

SME LIBRARY 17

日本の工作機械を築いた人々



黒 田 彰 一 氏

黒田精工 会長

SME 東京支部

本稿は大河出版「応用機械工学」1991年10月、11月号掲載

黒田精工の創業

——これまで我が国工作機械の発展に尽力された方々にお話をうかがうこのシリーズも、今回で17回目を数えます。そこで本日は、加工技術に不可欠な要素である測定関連ということで、黒田精工の黒田彰一会長にご登場願ひ、日本の測定技術を振り返っていただくことに致します。

黒田精工さんは、以前は「黒田挟範製作所^{きょうはん}」という名前でしたね。

黒田 はい、社名を現在の「黒田精工」に変えたのは、1965（昭和40）年です。ひとつには、「挟」という字が当時の当用漢字にはなくて、それに新卒学生の募集をしますと、教科書販売会社と間違われたこともありましたね（笑）。

それはともかく、「挟範」という言葉は元来軍の用語で、おそらくドイツ語の“グレンツ・レーレ”（Grenz Lehre）を直訳したものだと思います。英語なら“リミットゲージ”（limit gauge）、「限界ゲージ」です。スタンダードゲージは「模範」といっていましたね。

日本で最初に限界ゲージ方式を採用したのは海軍です。創設当初は、「三笠」を始め軍艦はすべてイギリスからの輸入でしたし、そのうちに海軍工廠ができて火砲などをつくり始め、軍艦に搭載してみると互換性がない。それで調べてみたところ、ゲージというものを使っているという。その頃、呉海軍工廠^{ほうこう}砲煩部第7工場が、いわゆる工具工場でした。そこでゲージをつくり、兵器の生産に使っていた時代があったのです。

その後、この考えかたを民間にも普及させようと、1924（大正13）年に大阪に「大阪挟範協会」というのができまして、限界ゲージの前提として互換性を確保するための穴軸はめ合い方式が定められ、これが最初のJES（日本技術規格、後にJIS）になったわけですね。

穴軸はめ合い方式というのは、すべての品物をある許容誤差の範囲に置いて、互いに互換性を持って組立可能な適当な精度を与え、穴と軸に必要な隙間または締めしろを持たせるためのものです。海軍ではこれを「挟範工作法」といい、その後一般的には「限界ゲージ方式」とか「穴軸はめ合い方式」といっていました。

そもそもこの考えかたが出てきたのは、イギリスの産業革命の後です。繊維機械や紡織機のスピンド

黒田 彰一 氏

1924（大正13）年2月、「黒田挟範製作所」（現・黒田精工）の創業者、黒田三郎の長男として東京に生まれる。麻布中学、旧制浦和高等学校を経て、1946（昭和21）年9月東京大学工学部精密工学科を卒業。その間、1941（昭和16）年に父が急逝し、大学在学中の1943年に同製作所取締役社長に就任する。戦後は、それまで軍需が主だった同社を荒廃から立ち直らせ、1965（昭和40）年に社名を現在の「黒田精工」に改め、空圧機器始めゲージ、金型などの総合精密機器メーカーに育て上げた。

日本金型工業会会長、日本精密測定機器工業会理事長、日本油空圧学会副会長、国際金型協会理事など各種団体の要職を歴任、金型や精密測定機器の国際標準化にも尽力した。現在も金型工業会会長を始め多くの職を兼ねる。

政府関連の委員歴も長く、通産省計量行政審議会、機械工業審議会、JIS調査会委員などを始め、輸出対策や産業構造委員会委員など、我が国機械工業の発展に対して行政指導面でも大きな役割を果たした。

学生時代は文科を志望していたほどの読書家で、今も日課になっている。深い専門知識と文学的センスを兼ね備えた数少ない経営者である。

ルに何本ものリングをはめるのですが、まず理想的な軸模範をつくっておいて、それにはめ合う穴を加工したのが始まりなのです。ですから、最初は軸基準だったんですよ。その後、穴基準が一般的になりました。穴よりも軸で寸法を調整したほうが、どうしてもやりやすいですからね。

一方、陸軍も陸軍式限界ゲージ方式というのを始めていまして、それを推進したのが長沢^{ながさわ}寸義^{すんぎ}遠^とという陸軍の勅任技師です。軍需の要請から、どうしてもゲージ方式を広めなければならなかったわけで、長沢さんは戦後東京重機工業（後にJUKI）の顧問をされました。

私の父の黒田三郎（写真1）は福岡県三池郡の出身で、北九州市に今でもあります。最初「幸袋^{こうふくろ}工作所」という鉱山機械をつくる会社に入り、その職工学校で学んだのです。学校では、唐津鉄工所の創業者である竹尾年助さんにも教わったそうですが、その後三菱長崎造船所に入り、「園池製作所」に移りました。

父は、園池で働きながらゲージに大変興味を持っ



写真1 黒田精工創業者・
黒田三郎氏

たらしく、1925（大正14）年に33歳で独立して始めたのが黒田挾範製作所というわけです。

創業当初は、限界ゲージ方式を理解してもらうのに東京市商工会議所の産業講演会などで話をし、合理的な寸法公差を与いけな

あまりに厳しい公差だと経済

済性がないなどと啓蒙したようです。だから当時は、そうしたソフトウェアというか背景を説明しないと、ゲージが普及しなかったわけです。そんな時期がありましたね。

園池製作所の創業者の池田辰衛（写真2）という方は、早く亡くなったのですが、日本の機械工業の発展に大変大きな足跡を残した人です。



写真2 園池製作所創業者・
池田辰衛氏

池田さんと鮎川義介さんとは、蔵前（東京高等工業学校、後の東京工業大学）の同期で、同じ頃に2人ともアメリカに留学し、鮎川さんは鑄造技術を学んで帰国し、後に「戸畑鑄物」を興しました。それが日立金属になり、やがて日産コンツェルンに

なるわけです。

一方、池田さんは海軍工廠で2年ほど働いた後、プラット&ホイットニー（P&W）社に入社して研修し、持ち帰ったのが工具や切削、鍛造技術でした。そして、鍛造関係では後に「東京鍛工所」という会社をつくりました。切削工具については、最初「池田工具製作所」をつくり、切削工具やゲージなどを手がけたのですが、創業当初は剃刀の刃などもつくらざるを得なかったようです。

その後、池田さんは白樺派の作家でもあった園田武彦男爵から資金援助を受けて、2人の名を取った園池製作所を1914（大正3）年に設立したわけです。おそらく、その後の日本の工具関連の先達の方々は、ほとんどが園池から出ていると思います。たとえば、大岡製作所の大岡吉邑さんとか、田野井製作所の田野井丈之助さん、宇都宮製作所の宇都宮徳太郎さん、もちろん私の父もそうです。

今でも戦災に焼け残って家のどこかにあると思いますが、父がノートに詳細に書き残したのがあります。いろいろな工具やゲージについて図面と工程設計を書いて、旋盤を誰が使い、見積もり時間がどうといったメモをしていたようです。園池製作所は工作機械もつくっていましたから、いわば我が国機械工業の源流のひとつといえるかもしれません。

池田さんは、『実地工作術』という著書も残しておられます。これには、P&Wで実習したアメリカの切削技術や測定技術などについて書かれていました。その池田さんの弟の池田清蔵さんが、東京鍛工所で専務をされていて、私の父と大変仲が良くて、その息子さんが現在も当社で顧問をされている池田利規さんです。

やはり園池におられた小田碧さんとか、岡本工作機械製作所におられた隅山良次さんも、工具には大変な詳しくかったですね。岡本工作機械の創業者である岡本覺三郎さんと父もまた、大変仲が良かったんですよ。それと溝口歯車（後の溝口鉄工所、現・MSTコーポレーション）の溝口捨丸さんとかね。

