初等教育における独自の工学教育の工夫

Uniquely-devised Engineering Education of Primary Education

高 梨 賢 英^{※1}

Masahide TAKANASHI

This report states three full accounts of what was perceived during the science class. First, the attractiveness of the subject is to be brought about only when teachers are fully engaged. Second, the children's ability to enlighten one another activates their potential and motivation spontaneously. Third, the student's engagement becomes independent when the feeling of accomplishment is individually experienced.

Keywords : Engineering Education, Problems of Teacher, Students, Teachers, Teaching Materials, Self Studying, Making Objects, Educational Effects, Motivations of Learning, Experience of Success

キーワード：工学教育，教員問題，生徒，教育指導者，教材，自学自習，物作り，教育効果，学習動機，成功体験

1. はじめに

初等教育は未知の可能性を持つ児童にさまざまな体験を通してその多様な個性を伸張させることを目的としている。従ってこの教育段階には教科のほかに行事など児童が具体的な体験をする多様な場面が用意されている。

工学教育が専門段階での教育とするなら初等段階で行われる理科教育は動機付けの段階、いわば種まきと言える。「面白い、なるほど、分かった、やった！」などの感性を揺り動かされた体験が、将来多様な専門家を目指すきっかけになると考えている。私は30年間小学校で、しかもそのほとんどを理科の専科という立場で子どもに接してきた。その中で理科（科学）とは楽しいものだ、一つのものを完成させることは素晴らしい快感と充実感が味わえるものだというメッセージを発し続けてきた。

未来を生きる子どもたちに、将来科学を推し進める側になってほしいという、私の願いを届ける模索と工夫を教員の研究と教育環境整備という面とから述べる。

2. 教員の研究と啓蒙活動について

2. 1 教材の工夫開発

今日全国各地で青少年を対象とした「科学の祭典」が開催されている。その中で人気を博している定番実験の1つに「カルメ焼き」がある。この実験は授業の工夫の中から生まれた。

「ものを自分で作り上げたという達成感を伴った喜びの体験が『科学事始』になる」という認識のもとに、昭和50年代カルメ焼き作りを授業に取り入れた。

開発にまつわるエピソードはインターネット¹⁾に詳細がある。

筆者はこれまでに火おこし²⁾、塩水電池・大根電池³⁾、カルメ焼き⁴⁾⁻⁶⁾、ベッコウ飴⁷⁾など自分自身が興味を抱いたいくつかの教材開発を行い、書籍類⁸⁾⁻¹⁰⁾にしてきた。その中で「教員が面白いと思って取り組んでいなければ、児童に面白さは伝わらない」を強く感じてきた。

2. 2 社会への働きかけ

1993年から毎年夏に行われている青少年のための科学の祭典は、たった5日間とはいえ約5万人の入場者がある。勤務している慶應義塾幼稚舎でのカルメ焼きの実践を、多くの子どもの発信しようと参加し始めて約10年になる。祭典には小学生を連れた母親達も多く来館する。小さいうちから科学的な体験をさせたいという願いの現れと感じる。

面白かったという子どもの体験は、すぐに他の子ども達に伝わる場面をよく目にする。科学の祭典に来場する児童生徒を通して、筆者は実験の楽しさをより多くの子どもに伝えようと活動している。同じ考えから、公立図書館や公民館等で行われる科学遊びの講師も引き受けている。また東京学芸大学の理科教育の時間に、カルメ焼きの実験をさせている。大学生のほとんどが例外なく「こんなに楽しいと感じた体験を、子どもにも是非味わわせたいと思う」との感想を寄せる。

自分が楽しいと思った体験を他の人に伝えたいのは、誰でも共通の心理のようである。

平成15年10月29日受付

※1 慶應義塾幼稚舎

3. 児童の教育環境整備

3. 1 子ども同士が教えあえる場面を作る

中学年期（3，4年生）の児童たちの好奇心は大変お盛である。そしてまた個人の特徴がはっきりしてくるのもこの時期だと感じている。幼児の頃はあっという間に覚えて、直ぐに忘れてしまうが、この時期の経験はやったこと、覚えたことが定着し、その人の個性の形成に大きく関わると考えている。また知識が増えて行く快感を実感する時期でもある。

昭和59年から「認定証発行システム」を作り今日もそれを主に3，4年生向けに続けている。貝殻（120種）、岩石鉱物（75種）、昆虫（130種）、植物（120種）の標本を5～10個のグループにして級、段を決めた。標本の裏には種名がつけてある。簡単にいえば、多くの種名を覚えれば昇級・昇段するシステムである。動植物・岩石の名前を小学校の時期に覚えた知識が、それ以降の段階での学習や生活の中で有機的につながり、ますます理科が面白くなったという筆者の経験を投影している。

