新しい技術者の育成

Development of Human Resources for New Engineers

山 根 八洲男^{※1}

Yasuo YAMANE

This paper proposes how to accelerate the cultivation of human resources as well as an ideal type of the engineers needed for present-day Japanese Monozukuri. Japanese society is faced with the countermeasures against the rapid aging and falling birthrate. The field of Japanese Monozukuri is also the same. This paper firstly defines the competences required for engineers and secondly tries to generalize the process of learning technology on the basis of a standardized learning curve.

Keywords : Education for Engineers, Monozukuri, Acceleration of Human Resources, Learning Curve, Abilities Required for Engineers

キーワード：技術者教育，ものづくり，人材育成の加速化，学習曲線，技術者に要求される能力

1. はじめに

よく知られているように，我が国は今後20年以内に若年人口が大幅に減少し，ポスト成熟社会になると言われている．これに加え昨今，高学歴化により社会に出て働き始める年齢が高くなっており，退職するまでの実際の労働人口は急速に減少することとなる．

企業に限らず人で構成された組織の能力は，組織内の個々人の能力に依存する．依存の形態は，個々人が並列に接続されている（平等して作業を受け持つ）場合は単純な足し算となるが，直列に接続されている場合（ものづくりのように上流から下流に流れる場合）はかけ算となる．組織内の人材は通常，直並列の混合形で組織化されているが，問題はかけ算の直列接続部である．かけ算では個々の値が全体の値に直接影響を持つ．例えば一つでも0の値があれば，他の値がいくら大きくても全体は0となるし，もしマイナスの値があると全体の結果は0よりも悪くなる（かけ算の例えは，「マイナス」×「マイナス」が「プラス」になるように必ずしも適切ではないが直感的に理解し易いことから利用した）．ものづくりは，企画から設計，加工，組立と，各部署が直列に接続されている．従ってこれらの部署の内1つでもマイナスの値（例えば原材料の選択ミス，設計ミス，加工ミスさらには組立ミスなど）があると，最終製品は当初考えた性能を発揮しないことになるばかりか，場合によってはリコールとなり，多大の損害を与えることになる．これを避けるためには，組織を構成する人材の能力を高めるのが最も

基本的な方法である．

組織に必要な人材を考える際には，先ず組織の「目的」とその目的を達成するための「目標」および，その目標を達成するための「方法」を具体化し，その上で，具体化された目標・方法を実現するために「人材に求められる能力」，言い換えれば「人物像」と，その「能力を育てる方法」を考える必要がある．

本文では，先ず日本を取り巻く若年人口の激減に製造業がどう対応すべきかを考え，次に製造業における技術者を対象にどのような能力が要求され，それをどう育てるのかについて考える．

2. 技術者からみた日本のものづくり能力

「ものづくり」を支えているのは技術者・技能者であり，我が国製造業全体の「ものづくり能力」は技術者・技能者の能力の総合計と考えられる（もちろん単純な合計では無いと思われるがとりあえず単純合計とする）．中村・宮崎¹⁾によれば，少し古いデータであるが我が国の全産業の就業者数は6,150万人，そのうち，科学技術人材は230万人（就業者数に占める割合は3.7%）であり，さらに製造業の科学技術人材は60万人（同1%）と言われている．

この60万人の中には企業に入社したばかりの新人から，若手・中堅・中核・ベテランおよびそれ以上まで，様々なレベルの人材がいる．これらの人材の分布を考えると，図1に示すように新人・ベテランおよびそれ以上が最も少なく，若手・中核がそれに続き，中堅が最も多い正規分布となることが想定される．中核・ベテランが少ない理由は

(1) 新人からスタートし若手，中堅・中核となるには

2014年9月29日受付

※1 広島大学大学院工学研究院

図1 技術者のレベルと人数

経験年数が必要である

- (2) 中核・ベテランになるためには能力が必要であり、だれしものになれるわけでは無い
 - (3) 能力を評価され、管理職になったため、技術者・研究者としての成長が停止する可能性
- 等いろいろと考えることが出来る。

