

第1章

工作機械の技術伝承ネットワーク

伊東 諄



はじめに

ロシアとベトナムの資本財市場の誕生と技術ネットワークについて論じるとなれば、その核の一つは工作機械であり、その生産体制や調達方法、いわゆるサプライヤーが議論に大きな影響を与えるであろう。そこで、総論ではロシアとベトナムにおける工作機械のサプライヤーを明確化するために、工作機械の生産および利用技術の源流、ならびにその影響について概要を述べている。要するに、資本財市場の誕生で大きな意味をもつ工作機械のサプライヤーは、第一義的に技術面で大きな影響を与えた国を主体に構築される「技術の広がり」、いわゆる「源流とそれから派生するネットワーク」を視野に入れて論じるべきことを主張している。また、技術面よりも経済面を重視して構築されるネットワークの重要性にも目を向けるべきとの新たな提案も行っている。

そこで、本章では、これらの主張や提案の妥当性について、実地調査、聞き取り調査、文献調査などで得られた資料を紹介しつつ、技術伝承ネットワークについて論じている。

第1節 ロシアの工作機械技術伝承のネットワーク

日本企業の海外展開の次なる目標は BRICs 諸国と論じられることが最近多く見受けられる。これを受けた形で 2007 年に行われた編者らによるロシアの工作機械事情の調査結果によると、次のような注目すべき実態が観察されている。

それは、一言で「ロシア工作機械技術および産業の想像を超える低迷、あるいは壊滅」と表現できる状態である。軍事面にかかわるところは不明であるが、民生品の生産については、国内需要に対してすらロシアの工作機械産業には対応能力は、ほとんどないといえる状況にある。ここで、実地調査の報告書から、そのような低迷状況を示す事実を一言でまとめれば次のとおりである。

工作機械のユーザ

ロシアでは、社会基盤の整備が急務であり、発電装置、交通システム、ならびに建設機械に工作機械の大きな需要が認められるとされている。しかし、これらにかかわる工作機械の需要では、ロシア国産の工作機械を採用する機運はみられず、たとえば、サターン社の発電用タービンブレード加工のために日本製工作機械が使用されたり、鉄道用に西欧製が導入されたりしている。要するに、ロシア製工作機械が採用されるか否かの見極めは、これからという状況にあり、先行きは不透明である。

工作機械のメーカー

ベルリンの壁の崩壊に続くソ連の解体後、ロシアの工作機械企業は壊滅状態となり、現時点では数えるほどしか活動していない。ちなみに、従業員数でいえば、1992 年の 10 分の 1 となっている。ロシアの工作機械メーカーの現況については第 2 章で詳しく述べる。

ロシアでは、工作機械に対するそれ相応の需要はあるものの、国産能力は低く、輸入に依存している部分が多い。したがって、日本にとっては大きな潜在市場と判断され、しかるべき市場対策の確立が望まれるところで

ある。この市場対策については後述するが、技術面からみた疑問点としては、世界から一目置かれた時代があったことを考えると、このようなロシアの工作機械技術の状況は信じられないことにある。当然、いかなる理由によるものかを解明すべきであろう。ちなみに、かつて世界の技術を先導した、いくつかの事実を以下に挙げておこう。

(1) 「経験と勘」、あるいは「試行錯誤」で設計を行っていた 1950～1960 年代に、数学的な厳密さに欠けるところがあるとの評もあるが、次のような 2 冊の設計書を公表している。

(ア) Kaminskaya, V. V., Z. M. Levina, D. N. Reshetov [1960] *Bodies and Body Components of Metal Cutting Machine Tools*, Mashgiz (イギリス, PERA にて英訳)。

(イ) Atscherkan, N. S. [1961] *Werkzeugmaschinen-Berechnung und Konstruktion*, VEB Verlag Technik Berlin (ロシア語版からドイツ語への翻訳権取得は 1958 年)。

これらは、いずれも第 2 章でも述べるエニムスに所属していた研究者や技術者の手になっていて、その当時、工作機械の先進国といわれていたイギリスが翻訳、あるいはロシアより優位にあると推測されていた東ドイツが翻訳していることに注目すべきであろう。

(2) 設計の CAD 化が進むとともに、コンピュータが理解できるように工作機械を表現すること、すなわち「工作機械の記述問題」が 1980 年代に注目されるようになってきた。この技術に関してもソ連は当初先導的な立場にあり、次のような書を公表していて、これはアメリカ機械学会により翻訳されている。Reshetov, D.N. and V.T. Portman [1988] “*Accuracy of Machine Tools*,” ASME Press (ロシア語版は 1986 年にモスクワの Mashinostroenie Publishers から発行)。

これらは、ソ連の工作機械技術の優秀さ、あるいは世界の工作機械技術を先導できる資質があったことを示すものと解釈できるであろう。観点を変えてみれば、ここ 20 年以上にわたって世界第 1 位の生産高を誇る日本の工作機械関係の書が、英語やドイツ語に一度も翻訳されていないことを考えれば、このソ連の立場が理解しやすいであろう。

また、実際の機械でみれば次の例を挙げられる。

- (3) クラスニィ・プロレターリ工場製「1K62型万能親ねじ旋盤」⁽¹⁾。
ロシア語の表現上の問題と思われるが、この機械は、いわゆる普通旋盤である。特徴は、年間1000台もあれば多量生産と目されるように、バッチ生産が常識であった1960年代に年間1万台の「多量生産」を目的として設計されたことにある。この設計は日本の旋盤設計にも大きな影響を及ぼしている。要するに、1960～1980年代にわたって、一時期世界の工作機械技術の一翼を担っていたソ連を継承したロシアの現状は、技術の継承の観点からは理解に苦しむ面が多々ある。一言で「先輩の遺産を食い潰した」ということになろうが、ロシアの現状を理解するには、技術伝承のネットワークについて調査する必要がある。そこで、以下には文献調査によるロシアの工作機械技術伝承のネットワークをまとめてある。

