作室に配備した。

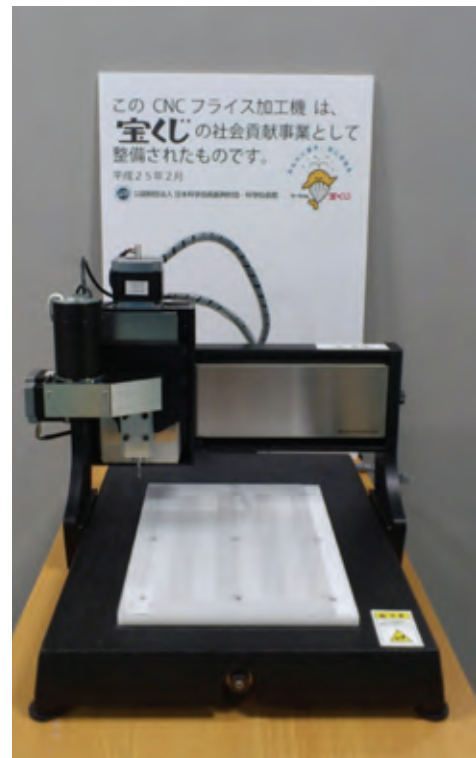


写真1 CNC フライス加工機

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 人財育成部
〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1



写真 2 レーザー加工機



写真 4 グローブボックス

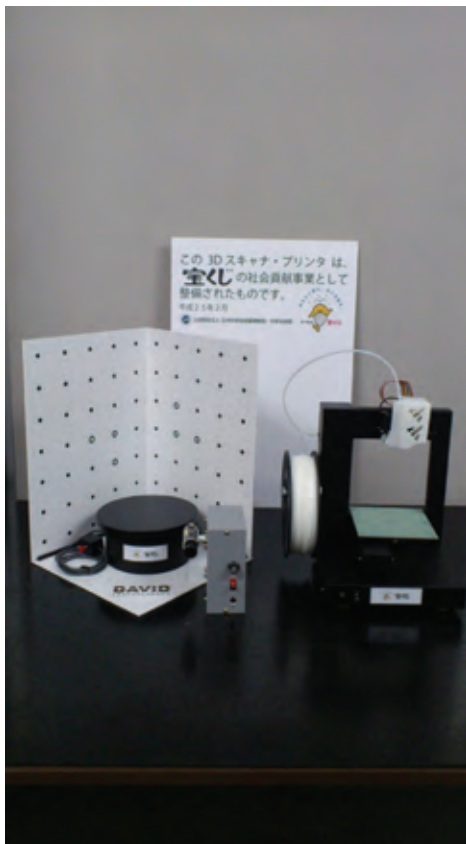


写真 3 3D スキャナ・プリンタ

2-2 測定装置類

物理分野として最高倍率 3 万倍程度の能力を有し、タッチパネルを採用し簡便な操作性を有し、試料設置後、数分程度の真空引き時間で使用可能な SEM 型電子顕微鏡を 2 台（写真 5、6）及び、ハイスピードカメラとマイクロスコープ機能を有する測定器（写真 7）を 1 台調達した。化学分野では、測定対象の物質に赤外線を照射し、透過（あるいは反射）光を分光することでスペクトルを得て、対象物の特性を知る測定器である FTIR 装置（写真 8）を 1 台調達した。生物学分野では、CCD カメラを使用すると顕微鏡画像をモニタ出力することができる位相差顕微鏡（写真 9）を 4 台調達した。東日本大震災により食物の放射能汚染について安全安心に社会の関心が高まっている。そこで、科学技術館としてこの社会の要請に応えるべく、スクリーニングシステムとして機能し、食品中の放射能（セシウム）を 3.7~1,000,000Bq/kg の範囲で測定可能な教育用食品放射能測定システム（写真 10）を 2 台調達した。その他、電子工学分野や各種電子工作等に活用する小型で軽量のオープンソースのオシロスコープ（写真 11）を連続講座の定員（20 名）分調達し、実験スタジアム L に設置した。

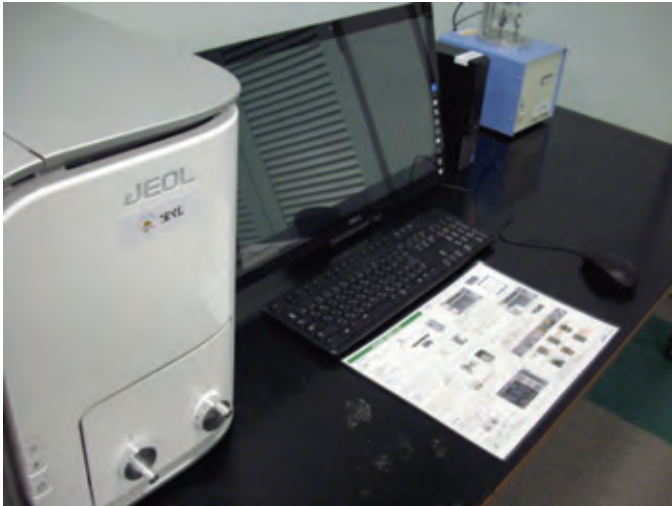


写真5 卓上走査型電子顕微鏡



写真6 日立卓上顕微鏡



写真7 ハイスピードマイクロスコープ



写真8 FTIR 装置



写真9 位相差顕微鏡 (4台)



写真 10 教育用食品放射能測定システム (2台)



写真 11 オシロスコープ (20台+予備1台)

3. カリキュラム開発と施行

3-1 開発方針

新学習指導要領に準拠した中学理科の理科教科書の内容を基に、科学的な視点と実験を中心としたプログラム開発をコンセプトに掲げ、学校の授業では取り扱わない発展的な内容となるようプログラムの開発を実施した。また、本連続講座のコンセプトである、科学史観を醸成させるため歴史的な実験とその結果を紹介、理解し鑑賞する態度を養うための講座進行を立案した。

3-2 連続講座のテーマ設定と施行プログラムの開発

連続講座のテーマとしては、物理、化学、生物学の各分野で、科学的に観てその後の科学の発展に大きく寄与した代表的なテーマについて事前の調査、検討を行った。その中から本助成事業での試行プログラムとして、物理分野から中学理科第1分野の光の性質、レンズをテーマとし、連続講座「実験で学ぶ科学の400年 “ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～”」と題するプログラム開発を実施した。

「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～」の概要は、光の性質からレンズの働きを学び、光学顕微鏡の限界と電子顕微鏡による超微細な世界の観察を通し、現代物理学の成果として「光の波動性と粒子性」という2つの性質を理解することを目的とした。本講座の作成においては、東京理科大学理学部第一部物理学科、川村康文教授に監修していただいた。

3-3 講座の試行

科学技術館発行(毎週水曜日)のメールマガジンにて4週にわたり講座の開催と受講者募集の告知を行い、2月20日の締め切り時点での応募者数は23名で、年齢層は13歳から52歳と幅広い受講者の申し込みがあった。試行日の2月23日(土)は、受講者20名による講座の試行となった。

実施した「ミクロの世界を探る道具 ～顕微鏡編～」講座の概要は次のとおり。

- (1) 「見える」ということの4理解
光の直進性、光の反射、光の屈折
- (2) 凸レンズの性質
- (3) 光学顕微鏡の原理
- (4) 科学史探訪
光の性質、レンズの歴史、望遠鏡の発明、光の屈折
光の分光、光の干渉、光の速度、電磁波、光の波動性と粒子性
- (5) 電子顕微鏡の操作実習

講座試行後、アンケート調査を実施したところ、光に関する科学史を辿りながら連続講座を展開する手法については、受講者の80%からとても面白かったとの回答を得た(図1)。光についての実験演示の内容については、受講者の95%以上から面白かった・とても面白かったとの回答を得た(図2)。このことから、従来の教科、単元別のカリキュラムと比較して、科学史を辿りながらテーマを徹底的に追究、鑑賞するという「実験で学ぶ科学の400年」のコンセプトは、受講者のニーズにマッチしたものであり、光に関する科学史を系統的に解説する手法を用いると、現代物理学の到達点である量子論の概要までも無理なく受講者が理解可能であることが確認できた。



写真 12 講義風景

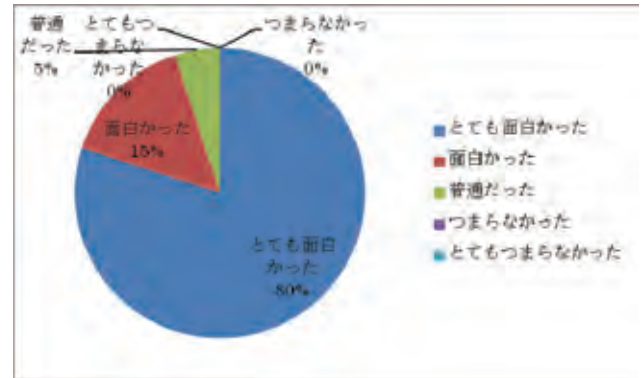


図 2 連続講座に関する受講者アンケート (回答 n=20)
質問 2: 光についての実験内容はいかがでしたか?

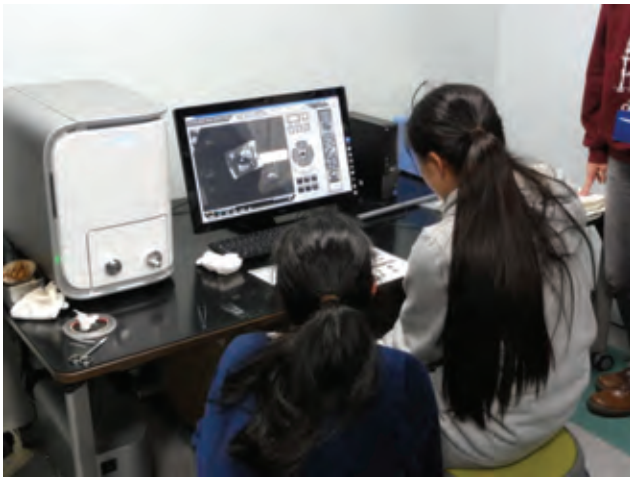


写真 13 電子顕微鏡で観察

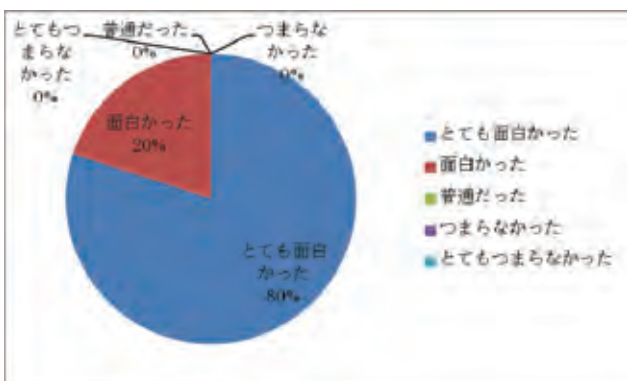


図 1 連続講座に関する受講者アンケート (回答 n=20)
質問 1: 光に関する科学史を辿りながら連続講座を展開する手法はいかがでしたか?

3・4 連続講座に関する参加者の感想 (自由記述を抜粋)

- ・光の性質を、科学史を通してよく理解することができた。今までなんとなくわかっていたような(でもわからなかったような)ことが理解できて「スッ!」とした。
- ・話の展開が面白く楽しんで聞くことができた。光については知らないこともあり、とても参考となった。普段はできないようなことばかりでよい体験になったと思う。ありがとうございました。
- ・光の性質や凸レンズは学校で習って知っていたが、光そのものの正体や、粒なのか波なのかといった話題は知らなかったので、今日の講座でそれらが学べてよかった。電子顕微鏡では、鉱物である黒雲母を見たが、外見とは全く違う一面が見られてとても良い経験になった。ありがとうございました。
- ・電子顕微鏡を使ったことをやりたい。いろいろと見てみたい。今日は、ありがとうございました。
- ・なかなか使えない電子顕微鏡を使わせてもらえて嬉しかった。光の屈折などの勉強も出来てよかった。
- ・面白く光に関する実験や科学史を紹介していただき勉強になった。小学校で理科を教えているので、授業やクラブで本日も紹介いただいた実験も取り入れていきたいと思う。ありがとうございました。
- ・とても楽しく 5 時間もあったとは、とても思えなかった。
- ・とっても楽しく、たくさんの事を理解することができた。第 2 回の講座もあつたら行きたい。ありがとうございました。

4. 今後の展開

連続講座「実験で学ぶ科学の400年」の今後のプログラム開発は、2013年度において物理学のみならず、化学、生物学等に関する様々なプログラムの開発と試行を繰り返し、受講者のニーズにそった内容となるよう充実を図り、引き続き2014年度も本格運用を行う予定である。また、本事業で整備した各種工作機器類、測定装置は、中学・高等学校の先生方や多くの生徒たち、理科クラブで幅広く利用ができるよう各種講習会の開催や、研究テーマの募集と成果発表会等のプログラムを整備し、科学技術系人材育成と今後の科学技術館の運営に寄与したいと考えている。

(2014年1月31日受付)

教員のための理科実験スキルアップ講座 ～ベテラン教師による実践的理科実験極意の伝授～ 東京応化科学技術振興財団「科学教育の普及・啓発助成事業」

桃井 直美* 池田 泰江* 棚橋 正臣*

要旨

学級担任として理科を教える教員の約5割は、理科の指導に苦手意識を感じていると言われており、理科の観察、実験の手引きなどもまとめられているが、苦手意識を克服することは困難である。そこで、危機意識を持った「青少年のための科学の祭典」全国大会の実行委員の先生方が、2012年度から実践的な理科実験の講習会を開催している。

キーワード：スキルアップ、教員研修、理科実験

1. 目的、概要

青少年の科学技術人材育成には、理科を教える教員の理科指導力を向上することが不可欠であり、「青少年のための科学の祭典」に、進んで出展演示するような教員を育成することが、子どもたちの科学技術への興味・関心を高めることに寄与する。

