

SME LIBRARY 6

## 日本の工作機械を築いた人々



船 渡 仁 氏

東芝機械 社友 （元 取締役副社長）

SME 東京支部

本稿は大河出版「応用機械工学」1988年7～8月号掲載

## 工作機械との出会い

——船渡さんは、戦前の芝浦工作機械を含めて東芝機械で工作機械の設計一筋にやってこられて、非常に豊富なご経験をお持ちですが、始めから工作機械をやりたいと考えておられたのですか。

**船渡** 私が大学（東京帝国大学工学部機械工学科）を出たのは、1938（昭和13）年の3月です。しかし、卒業論文は実は工作機械ではなくて蒸気タービンとガスタービンでした。学生時代からこの分野には興味があって、夏休みは各地の発電所を見学させてもらいました。

当時の日本の発電機の最大出力のものは、関西共同火力にあった5万7000kWの蒸気タービンでして、それをお手本にして私は、卒業設計のテーマに10万kWのタービンを選んだ次第です。

そんなことから、将来はガスタービンが重要な開発機種のひとつになるだろうと考えて、就職先もそれをやれるところをとるので、各社の状況を見回していたのですが、芝浦製作所（後に東芝）が蒸気タービンをやっていて、将来はガスタービンも手がけるという話を聞きまして、それで芝浦に入社したのです。

当時の就職試験は簡単でして、面接をするだけなのです。芝浦製作所にはちょうど東大の機械出身の大先輩で平尾誠一さんという方が人事部長でおられて、その方が「君がタービンをやりたいのなら、ぜひ芝浦に入りなさい。今、うちの研究所ではガスタービンの研究もやろうとしているし、現実には蒸気タービンは鶴見の工場で作っているから」とおっしゃる。

それで私は、昭和13年の4月に入社しました。そして、まず最初に新入社員を工場に案内してくれたのですが、私が前年の夏過ぎに来たときに見せてもらった蒸気タービン発電機の姿がどこにも見当たらない。私が案内の人に「あのタービン工場はどこにあるのですか」と尋ねましたら、「裏に立派なのがありましたよ」という説明でした。それが「石川島芝浦タービン」という新しい会社だったのです。

私は、世の中の動きを知らないで一杯食わされたというわけです（笑）。それでしばらくは悶々としましてね、始めの約束と違うというので、大学の指導教官のところに相談にあって、どうも自分の希望とは違うようなので、しばらく大学で居候させていた

だけませんかと申し上げました。そうしたら先生も同情してくれましてね、助手の手伝いでもしたらというので、私も大学に戻るつもりでいたのです。

一方、会社では新入社員（教習工）の研修が始まりまして、半年ほどの実習期間中に自分の将来の職場が決まることになっていました。それが3か月ほど過ぎた頃に、突然人事部に呼ばれたのです。私は自分の思っていることが読まれてしまったのかと、内心ビクビクしながら出頭しましたら、年末か年明け早々に、工作機械製造事業法に基づく新しい会社ができることになったので、そちらのほうに出向してほしいといわれました。

そこは何をする会社ですかと聞きましたら、工作機械をつくる会社だという。工作機械は、私が大学で一番嫌いな学科だったのです（爆笑）。この方面はあまり勉強もしていなかったですからね。

そんなわけで、ぜひ新会社に行ってほしいといわれても、内心穏やかならぬものがあつたのですが、先輩からいろいろ助言され、また大学に戻っても軍隊に引っぱりられるなどと脅かされたりもしました。

結局、その年の秋になって先輩の田辺輝一郎さん（後に取締役）に呼ばれて、工作機械の会社でもやることはたくさんある、大学などに戻らずに新会社で頑張ってくださいと強く説得されました。

そんなこともあって私も心を決めて、その年の9月には芝浦製作所の実習を他の人よりも早めに切り上げて、新しく設立される「芝浦工作機械」（後に東芝機械）に、教習工の身分のままで出向させられたのです。

さて、いざ工作機械をやれといわれても、最初は何もわからない。1週間後には大阪造兵廠にいけというのです。そこで何をするのかといえ、機械の見取り図を描く見取り調査から始まったのです。それも大砲をつくる機械でした。それはどんな機械ですかと聞きましたら、砲身の中ぐりをする機械と、内部にライフルを切るライフリングマシンだということです。

私は、これは最初の希望の蒸気タービンとはずいぶんかけ離れたことをすることになってしまったと思いましたね。蒸気タービンは、理論計算をベースにする分野の仕事が中心と考えていましたが、工作機械はそうはいきません。何か参考書のようなものはと聞きましたら、そんなものはないという（笑）。あくまで現場での実地経験だといわれたのを覚えて

います。

——当時の芝浦工作機械の陣容というのはどんなだったのですか。

**船渡** 何せ新しい会社ですから、会社設立前の最初の頃は、従業員の組織編成もなく、若干名の出向者が集まっているだけのようでした。昭和13年の12月に会社ができて、昭和14年の6月頃になってようやく幹部人事も決まってきました。そして、常務取締役として直接すべての実務を陣頭指揮されるのが、藤島亀太郎さん（東芝機械初代社長）という方であることを知ったわけです（写真1）。



写真1  
東芝機械初代社長  
藤島亀太郎氏

藤島さんは、それまで芝浦製作所の工場長や工務部長などを歴任され、新しい芝浦工作機械の実務をマネジメントする最高幹部だということでした。そして、社長には退役海軍中將の古市龍男さん、顧問には陸軍の勅任技師だった石光眞俊さんが入られて、芝浦工作機械の設立当初から、すでに陸海軍との連携がうまくいくようにアレンジしてあったようです。

事実、最初から陸海軍の息のかかった仕事を中心になりました。私が最初にやらされたのが、砲身を削ったり、ライフル加工をする機械だったというわけです。

大阪造兵廠に派遣されたグループのチーフは、設立当時の設計部長で、後に社長もなされた永嶺源吾さんでした。この方は、元々は芝浦製作所の機械設計主任だったのです。大嶺さんと私、それにもう1人の3人で、2週間ほどかかってやっと1台の機械を見取り調査しました。それがライフルマシ（ライフル盤）でした。

ライフルマシを始め当時の兵器製造用機械は、ほとんどがアームストロング、ビッカース、クレブン・ブラザースといったイギリス製でしたね。私たちが見取り調査したのは、やはりイギリス製の機械が主でしたが、国産化の要請の第一は、その寸

法を拡大しなければならないということだったのです。

モデル機械は6, 7 m長さの砲身を加工する機械でしたが、まず見取ったものを図面化して、これを砲身12m用に拡大するわけです。そうはいつても、ただ比例的に拡大するわけにはいきません。主要部分の強度計算をしなければならないのですが、まずはどんな強度計算をしてよいか、まるで見当もつきませんでした。

参考書もないし、すべて独創でやらなければなら



1914（大正3）年3月生まれ。旧制第八高等学校を経て、1938（昭和13）年東京帝国大学工学部機械工学科卒業。芝浦製作所（後に東芝）に入社後、翌年に工作機械製造事業法に基づく新会社「芝浦工作機械」（後に東芝機械）に移る。同社設立当初から各種工作機械、産業機械の設計を手がけ、戦後は技術部長、常務取締役、専務取締役を経て、1972年から1977年まで東芝機械取締役副社長を務める。現在は同社社友。

日本工作機械工業会、日本産業機械工業会、日本機械学会などの要職を歴任、工業技術院長賞（5mホブ盤）、大河内記念生産技術賞（自動車用トランスファ専用機）、日本機械学会賞（横中ぐり盤）、日本機械学会技術賞（自動ロール研削盤）など技術的功績も数多く、我が国の工作機械工業を今日まで築き上げた功績は大きいものがある。

趣味は囲碁、園芸、スポーツ。

ない。それに機械が往復運動するものですから、新しく設計するのに、そのメカニズムをどうするかといった問題もあって、非常に困りました。

イギリスの機械の動力変換装置は原始的な構造でして、対向する2個の摩擦コーンクラッチを使って、それに適当な荷重を交互にかけて、往復運動の動力を主軸に伝えるという機構でした。

この方法は、何十年もの経験を土台にして生まれた構造だろうと考えましたが、これを拡大してさら



に大きな動力を伝えるには、この摩擦コーンクラッチの大きさをどこまで拡大したらよいか、まったく見当が付きませんでしたね。

そこで、これを電氣的にやる方法はないものかと考えたわけです。今日のように、メカトロ制御技術とか電動力を応用した技術が進歩していれば簡単なことなのですが、当時はエレクトリック時代が始まったばかりでしたから、名案もなかなかなかったですね。

それで結局、イギリス製の純機械的な構造をやめて、耐久性があって安全確実な動力伝達機構として、交流電源スラストと大型の多板クラッチを組み合わせた、新しい電気応用伝達機構を考えたのです。

1940（昭和15）年頃までは、このようにして何がなんだかかわからないうちに、参考資料のない工作機械の設計に没頭していたというわけです。

私が最初に設計したライフリングマシン（写真2）が芝浦工作機械の製品第1号で、陸軍造兵廠に納めた第1号機ということになりました。その製造番号は“390000”でした。“39”はおそらく1939年から取ったのでしょうが、この製造番号も確か藤島さんが決められたものだと言っています。