1. 諸外国からの技術導入の時系列表示

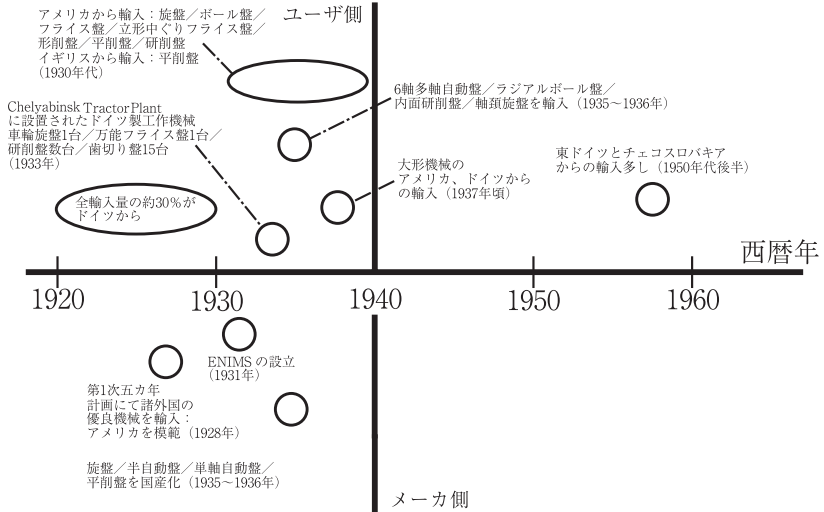
さて、ソ連の時代にどのような技術導入、技術移転、技術協力などが諸外国とソ連邦の間で行われたかについて調査すると、そのような情報を記している文献は数少ない⁽²⁾。そのような情報不足のなかで、いくつかの技術伝承のネットワークにかかわるものを洗い出してみよう。

まず図1は、工作機械産業を興すべく、第1次5カ年計画を策定した1920年から1940年の間にみられるソ連の工作機械の源流をまとめたものである。アメリカを模範としつつも、1930年代はドイツからの輸入が全輸入量の約30%と顕著である。これは、国産化を図る際に雛形とした機械を整理した表1からも読み取れる。

2. 1960年代に国産されていた機種

表2は、1960年代に国産されていた機種⁽³⁾を整理したものである。この表をみるかぎり、工作機械を生産するうえでの鍵である歯車を加工する

図1 ソ連における工作機械技術の源流の時系列表示



(出所) 各種文献から筆者作成。

表1 1930年代に国産化した機械の原型

機種名	国産化を行った際の雛形
旋盤	VDF (ドイツ) Sundstrand (アメリカ), Warner Swasey (アメリカ)
フライス盤	Cincinnati (アメリカ)
研削盤	Heald (アメリカ)
歯切り盤	Pfauter (ドイツ), Lorenz (スイス)

(出所) ガランジェ[1963]。

歯切り盤のなかでも、ハイポイド(円錐形状)歯車創成盤⁽⁴⁾を生産できていることから、工作機械の輸入国から転じて生産国として位置づけられるであろう。ちなみに、この当時に生産されていた普通旋盤、1K62型は、その当時の普通旋盤の一般的な構造を有していて、未熟練者でも使いやすいような設計上の特徴が認められる。しかし、それを除けば特段のものではなく、普通旋盤の多量生産向きという、「生産設計の面」で評価すべきと

表2 1960年代に生産していた機種

大分類	小分類
旋盤	中小形普通旋盤 親ねじ旋盤 二番取り旋盤 大形普通旋盤（ベッド上の振り：2,000mm, 心間：10,000mm） タレット旋盤（ラム形, キャプスタン形） 単軸多刃半自動旋盤 多刃倣い半自動旋盤 単軸自動盤 多軸自動盤
ボール盤	直立ボール盤 ラジアルボール盤
フライス盤	立フライス盤 横フライス盤 4軸半自動フライス盤
中ぐり盤	横中ぐり盤 遊星方式中ぐり盤 ジグ中ぐり盤
研削盤	半自動円筒研削盤 立形平面研削盤 ねじ研削盤
歯切り盤	ホブ盤 歯車形削盤 ハイポイド歯車創成盤
専用工作機械群	トランスファーライン ロータリーインデックスマシン

(出所) ヴェデンスキー[1962: 39-44]。

考えられる。

さて、1970年代以降となると、ソ連の工作機械技術にかかわる情報はほとんどないといえる状況である。したがって、次のようなさらなる調査研究の対象を示唆するにとどまるであろう。

- (1) 昭和40年代の日本の工作機械には、アメリカ系（日立精機）、ドイツ系（池貝）、フランス系（三菱）などの技術遺伝子が混在していたが、ロシアの工作機械技術もこれとおなじ状態にあると考えるのが妥当であろう。これは、1960～1970年代に表2に示した機種を生産していた企業で現在も生産活動を行っている、たとえばクラスニイ・プロレタリーの現状を調査すれば、ある程度判断できると考えられる。
- (2) 上記の調査の際に、諸外国からの技術伝承をもとに、それらを昇華して「ソ連流の工作機械技術」に発展したか否かの情報が入手できれば、現状の分析に大いに役立つであろう。

3. 2000年代初頭での技術レベルの推測

以上のように情報が乏しいなかで必要なことは、ロシアの工作機械の現時点での技術レベルをできる限り正確に把握することである。しかし、前述のように情報が極端に少ないうえに、広大な国土を有する国が調査対象となると、そのような要求に応えるのは至難の技である。

ここでは、一つの方策として、幸いにも入手できたロシア工作機械工業会を中心に策定された「2015年までの工作機械・工具製造分野の発展戦略」(以下「発展戦略」と記す)の内容を分析し、関連諸外国との比較によって、技術レベルを推測することにする。まず、指摘できることは、(1)「発展戦略」を参照すると、なぜロシアの工作機械産業が崩壊したのかが深く理解できること、ついで、(2)生産されている工作機械のほとんどが在来形であり、数値制御(以下NCと記す)付きは、非常にわずかであること、また、(3)機械の性能を支配する部品やユニットはすべて輸入されていることである。なお、この戦略の策定に際しては、国際社会における工作機械技術の現状を的確に把握していると判断される記述が「発展戦略」の随所に認められ、これはロシアが相当なレベルの情報収集能力を有していることを示している。

それでは、ここで「発展戦略の要点」をまとめた表3をもとに、いくつかの注目すべき戦略について述べておこう。

- (1) 部品・ユニットの国産化の推進：部品・ユニットを輸入して組立てに特化する「組立産業化」は、付加価値が小さいので、めざさないとしている。そこで、これら部品やユニットの生産に携わる企業の近代化を視野に入れつつ、国産化をめざしている部品やユニットをまとめてみると、表4に示すようになる。また、表には、同時に国産化の対象として取り上げている工具とその生産技術も示してあり、これらを眺めてみると、当面の達成目標は、「韓国と同等の技術レベル」と判断される。ただし、この判断は示されている名称から表面的に行ったものであり、より正確な判断には各開発技術の内容を精査せねばならないことはいうまでもないであろう。

- (2) 既存の工作機械のレトロフィットや再生にかかわる技術開発の促進：
 新たに生産される工作機械がわずかであり，輸入に頼らざるを得ない
 反面，十分な購入資金が準備できないロシアの現状を最も強く反映し
 たのが，この戦略であろう。すなわち，ロシア国内の機械加工設備を