教員の理科指導力の向上を図ることにより、学校においては実験をする機会を増やし、イベントなどの理科実験教室においては、質の高い理科ボランティアによる社会教育の機会を増やし、科学教育・理科に興味を持った青少年を育成するための普及・啓発活動の活性化が期待できる。

そこで、豊富な教師経験と確かな理論的裏打ちや、細かな実験演示のテクニックを持っている「青少年のための科学の祭典」全国大会の実行委員の先生方(以下、「実行委員」という)が講師役を務め、授業や社会教育活動でも役立つ実践的な理科実験の講習会を開催した。

2. 事業内容

「教員のための理科実験スキルアップ講座～ベテラン教師による実践的理科実験極意の伝授～」と題して、2012年の6月から10月にかけて、科学技術館の実験スタジアムにおいて、化学分野、物理分野、地学分野の3回の講座を実施した。なお、各講座の本番に向けて、予備実験を含むリハーサルを行い、講義内容の確認と実験内容の試行により、改善点について、参加した実行委員の間で検討し、本番に向けて講座の完成度を高めた上で実施した。

2-1 実施日程及び内容

(1) 教員のための理科実験スキルアップ講座

(化学分野) リハーサル

日程：2012年5月26日(土) 13:00～18:00

出席者：実行委員8名、財団3名

内容：6月23日(土)の本番の講座の内容の確認のために、講義内容と実験内容をシミュレーションして、課題箇所を洗い出し、講師役と補助スタッフ役の実行委員の間で、役割分担を決めた。

(2) 教員のための理科実験スキルアップ講座

(化学分野)

日程：2012年6月23日(土) 12:00～18:00

(講座は14:00～16:00)

参加者：小中学校の教員及び理科支援員等13名

講師及び補助スタッフ：実行委員11名、財団2名

講師：品川区立豊葉の杜中学校・山口晃弘先生
講義や実験の主な内容：

① 酸素の発生と性質

- ・気体誘導管の製作
ソフトシリコンせん、シリコン管、L字管、コルクボーラー
- ・水上置換法での捕集
- ・酸素の性質調べ

② 二酸化炭素の発生と性質

- ・水上置換法での捕集
- ・水溶性を調べる実験
- ・重さくらべ

③ 水素の発生と性質

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 人財育成部
〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1

- ・生徒をひきつける安全な爆発実験
- ・上方置換での捕集



写真1 化学分野講義の様子



写真2 気体誘導管の製作(化学分野)



写真3 水上置換法での捕集(化学分野)

- (3) 教員のための理科実験スキルアップ講座
(物理分野) リハーサル
日程 : 2012年7月14日(土) 10:00~14:00
出席者: 実行委員 6名、財団1名
内容 : 8月18日(土)の本番の講座の内容の確認のために、講義内容と実験内容をシミュレーションして課題箇所を洗い出し、講師役と補助スタッフ役の実行委員の間で役割分担を決めた。
- (4) 教員のための理科実験スキルアップ講座
(物理分野)
日程 : 2012年8月18日(土)
12:00~18:00 (講座は14:00~16:00)
参加者: 小中学校の教員及び理科支援員等10名
講師及び補助スタッフ: 実行委員10名、財団2名
講師 : 神奈川県立相模大野高等学校・平野弘之先生
講義や実験の主な内容:
- ① 電気のプラスとマイナス
 - ・静電気と電流
 - ・電気のプラスとマイナス
 - 「静電気」の立場からの定義
 - ・帯電体にはたらく力〔演示実験〕
 - 「電流」の立場からの定義
 - ② 静電気の性質
 - ・静電気と摩擦電気
 - 帯電体
 - ・はく検電器〔演示実験〕
 - ・クーロンメーター〔演示実験〕
 - 摩擦電気を発生しやすくするためには
 - 摩擦電気の発生のおくみ
 - ・2物体の分離〔演示実験〕
 - 効率的に帯電させるには…
 - ・「摩擦」のしかた
 - ・静電気の性質
 - ③ 電流の性質
 - ・「回路」と「つなぎ」
 - 回路: 電流が流れる道すじ
 - つなぎ: 「接続」の意味
 - 直列回路と並列回路
 - ・電流の確認(向きと大きさ)
 - 電流は何を使って調べるのか
 - ・乾電池の個数と新古〔演示実験〕
 - ・電流の確認の実験〔班別実験〕
 - 電流計の使い方
 - ・電流計の接続方法〔班別実験〕
 - ・回路の各点を流れる電流〔班別実験〕
 - 電圧計の使い方(その1)
 - ・電圧計の接続方法〔班別実験〕
 - ・回路の各区間に加わる電圧〔班別実験〕

- 「電流、電圧、抵抗」の関係
- 電圧計の使い方(その2)〔演示実験〕



写真4 物理分野講義の様子



写真5 はく検電器（物理分野）



写真6 電流計の使い方・電圧計の使い方（物理分野）

(5) 教員のための理科実験スキルアップ講座

(地学分野) リハーサル

日程 : 2012年9月1日(土) 13:00~18:00

出席者: 実行委員7名、財団1名

内容 : 10月13日(土)の本番の講座の内容の確認のために、講義内容と実験内容をシミュレーションして、課題箇所を洗い出し、講師役と補助スタッフ役の実行委員の間で、役割分担を決めた。

(6) 教員のための理科実験スキルアップ講座

(地学分野)

日程 : 2012年10月13日(土)

12:00~18:00 (講座は14:00~16:00)

参加者: 小中学校の教員及び理科支援員等12名

講師及び補助スタッフ: 実行委員6名、財団2名

講師 : 関東学院中学校高等学校・渡邊雅人先生
神奈川県立西湘高等学校・相原延光先生

講義や実験の主な内容:

- ① 日本列島の火山分布(火山帯)の特徴
 - ・火山帯と日本列島
 - ・マグマが発生する原因
- ② 噴火の様子と噴出物
 - ・火山爆発の程度
 - ・マグマから生じる火山噴出物(火山噴出物の多様性)
 - 火山噴出物(火山灰・火山れき・スコリア・火山弾・軽石・ペレの毛・ペレの涙)
 - ・火砕流とは何か
 - <観察実習> 火山灰(東京軽石・クリスタルアッシュ・桜島の火山灰・始良火山灰)
 - ※東京軽石火山灰の洗い出し、双眼実体顕微鏡を用いて上記火山灰を観察し、鉱物を拾い出して鉱物標本をつくる。
 - ・火山灰の影響
- ③ 火成岩の成因とつくり
 - ・火山岩と深成岩ができる場所
 - <観察> 火成岩の観察
 - 石基・斑晶がはっきりわかる火山岩標本 → 初島の玄武岩
 - 等粒状組織が観察しやすい深成岩標本 → 中国広東省の花崗岩
 - 日本列島の代表的な火山岩の標本 → 雲仙普賢岳のデイサイト

3. 成果

2012年度は、初めて「教員のための理科実験スキルアップ講座～ベテラン教師による実践的理科実験極意の伝授～」と題した3回の講座を開催し、日頃、「青少年のための科学の祭典」全国大会の実行委員として、理科実験を演示する出展者をサポートしていただいている中学・高等学校の理科の先生方に、講師役や補助スタッフとして本講座を運営していただいた。これは、小学校現場においては、理科実験を苦手とする教員が5割を超えているということ、また、実行委員からも、後輩教員の理科実験における基本的な手技の経験不足や、理論の理解等、指導力の低下が懸念されるということで、今回の「ベテラン教師による実践的理科実験極意の伝授」となったものである。

小学校の先生の多くは、教育学部の出身であり、文化系であるために理科についての知識と実験に対する経験が少なく、実際の理科の授業で実験の背景を含めた説明まで行うことは難しい。また、理科の実験は、準備と片付けにも時間が必要であり、理科専門の教師でないと、敬遠したくなることも理解できる。今回の講師の話によると、高校の理科教師からの意見は、教科書の内容更新に反映されているが、中学の教科書の場合は、中学校の理科教師からの不備な箇所の指摘が少なく、教科書への反映がされていないのでは、との指摘があった。教科書に記載してあるとおりに実験を行っても、上手く結果が出なくては、理科実験が得意でない教師にとっては、益々、実験から遠のく一因になってしまう。

2012年度の講座では、化学、物理、地学の各分野を担当していただいた講師から、教科書の記述の不十分な箇所の具体的な指摘や、記述のとおりの実験では良い結果が得られない場合があることも、実際に実験を通して確認した。

たとえば、物理の講義では、帯電体を使った実験で、ある教科書では回転台の工夫として、ゼムクリップとストローを使って静電気による力を調べるものがあるが、実際に実験を行ってみると、摩擦力が大き過ぎて、現象を把握し難い方法が記述されており、図1に示すような、ようじとストローを使った回転台で実験を行った方が、容易に静電気による現象を把握できることなどを確認した。



写真7 地学分野講義の様子



写真8 火山噴火の動画映像を使った講義（地学分野）



写真9 雲仙普賢岳の噴火の説明（地学分野）

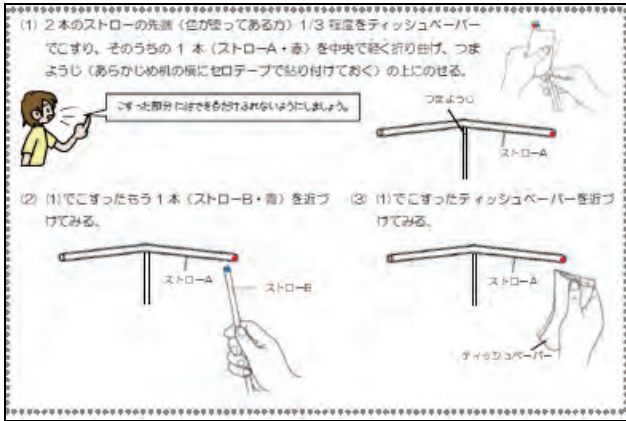


図1 ようじとストローの回転台

また、電流の確認において、小学校では、乾電池の数で豆電球の明るさが変わることを学んでいるが、それを踏まえて、中学校では、電流の有無や大小の判断に豆電球を使ってよいのか（本来は電流計を使うべき。豆電球の定格の確認。点灯しなくても電流は流れる）、なども指摘された。

地学の講義では、噴火の様子と火山噴出物の説明として、ある教科書では火山灰、溶岩流、火砕流などを同じ図で説明しているが、実際には、火山ガスの量によってこれらの現象が変わることを説明する必要があることなどが指摘された。

各講師からは、実験方法のポイントをわかりやすく、講義の中で実例を挙げながら、具体的に説明をしていただき、どの講座の参加者からも、「とても役に立った」、「とてもわかりやすかった」、「また参加したい」等の回答をいただき、講座への参加の目的を達成することができた様子が伺えた。講座に参加していただいた方には、習得した実験のノウハウを、学校教育の実務や理科教室を実施する際に、大いに役立てていただけるものと考えている。

講座では、現役で教壇に立たれているベテランの理科教師の方々に、講師として講義と実験を伝授いただき、参加者の方々に有益な経験となったが、各自治体の教育委員会ごとに、たとえば、退職した経験豊富な理科教師が、若手の教員に対して、同様な講座を行うなどの仕組みがあると理科離れ教員を少なくできるのではないだろうか。

各講座ともに2時間枠での講義と実験であることから、1回の講座で扱うことができる範囲としては、学習指導要領の一部の項目であること、講義と実験や観察等を時間内に実体験しながら、効率よく習得するには、時間配分等、まだ検討の余地も考えられる。また、参加者が常日頃疑問に思っていることを教師に質問をする時間を設け、ベテランの講師には、当然として気付かなかった疑問にも対応する時間等も設けたいと考える。

参加者からは、他教科や他の項目についても、ぜひ受講したいとの要望があり、2012年度は生物分野についての講座が無かったので、2013年度は新たに生物分野を加えて、

物理・化学・生物・地学の4分野の講座が実現した。今後も講座をシリーズ化して、さらに多くの理科実験のスキルアップに役立つ内容を企画し、本講座の知名度を上げつつ、理科が少し苦手な教員の方々の役に立つことを使命として継続させたいと考えている。

また、本講座に織り込まれている実験のノウハウについては、教科書の改善にも役立ち、参加できなかった教員にとっても有益なものであるので、回を積み重ねるとともに、内容の取りまとめについても、各講師と検討をしていきたい。

