

## 物づくり昨日・今日・明日（5・6・19）

奥島啓式（昭9・理乙）

只今ご紹介にあずかりました奥島でございます。こうして人様の前でまとまったお話をさせてもらうのは、全く久しぶりです。大体学校の先生というものは、内容はともかくとして、決められた時間内に目的の物だけをしゃべるのが特技みたいなものですが、その特技も今や怪しくなっています。今日果たして、まとまったお話ができるかどうか案じているのですが、お許し頂きたいと思えます。

私は紹介されましたように、この三高会館の建物から直線距離にして二百メートルもない所で生まれ育ち、兵隊の二年ばかりを除いて、八十才の今日までずっと京都に住んでおります。初め何か思い出でも話して下さいと言われましたが、この会館の場所にカフェ・パースタという全国でも古いカフェがあったとか、四条通りはまだ未舗装であり、河原町は路地のように細かったとか、古い京都の様子は知っています。しかし余りにも私的なことで皆さんのご興味も薄いと思

いますので、今日は私が今までやってきました専門の事について、これもこの所不勉強で十分なお話ができないかと思いますが、一時間ばかり話させて頂きます。

私の専門は、物づくり、難しくいえば生産工学 (Production Engineering) です。しかし「学」の付くようになったのは、割合最近のことです。私の学生時代の講義科目名は機械製造法でした。よく科学技術と一口にいわれますが、私は科学と技術とは違いがあると思います。科学と芸術の間には相当開きがありますが、技術はその中間にあつて、一部は科学に重なり、一部は芸術に重なります。大学の工学部は技術の教育を担当していますが、工業化学のように科学に非常に近い分野もあれば、建築のように芸術に近い分野もあります。工学部の福井先生がノーベル賞を受賞されたのも、専門が純粋科学に近いからです。物づくりというのは、その反対に芸術部門に非常に近いのです。そもそも工学（あるいは技術と云つてよいのでしょうか）というものが学問の仲間入りをしたのは、ヨーロッパでも最近のことです。その証拠に、英国のケンブリッジ大学やオックスフォード大学、また米国のハーバード大学には、いまだに工学部はありません。つまり昔から技術を学問と思つていないのです。ドイツでも、今でこそベルリン大学にありますが、ずっとベルリン工業高等学校でした。

こういうことで、物づくりのような職人の業など到底学問として認められなかつたのです。しかし産業革命が起り、工業が勃興してきますと、工業製品の需要が多くなり、手作りで作

つていたのでは追いつかなくなりませう。芸術作品というものは、これは作る人の技量、経験とか勘とかだけが物をいって、これでは工業製品のように品質の揃った品物が多量に作れません。それで今世紀の初め頃から物づくりの技術を芸術から科学へ昇華させる動き (from art to science) が始まりました。

先程ヨーロッパの歴史のある大学には工学部がないと申しましたが、それでは我が国最初の大学である東京帝国大学に何故当初から工学部が設置されたのかという疑問が起きます。今年の文芸春秋の三月号だったと思いますが、東大の前総長の有馬さんが「技術と科学の間」という課題で長文の投稿をしておられます。これを読んで私も初めて知ったのですが、つまり東大のお雇い外国人教官として英国グラスゴー出身のエンジニアがやってきて、工学部設置の重要性を説いたというわけです。そしてその次に創立された京都帝国大学にも工学部が作られます。日本では工学教育というものが大学教育の中でも重視されていて、そのことは学部の教授定員を見ても分かります。東大にしろ、京大にしろ、工学部の講座の数は他の学部より圧倒的に多いですね。この工学教育重視というのは明治政府の方針で、これは確かに富国強兵の主義にはぴったり合ったわけです。これによって当時の欧米先進国の文化に急速に追い付くことができたわけです。江戸時代のように儒教や仏教、あるいは純粹科学だけを教育していたのでは、こうはいかなかったに違いありません。