表3 ロシアにおける2015年までの工作機械・工具製造分野の発展戦略

<p>〈主要目的〉： 国内において競争力があり，輸入機械の代替が可能な工作機械・工具を生産して， 産業界の生産設備の近代化を促進</p> <p>〈競争力を強化するための技術開発課題〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工作機械を製造するうえで必要な「先進形部品」および「先進形工具製造技術」 の開発 ・ 既存の工作機械および工具メーカーの近代化プロジェクトにかかわるモデルの立案 ・ 世界水準を凌駕する高生産性工作機械および工具の試作・開発 <p>以上のほかに ISO との整合を視野に入れた「安全対策技術」の強化</p>

(出所) 筆者作成。

表4 近代化を視野に国産化をめざしている部品・ユニット，工具，ならびに工具の生産技術

<p>〈部品・ユニット関係〉</p> <p>国産部品で構成される数値制御装置 電動機直結駆動方式高速主軸（2万 rpm 以上） 速度域比 1：1 万以上で出力 0.5～40kW の AC サーボモータ リニアモータ 規格化された高剛性すべりおよびころがり案内 主軸用の高精度軸受 大減速比（50 以上）の高精度無背隙減速機 高精度計測システム（センサー込み）</p> <p>〈工具および工具生産技術関係〉</p> <p>工具の表面処理技術と耐摩耗性・多機能コーティング技術 モジュラ構成工具 高い形状・寸法精度を保証する工具生産技術 高速回転工具の高精度バランス取り技術 安価で高性能の在来形工具の多量生産技術</p>
--

(出所) 筆者作成。

早急に更新するには、既存の工作機械の再生が不可欠である。ちなみに、耐用年数基準（ソ連時代には12年）の範囲内の設備・機器は13%のみであり、しかも工作機械を再生しようとしても、次のような障害が存在している。

- (ア) 工作機械の再生実施にかかわるマニュアルおよび再生に必要な国産部品が欠如。
- (イ) 短期間で大量かつ多様な設計・組立作業を実施するために必要な熟練技能者の不足。
- (ウ) 再生した工作機械の輸送費用およびその機械の立ち上げ運転のための要員の移動経費などに関連する物流の問題。

しかし、現時点ではロシアは再生技術に重点を置かざるを得ない環境にある。このような考え方は、中国大陸が中古の大形工作機械をアメリカから購入して近代化を行い、設備として使用しているのに類似している。ここで留意すべきは、このような再生技術、いわゆるリマニュファクチャリングの技術については、ドイツが積極的に技術開発を行っているので、ドイツからの輸入が過半を占めている現状を加味すると、この面では日本は市場を確保できない可能性がある。また、ドイツのヒューラヒレ（Hüller Hille）社やデッケル・マホ・ギルデマイスタ（DMG）社の東欧への展開を勘案すると、このような再生にかかわる受注の処理をドイツの企業はポーランドやチェコなど東欧の企業に下請けさせるであろう。

ところで、レトロフィットや再生された工作機械への需要が多いことは、観点を変えると、簡素化された仕様の汎用 NC 旋盤や MC（マシニングセンタ）への需要が多いことを意味すると思われる。このような機種（古くはジュニアマシンと称した）のロシア市場への投入を検討することは、日本企業にとっても必要であろう⁽⁵⁾。その際には、そのような機械については、韓国の旧大宇重工（現在の斗山インフラコア）が中国大陸向けにすでに商品化していることを考慮すべきであり、その延長線上でロシアへの進出を図ることもあり得るので、その実状を調べることも必要であろう。

第2節 ベトナムの工作機械の技術事情

ベトナムの工作機械事情については、次のような仮説を前提として、おもに実地調査研究を行っている。すなわち、(1)歴史的な経緯から国有企業ではドイツ製工作機械、(2)現地資本企業では、日本の中古機械、ならびに中国、台湾、韓国製の新品機械、(3)日系進出企業では、日本製工作機械を主として設備しているという仮説である。ところが、NC旋盤やフライス盤を生産している国有企業グループのIMI Holding (Industrial Machinery & Instruments Holding) における実地聞き取り調査によると、ベトナムの工作機械設備の状況は2008年の時点で一般的に次のような状況にあることが判明した。

- (1) 国有企業の場合、在来形工作機械はチェコおよびロシア製が主流であるが、現在では主要部品のみを輸入している。これは、すでに設備されている機械の補修用と思われる。その一方、NC機はドイツ、スイス、ならびに日本製である。ただし、NC機は高価なので、国有でも大企業、また、軍需産業にのみ導入されている⁽⁶⁾。
- (2) 現地資本企業の場合、中国製は質が悪いので購入しなくなり、日本製の中古機、あるいは台湾製の新品を購入する方向へ向かっている。これは、支払い能力の改善と同時に、加工すべき部品の品質要求がより高くなっていることを示している。

さらに、ヤマザキ・マザック社のベトナムにおける販売会社、ソオンベト (Soong Viet Co., Ltd.) によれば、2007年の販売実績は60～70台であり、うち60%は台湾系企業へ、残りはベトナムの大企業およびシンガポール系企業へ納めている。このベトナム企業への販売実績は、予想を上回っていた。ちなみに、販売機種はシンガポールで生産しているNC旋盤⁽⁷⁾である⁽⁸⁾。

したがって、実地調査は、実態が流動的であり、正確な情報が少ないベトナム現地資本企業に注力して行うとともに、日本企業についても文献調査を含めて実施している。

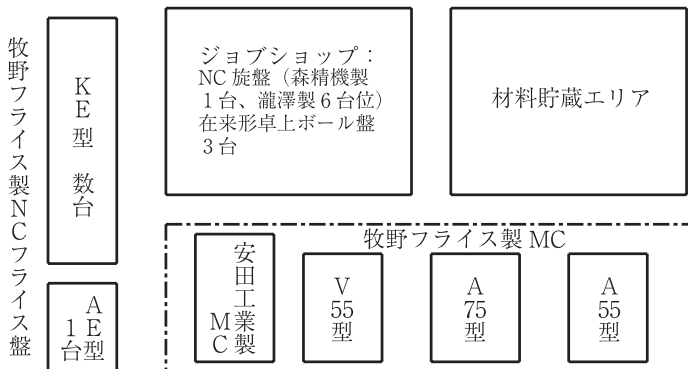
1 工作機械の利用技術

図2は、2004年の現地調査時にみられた、ある日本企業の工作機械の設備状況である。容易に推定できるように、ベトナムへ展開している日本企業は、工場立ち上げ時に日本から新品の日本製工作機械を持ち込むか、あるいは日本国内の工場で稼働中であった工作機械を移設している。その一方、現地資本企業は、メーカーや新品、あるいは中古にこだわらず、自己の購入能力に適合すると同時に、当面の加工要求に対応できる工作機械を導入している。そこで、以下には日本企業および現地資本企業についていくつかの工作機械の設備状況を紹介したい。