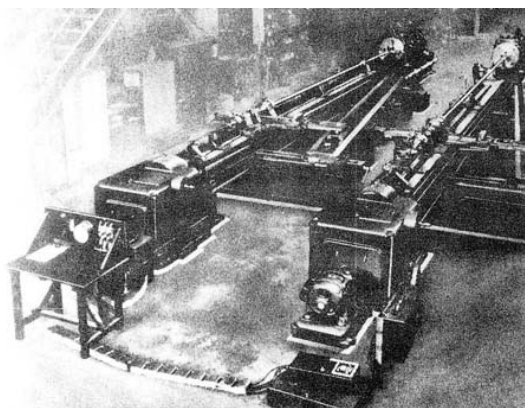


写真2 砲身5m用の小型ライフリングマシン

（砲身12m用の第1号機の写真は現在ない）

## ライフリングマシン

——今日では、大学を卒業してすぐに実務に入るということはまずないのですが、船渡さんは昭和13年に学校を出られてすぐにライフリングマシンの設計をなさっておられるわけで。当時の学卒はすでにそのようなことを任されていたのですか。

**船渡** それは当時の会社の人材不足という環境からですよ。新しい会社ですし、お前がやらなければ他

に誰もやる者はいないといわれて、些細なことでもすべて自分で日夜苦心せざるを得なかったのです。旋盤とかフライス盤ならば、すでに外国の資料やお手本がたくさんありましたが、兵器製造用の特殊機械となるとそんなものはありません。ですから、見取り調査の資料だけでは不安に思うことがたくさんありましたね。

——ライフリングマシンの図面が完成したのはいつ頃ですか。

**船渡** 昭和14年の8月頃には、もうでき上がっていたと思います。その図面は今は残っていませんが、今見たら穴に入りたくらいです。機械が完成したのは昭和15年の1月だったと思います。

——そうして船渡さんが設計なさった図面を、たとえば藤島さんがチェックして修正するというようなことはなかったのですか。

**船渡** いいえ、それがなかったんですよ。設計部長の永嶺さんは、さっきもいいましたように芝浦製作所の機械設計主任までなさった方でしたから、一目見れば良否の判断は簡単にできたでしょうが、何しろ会社が立ち上がったばかりでしたからね、幹部の方々は皆さん忙しくて、設計図面までいちいちチェックしていただくことは不可能でした。そして、設計図はまだかと出図の催促ばかりなのです。肉体的にも精神的にも本当に辛かったですね。

——図面の量はどのくらい……。

**船渡** あまり正確には覚えていませんが、A1サイズで30枚くらいはありましたかな。基本図は私が描いて、部分図は同じグループの仲間が2、3人で仕上げたものです。

——そうして設計した図面を基にして、いよいよそれをつくり始めるわけですが、製造現場との関係はどうでしたか

**船渡** ええ、電話がかかってきたり現場の人が来たりして、お前の図面はここが間違っているとずいぶんやられました。それでもう一度検図をすると、やはり合計が違っていたりしましてね（笑）。

しかし、当時は現場にいろんな職場を経験されたベテランの方がおられまして、設計図面の不備は現場で手直ししてくれました。また藤島さんも「いちいち設計の悪口をいうものではない」と私ども若い設計者をかばってくれました。藤島さんという方は、窮地に立った人間をそれ以上追い込まないように配慮しておられたと思います。

こんなエピソードがあるんですよ。ライフリングマシン立会検査の前日、電気屋は配線を、組立主任は最後の調整をと、現場の人たちは皆夜を徹して機械の調整をしました。それでとにかくその日は、機械がちゃんと動くようになっていたのです。

ところが、当日になって陸軍から立会官の方が数人見えて、いよいよ試験を始めようというときになって、機械が動かなくなってしまったのです（笑）。1月の寒いときで、お客さんが来られるとどういふものか、機械まで不動の姿勢をとってしまう（笑）。

藤島さんにとっても新会社の第1号機ですから、立会官を案内して現場に来られたわけです。そこで現場の主任が藤島さんに耳打ちをして、しばらく他の所を案内して時間を稼いでもらって、その間に点検調整をしようということになりました。

結局、動かない原因はリミットスイッチの故障だということがわかって、リレーが働かないのなら、元のナイフスイッチを手で操作すればよいと藤島さんが指示なさった。機械が端までいくと、見えないところにいるオペレータがスイッチを切り替えて逆転させるという臨機応変の処置でした（笑）。

そんな藤島さんの機転で、立会試験は無事に終わりましたが、私はそのとき初めて機械というのは本当に生き物と同じだと思いましたね。あまり緊張するとリミットスイッチまでおかしくなってしまう（笑）。

——しかし、第1号機なのによくそんなトラブルだけで済みましたね。

船渡 でもその後に常務室に呼ばれて、私は藤島さんからひどく叱られました。「日頃から念には念を押せといってきたが、君は本当に念を押したのか」とね。しかし、現場では私に恥をかかせないように、一言もおっしゃいませんでした。でも後になって、「君、あの機械は少し設計が悪いんじゃないのか」といわれましたよ（笑）。

——その機械が日本の大型工作機械の原点ともいえるわけですね。

船渡 いや、日本でもそれより以前に大型工作機械はつくられていましたから、原点ということはありませんが、その機械を後で大阪造兵廠で見ましたら、高射砲のライフルを無事に切っていました。砲身の長さが約13m、ライフルの部分が12mくらいでした。

戦争末期になるとB29が本土爆撃にやってきて、あれがほしい高度5000mくらいでしたかな。だ

から、その高射砲を使えば8000mくらいまで届くというので、終戦までに100基ほどつくられて東京の周辺に並んでいたそうですが、それらの砲のライフルはこの機械で切ったという話を聞いたことがあります。

——いずれにしても、当時若くしてそのようなことが可能だったということは、ある意味ではとても素晴らしいことだったのではないのでしょうか。船渡さんは、大学時代にすでに設計のご経験があったわけですか。

船渡 いや、実務的な設計経験は何もありませんでした。大学のカリキュラムにあった機械設計や製図、卒業論文の設計などは参考資料がありましたし、実際の物をつくる設計ではありませんでしたから、気楽に設計図面が描けたのです。

強いていえば、大学最後の夏休みに鉄道省の苗穂工場（北海道）に仲間8人で実習に行ったことくらいです。当時、北海道を走っていたディーゼルカーのエンジンをオーバーホールする工場で、エンジン排気管マニホールドを改良する提案をして、実際に試作設計をしました。結果的に燃費が良くなって、当時の工場長からお褒めの言葉をいただいたことや、帰りに道内の見学無料パスを頂戴したことなどを思い出します。

——船渡さんが学生の頃からタービンや内燃機関に興味がおありだったということは、どちらかといえば解析的なことがお好きだったということですか。

船渡 熱力学や水力学をベースにした機械は、それに関連したいろんな動的な現象が理論に乗りやすいし、実験データを短期間に取れます。それに、当時から内外の参考書や文献が充実していましたから、私だけでなくかなりの人が、この方面に進みたいと考えていたことは確かでしょうね。

## アメリカ製工作機械に学ぶ

——そういう希望から一転して、菜っ葉服を着せられて機械の見取りをやれといわれて、やはりギャップを感じられたでしょうね。

船渡 ええ、確かにそう思いましたけれど、当時は中国での戦争が拡大しつつあった時期ですから、国内は次第に臨戦態勢になってきたわけです。自分の希望を主張したりすれば、もう“国賊”呼ばわりされるような雰囲気もありました。私の先輩などは、

「いくら好きなことでなくても、国のためにやれといわれれば、やらざるを得ないのではないか」とまですぐにいいました。

そんなことで2、3年悶々としているうちに太平洋戦争が始まってしまい、結局諦めざるを得ませんでした。しかし、藤島さんは我々を常に勇気付けてくれましたし、大学出の技術者を非常に大事にして、他所では考えられないほど我々に仕事を任せてくれました。うれしい半面、非常に責任を感じましたね。

藤島さんは、以前から大学の先生を大変尊敬しておられて、1年に何回かは先生方を招待なさって、教育や研究に対する労をねぎらわれる宴席を設けたこともありました。

1942(昭和17)年に沼津工場を建設したときには、その一隅に本社直轄の3階建て研究所をつくり、その一部には、来られた先生から講演をしていただくための大講堂を設けて、研究所や現場技術者を指導するような配慮もなされたのです。そして、研究所の裏手につくった小さな庭園には、先生方がゆっくりと休息できるように配慮された、独立した研究室まで計画されたのです。

そして、大学を卒業した技術者に対しては、中長期的なスパンで創造的な技術開発能力を充実させることを期待しておられましたね。ですから、些細なことにはあまりこだわらず、同じ過ちを繰り返すときには容赦なく厳しい叱責の言葉をおっしゃいました。

藤島さんは、芝浦工作機械の設立当初から、陸海軍に関係した大型特殊工作機械にかかわってこれたので、汎用の旋盤やフライス盤といった分野で業績を残した方々に比べると、大変異色の存在でした。それで汎用機を中心にした工作機械史には、あまりお名前や業績が記録されていませんが、汎用機や自動機を含めて工作機械についての造詣は大変深く、工作機械の第一人者でした。