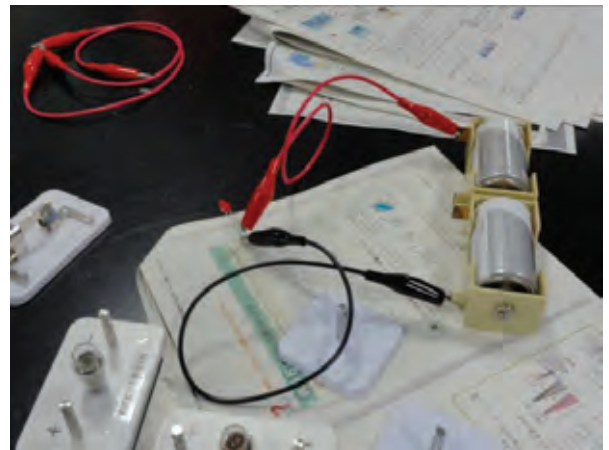


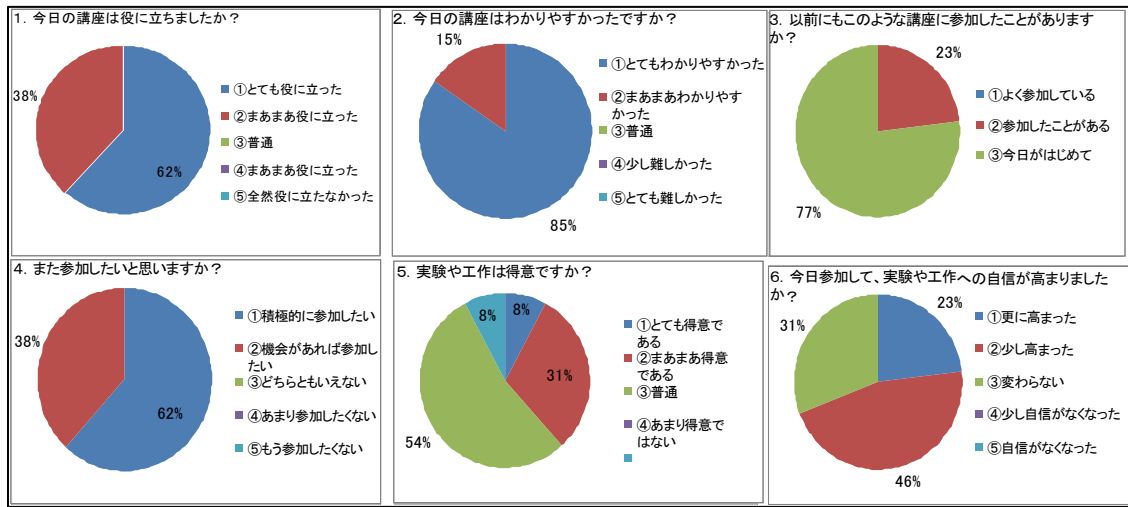
写真10 電流の確認（向きと大きさ）（物理分野）



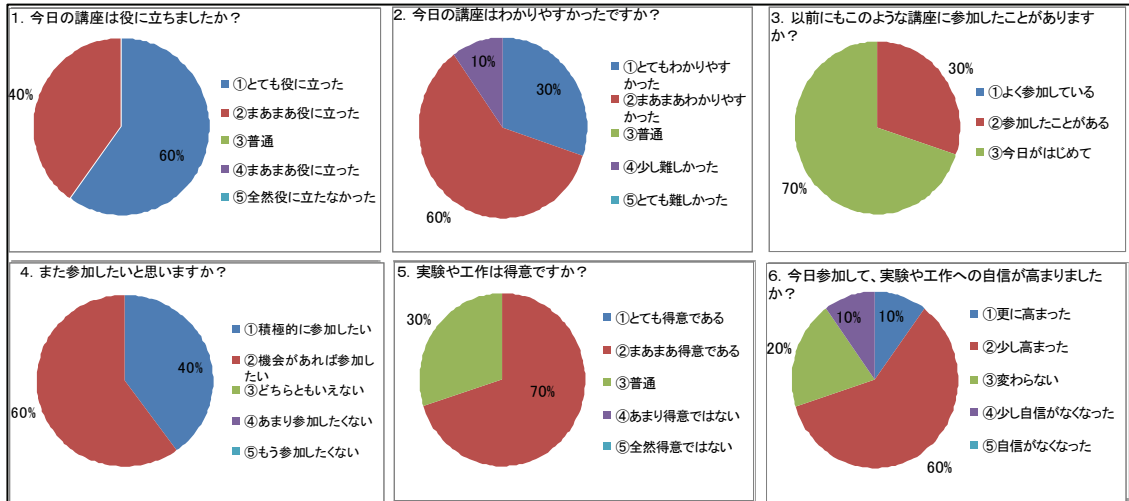
写真11 火山灰の洗い出し（地学分野）

以下、2012年度の各講座のアンケート結果を示す。

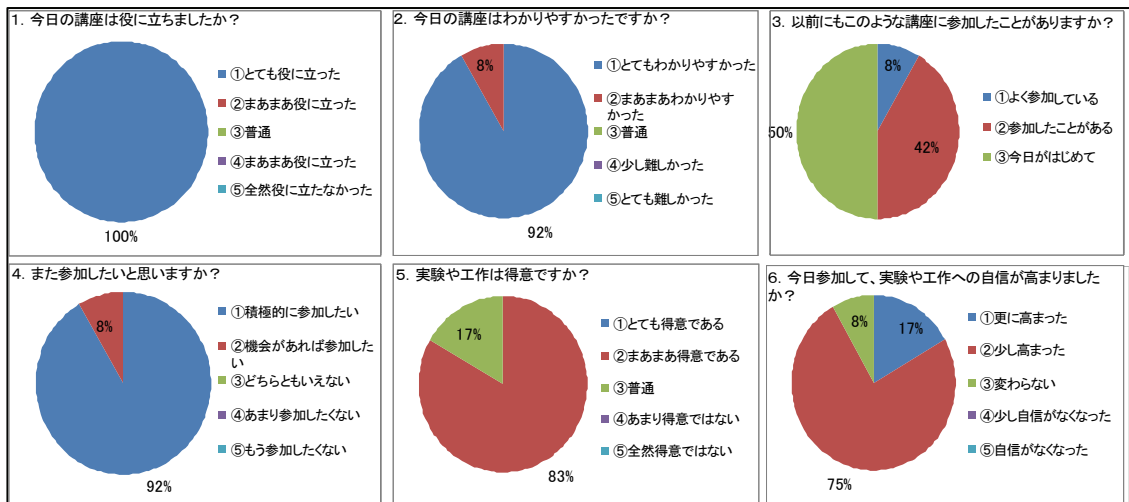
(1) 化学分野



(2) 物理分野



(3) 地学分野



(4) 参加者からの意見

- ・ 実験の際の細かな留意点がわかり、とても参考になりました。
- ・ 普段よく行う実験のちょっとしたテクニックを知ることができて、とても勉強になりました。
- ・ 別の分野もぜひ参加したいと思っています。
- ・ 生物領域の観察・実験では、使う物が生物であり、生物の状態によって結果が変わってくると思うので、そのことも伝えて欲しいです。
- ・ 生物実験のセミナーもぜひお願いします。
- ・ 地学分野の内容なども積極的に実施していただけたら幸いです。
- ・ 大変勉強になり、ありがとうございました。
- ・ 次回意向も参加させていただきたく思っております。
- ・ 苦手な分野が多いので、基礎的なことから教えていただけたらうれしいです。
- ・ 電磁気についても学びたいです。
- ・ 楽しい講座をありがとうございました。
- ・ 情報交換会もあるとウレシイです。
- ・ 実物を有効に活用して、自然の長い時間かけて育まれてきた産物であることを強調して伝えたいと思います。
- ・ 大変勉強になりました。今回の講座は都中理からの案内で知ったのですが、他分野についても来年度に受講させていただきたいと思います。
- ・ 長時間で学びたい。
- ・ 少々早くて、もっとゆっくり観察したかった。
- ・ もっと長くても良いのでゆっくり聞きたかったです。
- ・ 地学、物理は苦手分野なので、いろいろな講座をひらいていただけたらうれしいです。
- ・ 盛りだくさんの内容で、とても勉強になりました。

(2014年2月12日受付)

デジタル教科書・教材を活用した学習環境に関する調査研究報告

高原 章仁*

要旨

2011年度からデジタル教科書・教材を活用した実証実験である総務省の「フューチャースクール推進事業」及び文部科学省の「学びのイノベーション事業」が実施された。また文部科学省の「教育の情報化ビジョン」では、情報通信技術を効果的に活用したわかりやすい授業の実現が唱えられた。このような状況の中、学校現場では情報機器の整備とともに、教育ツールとしてデジタル教科書・教材の活用が求められている。そこで今回、国内外のデジタル教科書・教材の活用状況、児童やその親のデジタル教科書・教材に対する意識を知ることを目的として調査を行った。

キーワード：デジタル教科書、デジタル教材、フューチャースクール推進事業、学びのイノベーション事業、教育の情報化ビジョン

1. はじめに

情報通信技術を効果的に活用したわかりやすい授業の実現を目指して、2011年度から総務省の「フューチャースクール推進事業」、文部科学省の「学びのイノベーション事業」の実証実験が開始された。新学習指導要領改訂の影響もあり、教科書・教材をデジタル化する動きが急速に進んでいる。ただしこのような流れは、学校現場のニーズというよりも、ハードのインフラ整備や教科書・教材作成を担っている民間企業のビジネスニーズの感も否めない。

2011年に当財団で実施した小学校教員に対する調査結果^①によると、デジタル教科書・教材に対して、「興味を持っているが、まだ見たことがない教員が多い」、「現場の先生にデジタル教科書・教材への期待感がある」、「導入に関しては情報が少なく、判断しかねている」、「デジタル教科書・教材の導入で課題の解決が図れそう」といった不安混じりの期待感が表れる結果となっている。

このような状況を踏まえ、国内外のデジタル教科書・教材の活用状況、児童やその親のデジタル教科書・教材に対する意識を知ることにより、今後の博学連携のツールとして活用できるか、その基礎資料とすることを目的に調査^②を実施した。

2. デジタル教科書・教材

まずデジタル教材に関して言えば、ここ最近急に出てきたものではない。コンピュータを利用して子どもたちそれぞれの理解度に応じた学習内容、個別指導を実現する教育システム提供する試みはCAI [computer assisted(aided) instruction] と呼ばれ、20年以上前から実施されている。CAIについては定型的な知識蓄積型の学習に向いているこ

とが指摘される一方で、探求型学習等において多くの課題が指摘されている。しかし、ハードウェアの進歩、ソフトウェアに関する様々な教育工学的知見が現在得られており、探求型学習においても学習効果を見出せるようになってきた。また、従来の紙ベースでの教育・学習では難しかった協働型学習における有意性も指摘されるようになってきた。

世界の教育・学習動向を見ても、デジタル教科書・教材の今後の活用に期待が集まっている。ただし、ともすると、デジタル機器を使うことが目的のような錯覚に陥る傾向もある。デジタル教科書の導入に当たって、情報処理学会など理数系の8つの学会は、「『デジタル教科書』推進に際してのチェックリストの提案と要望」を作成し文部科学省に提出している。その中には、「デジタル教科書」の活用は、教育における重要な課題であり、日本の教育を高めていく上で必須のものであると理解し、活用に取り組むことにやぶさかではないが、「デジタル教科書」は、あくまでも教育の手段であり、その活用目的は教育を高めていくことであり、特に初等中等教育における「デジタル教科書」の活用に関しては、生徒・児童の発達過程及びその教育内容との関連についてこれまでに行われてきた検討・試行・研究を、技術の進化を踏まえて、さらに深めていく必要があるとしている。

現在、多くの学校にインターネット回線が入り、また電子黒板が設置され、インフラ整備が進む中で、(図1、図2、図3参照)、児童生徒1人に情報端末1台といった環境に向けた整備に着手する学校もあらわれてきた。また、教科書業界も、プロジェクトで教科書を表示する「デジタル教科書」の開発・研究が行われ、指導者用として2004年に光村図書出版が「小学校国語デジタル教科書」、大日本図書が「小学校算数IT活用編」を発行した。さらに翌2005年には、中学校教科書の多くがデジタル化された。

しかし、紙媒体として編集された教科書をそのままデジ

*公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館 経営企画室
〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1

タル化しても、授業が旧態依然ではデジタル化のメリットは低い。デジタルが持つ特徴を活かした授業を学校現場、先生が授業として実施することが求められている。

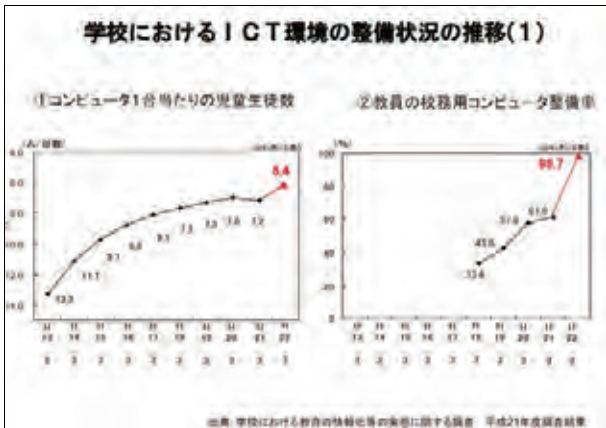


図 1 学校における ICT 環境の整備状況の推移(1)

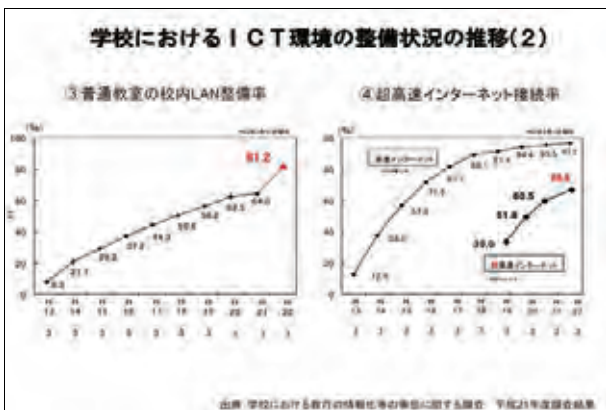


図 2 学校における ICT 環境の整備状況の推移(2)

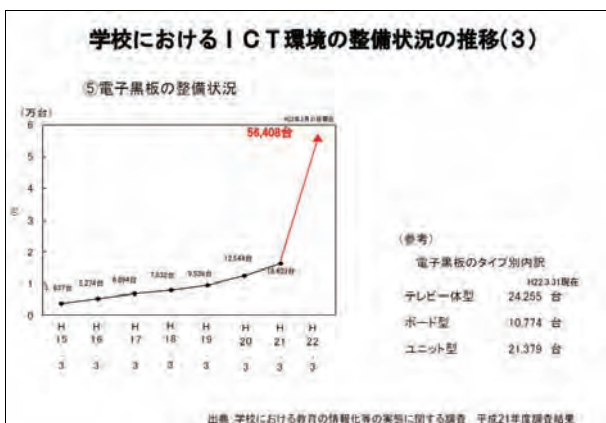


図 3 学校における ICT 環境の整備状況の推移(3)

では、デジタル教科書・デジタル教材を授業に導入するメリットは何であろうか。文部科学省が作成した「教育の情報化ビジョン ～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～」(2011 年 4 月 28 日に公表)には、次のように記載されている。