(1) 現地に展開している日本企業の設備

現在、ベトナムに展開している日本企業は約1000社であり、ホーチミン、ハノイ、ハイフォンなどに位置している。それらのなかで、機械加工にかかわる企業をホームページなどで検索して試みに列挙すると、次のようになる。

図2 ベトナム、Nomura-Haiphong Industrial Zone に位置する日系企業の工作機械の設備状況（2004年11月、現地調査）



(出所) 筆者作成。

KIWA ベトナム (2005 年に設立, 従業員 50 人): 機械部品加工

サクライ: 自動車部品加工

シオガイ精機ベトナム (2005 年に設立): 家電情報機器や産業機械などの部品加工

タカコ: アキシナルプランジャーポンプの生産

東和製作所: 油圧部品, ブレーキ部品, ボビンケースなどの生産

日本電産トーソク: 自動車部品 (トランスミッションの制御バルブ) の生産

ハリキ精工: HDD のモータ軸やピボット軸 (CNC 精密自動盤, インフィード研削盤を設置) の加工

ローツエロボテク: ロボット部品加工

それでは, これらベトナムに展開している企業の工作機械設備について少し詳しく眺めてみよう。まず, 表 5 には紀和製作所 (KIWA ベトナム工場) の工作機械設備を示してある。示されている設備機械の型式から推察すると, これらの機械の多くは日本国内で稼働していたものを移設したと考えられる。

つぎに, ムトーベトナム (MUTOVIETNAM Co., Ltd.) について見てみよう。ムトーベトナムの場合, 現在の従業員は 2400 人 (うち日本人 6 人) であり, おもにソニーへデジタルカメラやビデオカメラの部品を納入している。金型は, ベトナムで設計して, 月産 50 型であり, この加工には次のような工作機械を使用しているが, 台湾の楊鉄工製の MC2 台を除けば, 残りはすべて日本本社の各務原工場の設備を移設したものである。

MC: 4 台, NC フライス盤: 3 台, 在来形フライス盤: 16 台, 総型 (成形) 平面研削盤: 5 台, 普通旋盤: 1 台, ラジアルボール盤: 2 台, ボール盤: 2 台, 工具研削盤: 1 台, タッピングマシン: 1 台, NC 放電加工機 (ソディック製ほか): 6 台, ならびにワイヤー放電加工機 (ファナック製): 6 台。

(2) 現地資本企業の設備

現地資本の企業としては, 国有企業の傘下の企業, ならびに民間資本の

表5 紀和製作所（KIWA ベトナム工場）の工作機械設備（2008年の調査時点）

	機種名	メーカー名	型式	台数
NC 工作 機械	MC	日立精機	MaccMATIC	2
		大隈豊和	MILLAC3VA	2
		Kira	ARIK-3	2
		森精機	MV-45	1
	NC 旋盤	瀧沢	TS-20	1
		大隈豊和	ACT3	1
		池貝	AT20U	1
		シチズン	F-16	1
在来形 工作 機械	旋盤	池貝	D20	1
		瀧沢	TSL	3
		森精機	MR-100	1
	円筒研削盤	豊田工機	GP15-100	1
		シギヤ精機	GP-2460A	1
	フライス盤	大隈豊和	STM2V	1
		エンシュウ	VB	1
		静岡鉄工	VHR-A	1
山崎技研		YZ-8	1	
内面研削盤	豊田工機	GUP32	1	
平面研削盤	岡本工作所	PSG-52	1	

（出所）同社のホームページより筆者整理。

企業をいくつか選んで実地調査を行っていて、その結果として次のような工作機械の設備状況が把握されている。

CATTHAI (CATTHAI Plastic Co., Ltd)

ムトーベトナムやVMEP（台湾の二輪車メーカー山陽工業のベトナム現地法人）などのベトナムに展開した日系および台湾系の企業での勤務経験、さらにはシンガポールやマレーシアでの実務経験のある仲間が集まって1999年に設立した企業であり、金型とプラスチック射出成形品の生産を行っている。現在、従業員は約450人（うち技術者100人、金型生産には30人が従事）であり、製品の品質は高いとの評価を受けていて、キヤノンやソニー向けも含むムトーベトナムの生産量の50%も分担している。ちなみに、労働力と設備状況からみると、「金型産業は装置産業」（水野編[2003]）との解釈を裏づけている。

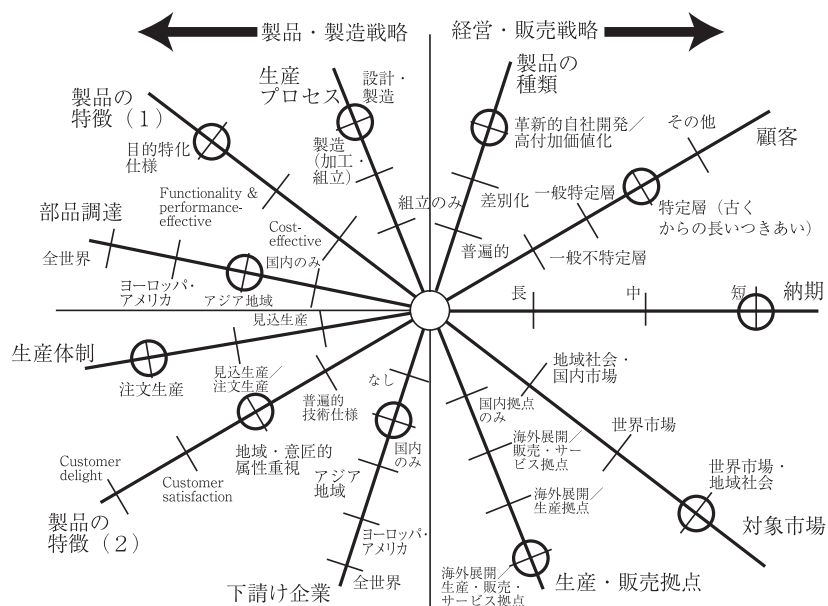
ここで、設備工作機械はNC機と在来形であり、いずれも日本製の中古

機が主である。たとえば、MCは、牧野フライス製作所、オークマ、紀和製であり、計10台、NC旋盤は7台、ほかに、ソディックや岡本工作機械などの機械も設備している。なお、これらの機械は社長のレトゥアンアイン (Le Tuan Anh) 氏が個人的に収集した情報と中古業者の情報を勘案して購入決定を行っている。

JPK (HANOI) Co., Ltd.