弥満和製作所の渡辺譲吉さんは、後に学習院大学の院長をされた安部能成さんと旧制第一高等学校時代からの友人で、渡辺さんがつくる工具ならと太鼓判を押されたという話を聞いたことがあります。

いずれにせよ、とくにスモールツールについては園池製作所が最初だと思います。ゲージシステムの普及という点では海軍工廠で、それに尽力したのが伍堂卓雄さん（造兵中将、後に商工大臣）とか日高鉦一さん（後に度量衡検定所長）、いわゆる造兵屋です。

日本の近代工業はたかだか100年くらいの歴史しかありませんから、遡ればいろいろなストーリーがあり、どこかでつながっているんですよ。

——逆にいえば、まだルーツがたどれるということでしょうね。

黒田 今なら、まだそれが可能だということです。

——黒田挾範製作所の発祥の地は東京・蒲田（大田区）とうかがっていますが……。

黒田 はい、現在、京浜急行に梅屋敷という駅がありますが、今の東浦田、あの辺りです。ただ、創業当初は機械もそう多くなく、まして研削盤など高価な機械は買えませんから、たとえば円筒研削盤は夜間に近くの東京高等工芸学校（後に千葉大学工学部）のを使わせてもらったり、当社にあって大岡製作所

にはない機械は、大岡さんが夜私どもの工場に来て使うという具合でした。

昭和の初期から5、6年にかけての経済不況の後、軍備拡張の時代になって、ゲージの必要性が叫ばれて需要が増え、とりわけ熱心だったのが三菱重工業じゃなかったでしょうか。とくにあの「零戦」の部品は、ほとんどが黒田挾範のゲージを使ってつくられたと思います。

それが「三菱限界ゲージ方式」という名前で三菱の規格になり、それを母体にして戦時中に臨時JESになり、そしてJES、戦後のJISになったわけです。臨時JESは、ドイツのDIN（ドイツ工業規格）をかなり参考にしています。

いろいろ調べてみますと、ドイツが第1次世界大戦で、まだ余力があったにもかかわらず敗北した大きな理由のひとつに、ゲージの供給が間に合わなかったことがあるそうです。つまり、摩耗したゲージをそのまま使っていたために部品の互換性がなくなり、兵器としての機能を果たさなくなった。それで、補給が続かなくなったらしいんですね。

——黒田挾範は、創業当初からゲージを手がけたわけですね。

黒田 はい、ねじ模範だけでなくゲージ全般です。当時は、腕の良い仕上げ師がたくさんおりましたからね。昭和の初期に、中国の軍閥で張作霖ちやうさくりんというのがいまして、その奉天の工廠で兵器をつくっていたのですが、そこに機関銃のゲージ一式を納めたことがありました。

当時の中国の軍閥は大変力を持っていて、最初は日本特殊鋼に引合いがあって、そこの創業者である渡辺三郎さんから黒田挾範に話が来たわけです。そして、2年ほど張作霖の工廠向けにゲージをつくりました。そんなこともあったですね（写真3）。太平洋戦争が始まると、黒田挾範は軍需会社の指定

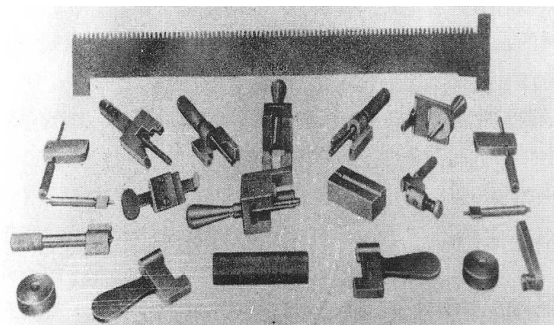


写真3 奉天工廠向け特殊ゲージ

を受けて、つくった製品はすべて陸海軍なり軍需省に納めなければならなくなりました。そして、戦争が激しくなると、空襲に備えて皆工場の疎開を始めたわけです。当社も、山形県の上之山温泉に洞窟工場をつくらされたり、広島県の三原の酒倉に疎開しろとか、京都の西陣の織物工場にゲージづくりを教えろとか、群馬県伊勢崎の織機工場でゲージをつくったりもしましたよ。

京浜工業地帯が空襲を受け、蒲田の本社工場はほとんど焼けてしまいましたが、残った機械を甲府に疎開させました。1939（昭和14）年にできた現在の川崎工場は焼け残ったのですが、やはり疎開命令を受けて、長野県の岡谷以北なら良いというので、北安曇郡あづみの池田町に移りました。

その長野工場は、昭和20年の8月15日、つまり、終戦の日に始業式をやることになっていたのです。戦災に伴う火災保険などは、まさかのときには補償されることになっていたのですが、例のポーレ賠償団が来日して全額戻させられたようなわけです。

当時は私も会社に出ておりましたが、ポーレの日本経済復興政策を見たときには、もう日本を再建させないようにするのだと思い、実に暗澹あんたんたる気持を持ったものでしたよ。たとえば、日本の粗鋼生産を年間230万トンに限定するとかですね。

——戦争中は、陸海軍の別なくゲージを供給したのですか。

黒田 そうです。陸軍、海軍、それに三菱、中島飛行機、プロペラをつくっていた住友金属工業などだったでしょうか。とくに、可変ピッチプロペラのシャフトのスプラインゲージは、当時は当社しかつくれなかったですから。これの増産には、大変な苦勞があったと聞いています。

私の父は、1941（昭和16）年の開戦前に亡くなったのですが、当時、私はまだ高等学校の学生でした。父は満50歳にもなっていなかったのですが、まさかそんなことになるとは思っていなかったらしく、後の体制など全然整えていなかったのです。

その後戦争が始まり、軍からの増産命令があって、本社工場と川崎工場、それに現在の富津工場（千葉県）合わせて500人くらいだった従業員も、拡張に継ぐ拡張で終戦時には1500人くらいにまで膨れ上がっていました。

実は、私は元々ビジネスには向いていないと自覚してしましてね（笑）、将来は“リベラルアーツ”の

ようなものをやりたいと考えて、高等学校に進むときも文科を志望していたくらいなのです。ところが、父は先を見越していたのか、必ず戦争になるから、もし鉄砲を担ぐのが嫌なら理科に行けという。

こんなことをいってはなんですが、私は多感な少年時代に軍人の非人間的な一面を見てしまい、どうも軍隊というものが好きになれなくて、それで結局理科に進んだというわけです。

それでは何をやるかと考えて、当時は湯川秀樹博士や朝永振一郎博士などの中間子理論とか量子力学が流行った時代でした、今のバイオテクノロジーのようなものでしょうか。それで、物理が何か面白そうに思えたので、自分もそれをやるつもりでいたところが、親父が急死してしまったのです。

それで、もし後の会社の運営に支障があるようなら、軍から社長を派遣してもよいという話を持ち上がったのですが、多くの社員から拒否反応が出て、また会社を買収するという話もありましたが、最終的には会社の将来を考えて、私が学生の身で社長をやることにしたのです。

しかし、そうはいいまして私はまだ未成年ですから、法律上は能力がないのです。そこで、親権者会議というのをつくり、単に父が急死した後の象徴的な求心力として跡を継ぐことになったのです。

そうすると、悠長に物理学などやっているわけにはいきませんから、結局東大の造兵学科に入りました。当時、造兵学科には「砲^{ほう}撃」^{こう}、「魚雷」^{こう}、「精密機械」^{こう}、それに「化学機械」の4コースがあって、精密機械があったのは造兵学科だけでしたからね。ただ、化学機械は戦時中ではなかったようでした。

