

静電気から学ぶものづくり

山口県立下関工業高等学校 電気科 木原 秀人

1. はじめに

工業高校の工業教育のエッセンスである課題研究の取組みとして、環境に配慮した新規性のあるものづくりを静電気の分野に見出し、1986年から取組んでいる。この静電気から学ぶものづくりについて、その魅力や定義を含めて述べる。

2. 工業教育のエッセンス

新しい中堅技術者像の電気技術者育成の工業教育の構築¹⁾を目指す中で、工業高校に期待される技術者像が中堅技術者であった教育課程を受けた昭和38年(1963年)～昭和47年(1972年)の電気科の卒業生525人を対象にアンケートを実施した。その結果154人の回答が得られ、就職後の社会生活における高校教育の影響として、具体的な体験を通じて関連分野の技術的なイメージが構成しやすくなったこと、並びに15歳からの技術・技能教育によって技術的なセンスが身に付いたことを最も多くの卒業生が感じている。また、これからの工業教育に充実させる必要があることとして、体験を通して学べる実験や実習と共に課題研究などによる課題解決能力の育成を最も重視する結果が得られた。²⁾ これらのことは工業高校の最も確かな工業教育のエッセンスの1つである。

3. 静電気の魅力

電気の専門教科が苦手な生徒は木曜日に勉強しなさいと、たまに冗談を言っている。電気の「電」の字は図1に示すように稲光を伴いながら雨が降る様子を表している。³⁾ 東洋で

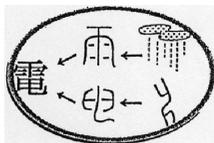


図1「電」の字³⁾

は電気のルーツは雷にある。

一方、西洋では木曜日をトールの日と呼んでいる。トール Thorは図2のような雷の神様で、雨をつかさどり、農業の神である。また、木曜日Thursdayの語源でもある。ドイツ語ではもっと明白で、木曜日はDonnerstag(ドネルスターク)、雷Donnerの日である。折衷案を採用すれば木曜日は電気の曜日である。



図2 トール⁴⁾

この雷に代表される火花放電やこの世のものとは思えないほど美しいコロナ放電及び下敷きをこすって髪の毛が吸着する静電力などを活用するのがこのものづくりである。この静電気の技術は、それ自体単独で存在するというより学際的あるいは境界領域の色彩の強い分野で、異分野との情報交換がその出発点である。ここに、このものづくりの今日的な教育的意義を強く見出すことができる。

ところで、爆発・火災の15%は人体の帯電によるものといわれている。静電気はとにかく災いをもたらすものとして嫌われがちであるが、意外にも恵みをもたらす優しい面がある。この二律背反的な二面性の触発が静電気の技術の活力の源泉になっている。まさに静電気は災いを福となす魔術師である。

4. 環境に配慮した新規性のあるものづくり

このものづくりは、課題研究および同好会において取組んできたが、学級担任をして1年生のときから徐々に育成し、持ち上がった学級が3年生になったときに最も大きな成果が得られ

た。このものづくりに共通する静電気の定義および高電圧電源の製作について述べ、静電気から学ぶものづくりについて3テーマを以下に報告する。それ以外に、電界によるオジギソウの葉の開閉実験、シイタケの発生に及ぼす電気刺激の影響および静電気障害発生予知の試みなどがある。

4-1. 静電気の定義

静電気を文字通りの定義にしたがえば、「空間のあらゆる場所において電荷の移動が無い電気」と規定することができる。しかし、私達が遭遇する静電気は、ほとんど例外なく多少の電荷の移動、すなわち電流が伴っている。それにも関わらず、私達が感覚的に矛盾無く静電気という言葉を使っている理由は、たとえ電荷の移動があっても、それによる磁界の効果が、電界の効果に比べて無視しうるほど小さく、現象が実質的に電界によって支配されているという共通の認識によるものである。⁵⁾ このように実態に即して考えれば、本報告で取扱う静電気技術のすべてを静電気という共通の概念で示すことができる。

4-2. 高電圧電源装置の製作

図3に示す小容量の高電圧電源装置⁶⁾を試験用として製作した。直流電源、発振・ドライブ回路 (TR1, TR2), 高周波昇圧トランス (T), コッククロフト・ウォルトン回路 (C1~C6, D1~D6), パルス放電用コンデンサCpで構成され、コッククロフト・ウォルトン回路 (C1~C6, D1~D6), パルス放電用コンデンサCpは分離でき、高周波高電圧電源、直流高

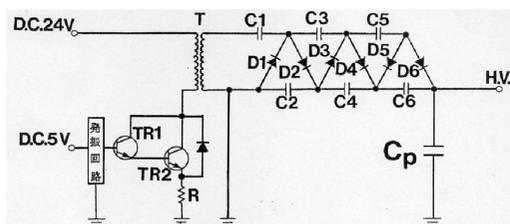


図3 試験用高電圧電源装置および回路図

電圧電源およびパルス放電用電源としての3つの機能を備えている。

高周波昇圧トランスでは、2次巻線をボビンに1000回巻き、一層ごとに電気絶縁用テープを巻き層間絶縁を施し、さらに安全対策としてシリコンゴムでモールドした。コッククロフト・ウォルトン回路においても高耐圧のコンデンサやダイオードを使用し、シリコンゴムで絶縁するなど苦勞に苦勞を重ねた。