この企業は、プラスチック射出成形品を生産しており、その企業戦略は図3のレーダー図に示すようである。すなわち、古くから付き合いのある顧客を対象に、注文生産体制で差別化を行うとともに、顧客の要求へこまめに対応できる製品を提供している。このような戦略を支える金型生産設備、たとえば台湾製MCやファナック製ワイヤー放電加工機を社内に設

図3 プラスチック射出成形品メーカーの戦略の例-JPK (HANOI), 2008年



(出所) 筆者作成。

備する一方、アジア域内に立脚した生産体制、すなわち、部品調達はアジア地域内、また、下請けはベトナム国内としている。

PTM (The Precision Tools & CNC Machine) J.S.C

この企業は、IMI Holding（本節2-(2)で詳述）傘下の一社であり、従業員67人（うち技術者27人）で、日系企業へも納品している金型の生産、ならびに板金部品や機械部品の加工を行っている。また、これらを製造するために設備されている工作機械は、表6(a)および(b)に示すようであり、新旧の工作機械が混在している。

表6 PTM社の工作機械設備（2008年の調査時点）

	機種名	メーカー名	型式	台数	設置年
NC 工作 機械	MC	Lilian (台湾)	VMC 1050A	1	2002
		DMG	DMU 60	1	2000
	NC フライス盤	DMG	Maho 600W	1	1993
		Taiwal	F 4025	1	2002
	NC 旋盤	(日本)	CNC T120	1	1995
	NC 平面研削盤	Luke Anthony (デンマーク)	Jacobsen1832	1	1993
NC EDM	Aritech (台湾) Hurco (イギリス) Hurco (イギリス)	EDM 580CNC	1	2002	
		EDM 250	1	1993	
		EDM 900	1	1993	
レトロ 工作 機械	MC	TOS Kurim	FCV 63	1	1993
		日立精機	6ME-II	2	2003
在来形 工作 機械	旋盤	(ソ連)	1K62	2	1991
	立旋盤	TOS	SKJ 12A	1	1985
	フライス盤	TOS Kurim	FK 50	1	1985
		牧野フライス		1	2002
	ボール盤	(ソ連)	2H 135	1	1985
	ラジアル ボール盤	(ソ連)	2E52	1	1985
	中ぐり盤	(ソ連)	2E450	1	1987
	円筒研削盤	TOS Hostivar	BU 16	1	1995
平面研削盤	(ソ連)	3E7118	1	1986	
	Jotes (ポーランド)	SPD 30	1	1995	

(出所) 筆者作成。

ここで、工場見学で得られた興味ある特記事項は次のとおりである。

- (1) 日本製在来形工作機械の中古機を最近まで導入しており、たとえば、20年前に製造された丸福の平削盤を4～5年前に導入。
- (2) 初期の頃のMC（日立精機製やTOS製）をレトロフィットして使用している。レトロフィットは、IMI Holdingが高い操作性（使いやすさ：Ease of Use）の具現化で培った技術を転用して行っており、NC装置は、ドイツのハイデンハイン（Heidenhain）製が主流である。

この日本製中古機の導入は、現在のベトナムで普遍化している現象と解釈される。したがって、ベトナムの工作機械事情を明確化するうえでの一つの核は、日本製中古機の流通経路の解明となるので、TAN HOA やCATTHAIなどの例も参考にして、今後検討すべきであろう。ただし、現時点ではホーチミン市に相当数の中古機械を取り扱う業者が存在することがわかったのみであり、詳細は不明である。

TAN HOA Co., Ltd.

この企業は、1980年代に合作社として創立され、2000年に会社組織となっている。そして、2008年の時点では、ハノイ地域の2カ所に工場を有し、従業員は約400人でバイク部品（プレス加工）、たとえばマフラーやボルト類を加工している。これら部品は、ホンダベトナム、イタリア系企業などに納品されている。ちなみに、現時点ではプレス機械、工作機械ともに日本製の中古機が主たる設備であるが、たとえば、アマダ製NCタレットパンチングプレスを4000万円で導入予定であるように、順次新しい機械へ更新中である⁽⁹⁾。

ここで、工作機械について眺めてみよう。工作機械は、機械部品の加工と打ち抜き金型の加工に用いられていて、日本製の中古の在来形工作機械が数多く設備されている⁽¹⁰⁾。しかし、これらは近いうちに最新式へ更新される予定であり、事実、2007年にはソディック製ワイヤー放電加工機（AQ327L型）を導入済みである。

ちなみに、この企業の旋盤工はかなりの技量⁽¹¹⁾を有しているのであるが、その一方、直面している問題点は品質、生産、コスト、納期、資材な

どの管理技術である。なお、“5S（整理，清掃，整頓，清掃，しつけ）”および“カイゼン”を積極的に導入して，コスト低減を図っている。

VINAPPRO Co., Ltd. (Vietnam Power Products Mfg.)

国有企業の一つであり，6～10馬力の農業用ディーゼルエンジンを年産3000台の規模で生産している⁽¹²⁾。ここで，同社の工作機械設備の特徴的な様相を理解するには，次の三点が鍵となるであろう。

- (1) 燃料噴射ノズルとポンプ，ならびにピストンリングはヤンマーから輸入していること。
- (2) コスト低減と生産能率向上のために約100社の外注企業を使っていて，うち70社は従業員4～5人で粗加工を担当している。また，残りの30社は従業員30～40人で中仕上げ加工を担当している。特記すべきは，これらの外注先は，いずれも日本製の中古工作機械を設備していて，粗加工では在来形および半自動形を，中仕上げ加工では半自動形およびNC機を用いていることである。
- (3) 1960年代にヤンマーが建設した工場を接管して生産を続けている関係から，現在でもヤンマーからライセンスを買っている。このライセンス生産で注目すべきは，加工設備と加工方法は基本的にはヤンマーの方式を採用しているものの，ベトナムの現地事情に適するように適宜改めていることである。たとえば，生産システムの構築は，ベトナムの専門業者から日本製の中古機械を購入し，それを自社内で改修してシステムへ組み込む形で行っている。なお，NC機の設置は非常に少ない。

ところで，工場見学の際に得られた知見によれば，VINAPPROの工作機械設備には，次のような特徴的な様相が認められる。

- (1) 1970年代に広く普及したGT（Group technology；グループ・テクノロジー）セル方式の工場レイアウトである。後で述べる設備機械の経歴調査から類推すると，このレイアウトはヤンマーが構築したものをそのまま使用していると解釈できる。
- (2) 上記の各セルは，旋盤群，ボール盤群，歯切り盤群などで構成され，そこでは，数多くの日本およびドイツ製在来形工作機械が稼働中であ

る⁽¹³⁾。そこで、いくつかの機械について製造番号と製造年月から経歴調査を試みると、たとえば、大隈鉄工所製 LS 型普通旋盤の場合（製造番号 4509-2625）、2008 年 8 月オークマへ問い合わせた結果、ヤンマーベトナムへ 1970 年に直接納品された機械であることが判明した。

2. 工作機械の生産技術

ベトナムにおける自前の工作機械の生産は緒に就いたばかりであり、その代表的な例は、ベトナムで最高峰とされるハノイ工科大学、ならびに IMI Holding にみられる。

