

工作技術センターと私の「ものづくり」史

理事兼副学長 唐沢 力 (からさわ つとむ)

所属：公立大学法人大阪市立大学

専門分野：光物性物理学

趣味：楽器の遠奏（演奏には程遠い；チェロ）



はじめに

私が大阪市立大学に赴任した昭和 51 年には、理学部金工室に香川さんが、ガラス工作室に酒井さん、続木さん、川越さんがいらっしゃった。特に香川さんと酒井さんのお二人は、金属工作とガラス工作のご指導を頂き、私にとっての“ものづくり史”は全く新しいページが始まったと言う意味で大変大きな存在であった。金属工作に全く初心者の私に最初に手ほどき下さったのは、研究室の先輩の小松晃雄先生と隣の研究室におられた児玉隆夫前学長であり、一応難しいステン材の内削りで数mmφのメネジまで旋盤で作製出来るようにはなかった。実際の上達には金工室へ行くたびに機器の利用法から工具の研ぎ方磨き方まで、香川さんから多くの直接的なご指導を頂いた。ガラス工作に関しては、学生向けに行われていた1週間のガラス工作実習に参加して、別メニュー・特別コースで酒井さんからマンツーマン指導を頂いた。このようなトップレベルの熟練技術者から直接ご指導頂く機会は誰にでもそうあるものではなく、工作技術に多少の自信が持て、その後実験器具・装置作りが出来るようになったのも両氏のお陰と大変感謝している。

最近“ものづくり”の重要さが盛んに言われるが、それはすなわち日本における“ものづくり”そのものがある危機に直面していることを意味している。天然資源に恵まれないわが国にとって、資源の加工・工作による付加価値付けや新たな工業製品の創出が国の経済を支える根幹を成してきたことは確かで、先進工業技術立国と位置づけられてきた所以であろう。しかしこれまで熟達した技術者によって築き上げられてきた様々な高度の技術が、団塊の世代が引退する時期となっても若い世代に継承されなくなっている状況が報道されている。すなわち若い世代が“ものづくり”に興味を持たなくなり、技術の継承が出来なくなってきたと言われる。3Kと言われた“ものづくり”に繋がる職業への敬遠感・嫌悪感までになると、国としての経営戦略上においても極めて由々しき事態と言わざるを得ない。しかし本当に若者あるいは初等・中等教育や高等教育課程にある若い世代は“ものづくり”が嫌いなのであろうか。私の体験的感覚では、子供のころの“ものづくり”の楽しさが嫌悪の感覚に繋がるはずは無いと思う。このことから教育上あるいは子育て過程での“ものづくり”体験の希薄化または喪失が、若い世代の“ものづくり”への距離感になっているのではないかと強く思

う。国に必要な技術継承のためにも、これからの若い世代の“ものづくり”への関心を引き起こす教育が非常に重要となろう。

昨今急激な不況によりものづくり産業が窮地に陥っていると報道されているが、よく観察してみると日本にとってそんなに酷い状況ではないのではなかろうか。この様な不況においても、以前あれだけ日本製品と日本叩きが起きた欧米、特に米国において、日本製品のボイコットが全く起きていない。日米関係が成熟したとの見方もあるが、結局自動車をはじめ日本製品の質の高さを認めざるを得なくなっているのだ。今回の不況もマネーゲームが齎したものであり、バブル経済期にマネーゲームに傾注した国、アイスランド・英国などの経済的没落度は深刻だそうである。一言で言えば“ものづくり”を放棄してしまった付が回ってきたのだと経済評論家も指摘している。マネーゲームで得られる“もの”は所詮イリュージョンであり実体が無いもので、真に価値あるものは“ものづくり”から得られる実体であると常々思う。この点日本は自らのものづくり技術の高さとそこから生み出される製品にもっと自信を持ってよいのではなかろうか。ただし、高い“ものづくり”の質が継承されていく限りと言う条件下であるが。