3. 2 貝殻認定証のシステム

貝殻は120種の半分の60種を連続して言えるという場面を設け、そこを級と段の境にした。グループの種名全部を言えればそれぞれに対応する級や段を与えられ、名刺大の認定証がもらえる。最初の頃は教員がテストに立ち会っていた。児童が覚える速度は速く、私の知識を追い越してしまう児童がそれぞれのクラスに出てきた。そこで有段者の児童2名以上の立会いがあればテストが受けられるように仕組みを変えた。

認定証の発行は初期の頃は手書きであった。発行作業は毎日の授業の合間に行うためにどうしても発行は何日か後になっていた。パソコンを導入、データベースソフトを利用し始めた。その結果テストを受けると直ぐに認定証が発行できるようになった。合格した児童達はそのカードを見せ合い、更に上の級・段を目指して教えあい練習するという、お互いが切磋琢磨する状況が生まれた。

理科室は色々な学年の生徒が集まる結果、他学年・隣のクラスとの交流がおきた。また時間をおかず、直ぐに認定証が発行されるようになった結果、それまで1日十人程度だった参加者が数十人に増え、また高学年の児童も参加するようになった。我校には海浜学校という海辺での生活を体験する4年生の行事がある。覚えた貝の名前はこの行事の中で確認ができるためか行事が終わっても更に熱中する児童も生まれるようになった。

このシステムはしごく好評であり、中には将来貝の研究者になりたいという卒業生にもつながったと考えている。システムがうまく機能しているのは貝殻を拾う会、水晶の採集会など、野外で級・段の実力が試せる行事を用意していることとも関連性が深いと思う。

4. 達成感をもった経験をさせる

夏休みの宿題として5，6年生一人一人に自由研究を行わせている。実験観察は大人、児童が行っても目の前に現れる現象は共通である。現象からどのような結論を導くかは、持っている情報量や経験量の多少によって異なる。しかし観察や記録に限って言えば経験の浅い児童の方が思いこみが無い分だけ純粹にできるとも言える。

4. 1 自由研究のテーマさがしについて

自由研究はテーマの選び方によって、熱中できるかどうかが決まるともいえる。最初から何をするのかテーマを決めている児童は問題ないが、何をしたらよいのかが分からず悩む児童が多い。初期の頃は、題材が見つからない場合はこれを選ぶとよいという実験観察に適したテーマ表を与えていた。やがて図書室の協力で、教師が選んだテーマに該当する児童書を紹介してもらうことができた。

児童図書を調べるうち、学生時代の実験のスタートは文献のトレースであったことを思い出した。マニュアル通りに実験をしても、理論値にはなかなかならなかった。記述内容の読み取りの不足もあったが、多くは技術の未熟さが原因であった。新しいテーマを追うばかりではなく、文献通りにしっかり行うことにも意味があると気がついた。そこでテーマ表を与えるのを止め、決まらない多くの児童には、下記の1～4を基準に実験や観察ができる内容の児童書を探させ、その内容をトレースさせることにした。

- 1 面白そうか
- 2 材料がすぐに手に入るか
- 3 自分一人で進められそうか
- 4 何度でも繰り返せるか

そして見つけた本から、必要な材料、方法をノートに書き出させ、予備実験をさせた。更にテーマやその進め方について何度か相談を重ねた後夏休みの本番を迎えるようにさせた。

4. 2 自由研究とレポートにまとめる効用

自由研究には授業では成立しにくい様々な効果を期待できると考える。

- (1) 人に内容をわかってもらおうと、構想をまとめ、創意工夫を重ねる過程を通して、資料の調べかたに詳しくなる。
- (2) レポートをまとめるには形式を踏むとまとめやすいことを経験する。
- (3) 一つのことをやり抜くという粘りを養うことになる。
- (4) 自分の実験観察にとって何が重要なのかの判断をせまられる経験から、情報の取捨選択ができる。
- (5) 本に書いてある内容の裏にいかに変な努力が隠されているかに気がつくようになる。
- (6) 他の作品を見るときに自分の努力を基準に評価ができるようになる。

その中で私が強調している効用は、(4)(5)(6)である。

4. 3 自由研究の例

2003年6年生(男子96名, 女子36名)が行ったテーマは観察を中心とするもの25, 実験を中心とするもの59, 調査2, 製作を伴うもの26であった。テーマ数の合計が児童数よりも少ないのは, 同一のテーマを複数の児童が選択しているからである。誌面の関係で全てのテーマは掲載できないので実験を中心とする59テーマを表1に示す。児童書や科学の祭典のガイドブックを参考にして行ったのが55名, 初めからテーマが決まっていたそのことについて書いてある書籍を参考にしたのが77名であった。