いわゆるデジタル教科書は、「デジタル機器や情報端末向けの教材のうち、既存の教科書の内容と、それを閲覧するためのソフトウェアに加え、編集、移動、追加、削除などの基本機能を備えるもの」であり、主に教員が電子黒板等により子どもたちに提示して指導するためのデジタル教科書(以下「指導者用デジタル教科書」という。)と、主に子どもたちが個々の情報端末で学習するためのデジタル教科書(以下「学習者用デジタル教科書」という。)に大別される。現在、教科書発行者から発行されているのは、いずれも指導者用デジタル教科書である。また、これは教科書に準拠しているものの、法令上は、教科書とは別の教材に位置付けられる。

デジタル教科書は、教科書の紙面を単に電子化したものだけではなく、編集、移動、追加、削除など、情報を加工できるメリットが明示されている。その他、ここには記述がないが、写真や地図データ等の拡大提示や、音声や動画の活用等様々な活用のしかたができるようになっている。ただし上記の文章に記載があるが、現在のところ、法令上は、デジタル教科書は教科書ではなく教材と位置付けられている。

「教科書」とは、文部科学省において検定が必要であることはもとより、検定以外にも、教科書発行者の指定制度や教育委員会による教科書の採択制度、教科書無償供与制度など、教科書に関わる多くの制度が法律によって定まっており、デジタル教科書は現行の法制度では教科書とはならないのである。

とはいえ、従来の紙媒体の教科書は様々な問題を抱えている。例えば、教科書の統計データ等の更新である。紙の教科書は、教科書作りが始まってから実際に児童・生徒が新規教科書を使用するまでに 2 年以上の年月がかかっている。「生きる力」を育むという新学習指導要領の理念からすると、現在の変化の激しい社会の中では時代遅れのデータを用いた教科書になりかねない。さらに述べるなら、学習指導要領の改訂に合わせて教科書の内容が大幅に変わるが、指導要領の改訂からその次の改訂までの間の約 10 年間は、大きな変更ができない点も見逃すことはできない。

現在を生きる力を育むためには、静的な紙の教科書では情報の更新が社会の変化に追いつかないのである。この点、動的にデータ更新が可能なデジタル教科書は大きなアドバンテージがある。

このようなアドバンテージを踏まえ、すべての小中学生がデジタル教科書を持つという環境を実現するために、「デジタル教科書教材協議会」(DiTT)というコンソーシアムが 2010 年に設立された。DiTT では、以下のようにデジタル教科書・教材を定義し、アクションプランやビジョンの策定、政策提言、実証実験、普及啓発などを行っている。

DiTT が掲げるデジタル教科書・教材の定義は以下のとおりである。

『デジタル教科書・教材』とは、教科書や教材といったコンテンツやアプリケーションだけでなく、それを使う端末、機材やソフトウェア環境、ネットワーク・システムなどを含む『デジタル技術による総合的な教育・学習環境』をさすもの。

また DiTT は、政府が掲げる「2020 年度までにデジタル教科書を普及達成」とする目標に対し、近隣のアジアや海外諸国の取り組み、並びに低調な日本経済と国際競争力の状況等から、政府目標を 5 年前倒しにした 2015 年度までのアクションプランを作成し、次の 3 つの目標を掲げた。

- ① 全小中学生に情報端末を配布
- ② 全教科のデジタル教材を開発
- ③ 全授業のうち約 3 割での利用

DiTT 事務局長の中村伊知哉氏は、「昔の学校には、理科室には顕微鏡、音楽室にはピアノ、視聴覚教室にはテレビやビデオなど素敵なものワクワクするものがいっぱいあったが、今の学校にはありますか。ICT を導入して子どもたちがワクワクするような環境を学校に作りましょう。」と説明し、2015 年 4 月までに 1,000 万人の子どもたちにデジタル教科書が整備できるよう、政策提言⁽⁴⁾を発表している。

このような民間の動きがある一方で、2011 年度から文部科学省の「学びのイノベーション事業」、総務省の「フューチャースクール推進事業」が開始された。

「学びのイノベーション事業」の目的は、情報通信技術の特性（時間的・空間的制約を超える、双方向性を有する等）を生かすことによって、一斉学習に加え、子どもたち一人一人の能力や特性に応じた学び（個別学習）、子ども同士が教え合い学び合う協働的な学び（協働学習）を推進し、グローバル化する 21 世紀の知識基盤社会を生き抜く子どもたちに必要な力を育むことである。

一方「フューチャースクール推進事業」の目的は、総務省と文部科学省との連携により、教育分野における ICT の効果的な利活用を促進するため、情報通信技術面を中心とした検証を行い、有効性を検証するとともに、教育分野の情報化のためのガイドライン（手引書）をとりまとめ、教育現場の実態に即した、ICT による教育改革（協働教育システムの実現）を推進することである。

このような事業を推進する中で様々な実証試験が行われ、デジタル教科書のメリットとデメリット（危惧・懸念）が以下のとおり明確になってきた。

デジタル化のメリット

- ・映像や音声の再生、文字の拡大表示等でわかりやすくなる
 - ・紙ではできない工夫を盛り込むことで楽しくなる（学習意欲の向上）
 - ・オーディオビジュアル機能を使って創作や表現が容易にできる
 - ・算数の計算や漢字の読み書き、英単語の習得といった反復学習に最適
 - ・ネットワーク化することでお互いの情報を共有できる
 - ・世界とコミュニケーションできる
 - ・学習履歴等の記録
 - ・個別対応が可能
- 等

デジタル化のデメリット（危惧・懸念）

- ・わかった気になり、考えなくなる
 - ・手を動かさなくなる（頭や手を使う筆算や漢字、英単語の書き取り、観察、実験等）
 - ・自分の手と頭を使って答えを出すことができなくなる
 - ・機器、インフラ等にコストがかかる
 - ・機器の不具合や故障等で授業が進まなくなる
 - ・視力をはじめとして健康に悪影響を与える恐れがある
 - ・教育効果は未知数
- 等

様々な実証試験を行う中で、教科書をデジタル化することにより、紙の教科書・教材ではできなかった、あるいはなしえなかった授業設計ができるようになり、学習効果の改善が図れることがわかってきた。その反面、利用したのために今までできていたことができなくなる、更には子どもたちの発達に対して負の影響がでてしまう課題も見えてきた。とはいえ、デメリット部分は改善するための方策があり、それ以上に教科書をデジタル化することによる教育効果は大きいと考えられる。

ただし、現在のところ教科書のデジタル化の議論が、教育界、学校現場のニーズから生まれているとは言い難い部分もある。ハードのインフラ整備や教科書・教材作成を担っている民間企業のビジネスニーズの観点はややもすると先行している。明治大学教授の齋藤孝氏が「文字・活字文化の将来とデジタル教科書を考える」と題したシンポジウムで「デジタル教科書・教材は、あくまでも教育の手段であり、目的ではない。現場の教師が効果を実感し、導入を希望する形でデジタル化が進むのなら良いが、『何年に導入』という形で先に結論が決まってしまうのはおかし。実績を積み上げて、現場にどんどん使ってみたいと思わせることが大切である。」ということを述べたそうだが、そのとおりだと思う。ただし保護者の方々は、子どもに情報化社会に適応する能力として ICT のスキルを身につけて欲しいとの期待があり、教育の情報化ビジョンを推進

して欲しいと思っている傾向もある。

学校教育へのデジタル教科書・教材の導入は、教育現場のニーズ、企業のビジネスニーズ、そして親の情報教育に対する期待があいまって、非常に微妙なバランスの上になりつつあることがわかる。ただし基本は、21世紀を生き抜く子どもたちを育むために、教育の在り方・在り様を考えたとき、今、何を子ども達が学ぶべきなのか、そのためにはどうすべきかを考え、実行することではないだろうか。

3. 事例紹介

3.1 海外事例

国の発展のためには人材こそが資源であるという観点から、アジア圏では、韓国やシンガポールが教育のICT化を国策として、1990年代から積極的に推進している。ICTを活用した学習をひと区切り5~6年のステップあるいはフェーズとし、学習を積み上げる形で、フィードバックをかけながら学習体系を構築している。またICTを利用した学習は、学校の中に閉じたものではなく、保護者を含む大人や地域社会を巻き込んだ形で進めている。

欧州ではイギリスが、やはり1990年代から国を挙げてICTの導入に取り組んでいる。学校教育では特にICT技能をきちんと身に付けさせることが重視されており、義務教育の中でICTは必修科目となっている。

他方、アメリカでは州によって教育制度や形態が大きく違うため、教育のICT化への取り組みは州により異なる。また政府・行政主導というよりは、ビジネスチャンスがあると見込んだ民間企業が先導してデジタル化を推進しているのが現状であり、例えばデジタル教科書のフォーマットの統一化などの動きは見られていないのが現状である。

3.2 国内事例

2009年12月に当時の原口一博総務大臣・内閣府特命担当大臣が、社会経済のあらゆる分野においてICTを利活用し、雇用問題や環境問題などで、持続的経済成長の実現を図ろうとするICT維新ビジョンを戦略骨子の一つとしたいわゆる「原口ビジョン」を発表した。その中で、2015年までにデジタル教科書をすべての小中学校全生徒に配布することを目標とし、官民が具体的な提案内容を作成した。

翌2010年8月、文部科学省から2020年までに実施する目標として「教育の情報化ビジョン（骨子）」を発表した。また、総務省の「フューチャースクール推進事業」の実証実験が2011年よりスタートした。また同じく2011年に「教育の情報化ビジョン」が文部科学省から発表⁽⁴⁾され、具体的な実現内容が決まり本格的にデジタル教科書の導入等教育のICT化が進められ始めた。

一方で、我が国は1970年代から、教育現場におけるコンピュータの利用等の研究、実証試験が進められてきている。

ここでは、国内の事例として、昭和50年代から学校にお

けるコンピュータ教育の利用について取り組んできた茨城県つくば市、「フューチャースクール推進事業」並びに「学びのイノベーション事業」の採択を受けた福島県相馬郡新地町、企業や団体等の助成を受け実証実験に取り組んでいる港区青山小学校、そしてデジタル図書の貸出しをしている千代田Web図書館の事例を取り上げる。

3.2.1 茨城県つくば市の事例

茨城県つくば市でコンピュータを使った教育が始まったのは1977（昭和52）年。つくば万博が開催される8年前である。一斉授業下における学習の個別化を図るためにマイクロコンピュータを利用したCAI・ATシステムを小学校に導入し、日本で初のコンピュータを使った学習がスタートした。10年後の1987年には中学校で、全教科においてコンピュータを活用した実践研究が進められ、CAI研究会「学校教育におけるコンピュータの多様な活用」が開催された。その後市内の学校が「100校プロジェクト（1994年）」、「新100校プロジェクト（1997年）」に選定され、インターネットを活用した教育を実践した。さらに、2001年に文部省の「先進的教育用ネットワークモデル地域事業」、2004年には科学技術振興機構の「教育用IT環境を利用した科学技術教育のためのデジタル教材活用共同研究」に参画し、同年には学校の教室だけではなく自宅からでもインターネットに接続して学習できる家庭学習支援システム「つくばオンラインスタディ」を導入している。

「つくばオンラインスタディ」はICT教育に関するつくば市の取り組みとして、全国的に際立っている活動である。「つくばオンラインスタディ」には小学校1年生から小学校6年生までの国語、算数、理科、社会の教材が合計2,000以上、中学1年生から中学3年生までの国語、社会、数学、理科、英語の教材が合計200以上用意されており、児童生徒は、これらの教材を活用して自分のペースで学習することができる。苦手な教科の問題を何度も繰り返し解いたり、得意な科目は学年関係なく先に進めたりできるようになっていて、場所や時間に捕われず、知識・理解力を深めることが可能である。

さらに「スタディノート」という活動も特徴的である。「スタディノート」は学校教育用グループウェアで、「ノート」、「掲示板」、「電子メール」、「データベース」の4つの機能から構成されている。「ノート」は写真や動画が貼れるメモ帳のようなもので、文字入力や描画だけでなく表・グラフの作成ができ、動植物の観察記録やポスター、発表資料の作成もできる。作成したノートは掲示板に掲示することで情報を市内の全小中学校で共有することもできるし、電子メールで先生にレポートとして送り指導してもらうこともできる。データベースにはマップ機能というものがああり、観察記録をマップに張り付ければGIS（地図情報システム）として教育現場で活用できる。

「つくばオンラインスタディ」、「スタディノート」はICT教育実践事例は、「つくば市ICT教育活用実践事例集」

としてとりまとめられ、公開されている。

またこれ以外にも、市内の全小中学校が参加できる、テレビ会議システムやグループウェアの電子掲示板を活用して、共同学習や研究所や博物館と連携した学習も行っている。

ICT を活用することでつくば市は、学校の壁を越え、子どもたちの学習内容や、ICT 教育に対する様々な意見、情報を交換することが可能な、学校、家庭、さらには地域を巻き込んだ教育環境を構築している。教育日本一を目指しているつくば市が推進する 4C（協働力：Community、言語力：Communication、思考・判断力：Cognition、知識・理解力：Comprehension）学習を育んでいく基盤を ICT が形成していると言える。

これらの取り組みは、「つくばだからできる」という声も寄せられるとのことだが、つくば市としては、5、6年に1回はどの地域でも行われる学校の PC 入れ替えられることから、入れ替えのタイミングに合わせて、デスクトップパソコンからノートパソコン、タブレット端末に変更するだけでも ICT の活用の場は広がるとの見解を示している。⁽⁶⁾

3.2.2 福島県相馬郡新地町の事例

2010年に小学校3校が総務省「地域雇用創造 ICT 絆プロジェクト」に採択され、小学校3～4年生には iPad、5～6年生にはタブレット PC が合計 421 台、並びに電子黒板、実物投影機が各 24 台、さらに ICT 支援員が各校3～4名配置された。また、2011年には、中学校が総務省の「フューチャースクール推進事業」並びに文部科学省の「学びのイノベーション事業」の採択を受け、中学生全員のタブレット PC、並びに各教室への電子黒板、学習支援システムが導入された。丁度機器が設置され事業がスタートする際に、新地町は東日本大震災により大きな被害を受けた。しかしそれに挫けることなく、町内の小中学校全校に ICT 支援員を配置し、授業での ICT 利活用を教員と ICT 支援員が協働して実施することで事業が本格的にスタートした。