“ものづくり”にはかなり広い意味がある。教育課程でのものづくり教育、理系の研究の根幹を支えている研究対象としてのものづくり、工作技術センターに集約される研究支援としてのものづくりなどがある。物を作ることそのものが研究成果となる分野もあれば、実験・計測などのための装置・器具などを造ることもある。さらには文化・芸術の領域では、生み出される芸術作品は、有形・無形の一種のものづくりと言える。非常に熟達した技術者が創る製品が芸術の域に達しているとも言われる。特に日本が培ってきた“ものづくり”には、職人の技術の中に高い精神性も含まれているし、現在世界に誇れる高い技術力にも精神性の裏打ちがあるはずである。また農業など食料品の生産も重要なものづくりの一つであり、世界的な食の危機が言われ出した今日、安全で質の高い食糧生産においても、日本の農業政策と科学・技術の適用の視点が今後重要度を増すであろう。さらに言えば、グローバリゼーションの名の下に市場主義経済による自国の金儲けのみを考え、格差や環境課題を置き去りにする時代は終わり、エネルギー・環境・食料などの世界共通の課題をものづくりにより克服しなければならない時代となったと認識するが、ここではこれらの視点については除外しておく。

ものづくり教育の重要さは、文部科学省が示す教育振興施策にも謳われていて、国レベルでも議論されているので後に触れたいが、先ず私の瑣末な体験を通した狭義の“ものづくり”についての考察を述べさせていただくこととする。

子供時代のものづくり

私が自分で物を作った最も古い記憶は、折り紙飛行機である。誰か年上の子供に折り方を教えてもらったのだが、自分でもい

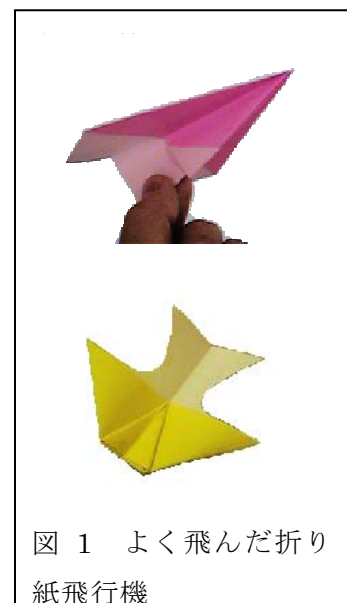


図 1 よく飛んだ折り紙飛行機

ろいろと折り方を変えてどうしたらよく飛ぶのかやってみた。結局伝授された幾つかの折り方（図 1）が一番飛ぶことになったと記憶している。紙飛行機はやがてゴム紐の捩れでプロペラを回すゴム動力の木製骨格模型飛行機になった。この製作工程は小遣いで部品を買い揃えて組み立てただけであったが、小学校の体育館の壇上から数 10m 先の突き当たりの壁まで真っ直ぐに飛んでいったプロペラ飛行機を真下から追っかけていった時の感動は今でも鮮明である。主翼の両面を厚さのある流線型の断面を持つ形に障子紙を張って仕上げ、理屈が分からないままに揚力の発生を実感していた。そのとき数式での理解ではないが、流体中の揚力について実在を通して学んでいたことを後に「流体力学」の学習で理解できた。