(1) ハノイ工科大学

ハノイ工科大学で試作・開発され、その後ベーカーメック（BKMech）社（2004 年に設立）で生産・市販されている工作機械は立形 MC である⁽¹⁴⁾。この機械は、同大学機械工学部のホアン ビン シン（Hoang Vinh Sinh）博士が大学に関連するプロジェクトを立ち上げ、その成果として得られたものである⁽¹⁵⁾。開発に際しては、ドレスデン（Dresden）工科大学やケムニッツ（Chemnitz）大学の協力を得ており、また、実際の生産体制へ移行してからは、制御技術面で台湾の中原大学（Chung Yuan Christian University）と共同技術開発を行うとともに、インドのタタ（Tata）社や台湾のリードウェル（Leadwell）社とも協力関係にある。注目すべきは、追求すべきモデルとして台湾の工作機械産業に目標設定していることで、20 年後には追い付けるであろうという予測をしている。なお、この予測を現実のものとするには、設計技術を指導できる人材の育成が必要不可欠との認識に立っており、できれば日本との協力体制の構築を希望している。

現時点では、VMC-65、VMC-86、ならびに VMC - 110 型の 3 型式を生産していて、そのうち VMC-65 型は、これまでの 1 年半で 5 台を地場産業へ売却済である（1 号機はハノイへ、ほかにダナンの企業へ）。ちなみに、中核となる部品やユニットが台湾製の場合には、価格は 4 万 7000USドルであるが、これらに日本製を採用した時には 6 万 5000USドル

である。なお、ベトナムではMCの利用技術が未成熟であることから、CAD/CAMソフトウェアと一体化した販売をねらっている。なお、次の4年間で生産能力を年間100台に高める予定であり、すでに政府から600万USドルの資金援助が約束され、新工場のレイアウトを検討中である⁽¹⁶⁾。

それでは、VMC-65型について、仕様や性能を眺めてみよう。まず、図4は全体図であり、3軸制御（主としてドイツのハイデンハイン（Heidenhain）製NCを装備。ドイツのシーメンス（Siemens）、アメリカのANILAM、日本のファナック OiMC も搭載可）を基本として、加工空間は、650×400×480 mm、主軸テーパはBT40、主軸最高回転数は9000 rpm（回転／分）、ならびに主電動機は7.5 kWである。そして、シミュレーションによる比較によれば、主軸－工作物間の剛性は30N/μm（剛性の単位：（加えた力）／生じた変形）であり、先進国のメーカ⁽¹⁷⁾と比較して遜

図4 BKMech社製立形MCおよびVMC-65型の外観（2008年の調査時点）



加工空間：650×400×480 mm
主軸テーパ：BT40

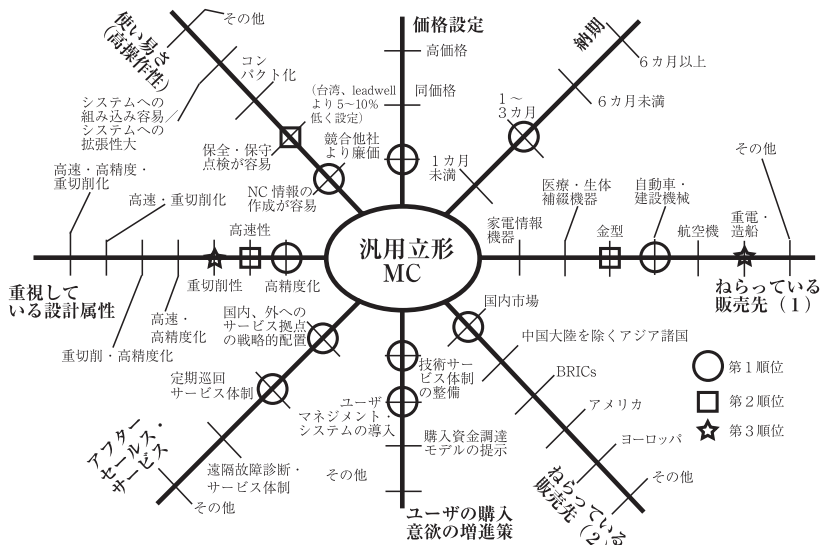
主軸最高回転数：9000 rpm
主電動機出力：7.5 kW

（出所）BKMech社の好意による。

色はない。当面の緊急の課題は品質向上である。

ここで、この機械の特徴的な様相についてレーダー図を用いて可視化してみると、図5に示すようになる。レーダー図の「重視している設計属性」、すなわち、高精度化、高速化、あるいは重切削化のいずれか一つに設計目的を絞っていることに明確に示されているように、価格優位を同時に設定しつつ、ベトナムの地域に密着した機械製造の実現をねらっていることがわかる。したがって、重視している設計属性のみから技術的劣位にあると判断するのは危険である。すなわち、設計に使用しているソフトウェア(ソフト名: オートキャド (AutoCAD), アンシス (ANSYS), カットプロ (Cutpro) など)は日本・ドイツとおなじであるうえに、必要ならば日本・ドイツと同様な中核部品を国際的に調達できるからである。しかも、とくにコラムやベースの構造設計は、大物部品のところで述べるように、ドイツの強い影響、あるいは指導があったかのように推測されるほど欠点が少ない。ただし、その反面、コラム底部のリブ配置は熱が籠り易い構造形態

図5 BKMechの差別化戦略 (2008年時点)



(出所) 筆者作成。

となっている。ちなみに、同社は、組み立てのみを行うという、典型的な汎用 MC の生産体制を採っている。

以下には、参考になると考えられる諸点についてまとめてある。

- ・大物部品：鋳物は非常に良い鋳物である⁽¹⁸⁾。また、コラムのボルトポケット穴、内壁の放射状リブ、ボスの配置は非常に良く、お手本がドイツにあるものと推測される。
- ・外注状況：板金部品と ATC (Automatic Tool Changer：自動工具交換装置) (ATC の設計は大学) は外注生産であり、具体的には機械加工 2 社、鋳造 1 社、板金 1 社からなる外注先がある。
- ・中核部品やユニットの購入状況：台湾のハイウィン (上銀) 製ボールねじとリニアガイド、台中のスピントク (Spintech) 製主軸ユニットを使用している。

最後に、筆者の感想を述べれば、「研究、技術開発について、一応の努力は行っているようであるが、かつての韓国や台湾とおなじ道を歩んでいる。要するに、工作機械技術の本質への理解が不十分であり、また、草の根的な技術の重要性を認識できていない」となるであろう。

(2) IMI Holding

この企業グループは、持ち株会社の従業員は 200 人 (うち 180 人が技術者) である。傘下に製造のみを行う企業を 17 社所有していて、グループ全体で従業員は 2000 人を数える。当初は、工作機械の生産を主としていたが、現在は、(1) トレーニング (技術者の継続教育 (CPD: Continuing Professional Development) や大学生のトレーニング)、(2) R&D、ならびに(3) 機械加工の三つを柱として活動をしている⁽¹⁹⁾。