終戦後もこの農本ならぬ工本主義によって、戦後の繁栄がもたらされました。しかし有馬さんも指摘されているように、今や反省の時期にきていると思います。すなわち余りにもテクニカルな技術を重視したために、クリエイティブな能力の養成がおろそかになったということです。私は若い時に、物理の大先生から「奥島、お前のやっていることは学問か」といわれたことがあります。理学部の先生方は機械工学、特に私のやっていた物づくりの勉強など学問と思っておられなかった。私のひがみかも知れませんがね。しかし公平に考えて、矢張りこれからは工学と同様に理学も重視する教育をして、若い人たちの創造力を養成しなければならないと思います。そうすれば、日本は物真似ばかりするという国際的な非難を受けずにすむでしょう。どうも今日の話の主題から離れて余談になってしまいました。要するに、物づくりが近代になって個人の技量に頼る芸術から、科学的なものに移行してきたわけです。

さてこれまで物づくりといってきましたが、この頃はサービス、情報などの無形の物も生産の対象になっています。しかしここでは機械部品のようなものに限定してお話していきたいと思えます。このような品物を作る主な方法としては、鑄造、鍛造、プレス、溶接、切削、研削などがあります。そしてこれらの部品を組み立てて製品が完成することになります。鍛冶屋というのは我々機械屋の代名詞みたいなのですが、現在の機械製作では鍛造は余り重要なプロセスではなくなり、機械に高精度の要求される現在では、切削や研削が最も重要な工程になっています。

私はずっと切削研削の研究をやってきました。随分以前のことですが、新聞記者の方が私の研究室にやってきて、何を研究しておられるのですかと尋ねられたので、何故物が削れるのか勉強していますと答えました。そうするとしばらくして新聞に、奥島先生は何故物が削れるかという哲学的瞑想に耽っていると書かれて、弱ったことがあります。皆さんは「切る」と「削る」との違いをご存じでしょうか。切るというのは、大根や木材を切るように、物を二つに分けて、その両方共が有用な場合であり、これに對し削るというのは、鉛筆や板を削るように、削られた部分がかくずになって捨てられてしまいます。削りくずが有用なのは鯉節ぐらいです。「削る」という言葉は、「くずる」から転化したのではないかと思いますが、如何でしょう。このように日本語では区別がありますが、外国語にはこの区別がないようです。切るも削るも、英語では cut、ドイツ語では schneiden だけです。日本人の微妙な感覚ですね。

話が横道にそれて申し訳ありません。さて人間は道具を使う動物だと言われています。道具を使って物を作ることを、これは原始以来人間がやってきたことで、道具の歴史は非常に古いものです。最初は勿論手で使っていますから、これを手工工具 (hand tool) といいます。金属を対象とする手工具の代表的なものは、たがね、やすり、きさげなどです。きさげは木工のみに相当するものですが、職人さんの言葉には色々面白いものがあります。またまた話が横道にそれますが、例えば物を作っていて失敗したとき、お釈迦を出したといいます。何故お釈迦といふのかについ

て諸説があるのですが、一番尤もらしいのは鑄造の失敗です。阿弥陀如来を鑄造で作るときですが、ご承知のように阿弥陀如来は光背を背負っておられます。この細い光背の先端まで溶けた鉄を通すのは中々熟練のいる作業で、失敗すると光背がなくなります。釈迦如来は光背がありませんから、つまり作業の失敗でお釈迦になったというわけです。真偽の程は保証できません。

さて人間が自分の手で道具を使って物を作っていますと、能力に限界があります。それで機械で道具を使うようになって、手工具から動力工具 (machine tool) になります。この工具が、バイト、ドリル、フライスなどで、これらの工具を取り付けて作業する機械が工作機械です。英語では、工作機械も machine tool と呼びますので、輸入統計などでこれを機械工具と誤訳したのを時々見かけます。このようにして物づくりの機械として、工作機械が現われます。その代表的なものは、旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤などです。また余談になりますが、研削盤は以前は研磨盤といっていました。しかし「磨く」というのは、布などでこすって表面に光沢を与えることで削りくずは出ませんが、砥石でこすれば細かいながら削りくずは出ます。それで砥石を使うときは、研磨ではなく、研削と呼ぶことになったわけです。工作機械というものも歴史が古く、果たして実物ができたかどうか分かりませんが、既にレオナルドダビンチのねじ切り機械の設計図が残っているぐらいです。しかし急速に発達したのは、ここ百年間です。その発達の方角として、高速強力化、高精度化および自動化が挙げられます。以下、これについて説