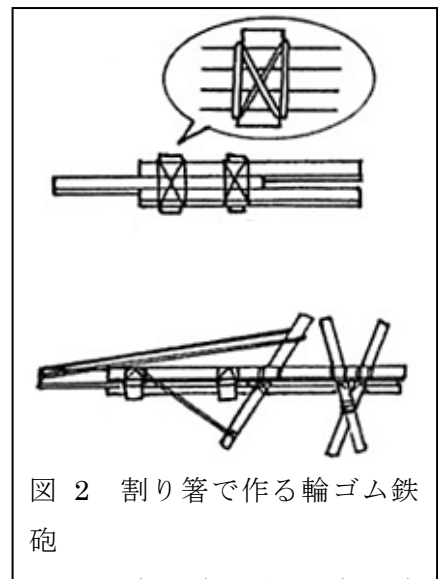


図 2 割り箸で作る輪ゴム鉄砲

飛行機は個人に閉じたものづくりの感があったが、遊び仲間と熱中したのは飛び道具の作製である。最も簡単なものは図 2 で示した割り箸と輪ゴムだけで作った輪ゴム鉄砲である。簡単な割に的を狙いやすく、父親のピース（タバコの銘柄）の空箱を的にして熱中した。杉の実鉄砲は細い竹（たぶん熊笹ほどのもの）の竹筒に自転車の車輪を支えるスポーク（鋼鉄の細い棒）に同じ竹筒の柄を付けて、竹の筒を丁度塞ぐ直径 $\sim 2\text{mm}$ 長さ $\sim 5\text{mm}$ サイズの杉の実を次々と詰め込んで、いわゆる圧縮空気の実を鉄砲玉として打ち出すもので、パシッとよい音がした（図 3）。人に当たっても危険がないもので、小学低学年でずいぶん流行った。杉の実の代わりに山吹の茎の芯にあるスポンジ状の繊維も用いた。さらにサイズを拡張して真竹を用いた紙鉄砲では、杉の実の代わりに新聞紙をぬらして丸めた玉を使った。安全性はあったのであろうが、かなりの威力と発射音のため人に向けた遊びに使うのが躊躇われるほどだった。夏は同じ材料で水鉄砲も作った。

工作的に面白かったのは竹鉄砲であり、50cm ほどの長さの竹材を火で炙りながら曲げて竹筒の中に絞り込み、筒の中に置かれた団栗や石ころをはじき出す。これは結構な音と威力があって人に向けるのは危険であった。さらに飛び道具で一番威力があったのは、Y字型の木の股枝の先に生ゴムのチューブをつなぎ、皮の皿を付けて造ったパチンコである。これは引き絞ってパチンコ玉を打つと優に数 10m は射程に入ると思われ、小粒の石ころを数 10 個詰めて雀の集団に向かって撃ち込むと実際に雀を打ち落とすことが出来た。今思えば雀に随分可哀相なことであったが、当時私の田舎（長野県の山村）では雀は収穫時の米を食べる害鳥として子

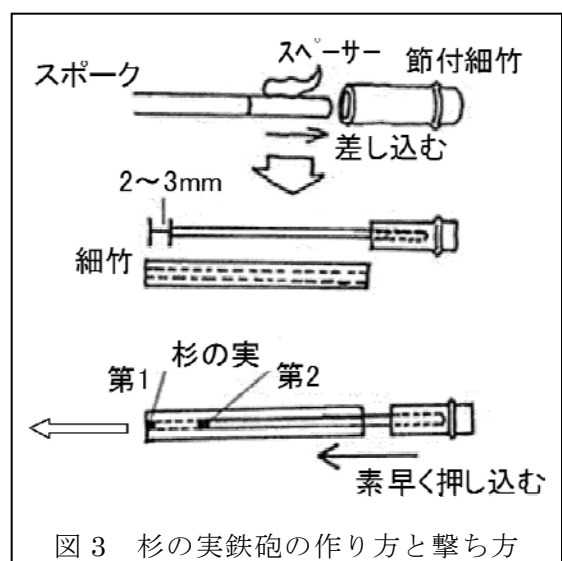


図 3 杉の実鉄砲の作り方と撃ち方

供が撃ち獲る事を認めていたようだ。実際には雀は出穂期には害虫を沢山食べてくれるので差し引きして益鳥であったことを後に知った。いずれにしても今小鳥をペットで飼っていてその愛らしさに癒されるとき、撃ち落とした雀の哀れな姿が痛恨の思い出となって迫ってくる。もっとも、子供時代には小鳥や魚は食する対象として同類であり、殺傷に対しての残酷感や憐れみは全く持ち合わせていなかったように思う。

可愛がってもらった近所の年長の子に魚獲りに天竜川に連れて行ってもらった。ここでは毛鉤や伴釣り用釣針、うなぎを釣る捨て針の仕掛け、築（やな）など、様々な漁り道具を使って魚を獲る現場に立ち会ったが、小学低学年ではレベルが高すぎて自分で装置を作るような状況ではなかつた。