レポートの感想には共通してそれを完成させた喜びが書かれていた。

2003年の夏の自由研究レポートは返却してしまったので児童の感想文を引用できないが, 2000年に提出された5年生のレポートの動機と感想を以下に示す。

【庭の雑草調べ「その種類と生長の記録」】

〈動機〉

1学期に植物の発芽と成長を勉強した。祖母の家の庭の雑草がぬいてもすぐに生えて困っていると聞き, 雑草が夏休み約2ヶ月間でどのくらい生長するのか観察してみたいと思った。

ぼくたちのまわりに雑草はたくさん生えているのに, その名前をほとんど知らないのので採集して押し葉にして種類を調べようと思った。

〈感想〉

テーマを選ぶのにとてなやんだ。ちょうどそのころ祖母に庭の雑草のことを聞いた。「これならぼくにもできるかな」と思った。でも始めて見ると庭に蚊は多いし, ゲジゲジやアシナガバチもいて, とても大変だった。特に7月9日の雑草を刈り取った日は抜いた雑草をしておれないうちに水気を取り, 押し葉にしなければならなかったので忙しかった。でも押し葉ができていたので安心した。

- ・どれくらいの種類が1平方メートルの中に生えているか予想もつかなかったけれど, 20種類近くはえていてびっくりした。雑草の名前はいくつかは知っていたが, ネコジャラシ(エノコログサ), ミルクグサ(コニシキソウ)など正しい名前がわかった。雑草を図鑑で調べるのは似ているものが多く, むずかしかったけれど, 今まで知らなかった雑草の名前がわかって楽しかった。
- ・刈り取った場所の雑草が, 最初なかなか生長しないで心配したけれど後半でいっきに伸びたのでおどろいた。刈り取る前はイヌタデ, ツユクサ, エノコログサがたくさん生えていたが, 2ヶ月後はアキシバ, ハマスゲ, 不明の植物が多くなり種類に変化があったのは不思議だった。
- ・この実験で, 雑草をぬく時には, 根までぬき, 花や種がつく前(1ヶ月)にとることを心がければ雑草は生えないと思った。
- ・種もまいていないのに土から草が生えてきたのはすごいと思った。

表1 2003年6年生が選んだ自由研究のテーマ

<ul style="list-style-type: none"> ・実験を中心としたテーマ ・アルカリが溶かすもの ・イースト菌について ・色々な液体を凍らせてそれを調べる ・色のヒミツ ・絵の具について ・大きなミョウバン作りに挑戦 ・音の跳ね返りと音はどのようにすれば見えるのか ・おむすびの持ちにかんする実験 ・回転軸の研究 ・カビの実験 ・紙おむつのヒミツ ・カルメ焼き ・寄生虫について ・気体の実験 ・魚貝類の解剖 ・金属と磁力の関係 ・草木染め ・氷の結晶を作ろう ・サビ作りについて ・酸性・アルカリ性について調べる ・磁界模様 	<ul style="list-style-type: none"> ・湿度とかびの関係 ・指紋採集 ・ジャムとペクチン ・重力の実験 ・衝突の力を比べよう ・植物の導管調べ シダ植物被子植物 ・植物のニオイでカビ防止 ・植物の水の吸い方について キクとセロリの場合 ・植物への影響 電気の光と太陽の光 ・進化について ・蟹気楼 ・水質調査レポート ・水溶液とものうきしずみ ・静電気でもーターを回してみよう ・静電気の実験 ・太陽光発電に関する実験 —どのような条件が発電にいいかを調べる— ・卵の秘密—卵でマヨネーズを作る— ・玉ねぎの不思議を探る ・電気 ・夏休み日焼け大作戦 	<ul style="list-style-type: none"> ・庭の葉を調べる —リーフディスクの光合成— ・のりの実験 ・ハーブ石けん, オリーブ石けんを作ろう ・廃油から石鹸をつくる ・発酵と腐敗の条件 ・光の性質 ・表面張力についての実験 ・フサモの光合成の研究 ・ふわふわ落ちないさわれるシャボン玉 ・ホームランの仕組みを調べる ・ボールの弾み方 ・ホタルの光で微生物調査 ・身近な乗り物の加速度を測る —重さとの関係— ・身近にある発酵パワー ・身の回りの酸とアルカリ ・ミョウバンの結晶 ・葉脈標本の作成と葉脈メッキ ・身近で役立つ植物 パートⅡ 竹, 竹炭, 竹酢液, 竹灰
--	---	--

