今月のことば

「天罰」発言の背景

数学者
武藤　徹

石原慎太郎東京都知事は震災後、報道陣に対して「我欲を1回洗い落とす必要があるね。積年たまった日本人の心の垢をね。これはやっぱり天罰だと思う。被災者の方々かわいそうですよ」と発言。翌日「行政の長である私が使いました『天罰』という言葉が、添える言葉が足らずに被災者の皆さま、国民、都民の皆さまを深く傷つけたことを、発言を撤回し深くおわびいたします」と陳謝したと伝えられています。この発言の背景について想像をめぐらしてみました。

天罰は悪事を働いた当人に天が下す罰で､外れることはありません。これを「天罰覿面（てきめん）」といい、「天網恢恢（てんもうかいかい）、疎（そ）にして漏らさず」ともいいます。天罰は悪事を働いてもいない、何万人もの被害者に当たることはあり得ません。

実は大震災の前日の3月10日に、注目すべき大事件がありました。東京高等裁判所が、「東京都教育委員会が行った処分は、処分権の乱用に当たる」との判決を下したのです。東京都教育委員会は、都立高校の校長に対して、「卒業式において、教師は日の丸に対して起立し、君が代を斉唱すること」という職務命令を出させ、従わない教師たちを処分して、65歳になって年金が支給されるまでの生計費として保証されている「嘱託」の権利まで奪っています。

判決では、不起立での懲戒処分は、「社会観念上著しく妥当を欠き、重きに失する」と断じ、学校長の職務命令に従わなかった教師たちの不起立行為は、生徒に対し正しい教育を行いたいという真摯な動機による「やむにやまれぬ行動」であったと認めました。400人を超える教師たちが、月俸15万円、5年間で900万円にもなる収入を犠牲にして、憲法第99条に定められる公務員の職務を忠実に守ったのは、賞賛に値します。

この高裁判決は、石原都知事が進めてきた教育行政を厳しく断罪するものとなりました。石原氏はこの判決に激怒し､都知事選立候補を決断したと思われます。大震災はその直後に起こりました。自信過剰の石原氏がこれこそ、不当な判決に対する天罰でなくて何であろうと思ったと観るのは、僻目（ひがめ）でしょうか。

技術教室 CONTENTS

JOURNAL OF TECHNICAL EDUCATION
No.708

2011 7

▼［特集］

エネルギー変換の授業のポイント

エネルギーとしての電波を見る　村越一馬……4

蛍光灯の製作で学ぶ理論と実験・実習　太田考一……10

エネルギーコストを考えた商品開発　佐俣　純……18

サイエンスカフェで学ぶ新エネルギー　吉川裕之……24

ユーザーのニーズに応えるものづくり　吉田　豊……32

実践記録 1
蒸気漏れの少ないピストンの製作に挑戦　亀山俊平・藤木　勝……38

実践記録 2
学校の和室前庭の改修　関戸　亮……48

▼連載

もの事始め文化誌❷粒子で宇宙の旅　小林　公……54
江戸時代の天文暦学者　間重富㉓間重富の子重新とその同志　鳴海　風……58
ガラスのはなし❻器の大量生産とガラス風船　藤木　勝……64
はじめて取り組む「生物育成」⑩収穫作物を使っての調理がゴール　竹村久生……68
西洋科学技術者・日本ゆかりの地⑮科学者の子ども時代の像　西條敏美……72
新「農業教育」のすすめ⑪農と自然と食を結んで（10）　中島紀一……76
発明交叉点㊾業界初の鋳型の品質・形状保証　森川　圭……80
スクールライフ㊿地震の多発　ごとうたつお……84

■産教連研究会報告

大豆を育てて食べる　産教連研究部……86

■今月のことば

「天罰」発言の背景　武藤　徹……1

教育時評……88
月報　技術と教育……89
図書紹介……90・91
全国大会開催案内……92

Editor■産業教育研究連盟　Publisher■農山漁村文化協会
Cover photo■真木　進　Art direction■栗山　淳

特集

エネルギー変換の授業のポイント

エネルギーとしての電波を見る

村越　一馬

1　電波はおもしろい

私たちの生活する空間には、テレビ、ラジオの電波はもちろん、携帯電話や無線LANなど、多くの電波が飛び交っています。私たちには、その存在を感じとることはできませんが、空間を行き交う電波はますます過密状態になってきていると言ってよいでしょう。昨今のデジタル化は、そういう過密状態にある電波の周波数を有効利用しようとして進められてきたものです。

目に見えない電波を、子どもたちに学ばせるのは少し難しいかもしれませんが、「情報通信」という観点からも、「エネルギー変換」という観点からもアプローチできる大変興味深い題材だと考えています。ここでは「エネルギー変換」としての電波をどう教えたか。私の実践を紹介します。

2　電子レンジで遊ぼう！

電子レンジは、電波でものをあたためる調理器具です。電波のふるまいを教えるのには、もってこいの道具です。電子レンジは教卓に1台置いて、教師が実験をして見せます。電子レンジの扉の窓は小さいのですが、中で光ったりする様子は、生徒が座っていても見ることができます。実験の前には、必ず結果を予想をさせて、手をあげさせるようにすると、生徒は興味をもって見てくれます。電波を知る基本となる実験は、①～⑥の6つです。

①、②の実験からは、電子レンジは「水しか温めない」ということがわかります。電子レンジで食品を加熱調理できるのは、食品には必ず水分が含まれているからです。乾燥した切り餅であっても、わずかな水分が残っていることでふくらむのです。

実験① 水を入れたコップと入れないコップの2つを同時にチンすると、水を入れないコップはどうなるでしょうか？

実験② 食用油を入れたコップと水を入れたコップを同時にチンすると、どちらがより温まるでしょうか？

実験③ 水を入れたコップを2つ用意して、片方のコップをアルミホイルで完全に包みます。2つを同時にチンすると、アルミホイルのコップはどうなるでしょうか？

実験④ スチールウールを小皿にのせてチンすると、どうなるでしょうか？

実験⑤ 白熱電球をチンすると、うなるでしょうか？

実験⑥ 豆電球をチンすると、どうなるでしょうか？

［注意］実験④〜⑥は、水を入れたコップを同居させて実験すること。

②の実験では、多くの生徒が、油＝“熱い”というイメージを持っているので、油の入ったコップのほうが温まると予想します。ところが、油の入ったコップはまったく熱くなりません。理由は、分子の構造にあります。水は、図1のように＋と－が偏った電気双極子（電気の対）になっているので、交互に変化する電界の中に置かれると分子は回転（1秒間に24.5億回）させられ、摩擦熱を出します。ところが、油は分子が大きく、＋と－の電気的な対は一部にしかないので温まらないのです。

③の実験からわかるのは、電波はアルミホイルのような金属にあたると反射するということです。電波が金属にあたると、その中の自由電子は激しく振動させられます(つまり交流電流が流れる)。ところが、そのエネルギーは消費されることがないので、再びアルミから電波を発射するのです。よく「サツマイモをアルミホイルに包んでチンすれば焼き芋ができるだろう」と考える人がいますが、それは大きなまちがいだということがわかります。

④の実験では、スチールウールはアルミと同じ金属ですが、電気抵抗があるために自由電子が動くと発熱線のように発熱して燃え出します。つまり電波のエネルギーが消費され熱に変わったわけです。このようなとき電波は、「吸収された」と呼んでいます。

⑤の実験は、④の実験と同じように、白熱電球の中のフィラメントが電気抵抗を持っているために発熱し、光って点灯します。これはフィラメントが切れて使えなくなった電球でも同様に光ります。

⑥の実験では、白熱電球と同様に豆電球も光るだろうと予想を立てますが、豆電球は光ってくれません。これは、豆電球のフィラメントの電気抵抗が小さ

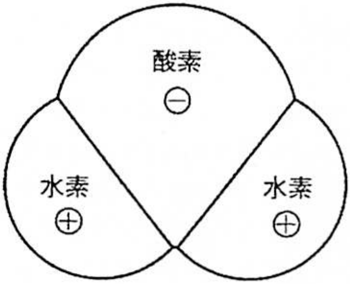


図1　水分子（1億倍）

いためです。

この豆電球を光らせるには、電極にアンテナをつけるという工夫をします。

電子レンジの周波数は2450MHzなので、その波長は約12cm。アンテナの長さは、波長の1/2 = 6cmのとき、もっとも効率よく電波をとらえることができます。したがって、豆電球の電極に3cmずつの銅線をつけてチンすると、みごとに豆電球は光ります。

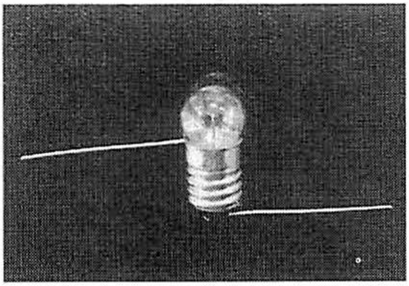


写真1　豆電球にアンテナをつける

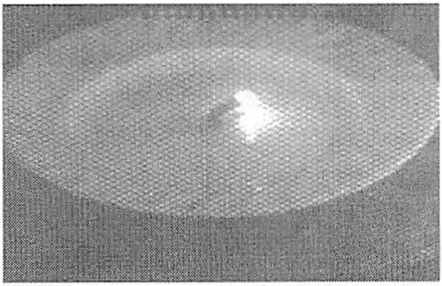


写真2　電子レンジで光る豆電球

3　電波を効率よくとらえるアンテナ

アルミ、銅、真鍮のパイプを使って音を出してみます。たたくのではなく、パイプの表面を手でこすって金属原子を振動（長さ方向に伸びたり縮んだりする振動）させます。

左手でパイプの真ん中を持ち、右手にロジンバックの粉をつけてこすります。慣れてくれば誰でも「キーン」という音が出せます。

同じ長さのアルミと銅の音の高さを比べると、銅のほうが

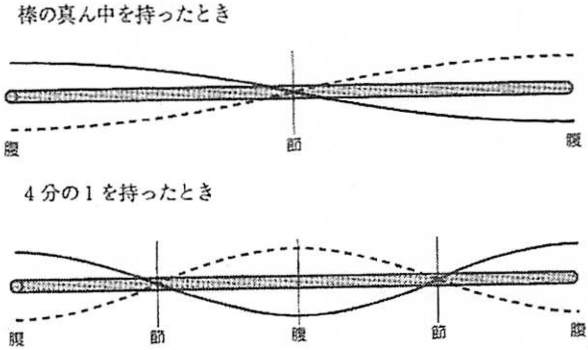
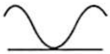


図2　固有振動の腹と節（実際の振動は粗密波です）

低音になります。これは、材質によって波の伝わる速さが異なるからです。

ちなみに、アルミは5000m/秒、銅は3750m/秒です。さて、パイプが「キーン」という音を出して鳴っているときは、パイプの中の原子が固有振動で振動していることになります。振動するものは、すべて決まった固有振動数で振動を続ける性質があります。固有振動が起きているときは、〈大きく動いている部分〉と〈ほとんど動かない部分〉ができていて、大きく動いている部分を〈振動の腹〉、ほとんど動かない部分を〈振動の節〉と呼んでいます。

図2のように、棒が音を出して鳴っているときは、棒の両端では〈腹〉、手で持った場所は〈振動の節〉になります。実際、金属を伝わる波は、長さ方向の粗密波なのですが、図に表わすのが難しいので、図2には上下する波で図示してあります。

 で1周期なので は、1/2周期です。したがって、波長は棒の長さの2倍になります。1mのアルミ棒を使ったときは

$$\text{振動数} = \frac{\text{波の速さ}}{\text{波長}} = \frac{5000\text{m/s}}{2\text{m}} = 2500\text{Hz}$$

の音が出ることになります。

上の式から、棒の長さが短くなればなるほど、振動数は大きくなって、高い音が出ることがわかります。逆に、決まった振動数の音を出すには、その波長の1/2の棒を使えばいいことになります。

このことをアンテナにあてはめて考えます。

電波は、金属の中の自由電子を振動させます。金属の端では電子は動けないので〈節〉、回路に接続する部分は〈腹〉になるようにするのがもっとも効率がよいので、アンテナもやっぱり電波の波長1/2の長さにするのがよいということがわかります。

私たちの周りにはいろいろな種類のアンテナが林立していますが、アンテナの大きさや形を見れば、どんな周波数の電波が使われているのか、おおよそ見当がつくということです。そこで、つぎのような写真を見せて、何のアンテナかあてさせるのもおもしろいです。

4 電波でLEDを光らせる

身の周りにあふれる電波の存在を知ってもらうために、図3のような回路を

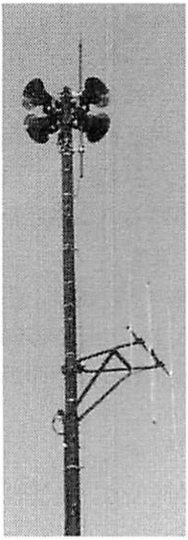


写真３　防災無線
（60MHz帯）

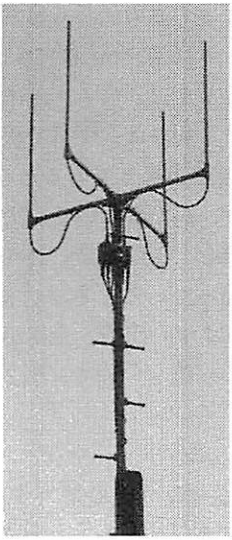


写真４　携帯基地局
（800M ～ 2GHz）

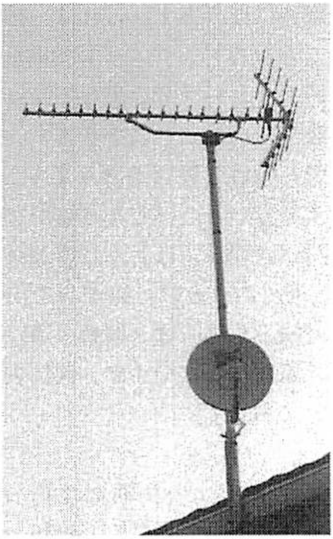


写真５　テレビ……
（UHF帯、パラボラ12GHz）

作って実験して見せます。模型用モーター、ガスコンロの点火装置、チャッカマン、インバーター式蛍光灯などからは、放電による雑音電波が出ていてLEDを点滅させることができます。また、アンテナの長さを変えると、UHF帯の電波もとらえることができます。図3の回路図のアンテナは半波長のダイポールアンテナですが、全長を1波長とするループアンテナに替えると、さらに感度が良くなります。

「電波は反射する」という性質を利用して、携帯電話の電波を少し遠くへ飛ばすようにします。図4のようにステンレス製ボウルの真ん中に携帯電話を貼りつけ、少し離れた所に電波センサーを置いて電波をとらえます。携帯電話と電波センサーの間に金属板やプラ板、ベニヤ板を入れて電波の「透過」と「遮蔽」を調べます。また、魚の焼き網を改造して携帯電話と電波センサーの間に入れ、電波の「偏波性」も確かめま

表1　周波数とアンテナの長さ

反応する無線機器	周波数帯	アンテナ寸法
小電力トランシーバー	420MHz帯	約17cm
携帯電話	1500MHz帯	約5cm
無線LAN	2400MHz帯	約3cm
電子レンジ	2400MHz帯	約3cm

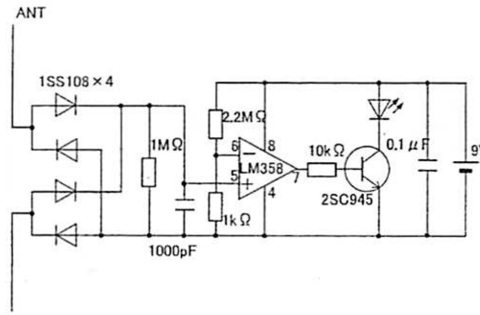


図3　電波センサー回路図

図4　パラボラアンテナ

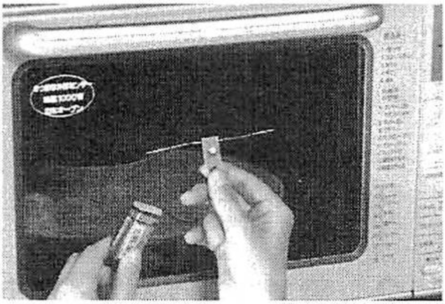


写真6　電子レンジ

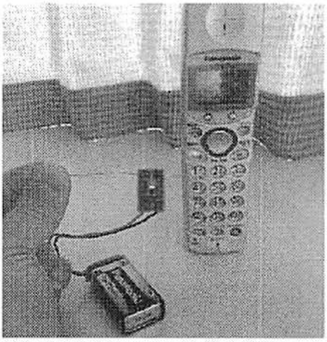


写真7　コードレスホン

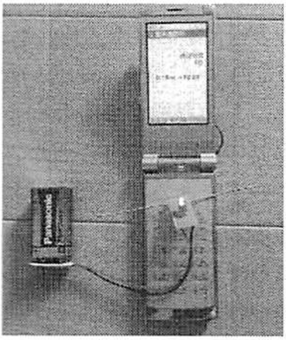


写真8　携帯電話

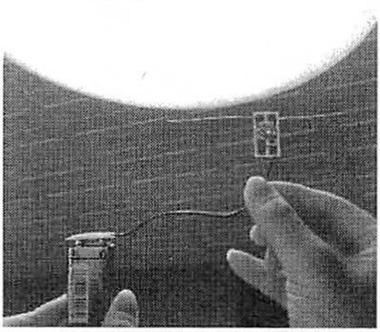


写真9　インバータ式蛍光灯

す。以上のような実験を通して、エネルギーとしての電波の性質を知り、ラジオやワイヤレスマイクの製作をするようにしています。

（神奈川・小田原市立泉中学校）

特集▶エネルギー変換の授業のポイント

蛍光灯の製作で学ぶ理論と実験・実習

太田　考一

1　はじめに

原稿の依頼をいただいてから「ここはこれでいいのだろうか？　もっといい方法はなかっただろうか？」と、執筆を何回も中断して市立図書館にも通った。おかげで今まで漠然とやっていたことを整理することができた。私はここ数年、自作キット「蛍光灯kefi」（写真1、写真2）を使った授業を行っている。詳しくは、http://sky.geocities.jp/hagane0051/flu2003/index.htmlを見ていただきたい。以前は2年生の35時間の一部で扱い、現在は3年生の17.5時間で扱っている。

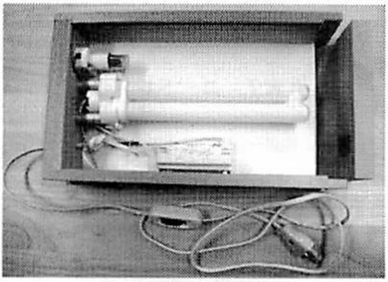


写真1　蛍光灯kefiの内部

写真2　蛍光灯kefiの外観

2　電源プラグをつくろう

春の授業はこれからはじまる。業者の方にまず、電源プラグと100m近くの電源コードを納品していただく。

私たちの経験からもわかるが、電気器具の故障のほとんどが、プラグとコードである。そして、私たちでも作ることができる、修理ができるところでもある。子どもたちには、ぜひつけたい力と考える。授業は、まず4人1班に、8m配ることからはじめ、それを4等分するのである。次にニッパを配布する。私の勤務する中学校では、前任の先生のご尽力もあり、40本のピカピカのニ

ッパが揃えてある。感謝して使うこと、目的外のことに使ってはいけない（柔らかな銅線の切断以外に使ってはいけない）ことを話し、配布した後で「いいニッパの選び方」を話す。「ニッパを閉じて光にすかしてご覧。光が漏れるようなら銅線が切り残されてしまうよね。激安市ではときどき粗悪品があったりする。刃物の賢い選び方だよ」と。生徒は慌てて手元のニッパを透かしてみる。「大丈夫。学校のニッパは皆OK」。しかし、生徒は刃の根元近くにある大きな切り欠きに気がつく。「そうだ。それがビニール皮膜をむくための切り欠きだ」。

ビニール皮膜を剥く方法としては、①カッターナイフまたは電工ナイフ、②ニッパ、③ワイヤーストリッパーの3つがあるだろう。生徒が家庭に帰ったとき、どの力をつけておいたらいいだろうと考え、私はニッパを選んだ。ニッパなら購入することもでき、扱いも比較的楽である。選択授業でロボコンなどの乾電池の弱電を扱う工作で細い導線を扱うとき、ナイフやワイヤーストリッパーを紹介した。

プラグはJISマークをはじめ、その他のマークのついた物を使いたい。私は国内有名メーカー製の白いプラグを使っている。教材業者の方々が持ってきてくださる透明プラスチックでできたプラグにも、大きな魅力を感じる。フタを閉めた後でも生徒の作業を点検できるという長所がある。しかし、マークの有無を見比べると一歩踏み出せないでいる。煩雑になるが授業内で、「フタを閉める前に一目、友だちと先生に見せなさい。火事は絶対に起こしてはいけないからね」と言っている。できあがったところで、それぞれのマークや定格電流、定格電圧の意味も学習する。

3 半田づけをしよう

回路の組立ては、半田づけで行う。①予備半田、②安定器への半田づけ（固定された電極）、③導線同士の半田づけ（空中での半田づけ）、④グロー管ソケット内の狭いところにコンデンサと導線を半田づけする……と、段階を追って難しい半田づけをさせている。

半田の安全指導も行う。私自身の小学生時代の半田鏝（ごて）での火傷経験、衣類やコタツの上掛けに穴をあけてしまった経験を話す。また、鉛中毒の話もする。「古代ローマ人が加工しやすい鉛を食器に使っていて鉛中毒になっていたのではないかという説、伝説的ローマ皇帝の異常とも思える行動や早死や滅亡。錬金術師は生成物を舐めて検査していたが、それを行っていた有名物理学者の死因は鉛中毒だったらしい」などの話をする。また、「常温でも洗濯物が乾く」

ことは、「100度にならなくても水は気化する」ことを示す。つまり、「半田も液体になったときから気化している！」ことを教える。「換気が大切だよ。立ち上がる煙は松脂（ペースト）の煙だけど、吸ってはいけない目安になるね。手早く作業をしよう。液体にした半田をつついて遊ぶなどとんでもないこと！」

世の中には「鉛フリー半田（鉛が入っていない半田）」というものもあるらしい。「某有名精密機器企業は、従業員の健康のために、それを取り入れている」と聞いたことがあるが、私はまだ未確認である。いずれにせよ、一般のホームセンターでは鉛入りの半田が売られている。学校は徹底的に安全な場であるべきだが、一般社会のメンテナンスがまだ危険である以上、そのことも教えなくてはいけないと思う。

4 蛍光灯の起動

すばらしきかな！　たくさんの発明品、部品が相互に響き合う世界！

電源プラグと安定器と蛍光管ソケットを接続したところで、早速、蛍光管を取りつけ点灯実験を行う。グロー管はまだついていない。この回路を私は、「押しボタン式蛍光灯」と呼んでいる。

ブラブラしているコード2本を互いに接触させ蛍光管の両端を暖め、数秒たったところでパッと離すと、電磁誘導によって安定器から高電圧が発生し、蛍光灯が起動するのである（図1(ア)、図1(イ))。安全上の注意を話したあと、各班（4人）に1本蛍光管を配り、教師示範をしてから「じーーっぱ」と唱えさせながら点灯させる。

〈安全上の注意〉

①蛍光管を割らない。：蛍光管を雑巾絞りしない。生活体験が少ないせいか、このことを忘れてしまう生徒が多い。蛍光管ソケットに取りつけるとき「押さえつけてひねる」という動きをするのだが、このとき、蛍光管をまるで雑巾絞りのように扱う生徒が出てしまうことがある。爆縮（蛍光管が割れると中が真空なので、周りの空気が急激に押し寄せ、次の瞬間、反動で膨れ上がる。このとき、ガラスの破片を飛び散らせる）の話も交え、ソケット式の蛍光管は、根元のプラスチック部分を持って扱うよう注意する。

②感電注意：安定器と蛍光管ソケットから出ている線がむき出しである。そこに触らないように。言うまでもないこと。

③ショート注意：②と同様に、この部分でショートを起こさないように。蛍光管が点灯した後も、「ブラブラしているコード2本」を手から離さないよう

に注意する。これを離すと、それが安定器に接触することがある。学校によっては、技術室の机の端に、板金加工のための金属板がはめ込まれていたり、万力が取りつけてあったりするので、そこに接触して、思わぬ事故を起こしてしまうことも考えられる。

以上、①〜③を話した後、全員起立させ（実験の基本）、私から4人の班員にABCDの役割を与える。

いよいよ点灯実験である。私は生徒の様子を見ながら指示を出す。「Aの人、自分の回路に蛍光管を取りつけなさい。Bの人、『流すよ』と声をかけてから、Aの人の作品の電源プラグをコンセントに挿しなさい。Aの人“じーーっぱ”をやって点灯させなさい。全部の班が点灯するのを待ちます。さて、確実に消灯するにはどうしますか？」「もう1回“じーーっぱ”をやるぅ」「コンセントを抜くぅ」「そう！　Bの人はコンセントを抜きなさい」「ふぅ。大成功。Aの人は蛍光管をはずして、Bの人に引き継ぎなさい。後は君たちに任せます。全員点灯がうまくいったら、蛍光管を箱に片づけて座りなさい」。