装置は大人が使う実用のものであったのだろうが、当時小学校高学年の彼は、鯉や鮒、鮎や山女、岩魚などをとても巧みに獲った。分け前はなぜかほとんどを貰っていた。彼は自分一人でいくらかでも獲れるという自負があったのであろうか。本題から逸れるが、魚獲りは子供を夢中にする点で他の遊びの比ではなかった。数人の仲間と天竜川の本流から逸れた流れを、石ころを積み上げて堤を作り流れを塞ぎ止めた川底から魚を手掴みで獲る作業に朝から日暮れまで熱中した記憶がある。今では河川管理面と安全性などでとても大人が認める状況ではなかったであろう。

多くを学んだのは竹とんぼ作りであった（図4）。全て竹材からナイフで切り出してプロペラ羽根を削り出し、中心に穴を開けて心棒を通して出来上がりであるが、手のひらを回転させて離すとき、逆回転で離すと手に食い込んできてずいぶん痛い目にあった。なぜ竹とんぼが回転して上昇するのかを真剣に考えざるを得なくて、流体中のプロペラによる推進が体感的に理解できた。痛みを伴う経験からは結構学ぶものがある。さらにそのことから、プロペラの中心に大きめの穴2個を開けてそこに二股状に枝分かれさせた心棒を差し込んで回すと、正しい方向の回転でのみプロペラ羽根だけが心棒から外れて上昇し、逆方向ではプロペラは外れず何も起きないという安全性も確保された。この発想ももちろん伝承されたのもで、私のオリジナルではないが、製作に成功するとすごい発明をしたような新鮮な喜びを感じたことを今も覚えている。

これらの遊び道具の“ものづくり”の先生は全て同学年や先輩・後輩などの地域の子供たちであり、子供同士が実に親切で実践的な“ものづくり”の先生であった。技術と言えはほとんどがナイフを使った削り出しと鋸での切断、ペンチでの針金細工であり、これら工具は子供にとって遊びの必須アイテムであった。ものを切る、削る、切断するという工作の基本的要素が身を持って実感できたことには意義があると思う。大分前になるが、工作技術センターを利用していた学生が、数 mm までの厚さの広い金属板を鋏の原理で切断する電動切断機（シャーリング）に、直径数 cm の金属丸棒を突っ込んで作動させたため装置が破損した

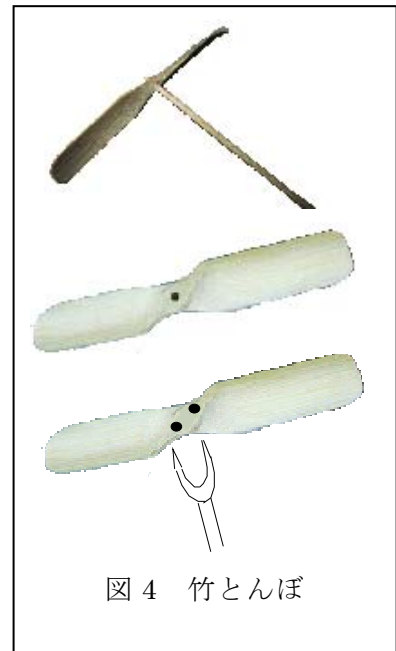


図4 竹とんぼ

事例があった。学生は真面目に取り組んでいたであろうが、安全性の問題以前に物がどのように切断されるのかの実態感の無さに対する強い違和感が残った。事物の破損限界を直観的に知ることの重要さは、あらゆる場面での危機回避能力にも繋がっている。ものづくりなどによる実態感の育成が不十分だと、子供がいじめや喧嘩等をエスカレートした際に手加減が出来ず大怪我を負わせたり死に至らしめたりするような問題にも繋がるのではなかろうか。物が壊れる際のあの『不快感』の習得も重要な教育課題であろう。