それで私は精密機械を専攻して、大学時代から会社の経営にかかわるようになったのです。大学を卒業したのは、1946（昭和21）年の9月です。

19歳で社長に就任

——そうしますと、黒田さんが社長になられたのは何歳のときですか。

黒田 はい、私は19歳でした。当時は会社がまだいくつかに分かれておりまして、黒田挾範製作所を始め、機械式比較測定器をつくっていた「黒田測定器製作所」などが合併して、株式会社黒田挾範製作所になったのは1943（昭和18）年です。そのときに正式に社長になりまして、父の死後それまでは、旧

民法でいう相続人という立場だったのです。叔父が代表取締役専務になり、名目上私が社長というわけです。

——いわば学生社長というわけですね（笑）。

黒田 はい、非常に複雑でしてね、大変困りました。でも、多少は責任感がありますから（笑）、休日になると工場に行って削ってみたり熱処理をしたりと、いろいろ実習をしたものです。

当時の熱処理は、脱炭防止のために塩化バリウムのソルトバスを使っていたのですが、炉の温度を測定するにしても、性能の良いものがなかったですね。その頃の熱処理場というものは、なるべく光量がばらつかない北からの光線を探るように北側にありまして、かなりの部分を人間の勘に頼っていたのです。私も熱処理をやりましたが、焼きが入っていないのをつくってさんざん叱られたこともありますよ（笑）。

話は変わりますが、ピーター・ドラッカーの「断絶の時代」という本のなかに、限界ゲージ方式について取り上げた部分がございますね。そこで彼は、この方式は近代生産技術のなかで非常に大きなイノベーションであったと述べています。つまり、互換工作法を確立したという意味でね。

ですから、ドラッカーという人はなかなか細部まで目配りの行き届いた人だと思います。また、彼の別の書物のなかに、すべての企業は3年経ったら自社の製品を自ら問い直せ、という一節がありますが、期せずして当社の戦後の歩みが、自然とそういうものの考えかたで進んできたという感がありますね。

ゲージというのは兵器の申し子みたいな部分がありまして、戦争が終わり軍需産業が完全になると、昭和21年から23年頃までは、長野工場でニクロム線の電熱器をつくったり、富津工場でバリカンの刃をつくったり、オルゴールの部品などもやりました。ただ、いずれもものにならなかったのですが……。

富津工場は東京湾に面した海岸の近くにありまして、終戦直後は一時期電力が余ったので、残っていた戦闘機のベニヤ板製の増槽（補助燃料タンク）を大八車に積んで海岸まで運び、それに海水を入れて折れた鋸の刃を電極にして塩をつくったこともありまして。つまり、製塩をやったんですよ。

そして、できた塩をお米に替えて従業員の雑炊にしたり、銀行に持って行って融資をお願いするとか、そんなこともしましたね（笑）。

また、ブロックゲージを入れる箱をつくるために

木工場を持っていたので、山林を買ってそこから木材を切り出し、住宅建築用に製材するといった材木屋みたいなことも、昭和26年頃までやっていましたかな。

そんなわけで、昭和24年頃までは、生産らしいことは何もしていませんでした。まあ、これは当時はどこの会社でも同じだったでしょうが……。

終戦直後は、とくに軍需関係の会社は軒並み潰れたような状態になって、当時「会社経理応急措置法」という法律が施行されましたが、ほとんどの会社は債務超過になったわけです。それで、資産のうち使う設備だけを現物出資して会社をつくり、旧会社のほうは精算管理するということをしたのです。ですから、当社も再建を始めるにあたっては、まずそうした整理から手を付けていったのです。私もまあ、経理屋の仕事が中心でした。

当社もそれまでは軍需会社ですから、すでに注文書などは焼けてしまっていたのですが、注文を受けた事実はあります。そこで、たとえば海軍工廠からこれだけ注文があり、仕掛かり工程率が50%だとすれば、その分だけ補償をしてほしいとこちらは訴えるわけです。しかし、先方はすでに前金は渡してあると反論するという具合です。そんなことで債権債務の確定をして、新旧勘定2本立ての「特別経理会社」としたのです。

当社の場合は、資本金を90%減らして外部債務を30%切り捨てさせてもらいましたが、結果的にはインフレが進んで手持ちの資材が高くなり、それで債務を弁済できるようになったわけです。そして、1949（昭和24）年4月5日に、新旧会社を合併して生産を再開したのです。

その当時は、ゲージの需要などはまったくなかったですから、さっきの話ではありませんが、それでは当社の特色は何かと考えると、ゲージ製造にかかわる加工や測定といった精密技術ではないかということで、まず見つけたのが自転車の泥よけの金型でした。それに、乾電池形の自転車ランプを差し込むブラケットの型もやりました。

日本の戦後の産業復興過程を見ていると、花形産業は次第に部品の集積度が高いほうに移っていきまして、その関連のゲージの需要が出てきた。量産物ではまず自転車でした。部品点数は100以下で、その次がマシンだったのでしょうか。これは部品が1000点以下でしたね。

各種のゲージをつくる

進駐軍住宅用に、水道蛇口のねじを検査する管用ねじゲージをつくることになったのですが、当時は水道管にねじを切るといっても、ご記憶でしょうが“オスター”という割り駒ダイスを使い、手で切ります。その後、シールに麻紐を巻いてやっていたのです。しかし、どうしても蛇口の壁からの出入りが揃わなくて、進駐軍からクレームがついたものでした。

蛇口のねじはテーパねじですが、それで切るとねじ山が面に直角になってしまう。つまり、ピッチが面に沿ったものになってしまうのです。それでは駄目だということで、軸ピッチに直したものにして、そのゲージを一括してつくらせてもらい、それを配給して家庭用管用テーパねじを切ったというわけです。

その次に、工業技術院からのお話で、当時は電球のソケット（口金）と受金の品質が悪くて、電球をねじ込んでも接触不良になるので、口金ゲージをつくってほしいといわれたことがあります。

——あれは確か“エジソンねじ”といっていましたね。今の人はほとんど知らないでしょうが。

黒田 はい、普通の電球のねじは径が26mmで、規格番号で「E26」と呼んでいます。あれはプロファイルが円弧をつないだ形のねじになっていて、今あのゲージをつくれといわれると考えてしまいます。かなりリードがきつくて、ねじ研削で仕上げてても砥石のツルーイングをどうするかなど、難しいことが多くあります。

しかし、当時は熟練工が多くいましたから、板ゲージをつくって“隙見法”[※]で精密な総形バイトを仕上げ、ベルトがけ旋盤でゆっくりと加工したものです。その後はラッピングで仕上げたわけです。

そのE26というゲージを、東芝始め主な電球メーカーに配りました。当時、品川や大井町近辺には中小の電球メーカーがたくさんございましてね。クリスマス用の飾り電球を輸出して外貨を稼いだ時期があったのです。あれの口金もエジソンねじのような

※すりガラスの下に光源を置き、マスターとワークを突き合わせて光を通して、その隙間から形状の良否や直線度などを検査する方法。熟練した人間の目は、0.002mm程度まで判別できる。

形をしていて、「E16」という径が16mmのゲージをつくったこともありました。

私自身が規格をつくったものでは、ガス溶接機のバーナのねじです。これもやはり取付け用ねじ部分の精度が悪くて危険性がある。そのゲージの依頼を受けたときに、サンプルを測定してみると、ねじの等級で4級以下なのです。そのときの要求は、1級用のねじゲージをつくってほしいということでしたが、実際には精密なねじ切りをしているわけではないのです。

そこで、互換性を保つためには等級を上げるよりも3級か4級でよいから、きちんとしたねじを切ってくださいとお願いして、4級相当のねじゲージをつくりました。

他には、ドラム缶の蓋に付いている口金のねじゲージです。朝鮮戦争（1950年）が始まって、日本は一大補給基地になりましたから、大量のドラム缶が必要になり、その口金ゲージをつくることになったのです。