明します。

物を削るとき、できるだけ能率よく、すなわち短時間にてできるだけ沢山の切りくずを出したいと思うのは当然です。つまり削り速度を早く、切り込みや送りを大きくすることですが、そのためには、切削工具材料の改良が必要になります。私たちの台所にある野菜や魚を切る包丁類は、大体一・三%ほどの炭素の入った普通鋼ですが、せいぜい鉛筆を削るぐらいが関の山、相手が金属になると全く駄目です。何故かといえば、金属を削ると、刃先の部分が非常に熱くなって、このため鋼の焼きが戻って軟らかくなってしまいます。従って高温になっても軟化しないことが、工具材料の一番の条件です。今世紀の初めに、高速度鋼が発明されました。高速度で削れるので、この名があります。これはタングステン、コバルト、クローム、ニッケル等を含む合金鋼ですが、工具材料の発達の過程では、一つのエポックになるものです。次に超硬合金材料が現われます。第一次大戦中にドイツのクルツプ会社の開発したもので、これは鋼ではなく、タングステンカーバイトとコバルトの細かい粉を瀬戸物を焼くようにして固めたものです。このプロセスを焼結といえます。つまり焼結工具です。ダイヤモンドに次ぐ硬さを持っていて、ヴェディアという名称で売り出されました。日本でも作られて、昭和十年頃から次第に実用されるようになりました。東芝のタンガロイ、住友のイゲタロイ、三菱のトリディアなどが代表的なものです。

とにかく工具材料というものは、硬くてしかも粘さのあることが要求されるのですが、因果な

ことに金属材料というものは、硬いものは脆く、粘いものは軟らかいのです。ここに工具材料開発の難しさがあり、このために鋼の上に硬い材料をコーティングしたり、色々工夫されるわけです。ダイヤモンドはこの世で一番硬い材料ですが、残念ながら脆いのです。しかしいくら温度が上がっても硬度が落ちず、超高速度（毎分千メートル以上）で削った面は光沢があつて非常に滑らかなのです。それでエンジンシリンダーなどの軟らかいアルミ合金の仕上げに専ら用いられています。最近の開発では、セラミック工具があります。これはアルミナを主成分にした超硬工具と同様な焼結材料ですが、初めて発表されたのは、二十年以上前です。私も早速イギリスから取り寄せて実験してみました。その時は脆くて実用化になりませんでした。この時も新聞記者が来て、ちょっと説明しましたが、新聞に紅茶茶碗で鉄が切れると書いてありました。そうには違いないのですが、紅茶茶碗のような脆い材料では文字通り歯（刃？）がたちません。その後改良が重ねられて粘さも持つようになり、今では立派な工具材料になりました。現在、セラミック工具は、最高の切削速度が出ます。その昔、炭素工具では普通の鋼を削るのに毎分一〜三メートルの速度しか出ませんでした。高速度鋼になるとほぼ十倍になって二十〜三十メートル、超硬工具になると更に十倍増えて二百〜三百メートルが可能になりました。最近のセラミック工具では毎分五百メートルぐらいの速度で削れます。工具材料の進歩は全く著しいものです。この工具材料の開発に呼応して、工作機械の方も当然高速化、強力化が進み、主軸の回転数は毎分数千回に



もなり、モーターも百キロワット位の馬力になるものもあります。勿論このためには機械の剛性をあげるなど、随分の研究努力が重ねられてきたわけです。

次に高精度化ですが、一例としてワットの蒸気エンジンの実用化に対する工作機械の貢献についてお話します。ご承知のように、ワットが蒸気エンジンを発明してこれが産業革命を引き起こしましたが、実は図面ができて直ぐには現物が作れなかったのです。エンジンの主な部分はシリンダーとピストンですが、このシリンダーの中ぐりに困ったのです。大体品物の穴を削るのは難しいのですが、その当時大きな穴を削るものとしてはスミートンの中ぐり盤しかありませんでした。しかし記録によると、二十八インチの穴をあけた場合、ピストンとの間に小指の厚さの隙間ができたそうです。これでは実用になりません。そこでワットの友人のウイルキンソンという技師が新しい中ぐり盤を考察しましたが、これによるとシリンダーとピストンの隙間がシリング銀貨の厚さ（二ミリほど）になりました。これで初めてワットのエンジンが世に出たわけです。春秋の筆法をもつてすれば、産業革命は工作機械の精度向上、つまりウイルキンソンの中ぐり盤の発明によって達成されたということになります。工作機械の精度はその後どんどん向上し、誤差二ミリというのは今では笑話です。百分の一ミリの精度は常識的で、少し注意すれば千分の一ミリ、すなわちマイクロンの加工もできます。しかし製品の精度の要求は益々厳しくなって、さらにマイクロンの千分の一、すなわちナノメートルの加工精度が必要になるのもそんなに遠いこと