ところで新人・若手・中堅・中核・ベテランの数および能力が定量化できれば、各クラスの数と能力を掛け合わせれば60万人全体、すなわち我が国全体の「ものづくり」能力を推定することが可能となる。表1は、理想値を100として、新人・若手・中堅・中核・ベテランの各平均能力を20・35・50・75・90としたときの我が国の「ものづくり」能力の合計値である。もちろん仮定に仮定を重ねての話であるから、この数値が意味を持つわけではないが、基本的な考え方は大きく外れてはいないと思える。

このような表を作った理由は、新人・若手・中堅・中核・ベテラン等の各階層の人数が減少したときの「組織（我が国全体あるいは各企業）の能力を推定するためである。新人の減少は、能力が低いため、直ちに全体の能力に影響を及ぼすわけではない。しかし新人は何れ、若手、中堅、中核と育つ必要があり、新人の減少は長期的に見れば「組織の能力低下」を招くことになる。

この話は、何も20年先の話では無い。現在、多くのものづくり企業で「中堅不足」に直面していると聞く。多くの製造業では1991年のバブル経済の崩壊により、新規採用を控えた時期がある（中小・中堅企業では採用そのものを見送っている）。1992年にもし高等教育を終了（20～22歳とする）して入社しているとすれば、2010年頃には40歳前後（中核として活躍を期待される年代）である。現在は一過性の問題で片付けられ

るが、この状態の恒常化が予想されるのが2030年以降であり、問題はきわめて深刻である。

3. 対応策

対応策は大きく分けて3つ考えられる。

- (1) 女子の活用
- (2) 留学生の活用
- (3) 少ない人数を前提としたものづくりとそのための人材育成

(1) 女子の活用

女子の活用に関しては、河野が²⁾が、理工系の大学・学部における女性学生比率について調査しているが、よく言われているように工学系に進む女子の割合は非常に低いのが現状である。筆者の大学でも工学部機械系に限れば女子の割合は数%という状況である。これを増やすには進学問題から議論をする必要があり、話は簡単では無い。さらに根本的問題は、若者の数全体が減少するという現象であり、ものづくりに限らず他分野でも人材不足は深刻となることが予想される。従って「ものづくりだけ良ければ」という問題では無く、日本全体を見た場合の最適解を探すという大きな視点での議論が必要となる。

(2) 留学生の活用

留学生の活用に関しても楽観的見通しは困難である。ものづくりに限れば、我が国製造業の海外展開により、高品質の日本製品が世界中に広がっていった結果、「日本のものづくりを学び日系企業に勤めたい」あるいは「日本のものづくりを学び自国の発展に役立てたい」という多くの海外からの留学生が日本にやってきているが、この傾向はいずれ頭打ちになると想定される。理由はいくつか考えられる。

- (a) 日本で「ものづくり」を学んだ第一世代が帰国し彼らが日本流の考え方を自国の若者に教え始めている
- (b) 日本のものづくりが様々なメディアを通じて世界に拡散している
- (c) 海外に出た日系企業が、現地の技術者に対し日本語が出来ることを必ずしも採用条件にしてい
- (d) 生活費が高く、また習得も容易でない上に使う機会の少ない日本語を習得しなければならない
- (e) 日本の「ものづくり」における優位性が、新興国の台頭により相対的に低下している

表1 技術者の能力と数から見た我が国の技術力の考え方（能力・人数は仮の値）

	新 人	若 手	中 堅	中 核	ベテラン	合 計
能力	20	35	50	75	90	
人数 (万人)	4	10	32	10	4	60
小計 (×10 ⁴)	80	350	1600	750	900	3680