ドラム缶の口金は成形後に蓋を溶接するのですが、溶接することで歪みが出てくる。ですから、溶接前と溶接後のゲージが必要になり、作業標準まで考えたゲージの要求が出てきたわけです。

自転車ねじは、当時はねじ山の形状も55°のウィットウォース形で、ねじ山の頂点は丸くならなかったのですが、これではゲージをつくるのが大変です。そこで、技術的に必要性のない丸形を止めて、フラットにするよう工業技術院で取り上げてもらいました。

またミシン用ねじは、最初はシンガー社（アメリカ）の規格だったのですが、新しく規格をつくりました。そんなことで、ゲージメーカーとして互換性を重視するいろいろな規格づくりに協力させていただきました。

それに5極真空管の穴位置ゲージとか、ガラスの注射筒に注射針を付ける部分のテーパゲージなんかもやりましたね。その部分のテーパが合っていないと、空気が入って生命にかかわる危険がありますからね。そんなあまり目立たないところでも、ゲージメーカーとしてお役に立ったのではないかと考えております。

——テーパねじゲージを軸基準に直したというお話は、大変興味深いですね。昔、熟練工の試験にテーパねじを切らせるというのがあって、熟練度のひと

つの目安になっていたそうです。それは、おそらく面直角にねじを切るという技能が、旋盤作業者でも難しかったのではないかと……。直径が変化していくねじというのは、切るのが非常に難しいですね。

黒田 テーパがきつくなるとよけい大変です。そのようなねじのなかで最も難しいのは、石油掘削管用のねじです。最近では、石油ガスの井戸を含めると海洋油田が全体の60%にもなりましたし、深さ4000m～5000mにも達します。それを管のねじジョイントでつないでいき、先端にテーパのきついねじジョイントで工具を取り付けています。工具も、最近ではほとんどがポリクリスタル・ダイヤモンドです。以前は超硬を使っていましたが、摩耗すると4000mも引き抜かなければならないですからね。

石油掘削の場合、途中で壁が崩れないようにケーシングパイプをはめていくのですが、一番太い部分は直径が20inch（500mm）にもなります。そのパイプを次から次につないで下に降ろしていくわけですが、油層から採油するときに海洋汚染を防ぐために、ねじ継手が完全に密封性がなくてはならない。

それと同時に、4000mもつないだ全体の重量を受けるために、最近では三角ねじではなく、直角ねじあるいはねじ山が直角よりもマイナスになったもの（マイナス・バットレスねじ＝図1）にする、といった工夫をしているのです。

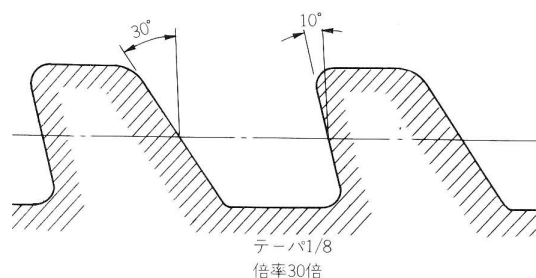


図1 マイナス・バットレスねじの断面

——石油掘削管用ねじは、ゲージですべてチェックするのですか。

黒田 はい、アメリカにAPI（アメリカ石油協会）というのがありまして、自由主義圏、共產圏を問わずすべての石油掘削関係業者は、APIの認定を受けた規格品でなければ使ってはいけません。その規格に適合していることを示すマークを「APIモノグラム」（写真4）といいます。ゲージにもすべてそれが付いていまして、それがないものは使えない。

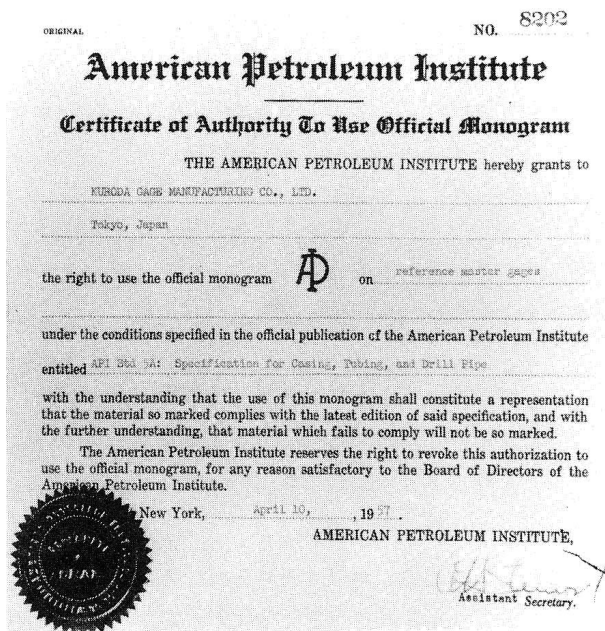


写真4 APIモノグラム(A, P, Iの組合わせ文字)

当社がAPIモノグラムを付ける許可を取得したのは昭和32年頃ですから、もうずいぶん昔のことですが、戦後、日本の鋼管メーカーたとえば日本鋼管(NKK)や住友金属工業などは、石油掘削用とかラインパイプ用の付加価値の高い分野に進出していきました。住友金属さんは、戦時中は海軍のボイラーチューブを手がけていましたからね。

そこで、どうしてもAPIのモノグラムがなければというので、その資格を取るのにずいぶん苦労されたようです。それにはゲージが必要ですが、当時はすべてアメリカから輸入していたのです。しかし、そのゲージはとても高価です。

検査用のリファレンスゲージは買うとしても、ワーキング(作業用)ゲージは何とかならないかという依頼を受けて、昭和27、28年頃からでしょうか、当社も石油管用のねじゲージの開発には苦心したものです。

すると今度は、そのゲージを検定する機関が必要になります。最初は、APIの公認機関であるアメリカのNBS(アメリカ標準局、現・NIST)やイギリスのNPL(国立物理学研究所)、ドイツのPTB(物理技術局)、それにオーストラリアのNSL(国立科学研究所)などに送って検査してもらったのですが、どうしても日本に検定機関が欲しい。

そこで、当時の中央度量衡検定所(現・計量研究所)の朝永良夫博士^{ともなが}のお伴で、NBSに検定の実情を視察に参りました。しかし、実際には日本の方法と

本質的にはほとんど変わらず、いろいろな手続きを経てようやく計量研究所もAPIの公認認定機関になったわけです。

さっきいいましたように、管用ねじの大きなものは直径が500mmにもなりますから、大径のねじゲージが必要になります。測定すべき要素としては、ピッチやねじ山角、テーパねじ山フランクの直線性などがあります。その過程で、大径ねじ用の3次元測定機がどうしても必要になったわけです。ただ、これは現在のものとは多少違いますが……。

そこで、計量研の指導を受けて当社とオリンパス光学工業が共同で管用ねじの3次元測定機を開発し、計量研究所に納めました、ですから、これはおそらく日本で最初の3次元測定機ではなかったかと思います。

日本最初の3次元測定機

——その3次元測定機は光学式ではなく接触式ですか。

黒田 ええ、ねじ山形状検査用としてはワークに載せて光学的に測るものはありますが、APIが要求する測定精度がありますから、きちんとしたものをつくらなければならないのです。標準スケールを使いまして、ねじ山の角度やフランクの面粗さなどは、東京精密さんの触針式形状測定機を使いましてね。今、あの測定機はどこにあるのでしょうか。いずれにしても、日本最初の3次元測定機ですからね(写真5)。