芝浦工作機械の創業当時の工場は、横浜の鶴見にあった芝浦製作所の大型工場(後に東芝タービン工場)の一部を借り受けたものと、4階建ての新設工場を合わせた約3000坪という規模でした。

機械をつくるためには、いろいろな設備機械の他に精度の高い加工をするためのマザーマシンが必要になります。そこで、それらの機械を調達するために、藤島さん自らが昭和14年にアメリカに行かれたのです。

その当時は、太平洋戦争が始まることはまだ誰にも予測できなかったと思いますが、藤島さんは、とにかく今のうちに高精度の工作機械を輸入しておかなければ駄目だと強く主張しておられました。それで、当時は一般の工作機械メーカーではなかなか手が出せなかった優秀な機械をたくさん買ってこられたのです。

たとえば、工作機械には不可欠の歯車機械、その頃日本ではまだ1台もなかったグリーンソンのNo.16という創成式のまがりば傘歯車歯切盤とか、ノートの長尺の大型研削盤、ヒールドの内面研削盤、大型機械ではギディングルイスの中ぐり盤とプラノミラー、ラポイントの万能ブローチ盤、ベッド加工用の大型プレーナなどでした。

藤島さんの機種選択というのは、実に心憎いほど先を見通した発想でしたね。といいますのは、当時、日本の工作機械メーカーがアメリカにいてプレーナを買う場合、ほとんどがグレイ社の機械を購入したものです。しかし、藤島さんはもちろんグレイのプレーナが最高の機械であることはご存じでしたが、精度的に良いだけでは駄目で、今後の設計者の参考になる工作機械をマザーマシンとして買っておくことも必要だと、あえてグレイ社のを購入なさいませんでした。

それで何を買ったかといえば、ウィリアム・セラ一社の製品を選んだのです。その頃日本では、セラ一のプレーナは二流の機械と思われていたのですが、そのストローク30尺(10m)の大型プレーナを実際に見て驚かされたのは、テーブルだけは鋳物ですが他のベッドやコラム、クロスレールなどはすべて鋼板構造だったのです。外観は丸みがあって鋳物構造に見えましたが、内部を見るとリブが縦横に走り、すべて厚さ10mm以上の鋼板を使った溶接構造でした。

さらに驚いたことは、高精度プレーナの場合、常識ではクロスレールを両側で支える両持ち形式とされていましたが、この機械は断面係数の大きな1本の箱形コラムに付して、水平、鉛直両面内で幅広いスタンスで抱き付いてるように見える片持ち形式のクロスレール構造でした。

また、機械の駆動方法は直流モータを使ったラック・ウォーム方式で、テーブルの下にはすばのラックが取り付けられており、それに斜めにウォーム駆動軸が噛み合って動力を伝えるものでした。

ウォーム駆動軸は、バックラッシをなくした1段減速で直流モータに直結し、非常に簡単な駆動方式だったのです。しかも、当時としては非常に珍しいワードレオナード方式で、界磁制御1:3、電圧制御で1:7程度の速度制御をして、全体の変速比が1:20程度のものでした。

後になって藤島さんからお聞きしたのですが、これからの工作機械とくに大型機械をやっていくには、鋳物構造ではなく鋼板組立構造を勉強しなければならない。同時に、電気を高度に活用する制御方式も取り入れなければならないという考えで、セラ一の機械を買ったのだということでした。設備機械として、また同時に研究機械として生産財を購入されたという考えには、本当に敬服した次第です。

——とくに大型の機械では鋼板構造が必要だと、藤島さんはおっしゃったのですか。

船渡 そうです。そのあたりの先見性が素晴らしかったと思います。

——それが、その後の東芝機械の大型工作機械の構造設計に取り入れられていったといえるのかもしれませんがね。

船渡 その通りで、良きお手本になりました。それとさっき申しましたように、それまでのプレーナの駆動方式という、大きな歯車箱があってそのなかにたくさんの歯車が入っているという構造でしたが、この機械はラック・ウォームと直流モータを使ったワードレオナード制御方式で、制御装置はGE社製だったと思います。機械を試運転した後は、機械技術者はもちろん、芝浦製作所の電気関係の人たちも大勢見に来て、その斬新な考えかたを口々に称賛したものでした。

藤島さんは、機械を設備するにも単に精度本位のマザーマシンを買うというのではなく、従業員の勉強のためにという配慮もしながら購入する方針を立てられたのです。そして私たちにいわれたことは、高性能であると同時に電気を高度に応用し、合わせて随所に油圧や空圧を取り入れた工作機械をつくれということでした。ですから、大型工作機械や兵器関係の工作機械はすべてこの方針でつくりました。

——藤島さんは、芝浦製作所の頃からすでに工作機械を手がけておられたのですか。

船渡 必ずしもそうではなかったと思います。“もの”をつくるということについては、かなり各方面の勉強をされたようです。たとえば、芝浦製作所時

代にやられたのは家電製品に属するものが多かったのですが、まずワーレンモータを使った電気時計があります。それに電気冷蔵庫や電気洗濯機、これらはGE社のをベースにしたわけですが、コンプレッサとモータがケースに入ったヘルメチック形コンプレッサなどは斬新な設計でした。

藤島さんがオリジナリティを発揮された電気応用製品は、紡績機械のリング精紡機です。この機械は、従来は各スピンドルをベルトで駆動させていたわけですが、それをそれぞれ独立した同期モータでスピンドルを回すようにした精紡機を、昭和12年頃つくられたそうです。

藤島さんは、そのようにして次々と試作品の開発をなさる一方で、材料そのものやその材料をどう加工するかといった問題が常に頭にあったようです。加工方法となると工作機械の問題になりますが、自動盤などについても造詣が深かったですね。ポッター・ジョンソンやアルフレッド・ハーバートのタレット旋盤とか、バラードの立旋盤などですね。そうした自動盤についても、単軸、多軸を問わず深い知識を持っておられました。

——当時の芝浦工作機械の設計陣というのは、船渡さんの他にはどんな方がおられたのですか。

船渡 永嶺さん始め芝浦製作所の機械設計から主任クラスの方が2人くらい、それに工務からも来られて、あつという間に設計課が3つできてしまいました。私は、最初は旋盤設計課に配属されたのですが、担当する仕事が特殊な工作機械や超大型機械だったので、別に第5設計課として独立させられたのです。古参の課長ばかりの間で私だけが若造の設計課長でした。それが昭和15年頃で、入社3年目くらいでしょうか。経験不足で恥ずかしい思いをしたものでした。

設計部の他に研究部が4課ありまして、そのうち3つは型彫盤や研削盤などを担当していました。

## 工作機械の設計における留意点

——船渡さんがライフリングマシンを設計されて、往復運動機構に新しい考えかたを取り入れたり、スケッチした機械の容量を拡大するときの強度計算をするといったご苦労をされたわけですが、工作機械としての精度や剛性というのは、どのように考えておられたのですか。



**船渡** 当時、精度に関しては日本の精度規格は汎用工作機械の一部だけが整備されているだけで、大型機や特殊工作機械の精度規格は何もなかったのです。ですから、DIN（ドイツ規格）やシュレジンガー規格の解説書を参考にして、ユーザーの意見を聞きながらそのつど機種ごとに精度検査規格をつくり、客先であらかじめ承認を得たものを立会検査で使っていたものです。いわば自作自演ですから、多少矛盾も感じましたが、大型特殊機械の場合は他に方法がありませんでしたからね。

もちろん、機械の性能から当然、必要十分な検査項目を整えました。たとえば、ベッドの水平度や真直度、主軸の水平度や回転精度などは、汎用工作機械の精度規格以上の数値を設定しましたし、動的精度検査規格は参考になるのがありませんでしたから、独自につくりましたが、ハイレベルにし過ぎてかえって困りましたよ。

剛性に関しては、あまり科学的なアプローチをする余裕はなかったですね。試作機をつくることもできず、部分構造的な実験をする時間ありませんでしたから、類似した機械に対して大きめに構造物の肉厚や力骨の配置を考えて、断面係数を大きく取った程度でした。

ですから、いつも見積もり重量よりも重い機械ができてしまって、原価見積もり部門から注意されたことを覚えています。でも、実績経験のなかった時代としては止むを得なかったと思います。

その頃、工作機械の設計に関する唯一の参考書としては『旋盤設計』という本がありました。今はおそらくこの大学の図書館にもないと思いますが、イギリスの J. T. ニコルソンが書いたものです。

その他には、シュレジンガーの『工作機械』、それから英語の本ではトーマス・ショーの『工作機械』、切削理論関係ではクローネンベルグの本などでしょうか。

それらのなかで最初に読んだのが、ニコルソンの『旋盤設計』でした。でもこの本は、旋盤設計上のポイントについては詳しくはあったのですが、構造上の剛性問題についてはあまり解説されてはなかったですね。

Hutte のハンドブックに、切削バイトにかかる切削抵抗の図表が出ていて、切削抵抗力をベクトルの分解して、主分力、背分力、送り分力の割合を示した図表もありました。それらを活用して、各分力