小学校も高学年となると、男子生徒の多くが鉱石ラジオに興味を持った。これもなぜラジオ放送が聞けるかの原理は分からないままに、素朴な LC 共振回路を作って検波していたことになる。周りが静まる夜間に遊び仲間と屋外でこっそり微かな鉱石ラジオの音声を聞きながら、それでも空間に明らかに放送局から送られてくる何かが来ていると言う実感があった。この興味は中学校のサークルでの真空管ラジオの作製に繋がった。ラジオそのものは 6 級スーパーなどと言う大げさなものまで挑戦したが、要は電源部分の整流回路と、検波回路、増幅回路から成り、それぞれ真空管制御で出来ていた。真空管内はヒーター・グリッド・プレートなど、電子流を発生させたり加速・減速したり集積させる機能を持つ要素が全て直に目で見えていて、電源を入れるとヒーターが赤熱し、そこからあたかも電子一個一個が真空に飛び出ていき、グリッドの網目で制御されて抜けていく姿が想像できてとても興味深く、後に量子論で電子 1 個の実態の不思議さを学ぶまでは、電子のことなど完璧に分かったつもりになれた。真空管ラジオの組み立てでは、サークルの顧問の理科の先生が指導をしてくれたが、250V に感電したり、電解コンデンサーの極を逆に繋いで爆発させたり、抵抗器を焼いたり、一通りの失敗を経験した。抵抗器が赤熱する様を見ては、電子がこの器の中で猛烈に暴れまわっている様を可視化して想像した。田舎の学校で進学や受験のことを気にする環境には全く無かったのだが、多分楽器をいじることに興味移ったためか、私の“ものづくり”は真空管ラジオ作りあたりで一旦中断した。

今でも思うのは、物事理解は結局「いかに可視化（イメージ化）できるか」に懸るということである。学生にある事象の説明を求めるとき、絵に描いて説明できる学生は、大抵はよくその事象を理解していることを体験的に結論できる。逆に「分からない」と言って質問に来る学生に、その問題の基礎の基礎部分の可視化による説明を求めると、そこがクリアしていない事例が多い。理系の世界では数式による理解が最も簡潔かつ正確であることに異論はないが、可視化による事象の直観的理解はそれに匹敵する、あるいはそれ以上に重要な理解の要素であろう。自らの問題の可視化による確認作業を経てから理解に至り「あっそうか、分かりました！」と、質問中に自分で勝手に納得を始める学生の例は多い。先ほどの鋏（シャーリング）では切れない金属棒の切断事故も、物体がマイクロに切断されるイメージを描ければ決して起こし得ないミスであると思う。この件では、当時市大で職を得た後多くのご指導を賜った名誉教授の海部要三先生が「この事故は想像力の欠如である」と言われていたが、全く同質のことを言われていたと理解している。

研究のためのものづくり

研究用に何か物を作るという機会は、通常なら卒研から大学院で実験に関わって必要な装置・部品・器具類の製作であろう。私の場合も小さな装置作りは大学院から始まったが、そこ（東北大理学研究科）での環境は、技術者集団が工作センター組織に在籍されていて実際の工作を受け持たれていた。従って簡単なもの以外は図面引きをしてセンターに持ち込み、技術者からのチェックを受けて発注となる。私も多くの装置を発注したが、学位の最終テーマと関連した装置として液体ヘリウム温度（4.2K）以下の温度で結晶試料に直接電子線やX線が照射できる光学測定用クライオスタットの製作を依頼した。最も設計上苦労したのは、結晶に直接液体ヘリウムを浸潤させながら、完全断熱真空を保つ試料ホルダーのところで、図面を持込む度に「こんな物は出来ねーなー！」と言われ図面を突き返された。その訳は簡単で、その図面どおりに工作をすると連なっているはずの部分が切断・分裂してしまうという極めて初歩的なミスであった（例えば丸棒に直径より大きな穴を開けるなど）。そこがクリアできて、再び「こんな工作は出来ねーなー！」と言われ、指摘された点は工具より大きな穴を、工具の届く先で空けるような図面になっている。最終的には当時最先端工作機器であった放電加工機で難関を突破して頂いて図5のようなかなり複雑かつ繊細な装置が完成した。この装置で外部よりX線やパルス電子線を照射して、減圧液体He温度（4.2~1.5K）に冷却した結晶試料の表面全反射を用いたナノ秒域の過渡透過スペクトルが得られ、数編の論文が書けた。技術者の方々は皆大変親切にまた真剣に相談に乗って下さったが、自分で実際に難しい工作をすることは無く学位テーマを進めることができた。