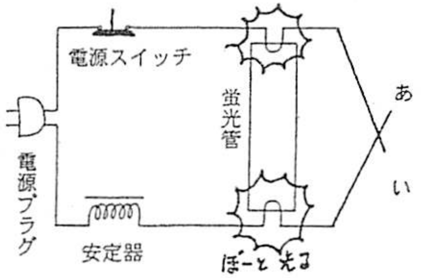


図1（ア）　蛍光灯のコードを互いに接触させる

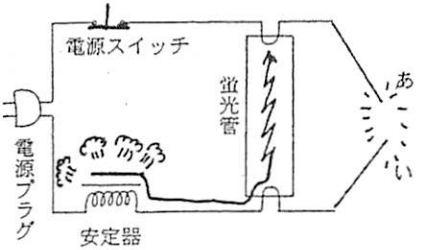


図1（イ）　数秒たったらパッと離す

5　蛍光管を割って見せる

この方法は、先輩の先生に教えていただいた。ただ割ったのでは、先に記述した爆縮が起きてしまう。この稿を読まれた方でやってみようと思われる方は、力の入れ具合など、経験ある先生にやって見せてもらった後にやることをお勧めする。

庁務員の先生から、フィラメントが切れてしまった蛍光管を予めいただいておく。学校なので、1.5〜2mの蛍光管で迫力ある実験ができる。バケツ一杯に水を張り、その中に蛍光管の一端を沈め、水中で目立てヤスリを使ってジリジリと切込みを入れていくのである。3分ぐらいかける覚悟でゆっくりゆっく

り削っていく。やがて切込みが中まで達すると、シューという音とともに蛍光管の中に水が吸い込まれ、蛍光管の中で毎秒3cmぐらいの早さで水面が上がっていく。それを指で追って「ほらね」と示してやる。生徒からは「お～」という声があがる。最後に1cmほどの空間を残して吸水は止まる。これがわずかばかり封入されているというアルゴンガスであろう。水が詰まってずっしりと重い蛍光管を持ち上げ、バケツの上で蛍光管の端を玄翁などでゴンと叩くと、端が落ちドボドボと水も出ていく。ラジオペンチでガラスを取り除くと、フィラメントを観察することもできる。「蛍光管は両端にフィラメントがあり、中はほとんど真空に近いのだよ。わずかにアルゴンガスが入っている」ということがよくわかる。「では、どうやってこの1.5mを放電させるのだろう？　1.5mが放電できてしまうのなら、コンセントの1.5cmはいつも放電火花を散らしてしまうよね」と言って、次の課題に入る。

ところで、今のところ私は、この割る実験を失敗したことはないが、安全のため次の留意はしておく。

①私も生徒も手ぬぐいを被る。私が中学生のとき、英語の恩師が張り切って手を振り上げ頭上の蛍光管を割ったことがある。先生はガラスの破片を頭から被り半日年休をとられた。大変だったろうなぁと思う。

②生徒は私を中心に半径2mほどの一重の円になって観察する。

③私も手ぬぐい、ゴーグル、作業着、大工センターで買ったごついゴム手袋を装着して行う。

6　感電してみよう

「では、どうやってこの蛍光管1.5mを放電させるのだろう？　秘密はこの安定器にある。安定器はまるで天邪鬼。電流を流そうとすると『やだぁ。流したくない』、電流を切ろうとすると『やだぁ。流したい』となる。マァ気持ちもわからないでもない。私たちもそうだよね。『昨年の先輩は通ることができたのに、何で今年から通っちゃァいけないんですかぁ。超むかつくぅ』ってね」。

電磁誘導について話したあと、「乾電池1本で皆で感電してみよう」と持ちかける。「乾電池1本は1.5V。この両極を持っても……痛っ！（と感電した演技）なぁんてことないよね。でも、これでクラス全員が感電できる」。

“100V対5V”ほどの電源トランスを使う。クラスほぼ全員（「気の進まない者は辞退していいよ」）手を繋がせ、両端の生徒に100V側のコイルのそれぞれ端を持たせる（図2)。私は5V側で乾電池を使って「じーーっぱ」を行う。す

ると、ほぼ全員が「おー」と感電することができる（2～3人、電気抵抗の小さい生徒は感じることができないようである。分圧が低くなる）。

留意点は、もちろん生徒の健康である。4月の職員会の「健康上の留意すべき生徒」の議題のときにはしっかり聞いておき、心臓疾患などがないことを確認しておく。実験への参加は強要しない。予め自分1人の体で実験し、「最小人数で最大このくらいのショック」ということを把握しておく。「じーーっぱ」の「じーー」を長くしない（電磁誘導の電圧が高くなってしまう）。

「1.5Vの『じーーっぱ』でこれだよね。100Vで『じーーっぱ』をやったら……とんでもない電圧が発生することになる。これが蛍光灯を起動する秘密だ」「だから『蛍光灯を頻繁にON－OFFすると傷む』というのだ」。

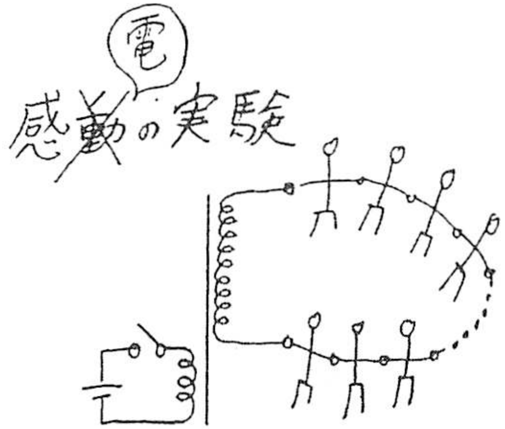


図2　乾電池1本でクラス全員が感電

厳密に言うと、1本のコイルである安定器と2本のコイルを組み合わせた変圧器とでは比較にはならないかもしれないが、“電流を切って高電圧を発生させる”ということを、体験的に知ることができる。

以上が蛍光灯の基本。しかし、私たちは普段蛍光灯を点灯させるのに、「じーーっぱ」などとやっているだろうか？　実はグロー管というものがある。この中に小人さんが住んでいて、自動的に「じーーっぱ」をやってくれる。次回は押しボタン式蛍光灯を、グロー管式蛍光灯に進化させよう。

7　グロー管式蛍光灯

1時間の半田づけ作業で、グロー管と雑音防止コンデンサをつける。私はこれを「グロー管式蛍光灯」と呼んでいる。それを、押しボタン式蛍光灯のときと同じように、班に1組、蛍光管とグロー管を貸して点灯実験（図3（ア）、図3（イ））をさせる。「とにかく点く」と生徒を安心させた後に、①バイメタルの仕組みと働き、②安定器とフィラメントとグロー管のすばらしき連係プレー

の解説を行う。

①バイ・メタル：2種類の熱膨張率の異なる金属片を貼り合わせたもの。加熱すると変形し、冷却すると元に戻る。熱器具の温度の自動制御やクリスマスツリーのバイメタル電球に使われていることを話す。もっとも近年では、ともに半導体による制御が多くなってきてしまっているが。

②ここで、この連係プレーについて解説すると長くなってしまうので割愛するが、解説の後で「スゴイよね！　この連係プレー。これを発明した人ってどんな頭していたのだろうね！」と驚く。正直、今でも私は驚いている。

その後で、もう1回、点灯の様子を観察させる。電源プラグを挿すとグロー管が青白く光るが、そのグロー管を真横から観察させる。青白い放電の中で、バイメタル電極がぐぅーーんと動くのがわかる。そして、蛍光管点灯後に10秒ぐらいかけてバイメタル電極がじりじりと元の位置に戻っていくのがわかる。「ほらね。小人さんが働いている。『じーーっぱ』って」。

さらに、「蛍光管が点灯した回路からグロー管をそっと外すとどうなる？　感電しないように注意しながら」と問いかけ、実験させる。すると、グロー管は点灯させるときのみ働いているということがわかる。「極端なことをいうと、一家に1本グロー管があればいいのだよ。点灯するときしか使ってないからね。でも、面倒だね」。

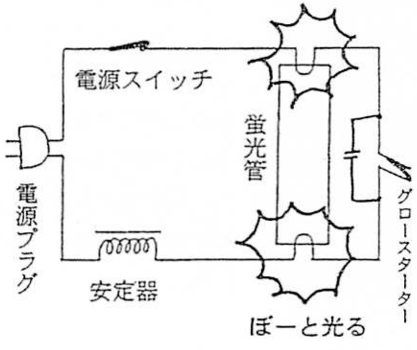


図3（ア）　グロー管のスイッチが入っていると放電しない

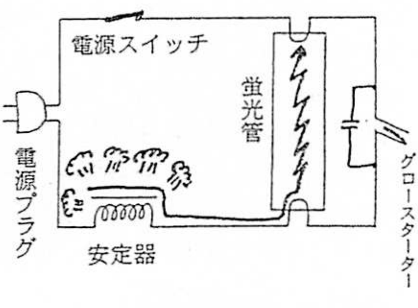


図3（イ）　グロー管のスイッチを切ると放電する

8　技術のすばらしさ

今号の特集タイトルは、「エネルギー変換の授業のポイント」なので、そこを考えると、やはり技術のすばらしさを教えたい。「こんなに技術ってすごい

のだよ」と。毎日、使っていて半ばブラックボックスとなっている家電をはじめとするエネルギー変換の機械。さらに、近年は半導体の進歩によりスイッチすらタッチパネルといった扱いやすい、しかし理解しにくいものになってきている。だからこそ、基本的な回路を教えたい。つぎは、これまで述べてきた実践にかかわる日常的な安全指導の一端である。

(1) 弱電（乾電池）か、強電（100V）か

乾電池での作品や実習のほうが、生徒も教師もずっと手軽にできると思う。また、半導体について扱うことができるのも、弱電の醍醐味である。強電は気を使う。授業中の感電やショートの事故に気をつけることはもちろん、作品(写真1、写真2) を持ち帰った後も、ドキドキである。「くれぐれも。く・れ・ぐ・れ・も！　事故を起こすなよ!!　天井の蛍光灯にコートや布団をかける人はいるはずがないが、この作品の上にはかかってしまうからね。あ・な・た・が、事故を起こさないように気をつけるのだよ」。3学期、卒業を前にした生徒たちに、くどく、しつこく説く。この場面は、「80％の生徒が理解してくれればいい」などという授業ではいけない。「100％の生徒が理解し家庭で実践しなくてはいけない」のである。

(2) 取扱説明書を読もう、書こう

「一番大切なのは、あなたが生涯にわたって幸せに、事故も最小限に過ごすこと」と、取扱説明書についての授業を行う。以前は、「自分の蛍光灯について取扱説明書を書こう」という授業をしたこともある。現在は、電気ポットの取扱説明書の読み合わせを行い、私たちの蛍光灯ならばどうだろう？　と考えさせている。説明書には、「あたりまえじゃないか」という記述もある。しかし、その当たり前のことを当たり前に行うことの大切さを説く。

やっていくと、「キリがないのではないか？」という気もするが、「エネルギー変換の授業のポイント」、それは「いつまでも安全を追究し続ける態度」かと思う。

（長野・長野市立西部中学校）

特集▶エネルギー変換の授業のポイント

エネルギーコストを考えた商品開発

テーマ学習の試行

佐俣　純

1　はじめに――実践のねらい

「お金さえ出せば、自分が欲しいものは何でも買えるのに、何でものづくりをするの」と、技術の授業時に生徒たちから聞かれることがある。商品経済の発達や社会の変化にもかかわらず、ものづくりが好きという生徒は多くいる一方で、なぜこのような言葉が生徒から出るのであろうか。技術科では、未来との関わりの中で、ものづくりの必要性やよさを教えてきたはずなのであるが。専門分業論を基礎にした考え方からと言えば聞こえはよいが、自分以外の誰かが、将来の生活向上に必要なものを創り、自分はお金を出しさえすればよいと、生徒は考えてしまっているのである。そして、これはお金を出せば何でも買える、お金が第一という考えに通じてしまうこととなる。果たしてそれでよいのであろうか。消費の意義や消費の役割や責任、環境との関わりなど、小学校で学んできたことを応用して考える能力が育っていなかったのではないだろうか。

そこで、本校技術科では、自分たちの作品を創意工夫し、商品化する取り組みを授業で行いながら、消費者のあり方や、消費行動について考えさせ、生産と消費に積極的に関わる能力を育成しようと考えた。また、商品化への取り組みでは、専門家や学習支援者の協力を得ながらの授業を試み、ものづくりへの意欲を高め、製品化に関してエネルギー利用作品展や発明工夫展などへの出品を計画し、その完成度をさらに高めていこうと考えた。

2　私の願い・期待される生徒像

この授業での私の願い・目標は、第1に「エネルギー変換に関する技術」および商品開発に関心を寄せる子どもたちを育てることである。次に、グループ活動を通した実践をすることで、「エネルギー変換に関する技術」を使った各

自のグループに即した製作計画を立て、その実践を適切にできるよう工夫できる子どもたちを育てることである。そして最後に、以上に関する「エネルギー変換に関する技術」の技術的実践を体験し、達成感と成就感で喜ぶ子どもの姿・生徒像をめざして、以下の3点をねらいに押さえた。

①生徒一人ひとりに消費者・生産者として、また社会の一員である生活者としての自覚が育成される。

②情報収集や情報選択、発表など、言語情報活用能力を育成し、身近な問題を積極的に解決する能力を高められる。

③開発された商品の多くが作品展などで高い評価を受けられたり、入選したりして、相互協力や創意・工夫の努力に、まっとうな達成感と成就感が育まれる。

3 実践の主内容

(1) 消費生活や企業活動に関わる観点

はじめに、商品となるものはどのようなものか、エネルギー変換を利用した商品例をあげて、漠然と教師の私が説明した。しかし、商品、お金という点では瞳を輝かせてはいたが、どういうモノがどういう目的で、どういう人びとを対象にして、何の目論見を企てようとして生産され、その結果、個人にどう使われ、社会に影響を成していくかまで見通そうと考えられる生徒はいなかった。

グループ討議では、「暑い夏だから、扇風機をつくろう」「いや、完成するのは冬だから売れないだろう」など、対象とする環境や市場を意識できる生徒は若干いたのだが、発表させると、積極的に作りたい商品とはとても思えない、既存の商品擬(もど)きしか出てこない。市場の商品分析の必要性を痛感した。消費生活や企業活動について何も考えていない。

そこで、ゲストティーチャーとして教材会社（Y教育システム［株］）の商品開発に関わる人にお願いして、商品について講義していただき、売れる商品や買いたい商品についての見方・考え方、商品となる条件の指導を受けた。そして、生徒たちのアイデアや開発しようとする商品について評価していただいた。その後に、自分たちが考えたものが本当に商品となるか、グループ討議の時間が続いた。電気エネルギーの変換技術に関する資料を検討したり、固定抵抗器、ダイオードやトランジスタの情報も学習しながら進めた。後日談だが、金沢市の高専生がテレビで発表した、庭に糞をしにくる猫を撃退する装置と同

様なものを、その2週間前に、このゲストティーチャーに褒められていたのである。

(2) 生徒が主体的に活動するための工夫に関わる観点

しかし、このころから、アイデアが枯渇してくる。現実の自分たちの環境に気づきはじめてきたのである。エネルギー変換に関する技術の情報は増えてくるが、授業ではグループ討議が行われ、グループ発表、が続く。お互いにグループ同士で意見交換を行ったりもしたが、何かパッとしない。そこで、少女の頃の発明で会社を起こした起業家でもある、子ども会社「ハルカファミリー」代表の丸野遥香氏にゲストティーチャーになっていただき、アドバイス（商品化のためのアドバイス、制作に関するアイデア、専門家としての知的財産権、産業財産権について）など、やさしく教えていただいた。丸野先生は慶応大学の学生で、年齢も生徒たちに近く、生徒のグループの一つひとつの良い点を評価してくださり、そのため生徒たちには強い自信につながっていったようである。ここから、生徒が仲間とともに製作品を考え、企画・設計し、製作をしていく自主的な活動がはじまっていった。また、ゲストティーチャーから製作のアドバイスを受けて、商品としてのまとまりを感じさせるようになっていった。さらに、公の作品展などにおける入選を目標にして、作品展に出品できるよう取り組みが盛り上がっていった。

(3) 環境に関わる観点

ここで、電気に関する知識や情報は若干ではあるが学んではきたが、商品と環境についてまでは考えが及んでいなかったので、私自身の説明授業で取り扱わざるを得なかった。はじめに、エネルギーコストの比較（環境への影響、経済的エネルギーコストを含め）調査させたり発表させたりした。白熱電灯、蛍光灯、LED灯の同じ明るさによる消費電力の比較や、イニシャルコストとランニングコストの比較をさせた。そして、自分たちの企画が、エネルギーコストを考えた商品として妥当かどうか考えさせた。丸野先生にもきてもらい、生徒作品について、エネルギーコストの観点から構想作品の講評を受けた。

4 初期の教師誘導型・講義型説明の内容

最近の傾向か、技術科の私の授業では、講義形式や説明形式の授業は、あまりうまく機能していない。定期考査で確認しても、実習・実践していない講義

や説明のみの知識理解は、個人差は若干あるが、あまり良い結果が出てこない。

しかし、この授業での説明は、私がぜひ必要と考えたものを、学習課題・項目ごとに押さえたものである。以下の①から⑱のとおりである。従来の注入主義と、相反するピアジェの構成主義との双方にベクトルの異なる、認知科学の状況的学習論においても、この程度は必要で妥当であろうと考えた。

①エネルギー変換・課題の明示
　「エネルギーコストを考えた商品を創作しよう！」
②エネルギー変換ってどういうこと？
③エネルギーコストがよいって、どういうこと？
　LEDダウンライト：8w蛍光灯・20w白熱電灯　60wの同じ明るさでの消費電力の比較　イニシャルコストとランニングコスト
④回路と二階段灯スイッチの工夫例、では三階段灯とは？
⑤エネルギー変換の作品例（商品）をあげてみよう！
　先輩たちの作品例を参考にしよう！
⑥エネルギーコストのよい商品とは？
　例をグループで検討してみよう！（3人1組グループづくり）
⑦グループでエネルギー変換を利用した商品の創作を検討してみよう！
⑧自分たちが考えたものが商品となるだろうか？　グループで検討してみよう！
⑨それが商品となるか、商品開発の専門家の方にチェックしてもらう。
　発表内容と発表者を決めておこう！
⑩「自分たちの企画が、商品となるだろうか？」企画の発表。
⑪商品として成り立つ基準とは、どんなことだろうか？
　グループで話し合い発表する。知財権：ゲストティーチャー
⑫グループの企画書を検討して作成、工夫できるところを探し、話し合う。
⑬次回に、再検討し改善された企画書を発表してもらうので、役割分担、内容を固める。発表者、記録まとめ役、資材の準備役など
⑭「発明って何だろう」「特許って何だろう」
　特許庁作成CD-ROMによる学習
⑮仲間の作品に知恵を授けよう！
　お金と品物の重要性→エネルギー消費の意味、環境負荷と責任
　企画書の再検討→生活の向上、環境への対応

（ほかのグループと情報交換）

エネルギー消費行動と身近な資材の活用

⑯企画書プリントの清書、提出

⑰資材準備計画、具体化の話し合い

⑱自分たちの作品が商品になったら？　何が変わる？

5 生徒の作品例（企画書から）

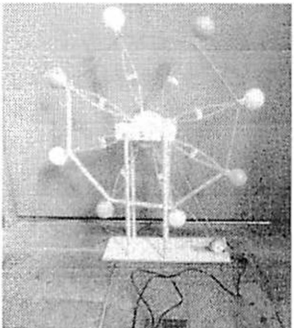
(1) 6月の商品企画会議から

商品企画の内容：観覧車のようなものを作り、そこに調味料を入れておくと、自動で塩などを取り出せる仕組みを作る。

企画設定の理由：普段、母親などが一人で料理しているときに、手が足りなくて大変そうなので、子どもなどの手伝いがないときでも、何か混ぜながら調味料を出すことができる。子どもも楽しく手伝える。

必要な材料：わりばし、カプセル、モーター、その他

(2) 7月の商品企画変更会議から



生徒作品：香る観覧車…手動でモータに回転を伝え、香りを分散させる

商品企画の変更理由：調味料の種類で重量バランスがとれなくなる。8種類の調味料の使用量や、用途が異なるのに、等量の容器では無理だと思う。また、食品には衛生管理が大切だから、安易な考えで作れない。

改変企画：カプセル内の綿に香料を含ませて、回転させることで、香る観覧車（左写真:手動でモータに回転を伝える）を作ることに方針変更。メリットは、インテリアとしても楽しめる。広範囲に香りが行き渡る。遊園地に行った気分になれる。手動だから電気エネルギーを使わなくてもよい（左写真は生徒作品:香る観覧車）。

6 まとめ――この実践における視点と学習方法

課題解決のモデルとしてのエネルギーコスト、商品開発、アイデアの発表、その改善ポイントを、専門講師の指導助言にもとづき探究する学習を進めよう

とした。専門講師という外部指導者に登場していただく意義は、教員のみではできない、実社会の世情など、現実に求められる対象の素早く複雑な変化への的確な対応を委ねられることである。

技術科では、ものづくりの名人になる必要があるのだろうか。それも大切だが、普通に生活していくうえで求められる必要な力が変化している現実もあることは、情報化社会や科学技術の進展に伴って、もう既に認めねばならない。ここでは、商品の企画・製作という取り組みから、ものづくりは自分の生活の向上や地球環境への対応、消費行動のあり方などに、広い範囲で役立つことを学ばせた。そこで、技術科としての教科の視点から、①エネルギー変換は生活を豊かに便利にするために多くのものに利用されていること、②エネルギー変換が地球環境を守るために利用されていること、を理解しようとする意欲を育てた。また、消費者教育の視点と共通する商品開発の考え方として、①商品となる背景には、使いやすさ、安全性、精巧さなど、いろいろな要素があること、②商品を製作するには、知的財産権など発明者や制作者を保護する法律があること、③自分たちの発想や意見を出し合いながら、商品化していく過程を通して、商品の真の意味・価値を考えること、④情報収集と情報選択にもとづく消費行動について考えること、などを学ばせた。

そして、学習の取り組み手段においては、生活上の問題→分析調査→課題形成→課題解決への商品企画→設計検討→プロトタイプ制作→評価→新たな課題形成などのスパイラル・ステップを踏み、課題解決の手順を繰り返し学習させることでピストン・ステップを踏み、問題解決の考え方を定着するよう指導した。また、調査のしかたの学習やコンピュータを使ったプレゼンなど、調査・発表への取り組みから言語などによる表現力の育成も視野に入れた。

〈引用・参考文献〉

(1) 小・中・高校に一貫した技術教育を確立するための提言、技術教室、産業教育研究連盟（1984）、民衆社

(2) 国際競争力を高めるアメリカの教育戦略、技術教育からの改革、国際技術教育学会（2002）、教育開発研究所

(3) 技術リテラシーと技術教育、技術と経済Vol.431、桜井宏（2003）、科学と技術と経済の会

(4) （財）消費者教育支援センター研究助成申請書、滝川忠、川口市立南中学校（2009）

（東京・筑波大学附属中学校）

特集▶エネルギー変換の授業のポイント

サイエンスカフェで学ぶ新エネルギー

吉川　裕之

1　はじめに

奈良女子大学附属中等教育学校では、スーパーサイエンスハイスクールの指定を受け、学校全体のカリキュラム開発を行ってきた。平成19年度から学校設定科目「科学と技術」をスタートし、筆者は4学年（高校1年生にあたる）に、実践してきた。この科目は「生活科学リテラシー」（市民が日常生活において、さまざまな事柄を科学的に判断できる知識と素養）育成をめざしたものである。この科目設定については、「技術教室」（2007年3月号No.666）で述べているので、参照してほしい。

エネルギーを軸に授業を構成するとき、代替エネルギーにどう生徒を向き合わせるかは、一つの大きなテーマである。筆者は「サイエンスカフェ」という取り組みにヒントを得て、カリキュラムを展開している。イギリスで始まったとされるサイエンスカフェが、日本でも行われるようになってきた。科学者と気軽に語り合う手法を、授業として実施する取り組みは、科学技術の最先端への新たなアプローチの方法として有効な手段であると考えた。本校では平成21年度は色素増感型太陽電池を、平成22年度はメタンハイドレートをテーマにサイエンスカフェを実施した。

2　サイエンスカフェとは

コーヒーカップを片手に、最先端の研究について科学者と気楽に語り合う、そんな会が開かれるようになった。これまでテレビや講演会などで科学者の話を耳にすることはあっても、市民が科学者と話し合うという機会はほとんどなかったのではないだろうか。「サイエンスカフェ」とは、そんな場を市民に与えてくれるものである。

サイエンスカフェを授業化するなかで、筆者が感じたことは、サイエンスカ

フェは「気楽な講演会」ではないということである。サイエンスカフェの場合、講演者は「ゲスト」と呼ばれ、参加者が飲み物などを飲みながら科学について気軽に語り合うための「話題の提供者」という立場である。サイエンスカフェでは、参加者はゲストへの質問だけにとどまらず、研究への評価といった自らの意見を発言することができる。全ての参加者が、テーマとなる理論や技術についての発信者となり、その空間を創っていく社会を形成している一市民として、中高生の立場から、その研究に対する意見を述べることが大切であり、いろいろな年齢層、立場の者がふれあうことが、カフェをよりよいものとするのである。

写真1　サイエンスカフェの様子

サイエンスカフェを授業として設定するとき、それは講演者任せの特別授業ではない。授業者は仕掛けを行い、生徒の自主性のなかで運営を支援する。生徒はテーマを決める話し合いを持ち、ゲストと事前に打ち合わせをし、そのカフェに適した会場を準備し、当日の進行を行う。生徒には「サイエンスカフェ」という取り組みの目指すもの、また学びの場を自らコーディネートする意義を何度も伝え、サイエンスカフェは達成される。そのため生徒にはサイエンスカフェに「主体的に参加した」という意識を強烈に残すことが可能である。