の値を概算して各部分の強度計算や剛性の目安をつけるといったことをしました。

主軸台主軸受の強度は主切削分力と心間荷重とで、送り軸の強度は送り分力と送り動力と伝達効率などを、また刃物台は3 分力を計算要素として取り上げて、安全係数を加算して各部分の設計寸法を決めました。

ハンドブックにあった各分力の割合については、バイトの種類や形状、さらに被削材の種類や切削条件で多少幅がありましたから、自分の手で一度は実験的に確かめたかったのですが、当時はそんな余裕もなかったですね。

その後になって、石炭液化反応筒を加工するための超大型強力旋盤を海軍から4 台受注したとき、その1号機を使って念願の切削合力を測定することができました。許可を得て実験用刃物台を試作して、完成機の立会試験や出荷の合間を利用して、切削条件や工具条件の違いによって各分力の割合がどう変化するかを、ある程度確認できたのです。

切削3 分力の同時測定には、当時の芝浦製作所鶴見研究所の機械研究室が協力してくれまして、かなり大がかりな実験になりました。焼入れ硬化した3 個の弾性梁を実験刃物台の内部に組み込んで、70mm 角のバイトシャンクを硬球を介して装着して、オートダインオシログラフで梁の歪み量を測定したわけです。

1 回の測定は、出荷前のあわただしい合間を利用しての実験でしたから、データをたくさん取ることはできませんでした。4 回実験を繰り返せばかなり集められると考えていたのですが、時局が切迫して2号機以後は納入先での現地組立になってしまい、その実験を継続することができなかったのは本当に残念でした。

剛性に関連して、大型旋盤などの設計の基本になるベッド幅の問題がありました。最大切削径での切削合力のベクトル線がベッド摺動面のどのへんにくるかによって、機械の性能を判断する基準をつくったのです。もし内側なら重切削、外側ならば軽切削の機械として、概略のベッド幅寸法を規定したわけです。そして、後はベッドの断面係数をどうするかという問題でした。

陸海軍の工場にあった大型機の見取り図を吟味してみると、設計基準がほぼ妥当であることがわかりました。見取り調査した機械から拡大して設計する



ときの基本になるベッド寸法は、このような基準で決めていったと記憶しています。

——切削合力がベッドの内側にあるか外側にあるかは、工作機械を設計するうえでの原則だとおっしゃいましたが、たとえば中ぐり盤のように加工点が移動すると力はどう変化するか、あるいは削りかたによって力の方向が常に変わるといった問題は、どのように拡張して考えられたのですか。

**船渡** これは主として横型旋盤についての考えかたでして、他の機種では基準が変わることは当然です。中ぐり盤の場合は、中ぐり軸あるいはフライス軸にかかる曲げ強度と振れ強度、さらに中ぐり軸を支える主軸頭内の軸受容量、そして主軸頭を案内するコラムの大きさなどが基準として取り上げられましたね。

——さらに一歩進んで、工作機械の精度設計という点では、たとえば6mの機械を12mに延ばした場合、案内面はナローガイドにしなければならないとか、そのへんはきちんと把握しておられたのですか。

**船渡** 連続往復運動をする往復台は、絶対に振動があってはならないとされていたので、機械の寸法が大きくなれば往復台の縦横のスタンスも大きくなります。そこで、往復台案内面の縦横比を十分に取って、ナローガイドの原則は守りました。

また、往復台が向きを変えるとき振動をなくすために、親ねじと2個のハーフナットを使い、逆転する歯車類はバックラッシュ除去装置を付けて万全を期したものです。

——こうしてうかがっておりますと、船渡さんは解析的なことがお好きだったということがよくわかります。普通なら単なる模倣とか経験だけといったお話になるのですが、機械の寸法を拡大するという拘束条件のなかで、いかに力学的にアプローチしていくか、設計者としての安心を得るという気持ちがよく表われているような気がするのですが。

**船渡** 当時は、そうした機械に関する設計資料はほとんどありませんでしたから、限られた時間内に気休めになる初歩的な計算をしてみただけなのです。完成した機械を、多少時間をかけていろんな動的試験をしてみれば、気休めの計算の良否がわかり、そうすることで設計資料が少しずつ整えられていったのでしょうが、静的検査をした後はすぐにユーザーに搬入してしまいましたから、反省する間もありませんでしたね。

大型旋盤の場合は、完成した機械が限界条件に耐えられたかどうかの確認は不可能でした。立会試験では最大寸法の工作物がなく、せいぜい50～60%の負荷で試験は終わってしまいましたから、設計基準や計算へのフィードバックはありませんでした。

——芝浦工作機械としては、そのライフリングマシンが第1号機というわけですが、その後大型機械を手がけるようになるのはいつ頃から……。

**船渡** ライフリングマシンを受注したのと同じ時期に、海軍から爆弾削り用の旋盤と弾体の中ぐりをする旋盤を受注しました。当時は特殊旋盤と呼んでいましたね。その後にやはり海軍から、さっきいきました石炭液化反応筒を加工する旋盤を、昭和15年頃に開発することになったのです。

これは代表的な大型機械でして、ベッド上の振りが2.5m、心間距離23m、心高1m250、加工物の心間荷重が120ton、刃物台が4つ付いて、総重量が260tonという旋盤でした。

——相当大きな機械ですね。

**船渡** はい、これは日本が次第に海外から石油を調達しにくくなってきたので、海軍が石炭の液化構想を立て、そのための反応筒部品を加工する機械でした。そして名目としては、住友金属工業の和歌山製鉄所と日本製鋼所の室蘭製鉄所に2台ずつ納めるというものでした。

私は、はからずもこの機械の設計を担当することになったのです。設計部長から受注指示書を見せられたときは、未経験の私としては辞退を申し出たのですが、部長自ら応援くださるということで、結局引き受けてしまったのです。でも、あまりにもスケールが大きな仕様でしたから、驚いてしまいました。

しかし、旋盤は海軍工廠などに行ってみますとドイツやアメリカ製の大型機がたくさんありましたから、勉強のためにそれらを見せてもらったり、重要部分を見取りスケッチしたりしました。

それと、芝浦工作機械が創立される以前の昭和12年頃、芝浦製作所が自社設備として大型旋盤の開発を進めていました。これは、当時の鴨緑江水力発電（朝鮮）に納める出力10万kWの立型フランシス水車のシャフトを加工するための機械でした。

これもおそらく藤島さんなどのご発案だったのでしょう、外国に頼らずに自社向きの使いやすい専用大型旋盤をつくらうというので、当時の機械設計課で設計したもので、この設計図面も多少参考にする

こともできました。

この機械は、芝浦製作所の電気関係技術者の英知を集めて開発したもので、少し変わった設計になっていましたね。出力が 35kW 程度の極数変換同期モータを 2 基付け、それらを歯車を介してつなぎ、パラレル運転で旋盤の面板を動かすというものです。極数変換同期モータを並列運転させることで、主軸台のなかの歯車をできるだけ少なくする設計になっていました。

さらに、送りねじを使わずに、メインモータと刃物台サドル移動用モータを同期運転させることにしたのです。つまり、長さ 20m 以上にもなる大型旋盤の機械的シャフトを止めて、電気シャフトにした画期的な設計になっていたのです。

当時、このような方式は世界的に見てもなかったようです。昭和 16 年頃、私がドイツの雑誌を読んでいたら、ドイツのシース・デフリス社（後にシース社）で電気シャフトを使った旋盤が完成したという記事が出ていました。だから、あるいは同時期だったかもしれませんが、いずれにせよ電気メーカーがつくる専用工作機械なので、電気を積極的に応用した大型工作機械でした。

こうした参考資料がありましたので、最初は相当不安を感じながらも、上司から激励と指導を受けながら、どうにか設計図面をまとめ上げることができました。そして機械も無事に完成し、納入することができたわけです。現在でも 1 台くらいは設備として残っているような話を聞いています。

——その機械が完成したのは何年のことですか。

船渡 1942（昭和 17）年だったでしょうか。

——当時の工作機械というのは、何年くらいの寿命を考慮して設計されていたのですか。

船渡 今日のような急速な技術進歩の時代と違って、当時の大型工作機械などは 40 年から 50 年くらいは使われてきたと聞きました。しかし、寿命を考慮して設計などはしませんでしたし、ベッドや往復台の摺動面はオーバーホールで面当たりをするので、肉厚を余分に付けておくのが常識でしたね。

——いずれにせよ大変なことですね。もちろん、モータなどは交換しなければならないでしょうが。

船渡 はい、部品交換はしなければなりません。使用頻度が激しいベッドのスライドウェイなどは、3 年とか 5 年ごとにオーバーホールするわけです。ですから、ベッドなどの厚みを決めるときにも、取り

しろを 10～15mm くらい余分に設計しました。

——さっき、機械的シャフトを電氣的シャフトに代えたとおっしゃいましたが、当時の電気技術は機械的なものに比べて信頼性が高いという評価があったのですか。または、総合的に考えて電気制御のほうが、機械式よりも簡単で故障も少ないという判断だったのでしょうか。

船渡 芝浦製作所で開発を進めた機械ですから、そのへんの意図はわかりませんが、電機メーカーの各部門の技術者がバックにいたので、高度の電気知識を駆使して、当時の最新の電動力を応用した専用設備機械をつくり上げたいという願望があったのではないのでしょうか。