試作装置には、本試験用高電圧電源にバッテリー対応24 [V] および5 [V] 直流電源回路を付加した高電圧電源装置を組み込み、感電の恐れがないように製作した。

4-3. 小型ディーゼル車用電気集塵器の試作

ディーゼル機関からのばい塵の排出量は、同規模のガソリン機関に比べて30~100倍あり、その粒子の7割が1 μm以下のサブミクロンの粒径をもっている。そのため大気中に長く浮遊し、呼吸によって体内に吸収される率が高く、健康に与える影響が問題視されている。⁷⁾ そこで、ばい塵の捕集に有効な手段である電気集塵器を試作して、小型ディーゼル車から排出されるばい塵の捕集を試みた。その結果、試作装置による効果は十分目視できたが、電極に捕集したばい塵をどのようにして取り除くかという、新たな課題が生じた。

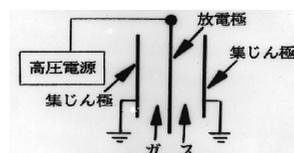


図4 電気集塵器原理

図4に原理、図5に放電極に発生したコロナ放電を示す。図6は製作した電気集塵器による実験の様子を示す。Aは高電圧電源、Bは集塵部

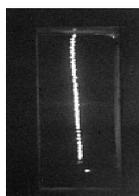


図5 コロナ放電

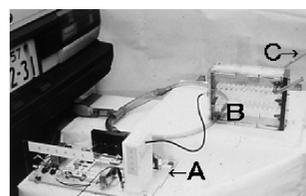


図6 実験の様子

及びCの角の先端から小型ディーゼル車のクリーンな排気ガスが排出される。

図7は、その実験結果を示す。図7の下図は上図の拡大であるが、すすなどが紙ヤスリの目のように集塵極に付着しているのが確認できた。このものづくりは自家用車がディーゼル車で

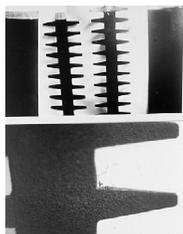


図7 実験結果

あった1987年に実施した。生徒は、大気汚染等の環境問題について認識を深めることができた。

4-4. 放電等を用いた除草装置の開発

除草剤の使用は、生活環境を汚染し、健康に与える影響が問題視されている。また、家庭での除草作業はお年寄りにとって大きな負担になることが予測される。さらに、廃棄物処理法の改正に伴い学校の焼却炉が使用できなくなった学校現場において、ゴミを出さない除草作業が待ち望まれている。そこで、火花放電を利用した方法⁸⁾を参考に、学校及び家庭用を目的とした装置を試作した。⁹⁾ その試作実験から沿面放電やオゾンの利用が考えられたので、それらを活用した装置を試作し、生徒による特許出願(特願2002-49194)を実現した。

図8は原理、図9は火花放電の様子及び図10は試作装置の野外実験の様子並びにコンクリートの隙間に生えている雑草の実験結果を示す。この装置は、雑草と電極との間に火花放電を発生させ、雑草に損傷を与え枯らす方法であり、電極を雑草に2～3cm近づけると火花放電が発生する。この「バチバチ」という音と英語で除草機をweederということから「バチバチウイダー」と生徒

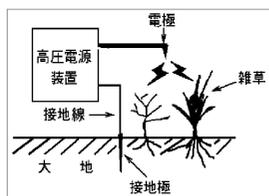


図8 原理図

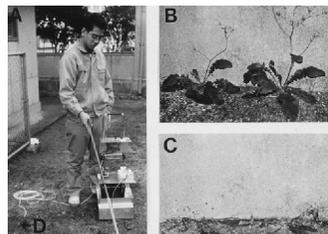


図9 火花放電

は名付けた。実験の結果、葉っぱが地面を這うタンポポやオオバコ及びコンクリートの隙間に生えている雑草は、大変よく枯れ、風化するように跡形も無くなった。

図10の実験に

おいて、葉っぱが地面を這う雑



A: 野外実験の様子 B: 放電前
C: 放電3日後 D: 接地極

図10 野外実験と結果

草をよく観察すると、葉っぱと地面との間で二次的な放電が点在して多数発生し、その放電に伴い発生するオゾンの両者による影響も実験から分かってきた。そこで、この二次的放電を雑草に積極的に発生させる改良型装置を試作した。これが図11に示す沿面放電を用いた除草装置である。この装置はスティックに装着した平板を雑草に押し充てることにより枯らすことができるショルダー型の手軽な除草装置である。



図11 改良型装置

実験中にミミズが出てくるのが分かり、生態系への影響という新たな問題が生じた。これも生徒にとって環境問題を考えるよいきっかけになったことが感想から伺えた。

生徒による特許出願については、産業財産権標準テキスト(特許編)有効活用に関する実験協力校の取組みや外部講師による指導等の知的財産権教育を実施する中で実現した。¹⁰⁾