などなどである。

女子の活用にせよ、留学生の活用にせよ、相手のある話でありまた時間のかかる話でもある。このように考えると、第3の方法である「少ない人材を前提としたものづくり」が、自前で出来かつ最も現実的な方策であろう。

(3) 少ない技術者によるものづくり

少ない人材を前提としたものづくりを考えると、一般的には「自動化・省力化」を頭に思い浮かべるが、ここで問題としているのは、現場の作業の省人化では無く、少ない技術者によるものづくりである。第2章でも述べたように、ものづくりの能力は、技術者（もちろん技能者も含むが、ここでは技術者に話を絞る）の能力レベルとそのレベルに属する人数によって決まるとすれば、全体の人数が減少しても、技術者個々人のレベルが高くなれば、全体の能力は維持できる。すなわち、出来るだけ能力の高いレベルの人数を増やすという方策である。

図2は技術者を想定した学習曲線を示す。様々な技術・技能の習得過程を考えると、初めはゆっくりとレベルが上昇するが、ある時期を過ぎると急速に発達し、以後徐々に定常状態に達するS字状の曲線を想定することが出来る（実際にはこのようなスムーズな曲線では無く、階段状を示すと考えられるがここでは曲線と仮定する）。長松らは³⁾、この学習曲線を、制御工学における「1次遅れ+無駄時間系」の応答曲線と仮定し、曲線の特徴量である、L（無駄時間）、T（時定数）、K（システムゲイン）を利用して、スキルの習熟過程をモデル化している。これを利用すれば、技術者育成に関して具体的な議論が可能となると考えている。

これまで、我が国のものづくりの現場では、一人前になるのに短い場合でも5～7年、長い場合は10年以上かかると言われてきた⁴⁾。この期間を図2に当てはめると、おおよそ「L+T」となるが、この時間を出来るだけ短くするという考え方である。後に述べるが技術者には「理論力・経験力・判断力・決断力・俯瞰力・

想像力」などの、様々な能力が要求される。その中で育成に最も時間がかかるのが「経験力」であろう。

ここでいう「経験力」とは「経験を積み重ねそれを未来に生かす能力」と定義（著者による定義）した。したがって、「経験力」を鍛えるには、経験を積み重ねることが前提となる。経験を積み重ねるには、時間がかかるが、大事なことは「経験の時間密度」である。漫然と長期間にわたって同じ経験を積み重ねても、時間密度は非常に低く、効率的とは言えない。時間を区切って様々な経験を積み重ねる工夫が必要である。

この意味では我が国の終身雇用制（一企業に生涯勤める）はある意味、非効率と言えなくも無い。著者はここ10年以上、海外の大学における教員や学生あるいは日本に留学してきた学生と話す機会を得てきたが、かなりの学生が一企業に生涯勤めるといよりも、「ある程度経験を積むと企業を変わり、新しい企業で新たな経験を積む」という考えであった。これを実践するとすれば、技術者の側から見れば「経験の時間密度」は、終身雇用制に比べ、高くなる傾向にあるだろう。

先に述べた「日本では一人前になるのに10年あるいはそれ以上かかると言われている」と外国人に話すと、「何故そんなにかかるのか？」という疑問・反論を良く耳にする。一人前の定義にもよるが、「個人」を重んじる文化と「滅私奉公（いささか古い言葉であるが）」が色濃く残る文化の違いが、このような相違を生むとすれば、問題であろう。終身雇用制が悪いと言っているわけではない。「終身雇用制にあぐらをかいた人材育成システム」に改善の余地があるのではないかという話である。

一人前になるための時間を短縮するには、まず、一人前の技術者とはどのような技術者を指すのか、どのような能力があれば一人前なのか、を明らかにした上で、その能力を育てる方法を考えるのが必要であろう。次章では技術者に必要な能力を考えてみる。