どんな外乱に対しても電氣的シャフトで同期性が確保されるなら、機械的シャフトよりも構造が簡単になって便利だと思います。しかし、今日まで電氣的シャフトを使った工作機械は、大型旋盤の他には小型のホブ盤くらいしかなくて、あまり普及していないことを考えると、電氣的に完全な同期を取ることがコスト的に難しいのではないかと思います。

——モータを 2 つ付けて駆動させるというのも面白いですね。

船渡 出力が 100kW 程度のパワーをなぜ 2 つに分けたのか、私にもよくわからないのです。2 つのモータの出力をバランス良くさせることは逆に難しいと思うのですが、ただ主軸台をスマートにするためには、大きなモータだとスペースが取られますが、小型のならコンパクトにできるという考えだったのでしょうか。

それと、軽負荷の旋盤作業の場合は片方のモータだけで運転するという、節電効果もあったのではないのでしょうか。水車のシャフトは、鍛造した後の荒削りは素材メーカーでやり、電機メーカーではその後の中、仕上げ削りをしていたようですから。

とにかく、超大型旋盤の第 1 号機ができてから反省したことは、出荷前に機械を解体して各部分の重量を測定したら、図面での重量より約 15% も重くなっていたことでした。当時は、機械の価格をトンあたりいくらといった時代でしたから、会社にとっても大きな損失を出したわけで、厳重注意を受けたことを覚えています。

図面を出してから試運転までは、何か問題は起こらないかと心配の連続でしたが、幸いにして大きなトラブルもなくすべてが終わって、この設計に携わ

った者一同は大きな自信を付け、それからの設計に精神面でも大いに力になりましたね。

その大型旋盤の設計に続いて、タービン羽根車を加工するための振り 3.2m の軽切削旋盤を設計しているうちに、藤島さんの命令で研究部と協力して 5m の歯車ホブ盤の設計をするようになったのです。

そのときに藤島さんから懇々といわれたことは、「船渡君、この機械はまず材料から勉強してほしい」ということでした。そこで、鋳物や軸受材料のバビットメタル、砲金などの勉強を無我夢中でやりました。なぜ日本の機械が早く摩耗してしまうのか、それまで工作機械の設計をしていながら、摩耗のことなどは別の問題のように考えていましたからね。

## 5m 親歯車ホブ盤の設計

——歯車ホブ盤の設計を始められたのはいつ頃ですか。

**船渡** 海軍から注文を受けたのが 1941（昭和 16）年末で、設計に着手したのは昭和 17 年頃からだと思います。空母「翔鶴」や「瑞鶴」、戦艦「大和」や「武蔵」といった巨艦が計画された頃でしたから、タービンの減速歯車を加工するための歯車ホブ盤が足りなかったわけです。

ですから、5 m 級ホブ盤が 3 台、4m 級が 5 台、その他 3 m 級が 8 台と、一度に 10 台以上の注文があったのです。海軍が技術面でバックアップするから、とにかく短期間で完成せよということでした。

その頃、当社には歯車ホブ盤の資料はカタログだけで何もありませんでしたが、海軍で作図した 3 m ホブ盤の図面を貰い、また呉海軍工廠にあったライネッカー（ドイツ）の 5 m 級の機械をオーバーホールする機会に恵まれて、芝浦工作機械の研究部から 5 人の技術者が見取りに出かけました。

それで、自分たちの手で有力な資料を集めることができたのです。当時、設計部は他の機械を手がけていて忙しかったものですから、研究部の人が苦労して完全な見取り図を描いてくれました。

私も 1 日だけ機械を見にいきましたが、研究部の連中が帰ってきて、3 週間も詳細に各部分をスケッチしてきたので、足腰が立たなくなると悲鳴を上げていました。

それは本当に詳細なもので、非常に参考になりました。それをベースにして、まず 5 m のホブ盤を設

計することになったわけです。当時、呉海軍工廠の隣に工作機械実験部（広島県広町）があって、ここでも駆逐艦などに使う減速歯車を加工するための 3 m 級ホブ盤を開発中でした。

研究部の人たちが苦労してつくった油まみれの見取り図を図面化することから始まって、本格的に設計に着手したのですが、構造上の勉強も藤島さんから注意を受けた材料の勉強もしなければならず、忙しい日々を送ることになって、一日が 30 時間あればと思いました。

見取りスケッチをベースにしたホブ盤メカニズムを解明するにあたっては、当時研究部におられた西田幹夫さんの協力が忘れられません。スケッチした機械は万能歯車ホブ盤で、素数歯の歯車を創成する特殊機構や、ダブルヘリカルやトリプルヘリカル歯車の切削機構が付いていました。見取り図からそれらのメカニズムを理解するには、相当時間を要したのです。

また、材料の鉄鋳物や非鉄合金鋳物、歯車素材の特殊鋼などについて、各方面の権威者の意見を拝聴しました。そこで、菊目組織（パーライト）の良質の鋳物をつくる方法や、耐摩耗性のある親歯車の材料などを集中的に調査して勉強したわけです。

芝浦製作所の鋳物研究室や理研の飯高研究室、早稲田大学の鋳物研究所などに行って、いろいろご意見をいただきました。それらを参考にして設計方針をまとめて、藤島さんのところに報告に上がったのです。

私はまず、日本の鋳物はどうも銑鉄の溶解炉が構造的に良くないので、良質な鋳物ができないのだそうです、と藤島さんに申し上げました。すると、そりゃそうだろうといわれる。藤島さんはすでにそのへんの事情を知っておられて、良質の工作機械用鋳物を供給する目的で、平炉を溶解炉にした鋳物専用工場を網干（兵庫県）に建設する計画であることを話されました。

その工場は昭和 17 年度中には完成する予定だが、それを待っていては間に合わない。その代わり、沼津工場に新しい溶銑炉を設置して、鶴見工場よりもはるかに良質の鋳物をつくる計画がある。その設備を使えばよいではないかと、先を見通したご意見をいただきました。そこで一気に、悲観的だった材料の品質の問題が明るい見通しになったのです。

その沼津工場に設置した溶銑炉は、当時、早稲田



大学鑄物研究所の石川登喜治先生が開発された「石川式熱風炉」というのを、藤島さんがいち早く採用したものです。この炉が実際に稼働を始めたのは、1942（昭和17）年の終わり頃でした。

それで、ホブ盤のベッドやテーブル、マスターホイールのリングなどをつくることになったのですが、それを沼津工場でやるか、鶴見の日本鑄造にも頼むか検討したのです。結局、両方でつくることにして、良質鑄物を確認するために鑄造と同時に鑄造物と同じ位置でテストピースをつくって、鑄造物ごとに強度試験と組織検査をしました。

それから、それぞれの部品についてテストピースを5、6個取って測定したところ、日本鑄造の鑄物は強度が20kg/cm<sup>2</sup>以上出なかったのですが、沼津の石川式溶銑炉を使ったものは25kg/cm<sup>2</sup>くらいのものが得られたのです。

その顕微鏡組織を見ても、遊離黒鉛がある程度細かい菊目組織になっていました。当時としては満足すべき上出来の鑄物でしたので、とりあえずマスターホイールの鑄物は沼津工場でつくることにして、3個を鑄造しましたが、強度試験でも25kg以上の値が得られました。しかし、テストピースは良くても実際に削ってみなければ、あるいは巣が出るかもしれません。

そこで、3つのリングを鶴見工場で旋盤加工してみたのです。案の定、そのうちの1個に巣が出ましたが、残りはわずかに巣が見られるものの、仕上げ加工すれば巣が取れるだろうと判定して合格にしました。

しかし、鑄物の内部歪みをどのようにして早く取り除くかが大きな問題でしたね。当時は、鑄物の内部歪みを取る理論的な方法はありませんでしたが、工作機械メーカーは経験的に、鑄物を屋外に半年以上放置して天日にさらせば、内部歪みが取れるものと考えていました。しかし、そんなことをしては間に合わないの、何か人工焼鈍する方法はないものかと、熱処理に明るい冶金関係の専門家に聞いてみました。

その方法は、ゆっくりと加熱して保温し、ゆっくりと冷やす徐熱、徐冷を繰り返せば、内部歪みはほとんど取れるというのです。大きな焼鈍炉が必要でしたが、直径が4 mもある取付台の付いたブロックを入れる炉はありませんでしたから、昔からの“<sup>おこ</sup>陸焼き”焼鈍を繰り返して、荒切削をしてから5か月外

に放置しておきました。

こうして最初ホブ盤のマスターホイールは、材質的には25kg以上の強度が出せ、歪みも十分に取って、いよいよマスターホイールの歯切りをするようになったのです。

さて、その加工をどこに頼むかということになって、海軍省の艦政本部第5部というところに行きましてね、当時日本で稼働していたライネッカーやクレブンといった歯切盤のなかで、どの機械が一番精度が良いか調べてもらったのです。

その結果、三菱重工業神戸造船所にある4 m級のライネッカー歯切盤の加工精度が最も良いことがわかりました。そこで、海軍省から三菱の社長に直接話してもらい、忙しい時期だけでも芝浦工作機械のマスターホイールの歯切りを工程に優先的にはめ込ませることで話がついたのです。