3　題材の設定にむけて

サイエンスカフェを授業化するとき、連続性・継続性は、カリキュラムのなかに位置づけるうえで重要である。持続可能な代替エネルギーは、これから科学技術に関わりをもって生きていく生徒にとって、避けて通れない課題である。この科目では代替エネルギーのなかから、太陽光発電、風力発電について学ぶこととし、「ものづくりからの理論理解」という科目のコンセプトを生かすため、太陽電池の製作、風力発電機の分解・組み立てを行っている。風力発電の授業づくりについては、「技術教室」(2008年7月No.672) を参照してほしい。

近年、太陽光発電は電気の買い取り価格の安定と、補助金制度の効果もあり、目覚ましく普及している。太陽光発電として生徒がイメージするのは、校舎や家屋の屋根に取りつけられているタイプのものである。しかし、太陽光発電については、材料、価格、変換効率など、改良のための研究が続いている。

その中で、筆者が着目したのが、色素増感型の太陽光発電である。これはハイビスカスなどの花の色素を取り出し、スライドガラスに焼きつけ、2枚のスライドガラスで電界溶液を挟み、クリップで止めるだけで完成する太陽電池である。特別な設備を必要とせず、生徒が工作教室で太陽電池を製作できることに魅力を感じた。講義や調べ学習で終わるのではなく、製作・実験を取り入れることによって、理解を深めていくカリキュラムとして進めることができる。

また、さらに学習を深化させるために、シリコンパネルタイプとの違いや、今後の研究について、さらに専門的な知識を研究者から聞き取る機会を準備することを考えた。この新科目では、高度に発展した科学や技術を、一部の専門家だけに任せておける状況ではなくなっているという問題意識を生徒に持たせようとしている。消費者が製品をよく理解し「賢い消費者」になるといった個人的なレベルの問題だけではなく、地球規模の環境問題をも意識した、社会的なレベルの問題に対する判断力が求められる。問題の核心に迫るためには、「サイエンスカフェ」という授業スタイルが有効であると考えた。平成21年度のサイエンスカフェのテーマは「新しい太陽電池が未来を拓く」とし、ゲストに京都大学准教授の佐川尚先生をお迎えした。

平成22年度の生徒は、海底資源に興味を持った。サイエンスカフェのテーマを話し合うなかで、生徒の希望から、現在大きな可能性が報じられているメタンハイドレートに着目した。メタンハイドレートとは、「燃える氷」と呼ばれる、深海に眠る新たなエネルギー源である。これまでのエネルギー学習では、太陽電池や風力発電といった実用化の中での代替エネルギーの理解学習を進めてきたが、エネルギー源の開拓という新たな広がりを見せることとなった。新たな研究に出会うには、サイエンスカフェが非常に有効である。成田英夫センター長をはじめ、メタンハイドレートセンターの協力が得られることとなり、テーマを「未来を創る新エネルギー」として、メタンハイドレートの燃焼実験を取り入れたサイエンスカフェを計画した。

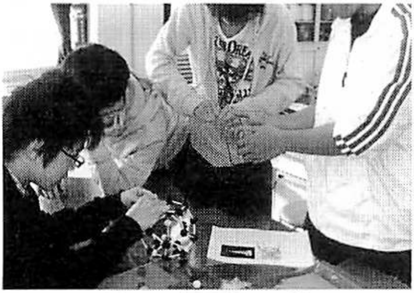


写真2　事前学習の様子

メタンハイドレートについては、高校の化学の教科書でトピックとして扱われているが、ほとんど授業では触れられていないという現実があった。そこで、インターネットを利用し「一般

的に調べられる範囲」の事前学習を進めた。生徒はレポートにまとめ、分子模型の製作に取り組みながら、サイエンスカフェを迎えた。

4 サイエンスカフェの展開

サイエンスカフェは次のように展開されていく。

00. ゲストへの依頼

ゲスト担当生徒からゲストへの依頼を行う。講演ではなく、サイエンスカフェを行う意図を伝え、当日の進行や内容について、メールでのやり取りを繰り返す。

0. 会場セッティング、ゲストとの打ち合わせ

気軽な発言を引き出す和やかな雰囲気づくりを考え、木調の食堂を会場とし、放射状に並べた机の配置やプロジェクター・パソコンといった機器類、飲み物の準備などを生徒が行う。事前のメールでのやり取りから、司会担当生徒はゲストと流れの打ち合わせを行う。

1. ゲスト紹介

司会の生徒から、本日の流れの確認とゲストの紹介を行う。

2. ゲストからの講演

あらかじめ司会者と打ち合わせた40分程度の講演を聞く。長くなりすぎないようにタイムキープが必要である。

3. テーブルトーク

ゲストからテーブルごとの話し合いのテーマが与えられ、テーブルごとに話し合いを行う。テーブルに着いた参加者は自己紹介からスタートし、ときにゲストを交えながら意見を交換する。

4. 全体のまとめ

各テーブルでの意見を全体で共有し、ゲストにコメントしていただく。

5. 会場の片づけ

それぞれのサイエンスカフェの講演は、次のようなものであった。

〈平成21年度　新しい太陽電池が未来を拓く〉

●「太陽からのエネルギー」

太陽からのエネルギーの概要と、太陽電池の現状、最新の研究事例を紹介していただいた。シリコンパネルタイプの発電の仕組みについて学んだ。

●「世界の動向と日本の目標PV2030」

太陽電池の課題となっている電気への変換効率の研究の様子や、2030年を目標とした普及計画について、国際的な視野で語っていただいた。

●「いろいろな太陽電池」

有機薄膜太陽電池のセル構造と発電の仕組みに触れ、これからの展望について学んだ。生徒は黒いパネル形状のイメージしかなく、着色が可能で形状もフレキシブルな新しい太陽光発電にこれからの可能性をみた。

〈平成22年度　未来を創る新エネルギー〉

●「一次エネルギーの消費」

世界の一次エネルギー消費の現状について紹介していただいた。一次エネルギーのなかでも、最近、需要が増加している天然ガスに着目した。

●「メタンハイドレートとは」

写真３　燃焼実験

通常の氷とメタンハイドレートを観察比較し、燃焼実験を行った。初めて目にする物質に戸惑い、実際に触れ、燃焼の様子に興味を持った。

●「メタンハイドレートの採掘」

海底のメタンハイドレート層の探査の方法から世界の資源分布や日本近海の埋蔵量算定などについて、最新のBSR分布図を見ながら説明を受けた。東部南海トラフにおける莫大な期待埋蔵量に、これからの可能性をみた。また、減圧法といった生産手段の研究を紹介していただいた。

5　テーブルトークの効果

RPG（ロールプレイングゲーム）という言葉は「役割を演じるゲーム」という意味である。いわば「ごっこ遊び」である。まだRPGがコンピュータゲームでなかった頃、集まったメンバーは自分のゲームの中でのキャラクターを設定し、その行動を宣言し、会話でゲームを進めていた。ゲームを統括するのは「ゲームマスター」と呼ばれ、宣言された行動を判定しながら語りでゲームを進める係の者である。こうした会話型RPGのことをテーブルトークRPGと呼ぶ。筆者はサイエンスカフェのなかで行われるテーブルを囲んで会話を弾ませる活動を、テーブルトークと呼ぶこととした。こうしたテーブルトークRPGは、アメリカ、イギリスで広がりを見せていた。サイエンスカフェ発祥の地が

イギリスであることとも文化の繋がりを感じる。

筆者が参加してきた大学や企業が主催するサイエンスカフェでは、講師からの講演があり、会場から講師に質疑応答があるといったスタイルが多かった。「コーヒーなどを飲みながら」という点では通常の講演会と違い、質問しやすい雰囲気づくりが行われていた。しかし、筆者がサイエンスカフェというスタイルを授業化研究へと進めた理由は、「科学について語り合う場の提供」という点であった。それは「講演をする者」「講演を聴く者」の垣根を取り払うことはもちろんのことであり、「講演を聴く者同士」でコミュニケーションを行うことが、サイエンスカフェの「カフェ」である意味であると考えたからである。ゲストから示された新たな知識について、それぞれの参加者がこれまで培ってきた知識や経験から語り合い、新たな疑問や提案をほかの参加者やゲストとぶつけ合いながら、理解を深め、語り合うことを楽しむことが目的である。高度な知識の一方的な伝達では、生徒は流れ込んでくる知識を理解しようとする。授業として行われる講演会であれば、なおさら「講演内容を理解する」ことを求められる雰囲気となる。理解できなかったことに対する質問はあっても、自身の意見を気軽に語り、参加者に同意を求めたり、あるいは議論したり、講演内容に対する評価を述べることはない。話題提供を終えたゲストも参加者と一緒にテーブルを回り、個別の質問に答えながら、参加者と一緒になって考えることが、このサイエンスカフェスタイルの一番大切にしたいポイントだ。

本校で実施するサイエンスカフェは、講演を話題提供とした「語り合い」、つまりテーブルトークが授業化の根幹をなしている。生徒にはその趣旨を何度も事前に話し、参加者の方々や講演をいただくゲストの先生と、講演について、何でも気軽に話してよいと指導している。一般的な知識しか持たない生徒の何気ない質問は、研究者にとって、自分の研究に対し、中高校生がどう捉えるかを直に聞き取ることができる機会となり、お互いが刺激できることもサイエンスカフェの意義である。研究の必要性を感じなかったときに、率直に「そんな研究、必要ですか？」とゲストにぶつけてみることが許されるのが、サイエンスカフェのよいところだと指導し、通常の講演会では先生に対して失礼とも取れる質問を気軽にゲスト

写真４　テーブルトークの様子

にぶつけ、それを契機として考えようとする姿も見られた。平成22年度のアンケートの中で、生徒が「テーブルトークで印象に残った発言」としてあげたものを紹介する。

- メタンハイドレートは有限、自然エネルギーのみでエネルギーを生産できるようになるまでの資源
- 地球上の資源は有限
- 自然エネルギーの究極の形は人工光合成
- エネルギーの地産地消
- 葉緑体を人体に移植する
- 植物にできて人間にできないことはない
- 海に近い国が得ではないか
- 原油国が困ってしまうのではないか
- エネルギーも循環させる
- 水を売る
- 限られた資源をどう使うか
- 水を有効活用するべきだ

メタンハイドレートをテーマにしたサイエンスカフェであるが、テーブルトークではさらに発展した内容が話し合われている様子が伺える。この話題の広がりが、サイエンスカフェの楽しみでもあり、意義である。

6 サイエンスカフェで育つ生徒

サイエンスカフェをコーディネートすることは、生徒にとって、主体的な学習参加、また自ら学びを生みだす手法の獲得といった、大きな教育効果が期待できる。コーディネートに関わった生徒に、後日、聞き取り調査を行った。サイエンスカフェの意義を理解し、大きな刺激を受けながら、自分たちの学びに繋げようとしている様子を読み取ることができる。

●取り組み全体の中で、特に興味深かったことは何か

自主的な活動を求められていたので、普通の授業のように受動的ではなく、能動的に動いていくという点では、大変な部分もあったが、面白く感じた。

ふだんの生活ではあまり考えないようなことだが、実は生活と非常に密接に関わっていて、生活には絶対に必要なものだと改めて感じた。

●先生との打ち合わせについて感じたことは何か

全く会ったことも話したこともない人とメールのやり取りをしたり、打ち合わせをしたりするのは、すごく緊張しました。また、言葉づかいなどもすごく気にしました。打ち合わせでは、進めていくうえで重要な事柄、知っていてほしいことなどを中心に話をしました。講師の先生と話していくうちに、自分はどうアプローチするとよいか、何を考えて進めればよいかを考えていました。

●司会をしていて感じたことは何か

普段の授業では決して聞けない最先端の話を聞くことができ、それが自分たちの生活と密接に関わっていて、とても興味深かった。また、あまり考えないような「自分たちの将来の生活に関わるエネルギーの問題」なども考えることができ、広い視野で考えることができた。みんながふつうは興味がないからあんまり真剣に聞かないだろうというような気もしたが、雰囲気がよかったことや、話が面白かったので、真剣に聞いているなというのが感じられた。自分は話を聞きながら要点をまとめ、次のテーブルトークにどうつなげるかということを意識した。なかなか難しかったが良い経験にもなった。

7 さいごに

「学び方を学ぶ」という言葉がある。サイエンスカフェは新しい科学、新しい技術に向き合うときの一つの方法である。講演者と生徒の双方向のコミュニケーションに加え、参加者同士のサイエンスコミュニケーションを効果的に深めるためには、ゲストのほかにも多種多様な参加者が求められる。本校でのサイエンスカフェ実施にあたっては、公開研究会を利用し、研究会参加者にもテーブルに着いていただいている。さまざまな立場や経験を持つ者からの意見をぶつけ合ったなかで、新しい技術に対して自分の意見を持つことが、これからを生きる生徒にとって、現代社会が抱える課題に向き合う姿勢となる。中高生の日常生活のなかで、友人と科学技術について語り合う場面があるだろうか。サイエンスカフェに参加した生徒は、何時間も真剣に科学技術に向き合い、参加したさまざまな立場の大人と意見を交わし合った。

エネルギーについて真剣に向き合うときが来た。今後、新しい科学技術について市民が取捨選択、判断する力が求められる。この科目の設置当初からのコンセプトである。いま、自ら判断するために、与えられた情報だけでなく、自ら情報を開拓できる力が求められている。サイエンスカフェをコーディネートし、テーブルトークの席に着くことは、これからを生きる生徒にとって大きな力となると考えている。

〈参考文献〉

○吉川裕之「新科目『科学と技術』設定への取り組み」技術教室2007年3月号
○吉川裕之「風力発電の授業づくり」技術教室2008年7月号
○向山玉雄「科学と技術の授業を『サイエンスカフェ』で」技術教室2010年6月号

（奈良・奈良女子大学附属中等教育学校）

特集▶エネルギー変換の授業のポイント

ユーザーのニーズに応えるものづくり
他者を意識した蛍光灯製作

吉田　豊

1　はじめに

ある職人さんがこんなことを言われていた。

「よいものを作るために、私はとことんまでこだわります。だから注文を受けてから何カ月もかかってしまうこともあるんです。でも、私のものづくりはオタクではありません。オタクは自己満足のこだわりだと思うんですが、私は違います。私はお客様の満足される笑顔が見たくてこだわるんです」

自分が欲しいもの・使いたいものをつくることは、とても楽しいものである。しかし、授業のなかで次のような会話を私は多く経験してきた。

教師「ここをもっと○○したら、とてもよくなるよ」

生徒「自分が使うんだから、これで、もういい」

教師「まあ、そう言わずに……」

職人さんと生徒とでは何が違うのか。もちろん我われは職人を育てるための授業をしているのではないし、趣味でものづくりを楽しむだけの生徒を育てる授業をしているのでもない。ものづくりと実社会とを関係づけながら、ものづくりを通して知識や技能を学び、その意義や意欲を高めていく必要があると考えて授業を行っている。

2　これまでの取り組み

「自分が使うんだから、もういい」と言わせてしまう授業を続ければ、これ以上、生徒が進んで工夫し創造する力をはぐくむことはかなり難しい。自分のために作りそれを使うことは、うれしく楽しいものである。しかし、これはぜひ小学生のときに経験させておきたいことである。中学生でもこの喜びを体験させ、ものづくりの楽しさを積み重ねてほしいが、これに加え、社会とかかわっていくことで得られる喜びに広げていく必要がある。

本校では、自分が楽しむためのものづくりだけでなく、「他者（使う人）を意識したものづくり」に取り組むことで、授業でのものづくりと実社会でのものづくりを関連させたいと考えている。会社などの生産現場では、使う人のニーズを探り（マーケティング）、使いやすさ、経済性、安全性などを加味しながら、企画・設計・製作をしていく。その後できたものは使う側の評価を受け、また、新たな生産へとつながっていく。授業でも生産現場と同じ過程を経てものを作る経験をすることで、作る側の苦労や喜びを知ることができる。また、その過程で科学的な知識や技能を身につけることで、新たなよりよい生活の創造へと発展させることができる。つまり、ものづくりを通して「使う側」と「作る側」両方の立場を考え、お互いのことが理解できる授業を大切にしたいと考えて実践している。本校の「他者を意識したものづくり」に関する教育内容を表1に示した。「蛍光灯の製作」は、3年生最後の製作題材とし、これまでの「他者を意識したものづくり」の集大成としたいと考えた。

表1　「他者を意識したものづくり」の教育内容

内容	題材	学年
情　報	クラスメイトのための友だち紹介（プレゼンテーションソフトを使用）	1
	新入生のための学校案内公式パンフレットの作成（文書処理、図形処理ソフトを使用）	
生物育成	卒業生のためのサイネリアの栽培	2
材料と加工	卒業式のためのプランターケース製作（サイネリアを入れるためのケース、焼き杉を利用）	
	家族のための小物作り（アガチス材、その他必要な材料は自分で調達して利用）	
エネルギー変換	家族のための蛍光灯の製作	3

「学校案内パンフレット」と「サイネリアの栽培」は、学校からの正式な依頼を受けて取り組む形をとった。実際の業者に頼んだときの経費を生徒に示すことで、実社会の仕事に対する緊張感や責任感を持って取り組むことができた。また、「サイネリア」は業者からも購入しており、その購入したものと自分たちの作ったものを比較した。その出来栄えの違いを目の当たりにすることで、社会に出まわるものの品質の高さを痛感し、何が違ってそうなるのか、考える機会とすることができた。これらの題材をとおして、「他者を意識したも

のづくり」と「実社会での生産」がつながってきていると思われる。

3 蛍光灯へのこだわり

蛍光灯を授業で扱う理由は主に次の2つである。1つ目は、現在、LED照明が普及しているが、今のところまだ蛍光灯が最も身近なものであるということである。学校の教室でも多く使われており、社会で使われている電気機器のなかで最も多く目にしているものである。2つ目は、表2に示すように電気エネルギーに関する学習を網羅していることである。

表2　電気エネルギーに関する学習

工程	学習できる教科書の内容
設計	・電気回路の基本構成……電源、電圧、負荷、銅線 ・製図……第三角法、寸法記入の方法 ・電気用図記号・回路図……記入の方法、JIS
電源プラグの組み立て	・工具の使用……ねじ回し、ニッパ、ワイヤストリッパ、圧着ペンチ ・回路計……導通試験、絶縁試験、電圧測定 ・交流電源と直流電源……周波数、発電機、電池 ・電気による事故防止……定格電圧、定格電流、許容電流、定格表示、たこ足配線、消費電力、コードの種類、屋内配線、短絡、感電、ろう電
配線	・工具の使用……はんだごて、ラジオペンチ、ニッパ ・各部品のはたらき……蛍光ランプ、コンデンサ、安定器、グロースタータ（バイメタル）、スイッチ
組み立て	・工具・機械の使用……ねじ回し、ねじ、ナット、卓上ボール盤 ・機器の保守点検……卓上ボール盤
その他	・電気の基礎知識……電圧、電流、抵抗、オームの法則、直流と交流 ・蛍光ランプ発光のしくみ……放電、フィラメント、電子、水銀蒸気、紫外線、蛍光物質、可視光線 ・エネルギーの変換と利用方法……発電のしくみ、電気機器のエネルギー変換の原理、光エネルギーへの変換（LED照明、白熱電球、蛍光ランプ） ・環境への配慮……省エネルギー、廃棄物、循環型社会 ・生活に生かす工夫

ここにはあげていない事柄についても授業で扱うが、今使っている部品、作業、蛍光灯が社会のどういうところとかかわっているかが指導できる。生徒は

言われたとおりに製作をして蛍光灯が光れば喜ぶが、それに加えて、しくみがわかればさらに興味を広げることができる。さらに、現実社会といかにつながっているか、応用・発展されているかがわかり、考えられるようになることこそが、中学生につけたい力である。

4 蛍光灯の製作について

蛍光灯の製作は、全員が設計図どおり1枚の板に部品を配置し、同じ物を製作した（写真1）。完成後、家庭にすぐ持ち帰らせ、各家庭で明かりの必要な所（課題）についての調査、どのような工夫をすればこの蛍光灯を効果的に使うことができるか（解決方法）を相談させた。その後、実際に設置するまでに、家族の要望に応えるためさまざまな工夫を施したり、やってみるとうまくいかず試行錯誤したり、安全な使用のために修正を行ったりしたようである。レポートの課題は表3に示した。

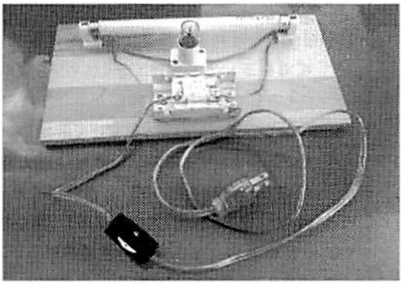


写真1　パネル式蛍光灯

表3　レポートの課題

蛍光灯使用レポートの項目
1　生活の中での課題とその解決方法……家族のニーズに応じた計画
2　工夫点・完成にいたる経緯……完成に至るまでの思考・試行錯誤の過程
3　感想……自己評価、完成品に対する家族の評価
4　使用しているところの写真

蛍光灯を持ち帰り、家族で相談し、活用するまでの思考過程や工夫改善の経過、家族の評価、実際に使用している写真などをレポートすることを、中学校最後の課題とした。「他者を意識したものづくり」では、使う側のニーズに応じることを大切にするのは当然であり、使用後の評価も大切である。この評価が今後の意欲にもつながっていくものである。しかし、今回もう一つ大切にしたいのが、完成に至るまでの思考や試行錯誤の過程である。思考や試行錯誤の過程をレポートに残すことで、失敗の原因を分析することができ、これからの生活のなかでの的確な判断ができる力、新たな工夫改善ができる力につなぐことができる。また、実社会の生産においてノウハウの蓄積は重要であり、その意義を学ばせることもできる。

レポート例1

2 完成に至るまでの経緯

(壱)家に蛍光灯を持ち帰る。

(弐)意を決して家族に蛍光灯を見せる。

そこから「階段に付けてみたらどうか」という意見を参考に構想スケッチを描く。

(参)ようやく作戦決行。しかし,事態は急展開を迎える。

(肆)階段に付けるにしたところで延長コードを繋がなければ使える訳が無い。

下手に紙製のカバーなぞ付けようものなら火災の原因に繋がりかねない。

(伍)祖父から道具箱と錐を借り,戸棚からドライバーを取ってきて製作開始。

板の側面に穴を開けてそこにネジを通し,針金を巻いて土台を形成。

…しかし,ここで更なる問題が浮上した。

(陸)トレーシングペーパー1枚だけで針金の土台を覆いきれなかった。

仕方なくA4サイズの紙を半分に切り,縦に長くなるように重ねて貼り付けた。

紙の左右に糊を塗って,土台に糊の付いている部分を巻きつけるようにして貼る。

作戦は成功。ただ,見栄えはあまりよくない。

(漆)土台の横側に貼る作業も困難を極めた。そのままでも貼り付けられたが,アーチ状の土台に対応できるよう紙をある程度折る必要があったのだ。

ここで今まで外していた蛍光灯を取り付け,点灯。

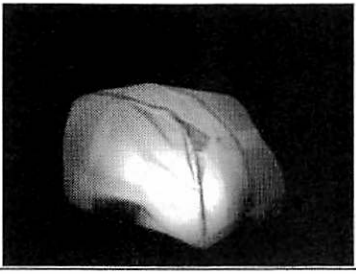
蛍光灯が隠しきれず,中身が見えて眩しい以外は想定内であり,良好であった。

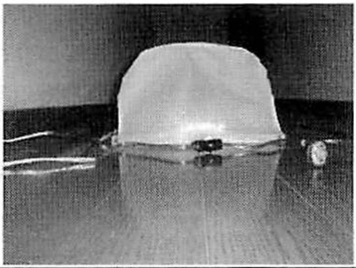
(捌)もう少し蛍光灯を隠せるようにしよう,と考えた結果,紙を屋根側の土台に貼り付けるだけにして,簡易的に蛍光灯側を覆うことにした。

作戦は成功。全体を覆うために切れ端を新たに付けるなどしたため見栄えは更に微妙になったが,蛍光灯の強い光から目を守り,ほんのりとした明かりを部屋にもたらすことに成功した。少なくとも,現時点ではこれで完成であるといえるだろう…。

3 感 想

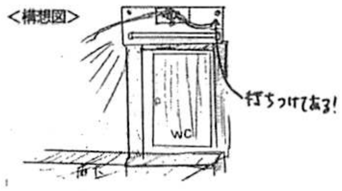
とりあえず,蛍光灯を作っただけで終わらせずに,しっかり後々も使えるようなものを作ることができたと思う。この後の課題点としては,「カバーを紙一枚だけで覆うか,もっとちゃんとしたものを作る」「持ち運べたらより使い勝手がいい」という二つに尽きると思うが,現時点でも申し分ない出来の物は作れたのではないかな,と思う。しかし,今回の製作によって,「頭で考えることと,現実に起きることとは違う」ということを身をもって体感した。事件は会議室で起きてるんじゃない云々…ということだ。あれこれ考えるだけで事実をないがしろにしてはいけない。そのことをしっかり胸に刻み,未来へと歩き出していきたい。おそらく,この蛍光灯がその道標となることだろう。(終)