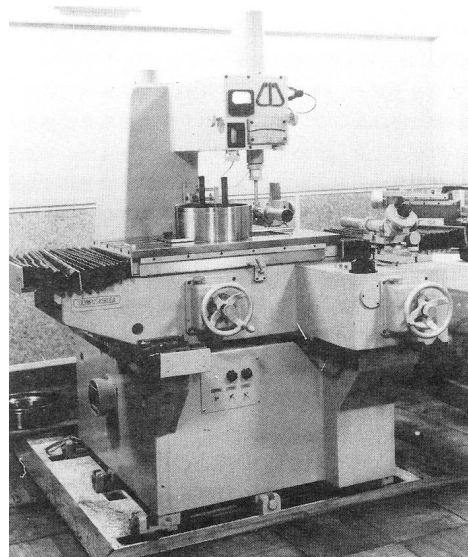


写真5 日本最初の3次元測定機(LSM. 1960年)

——その測定機はポータブルなものですか。

黒田 いや、サイズは大きいですよ。測るゲージに大きいものがありますから。その当時は、ケーシングパイプで直径 13inch3/8 というのが最大でした。それが 20inch になったのは、その後、北海油田などで掘削するようになってからで、波が荒いうえに亜硫酸ガスなど有毒なガスが出るので、材料的にも大変難しいそうです。波高が 60 m もあるので、パイプが破断してはならず、またシール性も完全でなければならないのですからね。

現在、そうした要求に応えられるのは、ドイツのマネスマンや日本の住友金属、NKK、新日本製鉄くらいでしょうか。しかも納期をきちんと守れるのは、今では日本のメーカーだけじゃないですか。

——バットレスねじというのは、規格になっているのですか。

黒田 API の標準規格はあるのですが、こうした高級なねじになると「プレミアムパイプ」と呼びましてね、住友金属や NKK、それにアメリカのハイドリル社、フランスのバロレック社などが、そうした特殊なねじ付きパイプを手がけています。このねじはメタルシール付きなのです。ねじで受けてさらにシール部を設け、ラビリンス構造にして密封圧を高めています。これは大変難しい技術なんですよ。

この検査に使うゲージを加工する機械をつくらなければならないというので、当社は専用の NC ねじ研削盤を開発したわけです（写真 6）。ねじ山がマイナス・バットレスで、しかもヘリックスアングルも変わってくる。ねじ断面が決められた形状をしていなければならないのです。

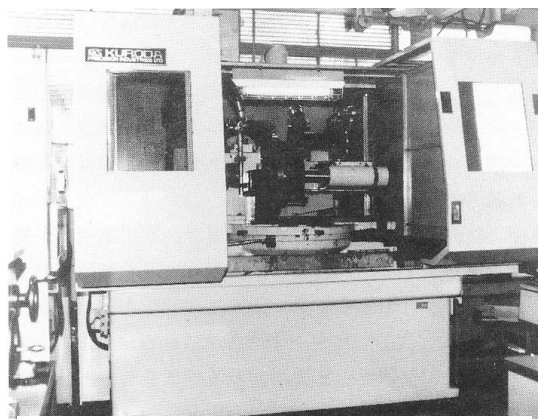


写真 6 マイナス・バットレスねじ研削盤(1983 年)

バイトで軸線に直角に削る場合と違い、研削加工では砥石の干渉が起こります。そこで、砥石の径や

ねじ径、ピッチを入力して、複雑な干渉量の演算をして、砥石の形状を修正しておく必要があります。そして削った結果から、軸断面で切ったときに完全なプロファイルが得られるようにするわけです。でも最初は、ペンシルグラインド方式でやらなければならないのではないかと思います。

そんなことから、まあコンピュータのおかげで、近似的ではありますが解析ができるようになりました。

——パイプのねじを測定するには、測定機を固定してパイプを移動させるわけですか。

黒田 今でもパイプを横にして測るのですが、API では検査方法まで規定されていて、ゲージを手締めでぎゅっと締めていって、テーパねじですからどこかで突き当たるわけです。

ここで英語の表現はなかなか面白いのですが、ラグビーの“スタンドオフ”と同じです。スタンドオフというのは、参照面から端面がどれだけ飛び出しているかをいうのですが、その量で決めるのです。この範囲とこの範囲にあれば合格というわけです。

——それは締付けトルクが一定になるように装置を使うとか……。

黒田 いや、人の力でやるというのが API の規定なのです。一部精度を要求されるものは、「トルクハンマー」と呼ぶ定トルク装置を使いますが……。ただ、外人と日本人では力が相当違います。たとえば、日本人の平均的な力は 1/18 馬力くらいといわれています。それに比べてアメリカ人なんかはパワーがありますね。それがどのくらいになるかは、測ったことはありませんが。

ねじドライバーにしても、グリップの太さからしてアメリカのものと日本のものとは違いますね。軍艦なども、アメリカにはアイスクリーム製造装置が積んであったり、背の高さが違うせいか天井が高いので、居住性は日本のよりも良いようです。ただ、それだけデッドスペースも増えますが。とくに兵器は、原則的には国産しなければ駄目のようですね。

少し本題と離れてしまうのですが、兵器の話題が出たついでに申しますと、今度の湾岸戦争で日本も掃海艇を派遣しましたが、あれは機雷に感応しにくいように木造船なのです。ところがある政治家が、「なんだ、日本はまだ木の船を使っているのか」といったそうです（笑）。

掃海艇で一番苦勞するのはエンジンで、あれは磁気防止のためにステンレス系の材料を使います。それに、今でも専用の船大工を抱えているそうですよ。現在、本格的な掃海能力を持っているのは、世界でアメリカと日本だけだそうですから、アメリカが帰ってしまうと後は日本がやらなければならない。

私も大学時代に機雷の講義を受けたことがありましたが、その当時は浮遊機雷が大部分で、一部磁気感应タイプのものが出始めた頃でしょうか。しかし、現在はケーブルで海底に繋留してやるものか、埋設機雷といって磁気を感知すると浮き上がってくるもの、あるいは船が通ると水圧の変化を感知して近付いていくもの、さらにスクリー音をソナーで感知するものなどがあります。

最もハイテクな機雷はコンピュータを搭載していて、音や水圧や磁気をセンサで感知し その情報をコンピュータ分析するという、相当複雑なものらしいです。

実際の掃海作業は、2隻の掃海艇が並んで長いケーブルを引っ張り、それに高い電流を流すと海面に磁場が発生して、それに感应する機雷は浮かんてくる。それを機銃掃射して爆発させるという具合です。

それでも浮かんてこないものは、ソナーで海底を探って画像解析し、機雷らしいものをダイバーが潜って確認する。そして最後に、ロボットが付近に爆薬を仕掛けて誘爆させるのだそうです。ですから、大変厳しい作業になるわけですよ。

ブロックゲージと測定

——黒田挾範製作所時代、ブロックゲージも早くからやっておられたのですか。

黒田 昭和5、6年頃に、当時の横浜高等工業（後に横浜国立大学工学部）の斉藤輝治先生の指導を受けて、その頃から手がけております。これは後でわかったことですが、おそらく先生は、F.H. ロルトの『ゲージズ&ファインメジャメント』という書物にあるブロックゲージの製作方法を参考にされたのではないかと思います。

つまり、ブロックゲージをつくるための定盤を3面すり合わせして、完全な平面をつくる。6枚程度のブロックゲージを作業用定盤に張り付けて、酸化クロムなどのラップ剤を定盤に埋め込み、手作業で仕上げるという方法です。

津上製作所（後にツガミ）さんのほうが当社よりも早くブロックゲージをやっておられましたが、津上退助さんがヨハンソンに対して論争を挑んだのは有名な話です。つまり、ヨハンソンのゲージは良くないとね。

私がそれを確認したのは戦後ですが、戦前に輸入されたヨハンソンのブロックゲージを光波干渉計で測定したら、寸法が狂っていたのを覚えています。オプチカルフラットを当てたところ、ニュートンリングが乱れているんですよ。