4. 技術者の問題・課題解決の手順

技術者に必要な能力を考えるには、技術者はどのような手順で仕事をしているかを考え、その仕事に必要な能力をあぶり出すという方法が順当であろう。

図3は、ものづくりにおける「生産技術者」が問題に直面し、課題を解決するまでの手順を示している。著者の専門は「切削加工」であり、長年大学の教員を勤めたおかげで、様々な企業から切削加工に関係する多くの相談を受けてきた。この図は、それらの経験から要点を絞り、解決までの流れにまとめたものである。なお、生産技術を例にとっているが、研究における手順もほとんど同じである。手順は以下の流れとなる。

- (1) 問題の認識
- (2) 解決に必要なデータの取得（理論の推定が前提となる）

図2 技術者の学習曲線

図3 技術者の問題解決のながれ

- (3) 理論と実際に起こった現象および新たに取得したデータから推定される原因の解析（思考実験）
- (4) 思考実験が収束した後の検証実験（検証の結果が不十分であれば(1)にもどる
- (5) 検証結果が想定どおりであれば、新たな経験として蓄える
- (6) 経験が十分に蓄えられると「トラブルの予測」もある程度可能となる

以下、少し補足する

「問題の認識」は問題解決のスタートであり、これが正しくされないと以下の努力はほとんど無意味となる。なお、時として「問題を問題と認識」していない場合も見受けられる。すなわち、職場で受け継がれてきた方法を何も考えずに繰り返している場合などで、外部から十分な経験を積んだ技術者が見れば、「このような無駄はしない」あるいは「このやり方では将来問題が起きる可能性を含んでいる」などの場合である。いずれにせよ、正しく問題を認識するには「経験が必要である」。

「データの取得」は問題解決に必要な不可欠である。技術者は、「精度が高く品質の良い定量的データ」に基づいて議論する必要がある。データは多いに越したことは無いが、データ取得は時間を含め多大の経費がかかる作業であり、無駄なデータを取得する余裕は無い。どのようなデータがどの程度の精度で必要かは、想定される「理論」による。したがってデータ取得と理論は一体のものであり、「理論の無いデータ取得」あるいは「データの無い理論の展開」は慎むべきである。「理論」を自在に使う能力は技術者の技術者たる所以である。このためには、技術者には様々な現象・理論を俯瞰的に見てそれぞれを結びつける能力（ここでは俯瞰力と呼ぶ）が要求される。」

「思考実験」は最近ではあまり聞くことの少なくなった言葉であるが、技術者にとって大事な能力である。技術者は、問題が生じると先ず、頭の中で問題となっている事象とそれに関係する様々な理論を結びつける試みを（イメージとしてのストーリーの構築）行っている。この試み、すなわち「イメージ」が、具体的でかつ詳細であればあるほど、明確なストーリー展開（理論

展開）が可能となる。イメージ構築能力は「創造力」と表裏一体であり、「創造力」の源泉は、「イメージ」と「ストーリー」と考えているがいかがであろうか。

「検証実験」は想定されたストーリーを確認するための作業であり、一連の作業の仕上げである。検証が出来ない推論は、単なる仮説にとどまり、技術者にとっては何の役にも立たない。技術者であれば、検証可能なストーリーを考えるべきであり、また「どうすれば検証できるか」までを考えて、はじめてストーリーを構築した責任を果たしたと言えよう。

「経験」を蓄えることは、今更言うまでも無いが、「将来に生かす」という前提があつての話である。技術者が一人前になるということは、

- (1) 様々な環境下で問題あるいは課題を解く過程を繰り返して経験し
- (2) それを整理し蓄えることにより
- (3) 新たな問題・課題に対し、解決の手順を素早く構築したり
- (4) あるいは問題の原因をある程度推定できるという能力を身につけることであろう。このような能力は、技術者が専門とする領域にもよるが、一度や二度の問題解決の経験で身につくとは思われず、少なくとも10回20回という経験の繰り返しと、それを生かす能力が必要である。