ICT 教育導入に際し、新地町児童・生徒の学力の中で特に思考力、判断力、表現力等の活用力に課題があることが事前調査でわかっていた。そこで ICT の活用によって課題を克服するようにカリキュラムを作成した。ここで重要な役割を担ったのが ICT 支援員である。ICT 支援員席を職員室に用意し、教員とすぐに打合せができるようにした。このため教員の要望に合った教材作成や準備が円滑に作成でき、ICT 支援員が教員や生徒から信頼されることとなった。

また、小学校と中学校の一貫した情報教育という面を考慮し、各小学校が連携するための ICT 活用協議会と中学校の協議会を同時開催することとした。ほかにも、小学校での現状及び課題や方針と中学校での取り組みの相互理解や授業実践内容のノウハウ及び支援員日報をデータベース化し、それを小学校・中学校で相互閲覧できる ICT 支援員管理システムを構築し、教員と支援員が情報を共有することで、授業での ICT 活用を支えている。

実際の授業では、紙の教科書やノートと併用して ICT 機器を使っている。授業展開に合わせて ICT 機器の活用法を試行しながら使っている。協同学習では、意見の分類や発表場面での活用に多く使われる。自分の思考過程を記録できるデジタルの利点を生かし、考えた手順を見せながら発表し、共有するといった活用が現在定着している。

児童・生徒に対するアンケート結果ではコンピュータを使った授業は楽しいとの回答が 98%、電子黒板を使った授業はわかりやすいとの回答が 7 割近くである。

教員側も電子黒板がないと指導が難しい、子どもたちの学習に対する前向きさが変わった、授業時間を効率的に使えるようになったと回答している。

一方で、ICT 教育をいざ実施してみると、様々な課題が浮き彫りとなってきた。例えば電子黒板である。電子黒板は多機能で見やすさはあるが、以前からある黒板の半分を電子黒板が占有してしまう。このことから板書が非常にやりづらいついという声が上がった。このため、電子黒板を大きく移動することができるようにスライドレールの長さを伸ばして対策した。この他にも児童用デジタル教科書が動作不良を起こすケースや、無線 LAN が遅い、パソコンの稼働可能時間と充電時間の問題、児童生徒の転出入などに対する対策などが課題となった。

今後の取り組みとしては、上記のような課題の克服とともに、タブレット PC の持ち帰りによる家庭における予習、復習のサポートを進める予定である。⁽⁶⁾⁽⁷⁾

3.2.3 東京都港区青山小学校の事例

青山小学校は、2008年度からメディア教育開発センターとマイクロソフトが主導する実証研究「NEXT プロジェクト」⁽⁸⁾にモデル校として1年間参加し、2010年と2011年には「港区研究パイロット校」に指定された。さらに、2012年9月から2013年6月まで「デジタル教科書教材協議会 (DiTT) 実証研究」⁽⁹⁾等を通じて、教育現場で ICT をどう生かしていくかの実証実験に取り組んできた。このような流れの中、2013年2月28日(木)に、「生きてはたらく活用力を育む教育課程の創造 一言語活動の充実 ICT を用いた情報活用一」をテーマに公開授業(表1)が実施された。

表 1 公開授業

教科	学年	授業内容
算数	3年	2けたをかけるかけ算の筆算 (教師の気づきの進化を目指した ICT の利活用)
生活単元学習	特別支援学級	知ってほしいな ぼくのまち・わたしのまち (21世紀型スキル育成授業)
算数	4年	直方体と立方体 (デジタルペンを活用した双方向型授業)
社会	5年	工業生産と貿易 (21世紀型スキル育成授業)

小3の授業では、児童は自分のノートパソコン上で掛け算の問題を1問ずつ自分のペースで解いていく（写真1）。一人ひとりの進捗は、教師のパソコンにリアルタイムに表示される（写真2：公開授業のため、見学者に見えるように電子黒板に表示している）。



写真1 (3年算数)

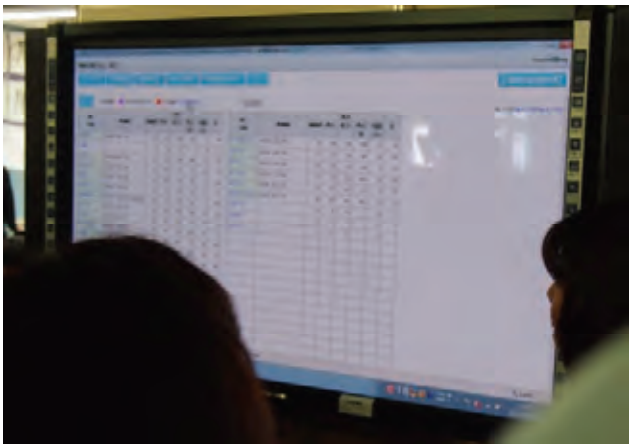


写真2 (3年算数)

小4の授業では、デジタルペンを使って専用の用紙に立方体の展開図を書くと、その画像が正面の黒板にプロジェクターで表示され、教師と児童全員がリアルタイムで共有できる⁽¹⁰⁾。

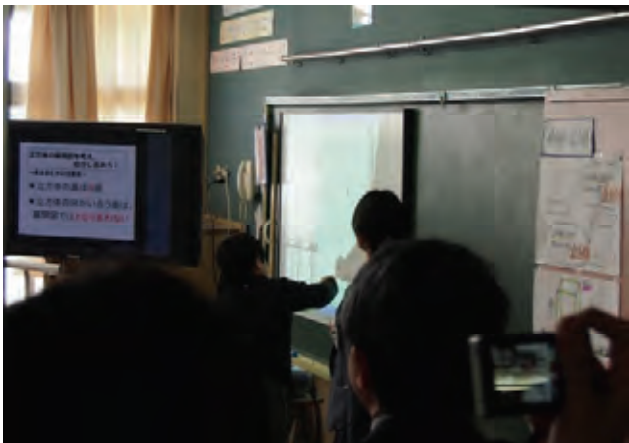


写真3 児童が前でデジタルペンを使って、自分の考えた展開図を発表（4年算数）



写真4 実際の展開図も見せて理解させる（4年算数）

小5の授業では、紙のノートは一切使用せず、タブレットPCのノート作成ソフトウェア「Microsoft OneNote」のみで学習を進める。検索可能なネット上にある資料を活用するなどして自分の考えをノートにまとめる（写真5）。

ノートの内容が電子黒板に表示され、自分の考えを発表する（写真6）。



写真5 自分の考えをタブレットPCのノートに手書きでまとめている（5年社会）

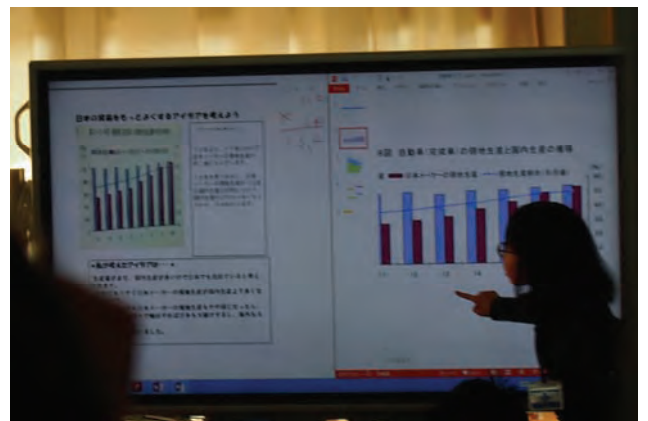


写真6 発表（5年社会）

公開授業の終了後、中間報告会が開催され、その席上で青山小学校の取り組みに指導助言を行った信州大学教育学部の東原義訓教授は、同校の取り組みについて次のように講評した。「21世紀型スキルだけではなく、基礎学力の向上にもICTを活用している点が重要である。また、事前の学力調査で問題を把握したうえで、経験値だけではなくデータに基づいて授業を設計し、徹底的に努力した結果が学力の向上につながっている。」と、まず分析した、その上で、「1人1台のデバイスを持つことで、全員が発表して全員が友達のものを見ることができ、しかも記録して残せることは、学習成果物の蓄積と再利用にもつながっている。また、5年生の社会科の授業のように、正解のない問題に挑戦しみんなの考えを交換していくという授業にも、ICTが大いに役立っている」と評価した。

3・2・4 千代田 Web 図書館の取り組み

学習教材としてまず思い浮かぶのは、教科書、問題集、資料集などの書籍である。書籍は書店等で購入することもできるし、図書館で借りることも可能である。今では図書館で紙の本だけでなくデジタルデータである音楽 CD や DVD の貸出しも行っている。このような状況の中で、インターネットを経由して、いつでもどこからでも書籍にアクセスできる電子図書館が誕生した。従来の図書館では、データがデジタルであっても CD や DVD といった媒体の貸出しであったが、このような媒体ではなく、書籍のデジタルデータをインターネットを経由して貸し出すことができるようになったのである。

2007年11月26日、千代田区立千代田図書館は、インターネットを活用した電子書籍を貸し出すサービス「千代田 Web 図書館 (<https://weblibrary-chiyoda.com/>)」を日本の公共図書館では初めて開始した。スタート時点の蔵書数は、千代田区内の16出版社から提供された約3,000タイトルである。以下は、千代田区立千代田図書館サービス管理中田宏リーダーにその現況についてヒアリングを行った内容を取りまとめたものである。なお、千代田図書館では貸出しを行っているものを電子図書と称しているが、ここでは表記を電子書籍に統一する。

千代田図書館が電子書籍をインターネット経由でデータの形で貸し出すサービスを開始する以前は、電子書籍の端末を貸し出すサービスが公共図書館にはあった。しかし端末の貸出しは、利用者にも管理する図書館側も不便であるため、インターネット経由で電子書籍を貸し出せるシステムを構築した。貸出し開始当初は、システムの稼働状況などを見るため千代田区在住の方に限定してサービスを行ったが、2008年7月1日に千代田区在勤及び在学の方にもサービスを拡大した。また、2012年4月には、一部コンテンツをiOS (iPad, iPhone) で閲覧できるようにした。

契約上の問題から利用対象者は、千代田区在住、在勤、

在学に限っており、ライセンス数を3冊分に絞って出版社から購入している。同時に最大5冊分まで借りることができる。24時間365日利用可能で、貸出期間は紙の本と同じ2週間である。返却については、自分で借りた電子図書の一覧が見えるページに返却ボタンがあり、それをクリックすることで返却することができる。また、貸出期間が経過すると強制的に返却される仕掛けになっており、延滞は発生しない。コンテンツ数は2013年2月時点で約5,600点(出版物である電子図書は約3,000冊で、残りは動画などのWebコンテンツ)である。デジタルデータであってもCDやDVDといった媒体はこの中には含めていない。

Web 図書館を利用するためにはパソコンが必要となる。現在売られているWindowsのパソコンであれば問題なく使えるが、まだWindows 8には対応していない(2013年のインタビュー当時。本原稿執筆時点では対応)。必要なソフトウェアはInternet Explorerの32ビット版や専用閲覧ソフト(wBook Reader)、Windows Media Player 等である。

専用閲覧ソフトは、文字の大きさの変更機能、ブックマーク(しおり)機能、線引き・マーカー・メモ書き機能、マルチメディア再生機能などがあり、電子書籍を閲覧するのに必要な機能を備えている。ちょっと変わった機能としてOMR(マークシート読み取り)機能がある。TOEICの問題を収めた電子書籍などで疑似的にマークシート試験ができるようになっている。Media Playerから音声で英語の問題を読み上げ、電子書籍に表示されたマークシートに解答を書いていき、採点までしてくれる機能である。Media Playerの起動により音声だけでなく動画も閲覧可能となる。

Web 図書館の導入目的の一つとして、「一般利用者の利便性の向上」ととともに「高齢者・障害者への配慮」もある。電子書籍は表示される文字の大きさを自由に拡大・縮小ができるため、たとえば視力が衰えた高齢者の方でも、大活字本や拡大読書機を使用せずに読書を楽しむことができる。また将来的には自動音声読み上げ機能を支援する電子書籍も導入する予定である。すでに国内の特別支援学級ではICTやデジタル教材を活用し、同様の試みが行われているからである。

課題となるのはデジタル化に伴う著作権関係の処理である。電子書籍の取次会社が出版社と交渉を行い、著作権がすべてクリアになっているものだけを購入している。さらにWeb 図書館システムでは、デジタル著作権管理を行うDRM(Digital Rights Management)の仕組みを導入していて、借りた電子書籍を閲覧する時に、正規ユーザであるかどうかを毎回インターネットを通じて確認している。さらに電子書籍の原本ファイルは暗号化されており、またデータファイルは閲覧しているパソコンのハードディスクには保存できない仕掛けにしている、不正コピーを防止している。

2007年のサービス開始時点で3,000冊の蔵書でWeb 図

書館はスタートした。当初の考えでは電子書籍の所蔵数がどんどん増え、それに応じて利用者数も増えていくものだと考えていたが、実際には利用者数、利用率ともほぼ横ばいといった感じで、紙の本と比べると微々たる貸出数に過ぎない。これはコンテンツ数が思うように増えていないのが原因と考えている。最近では、アマゾンのキンドル等の影響で、出版社の方も書籍の電子化を考えるようになってきたが、Web 図書館開始当時は、紙の本でベストセラーになっているものはすぐには電子書籍化されず、電子書籍化までに数年を要した。また紙の本であれば、出版されてから大体3か月くらい経てば図書館で貸し出しできるような状態になるが、電子書籍の場合は3か月経ってもできない場外が多い。そもそも出版社が電子化する書籍は、電子化しても、紙媒体の書籍の売り上げに影響しないと考えられるものばかりである。現在でも電子書籍の市場に出てくる新刊は、紙の書籍の最新のものがどんどん入ってくる状況にはなっていない。このへんが利用者が増えない、利用率が増えない原因であると考えている。

とはいつても最新のものがまったく購入できないわけではない。例えば法律関係の資格の本はリアルタイムで電子書籍を購入できる。資格に関するものは古くては意味がないので2012年度版、2013年度版といった電子書籍を、当該年度に購入することができる。