市大に職を得て、自分でクライオスタットなどの製作に関わるようになって、当時図面引きだけでずいぶん安易に発注していた装置作りの困難さが改めて認識出来た。液体ヘリウム用のクライオスタットは、熱容量を小さくすることと外部からの熱輻射を完全に遮断する様々な工夫が重要で、そのために薄肉金属板の削り出しから銀メッキや金メッキを施したり、断熱スペーサーに熱接触を最小にする工夫を凝らしたり、考えているだけで“楽しい”事の連続であった。多くの失敗を経て、今なら知材として職務発明に登録できそうな有効な成功工夫もあったであろう。出来上がったクライオスタットが、目論見どおりに働き始めたときの充実感他に換えがたいものがある。

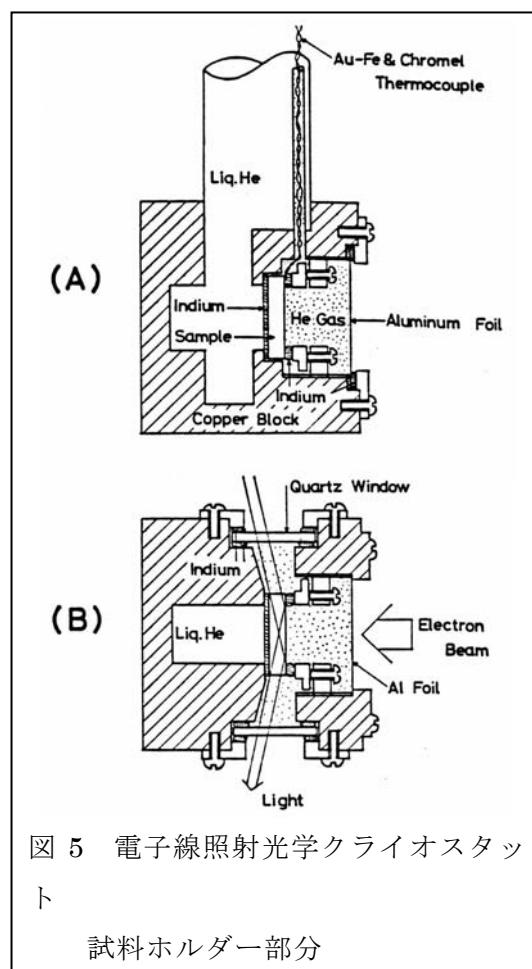


図5 電子線照射光学クライオスタット
試料ホルダー部分

ものづくり教育について

ものづくり教育に関連した政府機関の取組みとして、平成20年度に定められた「教育振興基本計画」の中では、人材育成に関する社会の要請に応えるため、地域の人材や民間の力も活用したキャリア教育・職業教育、ものづくりなど実践的教育の推進が謳われている。そこではものづくりに関する児童生徒の興味・関心を高めるとともに知識・技術を習得させるため、例えば小・中学校段階のものづくり体験や、専門高校等における地域産業や経済界と連携したものづくり教育をはじめ、産業・職業への理解を図る、などとされている。