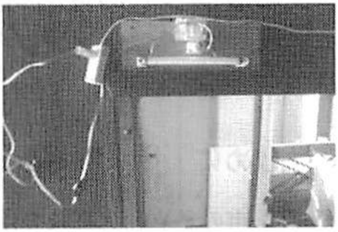




レポート例2

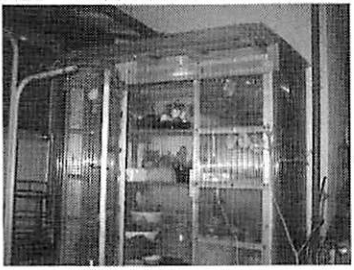
課題・・・トイレに続く廊下が暗いので明かりがほしい。
解決方法・・・蛍光灯を設置する。(構想図)
工夫点や解決に至るまでの経緯・・・蛍光灯を長時間使用していると蛍光灯が熱を持つので配置を工夫する。(カバーをつけない)　壁にコードを固定することは，先生にダメだといわれたので固定はしませんでした。
感想・・・廊下が明るくなり，転んだりする危険性がなくなったと，家族からも好評でした。これからも，廊下だけではなく，いろいろな場所で使っていこうと思います。





レポート例3

課題！　小屋が暗く困っている。小屋を明るく！！
解決方法！　小屋の天井に蛍光灯を置く！
工夫点や完成に至るまでの経緯！　最初は，どこに置くか悩んだけど，つけやすく良い所を見つけて上に取り付けるのをがんばりました。雨が入らないかと心配でしたが大丈夫でした。
感想！　最初は，夜あの小屋に行くのが苦手だったお母さんがいけるようになってよかったです。
親の感想　とても夜，小屋に行きやすくなったよと言っていました。



5 まとめ

本実践では、「他者を意識したものづくり」をとおして、実社会における生産の仕組みを意識させたかった。完成した蛍光灯をもう一度作り直したり、カバーつきにする生徒が多くなることを期待したが、意外に少なかった。今後、生徒が工夫する力や意欲をつけるために、身近な製品に施されている、使う側が使いやすくするための工夫を見つけだしたり、考えさせたりするトレーニングを継続的にやってみたいと考えている。

(鳥取・米子市立淀江中学校)

実践記録

蒸気漏れの少ないピストンの製作に挑戦

ベビーエレファントの性能向上

和光高等学校
亀山　俊平・藤木　勝

1　はじめに

東京・町田市の私立和光高校では、選択講座のなかに技術教育科目として「機械工学」(2年生) と「コンピュータ制御」(3年生) を設けている。どちらも週1回の2コマ (90分授業) である。本稿では、その「機械工学」の一実践について紹介したい。受講生徒は、年度によって違いはあるが20名程度で、第1希望者と第2希望者が半々くらいである (上限25名)。「動力の歴史と技術」というテーマで、蒸気の力を動力として利用できるようになった過程を実験や製作をしながら辿るという講座である。何年も同じテーマで続いている講座であるが、実習内容は年度によって少しずつ異なる。

本誌2008年9月号の「スチームエンジンを作る」で報告した時点では、キット教材である蒸気機関車「ベビーエレファント」の製作は行わずに、まず、中学校に残されていた作品を再整備し、性能の向上に努め、走らせる実習を行った。授業の中心は、首振りエンジン (オシレーチングエンジン) 本体そのものを各自1台製作することにあった。この場合は、素材加工から取り組み、息を吹き込むことで回転するエンジンを作った。2009年も細部の加工方法は変更したが、同様の首振りエンジン本体の製作実習を行った。2010年からは、再び「ベビーエレファント」そのものを製作することと、その既成のシリンダー径にぴったり合うピストンを旋盤を利用して自作し、性能向上をめざすことにした。

2 「ベビーエレファント」には、蒸気で動く魅力がある

誰でも、ものの製作では完成時の姿を思い浮かべながら製作する。木工作品でもラジオでも同じである。動作したときのうれしさは何とも言えないが、生徒にとっては、製作の過程で関連知識を身につけること、技能も身につけるこ

と、それらが現実の産業社会を真っ正面から見る力につながっていくということを理解できることが大切だと考える。また、そのように指導できることが私たち教員に求められている。なお、平成24年度完全実施の中学校学習指導要領の目標には「……技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる。」とあり、現行の目標よりも本来の姿に戻っていると考えられる。上で述べた和光高校での製作実習の変化は、部分をとりあげて製作する意義はもちろん重要であるが、熱エネルギーの獲得から動力発生までの、大げさに言えば、正常に動作するためのシステム構成全体を手抜かりなく完成させること、結果として予定したとおりに動くという目標を達成することに重点を移したといえる。

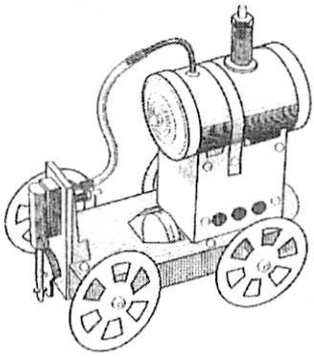


図1　ベビーエレファントイメージ

3　変化してきたベビーエレファントと対応策

1987年、ベビーエレファント号が誕生した（大宮精工製）。開発意図は、動力の歴史やエネルギー変換の学習には、まず「蒸気」に注目し、他領域と同じように、1人1台の製作を行いたいことにあった。「熱エネルギーの動力への変換」と一言でいうが、何らかの燃料を燃やし、その熱で蒸気を発生させる。その蒸気を動力源として無駄なく使い、車（蒸気機関車）が走る。ここにはまさしく、人類の求めてきたエネルギーの動力への変換をみることができる。

製作教材のキット化に当たっては、中学生でも製作可能でしかも特別な工作機械を使用しなくても、本物に近い、あるいは学習の狙いに最も近づくための部品加工が行われた。しかし、キット化されて25年の間にはさまざまな変化もあった。例えば、部品構成など基本部分には変更はないが、PL（製造物責任）法の施行もあって耐熱性パッキン（初期製品はアスベスト）の材質変更もあり、安全弁も蒸気漏れを少なくする改良を施した。キットの製造会社も代わった。変化は、必ずしも良い方向ばかりではなかったことも正直にあげ、その対策も述べておく。

(1) 発生した蒸気を取り出すためには、ボイラーに銅パイプを半田付けする作業がある。その銅パイプを入れる穴のことだが、はじめは銅パイプの外径よりわずかに小径に加工して、面取りした銅パイプをきつく押し込むか、紙やす

りで磨いて入れると固定できるように加工した。ところが、現在は、銅パイプを入れるとストンと落ち込んでしまう緩さである。これでは銅パイプの半田付けが大変である。対策例として2つある。(ア) が簡単、(イ) は次の手段。

(ア) 穴にはバリ (カエリともいう) があるので、ヤットコでそれを潰してきつくする方法。

(イ) 口幅寸法が数cmくらいの紙ばさみ (玉子クリップ) の口部分を一部分切り取って、長く残っている片側でストンと落ち込む銅パイプを下から支える。

(2) 初期のキットでは、シリンダー内径9mmにピストンが入りにくい寸法精度を維持していた。これをクレンザーなどを付けてシリンダーとともに摺合わせ研磨して滑らかに動くようにしていた。これは、ニューコメンの蒸気機関における蒸気漏れ対策や、その後のピストンリングの発明などの技術史を学ぶうえでは必須の学習事項となることである。ところが現在は、隙間も多く、ピストンはシリンダーに緩く入り、ガタガタ緩いのである。当然のことながら、蒸気が漏れるから力が出ない。走りが悪くなる。

授業時間数の少ない昨今、生徒の作業時間は少なくてすむが、何も意識せずに組立作業ばかりすると、機械の学習としても、また蒸気エネルギーの有効利用としても重要なことが抜け落ちてしまうことになる。現状のまま、走らせるには、各部品の“遊び”微調整と慣らし運転と火力を強くするほかはない。

(3) シリンダー (台座) の変形

ベビーエレファントのシリンダーは、円筒形のシリンダーを黄銅製の台座に半田付けした仕組みで作られている。台座がシリンダー受け台と密着して蒸気の吸気弁と排気弁の役割を果たしている。したがって、台座とシリンダー受け台の間には隙間があってはならない。もちろん、双方とも平面加工されていなければならない。しかし、加工方法の変更によって、シリンダーの台座は摺り合わせ面にダレ (直角でなく丸みがかった切断状態) がかなり見受けられる。ダレの大きなシリンダーの使用を避けるとともに、定盤に600番くらいの耐水ペーパーを敷いて十分研磨することが重要である。シリンダー受け台も同様に研磨する。

4 完璧に動くためには適正な蒸気圧の維持と摩擦軽減がポイント

さて、その蒸気を無駄なく使うためにはボイラーの機密性 (液状シリコンパッキンを併用して組む) と首振りエンジン部分の精度が問題である。長年の経験からして、最近のキットは初期キットに比べてどうも走りが悪いと感じてい

た。シリンダー受け台やシリンダーの台座の研磨やコンプレッサーによる慣らし運転も十分すぎるほど行い、「これなら走るはず」が、納得できる状態に達しないのである。キットに手を加えるとすれば、蒸気エネルギー、蒸気圧を逃がさずに使えるように改造することである。

〈その1〉ボイラーの安全弁の改造

この改造は、キットが完成して全生徒が試走させた後、よりよく走るための対策として行った。作業そのものは、学年末で時間の余裕がなかったため教員が実施した。安全弁は図2に示す構造をしている。ボイラー内の蒸気圧が押さえばねよりも強くなったとき、ニードルバルブが持ち上がり隙間から蒸気が逃げ安全を保つ仕組みである。ところがニードルバルブの精度が悪くて蒸気が漏れている。その漏れを断てば高い蒸気圧はそのままシリンダーに送り込まれるので、①ニードルバルブBと押さえばねAを取り外し、②ボイラーキャップの穴の上部からM4ビスを差し入れ、半田付けで埋めた。この改造によって、2回目の試走ではすべて完走した。安全弁の機能をカットして大丈夫かと考えられるが、シリンダーの台座部分が安全弁の働きをしていることと、ボイラーからシリンダーへは弾性に富むチューブでつながっていて、はずれて安全が保たれると判断した。授業で補足説明したことではあるが、参考までに付け加えれば、図3に示す自転車のバルブや浮き輪の空気吹き込み部は、外部からの圧力が加わるほど空気が抜けにくくなる構造になっている。これもエネルギーを無駄にしない、かつ安全のためのしくみである。

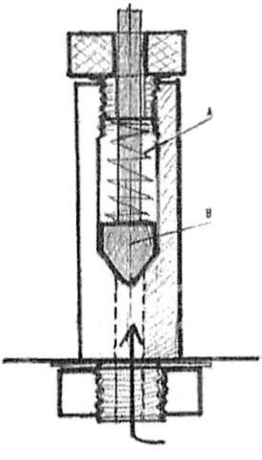


図2　安全弁の構造

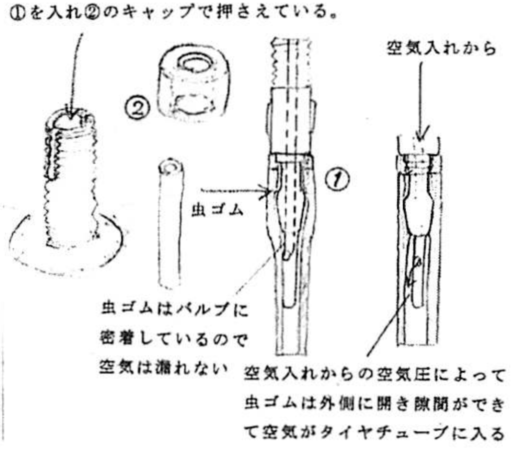


図3　空気圧を維持する自転車のバルブ

〈その2〉ピストンの製作

前述したように、どうも走りが悪いことは把握していた。最大の要因はピストン径が小さく蒸気漏れが大きいことにある。そこで、性能アップを狙ってピストン製作に挑戦することにした。機械工学を選択した高校生なので、あえて挑戦した。まっとうな働きをするためのものづくり、最重要部品の改良に挑戦させたいと考えたからである。次は、この製作実習に関わる知識・理解を目的とする事前学習の概要と指導ポイントである。ピストン製作の方法は後述。

5 事前にシリンダーとピストンの関係を学習

(1) 汎用エンジンの場合

内燃機関（ガソリン機関やジーゼル機関など）では、シリンダーと呼ばれる筒（気筒）の中に、混合気（燃料と空気を一定割合で混ぜ、霧状にしたもの）を吸い込み、電気火花で点火し燃焼させ、発生した高温高圧な燃焼ガス圧力によってピストンを押し動かして、動力を発生させている。

＊フィルムケースとチャッカマンの圧電点火部品で作った点火爆発装置で実験を行う。

＊4行程1サイクル機関（略して4サイクル機関）の基本動作の説明を行う。

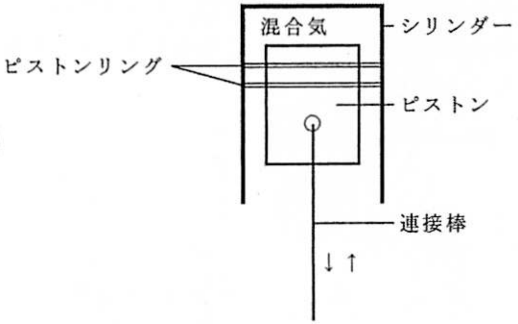


図4 ピストンリングの構造

①この基本動作が継続して滑らかに行われるためには、軽くて高温高圧に耐え、かつ熱の伝導率の高い材料であることが重要である。現在ではアルミ合金を鋳造し旋削して作られている。

②混合気を圧縮したり、発生した高温高圧な燃焼ガス圧力を可能な限り有効に動力として取り出すためには、図4のように弾性に富むピストンリングが必要である。ピストンリングは、2種類で構成されている。なお、リングが入るピストン上部はリング部と呼ばれ、下部はスカートのように「ハ」の字のように広がっているのでスカート部と呼ばれている。

ピストンリング─┬─圧力リング（上側に2本）
　　　　　　　　└─オイルリング（下側に1本）

これらのリングは、シリンダーの直径よりやや大きく作られているが、弾性を活かしてリング部の溝に押し込まれ、いったん入った後は外側に膨らみ、シリンダーとピストンの隙間を防ぐ。しかしながら、金属だけではシリンダーの密封が不十分なので、潤滑作用と気密作用のために潤滑油をシリンダー壁面に供給する。この働きをしているのがオイルリングである。オイルリングには側面に穴が開いている。

＊世界で最初に作られた蒸気機関では、隙間が大きかったので、縄のようなものをリングの代わりにピストンに巻いて蒸気漏れを防いだという。

(2) ベビーエレファントのピストンとシリンダーを確認

ベビーエレファントの首振りエンジンには、ピストンリングはないから、蒸気漏れを減らすためには、精度の高いピストンとシリンダーを製作するほかない。授業では、ピストンを製作すること。寸法精度は最終的に手指の感触で仕上げるほかないことを伝える。

ここで、ノギスまたはマイクロメーターの測定原理を指導して、キットに入っているシリンダー内径とピストン外径を測定させる。するとキットによって異なる（読み取り誤差もあるし、ノギスでは正確に測定できないが）が、0.05mm くらいから最大0.15mm くらいの隙間ができてしまうことがわかる。

この隙間を可能な限り少なくして高精度のピストンを自作しよう、市販キット部材よりすぐれたピストンに挑戦するのが君たちの腕であると焚きつける。

6　ピストン製作の実際

ピストン部の構成は単純である。要は黄銅棒を切断して作ったピストンに、同じく黄銅棒で作った連接棒を組み込むだけである、しかし、部材が小さいことと、工作機械は中学校技術科向け小型旋盤や卓上ボール盤しかないということが、加工作業を困難にする。つぎは、あえて挑戦した加工方法である。

製作工程（1）―ピストン部

1. 太さ10mmの黄銅棒を、長さ約15～18mmに弓のこで切断。
   シリンダー内径は9mmを前提としている。長さは後に行う外周削りの試し削り部分の寸法を含んでいる。
2. 長さ約15～18mmの黄銅棒を、旋盤で端面削り（片側だけでよい）。
3. 15mm前後に仕上がった黄銅棒に、センタードリル作業。
4. センタードリル作業を終えた材料に、3.6mmドリルで下穴あけ。深さは8～9mmとする。

5. M4タップを使って、めねじ切り。

〈難関を乗り越える－その1〉

技術・家庭科の教科書には、めねじ切りの方法・注意については、材料を万力に垂直に固定すること、タップ回しが水平になるようにして下穴に食い込ませていくことくらいしか述べられていない。しかし、このピストンの製作では、ピストンの中心軸にほとんど狂いのない状態で連接棒（その雄ねじ部分）をねじ込まなければならない。とても教科書どおりの方法で製作できるものではない。ここで旋盤の隠れた使用法を考えた。つぎはその方法である。

> センタードリル作業や下穴あけを行うとき、ドリルチャックは旋盤の心押し台に確実に固定されている。だが、心押し台の送りハンドルをバックさせているとアーバー（心押し台に挿入されている円錐状の棒:摩擦力で保持されている）がスッと押し出され外れる。これを活用しない手はない。
>
> ほんのわずかアーバーが押し出された状態に調節しておけば、タップを取り付けたドリルチャックをアーバーとセットでガタなく手回しすることができる。そこで、①主軸には下穴のあいたピストン材料を固定する。②タップが取り付けられている心押し台をピストン材の下穴部に押しつける。③タップの取り付けられたドリルチャックをアーバーとセットで手回しで右回転させる。④これでピストン材の中心部に、軸線がズレることなくタップを立てることができる。あとは慎重にタップを回しかつ戻し（ときどき心押し台を押しつけながら)、すると所用の深さまでめねじを切ることができる。タップ先端が下穴の底にぶつかると重くなるか、主軸がすこし回るから、手に伝わる感触と目視を大事にしながら作業を行えば、正確にめねじを切ることができる。ついでながら、中タップ・上タップを使用する必要がある場合は、すでに先タップによる案内ねじができているから、教科書どおりに穴の深部までねじを切ることができる。

製作工程（2）一連接棒の上部に雄ねじを切る

1. 太さ4mmの黄銅棒を、長さ約55mmに弓のこで切断。
2. 長さ約55mm黄銅棒の一端を旋盤によって端面削りを行う。
3. 上記2の端面に、旋盤によって面取りを行う。
4. 面取り部分から約15mmの長さでダイスによるおねじ切りを行う。

ここで、歪みのないおねじをいかに製作するかが難題である。

〈難関を乗り越える－その2〉

前述したことと重なるが、技術・家庭科の教科書には、おねじ切りの方法・注意については、材料を万力に垂直に固定すること、ダイスおよびダイス回しが材料と直角になるようにして食い込ませていくと述べられている。この記述が間違っているのではないが、どんな方法でそれを実現するかが問題である。直角定規をあてて目視で直角を維持できるものではない。ここで行うピストンの製作では、ピストンの中心軸にほとんど狂いのない状態で連接棒（そのおねじ部分）をねじ込まなければならない。とても教科書どおりの方法では、まともなおねじは製作できない。再度、旋盤の隠れた（隠された）使用法を紹介する。つぎは、旋盤の扱いに巧みな大学院生に教えてもらった方法である。

旋盤の心押し台には、止まりセンターという部品が取り付けられ、バイトの刃先の高さ調整や、棒材の切削時における振れ止めに使用される。止まりセンターの先端部は、完全な円錐形となっている。この止まりセンター先端部の形とダイスを巧みに組み合わせることで、歪みのないおねじを切ることができる。（図5、略図を参照）

①面取りした黄銅棒を主軸に固定する。

②ダイスのくいつき部を面取り部分に合わせて、同時に止まりセンター先端部をダイスの裏側の中心部に合わせ、心押し台の送りハンドルを回転させダイスを固定する。このとき、黄銅棒の中心軸線にダイスが直角になるように心押し台の送りハンドルの回転を微調整する。

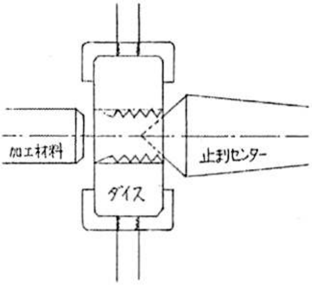


図5　略図

やや強めにダイスを押しつけるように送りハンドルを回すとともに、ダイスを2回転ほど回す。ダイスは黄銅棒に直角を維持したまま食い込むので、後は、心押し台をフリーの状態にして軽く主軸側に押しながら、ダイスを回転させたり戻したりしながらおねじを切る。

＊ダイスハンドルの柄が回転の邪魔になる場合は、規定の柄を外し長さ50mmくらいのボルト（M6 × 1.0）を取り付けると回転させやすい。

製作工程（3）―連接棒下端部にクランクピン穴をあける

連接棒下部にクランクピンを通す穴を作るには2つの方法がある。

A方法：連接棒下端部には上部と同じ方法でおねじを切り、既製品M4の六角スペーサー（プリント基板などをかさ上げして固定するのに使われている）を取り付ける。スペーサーにはあらかじめ2.6mmのクランクピン用の穴をあけておく。ねじの入れ具合で連接棒の長さ調整が可能。

B方法：今回実施した方法である。製作工程（2）で作った連接棒のまだ何も加工してない一端を、①金床の上で長さ10mmくらいの範囲を表裏からハンマーでたたいてマイナスねじ回しの先端部のように平面を作る。一度に強く叩きすぎると割れるので両面から少しずつ叩くようにする。②棒の中心軸線上にセンターポンチを打つ。③ボール盤万力（溝付きの口金を使って）に固定して穴あけを行う（図6）。

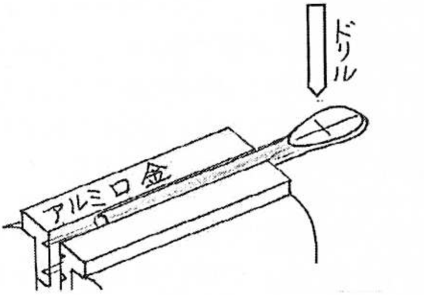


図6　連接棒下部の加工

製作工程（4）—ピストンと連接棒上部を組立て

以上、2つの部品を組み立てることで、ベビーエレファント用のピストン・連接棒は外形だけは完成する。しかし、①ピストン外径寸法と②ピストン頭部からクランクピン穴までの寸法は、長めに作ったままで、まだこの時点では最終的な寸法になっていない。②のことは、連接棒上部に切ったおねじを切断するか、ねじ込み具合で調節できる。

〈難関を乗り越える？－その3〉

最大の難関はピストン外径寸法をいかにしてシリンダーにぴったりきつくかつ滑らかに入るようにするかである。ここで市販のM4ステンレスの長ねじの登場である。連接棒下端部が加工された自作連接棒では、主軸チャックに固定する際に少々難があるためである。手順は、①ピストンに市販のM4の長ねじを組み込む。②長ねじ部を主軸チャックに固定し、長めに作っておいたピストン上部の試し削り部を外周削り（図7）する。まず、10mmから9mmに加工するのが第1の目安である。

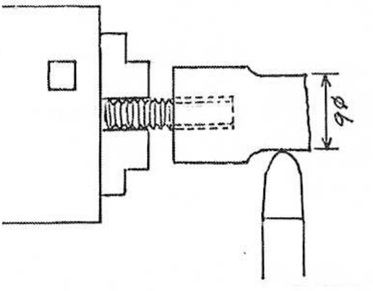


図7　ピストンの試し削り

市販のステンレスM4を軸にしているのでほとんどブレはない。しかし、刃

物台の横送りハンドルの微妙な操作が必要である。また、切削加工中に材料の取り付け直しは禁物で、一度固定したら最後までそのまま外周削りをしないと誤差が生ずる。よって、加工材はチャックから外さないで、自分のシリンダーを試し削り部分に当てながら（シリンダーの縁は面取りしてから現物合わせ)、少しずつ削っていく。試し削り部の外径が9mmになったら、全体をそれに合わせるように削り、最後にピストン頭部の端面削りを行う。

製作工程（5）—完成したピストンに連接棒をねじ込む

製作工程（4）までに完成した自作ピストンに自作の連接棒をねじ込む。ピストン頭部からクランクピン穴までの寸法は、ベビーエレファントキットの規格寸法に合わせて、ねじの入り具合で調節する。長すぎる場合は、連接棒の雄ねじ部分を弓鋸で切断すればよい。

7 実践の結果

首振りエンジン単体を製作をしていたときよりも、走らないものを何とか走らせようとする工夫・努力・協力で、歓喜の声は大きかった。この最終段階では、高校生であっても中学校で長年実践してきたことと共通している。一方、キットより精度の高いピストンの製作に挑戦したのだが、自作ピストンを取り付けてベビーエレファントを走行させるまではできなかった。この状況変化については、生徒に「よく頑張ってやった」—ハイレベルの挑戦だったと考えるが、〈難関を乗り越える？—その3〉に述べたことを除けば、生徒全員がピストン・連接棒を完成させ、いずれも合格レベルの加工であった—と努力を率直に認めて伝えた。一方、指導者としても挑戦であったのだが、ピストンの外周削りは、生徒1人に付きっきりで手を添えて操作しなければ至難の業であったと言える。しかし、示範のあとすぐに行った2、3人の生徒は、時間的な余裕も慎重さも兼ね備えており、自力でシリンダーにぴったり入るピストンを製作することができた。ただ時間不足のため、その生徒も、ピストン頭部からクランクピン穴までの長さ調整は行うことができなかった。