ではありません。この要求に應じるには中々の苦勞があると思いますが、きっと遠からず実現できるでしょう。この頃エレクトロニクス関係のニュースがテレビに出ると、必ずICの製造装置の動いているところが映ります。これもミクロン精度で加工しているのですが、一般の人はワープロなどの機能には感心しても、このような精巧な製造装置を作って加工していることには感心してもらえません。機械屋、特に物づくりはいつの時代も縁の下の力持ちです。

次に自動化に移ります。製造設備の自動化というのは、単に人手を省いて生産効率を向上することだけではなく、労働環境の改善にも必要です。昔の鋳物工場などは3K職場の代表的なものでしたが、今ではすっかり自動化が進んで、工場の中で一番きれいではないかと思っうぐらいです。工作機械自体も機械的自動化から電氣的自動化と、どんどん自動化が進み、その最先端にあるのがNC (numerically controlled) 工作機械です。これは軸を動かすモーターの回転をコンピュータで制御するものですが、工作機械の歴史からいって一つのエポックと云ってよいでしょう。第二次大戦中に、米国で飛行機のプロペラー加工のための専用工作機械として開発されたのですが、今ではすっかり汎用工作機械として使われています。日本では昭和三十五年頃、東京工大の先生方が中心になって研究したのが最初ですが、今では性能・生産高共に米国を凌駕して世界一になっています。今貿易摩擦の元凶として鉄鋼材料などと共に工作機械が挙げられますが、この工作機械はNC工作機械が中心です。

以上、工作機械の進歩の三つの傾向についてお話ししてきました。工作機械には、ねじ切りとか、中ぐりとか単一の作業しかできないもの（単能機）、決まった形状寸法の例えばエンジンのシリンダーブロックの加工だけをするもの（専用機）などがありますが、後でお話ししますように現在は需要の多様化によって小種多量生産時代から多種小量生産時代に移りつつあります。つまり設備にフレキシビリティが必要になってきたわけで、工場に設備する機械には多能であり汎用であることが要求されます。そういう意味でNC工作機械の需要は今後も益々多くなることと思います。

工作機械と工具の話はこれぐらいにして、次に生産のシステムについてお話しします。より早く、より良く、より安くというのは、物づくりの昔からの原則です。芸術作品のように一つずつ作っていたのでは、とてもこの原則には合いません。多量生産がコストを下げるのが今や常識になっています。しかしその効果を發揮するには色々な工夫がありますが、その工夫の一つが部品に互換性を与えることです。電球が切れて交換するとき、どのメーカーの製品でも役にたちますが、誰も不思議に思いません。しかし部品に互換性を与えたということは、物づくりの上では革命的なことだったのです。十八世紀、米国の南北戦争の時のことですが、当時は小銃を製造するとき銃身と遊底は一挺ずつ現物合わせで作っていました。それですから、そのどちらかが故障すると全部を捨ててしまわなくてはなりません。そこで標準とする銃身と遊底を作っておいて、すべて

の銃身が基準とする遊底に合うように仕上げ、またすべての遊底が基準とする銃身にはまるように仕上げると、すべての銃身と遊底がお互いに適合することになります。これによって小銃の製造能率は一挙に向上しました。この基準となるものがゲージです。つまりゲージ方式の採用によって、部品に互換性を与えることができるようになりました。このゲージ方式は更に進んで限界ゲージ方式となり、基準となる現物を作らなくてもよいようになりましたが、時間ありませんので説明は省略します。

このような互換性と共に、部品の標準化というものも生産の能率向上に大いに貢献しました。現在は、多くの工業製品について国際標準規格（ISO）や日本工業標準規格（JIS）が制定されています。このような標準化は私たちの日常生活においても大いに役立ちますが、物づくりの上でも、例えばねじや歯車の規格のように大きな貢献がありました。