実際に測ってみると、かなり違っていたのです。寸法の大きいものでは、1 μ m 台まで違っていたものもあったようです。これは明らかに経年変化で、当時、私はブロックゲージの JIS の委員をしておりましたので、計量研究所などのご指導を受けながらやったものでした。

メートルの定義も次々と変わってきて、最初は地球の極から子午線までの長さの1000 万分の1と決めたわけです。フランスの度量衡検定所に原器があり、日本はその22番目かのメートル副原器を譲り受けたのはご承知の通りだと思います。

フランス人というのは10進法が好きなのか、フランス革命後だったと思いますが、何でも10進法に改めようという動きがありました。たとえば、1年は10か月、1週間も10日という具合です。しかし、どうもそれまでの生活習慣に馴染まないとみえて、すぐに廃れてしまいました。

長さの基準というのも、つい近年になるまで国際基準がなかったのです。ですから、イギリスでは国王が自分の尺骨の長さを基準にした“鉄の尺骨”（Iron Ulna）なるものを制定したくらいです。

そもそも長さというのは、物々交換の時代から人間の体の一部を使っていたりして、日本でも両手を広げた長さを「一尋^{ひょう}＝約6尺」と呼んでいます。尺骨の長さが1尺というわけです。

西欧では、1foot（フランス語では“ピエ”）は人の下肢の長さを標準としたものです。1inchはその1/12と決まりました。因みに1inchの長さは、元は大麥の粒を3つ並べた長さです。

工学的な長さの国際標準はなく、標準温度もイギリスでは始めは16℃、その後20℃になりました。したがって、アメリカ・インチとイギリス・インチとでは厳密には長さが違って、アメリカは連邦法で20℃のときに1inchが25.4mmと決めたのですが、

イギリスは16℃ですから、それで換算するとイギリスの1inchは25.39…mmになってしまうというわけです。

20℃におけるメートル原器の線を刻んだものを1mと定義したのですが、その元をたどるとフランス革命後の19世紀初頭に大蔵大臣のタレーランが、ダンケルクからバルセロナの間で三角測量をして長さを決め、そしてメートル原器をつくったのです。

日本では、1885（明治18）年に国際メートル条約に加盟したわけですが、その後長さの基準としては実用上は副原器をマスターとした線基準ではなく、ブロックゲージの端面基準にすることが多いのです。そうすると、線基準の1mに対して端面基準のトレーサビリティを取らなければならない。

そこで、当時の中央度量衡検定所が、線基準から面基準に移す研究を続けていました。その後、1960年でしたか、1mの長さの定義がクリプトン86という元素の光波長の156万何千何百倍とかになりました。

ブロックゲージは、どこで測定してもトレーサビリティがなければならない。フランスでも光波基準で測るわけですが、フランスの光波基準はファブリ・ペロー光波干渉計を使い、端面から端面までの寸法を光学的に測定するものです。

一方、日本はドイツと同じようにカール・ツァイスのケスター干渉計を使い、ブロックゲージと同じ材質のベースの上にリングングさせて、基準面とブロックゲージ上面との間の距離を、等傾干渉法で波長の倍数として測定しました。最初はカドミウムでしたが、1960年以降はクリプトン86を光波基準としたわけです。

そうすると、フランスと日本とでは測定方法が異なり、長さの基準が違ってくるわけです。ですから、今長さをサブミクロンとかサブサブミクロンといっているときに、どういう基準でいうのか非常に曖昧になっているのが事実です。不思議ではないですね。

——これまで、ヨハンソンのブロックゲージは絶対だといわれてきましたが、それが駄目だというのは実に興味がありますね。

黒田 計量研究所を中心に、当時の津上製作所の大野直一郎さんや私など委員が一緒になって、たまたまあった戦前の製品を測定したら、ヨハンソンのブロックゲージの面は良くなかったという結果になっ

たのです。それは経年変化によるものと思われますが、当時は寸法を安定化させるための熱処理方法がまだ確立されていなかったのだと思います。

それに関して、私が唯一技術屋らしい仕事をしたといえるのは、東京工業大学の横山均次先生と共同で、文部省から研究費をいただいて高合金鋼の寸法安定化に関する研究をしたことでしょうか。サブゼロ処理とテンパリングのサイクルトリートメントが有効だろうということで、サンプルを数多くつくり、各種の材料にいろいろな熱処理をして、何年にもわたってサブミクロンオーダの測定をしたのです。

これは20年近くにわたって測定を続けましたが、今ではほぼその寸法変化も収束しています。最初の数か月で寸法安定化の特性判別ができるという論文を、当時の金属学会誌や精機学会誌などに載せました。そのようにして、ブロックゲージの経年変化については確かめられ、最適な熱処理法は確立していますが、おそらくヨハンソンは、まだそれをしていなかったのではないのでしょうか。

最高級のゲージ鋼は、ドイツ製鋼の“ベレスタ”という、木炭精錬したものだといわれていました。木炭精錬鋼は、ヨハンソンのブロックゲージにも使われたもので、不純物がきわめて少なく、当社でもベレスタとかMGという商標名の材料を大事に使ったものです。

現在、当社のブロックゲージ材料は、不純物を除くために真空溶解法を採用しています。もし、経年変化を考慮してこれを他の材質でつくるとすれば、セラミックスとか、耐摩耗性を高めるためには超硬を使うことになるでしょうが、温度環境を考えれば実用上はやはり鉄系材料になるでしょう。

JISでは熱膨張率が $11.5 \pm 1 \times 10^{-6}$ ということになっていて、この範囲で使える材料が私が規格制定にかかわったときの値ですが、その後変わっているかどうかはわかりません。この許容量を考慮に入れると、ブロックゲージの精度を常にJIS 1級に適合させるためには、ゲージのピース間の温度差を0.02℃まで測定しなければならないのです。

それには水銀温度計を使い、これまたガラスの経年変化があるので、キャリブレーション（校正）する必要があります。また、光波基準で測る場合は光の波長が重力の影響を受けますから、重力計を使ってやはりキャリブレーションしなければならない。

悪い条件がすべて重なった場合、たとえばブロッ

クゲージの熱膨張係数が限度ぎりぎりだとすれば、許容誤差の40%程度の測定誤差が出てくるのです。ですから、高精度を議論する場合は、さっきもいいましたように定義をはっきりさせないと、何を測っているのかわからなくなります。

最近の、たとえば磁気ヘッドやその他のデバイスの加工精度は、nmレベルの精度が要求されますし、ますます何を測っているのかわからなくなる。私の経験でも、ブロックゲージを光波子渉計で測定した場合に、光が反射して戻るときに、仕上面の状態によって“フェースジャンプ”という現象が起こるのです。

これは、ゲージ表面から光が完全に180°位相を変えて戻るのではなく、わずかに表面層に潜り込んでから戻るためです。そこで、このフェースジャンプ量を測定しておかないと、正しく測れないということです。その量は 10^{-5} mmくらいありましたが、現在でもその状態はあまり変わっていないと思います。——ブロックゲージを比較測定する場合に、たとえば機械式と電子式や光学式とでは、どちらが信頼性が高いのでしょうか。

黒田 これまた定義にかかわる問題なのですが、0級や1級のブロックゲージは、絶対測長で測るのが原則です。光波基準で測る場合は、ブロックゲージと同じ材料でつくった定盤の上にゲージを密着させて、その間の光路差で測るということになっているのですが、それでも仕上げ状態が完全に同じなら、フェースジャンプは起こらない。

しかし、実際にはわずかでも違いがありますから、超精密級の測定をする場合は、やはりフェースジャンプ量を測らなければなりません。しかも、光波は温度によっても変わりますし、重力などさまざまな条件が加わってきますから、細部に入るとそれだけ難しくなってきます。