神戸に素材を送ったのは、確か1943（昭和18）年になってからだと思います。これがまた大変な作業でした。もちろん、現在のような高速道路などはありませんし、直径が3 m半もある重量物ですから、鉄道でも運べない。そこで、これを鶴見の岸壁から<sup>はしげ</sup>に載せて、神戸の和田岬まで海上輸送したのです。  
——ずいぶん時間がかかったでしょうね。

**船渡** 2昼夜くらいで行ったそうですが、50tonのフローティングクレーンでリングを吊り上げて、それを積んで船が出ていくときには、沈まなければよいがと思ったものでした（笑）。

こうした海軍省のバックアップや三菱重工業の大変なご好意で、ライネッカー歯切盤の持てる精度をそっくり再現していただきました。当時の神戸造船所長の大島さんが、三菱神戸でもこれほど素晴らしい歯切りができたことはない、三菱としても非常に鼻が高いとおっしゃって、ぜひ日本のために役立ててくださいと激励され、感激したことを今でも覚えています。そして、またこれを鶴見まで船で持ってきたのです。

——それを加工するにも時間がかかりましたでしょ。

**船渡** マスターホイールですからホブで切るわけではなくて、1本のフライカッターで切って精度を見ながら修正をしていくわけですから、昼夜兼行の連続運転でも2週間くらいかかりました。それは大変な忍耐のいる仕事だったと思います。

——それがあのマスターホブ盤の原型だったわけですね。

**船渡** そうです。そして一方、ホブ盤のベッド本体とかテーブルといった大きな部材は、沼津の鑄造工場でつくり、またコラムその他は日本鑄造にお願いしたりして、1943年の春には材料が揃いました。

いよいよ5mホブ盤の加工組立に着手するようになって、2個のマスターホイールのうち1個は海軍のホブ盤に使うとして、もう1個の精度の良いほうは、続いて十数台注文を受けているホブ盤のマスターホイールを削るためのマザーマシンに使おうということになったのです。そこで、とりあえず海軍に納める第1号機と自社で使う機械を同時につくることになりました。

では、その自社用のマザーマシンをどこに据え付けるかということになって、沼津工場のほうが敷地が広く環境もいいし、工場の地盤もしっかりしているからということで、マザーマシンのホブ盤を設置する工場と精密工具工場を建設することになりました。

マザーマシンを設置するにあたっては、恒温恒湿の工場や外部電力が遮断されても機械が動かせるような設備を考えました。実際に三菱神戸造船所で話を聞いたり、日立製作所の海岸工場や呉海軍工廠を見たりして、停電と同時に蓄電設備に自動的に切り替わるような方法を採用することにし、また室温も $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ に保ち、湿度も適当な値にするといった設置工場の計画を始めたのです、

そうしたら、とたんに海軍からホブ盤の製作に待ったがかかったのです。すでに工場のヤードにはホブ盤の鑄物素材などが10台ほど並んでいましたし、マスターホイールは2個できています。藤島さんがおっしゃるには、どうも海軍の作戦方針が変わったらしいとのことでした。

——それはいつのことですか。

**船渡** 1943年の6月頃でしたかね、従来の大艦巨砲主義から、航空機を重視する作戦に切り替わって、もう軍艦の増強は心要ない、飛行機を量産しようというわけでした。マレー沖でイギリスの「プリンス・オブ・ウェールズ」や「レパルス」が日本海軍の航空機によって沈められたこともあって、その重要さがわかったのでしょう。

あんなに苦勞してつくったマスターホイールや鑄物が山のようになっていました、命令とあれば致しかたなく、コラムなどは鑄物工場でまた溶かして使いましたが、マスターホイールだけはスクラップにする気になれず、藤島さんの指示で錆止めをして

大事に包んで終戦まで残しておきました。

そんなことで、ホブ盤をつくる話は戦後までお預けになってしまったのです。しかし、沼津工場のなかのホブ盤の基礎工事だけは、すでに完成していたのです（写真3）。

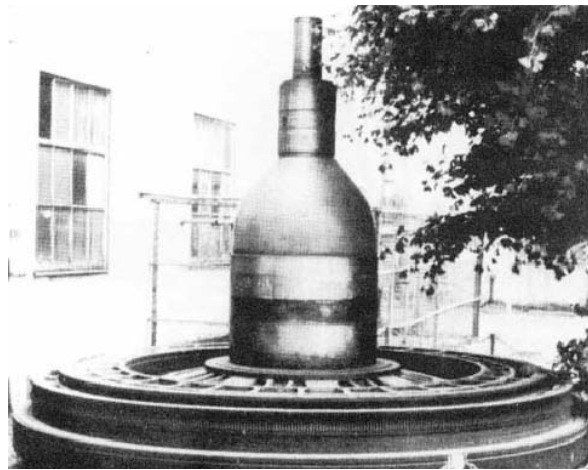


写真3 5m親歯車ホブ盤のテーブル、親ウォーム歯車、主軸が一体組立されたもの（現在、東芝機械沼津事業所に展示）

——話は変わりますが、船渡さんはあのシュレジンガーの“Werkzeugmaschinen”（邦訳『工作機械』）を翻訳なさっておられますね。

**船渡** あれは私だけがやったわけではなく、大学の先輩で芝浦製作所の機械設計におられた森佐一郎さんと、森さんと同期で当時は帝国酸素におられた若林鉄生さんの3人で、翻訳をしてみないかと話があったのです。

他の方は工作機械はやっておられなかったのですが、私は多少経験があるといっても体系立った基礎知識があまりなかったし、少しでも勉強しないと本当の設計屋にはなれないと考えて、技術の“<sup>ヒラギ</sup>襖”の意味で私も協力しようと思ったのです。

当時、東京大学の兼重寛九郎先生が監修された「海外名著全集」というのが出ていまして、我々が学生時代に読んだ本ではフリーゲルの『蒸気タービン』とかティモシェンコの『材料力学』とか、翻訳された有名な本がたくさんあったのです。

そのシリーズのなかにシュレジンガーの著書を追加することになって、先生から森さんのところに話が持ち込まれてきたのです。

それで森さんが、「船渡君、君は工作機械が嫌いだといっているが、ひとつやってみないか」というわけです。やってみないかといっても、800ページも

ある大部のものですから、一日に2ページずつ翻訳したとしても大変なのです。

その頃、会社から帰ってくるのが夜の8時から8時半くらいで、翌日は朝の7時半には出社しなければならず、そんなことをしていたら寝る時間もなくなってしまう（笑）。

それでだいぶ考えましたが、3人で800ページなら1人あたり250ページなので、なんとかだろうと横着にも引き受けることにしまして、1年半くらいで仕上げる計画にしました。

ところが、そのときの環境と1年後の環境はまるで違ってきました。夜な夜な空襲はあるし、灯火管制でシュレジンガーどころではないのです。

でも、始めの予定が1年ほど延びて、とにかく原稿が完成して版ができた頃、出版社があった界限も空襲で火の海になってしまい、版の一部が焼けてしまったのです。結局、1巻から3巻までは出版できたのですが、4巻目、5巻目が焼かれてしまい、とうとう未完の翻訳本になってしまいました。

戦後になって、また出版したらどうかという話もあったのですが、シュレジンガーの本の中味も古くなっていました。それに、その後ケーニヒスベルガーの『工作機械の設計原理』の翻訳本などが出版されて、このほうが理論的でしかも新しいデータが載っているということもあり、復刻を断念したわけです。

この翻訳を始めてから、煙草を吸うという悪い習慣が付きましました。それまでは、学生時代を含めて煙草を飲んだことはなかったのですが、翻訳をするようになって適当な訳語が見つからないと、どうしても煙草に手がいって一服という具合でした。

## 戦争中の設計技術

——船渡さんは、戦争にはいらっしやらなかったのですね。

**船渡** はい、私は乙種合格の第一補充兵でしたし、軍関係の仕事をしていましたから、応召はありませんでした。歯車ホブ盤の仕事がなくなって、今度は航空機生産用の専用機その他の特殊加工機械の設計をやることになったのです。

次第に工場生産の様相も変わってきてまして、沼津工場は爆弾加工用の特殊旋盤を月に5、6台、多いときで10台近く生産したことがありました。さら

に、航空機に搭載する機関砲の製造工場建設と平行して、機関砲を製造する工作機械を始めたのです。

機関砲関係の設計は研究部が担当しました。当時の研究部は80人くらいの陣容で、藤島さんを慕ってどこからともなく人材が集まってきましたね。型彫盤や平面研削盤、ブローチ盤、船の推進機做いフライス盤、銃砲関係の各種専用工作機械、それに高圧油圧ポンプなどは、研究部が設計を担当していたのです。

また、研究部と設計部が共同で、中島飛行機の航空エンジン「<sup>はまれ</sup>譽」を増産するための専用機も開発しました。

変わった仕事としては、1944（昭和19）年になってB29を迎撃するジェット戦闘機用エンジンの試作メンバーに駆り出されたことです。私はジェットエンジンの先頭機構と制御機構の設計をやらされました。