さて一般の機械工場というものは、工作機械を始めとする沢山の機械設備と沢山の人の関与する一つのシステムです。この工場管理について、今世紀の始めに米国のフレデリック・テイラーという技術者が「科学的管理法」という論文を発表しました。この人は米国機械学会長にもなった人ですが、いわゆるインダストリアル・エンジニアリングの元祖といつてよいでしょう。この論文は色々な内容を含んでいますが、主として作業者個人の能率向上のために、設備の配置などをどうすればよいかなどについて述べています。そしてこれ以後、モーションスタディーやタイ

ムスタディーなど多くの研究が発表されるようになりました。「一ダースなら安くなる」という小説な映画で有名なギルプレスという人は、モーションスタディーの権威者でした。現実に十二人の子供があり、子供は多ければ多いほど教育の能率が上がり、同様に多量生産ほど効率的であると言っているのです。

テーラーの時代、つまり十九世紀の終わり頃、南北戦争の後でアメリカの工場全体がサボタージュ気分が蔓延して、作業者が働かないようになりました。しかし工場主自身が技術的知識がないので、作業者がさぼっているかどうか分からないのです。そこでテーラーは、約二十年間金属切削の研究をして、長文の論文を発表し、この結果を元にして、加工の標準時間が算出できるようにしました。そしてこのように標準時間が決まりますと、普通に働いておれば一日にいくつ品物が出来るか分かりますから、作業者に対してそれ以上出来上がればボーナスをあげよう。もしそれ以下なれば罰金を取ることにしたのです。これをテーラーシステムといいます。作業者にすれば、今までと違って強制的に働かされるようなものですから、当然反発します。それで労働組合は連邦裁判所に提訴するわけですが、結局このシステムは造兵廠などの公的工場には適用してもよいが、一般企業の工場にはいけないという判決が下り、テーラーは不遇のうちに世を去りました。しかしテーラーの金属切削に関する一連の研究や、標準加工条件の設定などは、今も高く評価されています。

このようにテラーは、主として機械工場における作業者個人の能率を上げる方策について研究しましたが、機械工場全体の生産性向上のために流れ生産方式を提案実施したのが、有名なヘンリー・フォードです。すなわち加工すべき品物をコンベアーに載せ、作業者はその横に立って、単一作業を繰り返すわけです。チャップリンの映画「モダンタイムス」に描かれたように、強制的に単純作業を繰り返すわけです。種々の批判がありますが、この流れ生産方式の採用によって製造コストは一挙に下がり、現在も多量生産工場に広く採用されていることはご承知の通りです。しかし作業者自身にとっては、仕事に興味がもてないのも事実です。それでスエーデンのボルボ自動車会社では、一台の車に必要な部品を一ヶ所に集めておいて、そこへ十人ぐらいの班を作って、その班の全員が共同で一台の車を組み立てるといふやり方を、今から十五年ほど前に実施しました。大いに注目されていたのですが、やはり生産能率も低下し、コストも上がってきたので、現在は元の流れ生産に戻ったそうです。日本では、従来からこの流れ生産方式に対して心理的に余り強い抵抗はありませんが、やはり国民性の相違とでもいましょうか、日本人は本来労働というものには多少とも苦痛の伴うものだといふ観念があるようです。とにかく世界共通のベストの管理方式というものはなくて、例えば日本の中でも東京地区と京阪神地区とでは物の考え方が違い、交通事情や住宅事情などまでも影響してきますから、ベストの管理方式も異なってくるでしょう。

近頃有名な管理方式にカンバン方式というのがあります。これはいふなれば出ずるを待つて入るを制するもので、これまでのように作れるだけ作っていると在庫がどんどん増えて無駄が多くなります。それで必要なだけの部品を準備し、必要なだけ製品を作ることにするのです。もしこのために人が余れば敷地の草刈りでもするのですが、作業者はやはり働かないと気が落ち着かないようです。終身雇用制などもからんでくるのですが、人間の関与するシステムの設計というものは中々難しいものです。