一方、触針式など機械的な測定方法だと、測定圧によって測定値が変わります。レーザプリンタの反射ミラーなども、金属をダイヤモンド旋盤で加工していたものから現在のようなプラスチック成形品になると、その測定方法が問題になります。そんな状態で何 μ mという測定は意味がないわけです。

現在、当社でもシリコンウエハの表面品質が問題になっているのですが、接触式だと傷が残るので非接触式でやろうとしています。ブロックゲージについても、各種のプローブで比較することが必要でし

ようね。

ですから、そのご質問については、私自身、現状がどうなっているのか実はよくわからないのです。

金型分野に進出

——黒田精工さんが金型分野に進出されたのはいつ頃からですか。

黒田 1952（昭和27）年頃から日本がモータを増産し始めまして、産業の発展と期を一にして伸びていきました。当社が戦後新しく精密プレス金型を始めて、昭和25、26年頃はさっきいいましたように自転車用の型でした。そして、ほどなくモータコア用の抜き型をやり出したのです。始めは、コアのスロットをあけるにもノッチングで1個ずつやっていたのですが、次に複合ダイで総抜きするようになり、さらに順送型になっていったのです。

昭和30年頃に、日立製作所亀戸工場がワインガルトン（ドイツ）の、富士電機三重工場がシュラー（同）のダイイングプレスを導入しまして、それに順送金型も輸入してモータの生産を始めたのですが、型の値段がとても高価だったのです。そこで、当社に国産化してくれないかと話があったわけです。

それ以前は、モータコアの型も熟練工がやすりと油砥石を使ってつくっていたのですが、順送型になるときちんとした方法を考えなければならないというので、当社の固有技術であるプロペラシャフト用ゲージのスプラインを正しく分割してつくる技術を生かして、積み木を重ねるようにして順送型をつくり始めたのが、昭和31、32年頃だったでしょうか。

金型材料もその後超硬に変わっていましたが、現在ではモータも世界中で20億個くらいつくられ、そのうちの70～80%は日本とその系列でつくっているようです。1958（昭和33）年に始めてアメリカに行きましたときに、モータコア用精密金型を本格的に手がけようと考えていましたので、アメリカでのモータ普及状況を調べてみたら、1つの家庭に15個ほどモータがあるというのです。当時の日本では、せいぜい2、3個だったでしょうか。

そこで、日本も今後アメリカと同じような経済発展をすると想定すれば、モータの需要はかなり伸びるのではないかと考え、そのラミネーション金型を始めたわけです。

今、日本の家庭にモータがどれくらい使われているか、某家電メーカーの幹部の方にお聞きしたら、

即座に答が返ってきて、車も含めれば私の家には少なくとも300個以上はあるといわれる。単に使われているものも含んでの話ですが……。この数字は平均より多いほうでしょうが、まず高級乗用車だけでも100個近く使われているでしょうね。

現在、アメリカのモータ生産規模は日本の1/8くらいだそうです。ですから、地図の上ではアメリカやヨーロッパは大きく見えますが、金型の需要はかなり状況が違ってきます。ソ連や東ヨーロッパなども、市場経済に移行すればまだまだ需要は伸びるのでしょうが、いずれにしてもスケールだけを追いかけて同じものをつくっていたのでは駄目だと、現在は当社も次の方向を模索している段階です。

金型は、経済協力という“G to G” (government to government), つまり政府間協議の重要項目になっていまして、中国でも金型がなければ工業生産が発展しないというので、私どもも頼まれていろいろなレベルで金型技術の指導をしています。

中国には、22の省の他に政府の直轄市もいくつかあります。そして、それぞれの自治体が市場経済を導入しようと、権限をかなり委譲されて取り組んでいます。しかし、現実には中国は貨幣や紙幣はあっても元来が物々交換経済です。そして、共産党の経済委員会という、日本の経済企画庁と大蔵省を合わせたような機関が権力を持ち、経済政策を決定していますが、各省や都市も中央行政組織に似たものを持っています。そして、中央で金型が重要だとなると、各地方までそれに倣うのです。

私も四川省の山奥まで呼ばれて行きましたが、周囲に需要産業がほとんどないのに、中国でも有数の精密機械工場をエキセロ社（アメリカ）の技術援助で建設しているのです。ご承知のようにあの国は、交通機関や道路といった社会基盤がまだ整備されていませんから、上海や広州からは3日もかかる始末です。

金型についても、物流は悪いし需要もない。近くにプラスチック素材を供給する石油化学工業もないのです。それでもプラスチック金型をやりたいという。そんなことは止めたほうがよいとアドバイスしたのですが、中央からの指令でどうしても金型産業を発展させたいという。

しかも、金型をCAD/CAMでやりたいというのです。NC工作機械がなければCAMはできないと説明しても、それが先方には理解できないんですよ。金型は、需

要産業の発展によってニーズが変わってくるものなのですね。

——話は変わりますが、以前、工作機械の主軸端のナショナルテーパ（NT）用ゲージに2系統あって、その1つは黒田精工さんのだったそうですが、工作機械メーカー、ソーリングメーカー双方がとまどったという話を聞いたことがあるのですが……。

黒田 それはありますね。私どもは、当然グランドマスターの問題だと思っていますが。やはり当たりを取るしかないと思いますね。あれはブルーを塗って当たりを見るわけですが、その塗るかたでも違いますし、はめかたでも違う。

計量研究所でも、朝永先生を中心にテーパの測定をしたことがあるのですが、当たり具合が70%以上とか90%以上とか、その状態でもテーパの許容差を数値化しようと試みて、結局できませんでした。

日本のテーパも、ブラウン&シャープテーパに始まり、戦前から戦後はモールステーパ（MT）、さらにジャコブステーパ（JT）のように、必ず1つのグランドマスターがあって、それから発展していったのです。

それを測ってみると、テーパの公差をどのように決めたら良いのかが問題になります。角度にしても、勾配が急なものと緩やかなものとでは精度が違って当然です。そして標準を数値化しても、それが必ずしも実用性とは一致しない。

ですから、最終的にはどうしても1つのグランドマスターを決めて、それから写していかないとトレサビリティが出ないと思います。だから、お話のようなことは、グランドマスターが2つどころか無数に存在するからじゃないでしょうか。

以前、東京大学の大園成夫先生がこの問題に関心を持っておられて、いろいろ研究されましたが、このような技能的なテーマは論文にならないようです。本当は重要な課題なのですが……。まだまだ問題はあるのです。

切削力が加わることを考えると、最近のような高速化になればさらに、テーパの大端面で当たるように公差を取らなければならない。我々もそのように心がけていますが、次第にテーパゲージをつくるのが経済的に許されないようになってきているのです。

というのは、精度良くテーパを出すためには装置が高価になるのですが、現在は価格だけが優先されて、そうした段取りをしてきちんと精密加工をする

企業が残りにくい状況になっていることは確かです。だから、真にマザーマシンやマザーツールの価値を認めるようにしないといけません。

今後の製造業について

——現在、黒田精工さんは、測定機器やツーリング関係、金型、研削盤を含めた工作機械、空圧機器などをやっておられますが、売上げ比率としてはどのような構成になっていますか。

黒田 まず、空圧機器関係が35%くらい、ボールねじ、金型、工作機械がそれぞれ15%、残りがツーリング、測定機器などで、ブロックゲージは非常に少ないですね。測定機器で当社の特徴といえるのは、原子炉の燃料棒測定装置とか、それに関連するいろいろなシステムです。

原子力の燃料棒は、ご存じのようにウラン235を濃縮したペレットをジルカロイ管のなかに入れたもので、これを原子炉に立てて並べ、中性子を吸収する制御棒をゆっくりと引き上げていくと、臨界点に達して核反応が起こるというわけですが、その燃料棒の曲がりや径を自動測定するシステムをつくっています。