中学校にある旋盤を使ったこの加工では、0.1mm以下をコントロールする気持ちで横送りハンドルを操作しなければならないが、現実にはもう少し舐めるように切削しようとすると、あっという間に径の小さなピストンになってしまったりした。また、異なる旋盤を使うと、再び操作感覚を体得しなければならなかった。工作機械の精度の向上（メーカー側の）と、機械の点検・整備・構成の重要性を身をもって感じた。

実践記録

学校の和室前庭の改修

東京都立田無工業高等学校
関戸　亮

1　はじめに

本校のクラブは運動部と文化部があります。文化部のなかに建築同好会（正式名は「建築物を歩いて見学する同好会」）があります。現在の部員数は45名です。この同好会は日本の建築文化を学び、社寺建築などを見学したりする部活動です。見学会ばかりでなく、放課後を利用して、より多くの建築技術を身につけたり、知識をつけたりするなどの活動も行っています。今回は、建築文化を学んだことを実践に生かし、本校の建築物を一部改修した記録です。

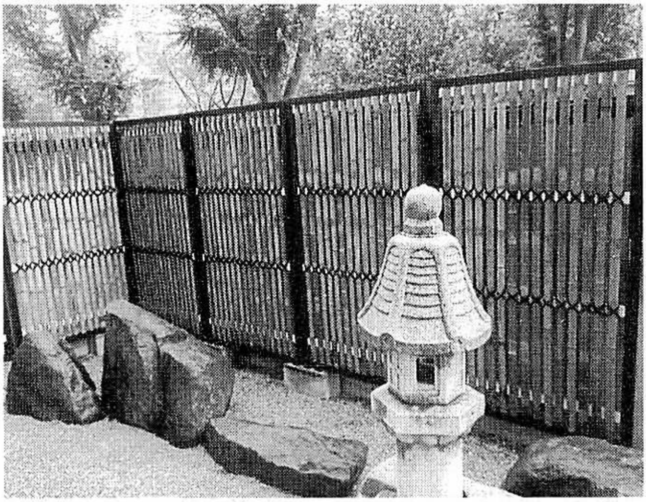


写真1　改修後の前庭

2　和室前庭の改修のきっかけ

和室前庭の改修（2010年11月20日～2011年1月31日）をする経緯を説明します。本校が改築されたのは1999年で、それから十数年が経ちました。年数が経つと、建物の至るところが劣化していくことが少なくありません。和室の前庭は、改築当初は整備され、とてもきれいだったと聞いています。しかし、

時間が経つにつれ、和室の前庭も風化が進み、きれいな竹垣がくずれてしまっていました。この和室を使用している茶道部から連絡があり、「前庭がくずれているのが気になってしようがないので、何か方法があるか」という依頼を受けました。同好会の部員と前庭の下見に行くと、風化が進み、ひどい状態でした。私たちの同好会は、庭の改修をした経験がないけれども、わからないからこそやってみたいという強い思いが募り、茶道部からの依頼を引き受けることにしました。今回、改修に協力してくれた部員は、3年生の鈴木さえさん、貢藤拳斗君、宮本大地君、1年生の伊藤琢人君の4名です。

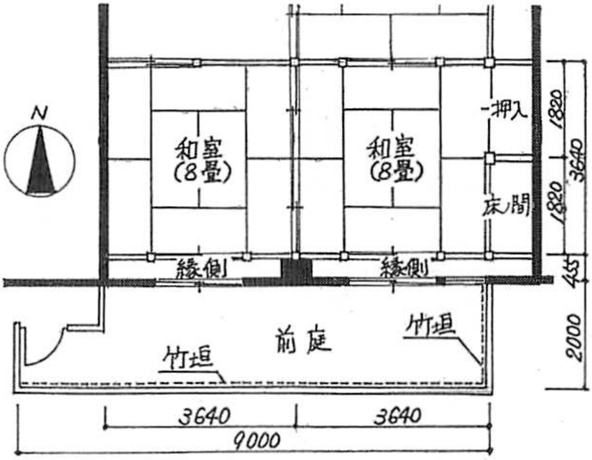


図1　和室と前庭（平面図）

3　前庭改修の行程

①準備・計画

依頼を受けたのですが、予算もなく、どこから始めてよいのかわからない状態でした。下見をしたときに、竹が劣化していて、もう一度利用できないかと思いましたので、まずは竹垣をきれいに解体しました。

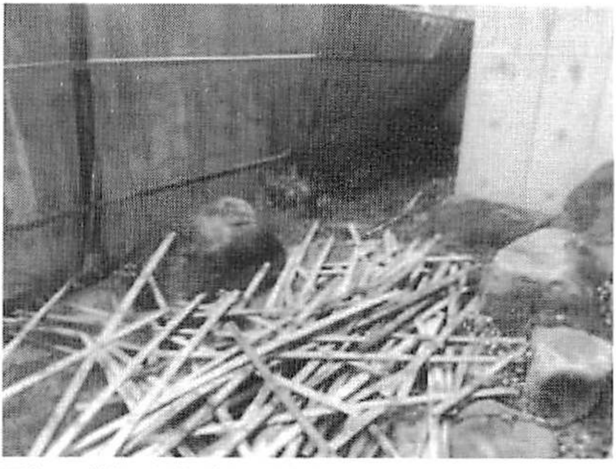


写真2　竹垣の解体（もう一度使用するためにきれいに解体）

次は壁の高さや敷

地の形状を調査です。巻尺やコンベックス（ものさし）を用い、寸法を測ったり、敷地に敷いてある砂利などを調べたりしました。そこで、いったん、調査資料を持ち帰り、部員同士で話し合いました。話し合いの結果、「既存の竹垣の竹を再利用して、もう一度竹垣を作ろう」ということになりました。しかし、既存の竹は傷んでいて、使えないものも多くあったので、それらを仕分けました。すると、4分の1程度の竹の本数がなくなってしまい、既存の竹垣と同様なものができないとわかりました。部員同士で話し合い、どのようなデザインにするか、調査したデータを参考に決定しました。

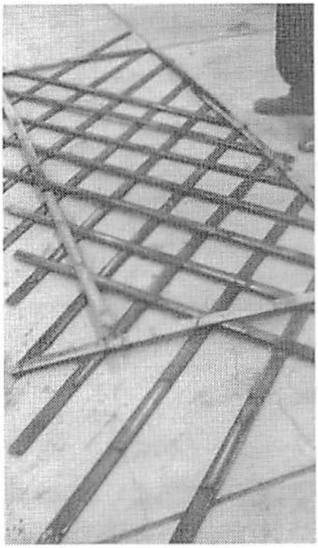


写真3　試作品　ラティス

デザインを考えた際、竹の数が減ってしまったことから、なにか別の材料で減った分を補えないかと考えました。そこで、木の枠を作ることで補えるのではないかと思い、試作を作ろうと意見がでました。最初に出た意見は「ラティス」(lattice) です。前庭は、竹を使って和も洋も取り入れてみようと考え、この案が出されました。しかし、これでは竹を切ったりしなくてはいけませんでした。そこまでする時間や人手もなく、実現には至りませんでした。

写真4　竹にオイルステインを塗る

次に出た案が縦に配列された竹垣です。既存の竹垣は隙間なく縦に配列されていましたが、今回は隙間を2cmあけ、間隔を統一することで見栄えがよくなるのではないかと考えました。試作を作り終え、全員で話し合った結果、「この竹垣がよい」となった

ので、枠組になった竹垣を作ることに決めました。

②製作

a.竹の再利用

竹がかなり風化しており、汚れていたので、まず高圧洗浄機を使って汚れを落としました。次に、なるべく竹そのものの色に近づけたいという意見が出たので、「オイルステイン」(oil stain) を使用し、竹1本1本に塗っていきました。色の濃さを均一にするということと、ムラができないように気をつけて、ていねいに塗り、2日間ほど乾燥させました。一度塗りだと少量しか色がのらないため、二度塗りを行い、また2日間乾燥させ、よりもとの竹の色に近づけました。

写真5　塗料の乾燥中

b.枠の製材

製材は機械を使うので、部員にはサポートに回ってもらいました。正確に角材の直角を出すために手押し鉋盤を使用しました。それから自動送り鉋盤を用い、寸法どおりに削っていきました。地面にはコンクリートブロックを敷き、そこにはめ込む工法を取りたかったので、脚を出した枠組にしました。加工は部員にしてもらい、丸のこ盤などを使用して寸法どおりに切ってもらい、寸法どおりに切ったところで、枠を組んでインパクトドライバーを使用してビスで固定しました。

写真6　黒ペンキによる枠組の塗装

次に行ったのは枠組の塗装です。

竹垣を設置した際に枠と竹にメリハリをつけたいと思ったので、木枠の色を竹の質感が映えるように黒く塗装しました。これはペンキで塗装しました。少しでも速く乾かそうと、部員総出で団扇や扇風機を使って扇ぎました。黒く仕上げた後にクリアを噴いて仕上げました。

写真7　枠組

③組み立て

枠が完成したので、竹を打ち込みました。釘打ちした際に竹が割れるのを防ぐために事前にインパクトドライバーの下穴キリを使い、小さな穴をあけました。穴あけが終わったら、釘を打ちます。このとき、釘が曲がったり、竹が割れたりしないように気をつけながら打ち込んでいきます。1本の竹に釘が4本、竹が約150本あるので、この打ち込みが大変でした。

a. シュロ縄で結束

次に、竹が取れないように、結束を行いました。本などで調べたところ、造園では「男結び」「女結び」が多く使われていることがわかりました。今回の作品では隙間もあるということで、部員で話し合い、どちらも難しくてできなかったので、自分たちで考えた結び方、一筆結び(1本の紐で結ぶ)にしました。1本1本の竹を結ぶのは大変なので、枠組ごと

写真8　竹垣の設置

に1列ずつ縛り、表面に×印だけが見えるように工夫しました。以上の工程を行い、枠組を10個作り上げ、最後に防水対策として竹にクリア（光沢を出すための透明なスプレー）を噴きつけました。

b.設置

枠組が完成したところで、もう一度前庭の敷地の調査を行いました。枠組を直接地面に埋め込む意見も出ましたが、長く使用してもらうために、コンクリートブロックを地面に埋め込み、そこにはめ込むことにしました。このときに、端から設置していくとコンクリートブロックの穴がずれていたりして、隙間の広さがバラバラになったりして不恰好になるので、中央から設置しました。最後に、枠組と枠組を金具でつなぎ合わせ、完成しました。

4 まとめ

これからの歩く建築同好会は、これまでに行ってきたような「ものづくり」はもちろんですが、資格取得にも力を入れています。以前までのような建物を見てまわる「見学会」もたくさん企画していきたいと思っています。せっかく、同好会名に「歩く」とついていますし、「百聞は一見に如かず」という諺もあります。実際に見ることによって、感じることが多くなると思います。今回、協力してくれた部員は、土日の作業もあったので、はじめは改修工事に消極的でした。しかし、竹垣がきれいに改修され、完成するにつれて、日本の伝統文化の一端を少し味わったようで、満足したようです。今回、和室前庭の修繕を生徒とともに経験できて、自分にとっても生徒にとっても勉強になったと思います。

写真9　改修後の前庭

「ものづくり」という点では、やったことがないことが山ほどあります。これからも「おもしろそうだ」と思ったことには、果敢に挑戦していきたいと思っています。

連載▼ もの事始め文化誌 ❷

粒子で宇宙の旅

技術史研究者
小林　公

ロケットの推進力

ボートから人が岸に飛び移ると、その反動でボートが動き出す。これとロケット（rocket）の原理は同じである。つまり、飛び移る人が噴射ガスの役割をしている。ジェット機も噴射ガスの反動で進む。このときの推進力はニュートンの運動法則で生じる。図1で、Mo、M、mをそれぞれ単位時間当たりの吸入空気の質量、噴射ガスの質量、燃料の質量とし、Vを吸入空気の速度、vを噴射ガスの速度とすると、運動の第二法則により、単位時間当たりの運動量の変化が推進力Fを発生するから、F＝（M＋m）v－MoVとなる。ここで、Mに比べてmは無視できるくらい小さいので、F＝Mv－MoVとなる。ロケットは空気を吸入しないから、Mo＝0であり、結局、ロケットの推進力は、F＝Mvとなる。

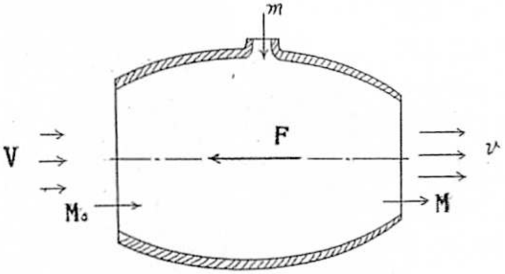


図1　ロケットの推進力

これから、推進力を大きくするには、噴射ガスの質量の流れを大きく、かつ噴射速度を大きくすればよいことがわかる。ボートの例でなら、体重の大きい人が、できるだけ素早く飛び移れば、反動が大きくなる。ただし、動き出したボートは水の抵抗を受けて、すぐに止まってしまう。ロケットの場合でいうなら空気抵抗であるが、ロケットが大気圏を脱出し宇宙空間に達すれば、抵抗は全くなくなる。この状態では、ロケットの質量をGとすると、ロケットの加速度aは、運動方程式より、a＝F/Gとなる。これより、ロケットを軽くすれば、小さい推進力でも大きな加速度を発生させることが可能だ。一度動き出せ

ば、あとは推進力がゼロでも、ロケットは慣性により等速直線運動を続ける。

ロケットの歴史

紀元前400年頃の見世物として、木製の鳩をピンと張ったワイヤーの上で、水蒸気の噴射力を使って滑らせる仕掛けがあった。最初のロケットは、黒色火薬を使った漢民族の飛び道具、火箭(かせん)である。いわゆるロケット弾で、これを漢民族は1232年のモンゴル民族との戦いで使って追い返した。一方、モンゴル民族は独自にロケット火器を開発し、ヨーロッパ侵攻に利用した。中世になると、黒色火薬の改良やさまざまなロケットが工夫され、フランスではバズーカ砲の原理となる、筒の中から発射する方式が考案された。16世紀には、戦争兵器ばかりでなく、花火を高く打ち上げる多段式装置が発明される。1段目、2段目と順次点火して高度を上げていく、現代の人工衛星を打ち上げる多段式ロケットと同じ原理である。かくして、ロケットの歴史は、兵器や花火として幕を開けた。

17世紀にニュートンの運動法則が発表されると、実際のロケット設計に影響を及ぼすようになる。18世紀以降になると、ロケットは再び戦争兵器に使われ、世界中のロケット研究者が命中率の向上を目指した。イギリスのウィリアム・ヘイルは、飛行するロケットに弾丸のようなスピンを与える安定方式を開発した。こうして、ロケット弾はヨーロッパ大陸の戦争にしばしば用いられるようになるが、砲身込め式大砲のほうがはるかに戦果が上がり、兵器としてのロケットは次第に出番が少なくなる。1889年、ロシアのコンスタンチン・ツィオルコスキーは、宇宙開発ロケットを構想し、液体推進燃料を提案した。彼は噴射ガスの排気速度を大きくすれば、飛距離を拡大できると主張した。20世紀はじめ、アメリカのロバート・ゴダードは、実験を通じて、ロケットは真空中で大きい効率を発揮できると論じた。また、多段式ロケットを使えば、地球の引力圏を脱出できると述べた。ゴダードは、最初、固体燃料ロケットで実験していたが、液体燃料のほうが推進力に優れることを確かめた。1923年、ドイツのハーマン・オバースは、宇宙空間のロケット旅行を本に書いた。この書物の反響は大きく、これ以降、ナチスドイツのV－2ロケットミサイルに発展していく。その中心となるロケット科学者がワーナー・フォン・ブラウンたちで、彼らはアメリカ本土に届くミサイルを目指していた。だが、ドイツの敗北によって、ロケット技術は人材とともに米国やソ連に渡った。冷戦状態の両大国は、大陸間弾道ミサイルの開発を競った。1957年、ソ連は地球を周回す

る人工衛星スプートニクを打ち上げた。その翌年、米国は宇宙空間の平和的探査を目的に、航空宇宙局（NASA）を設立し、やがて、人類が月面に降り立つ快挙を成し遂げたのである。

わが国のロケット開発を眺めてみよう。13世紀の元寇で蒙古軍が使った火器は火箭ではなく、弓の先に火をつけた火矢である。豊臣秀吉が朝鮮に出兵した文禄の役（1592年）で、日本軍はロケット式火箭の攻撃を受けた。戦国から江戸時代にかけて火薬や火箭の技術は、忍者組織に伝承された。その後、世の中が落ち着いてくると、ロケット花火の「龍勢」として民俗行事に出現する。第二次大戦中は武器としてのロケットが密かに研究され、戦争末期には特攻有人ミサイルまで計画された。これらは最高機密で行われたので、ロケットの歴史から忘れ去られた。戦後のロケット開発は、1952（昭和27）年に打ち上げられた超小型のペンシルロケットから始まった。その後、カッパロケット、ラムダロケット、ミューロケット、N－Ⅰロケット、N－Ⅱロケット、H－Ⅰロケット、H－Ⅱロケットと大型になっていった。1994（平成6）年に打ち上げられた液体水素と液体酸素を推進剤とするH－Ⅱロケット（写真1）は、欧州のアリアン、米国のタイタン、ロシアのプロトンという大型ロケットと、同等重量の衛星を打ち上げる能力を持っているが、H－Ⅱロケットの総重量260トンは、外国のものに比べて1/2～1/3と軽い。これは日本のロケット技術の高さを物語るデータである。

写真1　H－Ⅱロケット

イオンロケット

小惑星イトカワへの着地に成功して、2010（平成22）年6月13日、奇跡的に地球に帰還した宇宙探査機「はやぶさ」のニュースで、にわかにイオンロケットが脚光を浴びた。文字どおりイオンを噴射して推進するロケットで、イオンエンジンとも呼ばれる（写真2）。気体のキセノン原子から電子を奪い取ると、正電荷を帯びたイオンになる。このイオンを強力な電場で加速し、ものすごい速度で噴射させると、

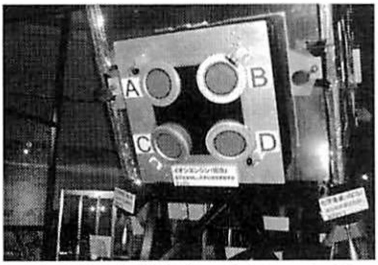


写真2「はやぶさ」のイオンエンジン

イオンガスの反動で推進力が得られる。だが、イオンは非常に軽くて（Mが小）推進力が小さいので、地上からイオンロケットを直接打ち上げることはできない。地球の引力圏脱出までは、多段式の液体燃料ロケットを使う。宇宙空間に出れば、イオンの原料がなくならない限り、ずっと加速しながら飛び続けるので、5000年後には光の速さの半分に達する理屈になる。火星までなら約260日で到着できる。強力な電場の電気供給は太陽電池が行う。

荷電粒子で推進するロケットのアイデアは、すでにツィオルコフスキーが考えていた。1900年代後半、米ソで基礎研究が続けられ、日本でも糸川英夫のチームが研究に着手していた。実用化されたのは1990年代で、最大の原因は太陽電池の性能向上である。イオンに電子が混じるプラズマロケットもある。

宇宙ヨット

宇宙を旅するヨットは、帆に光の圧力を受ける。光の粒子（光子）が宇宙ヨットの帆に当たると、衝突と反射、吸収を起こす。衝突と反射で光子が持つ運動量の2倍が帆に働き、吸収で光子の運動量が追加される。これが光の圧力の正体で、ヨットの推力になる。帆の面積が大きければ推力は大きくなるが、逆に帆の質量が増えるので、帆の形成には面積密度が小さい、つまり軽い材質ほど有利になる。一般に太陽風には光の圧力のほかに、高速で放出される水素やヘリウムの電離ガス（プラズマ）も含まれる。宇宙ヨットの推力は、光の圧力が主である。

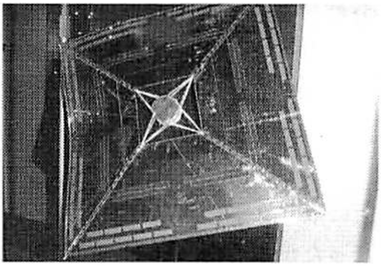


写真3　宇宙ヨット

約400年前、ドイツの天文学者ヨハネス・ケプラーは、彗星が細長く尾を引くのを見て、天界に吹く風、つまり、現在の太陽風の存在を確信し、宇宙ヨットの原型となるアイデアを考えついた。宇宙船の推力として実現性のある構想が出されたのは、現代の宇宙工学への道を開いたツィオルコフスキーである。宇宙ヨットは太陽帆船とも呼ばれ、イオンロケットに比べ推力は小さいが、燃料を必要としないので、惑星間の長大な距離の移動に有利である。宇宙ヨットの研究は、アメリカのNASAをはじめとして、世界各国で行われている。日本では宇宙航空研究開発機構（JAXA）が実証機「イカロス」を、2010（平成22）年5月にH－ⅡAロケットで、金星探査機「あかつき」と相乗りで打ち上げた。帆はポリイミド樹脂膜にアルミを蒸着したもので、折り畳んでコンパクトに打ち上げ、宇宙空間で遠心力により広げるしくみになっている（写真3）。

間重富の子重新とその同志

親の背中を見て育った子どもたち

作家
鳴海　風

気になる息子たち

士農工商という身分制度を基盤とする江戸時代は、子が親の仕事を継ぐのは当然のことでした。

これまで解説してきたように、天文暦学に関しては、京都朝廷の陰陽寮の公卿、幕府の武士（上は若年寄から、天文方、手付下役まで）、そして、天文方の御用を命じられた専門知識を有する町人（間重富や伊能忠敬）、測量器械を製作する時計師など、さまざまな階層の人たちが活躍していました。諸藩や民間の学者を含めれば、もっと多彩な人たちが登場してくるでしょう。

しかし、同じ天文暦学を志しているからといって、町人や職人がいきなり武士に取り立てられたりすることは、まずありませんでした。幕府お抱えの碁師だった渋川春海（1639 ～ 1715）が、武士の身分である天文方になったのは、異例中の異例でした。

麻田剛立（1734 ～ 1799）の先事館で天文暦学を学んだ人たちのなかには、さまざまな身分の人たちがいましたが、彼らは学問の同志として対等であり、お互いに相手の学識に敬意を払っていました。

おもしろいのは、弟子にあたる人の息子たちの多くも、父親と同じ天文暦学、天体観測、測量といった分野で活躍していること、そして、父親たちと同様に、息子たち同士も身分を越えて交流し、学問を切磋琢磨していたことです。

江戸中期から後期において、麻田流天文学の業績は燦然と輝いていますが、さまざまな身分の弟子たちが、その子孫にいたるまで、互いに親密な関係を保っていたことは特筆に値します。

間重富の長男重新を中心に、高橋至時（1764 ～ 1804）や足立信頭（1769 ～ 1845）、伊能忠敬（1745 ～ 1818）の息子たちについて見ていきましょう。

早くから始まっていた後継者教育

重新は、1786（天明6）年、大坂長堀富田屋橋北詰の屋敷で生まれました。幼名は清市郎（清一郎とも）、重新は諱（実名）で、確斎と号しました。

重富には男子が3人いましたが、重新以外は皆幼くして死にました。

寛政の改暦のために重富が江戸へ出発したとき、重新はまだ10歳でした。

重富が寛政の改暦を終えて大坂へ戻ったのは、1798（寛政10）年でしたが、師の剛立はすでに老耄の域に達していて（翌年亡くなります）、13歳の重新の教育は、重富自ら始めました。重富の帰坂を待っていたように、讃岐国大内郡馬宿の舵職人の倅、19歳の久米栄左衛門（1780～1841）が入門してきましたから（連載の第12回参照）、ちょうどよい時期だったかもしれません。

早速、その年の10月1日の日食観測で、重新は望遠鏡を用いた観測に従事しています。それが重新の最初の仕事の記録です。

2年後の1800（寛政12）年頃には、数学で早くも頭角を現わしたようです。高橋至時も学んだ宅間流の松岡能一（1737頃～1809頃）が、その至時へ宛てた手紙の中で、重新を将来が楽しみな才子と表現しています。

同じ1800年の閏4月出発の第一次測量、翌年4月出発の第二次測量には、伊能忠敬は内妻との間に生まれた次男秀蔵を伴っています。以後、第六次測量まで同行させていますから、この時点では、忠敬は秀蔵を後継者候補と考えていたと思われます。秀蔵は重新と同い年でした。

高橋至時の長男作助（のちの景保）は、重新より1歳上でした。武士の息子である作助は、1801（享和元）年11月、17歳のときに素読吟味を受けました。素読吟味は1793（寛政5）年から始まった制度で、儒学の初級試験でした。幕府の目付や儒者らの前で、一人ずつ広間に呼び出され、四書五経と『小学』の中の指定の部分を読まされます。天文方で受けたのは作助が最初のようで、高橋家だけでなく天文方全員の注目と期待を集めたのではないでしょうか。乙種合格し、丹後縮緬2反を褒美にもらっています。

翌1802（享和2）年、経度一度の長さ測定のための長崎出張に、重富が17歳の重新を同行させたことは、連載の第13回、第14回に書いたとおりです。これも後継者教育の一環だったことは間違いありません。

この年、麻田剛立の養子立達は32歳でしたが、養子になってまだ10年ほどで、天文暦学は未熟でした。また、剛立の弟子で、寛政の改暦のときに高橋至時の手付下役として京都の改暦御用所で手伝った、大坂鉄砲方同心、足立信頭