さて、工作機械については、国内市場向けの NC フライス盤 (年産 20 台、価格 3 万 5000~5 万 USドル) および NC 旋盤 (年産 20 台) を生産中である。両機種とも 3 軸制御 (NC 装置は、ハイデンハイン製) であり、とくに NC の「操作性の良さ (Ease of use)」属性を重視する設計を行っている。設計に際しては、オートキャド (AutoCAD)、ソリッドワークス (Solidworks)、アンシス (ANSYS) などのソフトウェアを用いていて、

また、ローラガイド、NC装置、ならびに主軸ユニットは輸入している⁽²⁰⁾。問題点は、国内市場が狭いことであり、これを解決するためにアフリカへの輸出を考えていて、近々調査団を派遣する予定である。

おわりに

ロシアについて要約すると、ロシアの工作機械市場は、当面のところは(1)新造機械そのものの販売先、(2)中古機械の再生技術の売込み先、ならびに(3)ジュニアマシンの市場と規定できるであろうが、ドイツがいずれの市場でも大きなシェアを占めるであろう。そこで、日本はいかにしてドイツを凌駕するかの戦略の策定が急務となろう。

ベトナムの工作機械事情については、工作機械のメーカおよびユーザに関する調査結果を眺めてみると、情報量は十分ではないものの、次のようにまとめられるであろう。

まず、工作機械メーカについては、台湾をモデルとして工作機械の生産技術、すなわち汎用NC旋盤やMCを組立て主体で生産する技術を鋭意育成中であることを指摘できる。しかし、現時点の製品レベルでは、アフリカのような第三世界でのみ国際競争力を有するに過ぎないと判断される。ちなみに、アフリカの市場で強い、イギリスの600Group社の製品と比較すると、同レベルの品質と判断できるであろう。その一方、ベトナムの現地資本の中小企業向けに特化した機種を生産に注力して販路を確保するとともに、技術力を向上させる堅実な行き方は、かつての韓国と台湾にはみられなかった一線を画す方策であり、大いに評価して良いであろう。

これに対して、工作機械のユーザについては大筋として次のような興味ある事実を指摘できる。

- (1) 韓国製工作機械の存在感は非常に陰が薄く、これは韓国企業が中国大陸に注力しているためかとも考えられる。
- (2) 現地資本企業では、台湾の二流企業の工作機械を新品で導入することが多く、中国製は品質面でベトナムの市場の要求に応えられない。

- (3) 中古市場では、NC 機、非 NC 機を問わず日本製の評価が非常に高く、多くの現地資本企業が鋭意導入中である。また、購入資金面に対応できる企業は日本製 NC 工作機械の新品を導入しつつある。ここで、とくに現地資本企業の工作機械設備についてふれると、次のように結論できるのであろう。

「当面は、日本製の在来形工作機械（マニュアル操作の機械）の中古、台湾製の新品機械、あるいはレトロフィットした NC 工作機械で顧客からの加工要求に対応しているものの、順次、新品の日本製 NC 工作機械への更新を図っている」。

最後に、2008 年時点での事情をもとに、ベトナムの工作機械について今後引き続き調査が望まれる課題を列挙すれば、次のようになるだろう。

- (1) 国有大企業の工作機械の設備状況
- (2) 中小規模の現地資本企業に設備されている工作機械のさらなる調査、資金面からみた今後の購入能力、ならびに日本製 NC 工作機械の市場性
- (3) 日本製中古機械の流通ルート

なお、本稿のもとになっている 2008 年の実地調査では、ベトナムへの展開を急速に進めている台湾系の企業、すなわち二輪車を生産している VMEP の工作機械設備についての調査も試みた。しかし、台湾系下請け企業が 50 社、また、ベトナム系下請け企業が約 30 社存在し、ベトナム系は補助的な加工を担当していることのみがわかった程度であり、企業秘密のために詳しい情報は得られなかった。

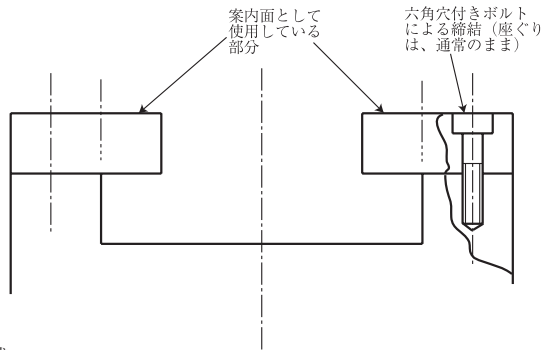
〔注〕

- (1) たとえば、厚さ約 10 mm の送り換え歯車は、冷間打ち抜き加工で作られている。また、未熟練工でも使い易い「モノレバー方式の操作機構、とくに心押台のクランプ・移動機構」、ならびに「送り棹の別置き電動機による早送り機構」の採用は、日本にも影響を与えた。ここで、「モノレバー方式」とは、一本のレバーを異なった方向へ動かすことにより、色々な動きを機械にさせる機構のこと。
- (2) 奥村正二「工作機械發達史」科學主義工業社 昭和 16 年（1941）199-207 ページ。ガランジェ[1963]。Sutton[1971] Chapter 9 “Technical Assistance to the Machine Building and Allied Industries,” および Chapter 11 “Technical Assistance to the Automobile and Tractor Industries.”
- (3) ヴェデンスキー[1962]39-44 ページ。