Web 図書館の利用者の属性を見ると、年齢は40代の方が一番多い。次いで30代、20代と50代が大体同じくらいの比率で、10代は少ない。男女比では男性が7割近くであり、千代田区と利用者との関係では、在勤の方が4分の3を超えていて、在住は15%である。

貸出コンテンツで人気があるのは、1番が3D図鑑の「日本の淡水魚」。2番目が「新 TOEIC 模擬問題」で、これは前述の OMR 機能を使うことで、自動的に採点を行ってくれる。3番目が動画と電子書籍を組み合わせたコンテンツ「英語で英会話 終着駅」で、モノクロ映画の「終着駅」を動画で見ることができ、シナリオを電子書籍で見ることができるようになっている。

1冊あるいは1ライセンス当たりの購入価格については、紙と比較して電子書籍の方が高い傾向にある。電子書籍は紙の本と違って、音声や Flash などの付加価値や、デジタル著作権関係の DRM という仕組みを埋め込む等の費用がかかるからと思われる。ただし電子書籍の方が安いケースもあり、対象の書籍や出版社によって値付けの方針が違うようである。

利用者の声としては、「様々なコンテンツがあることを知り驚いた。これからどんどん使ってみたい。」「子ども向けの英語教材をもっと取り込んでほしい。」「3D や音声ができるものなど Web 図書館ならではの資料があり、子どもに見せたい。」など好意的な反応が返ってきている。千代田図書館としては、今後の展開として、「魅力あるコンテンツの導入」や「行政資料や図書館資料の電子化」、「Android 端末への対応」、「小中学校での利用促進」を図

っていききたい、としている。

以上が千代田 Web 図書館に関するヒアリングの内容である。2007年に千代田 Web 図書館がスタートして以来、インターネット上で貸し出す電子図書館の数は増えた。とはいえ、日本全国に3,210館ある公共図書館の中で、電子図書館のサービスを提供しているのは、今でもわずか12館にすぎないのが現状である。⁽¹¹⁾

一方、国立国会図書館は蔵書の電子化を着々と進めている。2009年に改正された著作権法（施行は2010年1月）で、所蔵資料の原本の滅失等を避けるために著作権者の許諾なくデジタル化することが認められた（31条第2項）。さらに、2012年6月の著作権法の改正（施行は2013年1月）で、国立国会図書館が所蔵するデジタル図書・雑誌を公共図書館などに送信でき、さらに利用者が申請すればその複製物の提供を受けられるようになった（31条第3項）ことから、今後の活用が期待されている。ただし国会図書館におけるデジタル化は、書籍を画像データとしてアーカイブするだけのものである。文字データの検索ができる状態にはなっておらず、検索等で本文の文字データを直接活用することはできない。また、書籍自体の検索もキーワードを入力して本を探すタイプであるため、キーワードとなる書籍名、作者名のあたりがついている場合はよいが、図書館の開架で図書を眺めていて、「面白そうな本」を探し出す旧来のアナログ的な本探しはできない。電子図書館で電子書籍を利用者がいかに探すかという根本的な課題がまだ残っている。

4. デジタル教材を使った模擬授業

4.1 実験教室「雲の発生」

児童・生徒、保護者が、教科書のデジタル化やデジタル教材をどう感じているのかを知ることを目的として、デジタル教材を使った模擬授業として実験教室「雲の発生」を実施した。実施にあたって、模擬授業の講師を総務省の「フューチャースクール推進事業」並びに文部科学省の「学びのイノベーション事業」を実施している福島県相馬郡新地町の松本指導主事をお願いした。

今回の実験教室では、ICT 機器を活用した教材を視聴するだけでは科学体験の面白さを伝えられないことから、実物の道具を使って実際に実験を行い、その中で ICT 機器やデジタル教材を使用する形で授業を構成した。

模擬授業の流れは以下のとおりである。

- 1) 雲の色の確認
- 2) 雲は何でできているかのクイズ
- 3) お湯を入れたビーカーの湯気の観察
水蒸気と湯気の違いの説明
- 4) 雲の材料の確認
- 5) 水蒸気の解説
- 6) 気温と気圧との関係の解説

7) 雲の作成

実験装置を使って実際に雲を作る

また、模擬実験で使った装置・器具は以下のとおりである。

- | | |
|----------------------------|---------|
| 1) 雲発生装置 | 8 |
| 2) ビーカー | 200ml×8 |
| 3) 棒温度計 | 8 |
| 4) 黒い板 | 8 |
| 5) 電気ポット | 1 |
| 6) ガスライター | 数個 |
| 7) 線香 | 20 本程度 |
| 8) 燃え差し入れ | 数個 |
| 9) 電子黒板 | 1 台 |
| 10) パソコン | 1 台 |
| 11) 書画カメラ | 1 台 |
| 12) クリッカー
(レスポンスアナライザー) | 30 台程度 |
| 13) その他(風船、お菓子の袋、マイクなど) | |

模擬授業参加者の募集は科学技術館のホームページ及び科学技術館メールマガジンで行った。

当日は小学校 1~5 年生の児童が参加し、実験教室を楽しんでいただいた。



写真 7 書画カメラとプロジェクタ上の電子黒板ユニット



写真 8 実験教室「雲の発生」模擬授業風景



写真 9 書画カメラで手元のビーカーを撮って投影

4-2 アンケート結果

模擬授業の終了後、参加した親子へのアンケートに応じていただいたので、その結果の一部を記す。

4-2.1 子どもの回答(回答者: 28 件)

1) 回答者の属性

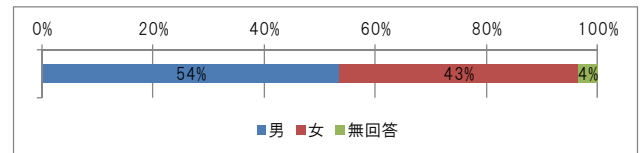


図 4 性別

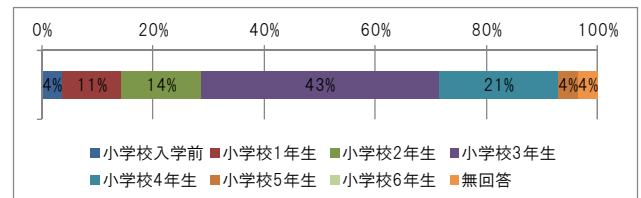


図 5 学年

図 4、図 5 に回答者の属性を示す。アンケート回答者の男女比はだいたい半々である。学年としては小学校 3 年生が 4 割を占めている。

2) 実験教室について

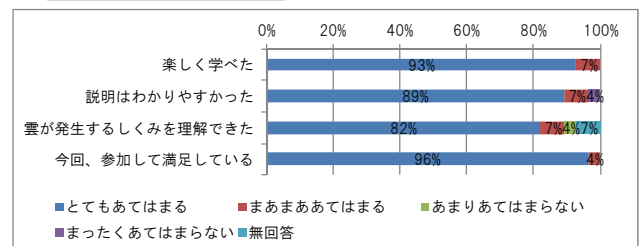


図 6 実験教室に参加して

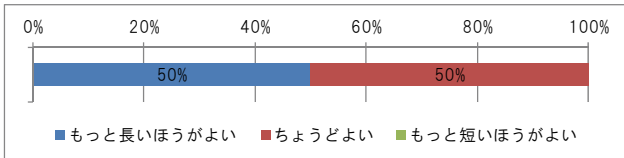


図 7 実験教室の時間について

図 6 に実験教室に参加した印象・効果を示す。子どもたちの実験教室に参加した満足度は、ポジティブ回答（とても+まあまあ）を見ると 100%に達している。雲が発生するしくみの理解に関してはポジティブ回答で 89%となった。実物の道具を使った実験と、その中で ICT 機器やデジタル教材を併用することで、非常にクオリティーの高い授業が実施できたと考えている。

実験教室の時間の長さについては、図 7に示すとおり、もっと長いほうがよいとちょうどよいが半々になっており、より時間をかけてもらいたいと思っている子が半数いることがわかった。

3) デジタル教科書・デジタル教材について

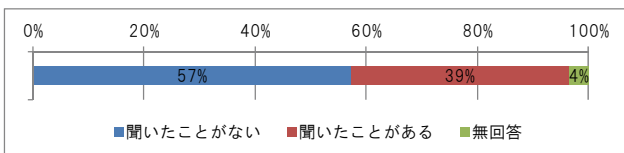


図 8 デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉について

図 8に、デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉について聞いたことがあるかどうかの結果を示す。57%の参加者がデジタル教科書やデジタル教材という言葉を知ることがないという回答をしている。ここには示さないが、男女差や学年差はない結果となった。デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉は、子どもたちにとって、まだ浸透していない言葉であることがわかる。

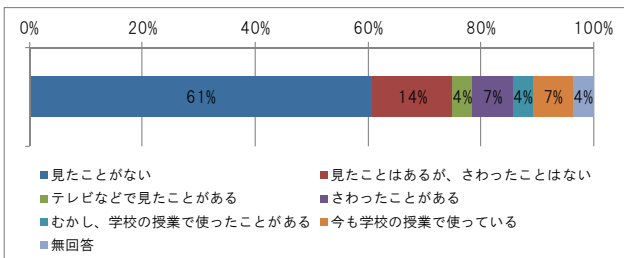


図 9 デジタル教科書あるいはデジタル教材の体験について

図 9に、デジタル教科書、デジタル教材の利用体験の状況を示す。図 8に示したとおり、デジタル教科書、教材という言葉を知らない子どもが 6 割を占めていることを反映して、見たことがない、が 61%になるのに対し、今学校で

使っている、は 7%に過ぎない。

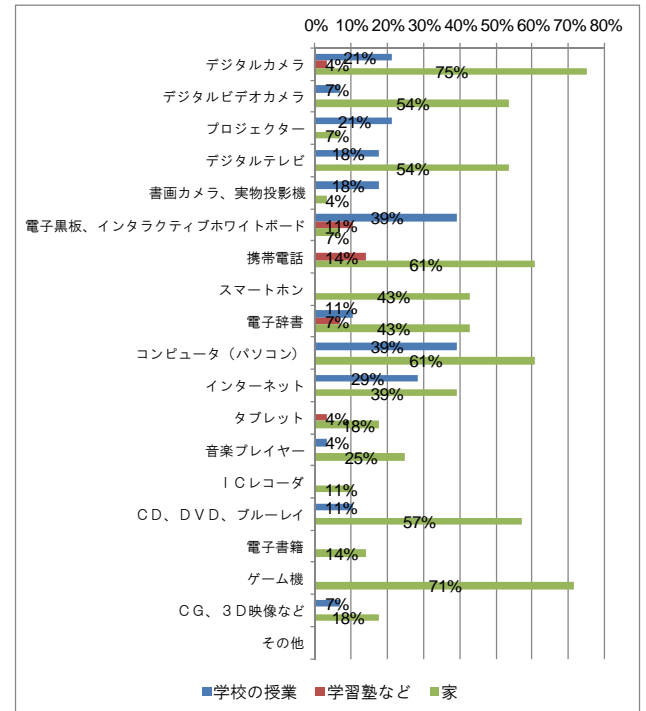


図 10 デジタル機器の利用経験について

図 10に、デジタル機器の利用経験の結果を示す。家ではデジタルカメラやゲーム機、パソコン等をかかなり利用していることが窺える。一方学校では電子黒板やパソコンを利用している方の割合が 4 割程度であり、家庭における利用率ほど高くはないとの結果だった。デジタル機器の利用体験に絞るなら、家庭での利用が、学校での利用よりはるかに進んでいることがわかる。

4-2.2 大人の回答 (回答者 : 21 件)

1) 回答者の属性

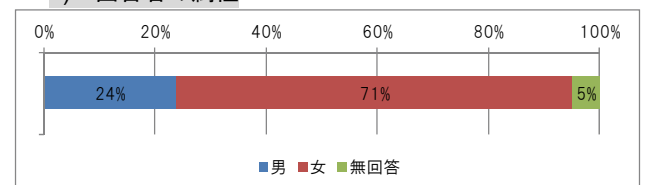


図 11 性別

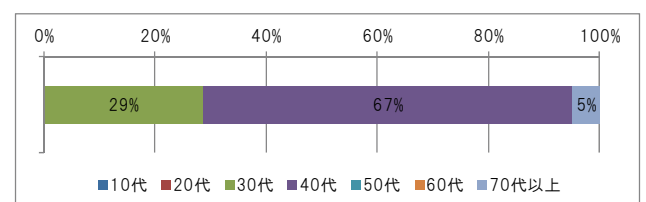


図 12 年代

図 11、図 12に回答者の属性を示す。回答者の 71%が女

性であり、年齢は67%が40代、次いで29%が30代であることから、母親が子どもを連れて参加者したと推し測れる。

2) 実験教室について

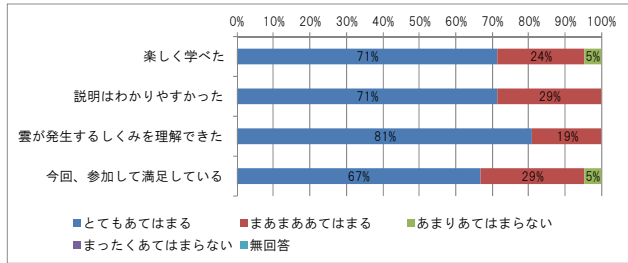


図 13 実験に参加して

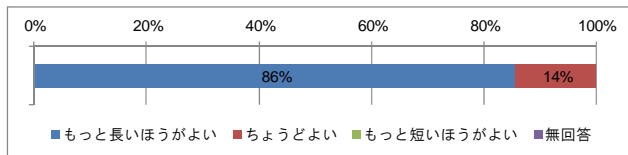


図 14 実験教室の時間について

図 13に実験教室に参加した印象・効果を示す。保護者の実験教室に参加した満足度は、ポジティブ回答（とても+まあまあ）を見ると96%に達した。また雲が発生するしくみの理解に関してはポジティブ回答で100%となった。本実験教室は、子ども、大人とも、満足度、理解度がともに高い結果となった。実験を直接実施し、一方でICTを活用して知識をフォローする授業形式は、子ども、大人ともその効果を実感してもらえたと考えている。