の長男重太郎（信順）は、まだ7歳でした。そして、高橋至時の次男善助（のちの渋川景佑）は、16歳でした。

父重富と同様に器械に強かった重新

重富に連れられて長崎へ行ったとき、出島のオランダ商館で目にした、ロンドン製の最新の高度測定器シルケルの使い方については、長く父子の疑問として頭の隅に残りました。それが20年後に、重新の『ヲクタント用法』としてまとめられました（連載の第14回参照）。

父重富や医師小石元俊（1743～1808）の支援で、江戸の芝蘭堂で学んだ橋本宗吉（1763～1836）は、安堂寺町で絲漢堂を開きました。日本最初のエレキテルの実験書として有名な『阿蘭陀始制エレキテル究理原』を著したのは、1811（文化8）年のことです。その中に「此頃友人間氏四球の大エレキテルを製造れり。火強く炎甚し」と書いてあります。友人間氏とは重新のことです。重新はエレキテルも作ったのです。

この年は、重新より1歳下の善助は、2年前に渋川家に養子に入って家督を継ぎ、天文方渋川景佑になっていました。また、伊能忠敬は第八次測量旅行中でしたが、第六次を最後に測量から外されていた同い年の秀蔵は、桜井氏に婿養子に出されました。ちなみに、この秀蔵のその後ですが、素行が悪いとの理由で3年後に桜井氏から戻され、さらに、翌年、忠敬から勘当されてしまうのです。また、前年に妻子に先立たれた麻田立達も、この2年後に43歳の若さで亡くなります。人の運命とは分からないものです。

写真1　大輪垂揺球儀全図（国立天文台蔵）

さて、寛政の改暦のときに、重富が中心になって作った天体観測用の精密時計垂揺球儀が、時刻の決定に大いに貢献しました。垂揺球儀はその後も改良が加えられましたが、

重新が工夫した大輪垂揺球儀も優れたものでした。

天符を振り子に置き換えて精度を飛躍的に向上させた垂揺球儀でしたが、歯車の数が多く、噛み合いのロスが避けられません。そこで、重新は、歯車の数を減らした大輪垂揺球儀を考案したのです。1827（文政10）年、2度目の出府のとき、重新はこれを幕府に献上し、浅草天文台に据えつけられました。

1日をだいたい60000分で測ることができる垂揺球儀に、不定時法の時刻表示もできるように、32歳の足立重太郎が、錘の落下する面に時辰表を取りつけました。重太郎は、重富の推挙で大坂から浅草の天文台にやって来た父の信頭とともに、高橋景保の手付として働いていましたが、このときには、天文観測において江戸の第一人者になっていました。

現在も続く重新の業績の研究

大坂の麻田剛立の先事館が、天文学において日本の最先端に立てたのは、寛政のはじめ頃に重富が入手した『暦象考成後編』のお陰でした。西洋天文学の漢訳書としては当時最新のものでした。最大の特徴は、太陽と月の楕円軌道論が書かれていたことでした。これにより太陽と月の位置の計算精度が飛躍的に上がりました。

計算法は数学が得意な高橋至時が研究しましたが、重富は楕円を描くための器械「楕円規」を考案しました。1803（享和3）年3月2日に十一屋は類焼し、多くの天文観測機器類と一緒に、この楕円規も失われたと思われていました。

それが25年後の1828（文政11）年、蔵の中から発見されたので、重新はその楕円規を用いた楕円の書き方を『楕円起源』として著しました。当時の楕円製図法を研究されている数学者から見せていただいた『楕円起源』によると、厳密には違いますが、円筒に斜めに巻かれた糸がほどけるにしたがって、小さなコンパスが円を次々に描いていき、その円の外周をつなげば楕円になると考えていたようです。

地球を取り巻く大気の圧力差によって、地球へ入ってくる光線が屈折し、観測される方向と実際の天体の方向が異なっていることは、明末の時代に、イエズス会宣教師の協力で編纂された『崇禎暦書』にすでに書かれていることでした。これを清濛気差といいます。

この清濛気差の調査研究を考えたのは、高橋景保でした。2度目の出府をしてきた重新に、若年寄林肥後守忠英の名前で、2種類の観測機器が貸し出されました。天気儀（現在の晴雨計）と気候儀（現在の寒暖計）です。

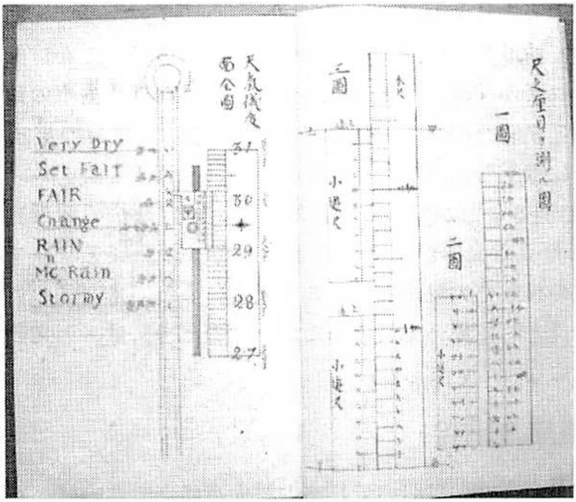


写真２『清蒙差大意』（個人蔵）から

重新は、返却期限の1831（天保2）年までは1日に1または2回、貸し出し延長の許可を得て最後に返却した1833（天保4）年までは、1日に6または7回、途中から増やして10回もの実測を行い、膨大な測験記録を残しています。1831（天保2）年に著した『未験濛気差測算法』は、天体高度の計算と実測差から清濛気差を求めようとするものですが、題名通り未完成でした。

最近になって、1833（天保4）年6月に重新が著した『清蒙差大意』が、大阪の数学者によって発見されました。天気儀、気候儀の原理と使用法を書いたものです。膨大な著述と記録を残した重新ですから、まだこれからも新発見があるかもしれません。

同時代に起こった大事件と不滅の観測記録

重新の天文暦学や天体観測の研究は、常に安穏（あんのん）で恵まれた環境の中で行われていたわけではありませんでした。

1827（文政10）年、2度目の出府をした年の正月には、切支丹婆（きりしたんばば）事件が起きました。大坂東町奉行所の与力大塩平八郎が、怪しげな占いをしていた女を捕らえて吟味した結果、キリシタンだということになり、とばっちりで橋本宗吉の弟子である藤田顕蔵（けんぞう）（1770～1829）まで捕らえられ、2年後に磔（はりつけ）に処せられてしまったのです（実際は処刑前に獄死していました）。これにより、宗吉は一時、安芸国（あきのくに）竹原へ逃れたといいます。

江戸から天気儀と気候儀を預かって帰坂した翌1828（文政11）年、重新は毎日の気温と気圧を測定、記録しながら、顕蔵の処分がどうなるか不安だったのではないでしょうか。西洋から伝わってきた学問は、見ようによってはキリシタンの疑いを持たれかねません。

その年の10月、今度はシーボルト事件が起きました。幼い頃からの親友ともいうべき高橋景保が、国禁を犯したとして投獄されてしまったのです。景保は翌1829(文政12)年2月、獄中で病死してしまいます(連載の第21回参照)。

清濠気差の調査を終えた頃から、天保の飢饉が始まりました。大凶作で米価は高騰し、大坂でも打ちこわしが頻発しました。豪商の仲間に入る十一屋を営む重新も、落ち着いて天文暦学ができる状況ではありませんでした。

それでも、1837(天保8)年の1月20日から22日にかけて、重新の天体観測の不滅の記録ともいうべき、白昼の水星南中(なんちゅう)実測がなされました。

金星や水星といった内惑星(ないわくせい)の南中(天の北極の南側で子午線(しごせん)を通過すること。最も高度が高くなります)は、原理的に白昼に起きます。明るくて見えにくく、特に、水星は太陽からあまり離れていないので、観測はきわめて困難です。

52歳の重新は、亡くなった立達が磨いた3枚玉で、焦点距離が9尺ほどの長い屈折望遠鏡と小型の象限儀、そして、垂球(振り子)を用意しました。20日にちらりと見えた気がしたのは天の水星ではなく、心の水星だったかもしれないと思い、続く21日には、朝の4時から、全身を目玉にして望遠鏡につけ、南方を注視し続けてやっと水星の南中を観測でき、思わず声を上げました。22日も20日と同程度に眼底に映ったので、21日の観測をあらためて確信したのでした。

写真3　間重新の墓

翌月の19日には、有名な大塩平八郎の乱がありました。重新は肝を冷やしたことでしょう。

死の直前まで天体観測を続けたところは、父の重富とそっくりだった重新は、翌1838(天保9)年1月2日に亡くなりました。享年53でした。

連載▼ ガラスのはなし ……………………… 6

器の大量生産とガラス風船

ガラスのプレス加工とガラス風船

編集部 藤木 勝
協力 AGC旭硝子

1 ガラス素地から器へ

粘土などを焼き固めて作った芯にガラス素地を巻き、後で芯を抜き取るという「サンド・コア・ガラス」の製法が「吹きガラス」に発展します。この“吹き”は偉大な発見であり、その後のガラス製品の大量生産方式に発展します。その一方で、金型にガラス素地を落とし込み、押さえつけて固める方法が考えられました。

台所のガラス食器を見てみますと、厚みがあり、重量も結構あって、重いガラスの器があります。さほど高価な器ではありませんが、内面はつるりとしているものの、外周部や縁の部分には凸凹の模様がキラキラしています。このガラスボウルやガラス皿が、ちょうど金属製品のプレス加工と同じような方法で作られているのです。

2 プレスガラスの大量生産はアメリカから

プレスガラスは、19世紀はじめころからイギリスやオランダで作られていましたが、少量の手工的生産でした。1828年にアメリカのデミング・ジャーバス（Deming Jarves 1790～1869）が、手動式の型押し成形機の特許を取ってからは、安価なプレスガラス製品が大量に作られるようになりました。これは、屈折率が高くて高価な鉛クリスタルガラスに代わるものとして普及していきました。

3 プレスガラス製法の特徴と原理

(1) 金型は、ガラス製品完成時の模様が彫られた型とプレス用の型の2種類が必要です。このプレス用の金型は、初期には木製で手作りまたは旋盤で作られたとのことです。高温に絶えず曝されていますから、金型製作の材料とそ

の加工に工夫が凝らされたようです。鋳鉄製金型の特許もアメリカでした。

(2) はじめの頃、プレスガラス製法に使われるのは鉛ガラスが大部分でしたが、ソーダ石灰ガラスは鉛ガラスよりも短時間で冷却固形化するため、早い作業速度が求められました注)。そのために機械的な改良もさまざまに行われました。いちばんの課題は金型の加熱・冷却の効率化となります。ガラス製品の品質維持のためには、各部が均一に加熱・冷却される必要があります。そのために、金型専用の加熱炉が設置されたり、水冷式から圧縮空気による冷却システムに改良したりするなど、さまざまな改善が進められました。

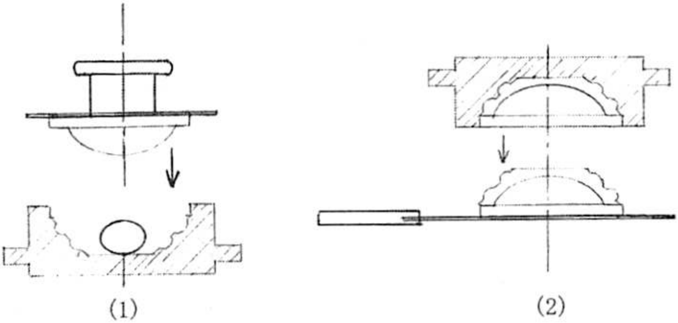


図1　プレスガラス製法で器物を作る方法

上の図1の (1) と (2) は、プレスガラス製法の概略を示しています。

(3) 棒に巻き取っておいたガラス素地から、適量を金型の中心部に落とします。金型は適温に焼かれています。上からプレス成形用の金型を押し込むと、ガラス素地は上下の金型に沿って一定の厚さになりますが、同時にガラスの内側はプレス成形用金型の形にならって滑らかな表面になります。外表面は金型に刻んだ模様が浮き出ることになります。ここで金型は冷却されます。

(4) 冷えた金型の上下を反転させて、製品をトレーに落とし、模様の刻まれた金型を空にします。

注) 成分割合にもよるが、鉛ガラスの軟化点は500 ～ 550℃前後で、ソーダ石灰ガラスはこれより高く、630℃前後である。鉛ガラスは加工しやすくて着色しやすいため、装飾品にも使われた。現在は、より低い軟化点と鉛フリー化の研究が進められ、軟化点400℃前後のガラスも作ることができるまでに進歩している。

4　今と昔をつなぐガラス風船

ガラス工房では、“ガラス吹き”で工芸品の制作が盛んに行われています。観光地では、さまざまな体験をすることもできます。見ているだけでも時間を

忘れるほどに、ガラス工芸職人のみごとな技術に感心します。

これまで板ガラスやビン・器のことを見てきましたが、ここで改めてガラスのおもしろさ・不思議に戻ってみることにします。

〈ガラス風船の発明・発見は偉大なことだった〉

粘土などを焼き固めて作った芯にガラス素地を巻き、後で芯を抜き取る「サンド・コア・ガラス」(＝コア・ガラス)の製法が「吹きガラス」に発展したことは前にも述べましたが(心棒を中空の棒に換えて息を吹き込むとガラス素地が膨らんだ)、この紀元前1世紀頃の偶然とも考えられる偉大な発見が、19世紀頃までの容器や窓ガラスなど、さまざまなガラス製品をつくる基本になっていました。

窓ガラスも今のように大きな板ガラスを作ることができるようになるまでは、小さな丸いガラスを元にして作っていました。

〈窓ガラスのガラスは円盤だった―クラウン法〉

装飾品としてのガラス玉ができるなら、容器や窓ガラスを作りたいと考えたのは極めて自然のことだったのでしょう。ここでは、窓ガラスのはじめを追ってみることにします。

最初は、吹き竿に熔融ガラスを巻き取り、空気を吹き込んで風船状の小さな玉を作り、金板や石板にそのまま押しつけて円盤状にしました。この円盤を蝶番つきの板で挟みながら、回転させて所定の厚さ・大きさにして、最後は吹き竿を切り離していました。

したがって、この方法で作られたガラスは、直径15cm前後で中心部に吹き竿の跡(ブルス・アイ：bulls-eye雄牛の目、またはブリオン：bullion)がついています。円盤状のガラスは鉛の枠に嵌めこんで窓ガラスとして使っていました。このガラスは、ヨーロッパの古い教会や修道院、城などで見られるということです。

〈もっと大きな円盤ガラスを〉

図2を見るとわかるように、竿が2本あります。なぜ吹竿とポンテ竿と呼ばれる2本の竿があるのか、ガラス工房でのワイングラスの制作作業を見るとよくわかります。1～3までがワイングラスの制作作業とよく似ています。この方法が“クラウン法”と名づけられているのは、冠状に球形部分の形が変化する工程があるからでしょう。

〈工程〉

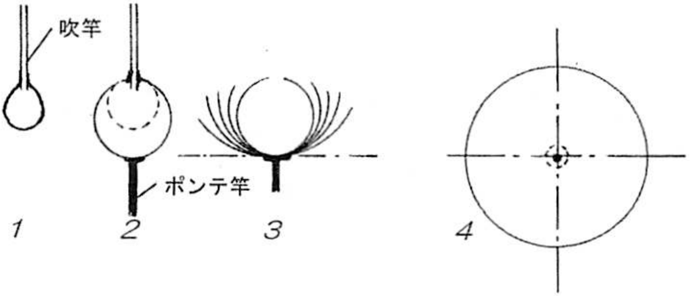


図2　クラウン法による板ガラス製造

1. 坩堝の中で飴状に融かされたガラス素地を吹竿の先に適量巻き取ります。このガラス種のついた竿を水平な台枠の上で転がして円錐状にしてから、空気を吹き込み、小さなガラス風船を作ります。必要に応じて適宜窯に入れて加熱します。このまま金板や石板に押しつけて円盤状にしたものが、前述した初期の円盤窓ガラスでした。
2. ガラス風船がある程度の大きさになったとき、熔融したガラス素地を少量つけた“ポンテ竿”を吹竿と反対側に取りつけます。長さは吹竿より長くて、回転させる目的で取りつけられる竿をポンテ竿と称しているようです。ポンテ竿につながったガラス風船の吹竿側は切り離されます。
3. 吹竿側が切り離されたガラス球の一端は、開放状態となっています。それを炉に入れて再加熱し、ポンテ竿を水平な台枠の上で転がしながら、遠心力で口径を拡げたり窄めたり、あるいはくびれを作ったりすることができます。もちろん、それらの加工処理に適した道具を使い、加熱程度も調節しながらです。ワイングラスの外形などはこのようにして作られます。

　円盤ガラスの場合、炉で十分に加熱され軟らかくなっている球形のガラス素地は、図2の3に示したように、ポンテ竿を強く転がすと遠心力で王冠のような形をとりながら平らな円盤になります。
4. 平らな円盤は、冷えて固まるまで静かに回転が続けられ、次いで、ポンテ竿を切り離し、徐冷窯に入れられます。この円盤ガラスは、炉の火焔で磨かれ均されるため、どこにも触れませんから、表面に最高の輝きがありました。

〈参考文献〉

1) 黒川高明：『ガラスの技術史』アグネ技術センター、2005
2) 『ガラスの歴史』西村書店、1995、編者：ダン・クライン、ウォード・ロイド、監修：中山公男、訳：湊典子、井上暁子

連載▼ はじめて取り組む「生物育成」……………………⑩

収穫作物を使っての調理がゴール

栽培学習を効果的に締めくくるためのポイント

浜松市立天竜中学校
竹村　久生

手づくりトマトはなぜおいしい？

「トマトが赤くなれば医者が青くなる」ということわざがあります。それは、トマトにはビタミンCやミネラル類だけでなく、アミノ酸やカロテンやリコピンといったカロチノイドが豊富に含まれているからです。特に、ミニトマトは豊富です。これらの成分の中で、カロテンやリコピンは完熟する最後に急増することがわかっています。最後まで太陽の光を浴びて完熟したトマトがおいしい秘密がここにあります。市販のトマトは、店頭に並ぶ頃にちょうど赤くなるように、まだ少し青いうちに収穫して市場に出荷します。市販のトマトと手づくりのトマトに味のちがいが出るのはこのためです。

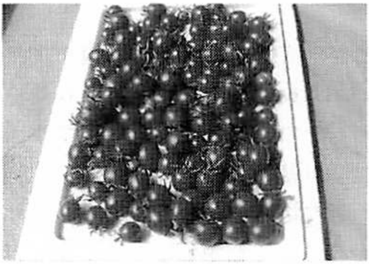


写真1　完熟ミニトマト

赤く熟したものから順次収穫

3月中旬に種まきしたものは、7月上旬から次々と実が赤くなり、収穫を始めることができます（5月始めにまいたものは7月末から収穫が可能）。

ミニトマトは、花が咲いた順、下の果房の先端の実から赤く熟していきます。親指で実を上に押し上げ、同時にへたの5mmくらい上にある関節のような部分を人差し指で押さえると、ポキッと取れます。無農薬なので、その場でとれたて

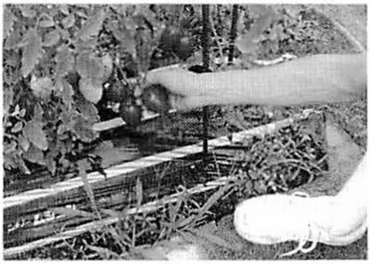


写真2　トマトの収穫

を食べることができます。自分で栽培したトマトの味は一生忘れられないほど格別のものでしょう。収穫に関してのポイントを図1に図解してみました。

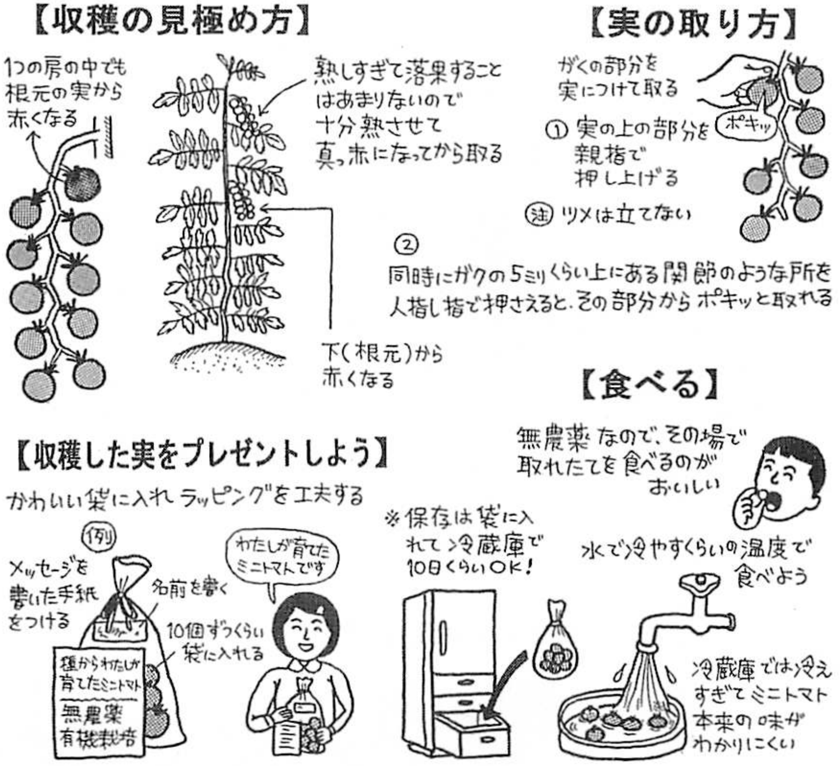


図1　収穫の要領

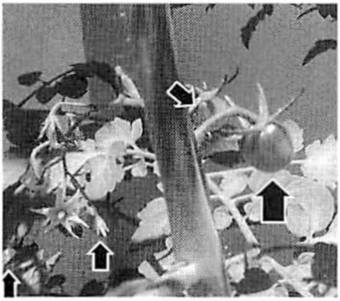


写真3　青いトマト（矢印が実）

写真4　赤く熟したトマト

実は熟しすぎて落果することはありませんが、割れたり（裂果とよんでいます）虫害や鳥害にあったりする心配があるので、熟したものから順に収穫するのがよいです。また、早めに収穫することによって、ミニトマトの負担が軽くなり、次の花房も充実します。ミニトマトは、赤くなりだすと一気に赤くなり、収穫が集中することになります。

収穫したトマトを使ってのトマトパーティーはいかが？

写真5　収穫トマトを使っての
ピザトースト

種まきが作物栽培の出発点だとすれば、ゴールは収穫した作物を使っての調理でしょう。ミニトマト栽培の締めくくりとして、収穫したミニトマトを使ってピザトーストや野菜スープなどのトマト料理を作ってみてはいかがでしょう。

また、栽培を切り上げる際に、まだ青いミニトマトも捨てずにおき、ピクルス（酢漬け）にすると、おいしくいただけます。

予測される失敗を頭に入れて指導を

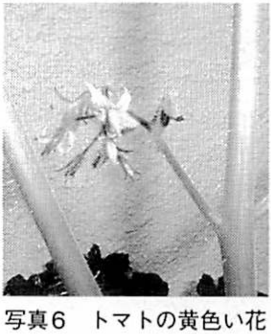


写真6　トマトの黄色い花

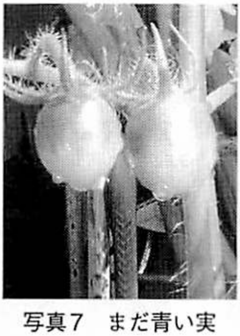


写真7　まだ青い実

写真8　赤く熟した実

種まきから収穫までの栽培を振り返ってみましょう。定植後に起こりがちなつまずきを図2に図解してみました。「種をまいたのになかなか発芽しない」「水やりを忘れなかったはずなのに枯れてしまった」「熟する頃に実が割れてしまった」。このような失敗をしないためにも、ここまでの連載が参考になれば幸いです。

図2　失敗例（けいことまゆみ）と成功例（さとる）

注：写真5は平成22年8月7日付静岡新聞、図1および図2は拙著『図解おもしろ子ども菜園』（農山漁村文化協会）より

連載▼ 西洋科学技術者・日本ゆかりの地……………………⑮

科学者の子ども時代の像

ファーブル、マリー・キュリー、ダーウィン、アインシュタイン、ミケランジェロ、コペルニクス、ニュートン

西條　敏美

高山サイエンスプラザへ

アインシュタイン、ニュートンといった科学者の子どもの頃の彫像を置いたところがあると聞いたので、出かけてみた。場所は、奈良県生駒市にある高山サイエンスプラザの広場である。

近鉄奈良線の「生駒」駅で、近鉄けいはんな線に乗り換え、2つ目の「学研北生駒」駅で降り立った。駅周辺は新興地帯のようで、広い丘陵地に駅があるだけであった。周囲には緑が広がっている。目的地までは徒歩でもそんなに遠くはなさそうであるが、その雰囲気に負けて、タクシーに乗った。タクシーは緩やかな上り坂を越えて、平地に向かって下りていく。タクシーの運転手も、アインシュタインがどうのこうのと知っていることを披露してくれる。丘陵地を下りると、平地が広がっていた。

ダーウィン（1809～1882）

そこに奈良先端科学技術大学があって、その隣りに目的の施設があった。ところが、入口には「本日休館」の掲示が出ていた。その日は土曜日で、平日しか開館していないのだ。それでも、科学者の彫像を見ることには差し支えない。