これまで大体工作機械などの設置されている機械工場 (machine shop) の変遷についてお話ししてきましたが、次に物づくり企業全般について述べます。製造企業というものは、直接物づくりに関わる製造部門としては機械工場 (製造部) の他に、研究開発部、設計部、管理部、技術部などがあり、事務部門として総務部、人事部、経理部、資材部、営業部などがありますが、これらを一括して一つのシステムとして捉え、このシステムの効率が最高になるように、つまり企業が最高の利潤をあげるように、システム工学的にこれら各要素のあるべき姿を設計することが考えられるようになりました。つまり全体のバランスをとることが、大切なのです。そして各部門の作業の自動化というのは全体の効率向上のためには必須のことで、コンピューターの助けを借りて行なうのが、事務部門の自動化がOA、製造部門の自動化がFAということになります。

私はOAのことは余り知りませんので、FAについて少し説明します。このFA (Factory

automation) は、CAD (computer aided design) と、CAM (computer aided manufacturing) に分けられます。CADは、需要の解析、開発、機構設計、材料の選択、寸法形状の決定および図面製作の作業を含むもので、いふなれば研究開発部と設計部の仕事をコンピューターを用いて自動化するものです。自動設計と訳してもよいのですが、この中で需要の解析、開発、機構設計の自動化は現実には中々難しいものです。機構設計の自動化については、これまでいくつかの試みがなされています。私たちが機械を設計するとき、確かに一つのプロセスを踏んでいきます。例えば、歩道橋を昇る乳母車という注文があったといいます。赤ん坊を載せるのだから、板の上に寝かして置く。しかしそのままでは落ちる心配があるから、周囲に枠を付ける。また道路を運ぶのには、やはり車がよいので車輪をつける。そして赤ん坊の様子を見ながら歩くのが安全なので、車を引っ張るのでなく押すことになる。これで現在の乳母車の形が出てきます。次に歩道橋の階段を昇るのだから、前輪と後輪を別々に動くようにしておいて、前輪が階段に当たったら前輪だけ上に上がる機構にする。後輪も同じように階段に突き当たれば上がるようにして、赤ん坊の寝ている板を常に水平に保つようにすればよいのです。このような思考の順序をコンピューターにインプットしておけば、機構設計の自動化が理屈の上では可能になりますが、これを一般に拡張するとなれば、生易しいものではありません。需要の解析や、新しい製品の開発ともなれば、一層難しいもので、人間の頭の靈妙さには、現在のところとてもコンピューターは及びませ



ん。既存の機械に類似の物はコンピューターで設計ができて、全く新しい製品はできないのではないかと私は思っています。考えてみれば、機械の設計というものは機械技術者にとって一番楽しい作業ですから、これだけは自動化しない方がよいのかも知れません。しかし材料の選択、部品の形状寸法の決定や図面の製作、つまり製図作業のコンピューターによる自動化は現実に行なわれ、効果を挙げています。今の段階では、CADとは狭義には自動製図といつてよいでしょう。

次にCAMですが、これは管理部、技術部、製造部の作業の自動化です。管理部の仕事は、生産計画、日程計画、在庫管理などで、工場に渡す管理情報を作る部門です。一般に設計部から機械工場に渡される設計図は、そのままでは役に立ちませんので作業内容や工作精度など、工場の設備に合わせて工作しやすいように図面を修正する必要があります。これを生産設計といいます。工作図面ができましたら、今度はどんな順序で加工するか、加工のスケジュールを決め、ついでそれぞれの工作機械について、どんな工具をどんな作業条件で使用するか指示しますが、これを工程設計といいます。ここまですべてが技術部の仕事で、製造部、つまり機械工場ではこの指示を受けて、加工、組立、検査、搬送、出荷などの作業があります。前述のNC工作機械を動かすプログラムを作るのも、ここに入ります。つまり工場の運営には、生産管理情報と設計製造情報が必要です。これらをひっくるめてコンピューターを使って自動化するのがCAMですが、現在C