4-5. オゾン水生成技術の開発

水中においてオゾンは十数分で酸素に戻る性質がある。このことは環境に優しい技術として注目されている所以である。オゾン水は食品の洗浄、解凍水の殺菌、加工時および貯蔵中の防カビ、殺菌剤として広く用いられている。また、近海カツオ、マグロ漁船は生鮮保蔵にオゾン海水に浸漬することにより鮮度が飛躍的に向上す

るなどの報告がある。¹¹⁾ これらのオゾン水生成の方法は、オゾン発生器で生成したオゾン化空気を水中でバブリングする方法が用いられている。本研究では高周波沿面放電を用いた新しい方法を開発した。この方法を用いて下関名産のふぐ加工等の水産関係分野に応用することを目的としている。

図12は、オゾン水生成のブロック図及び図13は高周波沿面放電の様子を示す。オゾン水の濃度は溶存オゾン計（溶存オゾン比色計O₃-2Z型）を用いて測定した。その結果、酸素を用いると1～4 ppm、空気の場合は0.2～2 ppmのオゾン水を得ることができた。ま

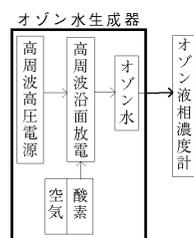


図12 オゾン水生成

た、実験においては、オゾンは有害であるので換気等十分な配慮をしなければならない。

4-6. 全国コンクール等の結果

ものづくりにおいて生徒のエネルギーを最大限に引き出すとともに教育的成果を上げるためには、できるだけ大きな目標を設定する必要がある。その目標として全国コンクール等に挑戦した。その結果等を表1に示す。

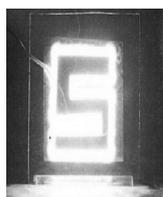


図13 沿面放電

表1 全国コンクール等の名称と結果

年	名称	結果
1998	第6回高等学校工業科生徒研究成果発表全国コンクール	優良賞等
1999	第6回全国高等学校理科・科学クラブ研究論文応募	努力賞
2001	サイエンス山口2001山口県科学研究発表会	優秀賞
2002	第61回全日本学生児童発明くふう展	入選
2003	特許流通フェア2003in東京(東京ビックサイト)	出展
2004	高校生科学技術チャレンジJSEC2004(日本科学未来館)	最終審査会場出場
2005	日本環境化学会 第4回高校環境化学賞	奨励賞

5. おわりに

生徒の感想を示すと、「この装置の試作は部品1つ1つを手作りし、試行錯誤の連続であった。その分、ものづくりのおもしろさや完成し

たときの喜びは、何事にもかえがたいものと感じた。また、21世紀を担うものとして環境問題を真剣に考える必要がある。」「やればやるほど改良する点が見つかってくる。」「特許出願により自分たちの名前が残ることは興味深い。」などであった。ものづくりの楽しさや行動することの大切さを体験させることができた。この行動力こそ未来を創造する原動力であり、スペシャリスト育成の原点であり、新しい中堅技術者像の最も大きな要素である。

これらの卒業生の中には、民間企業に就職後、企業内の教育期間に学び、さらに大学に派遣され、現在第一線で活躍している。また、大学院への進学者も増えてきたことも本取組みの特徴の1つと思われる。

本取組みは、試行錯誤をしながらものを作り上げ、その仕上げとして特許出願、研究発表、論文作成により総合的な実力を培うものであり、教師が師匠となり手本を示し、仕事ぶりや考えを、その背中で生徒に教育するものである。

ところで、直感と閃きによって本質を捉え、巧みな工夫にもとづく実験やものづくりにより技術革新の時代を生き抜いた天才といえバファラデーとエジソンを思い出すが、不思議なことに2人とも木曜日生まれである。トールの恵みが多かったのかもしれない。工業教育に沢山の恵みがあることを願って、本報告を終わる。

参考文献

- 1) 木原秀人：創苑，山口県高教研工業部会，p.26-32 (2005)
- 2) 木原秀人，木村明彦 他：創苑，山口県高教研工業部会，p.10-15 (2007)
- 3) 涌井良幸・貞美：電気とメカのおもしろ常識，日本実業出版，p.15 (1994)
- 4) 永田久：時と暦の科学，NHK市民大学，p.32 (1989)
- 5) 静電気学会：静電気ハンドブック，オーム社，p.1 (1983)
- 6) 渡辺清美，飯島歩：静電学誌，11，p.172-177 (1987)
- 7) 増田四一，文在徳：静電気学会講演論文集，p.1～2 (1988)
- 8) 名倉章裕，水野彰 他：静電学誌，16，p.59-61 (1992)
- 9) 木原秀人：創苑，山口県高教研工業部会，p.17-24 (2001)
- 10) 木原秀人，小林孝史：創苑，山口県高教研工業部会，p.23-28 (2004)
- 11) 杉光英俊：静電学誌，17，p.184-192 (1993)