- ・理科で習った発芽，生長の通りに条件を与えたら，その通りになったので確認できた．これまで家のベランダのプランターに雑草が生えてくると，何も考えずにぬいていたが，雑草の発芽，生長を観察して，雑草も他の植物と同じだとわかり，ぬいてしまうのはかわいそうになった．道ばた，空き地，グラウンドなどに生えている雑草に目を止めることはなかったが，このレポートのおかげで，興味を持てることが1つ増えたのはとてもうれしいと思う．

【池の中のプランクトン】

〈動機〉

5年1学期の理科の授業でプランクトンの勉強をした．生まれて初めて顕微鏡をのぞき，ほんの少しの水の中にも肉眼では見えないたくさんのプランクトンがいることを知り感動した．そして，小さくて不思議なプランクトンのことをもっと知りたいと思うようになり，夏休みの自由研究のテーマに選んだ．夏休み前半にプランクトンに関する資料を読み，後半に実験をした．

〈感想〉

今回の実験で一番楽しかったのは，顕微鏡をのぞいて肉眼ではみられない世界を見ることがだった．一度観察を始めると，面白くて面白くて3時間から4時間はあっという間に過ぎてしまった．

- ・砂糖，塩，酢を加えた実験3では，砂糖より塩や酢の方が微生物を殺す力が強いことがわかった．しかし砂糖も濃度を高くすれば微生物を殺す力が強くなった．昔の人が食べ物を保存するとき，塩漬けや酢漬にしたのは，この性質を利用したのだろう．また，なぜお弁当やおせち料理のたまごやきや煮物は砂糖やしょうゆを多めに使うのかも，この実験結果を通して理解することができた．
- ・池の水を気温も液温度も30℃を超える戸外と約10℃の冷蔵庫の中に置いて観察した実験5では，プランクトンは冷蔵庫のなかでも死んだり変形することなく，寒さに強いことがわかった．時間がたてば冷蔵庫のなかでも食べ物はくさるので，冷蔵庫には微生物を殺す働きがないということがよくわかった．今年の夏起きた雪印乳業の事件でも，いったん菌が製品等の中に入ってしまったら，どんどん増殖してしまい，その後冷蔵庫の中でいくら冷やしても死ぬことはなかったのだろう．
- ・顕微鏡で見た動物でプランクトンの名前が図鑑にはほとんどどのっていないなかったので，名前のわからないプランクトンがたくさんいた．今度は海の中のプランクトンを観察し，池のプランクトンの違いを調べてみたいと思う．

5. 終わりに

「分かった」「できた」「やった」等の快哉や「自分にもできた」という快感を覚えた記憶が，その人の科

学事始になる．その快感は創造する歓びの果実の味である．科学的興味を追究して歓びを得た人は，科学を盲信せず，自分の手でも推し進めてみようというアマチュア科学者になるのではないかと思っている．私は子ども時代に「熱中した記憶」を残したいと願って日々格闘しているようである．そしてその記憶が未来の科学を開く芽に育つと信じている．

教師は生徒がどのように感じているのかを聞く耳を持つと同時に，自分が工夫創造する世界を持つことが大切だと思っている．創り出す喜びの表現が児童には楽しさとなって伝わると考えるからである．

参 考 文 献

- 1) <http://www.asahikako.jp/frame.html>
- 2) 高梨賢英：身近な材料でできる火おこし，化学と教育，日本化学会，35-2(1987)，172-173
- 3) 高梨賢英：塩水電池と大根電池，化学と教育，日本化学会，40-4(1992)，222-223
- 4) 高梨賢英：専用容器を使わないカルメ焼き，化学と教育，日本化学会，44-1(1996)，42-43
- 5) 高梨賢英：着色カルメ焼き，「青少年のための科学の祭典」ニューズレター SAH，日本科学技術振興財団，15(1999)，11-12
- 6) 高梨賢英：演示効果の高いカルメ焼き作りの工夫と科学教育への応用，科学技術体験活動マニュアル，財団法人日本科学技術振興財団，2(1996)，65-68
- 7) 高梨賢英：ベッコウアメを作ろう，「青少年のための科学の祭典」ニューズレター SAH，日本科学技術振興財団，16(1999)，11-12
- 8) 高梨賢英：カルメ焼きはなぜふくらむ，さ・え・ら書房，(1990)
- 9) 高梨賢英，馬場勝良：自由研究のまとめかた（基本編），さ・え・ら書房，(1992)
- 10) 高梨賢英，馬場勝良：自由研究のまとめかた（応用編），さ・え・ら書房，(1993)
- 11) 高梨賢英：砂糖と塩の実験，さ・え・ら書房，(1997)

著 者 紹 介

高梨 賢英

1970年 東京学芸大学大学院教育学研究科
理科教育専攻修了 博士（工学）
現 在 慶應義塾幼稚舎教諭理科専科，日本化学会，日本油化学協会