- (4) NC の時代となって様相が変わりつつあるものの、ハイポイド歯車創成盤は 100 を超える仲間（機種）が活躍している工作機械のなかでも、もっとも設計と製造が難しく、世界でも一流中の一流の工作機械メーカーでないと生産できない。そこで、工作機械技術のレベルと質を計る尺度として例示されることがある。ちなみに、俗称「デフ」と呼ばれる自動車が曲がる際に必要「差動歯車機構」は、一般的には、ハイポイド歯車よりも数段に生産が容易な「曲り歯傘歯車」で構成されている。
- (5) ジュニアマシンとは、原型となる機械の寸法・性能仕様をほぼ維持しながら、機能面を簡素化し、同時に価格を廉価としてユーザの要求への適応を図った機種である。1960 年代に池貝鉄工が普通旋盤で商品化（原型は DA25 型で、EC25 型がそのジュニアマシン）を行って成功したが、その後消滅した設計思想である。大宇重工が池貝鉄工と技術提携した際に移植された可能性が高い。
- (6) 今般の現地調査によれば、中小の現地資本企業でも、NC 機の導入が急速に進みつつある。
- (7) 機種は、Nexus 150E3 型、ベッド上の振り：550 mm、主軸最高回転数：5000 rpm、8 吋チャック付き、販売価格：6 万 USドル。この販売価格は、地場産業との密着性を重視して販売中の BKMech 社の MC の価格からみると、かなりの高額であり、ベトナム現地資本の中小企業は購入困難であろう。
- (8) アフターセールスサービスに対する評価は、日本が最も高く、ついで台湾であり、中国は評判が非常に悪い。これも、工作機械の利用技術が未成熟であるベトナム企業が中国製を購入しない理由の一つであろう。なお、ヤマザキ・マザックの場合、シンガポールで 2 か月間のトレーニングを受けたベトナム人技術者 10~15 人を擁してアフターセールスサービスを実施していて、特別な問題が生じた場合には、日本人技術者が対応している。
- (9) ボルト類の専用加工設備は、台湾、連翔製であり、2006 年に導入、また、ブレーキディスクは台湾製プレス機で加工中である。
- (10) 中古の浜井製立フライス盤（型式：MAC85-N、製造年月：昭和 55 年 7 月、製造番号：1111）は、10 年前に導入され、近くファナック製へ更新の予定。また、富士精機製棒材加工用単軸自動盤（製造年：昭和 63 年、製造番号：3718）は、中古機が 3 年前に導入された。ところで、ここで機械の型式、製造番号、ならびに製造年月にことさらこだわるのは、これらの情報をもとにメーカーの納品台帳と修理記録簿を調べれば、その機械の経歴が判明するからである。これは、日本製中古機が多いベトナムの事情を解明するうえで有力な手段であろう。ちなみに、上記の浜井産業の立フライス盤の場合、同社の協力で追跡調査をした結果は次のとおりである。1982 年 4 月に東京板橋区の島崎技研へ納入、1985 年同社のバンコクへの進出にともないタイへ移設、1991 年バンコク工場の閉鎖にともないタイ人実業家へ売却。
- (11) 高速度鋼バイトの刃先形状を工夫すなわち刃先のすくい面に突起状突当て部を設けて、仕上げ面に直角方向へ切屑を流出させている。ここで、ことさら切屑の流出方向に言及しているのは、加工された部品の仕上面の品位と切屑の流出方向は密接な関連があるためである。すなわち、切屑が仕上面と平行方向に流出すると、「切屑が加工中の部品に絡み付くこと」、あるいは「切屑の流出にともなって仕上面を擦過すること」が起き易く、その結果仕上面に傷がついて部品の品位が劣化するからで

- ある。このような技能が、ものづくりにおける「草の根的な知識」であり、他国の技術・技能を調査する際の要である。
- (12) ベトナムにおける農業用ディーゼルエンジンの需要は年間10万台であり、うち70%は中国製が占有している。これは、中国製がベトナムの中部から北部の土壤に適していることによる。ちなみに、南部のメコンデルタの西は水分の多い粘土質の土壤であり、VINAPPROの製品は、この南部の土壤への適合性をねらっている。
 - (13) 普通旋盤では、昌運工作所製HB型(5台位)。タレット旋盤では、日立精機製3AIII型(製造番号3P.1289)および4AII型、ならびにVWF製Pittler型タレット旋盤。フライス盤では、日立製作所製4M型(1969年製、製造番号713560-7:2008年8月、日立ビアメカニクスへ問い合わせた結果によると、本機は当初、日立造船堺工場へ納入、その後の経緯は不明)や牧野フライス製立形(製造番号P-20016)。歯車形削り盤では、Lorenz社製などが稼働中。
 - (14) BKMech社は、Dr. Sinhの弟子が中心となって経営している企業で、従業員は30人(うち大学卒技術者23人)
 - (15) Dr.-Ing. Hoang Vinh Sinh (Mechanical Engineering Faculty)は、1998年にミュンヘン工科大学(TU München)のInformatik分野で学位を取得。
 - (16) 月産5~10台が、競争力の維持と技術力の向上に不可欠との認識である。
 - (17) アメリカのハース(Haas)社の同等機種とおなじ値を誇っている。なお、NC工作機械では、世界規模で標準的な精度試験方法として認められているDBB(ダブルボールバー)測定方式を用いて精度検査を行っている。
 - (18) 減衰能が大きいのでFC25を採用していると、Dr. Sinhは述べていたが、工場見学の際に確認した限りでは、FC30~35クラスと判断される。
 - (19) R&Dでは、儲かる機械へ活動を広く展開して、CNC蛇籠溶接機、コーヒ選別機、トラック重量計測装置などを生産中である。現在は、とくに社会のインフラ整備に深く関係する機械、たとえばコンクリート混練機に注力している。なお、CNC溶断機はタイやバングラデシュへ輸出実績がある。

図6 IMI製CNC旋盤のクロスライドの案内面構造(2008年の現地調査時)



(出所) 筆者作成。

(20) CNC 旋盤のクロスライド案内面は、図 6 に示すような構造となっていて、工作機械の設計の常識を無視している。外見からみると、かなり評価できる機械かとも思われるが、構造設計技術は未熟と判断せざるを得ない。なお、IMI Holding では、ドイツの DMG, Heidenhain, Siemens との強い関係の下で CNC 工作機械を生産していて、それにかかわる技術者は主としてドイツで育成している。

[参考文献]

〈日本語文献〉

ヴェデンスキー, シュヴァロフ[1962](長谷川一郎訳)『図解 工作機械教程』工学図書 昭和 37 年。

ガランジェ, アンドレ A[1963](池田人訳)『世界の工作機械』機械資料調査会。

水野順子編[2003]『アジアの金型, 工作機械産業—ローカライズドグローバルイズム下のビジネスデザイン』日本貿易振興機構アジア経済研究所。

ロシア工作機械工業会[2007]「2015 年までの工作機械・工具製造分野の発展戦略」(原文ロシア語) 未公開レポート。

〈外国語文献〉

Atscherkan, N.S.[1961]*Werkzeugmaschinen-Berechnung und Konstruktion*, VEB Verlag Technik Berlin (ロシア語版からドイツ語への翻訳権は 1958 年)。

Kaminskaya, V.V., Z.M. Levina, and D.N. Reshetov[1964]*Bodies and Body Components of Metal Cutting Machine Tools*, Boston Spa: National Lending Library for Science and Technology (PERA にて英訳出版)。Originally published in Russian as: Staninyi Korpusnye detali metallovezhushchikh stankov. Moscow: Mashgiz, 1960.

Reshetov, D.N., and V.T. Portman[1988]*Accuracy of Machine Tools*, New York: ASME Press (ロシア語版は 1986 年にモスクワの Mashinostroenie Publishers から発行)。

Sutton, Antony C.[1971]*Western Technology and Soviet Economic Development, 1930 to 1945*, Stanford, California: Hoover Institution on War, Revolution and Peace, Stanford University.