広場に建つ科学者の子ども時代の裸像

入口の左手奥に広場が見えるので、そちらに行ってみると、広場を囲む左側

ファーブル（1823 ～ 1915）

マリー・キュリー（1867 ～ 1934）

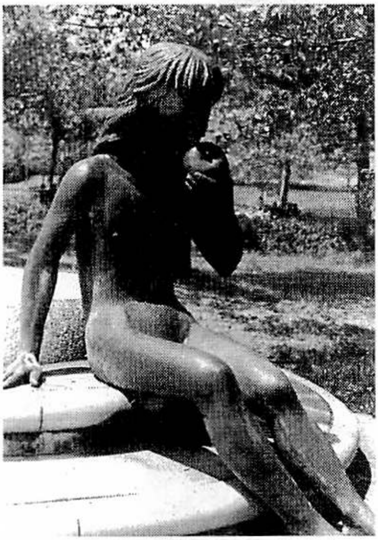
アインシュタイン（1879 ～ 1955）

ミケランジェロ（1475 ～ 1564）

の塀に沿って彫像が置かれていた。子どもの頃の彫像というだけあって、小さなもので、しかも裸像であった。顔だちもはっきりせず、説明のパネルがないと誰の像かわからない。そもそも、リアルには作られてはいない。

説明パネルで確認しながら、一つひとつの彫像を見て回った。最初のファーブルは捕虫網を手にしていた。キュリーはウサギを抱いていた。ダーウィンは這いつくばって虫眼鏡を覗いている。アインシュタインはバイオリンを片手に持っている。ミケランジェロはしゃがんでのみを打ち込もうとしている。野口英世は箕笠を小脇において座り、目を閉じている。コペルニクスは指差して天空を仰ぎ見ていた。ニュートンは座ってリンゴを噛っていた……。この7名の彫像を見て歩くと、ちょうど広場の向こう側に着いた。そこには、らせん状をしたアルキメデスの揚水器を復元したものが建っていた。そこから、元のほうを見て、建物に目をやると、ガラスの壁面いっぱいにアインシュタインのおどけた顔が揺らぐように映し出されていた。舌を出しているあの顔である。どうしてこのような顔が壁面に映し出されるかと、不思議に思った。

コペルニクス（1473～1543）

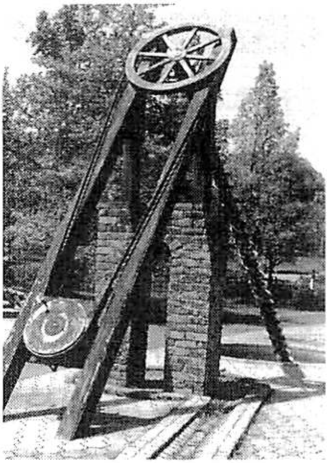

ニュートン（1642～1727）

この辺りもやや丘陵になっているので、その広場も反対側は下り斜面となっていて、向こう側を展望できた。

高山サイエンスプラザとは

こんな子ども時代の科学者の裸像を置いた高山サイエンスプラザとはどのような施設なのか調べてみたところ、奈良先端科学技術大学支援財団が行う産学

交流事業や地域交流事業などの活動拠点としての、研究者交流や市民交流の場であることがわかった。確かに、隣接して、この大学のほか、日本電気（株）や参天製薬（株）の研究所もあった。建物は4階建てであるが、一般に公開しているのは、1階の一部だけのようである。ここに、子どもを対象にした科学実験を行う施設、レストランや「アインシュタインの本箱」と名づけた書店が入っている。1階の広場は、「科学する子どもたちの広場」というのだそうだ。ここに置かれた科学者の像は、時代や民族をこえて日本の子どもたちにも親しみが感じられるようにと、彼らの幼少時代の裸像をモチーフにして、彼らに深い関わりのある道具などを持った科学するポーズを想像したものだという。

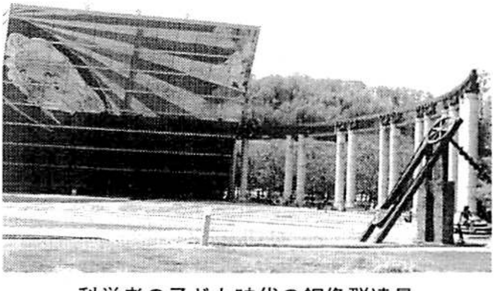


アルキメデス（前287～前212）の揚水器

プラザの2階から上の階には、レンタルオフィスや大小研修室、交流サロンなどが入っている。プラザは閉館していたが、内部そのものは、一般の大人にはそんなに見学するコーナーはないようにも思われた。次代を担う子どもたちの体験学習の施設なのだ。広場の科学者の裸像が科学を身近なものにし、また科学が物語としても深まっていってほしいとも思われた。

建物のガラス壁面に映っているアインシュタインは、このプラザの象徴でもあるが、建物の前の芝生の中に煉瓦でアインシュタインの顔が造られていて、これに当たった光が反射して建物のガラス壁面に影を映すようになっていることが、後になってわかった。

プラザ前にはバス停があったが、時刻表を見ると便数は少ない。1時間も待つくらいなら、歩くほうが健康的だ。車が轟音を立てて通り過ぎていく車道に沿って、タクシーで来た道を引き返した。20分程度の道のりであった。



科学者の子ども時代の銅像群遠景

農と自然と食を結んで（10）

作物の栄養成長と生殖成長

茨城大学農学部
中島　紀一

原発被災地では今年の米作りは断念

福島の原発被災地では、20キロ圏内の警戒区域、20キロ圏外で高濃度汚染が確認された計画避難区域、そして20～30キロ圏の避難準備区域のすべてで今年度の米作りは断念せざるを得なくなりました。原発事故による田んぼの放射能汚染だけでなく、農業用水や水源地の汚染、放射能汚染に被災した田んぼや用水施設の復旧の遅れなども「米作り断念」の背景にあったようです。

警戒区域と計画避難区域は、農業の断念だけでなく、強制的な域外避難ですから、そこで生活すること自体が否定されたということです。農家としては、農業も暮らしも、そしてふるさとも奪われてしまったのです。しかも、数年程度では復帰は難しいだろうと予測されていますから、ほんとに深刻ですね。

避難準備区域では、畑での野菜等の作付けは制限されていませんが、種まきには元気が出ないようですね。栽培しても、結局、出荷差し止めになる恐れもあります。私は現地で、まずは販売しない自給用の野菜作りに頑張ろうと呼びかけていますが、率直に言って、動きはきわめて鈍いように感じます。無理もないことですね。

田んぼに植えられた早苗は育つ

しかし、それ以外の被災地では、今年も米作りができることになりました。海水に浸かってしまった田んぼの除塩、地盤沈下してしまった田んぼの排水、そして農業用水施設の復旧などは大変で、結局、そういう事前準備が十分には進まないままの、見切り発車的な作付け開始になってしまいました。しかし、5月の下旬、6月上旬には、なんとかおおよその地域で田植えが終わりました。

田植えの遅れで減収が心配されますが、しかし、6月の梅雨時の田植えは昔のやり方ですから、案外心配ないのかもしれません。しかし、コシヒカリなど

東日本の主力品種は遺伝的に8月はじめに穂が出るようになっていますから、生育不足のままでの出穂も懸念されますね。

それでも田植えされた早苗は、6月の陽射しと梅雨の雨を受けて、すくすくと育っています。草丈が伸び、分けつ（枝分かれ）が増えていきます。この時期の田んぼを「青田」と呼びますが、稲が逞しく育ち、田んぼの緑が濃くなっていく「青田」の様子は、とても好いものです。田んぼを見るならまずこの時期でしょう。6月下旬から7月上旬の頃、みなさんも機会を作って、田んぼの稲を見に行ってください。

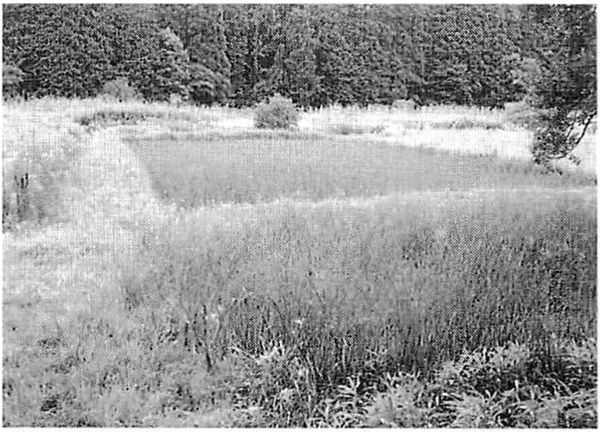


写真1 「青田」の風景

作物の生育には栄養成長期と生殖成長期があります

ここで作物生理学の基本についておさらいしておきましょう。

作物の成長には、体をつくる栄養成長と花を咲かせ実を稔らせる生殖成長の2つのステージがあります。まず、栄養成長期にしっかり体を作り、その後に生殖成長に移行するというのが理想的です。しっかりと栄養成長を確保していこうという作物の性質を基本栄養成長性と呼んでいます。

栄養成長から生殖成長への転換は、普通では葉っぱになっていく成長点（葉芽）が、花芽になるという形で進みます。これを花芽分化と呼びます。葉芽から花芽への転換（花芽分化）は、基本栄養成長性をある程度踏まえたうえで、出芽から花芽分化までの積算温度と陽の光の長さ（日長）などが信号となって決まります。花芽分化が主として温度要因で決まっていく品種を感温性品種、主に日長条件の変化で決まっていく品種を感光性品種と呼んでいます。寒い地域の品種の多くは、感光性の強い品種です。

前に書いたようにコシヒカリなどの感光性の強い品種は、田植えの時期などとはあまり関係なく、ある時期（多くは8月上旬）には穂が出るようになっています。感光性による花芽分化への転換のポイントは、夏至を過ぎて昼間の長

さが短くなり始めるところにあるようです。穂が出るのが9月頃になると、秋の寒さの到来で十分に稔れない恐れがあるからです。したがって、感光性品種の場合は、基本栄養成長を確保するには、ある程度田植えを早くしていくことが必要になるというわけです。

稲の場合には、花芽分化は出穂の40日前頃に始まります。成長点で葉芽が花芽に転換し、花（穂）の形が作られ、減数分裂をして花粉が作られ、それらの準備がすべて終わったところで穂が出ます。この過程を幼穂形成期と呼んでいます。コシヒカリの場合には、幼穂形成期は7月ということになります。7月の終わり頃に少し太めの茎を1本採って、外側からていねいに葉っぱや鞘を取り除いてみてください。そうすると真っ白いとてもきれいな幼穂を見ることができますよ。

頂芽優先ということ

稲の場合は花芽分化は一斉に起こり、栄養成長から生殖成長の転換は鮮やかに進みます。しかし、野菜の場合は品目によっていろいろですね。トマトなどでは、栄養成長と生殖成長は同時並行に進みます。それでも、生殖成長は作物の人生の終わりに位置するものですから、栄養成長があまり盛んだと、花芽の分化がうまく進まないことがあります。こういう作物では、大きく育てればよいというわけでもないのです。

ブロッコリーは花蕾を美味しく食べる野菜ですね。1株の先に1つ大きなブロッコリーが穫れれば最高ですね。この場合は、わき芽を摘んでやると頂芽が大きく育つことにプラスするようです。

写真2　出穂頃の稲田

しかし、ブロッコリーは食べてみると大きな頂芽もいいですが、わき芽からできた小さなブロッコリーも食べやすくておいしてものです。また、わき芽のブロッコリーはだらだらと成熟していきますから、自家菜園で長く食べていくには、わき

芽の花蕾もなかなかよいものなのです。

わき芽を活かすためには、もったいない気はしますが、頂芽を摘んでしまうことです。作物には頂芽優先という基本的性質があり、頂芽を摘めばわき芽が伸びるのです。こんな作物の性質を活かすことも、作物栽培のコツの一つです。

昨年は猛暑でしたが、今年は冷害も心配されますね

稲は元々は亜熱帯性の作物ですから、本来は寒さが不得意です。その稲が今では北海道でも普通に栽培されるようになりました。しかも最近では北海道の稲は、収量も多く品質もよくなっており、北海道米の人気は高まっています。

しかし、それでも寒さの夏は心配です。宮沢賢治は昭和の始めの頃、岩手県花巻市で生きた農業技師でした。37歳で夭逝してしまいましたが、亡くなる少し前に手帳に書き留めた詩が、有名な「雨ニモマケズ」です。そのなかに「サムサノナツニハオロオロアルキ」という一節があります。寒さの夏、すなわち冷害の年にはなすすべもない無念の思いが、ここには記されています。

冷害には、栄養成長期の寒さで生育が遅延することで起きる「遅延型冷害」と、生殖成長始期に寒さに襲われ花粉形成などが不全となってしまう「障害型冷害」の2つのタイプがあります。いずれも問題は6月、7月、8月の低温です。

稲作の冷害は東北地方の太平洋側の地域において特に深刻なのです。すなわち今回の大震災の被災地地方ですね。

ここではこの季節にオホーツク海から渡ってくる冷たい海風が吹きます。海風は霧を伴って、地表近くを舐めるように吹いてきます。これを偏東風（ヤマセ）と呼びます。

東北地方の太平洋側の地域は、夏にはヤマセが吹き、冷たい夏がやってきてしまうのです。冷たい海霧は地表近くに吹き寄せられますから、標高の高い地域ではヤマセの日にも晴れていることさえあります。東北地方の日本海側の地域では、太平洋側で強いヤマセが吹くと、低い峠からヤマセが吹き下ろし、冷害になることがあります。

冷害はヤマセによって引き起こされ、ヤマセは風土的なものですから、冷害も風土的災害ということになります。宮沢賢治が生きた時代に稲作は岩手県にも広がり、化学肥料なども使われるようになりました。宮沢賢治はその初期の混乱期に、まじめな技術者として頑張り、苦悩しつつ亡くなりました。

震災の打撃を受けた今年は、せめても強いヤマセが吹かず、東北被災地の米作りが安定した実りに繋がるように祈りたいと思います。

連載▼ 発明交叉点 52

業界初の鋳型の品質・形状保証

森川　圭

はじめに

埼玉県鳩ヶ谷市の日型工業は、砂型をはじめ、重力鋳造、低圧鋳造などの造型法により、自動車や一般産業用機械部品の鋳型（鋳物用金型）をつくる会社である。自動車メーカーおよび1次・2次サプライヤーとの直接取引による売り上げが7割を占め、とくに近年は車両の軽量化ニーズに呼応し、アルミニウム鋳造用の鋳型づくりに力を注いでいる。設計・製造・品質検査などの主要工程に3次元データを活用、鋳型の熱変形やバリ対策のための解析を実施するなど、数多くの先進技術を取り入れている。

鋳型造りにこだわる

同社では、注文があれば射出成形金型など鋳型以外の金型もつくるが、これら鋳型以外の金型を積極的に受注する考えはない。鋳型と他の金型は性質が根本的に異なるためである。たとえば砂型。一般的な金型は凹形状の型をつくるが、砂型は最初に切削加工などで完成品と同じ凸形状をつくり、それを砂に転写して凹形状の型をつくるという方法をとる。

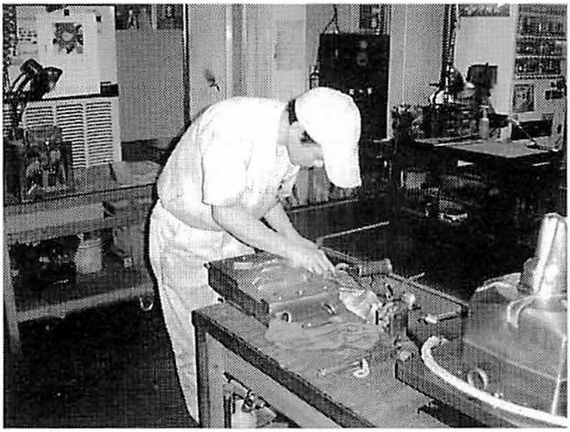


写真1　金型の修正作業

「その分、工程数が多く手間はかかるが、鋳型づくりは技術力の差が現

われやすいため、やり甲斐がある」と同社の渡辺隆範社長は話す。

また、重力鋳造型や低圧鋳造型は鋳鉄や耐熱合金鋼でつくるが、注湯される溶融金属の温度はアルミニウムで700℃、鉄鋳物で1300～1500℃と高温になるため、鋳型そのものが膨張したり収縮したりする。それをきっちり押さえ込む熱対策が必要になる。ほかの金型づくりが簡単というわけではないが、製作上のノウハウが全く異なるため、あちこち手を広げず、鋳型造りに特化しているわけだ。

製品保証が無理なら鋳型で保証しよう

同社ではすべての生産工程を3次元CADにもとづく3次元データで統一している。鋳型を受注すると、顧客の要求仕様（大部分は3次元CADデータ）をもとに設計者が鋳型仕様にデータを書き換え、モデリングを行う。その際、設計部門にはモデラーとは別に最終確認者を配置し、モデリング段階でのミスの根絶に努める。

顧客から仕様の承認を得ると、CADデータを製造部門と品質保証部門の双方に流し、製造部門で鋳型を製作しているうちに品質保証部門ではティーチングデータを作成する。鋳型ができ上がると3次元測定機上で形状を測定。そこで加工公差と誤差のある部位が確認されれば修正し、公差内に収めて出荷する。

写真2　モデリングルーム

同社の最大の特徴は、2004年から始めた鋳型の品質・形状保証である。出荷前最終確認検査で、顧客ごとの検査仕様書、および受注時の仕様・要望にもとづいた検査を実施し、これを「検査成績書」として保証するものだ。射出成形金型やプレス金型業界では、完成金型で試打ちした「製品による品質・形状保証」が普及しているが、「鋳型の品質・形状保証を行ったのは、おそらく業界ではうちが最初だろ

う」と同社の渡辺隆範社長は話す。

試打ち製品で鋳型を保証するには、シェル造形機や鋳造機、溶解炉などの設備をすべて揃えなければならず、現実的ではない。そこが射出やプレス金型とは違うところだ。しかし、「だからといって、何も保証しないのは無責任だと思った」と渡辺氏。

測定設備に集中投資

しかし、実践までには約10年かかった。同社が最初に3次元CAD/CADを導入したのは1992年のことであり、それにより、3次元データから直接、金型製作が行えるようになった。けれども、検査部門では相変わらず2次元図面を読みながらティーチングし、測定結果を図面に書き込んでいた。

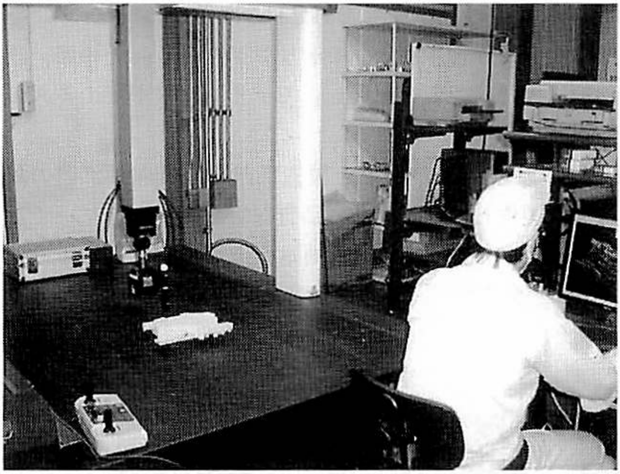


写真3　非接触3次元測定機による測定

鋳型には3次元曲面が多く、CADデータからの形状測定が困難であったためである。3次元と2次元データの混在は業務の混乱を招き、一時、品質・形状保証の計画は暗礁に乗りかけた。

その状況を打開したのが、2001年以降の測定設備への集中的な投資である。投資額は7年間で1億5000万円強にのぼった。しかし、3次元測定機を導入し、面測定とオフラインティーチングが可能になると図面が不要になり、3次元データへの一本化と、懸案の品質・形状保証を同時に実現できたのである。

工数ロスを限りなくゼロに近づける

品質・形状保証の取り組みは、副次効果も生んだ。同社には15台のマシニングセンタがあり、毎日のように新規の鋳型をつくる。ところが、従来は納品後の鋳型の手戻りが多いため、余分な作業に多くの時間がとられた。手戻りの

修正は急を要する場合が多いため、新規の鋳型を中断させざるを得なくなる。2000年代始めの調査では、段取り替えの時間を含めてこうした工数ロスは一日平均で約50時間にのぼった。

加工機の稼働時間を1日10時間で換算すると、5台分に相当する。もちろん、その間には段取り改善などの策を講じたが、思うような成果は現われなかった。

しかし、形状保証のための検査技術を強化するうちに、工数ロスの本質が見えてきた。曲面測定ができない頃は分からなかったが、「手戻りの大半は、MCによる加工がCADデータどおりに仕上がっていないことに起因していた」(渡辺氏)。鋳型業界では「とりあえず打ってみてください」という納品のしかたが一般的であり、同社もその例外ではなかったのだ。

写真4　渡辺隆範氏

これに対し、面測定をはじめ検査を強化してから、手戻り数が大幅に減少した。加工公差と加工した鋳型との寸法誤差が細かく把握できるため、客先へ納入する前に誤差の確認と修正が行えるようになったのだ。手戻りが減少したため、工数ロスは、現在ではひと頃の半分の1日約25時間の水準まで低下した。今後はこれらをさらに進め、一度の加工で社内検査をクリアできるまでに加工精度を高め、「無駄な工数を限りなくゼロに近づける」考えだ。

日本の鋳型づくりは国際的にはアジア諸国の激しい追い上げにあっているが、生産性に直接結びつかない測定や管理技術にきちんと投資するのは、日本をおいてほかにはない。実際、品質を比べればその差は一目瞭然、日本企業が間違いなく世界ナンバー1なのである。

スクールライフ

NO 65

byごとうたつお

地震の多発

地震の多発

がんばれ日本！

マラソンブーム

花粉の季節

2011

定例研究会　**産教連研究会報告**　理論研究会

大豆を育てて食べる

[4月定例研究会報告]

会場　麻布学園　4月16日（土）14:00 ～ 16:00

栽培学習と食物の学習をつなげる実践の成功のカギは何か

3月11日に発生した東日本大震災のため、3月の定例研究会は中止にした関係で、およそ2カ月ぶりの研究会である。当日は初夏を思わせるような陽気で、参加者もかなり多かった。

この日の内容は3月の研究会で予定していたもので、栽培・収穫した大豆を使っての豆腐づくりである。会場校の野本勇氏に必要な用具の準備を、野本惠美子氏（町田市立町田第一中学校）に作り方の指導をお願いした。豆腐づくりの際に必ず出るおからを使ったケーキが参加者に出された。このケーキは野本惠美子氏の手づくりであった。

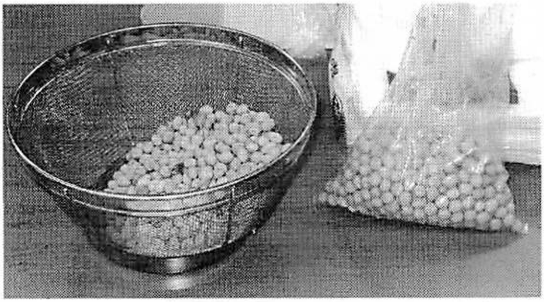


写真1　使った大豆（右が市販のもの）

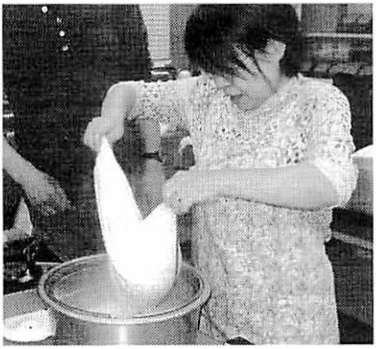


写真2　豆乳をしぼる

豆腐づくりのポイントは温めた豆乳に“にがり”を入れるタイミングである。温度計を用意して、豆乳の温度を管理し、豆乳の温度がおよそ80℃のときににがりを少しずつ入れるのがコツである。

研究会では、学校で栽培・収穫した大豆と市販の大豆の両方を使って豆腐を作り、食べ比べてみた。栽培した大豆と市販の大豆は、見た目ではわずかにちがう程度であ

るが、豆乳をしぼった後のおからで比べてみると、色合いと味が明らかにちがうことがよくわかる。また、豆腐も味のちがいがよくわかる。市販の大豆で作った豆腐もおからも、市販品と同じであるのに対して、栽培・収穫した大豆で作った豆腐もおからも、大豆本来の味と香りがした。「これほど味がちがうとは」と、参加者は一様に驚いていた。

まとめの討議では、いろいろな角度から意見が出された。そのなかからおもだったものをあげておく。「栽培学習と食物学習をつなげる目的で、収穫したものを使って調理することがよく行われるが、授業がスムーズに行くよう、家庭科の教員とよく打ち合わせておくことが大事である」「大豆の栽培と加工は味噌や醤油づくりとも結びついている。大豆を授業で取り上げる意義を明確にしておくことが重要ではないか」「大豆の栽培では、いろいろな苦労が伴う。鳥害を防ぐためには、種まきはプランターで行い、ある程度育ってから畑に定植するということも必要。また、夏休み前に枝豆としていったん収穫してしまい、秋になってから大豆として改めて収穫するということを考えてもよい」