一方で実施時間の長さについては、子どもと違い大人は86%の方がもっと長いほうがよいを選択した。実施時間の長さは小学生が集中できる時間として授業時間と同じ45分としたが、大人にとっては、満足度の反映としてもっと長いほうがよいを選択したと推測される。

3) デジタル教科書・デジタル教材について

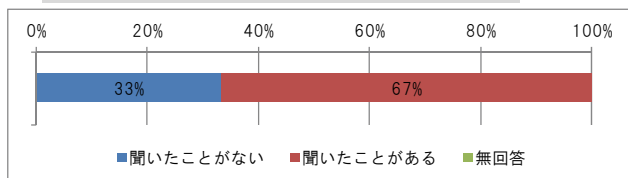


図 15 デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉について

図 15に、デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉について聞いたことがあるかどうかの結果を示す。子どもとは対照的に、67%の保護者がデジタル教科書やデジタル教材という言葉を知っていると回答している。自由記述回答を見ると、表 2に示すとおり新聞やテレビ等の

メディアや学校で聞いたことがあるとの回答であった。

表 2 デジタル教科書あるいはデジタル教材という言葉はどこで聞きましたか

報道	報道等
	新聞（教育欄の記事等）
	テレビ番組など
	雑誌で
学校・教育	通信教育など
	学校
	小学校の授業等で最近使われている話を聞いたことがある
	学習教材として
	中学校の学校説明会
科学館	子ども科学館

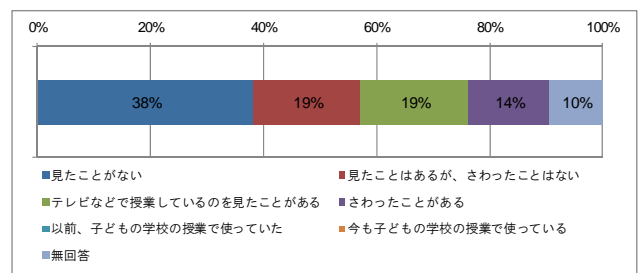


図 16 デジタル教科書あるいはデジタル教材の体験について

図 16に、デジタル教科書、デジタル教材の利用体験の状況を示す。子どもでは、見たことがない、が61%になるのに対し、大人では38%と減っており、触ったことがある方も14%いる。一方で、以前、子どもの学校の授業で使っていた0%、今も子どもの学校の授業で使っている0%との結果であった。表 2に示したとおり、デジタル教科書、デジタル教材の話題は学校ではでているが、図 9に示したとおりデジタル教科書、デジタル教材を利用した実際の授業はほとんど行われていないため、授業参観等で親の目に触れることがないのだと推測される。学校現場ではデジタル教科書、デジタル教材の利用がまだほとんど進んでいないとの印象である。

図 17に、親から見た子どものデジタル機器の利用経験の結果を示す。家ではデジタルカメラや携帯電話、パソコン・DVD・ブルーレイ等をかなり利用していることが窺える。一方学校では、書画カメラ、電子黒板、パソコン等を利用していることを知っているとの結果だった。保護者が学校の授業を見ることは、授業参観等の場合に限られ、学校の授業の現状をすべて把握しているわけではないが、図 10に示した子どもの回答と照らし合わせると、子どものデジタル機器の利用体験は、家庭での利用が学校での利用よりはるかに進んでいると推測される。

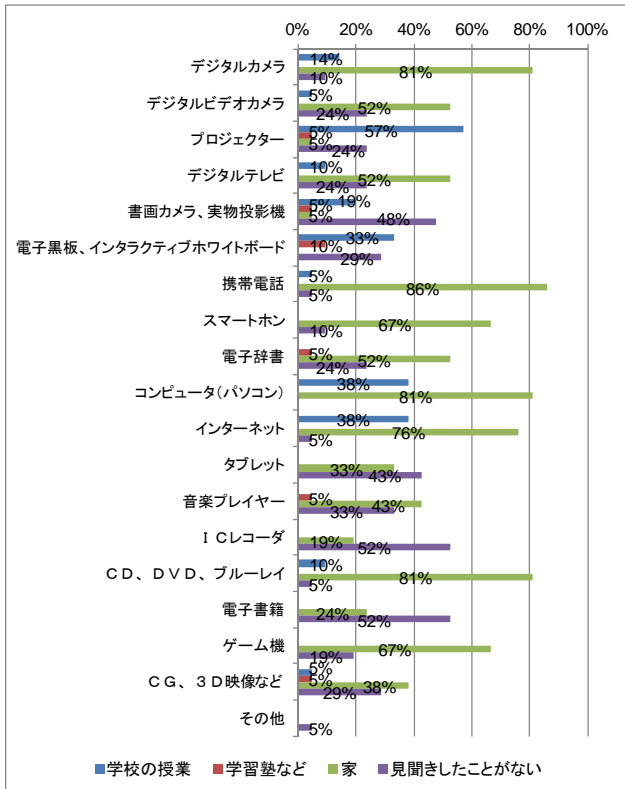


図 17 親から見た子どものデジタル機器の利用経験について

5. おわりに

21世紀型教育では、知識や技能を得ることはもとより、社会的課題に対応していく態度、能力が求められている。今回の調査を進める中で、デジタル教科書・デジタル教材についても、単に授業がわかりやすくなる、理解が深まるというレベルではなく、課題に対処する能力を育むことが求められていることがわかってきた。そのため、「学びのイノベーション事業」等のモデル校では、実証実験を通じて、学校でのデジタル教科書・教材を活用した指導方法の研究が実施されているところである。また授業カリキュラムの研究、検証とともに、デジタル教科書・デジタル教材を支えるインフラ整備についても、ハードインフラの整備だけではなく、新地町で実施されているICT支援員のような、授業を支えるヒューマンリソースや制度等のソフトインフラの整備が重要であることもわかった。

ただし、模擬授業として実施した実験教室のアンケート調査からもわかるとおり、デジタル教科書・デジタル教材の学校への導入はほんの一部の学校で実施されているに過ぎない状況であり、子どももその親も、デジタル教科書・デジタル教材の実態をよく知らない、あるいは聞いたこともないということがわかった。

今後はこのギャップを埋めつつ、最終的にはよりよい人材の育成、よりよい社会の形成のために、デジタル教科書・デジタル教材、さらにはICT機器がどのように学校教

育、家庭教育、社会教育に関われば、社会形成の一助になるかを考え、特に科学技術館は社会教育施設であることから、デジタル教材を活用した社会教育、博物館活動を、積極的に推進していく所存である。

6. 謝辞

執筆にあたり、模擬授業の講師を快く引き受けてくださった福島県相馬郡新地町の松本指導主事、模擬授業にご協力いただいた方々、ご指導とご助言をいただきました方々並びに一般財団法人新技術振興渡辺記念会（本稿は、同記念会の助成を受けて実施された調査報告書⁽²⁾の一部を抜粋し追記・編集した）に感謝申し上げます。

(2014年1月17日受付)

文 献

- (1) 日本科学技術振興財団：「理科を教える小学校教員に向けた科学技術リテラシーのテキスト・情報の編集に係る調査報告書」（2011、http://www2.jsf.or.jp/00_info/pdf/h22_tyousa.pdf）
- (2) 日本科学技術振興財団：「デジタル教科書・教材を活用した学習環境に関する調査研究報告書」（2013、http://www2.jsf.or.jp/00_info/pdf/h24_20130801_1.pdf）
- (3) デジタル教科書教材協議会 政策提言 2012 (2012、<http://ditt.jp/about/policy.html>)
- (4) 「教育の情報化ビジョンの公表について」,2011年4月28日、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm
- (5) 第3回教育ITソリューションEXPO 専門セミナー「ICT導入で4C学習（協働力・言語力・思考判断力・知識理解力）」(毛利靖、2012年5月18日)
- (6) 学びのイノベーション&セキュリティフェア『学びのイノベーション事業』並びに『フューチャースクール推進事業』の取り組み（2012年5月26日）
- (7) 「平成23年度フューチャースクール推進事業成果報告書」（新地町教育委員会）
- (8) NEXTプロジェクトモデル校（東京都港区立青山小学校）、http://www.microsoft.com/ja-jp/education/next/school_report02.aspx
- (9) 2012年度DiTT実証研究プロジェクト レポート,2013年6月 http://download.microsoft.com/download/3/F/3/3F304BCD-79D1-4CDC-B98D-9DF4783FBFB8/aoyama_report.pdf
- (10) デジタルペンを活用した授業実践 <http://edupedia.jp/entries/show/1041>
- (11) 日本の公共図書館の電子書籍サービス状況 <http://www.keiyou.jp/elpc/html/activity.html>
<http://oui-oui.jp/eb-lib/>
http://www7b.biglobe.ne.jp/~yama88/topi_4.html

特別展「日本の航空技術 100 年展」開催とその成果について

近藤 亮*

要旨

2012年8月から2013年8月まで開催された特別展「日本の航空技術 100 年展」について、開催経緯や展示概要、特に同展の中心展示物であった零戦実機の展示実現に至る経緯や展示に伴う様々な影響を紹介する。また同展と開催時期や上映期間が重なった企画展や大型映像作品等についても取り上げ、それらを一体のものとしてその成果や課題点を総括する。

キーワード：日本の航空技術 100 年、零戦、堀越二郎

1. 特別展「日本の航空技術 100 年展」開催の経緯

2011年は1911（明治44）年に日本で最初の飛行場が所沢に建設されてから100年目に当たった。当館ではこれを記念して100年間の歴史を、代表的な航空機とそこに用いられた日本の技術を通して紹介する特別展を2011年夏に予定していた。しかし東日本大震災の影響により同年は開催できず、2020年8月4日から2013年8月31日まで開催することとなった。

日本の航空史において所沢飛行場の果たした役割は多岐にわたるが、「パイロット・整備士の教育」と並んで、1911年に国産最初の軍用機である会式一号機の製作に始まる「航空機の製作」も見逃すことのできない重要な事項である。本特別展では戦前の会式一号機、航空研究所長距離機（航研機）、海軍零式艦上戦闘機（零戦）、戦後のYS-11型機、現代のボーイング787型機、三菱リージョナルジェット（Mitsubishi Regional Jet：MRJ）、ホンダジェットについて、当館所蔵資料（写真、木村秀政氏の机、YS-11の操縦マニュアル等）に加えて企業が所蔵する貴重な資料（図面、模型飛行機、材料見本等）によって紹介した。

また本特別展の開催に当たって、東京大学大学院の鈴木真二教授の監修を得た。

2. 特別展「日本の航空技術 100 年展」の展示内容

本特別展では100年の歴史を3期に分けて、その技術的特徴等について各時期を代表する機体を通して紹介した。

2.1 戦前期～海外の模倣から国産機の製作へ

1910（明治43）年の日本における航空機初飛行成功に

前後して、日本人による国産機製作の機運が高まり成功に至った機体の一つが「会式一号機」である。これはフランス製の機体である「アンリ・ファルマン機」を元に性能向上を目指して所沢で製作されたもので、「国産最初の軍用機」と位置づけられている。

大正時代、所沢では陸軍がフランスから輸入した機体のライセンス生産を通して機体製作の技術が蓄積されてゆき、その後昭和に入ると機体の製作を専門に行うメーカーが誕生し、国産機の開発に取り組んだ。そして1938（昭和13）年に「航空研究所長距離機（航研機）」が周回航続距離の世界記録を達成した。日本における航空機初飛行成功から約30年で世界のトップレベルに到達したことから、日本の航空技術の高さが伺える。

更に1940（昭和15）年に制式採用された海軍零式艦上戦闘機（零戦）は、主翼の主桁部分に当時の新素材とも言える超々ジュラルミンを使用する等、徹底的な重量軽減による軽快な運動性能を武器に、日本を代表する戦闘機の一つとして位置づけられることとなった。

本コーナーでは会式一号機の1/13サイズの模型、製作関係者が描いた絵画、航空研究所長距離機（航研機）の絵画、世界記録達成の証書（写真）、零戦の実機等を展示した。

2.2 戦後～技術の蓄積・継承

1945（昭和20）年の終戦から1952（昭和27）年まで、日本における航空機の製作等は連合国によって禁止された。航空機製作が再開された後、製作は大きく二つに分かれた。一つの流れとして、自衛隊機については国産及び海外航空機メーカーからライセンス生産が行われた。もう一つの流れとしては、1962（昭和37）年に初飛行した戦後最初の国産旅客機YS-11に代表される国産機の新規製作がある。YS-11はエンジンとプロペラを除く部分を国内航空機メーカーが分担して設計・製作した。同機の基本設計段階では戦前を代表する技術者である木村秀政、土井武夫、堀越二郎らが関係し、製作段階では戦前の航空機開発を知

*所沢航空発祥記念館
〒359-0042 埼玉県所沢市並木1-13（県営所沢航空記念公園内）

らない若い世代が中心となって行われた。同機は、当時の日本の空港事情に合わせて短い滑走路での離着陸が可能ないように設計されたこと、また頑丈な機体として設計されたことから、国内だけでなく輸出先の海外においても高い評価を得た。

本コーナーでは YS - 11 のエンジンのカットモデルやプロペラの実物のほか操縦マニュアル、ログブック（飛行記録）等を展示した。

2.3 現代

1970 年代に始まった日米伊の航空機メーカーによるボーイング 767 型機の共同開発を契機として、現代の旅客機（同 787 型機等）は世界各国のメーカーが参画した共同開発が主流となった。また 21 世紀に入り燃料使用量の低減、更には二酸化炭素排出量の低減につながる機体の軽量化が重要視されるようになると、従来の金属材料に代わって「炭素繊維複合材料」が多用されるようになった。炭素繊維複合材は従来の材料と比較して軽く重量軽減による燃料使用量や排ガスが低減できるほか、金属ではないため錆びに強く機内の湿度や気圧を高く設定できるため長距離飛行でも乗客への負担が少なく、更には窓の面積を従来よりも広く設けることができる等のメリットがある。ボーイング 787 型機、三菱リージョナルジェット（Mitsubishi Regional Jet : MRJ）、ホンダジェットでは炭素繊維複合材料が多用されている。