ADにくらべてCAMはずっと進んでいます。

このCADとCAMを一緒にしたものがFAで、需要の解析から新製品の開発が行なわれ、図面が作られて製造現場に流れ、製品が完成するというすべての作業がコンピュータの助けを借りて完全に自動化するシステムです。これができれば完全な無人工場が実現することになるのですが、残念ながらCADとCAMの結びつきが特殊な機械例えば自動車とか船舶についてはできていますが、一般機械については実現していません。完全な無人工場の実現は、物づくり屋の昔からの夢です。若い時に、本当か嘘か知りませんが、シカゴでは豚が無人の建屋の入口から入っていくと、出口からソーセージの缶詰が出てくるという話を聞きましたが、それと同じように、無人工場に必要な材料を搬入すると、完成した自動車が出口から出てくるのが理想です。無人工場を眺めると、工業用ロボットが無人倉庫から材料を取出し、NC工作機械にかかると、自動的に加工が行なわれます。出来上がった部品は無人搬送機がこれを組立工場に運び、無人組立機がこれらを組み立て、無人検査機が検査をして、自力で工場からでてくることになります。現在これに近いものは、既に国内でかなりの数稼働していますが、完全な無人機械工場は世界中まだどこにも実現していません。一品多量生産ならば理論的にも実地的にも可能ですが、先にも言いましたように需要の多様化によって小種多量生産の時代から多種小量生産の時代に移りつつあります。このために工場設備に融通性(Flexibility)を持たすことが必要になります。このこと

が一層完全無人工場の実現を阻んでいます。今から二十年ほど前になりますが、私たち生産工学研究者の集まる国際会議で生産技術についてアンケートをとったことがあります。その中の一項に無人工場に関するものがあり、無人工場は二十一世紀までには実現するだろうというのが大半の意見でした。果してこの予測があたるかどうか分かりませんが、私は必要に迫られるならいざ知らず、生産システムにはある程度人が関与した方がよいのではないかと思っています。

本来人というのは、物を作ることに楽しみを感じるのですね。どなたも小さい時に、時計をこわしたり、組み立てたりしたご記憶があると思います。現在は、大学の機械工学科のカリキュラムで、かつて必修であった機械設計演習や機械製作実習が選択科目になっているところが多くなっています。私は図面も書けない、物も削ったとのない機械屋はどうなることかと心配したのですが、全く杞憂でした。選択科目になっても、ほぼ百分の学生が履修するそうです。実際は、三高時代に福田先生から教わった烏口を使つての製図などは今ではすっかりコンピュータが代行しますし、どんな小さな工場でもハンマーとたがねで金属を削ることなどしていませんが、仕事自体はやってみると楽しいものです。だから物づくりのシステムには、ある程度は人の関与する余地を残しておいた方がよいでしょうし、またその方が経済的にも有利な場合が多いと思います。また余談になりましたが、現在日本政府が音頭をとって米国とECに呼び掛け、生産技術に関するIMS (intelligent manufacturing system) 計画という大型プロジェクトが進められていま

す。この分野では、日本が世界のトップに立っているというわけです。この計画の内容は、現在技術の整備体系化、生産技術の標準化、二十一世紀をめざす新しい生産技術の開発とシステム化などですが、これから何十億円かけてやろうというわけです。

物づくりについて、手作りの時代から現在のコンピュータ利用の最先端の生産体制までの歴史を駆け足でお話してきました。最後に一言付け加えさせて頂きます。これまで物づくりは、より良く、より早く、より安くというのを金科玉条のようにしてきましたけれども、遅まきながら今や反省の時期にきていると思います。これからの生産技術者はいささか気取った言い方ですが、哲学を持たなければならぬでしょう。明治以来、日本全体が物づくり重視の方針でやってきましたし、確かにこのことが終戦後の経済的發展に寄与したことは間違いありません。しかしこれからは、こういう物を作れば社会にどんな影響を及ぼすかとか、こんな作り方をすればどんな環境破壊を引き起こすとか、いわゆるテクノロジーアセスメントが必要になります。武士に武士道、商人に商人道があるように、技術者にも技術者道があつてしかるべきでしょう。

しかし最近私が心配しているのは、若い人たちの理工ばなれの風潮です。物づくりが諸悪の根源のように言われますが、資源の乏しいわが国では素材を輸入して付加価値の高い製品を作つて輸出しなければ自立できないことは、自明の理です。金融業やサービス産業ばかりでは困ります。確かに国際道義上過大な貿易黒字はいけないと思いますが、もしこれが赤字に転じたらどうなる

のでしよう。これが老婆心というものかも知れませんが。

誠にとりとめないお話で申し訳ありませんが、時間もきておりますのでこれで終わらせて頂きます。ご静聴有難うございました。

(京都大学名誉教授)