5. 逆解析と伝達関数

先に示した図3は、「問題あるいはトラブル」という「結果」から、何が原因であつたか明らかにする（問題を解決する）という流れであり、一種の「謎解き」あるいは「逆解析」と言えよう。工学が対象とする仕事はこの種の「逆解析」が多く存在するが、ものづくり自体、典型的な逆解析作業であると言える。

図4に、ものづくりの流れを示す。

- (1) 作るべきものを「イメージ」として描く。「このようなものになるであろう」という最も原初のイメージが頭の中で浮かんで消えるという過程から、徐々に「イメージ」が固まり、具体的にスケッチやモデルとして表現されることになる。すなわち、これから作るべきものではあるが「結果」が先ず存在

図4 ものづくり（工作機械）の製造の流れ
（写真及びスケッチは株式会社シギヤ精機製作所より許諾済み）

することになる。

(2) 「イメージ」が固まると、これを現実化するためには、具体的にどうすれば良いかという、いわゆる「設計」作業がスタートする。全体の構成から始まり、機能ごとに別けた部分組立、さらには一品ごとの材質・寸法・精度・表面荒さ等々、膨大なデータを作りあげる必要がある。

(3) このデータは、生産技術を経由して製造現場に渡されることになる。生産技術も、設計図に書かれた「もの」を現実化するために、コスト・品質・納期などを考慮して非常に多くの要因を決定する必要がある。ここでも、設計図を現実化するためにはどうすれば良いかという「逆解析」をしていることになる。

(4) 加工された部品は一カ所に集められ組みあげられ、様々なテストを経て完成品となるが、完成品は最初にイメージしたものと同一のはずである。

このように考えると、ものづくりは多くの過程で「逆解析」を行っていると言えよう。

さて、逆解析を「結果」から「原因」に遡る作業とすれば、「原因：入力」と「結果：出力」との間には「それをつなぐ関係」があるはずである。この関係を制御工学で言うところの「伝達関数」で表すとすれば、

$$\text{「出力」} = \text{「入力」} \times \text{「伝達関数」}$$

となる。我々とはもすれば、「何をしたか、その結果どうなったか」という「入力」と「出力」を直接関連づける傾向にあるが（成功体験とはまさしくこれであろう）、重要なのは、その時の状況がどうであったかという、原因と結果の間にある「伝達関数」である。

ものづくりでは、常に環境変化（「伝達関数」の変

動）があり、同じこと（同じ入力）をしても、同じ結果（同じ出力）が生じることはむしろ稀である。経験を蓄えるということは、様々な状況下で、入出力の間にある「伝達関数」を正しく把握し、次に生かすということであろう。これが出来ていると、以前述べた「トラブルの予測」が可能となる。

6. 技術者に必要な能力

4章で示したような仕事の手順に必要な能力をあげると以下ようになる（なおここにあげた定義は著者の定義である）。

- (1) 理論力：理論を理解し自在に使う能力。
- (2) 経験力：経験を蓄え、将来に活かす力
- (3) 創造力：これまでにない新しい抽象・具象概念をイメージとして構築する力
- (4) 俯瞰力：事象の本質を見抜き、事象に関わる諸要因の関連性を見つける力
- (5) 判断力：最適解を見つけ、その解に対し責任を取る勇気
- (6) 行動力：自分が見つけた最適解に基づいて実行に移す力あるいは勇気

これらの能力はどれか一つかけても技術者としては大成する事が困難で、その意味では、技術者に必要な能力は、これらの能力の「かけ算」であると言えよう。以下、簡単に各能力について説明する。

「理論」は、工学の立場から言えば、利用して初めて身につくものであり、いくら知識としてため込んでいてもそれを利用・活用できなければ単なる物知りでしかない。ものづくりでは単一の基礎理論ですべて解決することはほとんどあり得ない。数多くの理論を組み