反応中に燃料棒管が曲がって互いに接触するとメルトダウン（炉心溶融）の原因になりますから、それを防ぐために燃料棒のまわりにピアノ線を巻くというシステムも手がけています。

また、試料に中性子を当てたときの回折の曲がる角度を測定する「ゴニオメータ」という角度測定機があります。これは物性研究用ですが、東大の物性研究所や東海村の原子力研究所、京都大学などで使っていただいております。

苦勞するのは、中性子のシェルターです。窓があるとどうしても中性子が飛び出してくるので、これを遮断しなければならない。鉛を詰めた特殊なコンクリートを使うのですが、重量があるので組立も大変です。機械屋は何でもしなければなりません。ですから、こんなことをしては儲からないんじゃないかと……（笑）。

金型について申し上げますと、今世界の金型産業は6兆円程度で、そのうち日本は1兆5000億円くらいですが、アメリカの場合はユーザー業界が海外に出てしまい、実質はマイナス成長です。1960年代は、世界的に売上高利益率で15%くらいありましたが、現在は5%程度です。ただ、品質の良い金型をつく

っているというメーカーの自負だけが、この産業を支えているといってもいいかもしれません。

しかし、考えてみると質の高い金型をつくるということは、自分の首を絞めているようなものです（笑）。たとえばモータコアの抜き型を考えても、金型の材質が向上したので、2億枚くらいは抜けるのです。ですから、モデルチェンジがなければ需要は減る一方です。

ニーズが多様化する時代の金型として求められている簡易金型も、寿命は短くても性能は良くなってはなりませんから、あまり安くはなりません。プラスチック金型はアルミを使うとか、いろいろと工夫はしているのですが……。

私は金型工業会の会長をしていますが、業界もイメージアップをはかろうと必死なのです。金型がなければものがつくれないにもかかわらず、何しろ人が集まりません。給料を高くしても若い人が入ってこない。金型メーカーの大部分は従業員が20人以下で、3K産業というイメージがありますからね。労働条件を良くすることは絶対条件ですが、それだけにとどまらずイメージを変えていかなければなりません。

——日本の将来を考えると、その3Kといった産業環境は今後どのように変化していくのでしょうか。あるいは消滅していくのか……。

黒田 3K産業に人が来ないという以前に、これからの日本の発展の絶対的な制約条件は、やはり人口減少問題でしょうね。1989年に1.57人だった女性の生涯出生率は、1990年には1.53人になってしまったのですから。

あるシミュレーションによると、21世紀にはそれがさらに1.20人になるだろうとさえいっています。絶対人口が減ることは、経済を大きく衰退させます。この間の国際金型会議でもそれが話題になって、フランスなどは3人目から出生奨励金を出しているそうです。

日本でもそろそろ幼稚園の経営が怪しくなっていますし、後数年すると私立大学もピンチだといわれています。それに自動車メーカーなども、人口減少問題を非常に懸念していますよ。

——今、日本でも労働者不足から外国人労働者問題がクローズアップされていますが、これからは中国やインドとともにやっていかなければならないと考えている人もいます。日本がそうした外国の

マンパワーに頼ることについて、どうお考えですか。

黒田 それは大変難しい問題です。外国人就労問題は、事情を聞けば聞くほど正解がありません。中国は、全人口の0.1%程度を海外に移住させたい方針だといわれています。もし、日本が自由に外国人を受け入れることになると、ある想定ですぐに500万人も流れ込んでくるといわれています。

また、アメリカやカナダのように年間受入れ人数を限ったとすると、各国ごとに割当案をつくらなければなりません。これがまた、大変難しいことでしょうね。

現在、ドイツはトルコ人を始め外国人労働者に対して帰国奨励金を出していますし、シンガポールなどは妊娠中の女性は受け入れないとまでいっているのです。

先日、あるスイス人の社長と話していたら、あの国は人口600万人のうち25%までが外国人だそうです。そして、一定期間働いたら帰国させるといった厳しい管理をしないとイケないのです。とくにドイツは、旧東ドイツの失業者を350万人も抱え込んでいますから、よけい大変でしょうね。

外国人労働者の受入れ問題だけは安易にやるなど、ヨーロッパでは誰に会ってもいわれました。結局のところは、なしくずし的に規制を緩めるという方向しかないのでしょうか。

これは余談ですが、私は技術史に少し興味を持っています。英語の“engineering”と“technology”をどう使い分けているのか調べてみたら、「エンジニアリング」はイギリスの産業革命以後に、エンジニアの役に立つ実用的な学問として確立したもののようです。

ところが、あまりにも経験主義的だったイギリスの工学は衰退して、その後ドイツに追い抜かれてしまった。今、“ジャパン・バッシング”（日本叩き）が盛んですが、同じことが100年前にイギリスであったようです。要するに、ドイツの理論的工学の進歩つまり「テクノロジー」に脅威を感じた“ジャーマン・バッシング”です。

そもそも近代日本の科学技術は、まずそのほとんどがイギリスから入ってきたものですが、当時は何でも輸入したそうで、たとえば明治時代の鉄道敷設技術でも、「バラスト」というのを輸入したら砂利だったという笑い話まで残っているそうです（笑）。

日本における工学教育を遡って考えてみますと、

明治の初期に政府が、イギリスのケルヴィン卿の弟子でグラスゴー大学のダイヤーという教授を招いて、工部省に工部大学校をつくり、イギリスの工学教育の反省から理論と実践を合わせたカリキュラムを取り入れた教育をやったそうです。その後工部大学校は、文部省管轄の東京帝国大学工学部になるわけです。

当時の工部大学校は、偉大な技術者を輩出しているんですよ。たとえば第1回卒業生では、あの東京駅を設計した辰野金吾博士です。また、琵琶湖疎水の運河をつくった田辺朔郎^{さくろう}という人は、25歳であれを設計したそうです。

よくいわれる「菜っ葉服」の語源は、工部大学校の実験服の色が菜っ葉に似ていたことからきているそうですよ。いずれにしても、まさに理論と実践の見事な成果であったといえると思います。

そうしたことを考えると、現在の日本の工学教育は果してこれで良いのか気になりますね。それと、もう少し産業界に対して開かれたものであって良いのではないかと。社会に出てわからないことがあれば、もう一度大学に戻って勉強できるような自由度が欲しいですね。

アメリカでは、レーガン大統領の時代に2億ドルの予算で「テクノロジー・トランスファセンター」なるものをつくり、軍需から民需に転換する技術者の再教育を始めました。それを利用してアメリカの金型産業も、中小企業を対象に精密工学を学び、基盤強化をはかっています。

では日本はどうかといえば、今は経済的にうまくいっていますから、若者の製造業離れをそう深刻に受け止めてはいないようですが、それ以前に優秀な学生は理科系に進みたがらないという問題があるそうです。

また、小学校教育でも図工がなくなりつつあって、ものづくりに関心を持つ環境がどんどん崩れつつあります。これからを考えれば、製造業にとっても由々しき問題なのです。まず教える先生がいなくなるでしょう。また機械でも、メカニズムや実体をつかめずに何でもコンピュータでというのはどんなものでしょうか。

よくいわれる日本人の創造性ということからも、もう一度原点に立ち返って工学教育を見直す必要があるような気がしますね。

——本日は，単なる技術的な問題だけでなく，より大きく産業全体の観点からお話をうかがうことができました。

ありがとうございました。

(1991年7月17日 SME 東京支部)

出席者 (50 音順，敬称略)

梅沢三造 (SME 東京支部事務局長)

佐藤 ^{すなお} 素 (横浜国立大学)