もちろん、陸軍からドイツのメッサーシュミットの資料などを貰って設計したわけですが、毎日3時間くらいしか眠れない状態が続きました。しかし、これも成果を見ないうちに終戦になってしまいました。

——すると芝浦工作機械は、戦争中は一貫してそのような機械をつくっていたわけですね。船渡さんも沼津におられたのですか。

**船渡** いや、私は終戦まで鶴見の設計本部におりました。あれやこれや関係させられて、創業時のような一点集中的な仕事は到底できなかったですね。そして、機械の見取り調査にも出かけることもなくなりました。

入社してからいろいろな工場現場にお邪魔して、各種工作機械の見取り調査をさせてもらいましたが、作業服姿で懐中電灯や測定工具を持って油まみれで見取りをするのは、かなりの重労働でした。でも、これを通して先人たちが築き上げたいろいろな技能や技術を知ることができ、また技術的な疑問が出てきて、それから派生した勉強の糸口が得られたこともたくさんありました。

これからの若い世代の技術者も、机上のソフトウェアだけに偏らずに、機会があればお手本になる優秀な機械の分解見取りをするような研修があってもいいのではないかと思いますね。

その見取り調査で感銘したことがありました。芝浦工作機械が大型ホブ盤を受注した直後に、海軍艦



政本部からまた呼出しがあつて、呉海軍工廠に行つてドイツから輸入した新しいピニオン（小歯車）ホブ盤をスケッチして、それを30%ほど拡大した機械をつくれということでした。

こちらは5mホブ盤で猫の手も借りたいくらいなので、私の第5設計課ではやり繰りがつかなくて、他の課や海軍の関係者にも協力をお願いして、昼夜兼行で見取り調査をしたのです。

その機械は、ピニオンを創成加工するシース社製の横型歯車ホブ盤でした。そのときに驚いたことは、主軸台の正面にアルミ製の銘板が張ってあったのですが、それにドイツ語で「戦時形」と書いてある。仕様書や解説書を読んでいくと、なぜこんな銘板が高精度の工作機械に張ってあるかがわかりました。

それは、戦時中の製品なので各部分に代用材料を使っているから、機械の使用条件を制限しているという表示だったのです。たとえば、主軸と軸受、それに割出し用のマスターウォーム歯車は鋳鉄、配管も鋳鉄とアルミ、電動機もアルミ線を使った交流モーターという具合で、機械から銅を一切なくしていたのです。

しかし、そのとき私も立ち会った技術将校も疑問に思ったことは、連続長時間運転するホブ盤の主軸とその軸受が同じ鋳鉄というのは、常識で考えれば最悪の組み合わせです。念のために表面硬度と組織検査をしましたが、硬度だけは差があることがわかりました。

そんなことで、この機械の安全性に不安を感じながら帰ってきて、ドイツの「ベルクシュタット・ベルクスタイラー」という雑誌を調べていましたら、たまたま鋳鉄の摺動面に関するアーヘン工科大学の実験報告が載っていたのです。

それで見取り調査の資料と比べてみると、硬度差と摺動速度の数字がほとんど同じことがわかりました。戦時形の機械でも、さすがにドイツの工作機械は論理的だと再認識し、また同じ種類の金属でも場合によっては、軸と軸受に使えることを教えられました。

もう一度は、爆弾の弾体（シェル）加工用の倣い旋盤をスケッチしたときのことです。やはり海軍で、2種類の機械をドイツから輸入したことがありました。

1台はハッセ・レーデ社のもので、これはたくさん歯車とカムで駆動させる典型的な多刃自動盤で

した。そしてもう1台は、アルフレッド・ビルト社の機械で、こちらは歯車やカムを一切使わず、Vベルトと空気圧を利用した多刃旋盤でした。

私どもはビルト社のほうを見取り調査したのですが、そのユニークな設計思想には本当に驚きました。戦時中なので短期間で製作できることや、未熟練者や婦女でも使えることを前提にしてつくられたらしく、手間のかかる歯車やカムなどは使わず、プリセット工具を使用するので、作業者は工具に気を遣うこともないわけです。

プリセット工具は、空圧コレットで工具ホルダに固定してあり、弾体はやはり空圧チャックで主軸に取り付け、そして倣い装置も空圧式でした。フレーム全体が箱型のスラント構造で、加工物の取付け、取外し用に小型のジブクレーンが付いていました。切屑はフレームの下のスクリュークラッシャーで外に出すしくみで、機械操作はペダルとレバーという具合です。

まあ実に独創的な設計で、いろいろな点で勉強になりましたね。NCではありませんが、今日の進歩したマシンニングセンタ以上の配慮がしてあつて、ドイツ人の発想の豊かさには本当に驚きました。

この機械を拡大した特殊旋盤をその後、沼津工場で大量につくりましたが、本体の鋳物フレームが構造的に鋳造しにくかったのを除けば、本当につくりやすい機械だったと思います。

——それはかなり自動化が進んだ機械といえますね。

船渡 ええ、戦時中にあれだけのものができたというのは、本当に感心します。現在のハンドリングロボットが付いたNC旋盤やマシンニングセンタとほとんど同じ機能を持っていたといえますね。

私はこのとき初めて、工作機械に空気圧を取り入れて制御し、しかも空気圧チャックを使い、多段のVベルトで主軸を回す旋盤を知ったわけです。運転操作は電気式の押しボタンではなく、フットペダルを作業員が踏んで操作するという具合にね。ただ、ジブクレーンの操作は手動でしたが、加工物の着脱は非常に楽なようでした。

日本海軍の技術将校がこの機械に目を付けて、ドイツから苦勞して運んできたそうですが、その着眼の良さには感心しました。

——スラントタイプの旋盤を手がけられるようになって、さっきおっしゃっておられた主切削力の力点がどこにあるかといった問題について、改めて考え

られたのではないですか。

**船渡** はい、真っ先に考えてみましたが、問題は何もなかったですね。むしろ、ベッドに相当する横桁強度とフレーム全体のバランスを考えればいいのです。ベッドの摺動面がどの位置、どの方向にあっても、設計の原則は変わらないことを確認しました。

——切りくずの排出性を考えれば、スラントタイプの方がずっと良いわけです。力のかかりかたを考えても悪くない。船渡さんは、内心これは思ったとおりだと考えられたのでないですか。

**船渡** ええ、それもそうですが、機械の制御に圧縮空気をこれほど便利に使えるということを知ったのは、そのときが初めてでしたね。做い方式はメカニカルですが、型板にスタイラス（触針）を押し付けるのは空気圧です。ドイツ人の発想は、必要に応じて従来のものにとらわれない斬新な設計もできるという点で、本当に素晴らしい。

——現在、そのビルト社のスラントタイプの旋盤が、技術としてもその後の東芝機械に残っていないのは、何か理由があるのですか。

**船渡** 軍関係の仕事でしたから、上からの命令ですべてスクラップにして破棄してしまったのです。それに、ビルトの機械を実際に見取り調査し設計をした方々が、終戦を境にしてほとんど会社を辞めてしまいました。現在、その機械の詳細を知っている人は、当時旋盤設計にいた斎藤俊雄さんと私くらいになってしまいましたね。

戦後、GHQ（連合軍総司令部）が工作機械の生産再開を許可してから、私はスラントタイプの汎用自動旋盤を、当時の芝浦機械製作所や関連会社で製品化を進言しましたが、いろいろな事情があって実現し

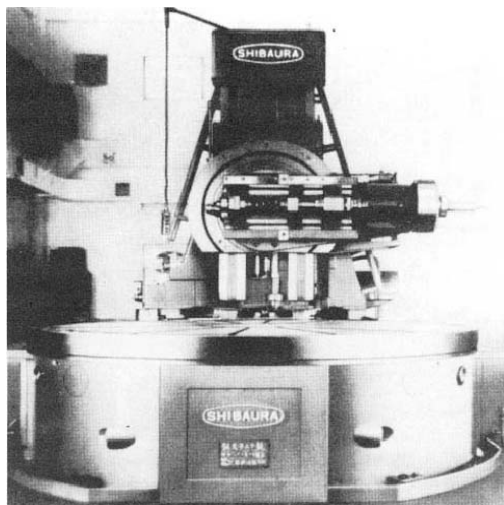


写真4 完成した5m 親歯車ホブ盤(マスターホイール、減速歯車加工の兼用型として設計された)

ませんでした。

——船渡さんは、1947（昭和22）年に技術部長になっておられますが、当時は戦後の混乱期でいろいろな苦勞がおりだったでしょう。

**船渡** 戦時中の積み重ねた有形無形の財産も、その当時はまったく活用できませんでしたね。それで皆で何をやろうかと頭をひねって、結局、地元の要求から先にやろうというので、パン焼き器や製粉機、手動紡毛織、それに従業員のために鍋釜をつくりました。

## 設計と工具との協力関係

——有名な親歯車ホブ盤（マスターホブ盤。写真4）を完成したのは1953（昭和28）年ですが、あのマスターホブ盤を使ったわけですね。

**船渡** 戦時中は空襲を避けるために、あのマスターホイールを鶴見工場から沼津工場に運びましてね、工場の一隅に保管しておいたわけです。戦後になって鋳物工場の銑鉄がなくなるたびに、スクラップにしてもいいかといってきました。そのたびに当時の工場長が、それはまかりならぬ、あくまで保存するのだと大事に保管しました。