合わせ、最適解を求めていくことになる。従って技術者個人個人が持つ「理論の幅と理解度」（ここでは「個人理論」と名付ける）が重要である。もちろん、多くの技術者が組織としてもものづくりを行う企業では、「企業としての理論（ここでは「企業理論」と名付ける）」も必要であり、各企業では「技術標準」などの名称で、技術者間で共有されている。しかしながら「企業理論」だけでは、当該企業における新しい技術の発展はあり得ず、企業活動に有益な新しい理論の構築が常に求められている。

「経験」は擬似的な体験も含め、理論と同様、基本的には個人に属するものであり、一人前の技術者になるには相当数の経験（同じ種類でなく成功・失敗を含め様々な種類の経験）を積む必要がある。数多くの経験を積みその経験を次に生かす力を身につけるには、個人が置かれている環境による。同じことの繰り返しが多い仕事であれば比較的短時間で経験を積み重ねることが可能である。しかし常に新しいことが生じる、あるいは新しいことが求められる仕事では、回数を重ねるにはかなりの時間がかかることは容易に想像できる。

「創造」というと「これまでにない新しいものを生み出すこと」と解釈されるが、その源にあるのは「イメージ」であり「挑戦」である。具体的な形を持つもの（Hard）であれ、形を持たない抽象的なもの（Soft）であれ、これを作り出すには、まず脳内で「イメージとして構築」することが必要である。特に「ものづくり」では、「イメージとして構築できないものは設計出来ない」と言えよう。イメージ構築能力は技術者にとって最も大事な能力の1つである。

「俯瞰」と言うと、広い視野で見るというイメージを描きがちであるが、大事なことは「視野を広げた結果、見えてくる様々なものの関連性を見つけること」である。景色を見るのであれば単に目に入るものをパノラマ的に見ればよいが、ものづくりでは、様々な事象が相互に関連しあっており、この中で最適解（開発・設計・生産技術等にかかわらず）を見つけるには、種々の事象の本質を見抜き、理論をベースに関連性を明らかにする必要がある。このためには、自分なりに、ものの見方を鍛える必要があるが、関連性を見つけるという能力には、先天的なものがあるのかも知れない。

「判断」とは、様々な条件の下で多くの選択肢から最適解（と思われるもの）を決定することである。判断の結果が重大な影響を及ぼす場合は、誰しも決定に慎重にならざるを得ないが、誰かが決定しないと前に進むことが出来ない。また決定を下した者は、その決定に対して責任を取る必要がある。従って「判断には勇気が伴う」。ものづくりは、上流から下流への連続した流れであり、一つの判断が次々に影響を及ぼす。またどこかで「判断」が逡巡されれば、以後の流れが停滞

することとなる。技術者には自己の判断に対して責任を取る勇気が必要である。なお時間の経過に伴い選択肢は狭まる傾向にあり、選択肢がほとんど無くなった時点での決定とは、「判断」と言えるかどうか疑問である。

「行動」とは自分が見つけた最適解に基づいてこれを実行することである。ものづくりでは、具体的なものを生み出すことが要求される。このためには行動力が必要である。行動とは単に体を動かすことではなく、「計画を策定し、実行するための準備をし、実行に移す」という一連の作業であり、知力・体力が必要である。技術者に限らず、物事や計画に対して常に欠陥・欠点を指摘する傾向の人たちが存在するが、技術者にとって大事なのは、計画を立案し、実行に移すことであり、失敗を恐れながらも、実行に移す勇気である。失敗を恐れるということは、失敗の結果がもたらす事態を考慮に入れた上で、それを最小限に食い止める方法を事前に計画に組み込むということに他ならない。

図5は以上の6つの能力をレーダーチャート形式で示したものである。レーダーチャートの上部には、仕事に固有の「理論」と「経験」を軸に取っている。これらの各能力は獲得に長時間を要する。水平軸には「判断力」および「行動力」を取った。「判断力・行動力」はどのような種類の仕事をするにせよ基礎的に要求される能力であり「理論・経験」とはある程度独立に獲得することが可能である。また、レーダーチャート下部には「創造力」「俯瞰力」の軸を取った。「創造力・俯瞰力」は技術者にとって「基礎力」に相当する重要な能力であり、どちらかというところ「先天的」な能力に左右される部分があると考えている。