平成13年度から始められ、第3期が平成18年度に決定された「科学技術基本計画」では、技術継承の不足による高品質基盤喪失の危惧、製造業軽視の風潮及び相次ぐ事故の発生により、従来わが国が得意としてきたものづくり能力に関して深刻な疑念を指摘し、ものづくり能力の維持・向上のための体系的取組が提案されている。そこでは、ものづくりを担うのは「人」でありかかる人材を養成・確保するため、幼い頃からものづくりの面白さに馴染み、創造的な教育を行うこと、高等教育機関や公共職業能力開発施設等において、創意工夫を活かしたより実践的な教育・訓練を実施することや、広く国民がものづくりの重要性を理解し尊重する社会を実現することが必要であるとしている。このため、卓越したものづくりに関する能力を有する個人及び企業を対象とする表彰制度の創設や、プロジェクトの複雑化、製造現場の自動化等が進展する中で「技術のブラックボックス化」を回避するため、プロジェクト全体のスコープやコスト、品質、リスク等の適切な管理のための知識・手法の体系化を行い、高いプロジェクトマネジメント能力を有する技術者を養成する、としている。そして、大学や大学院における教育の質の向上が産業界に直接の恩恵をもたらすことから、これまで以上に産学が協力関係を築いて人材の育成に取り組むことが必要である、として人材教育の仕上げである大学・大学院教育の役割の重要さも強調されている。

各計画に書かれていることはいずれも共感できることであるが、文章の中身を実現していくことはそう簡単ではない。携帯やパソコンゲームから子供たちを離して“ものづくり”で遊ばせる土壌はすでに無くなっている。この課題は大人が組織的に意識して掛からねば解はなからう。ずっと以前には本学の実験系の卒業生は、金属工作やガラス工作技術は習得しているのが当たり前であり、そこで培われていた資質が企業へ行っても大いに評価されていた。しかし実験器具や装置の高度化により自分で装置を作る機会が減少して、次第に“ものづくり”しなくても卒業が可能となってきた。そのことの是非は別にしても、“ものづくり”の楽しさ・面白さと、創造性・実態感のある技術の体験や習得は、前述の国の計画などでも述べられているように必要性が益々高まっている。このような状況の中で、本学の工作技術センターが研究支援に留まらず“ものづくり”教育に果たすことのできる役割はとて大きいのではなかろうか。そのためにはセンターの位置づけ・役割を明確にし、スタッフにとって

働きがいのある職場として高度な技術が継承されていく仕組みをPDCAサイクル¹で構築していく必要がある。

“ものづくり”も人間の文明活動に外ならず、人間であることの属性とも言えるが、一方20世紀に生み出された人工物質・素材等が、環境への影響、安全性の評価を欠いたまま利用され、後に生命や地球環境に重大な悪影響を及ぼしたことは真摯に受け止めなければならない。これからのものづくりは、これらの反省に立って、その開発や利用・導入の前には、長期的な安全性についての評価や社会生活・自然環境に対するリスク・アセスメントを徹底する必要がある、科学技術基本計画にも述べられている。しかし人間の“もの”を創造することへの飽くなき欲求は、未知への探求心とともに理屈や制度で簡単に止めることはできない。その中に自然との共生や新たな自然界からの知を謙虚に受け取るという東洋に受け継がれてきた基本的な精神が必要なのではなかろうか。

市大の授業で学生とシャボン玉やブーメランなどを作って遊んだことがあったが、予想以上に盛り上がった。そのときの学生たちの生き生きとした目の輝きは、彼らが決してものづくりを敬遠してはいないことを物語っていると確信できる。機会と環境さえあれば、多様なものづくり教育は可能である。日本の子供は決して以前より後退しているわけではないはずである。機会と環境を与える工夫を、家庭でも教育機関でも真剣に行っていく事が今求められていると思う。それはIT機器によるイリュージョンの教育であってはならず、身体の五感を通じた実態感のあるものでなくてはならない。

最後に、本年度いっぱい長年工作技術センタースタッフとして勤められた林野さんが定年退職される。林野さんには研究室としても個人的にも大変お世話になった。氏の高い技術によるご指導や作成装置などのご支援で私の研究室を卒業・修了できた学生・院生は多数である。ここにこれまでの氏の大学に対する多大なご貢献に対して感謝の意を表すとともに、今後はこれまでとは違う角度から、引き続き氏の大学へのご支援を賜りたい。

¹ PDCAとは（Plan, Do, Check, and Action）の省略形で、日本語では「計画の立案」「実行」「チェック（評価検証・評価）」「改善行動・見直し」です。PDCAサイクルは、これらを繰り返して改善を図っていくと言うもので、物事の構築の際の望ましい形態と認識されています。