そのうちにパージ（追放処分）が解除されて、1951（昭和26）年には藤島さんが社長に復帰され、1953（昭和28）年の10月にそのホブ盤を完成できたわけです。このときの製作費は、当時の芝浦の資本金に相当する金額でしたが、藤島さん始め幹部の方々が銀行を説得して、それで貴重な資金融資を受けることができたのです。

話は変わりますが、戦争中に芝浦工作機械が生産性の高い大型旋盤や特殊工作機械を自由な発想でつくることができた背景には、現在の東芝タンガロイ、当時の特殊合金工具が切削工具を担当してくれたことが大きかったように思います。

「タンガロイ」は、藤島さんが芝浦製作所時代に、当時の「ウィディア」や「カーボロイ」に匹敵する超硬工具を、という目標で開発されたものです。

そんな環境がありましたから、他所の会社ならまずハイス工具を使うところですが、我々は値段に関係なく、なるべく超硬バイトを使おうとしました。また、藤島さんの発案で「タンガロイ委員会」がつくられ、月1回程度切削工具の情報交換を中心に会合が開かれました。

ですから、我々はあまり工具のことを心配せずに

済んだことは大変ありがたかったですね。こんな材料を削りたいのだが、それに合うチップはないかといえ、タンタル、ニオブ、チタンなどを入れた超硬工具を試作してくれました。先ほどの爆弾削りの旋盤も、バイトはすべて超硬を使いました。だから、芝浦工作機械がすぐれた機械をつくることができたのは、バックにこうした協力があったからなのです。

大阪造兵廠に行ったとき、ライフリングマシンで砲身にライフルを切る作業を見ていましたら、ベテランの工長がトランクのなかにハイス工具を大事そうに保管していて、それをカッタヘッドに取り付けて、まるでダイヤモンド工具を扱うような慎重さで削っていました。

とにかく最終仕上げの段階で失敗すれば、それまでの全工程がオシャカになってしまいますからね。砲身に体と耳をくっつけてじっと切削音を聞きながら、切削状態の良し悪しを確かめていたようでした。ただ、ライフルを加工するときは最高級のハイス工具を使っていたのですが、その他の工作機械では超硬を使うのが普通でしたね。

戦後に東芝機械が国鉄の平面研削盤や動輪旋盤をやらせてもらうことになって、1947年頃から国鉄が中心になって「工作機械研究会」が始まり、私も出席させてもらいました。当時、鉄道技術研究所の工作研究室長をされていたのが伊藤鎮<sup>きん</sup>さん（後に上智大学教授）で、工作局からは伊東乾<sup>みづみ</sup>さん、それに機械課長の国行一郎さんなどでした。

国鉄の工場を見せてもらっていつも歯痒く思っていましたことは、蒸気機関車の動輪を加工するのに一日に1対か1対半くらいしか削れない。D51のような動輪が4対（8個）もあるような機関車になると、全部オーバーホールするのに3日も4日もかかるわけです。そして、切削速度は10m/minとか15m/minというのが、当時の標準的な作業条件だったと思います。

私は、日本で最も工作機械の使用経験が豊富な国鉄の工場が、そんな低い切削速度を使っているのですねと質問しました。すると、船渡さんは素人だからそんなことをいうが、機関車の動輪はブレーキをかけるとレールとの摩擦で部分的に焼きが入ってしまう。だから、タイヤ周辺の硬度が一様ではなくなって、焼きが入った部分はショア硬度で80から85にも硬くなるので、低速度でそろりそろりと削らないと、工具がすぐに傷んでしまうのだとい

う説明でした。

私はすぐに東芝タンガロイに行きましてね、工作機械研究会でこんなことを聞いてきたんだが、東芝機械が新しくつくる動輪旋盤は画期的なものにした、切削速度を50m~60mに上げられれば、4対の動輪など一日で加工できるし、国鉄も儲かって喜ばれるから、ぜひ高性能の超硬バイトをつくってほしいと頼みました。

するとタンガロイさんは、実にいろいろな種類のバイトを試作してくれましてね、それを国鉄の浜松工場に持って行って、切削試験をずいぶんやらせてもらいました。

このときは、やはりタンガロイさん任せというわけにもいかず、私も当時は工具の勉強をしましたよ。あるとき、日比谷（東京）の図書館でアメリカの文献を見ていたら、超硬バイトで鋼を切削するときに、クロシン（灯油）をかけると冷却効率が良くなって、工具の摩耗が少なくクラックも入りにくいという記事があったのです。

私はこれを応用して少しでも良くしたいと思って、動輪旋盤を完成したときに沼津工場長にお願いして、実験をさせてもらうことにしました。そして、火災が起こるかもしれないと消防署に連絡して待機してもらったのです。それで実験を始めたら、煙はモウモウと上がりましたが火は出ませんでした（笑）。

そんな実験を重ねて最適な工具を見つけ、東芝タンガロイの人にも研究会に出席してもらって、その結果を発表したのです。そうして1950（昭和25）年に、従来の7、8倍の能力を持った動輪旋盤を完成でき、それに超硬丸駒バイトを採用したわけです。それから、国鉄の動輪旋盤や車輪旋盤に超硬丸駒バイトが使われ始めました。

——クロシンは、現在の超精密加工に受け継がれているわけですね。

船渡 そうなんです。奇しき因縁といったところでしょうか。現在のように工具や冷却剤の物性がよくわかっていなかったときですから、文献にあったから実験してみようという、今から考えれば実にせっかちなことをしたわけですよ。

戦時中に機関砲をつくっていたときに、銃身は細長い棒なのですが、弾倉部分の部品などはフライス加工が多いのです。これをブローチ盤を使って加工しようと考えられたのも藤島さんです。30tonのラポイント社（アメリカ）のブローチ盤を輸入され、



穴も平面もブローチで加工することを考えられたのです。そして、その平面ブローチ工具を超硬でつくろうともされました。

戦後間もない頃、扇風機のシャフト加工用に「ブローチ旋盤」という異色の工作機械をつくりましたが、戦後の混乱期であり、また素材が良くなかったこともあって、満足できる成果は得られませんでした。しかし、これからの開発機種になるかもしれません。

——芝浦工作機械の設立から現在の東芝機械に至るまで、藤島さんを始めとして船渡さんなどが築いてこられた考えかたというのは、物事を合理的にとらえて研究し解析するという、とにかく試行錯誤になりがちな工作機械開発のなかにあつては、実に科学的なアプローチだと思います、またその技術としては、最初から電気や油圧そして空気圧を使うという、積極的な思想が脈々と流れていたと思います。

そこで船渡さんのお気持ちとしては、工作機械のNC化は、当然来るべきものが来たという感じがあると思うのですが、それについてはいかがでしょう。

**船渡** 1952年にアメリカでNC工作機械が開発されてすぐに、珍しい自動制御のフライス盤が現われたという情報が入りました。日本におけるNC工作機械の先駆者は、牧野フライス製作所さんとか池貝鉄工さん、あるいは東京工大の中田孝先生の研究室などでしょう。

東芝機械の電気部や研究部では1957、8年頃になって、NCに関するいろいろな資料を集めて小型工作機械やNC装置も自作し、基礎的な勉強は始めていたわけです。小型のボール盤やフライス盤にはまもなく応用されるだろうとは思っていましたが、大型機械にNCが活用される時期はもう少し先だと考えていましたから、表面には出ませんでした。

——NCは、技術としては非常に馴染みやすいものだったのではないですか。

**船渡** ええ、電気を高度に応用した製品をつくることは、創業以来、藤島さんが示された方針でした。電気部の陣容も設立当時から充実していましたから、高度の制御技術や、DNCを含めたNC技術をまとめていく人材には、非常に恵まれていたと思います。

——こうしてうかがって参りますと、船渡さんは子供の頃から何でもおやりになれたようですが、ご趣味は。

**船渡** あまりございませんが、強いて挙げれば囲碁

と園芸、それに弓とゴルフくらいです、

囲碁は、小学生の頃、父が打っているのをそばで見ているうちに、興味を持って本を読み出したことから深入りしてしまいました。大学時代は製図室でよくやりましたし、学部対抗戦で準優勝したこともありましたが、結局初段止まりでそのままです。

小学校から中学までは野球をやっていました。それから父の勧めで弓道を始め、これは現在まで続いています。小笠原流から日置流に代わって、的に当てることよりも姿勢を正して精神集中させることをモットーにしています。高校時代はインターハイで京都に合宿遠征した頃が、私としては一番強い弓を引いた時期だったでしょうか。

ゴルフを始めたのは昭和29年頃ですか。先輩に勧められて始めたんですが、昭和35年の実業団ゴルフ会で、はからずも東芝機械の優勝に貢献できたのが良い思い出です。好調なときのハンデは15でしたが、70歳を越えてからはその数も増加の一途をたどっています（笑）。

——本日は、大変貴重なお話をお聞かせいただきまして、どうもありがとうございました。

(1988年2月2日 東京都立大学)

出席者 (50音順、敬称略)

梅沢三造 (SME 東京支部長)

古川勇二 (東京都立大学)