本コーナーでは従来の金属、超々ジュラルミン、炭素繊維複合材料の重量の違いを体感できるコーナーのほか、ボーイング 787 型機の窓の明暗の変化を体感できる装置、MRJ の模型等を展示した。

3. 零戦展示について

3.1 零戦展示に至る経緯

太平洋戦争中にサイパン島で米軍に捕獲され、現在米国のプレーンズ・オブ・フェイム航空博物館所蔵に係る世界で唯一、栄エンジンで飛行可能な海軍零式艦上戦闘機五二型を展示した。本機は 1978 年と 1995 年に日本へ貸し出され「里帰り飛行」を実施しているが、前回の「来日」から十数年が経過しており、老朽化が進行してエンジン始動等を実施できる機会が次第に少なくなるものと考えられ、また同時に企画を始めた「日本の航空技術 100 年展」の中心展示物となると思われたことから招致に関する調査を 2010 年より開始した。その直後発生した東日本大震災の影響により米国側が貸出しに難色を示す場面もあったが、同震災の復興支援ということで働きかけ、米国側の理解を得るに至った。当初は 2012 年 8 月上旬から 9 月末までの展示を予定していたが、同機が持つ史料価値が極めて高く、米国国務省の輸出許可を得るのに予想以上の時間を要してしまったため、結果として同年 12 月上旬から 2013 年 3 月末までの展示となり、その後展示期間を更に 8 月末まで延

長することとなった。

なお零戦展示及びエンジン始動見学会等の関連催事は財団の自主事業という位置付けであり、その費用は航空関係企業をはじめ埼玉県内及び所沢市内の企業等から寄せられた「協賛金」を以って充当した。

3.2 エンジン始動見学会等の関連催事について

当該零戦はオリジナルの栄エンジン稼働が世界で唯一可能という特徴を有しており、その点も生かした関連催事を以下のように開催した。

①立見学会（2012 年 11 月 27 日、28 日）

米国で輸送用に分割され、コンテナに梱包された状態で到着した零戦を元の状態に組み立てる過程を見学するもので、最終日にはエンジン始動見学会に向けた試運転も行われた。見学者数は 192 人であった。

②エンジン始動見学会（2012 年 12 月 1 日、2 日）

1 日 3 回、10 分間エンジンを稼働させる様子を見学した。見学者数（機体見学のみの方も含む）は 9,751 人であった。

③エンジン始動見学会（2013 年 3 月 28 日～31 日）

1 日 3 回、10 分間エンジンを稼働させる様子を見学した。見学者数（機体見学のみの方も含む）は 10,975 人であった。

④エンジン始動見学会（2013 年 4 月 1 日）

当初は解体（分解）見学会として実施予定であったが零戦の展示期間延長に伴いエンジン始動見学会として実施した。見学者は 145 人であった。

⑤エンジン始動&タキシング見学会（2013 年 8 月 28 日～31 日）

1 日 3 回、10 分間エンジンを稼働させる様子を見学した。見学者数（機体見学のみの方も含む）は 5,135 人であった。

⑥解体（分解）見学会（2013 年 9 月 1 日）

米国へ返却するためプロペラやエンジンを取り外す等の機体を解体（分解）する過程を見学した。見学者数は 176 人であった。



写真1 零戦 エンジン始動見学会

4. 企画展「堀越二郎の生涯」について

2013年6月22日が堀越二郎の生誕120年に当たることから、当初堀越の出身地である群馬県藤岡市の藤岡歴史館で堀越をテーマとする企画展が構想され、当館にも関連資料の所蔵について照会が寄せられた。

その後、東京都在住の堀越のご長男宅に資料が所蔵されていることが判明したため、資料をご寄贈頂き企画展として展示した。

主な展示物は以下のとおりである。

- ・ 零戦の開発過程の記録及び試作段階の風洞実験の記録
- ・ 著書の原稿
- ・ 零戦の母体となった九六式艦上戦闘機の開発時の記録写真
- ・ 堀越が最後に設計を担当した戦闘機「烈風」の開発記録
- ・ 愛用の帽子、計算尺、文机等
- ・ 堀越が製作に関係した「零戦」、「九六艦戦」、「烈風」、「雷電」等の機体のプラモデル
- ・ 少年時代から晩年までの秘蔵写真を使用した年表

同企画展の会期は当初6月22日から9月1日までであったが、好評のため2014年4月6日まで延長となった。延長期間中には、堀越がラジオ番組に出演した際に録音された肉声の再生コーナーや、少年時代に憧れた第1次世界大戦時代にドイツ軍が使用した複葉機・フォッカーD7（レプリカ）を格納庫から展示会場に移設する等、展示の追加を行った。

企画展開始直後は年輩者の見学が目立ったが、7月に堀越をモデルの一人とするアニメーション映画の公開に合わせるかのように、若い方や家族連れの見学者が次第に増えていったのが印象的であった。



写真2 企画展「堀越二郎の生涯」

5. 大型映像作品について

当館内の大型映像館で当該期間中、特別展に関連した内容の大型映像作品を集中的に上映した。縦15メートル、横20メートルの大型画面に映し出される零戦のエンジン始動やタキシングの場面は迫力満点であり、それらを取り上げた作品はいずれも好評であった。

5-1 「日本の航空技術100年」

企画展の内容を補足するものとして企画展で取り上げた機体とそこに用いられた技術の特徴を紹介した。2012年7月～9月に上映したほか、年度内に2回特別上映を行った。

5-2 「傑作機零戦と人間・堀越二郎」

内容は大きく3部分に分けられる。まず零戦が傑作機といわれる理由を航続距離や武装等の特徴から紹介し、次に藤岡歴史館と当館に寄贈された堀越二郎関係資料の内容を紹介、最後にご長男が語る堀越二郎の人間像で構成した。2013年7月～9月まで上映したが好評のため、10月～12月までの土・日曜日に特別上映を実施した。

5-3 「大空に憧れを抱いた人々～日本の航空技術100年をふりかえって～」

明治末期から現代まで日本の航空の発展史をパイロットや設計者等の人物を通して紹介した映像作品であり2013年10月から12月まで上映した。

5-4 「レジェンド・オブ・フライト」

ボーイング787の開発から初飛行までを描いたドキュメンタリー映像作品であり、2012年7月～9月上旬の土・日曜日に上映した。

6. 上記催事を通じた具体的成果等

6-1 入館者数

2012年度の総入館者数は375,332人であり、これは開館年度である1993年度の364,486人を超え、開館以来最高の入館者数となった。また零戦は特別展示コーナーを設けて特別料金を徴収していたことから、別途見学者数を把握したところ、12月の展示開始から8月末の終了時まで162,834人の見学者があった。

なお過去、入館者数が50万人増加するたびに記念式典を行っており、実施の間隔はほぼ2年に1回であった。前回、入館者500万人の式典を実施したのは2012年11月であったが1年間で50万人増加し、2013年10月末に入館者550万人の式典を実施するという、思わぬ「副産物」もあった。

6-2 取材

2012年8月の特別展開始直後から新聞（埼玉版）を中心にマスコミの取材が非常に増えた。その後零戦の組立て、

エンジン始動の際はそれらに加えて航空関係の雑誌社等が多く来館し、雑誌の巻頭特集として結実した。

12月の展示開始とともに従来当館とは無縁であった男性向け週刊誌等も次々に取材に来館し、零戦展示が社会現象化しつつあることが肌で感じられるようになった。2013年6月の企画展は、開始時期が堀越二郎をモデルの一人とするアニメーション映画の公開と重なったことから同映画との関連性において取り上げられることが多く、その傾向は8月末のエンジン始動&タキシング見学会及び9月の解体（分解）見学会まで続いた。

取材依頼は新聞や航空関係の雑誌社のほか、インターネットのニュースサイトや民放テレビ局等多岐にわたり、それらの報道がより多くの来館者を呼ぶための呼び水となったことは否定できないと思われる。

なお参考までに当該期間に取り上げられた関連記事等は当方の把握しているものに限っても約120件であった。

6.3 アンケートの意見から

会期中に実施したアンケートの中から、見学者の意見・感想を紹介する。

- ・零戦の本物を近くで見ることができて感動。戦争の重さを感じた。予想よりも機体が大きく感じた。
- ・子供の頃のゼロ戦を思い起こし感無量でした。
- ・ゼロ戦の室内展示には助かりました。天候を気にせずに写真を撮ることができました。
- ・零戦が近くで観られて良かった。この素晴らしい技術が戦いに二度と使用されないことを祈ります。
- ・五二型来日と聞いて来館しました。リベット止め等現代の技術に通じる部分があり、非常に興味深いものでした。
- ・父は零戦開発の一人でした。父のことが少しわかりました。

6.4 復興支援

今回の零戦展示の目的の一つとして、東日本大震災からの復興支援がある。このため、3回実施した関連催事における参加費を日本赤十字社等に寄附することとした。金額の多寡に関係なく当館の社会的責務を果たせたものと考えられる。

関連催事の実施日及び金額等は以下のとおりである。

- ①零戦組立見学会（2012年11月27日、28日）
金額：576,000円、寄附先：日本赤十字社、使途：東日本大震災復興支援
- ②零戦解体（分解）見学会（2013年4月1日）
金額：145,000円、寄附先：日本赤十字社、使途：東日本大震災復興支援
※零戦展示延長に伴い零戦エンジン始動見学会として開催
- ③零戦解体（分解）見学会（2013年9月1日）
金額：528,000円、寄附先：公益財団法人 東日本大

震災復興支援財団、使途：東日本大震災復興支援(高校生対象給付型奨学金「まなべる基金」)

上記3回の総額は1,249,000円である。

7. 成功要因及び課題等～むすびに代えて～

以下において、今回の催事の成功要因及び反省点並びに課題点をまとめる。

7.1 成功要因

- ・特別展と同時に同種のテーマの企画展並びに大型映像を集中的に実施したことにより多くの「航空マニア」を取り込むことができた。
- ・上記催事の実施期間が、飛行機や航空機設計者をテーマにしたアニメーション映画の上映期間と重なり、マスコミが多く訪れ催事情報を広く伝えることとなった。
- ・零戦をテーマとした小説がベストセラーとなり零戦に対する社会的な関心が高まっていたことに加え、静態展示以外にエンジン始動見学会を実施したことから、静態展示されている国内の他の零戦と、差別化を図ることができた。

7.2 反省点及び課題点

- ・零戦展示の開始時期は当初、2012年8月の特別展開始と同時に予定していたが、米国側の事情により4か月遅延することとなった。チラシ・ポスター等には遅延に関する正確な記載ができなかったため、零戦の展示を期待して来館した方たちにご迷惑をかけた。
- ・12月1日、2日の第1回エンジン始動見学会の際に参加方法を「先着順に配布された整理券を入手できた方のみ」としたため、整理券希望者が全国から殺到し所定時間よりも早くに整理券を配布した。そのため所定の時間に来館して整理券を入手できなかった方たちから厳しい非難を浴びる結果となった。また機体の見学に際して「入館券が必要」としたため予想を大幅に超過した希望者に対して入館券の発券能力が全く追いつかないという状況に陥った。原因としては「零戦マニア」の人数と熱意を過小評価していたことにあると思われる。これを受けて第2回エンジン始動見学会では、第1回の反省点を踏まえ整理券配布方式から事前申込方式に変更した。
- ・より多くの関係者にご見学頂けるよう招待券を大量に発行したが、特典面の内容が少しずつ相違したものを何種類も発行してしまったため現場担当者に混乱を来した。
- ・2013年2月に、地元所沢市の関係者をはじめ全国の航空ファンから会期延長の要望が出され、これを受けて米国側に打診したが、3月末実施予定の解体（解体）見学会の参加者が確定した直後に会期延長が決定したため解体（解体）見学会が実施できず、やむなくタキシング見学会を実施せざるを得なかった。
- ・8月末のエンジン始動&タキシング見学会の申込みはイ

ンターネットやコンビニでの販売に限定したため、それらに慣れていない高齢者等から不満が寄せられた。

- ・ 8 月末の展示会期終了に向けて想定を超える人数の入館者が訪れた。同程度の入館者が訪れたと思われる 20 年前の開館時における入館者対応に関する記録がなかったため、入場制限や大型映像作品の追加上映等、臨機応変の対応で凌いだ。これを受けて会期終了後反省会を開催し、反省点や課題点等を記録したファイルを残した。
- ・ 大型映像作品のうち零戦展示中に上映した「日本の航空技術 100 年」及び「傑作機零戦と人間・堀越二郎」は零戦展示と共に見たいと考える方たちが多かったと思われる、観覧者数は予想を大きく超過した。しかし零戦展示終了後に上映を開始した「大空に憧れを抱いた人々」は観覧者数が予想以下であった。これは「零戦マニア」の来館人数減少が主な原因と考えられる。

8. 謝辞

本特別展の開催にあたり、東京大学大学院の鈴木真二教授他、多くの方々にご指導、ご協力をいただきました。深謝いたします。

(2013 年 12 月 18 日受付)

科学技術館 学芸活動紀要 Vol.6 2014

発行日：2014年3月31日

発行：公益財団法人 日本科学技術振興財団・科学技術館

〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1

ホームページ：<http://www2.jsf.or.jp/>

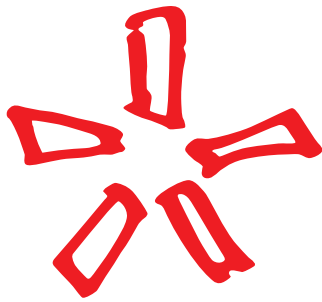
<http://www.jsf.or.jp/>

編集：経営企画室

TEL 03 - 3212 - 8584 FAX 03 - 3212 - 7790

印刷・製本：株式会社 博秀工芸

© 2014 Japan Science Foundation / Science Museum



Science Museum