定例研究会の最新情報を産教連のホームページ（http://www.sankyoren.com）で紹介しているので、こちらもあわせてご覧いただきたい。

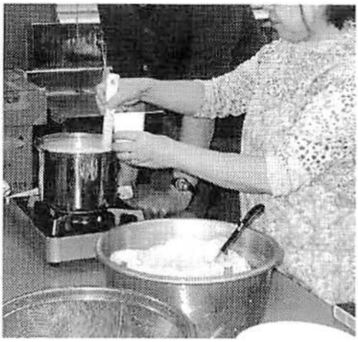


写真3　にがりを入れる

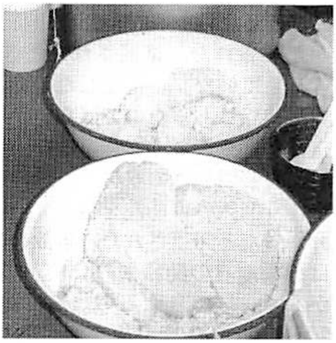


写真4　おから（上が市販の大豆を使ったもの）

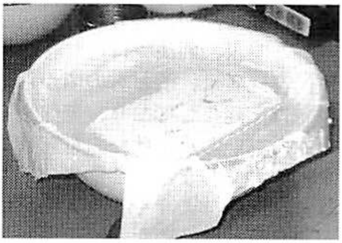


写真5　できあがった豆腐

野本 勇（麻布学園）自宅 TEL 045-942-0930
E-mail isa05nomoto@snow.plala.or.jp
金子政彦（大船 中）自宅 TEL 045-895-0241
E-mail mmkaneko@yk.rim.or.jp

（金子政彦）

教育時評

持病を抱えた人の権利保障も

東日本大震災の後、各所で『人権』の概念の再点検が求めらるようになってきた。4月18日（月）午前7時40分ごろ、登校中の北押原小学校の小学生の列にクレーン車が突っ込み、4年から6年の6人の児童が死亡するという痛ましい事故が栃木県鹿沼市で起こった。鹿沼市は宇都宮から日光に通じる日光線のほぼ真ん中に当たる。運転していた柴田将人容疑者が逮捕された。逮捕されたとき、「居眠りをしていた」と供述したので、過酷な勤務状態にあったのではないかと一瞬思ったが、そのような報道はなかった。10日、警察関係者の取材で、発作的な症状を伴う病気の可能性を抱えていることが分かったと報道された。事故の発生地点は出発地点の勤務先の会社から700mしかなく、居眠りするのは不自然である。20日、以前にも事故を起こしていたと報道された。2008年4月9日、鹿沼市の国道で乗用車を運転、当時、小学校5年生の男子をはね、右足に3カ月の複雑骨折を負わせたが、この時も『居眠り』だったと主張、判決ではこれを認めた。

同容疑者は、子どもの頃からてんかんの発作を起こしており、発作を抑える薬を飲んでいたが、飲むのを忘れて、事故を起こしてしまったと供述(4月21日「朝日」)。同紙はようやく「人権」に関わる記事を載せはじめた。以下同紙より：

独立行政法人国立病院機構静岡てんかん・神経医療センターの井上有史院長談「患者たちはやっと条件付きで免許証を手に出来るようになった。(02年6月施行の改正道交法で①発作が再発する恐れがない。②再発しても意識障害や運動障害がない。③発作が睡眠中に限り起こり、今後症状悪化の恐れがない場合は取得できるようになったことを指している）しっかり治療すれば良くなる病気。多くの患者が発作をなくして免許証を取れるように努力しているなか、病気に取り組む自覚が欠けていたといわざるを得ない。非常に残念だ。」

日本てんかん協会の月刊誌「波」の編集長で聖母病院副院長でもある粟屋豊氏談「多くの患者は専門医に相談して免許が取れるかどうかを判断している。しかし、最近は不景気の影響で、就職する際に申告できずに入社し、車を運転せざるを得ない状況になる患者もいると聞いている。車の運転中に発作が起きると人の命を傷つけるおそれがある。日中に意識障害を起こすような患者は自制が必要だ」。

道路交通法の改正の裏にこのようなてんかんの患者の運動があったことを筆者も知らなかった。このような人権を守る運動は世に多く存在する。福島第一原子力発電所も今回は「事故」を越えて「事件」になった。児童の命が失われた今度の「事故」は社会的要因が加わって「事件」として報道すべき責任が報道機関にはある筈である。これは何とも弱かった。世論は柴田将人個人の「自己責任」の追求で終わってしまいそうである。わが子を亡くした親の感情を逆なでするので、柴田容疑者の責任追求の声を大にしたかったという状況はわかるが、持病を持つ人が職業に就きたいという要求もあることは事実である。こういう世論を作り出す責任が報道機関にはある。障害を持つ人に対する職場を保障する世論を作る貴重な機会を逸した。（池上正道）

技術と教育 2011.4.1 〜 4.30

4日▼宮城県教育委員会が、教職員の人事異動を予定通り4月1日付で発令し、現場に混乱が広がっている。気仙沼市や南三陸町など津波被害が大きかった11市町の小中学校や県立高校など187校の教職員574人は、3月までの在籍校と異動先の「兼務」とした。今の学校に当面は残ることも認め「被災地の学校の人員を増やすことにもなる。最善の措置だ」と説明。だが、教員や保護者は「子どもの心のケアが緊急の課題。非常時なのだから凍結するべきだ」と反発している。

6日▼日本IBMは、熊本県益城町にある小中学校の8校で教職員の事務を支援するクラウドコンピューティングシステムを作った。約200人の教員が、生徒約2900人分の校務をクラウドで作業する。熊本県庁にサーバーを置いて各校とつなぐため、学校側の設備は教員用のパソコンと通信回線だけ。

9日▼原子力安全委員会は、福島県内の学校施設の放射線量について「一部に開校をおすすめできない高いところもある」との見方を示した。福島県の調査によると、福島第一原発から半径20kmの避難指示圏を除く小中学校、幼稚園、保育所約1600施設のうち、9施設で地表から1cmの放射線量が10μSv/hを超えた。

15日▼義務教育標準法改正が、参院本会議で全会一致で可決、成立した。1クラスあたりの上限人数を40人から35人になる。引き下げは1980年度に45人から40人に変更して以来31年ぶり。財政難から教員の大幅増が難しく、今年度は小1のみの引き下げとなった。

19日▼城南信金は、福島第一原子力発電所の事故を受けて脱原発を訴え、節電に積極的に取り組む。国内発電電力量に占める原発の比率を、削減の目安にし、自社の電力消費量を今後3年以内に約3割減らす。融資先にも「脱原発」を問題提起し、省エネ設備の導入を促す。

19日▼文部科学省は校舎や校庭を利用できるか判断する目安として、年間被曝量が20mSvを超えないようにし、校庭の放射線量が毎時3.8μSv以上では屋外活動を制限することとした。基準を超えたのは、福島市や郡山市、伊達市の13の小中学校、幼稚園、保育園（児童生徒ら3560人）。

22日▼2011年度第1次補正予算案に、被災地での仮設校舎約250校分の建設費として350億円が盛り込まれた。約3千校の緊急修繕費にあてるほか、岩手、宮城、福島の3県を中心に、児童・生徒が授業を受けるプレハブの仮設校舎を建てる予定。

27日▼三菱重工業は放射線から操縦者を守る機能をつけたフォークリフトを製造した。鉄板は厚さ10cm、ガラスの厚さは23cm。空気清浄フィルターも搭載する。

28日▼東京電力と東北電力管内での今夏の最大使用電力の削減目標を、企業、家庭とも前年比15%減とすると正式に発表した。（鈴木賢治）

図書紹介

『スミソニアン博物館の誕生』ヘザー・ユーイング著　松本栄寿・小浜清子訳

A5判　400ページ　8,000円（本体）雄松堂　2010年12月刊

ご存じのように、スミソニアン博物館はワシントンのモール地区にある。この博物館はアメリカ人のコレクションをもとにしたものでもなく、アメリカ人の基金によって設立したものでもない。イギリス人の科学者ジェーム・スミソン（1765—1829）がアメリカ政府に1838年、当時50万ドル（主な遺産は土地）を遺贈したことにはじまる。

しかし、南北戦争の最中1865年、スミソニアン本部の火災で、スミソンの記録の多くが焼失したため、彼の生い立ちをはじめ、学者としての活躍、遺贈にいたるまでの経過、目的などが明らかにされてこなかった。著者が6年の歳月をかけ、スミソンの足跡を訪ね、纏めたものが本書である。

スミソンはイギリスの名門貴族ノーサンバーランド公爵の庶子としてパリに生まれる。母方はイギリス王家ヘンリー8世の末裔にあたるという。外国生まれのため、公民権剥奪の制約が一生つきまとう。この境遇からスミソンは人一倍、自由・平等を求める気持ちが強く、実力が発揮できる科学の分野で活躍をする。オックスフォード大学で教師を凌ぐ知識を有し、H.キャベンデッシュとR.カーワンの推薦で22歳の若さでRoyal Society会員に選ばれ、内外の科学者と交流を深める。終生交流を続けた大学の友人ウィリアム・トムソン（Lord Kelvinではない）の存在が大きい。4歳上で鉱物学を教わる。特に鉱物に関心を持ち、鉄鉱山、鉱山アカデミーなどを訪ね、鉱物標本の採集に努めた。

その間、ナポレオン戦争の余波で、スパイ嫌疑をかけられたりし、辛酸をなめる経験をした。スミソンが発見した菱亜鉛鉱が「スミソナイト」と命名されている。

スミソンは1826年、ユニークな遺言状を作成。冒頭に先祖を書き、見知らぬ国への遺贈で、全人類に恩恵がおよぶこと、嫡出子と非嫡出子の区別をしないことなどである。スミソンは生涯独身で子どもがなく、遺産は甥に渡ったが甥にも子孫がなく、紆余曲折の末、アメリカにわたり、「スミソニアン協会」として全人類に役立つことになる。

本書の内容は、第1章　王家の血筋　第2章　オックスフォード—新しい魅力　第3章　海の大聖堂スタッファ島　第4章　ロンドン—火のような科学　第5章　科学と革命　第6章　グランドツアー　第7章　ロンドン—世界市民　第8章　戦争の嵐　第9章　生と死の狭間で　第10章　ロンドン—新しいタイプの化学者　第11章　パリ—「個人の悪徳は公共の利益」第12章　ロンドン—遺言　第13章　アメリカ—神の摂理　から成る。綿密に調査した秀作である。原著の方が図が多く、興味をそそる。（郷　力）

図書紹介

『煮干しの解剖教室』 小林眞理子著

B5変型判　36ページ　1,500円（本体）　仮説社　2010年7月刊

味噌汁のお椀の中には「煮干し」。「煮干しは栄養がたくさんあるから頭からまるごと全部食べなさい」と子どものころ親からよく言われた思い出のある方が少なくないだろう。煮干しの原料はイワシ。いりことも言う。ちりめんじゃこもイワシ。シラスもイワシ。お正月のおせち料理のひとつに、「田作り」がある。この原料もイワシだ。田畑の肥料にイワシを使うと、豊作になる言い伝えがある。米がたくさん獲れるようにと「五万米（ごまめ）」と言うそうだ。節分のときに使うのもイワシ。この頭を棒にさして使う。

人だけでなく、サバやカツオなどの中型の魚やその中型魚を餌とするマグロやブリなど大型魚にも食べられてしまう。

煮干しは、カタクチイワシが多いが、ウルメイワシやマイワシも使う。脂が多いと生臭みが出るので、小さい魚を使うそうだ。煮干しは味噌汁以外にもめんつゆとしても使う。

出汁をとるとき、そのまま煮干しを入れて頭からすべてを使うことが多いが、ゴソゴソとした食感が気になる。丁寧に出汁をとるときは頭をとり、内臓の黒くなったところをとり、身を２つに裂いてフライパンで空煎りしてから使うと臭みもなく、おいしく上品な出汁がとれる。ひとつの料理のアイディアである。

出汁をとるのに何匹かの煮干しを裂いてみた。黒い部分は、大きかったり、小さかったりずいぶんと違う。内臓とは言っても中はどうなっているか見たことはない。そのまま捨てていた。この本を片手に黒い部分をよく見てみると、心臓をはじめ、肝臓、胃、腸などがつまっていることがわかる。身を２つに分けると背骨が見える。この骨にはカルシウムがたくさん含まれている。だから「いわしには栄養がたくさん含まれているからちゃんと食べなさい」と言うことだ。そして身の部分は筋肉。筋肉はタンパク質がたくさん含まれているのでうまみ成分のイノシン酸やアミノ酸になる。身をかみしめるととてもおいしい。

煮干しの解剖は、生きたイワシではなく、乾燥品なので簡単に行えるのがよい。出汁をとるときにゆっくり丁寧に内蔵を取り出して観察するだけでできるのがよい。解剖を進めて行くと「煮干しも生きて泳いでいた」ことが実感できるから不思議だ。各器官を確認しながら解剖を進めて行くと個体全体のイメージを持つことができる。また、食道や胃を水につけておくとやわらかくなる。それをナイフやはさみをつかって切ってみると餌として食べたものもわかる。

この本で「煮干し」を解剖し、イワシを調べ、研究しながら食べる楽しみも味わうことができる。そして味噌汁のお椀を覗く楽しみができた。

（野本惠美子）

第60次 技術教育・家庭科教育全国研究大会

主催　産業教育研究連盟
後援　農山漁村文化協会　北海道教育委員会(申請中)　函館市教育委員会（申請中）

http://www.sankyoren.com

大会テーマ

「巧みな手、科学する頭、人と人を結ぶ心を育む技術教育・家庭科教育」

研究の柱

1. 今の技術教育・家庭科教育の問題点について情報交換し、今後どのように進めていくべきかを幅広い立場から検討します。
2. 改訂学習指導要領の内容を仔細に検討するとともに、教科のなかで子どもに身につけさせたい力は何か、授業実践をとおして探ります。
3. 子どもをひきつける教材についてさまざまな角度から検討し、魅力ある授業の内容と方法を探ります。

会 場　湯の川観光ホテル祥苑

〒042-0932　北海道函館市湯川町2－4－20　TEL　0138-36-1000　FAX　0138-57-4700

http://www.yunokawa-kanko.com

日 程　2011年8月6日（土），7日（日），8日（月）

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8/6（土）					受付	全体会		実践交流分科会		夕食	特別講座	
8/7（日）		「授業をつくる」分科会①②		昼食	教材教具発表会		匠塾 実技コーナー			連盟総会	夕食	
8/8（月）		課題別分科会 A・B		全体会	見学会（予定）							

交 通

◆函館空港から　　タクシーで約5分　バス約8分徒歩約5分
◆ＪＲ函館駅から　タクシーで約15分
ホテル専用シャトルバスで約15分（1日6往復
　　　　　　　　　市電で約30分　徒歩約8分
◆函館港フェリーターミナルから　車で約15分

産業教育研究連盟（産教連）は

産業教育研究連盟は技術教育・家庭科教育に関わる小・中・高・大学の教員や学生および出版関係者などで運営している民間教育研究団体です。月刊誌「技術教室」（発行:農山漁村文化協会）を編集しています。

第一日目　8月6日（土）

はじめの全体会　　6日(土)13：30～14：20

実践交流分科会　　6日(土)14：30～17：20

参加者が持ち寄ったレポートを発表し討議をします。

ものづくりや情報・制御、生活・消費・環境など日々の授業実践から学び合いましょう。

特別講座　　6日(土)19：00～20:20

テーマ：仮題「災害と技術」

避けることのできない自然災害に対して、被害を抑えるためにどのようなことができるのか。また、日本のエネルギーはどう確保すればよいのか。安心と安全のためにどのような技術が必要なのかを探ります。

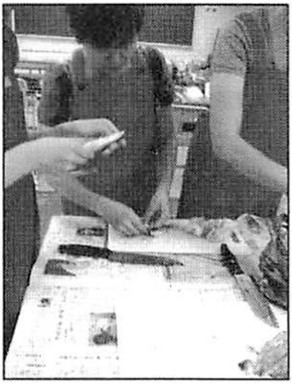
第二日目　8月7日（日）

「授業をつくる」分科会　　7日(日)9:00～12:00

教材の魅力と授業の展開のおもしろさを探求する分科会です。教材準備、展開、生徒の受けとめなどを討論していきます。メインレポートを中心としながら関連するレポートもあわせて討議します。次の①と②の分科会を並行して行います。

①「電気・機械」—エネルギー変換—

新学習指導要領「B エネルギー変換に関する技術」に対応させながら、教材の魅力と授業展開のおもしろさを探究する分科会です。昨年は製作だけなら1回の授業で完成させることもできる延長コードの製作を中心に、身近なことから電気の学習を深める「テーブルタップで広がる電気の学び」に取り組みました。今年は、それをさらに掘り下げたいと思います。延長コードの授業展開を紹介します。さらに、発電所で電気をどうやって作っているのか……機械と電気についてのエネルギー変換や歴史の学習のあり方を参加者の皆さんとともに深めていきたいと考えています。東日本大震災以降、電力供給（発電）をどうするか、一人ひとりが考えなければならない状況となっています。発電所から家庭(延長コード)までをたどりながら、実験と理論と製作実習を大切にした学習指導の工夫や作業ミスを減らす教具の開発、便利な道具などを紹介すると共に、参加者からの実践報告を中心に討論します。

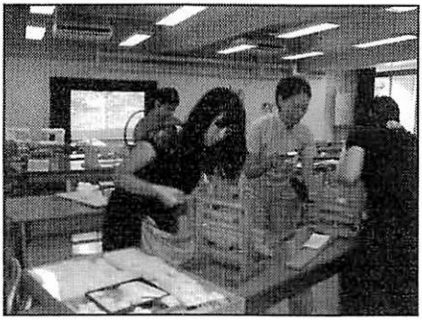


②「学びいっぱいの食物学習」

食物の授業は、調理実習以外は講義形式の栄養指導に終わってしまいがちではないでしょうか？子どもと一緒に考え、楽しく活動する食物の授業を模擬授業形式で紹介します。

「1日の献立づくり」「スパゲッティミートソース」「カルシウムと鉄分の摂取」など、さらに、食物学習で困っていることや、1時間でも可能な調理実習のコツなどを討論します。

教材教具発表会　　７日(日)１３:００～１４：００
手づくりの教材や教具の発表会です。実習題材、演示教具、視聴覚教材など多様なものを持ち寄っての発表です。ぜひ、とっておきの教材教具をご持参ください。



「匠塾」(実技コーナー)　　７日(日)１４：１５～１７：１５
すぐに使える教材・教具をその場で作って持ち帰ることができます。材料費として実費をいただきます。
出店予定
「圧着端子・圧着ペンチ巨大モデル（教具づくり）」
「手縫いでできるティッシュケース（基礎縫いをどう教えるか）」「木製テープカッター」

第三日目　８月８日（月）
課題別分科会　８日(月)９：００～１１：２０
授業実践に共通する課題や特定のテーマについて討議します。次のA、Bを並行して行います。
A　教科書と教育課程　　B　どうする「生物育成」

おわりの全体会　８日(月)１１：３０～１２：００
基調提案、分科会討議など大会全体で出された課題を討議します。

◆参加費　全日程参加　4000円（会員　3000円、学生　2000円）
１日だけの参加　3000円（会員　2000円）

◆宿泊費　大人　一泊二食 6,800円(税込み)

◆申込方法
①産業教育研究連盟(産教連)のホームページ(http://www.sankyoren.com)から申し込みの上、参加費、宿泊費を下記の口座にお振り込みください。
②下記の参加申込書に必要事項を記入の上、大会会計野本勇宛に郵送後、下記口座に参加費、宿泊費をお振り込みください。

◆申込期日　７月20日(水）までに申し込み、振り込みを済ませてください。
※宿泊申し込みは、必ず上記①、②から行ってください。
※７月21日（木）以降も参加申し込み、宿泊申し込みは受け付けますが、宿泊できない場合もあります。

◆振込先
三菱東京ＵＦＪ銀行　港北(こうほく)ニュータウン支店　普通0605258「産教連(さんきょうれん)　全国研究大会」

レポート発表・教材教具発表される方へのお願い

●誰でも自由に発表し、討論に参加できます。実践報告、教材や教具の発表、テスト問題など多様な提案や資料提供をお願いします。資料は80部用意してください。
事前に送る場合は、下記宛に8月5日(金)必着で送ってください。

湯の川観光ホテル祥苑
〒042-0932　北海道函館市湯川町2－4－20　TEL　0138-36-1000　FAX　0138-57-4700
技術教育・家庭科教育全国研究大会 実行委員会

その他
1. 宿泊部屋は和室です。大会事務局で部屋割りをさせていただきます。ご家族で宿泊を希望される場合は、申し込み時にお申し出ください。
2. 申し込みをされた方には、振り込みの確認ができ次第、「領収書」を送ります。
3. キャンセルまたは変更の場合は、必ず、大会会計の野本までご連絡ください。
4. キャンセル時、参加費の返金は、資料の発送をもって代えさせていただきます。宿泊費については、ホテルの約款により取り扱いをさせていただきます。
5. 申し込みをされた方の氏名・住所などの個人情報は、産業教育研究連盟(産教連)の活動以外には一切使用いたしません。

問い合わせ先

○大会実行委員会委員長　亀 山 俊 平
〒195-0061　東京都町田市鶴川4-28-5
TEL　042-734-5052　e-mail:kame@mbj.ocn.ne.jp
○大会会計　野本勇
〒224-0006　神奈川県横浜市都筑区荏田東4-37-21
TEL　045-942-0930

第60次　技術教育・家庭科教育全国研究大会参加申込書

氏 名　　〒　住 所　　所属(勤務先)

電話(連絡先)　(　　)　　e-mail:

あてはまる項目に○印をつけてください。

参 加 日：8/6　8/7　8/8　　参加費：一般　会員　学生　(　　円)

宿 泊 日：8/5(前泊)　8/6　8/7　　宿泊費：6,800円×(　　泊)＝(　　円)

性 別：　男　女　　払 込 金 合 計＝(　　円)

参加予定の分科会：(「授業を作る」分科会　①　②)　レポート：　無　有

昼食について

ホテルレストランにてランチバイキング(980円)があります。希望される方は(　)内に○印を記入ください。なお、ランチバイキング代金は当日、お支払いください。

ランチバイキング希望　8/6(　　)　8/7(　　)

技術教室 8 月号予告 (7月25日発売)

特集▼製作学習での道具・機械の役割

●桐の魅力・箪笥の魅力	茂野克司	●学校でしかできない体験を	山口邦弘
●ものづくりの基本としての道具の指導	長澤郁夫	●工具のちょっとした工夫	後藤　直
●包丁&道具としての身体を使う	野田知子	●製作に必要な工具の学習とその環境	萩嶺直孝

(内容が一部変わることがあります)

編集後記

●今月の特集は「エネルギー変換の授業のポイント」。ある先生曰く。エネルギー変換の最初の授業で、エネルギーということばを聞いて頭に思い浮かんだことやエネルギーということばから連想するものを生徒に書かせてみたところ、「何かを動かす原動力となるもので、人間も機械もこれがあるから動くことができる」という答えを筆頭に、実に多種多様な解答が出てきた。生徒の発想力の豊かさに改めて感心した、と●本年(2011年)3月11日に発生した東日本大震災の影響で、電力不足が浮き彫りになり、節電を呼びかける事態になっているのは周知のことである。エネルギー変換の授業では、こうしたタイムリーな内容も授業計画の中に盛り込むことも必要であろう●さまざまなエネルギーの中で、現在、日常生活で最も多く使われているのが電気エネルギーである。ということから、エネルギー変換の授業では電気学習を取り上げる例が多いことは事実である。これは、本号の実践報告をご覧になると、よくわかると思う●アナログ放送から地上ディジタル放送への移行が目前に迫っている現在(2011年5月時点)、電波というと携帯電話やラジオ・テレビ放送でおなじみのものだが、エネルギー変換の対象としては見ていなかった。電子レンジは、電磁波を食品に当てて食品を加熱する目的で使う。村越一馬氏の実践報告によると、今やどの家庭にもある電子レンジを使った実験をはじめとして、各種の興味ある実験をとおして、電波は電気エネルギーの仲間だという認識を再確認させてくれる実験が満載である。大いに参考になろう●新学習指導要領が完全実施となる来年度(平成24年度)からあたらしい教科書が使われる。教科書は現在の2社から3社に増える。エネルギー変換の項目はどこにポイントを置いているのだろうか。興味あるところだ。(M.K.)

■ご購読のご案内■

☆本誌をお求めの場合はお近くの書店に定期購読の申込みをしてください☆書店でお求めになれない場合は農文協へ、前金を添えて直接お申込みください。毎月直送いたします。
☆直送予約購読料は、1年間8640円です(送料サービス)。☆農文協へのご送金は、現金書留または郵便為替00120-3-144478が便利です。
☆継続してお届け致しますので、中止の際は1ヵ月前にご連絡下さい。
☆1993年3月号以前のバックナンバーのご注文・お問い合わせは民衆社(TEL03-3815-8141)へお願いします。

技術教室　7月号　No.708©
定価720円(本体686円)・送料90円
2011年7月5日発行
発行者　伊藤富士男
発行所　(社)農山漁村文化協会
〒107-8668　東京都港区赤坂7-6-1
電話　編集03-3585-1159　営業03-3585-1141
FAX　03-3589-1387　振替　00120-3-144478
編集者　産業教育研究連盟　代表　沼口　博
編集長　金子政彦
編集委員　池上正道、沼口　博、藤木　勝
真下弘征、三浦基弘
連絡所　〒247-0008　横浜市栄区本郷台5-19-13　金子政彦方
TEL045-895-0241
印刷・製本所　凸版印刷(株)