一人前の技術者が持つべき定量的な値をそれぞれ100として、レーダーチャート上に基準線を引くと正六角形となる。経験の少ない、しかし「創造力」「俯瞰力」はある程度認められる若手技術者を想定すると、太線のような形となるであろう。また、理論・経験は

図5 技術者に要求される能力のレーダーチャート

あるが、創造・俯瞰に乏しい（新しいモノを生み出す能力に欠ける）技術者では細線のような形になる。

技術者の理想像は全ての能力がバランスよく十分に備わっていることであるが、現実にはこのような技術者を育てることは容易ではない。「理論力」「経験力」は後天的に獲得される能力であるとするれば、これらを伸ばすには、本人の努力と適切な教育システムがあればよい。一方、「創造力」「俯瞰力」は先天的な素質に加えて、本人の努力・教育により磨きがかかるものとするれば、これらの能力を持つものと持たないものでは、「技術者としての到達点」の高さは大きく異なることになる。

理想的を言えば、高い「創造力」「俯瞰力」の可能性を持つ人材を見だし、彼らに「創造力」「俯瞰力」およびその他必要な能力を育てる教育を行うことであろう。これについては次章で考える。

7. 新しい技術者

「少ない人数を前提としたものづくりとそのための人材育成」を行うためには、以下の2つの方法があると考えている。

- (1) 一人前になるための時間を短縮する
- (2) これまでにない新しい技術者を育てる

一人前になるための時間を短縮するという方法についてはこれまで述べたように、仕事に要求される能力と経験の回数（時間ではない）が鍵であり、ものづくりに例えれば生産効率の増大である（教育とものづくりを同列で議論するには抵抗もあると思われるが）、ボトルネックを解消し、全体の流れをよくすると同時に各工程の時間短縮をはかるといふ、工程設計の方法の援用が可能である。

一方、「これまでにない新しい技術者を育てる」という方法は、ものづくりに例えると、これまでにない新しい技術・生産システム・製品を開発するという、全く別次元の問題であり、新しいアイデア・原理・方法の導入が必要である。

前田昇が「新ビジネスモデルによる日本企業の強さの変革⁵⁾」の中で「1-2 戦後ビジネスモデルの特徴」として「とにかく企業として何をやるか「What」は決まっていて、いかに欧米企業よりも早く・安く・高品質なものをいかに「How」作るかが、ほぼすべてだった」と述べているように、どちらかというと欧米で開発された技術や製品をベースに、高信頼性、高品質、高コストパフォーマンスの製品を開発・製造する技術を発達させたおかげで、Made in Japanは世界を席卷してきた（昭和63年の経済企画庁世界経済白書本編に掲載の「主要国の製造業製品輸出におけるシェア（対自由世界）の推移⁶⁾」によると1984年、日本は15%を超えるシェアでアメリカ、西ドイツ、発展途上国を抜きトップとなっている）。ところが、以後

図6 技術者に要求される能力のレーダーチャート

- (1) 技術の拡散による、新興国におけるものづくりの急増
 - (2) 我が国の製造業の海外展開
 - (3) 途上国の中間層の増大による、コストパフォーマンスのよい製品への急激な需要増
- などにより、国内外における「ものづくりの優位性」が急激に低下してきた。

これらはいわゆるFront Runnerとしての宿命ではあるが、Front Runnerとして走り続ける（走り続ける必要性については議論の余地があるが）ためには、これまでの延長線上ではなく、新たな価値（技術や製品）を作り出す、あるいは提案する必要がある。このためには従来型の技術者に加え（ものづくりの基本はそう簡単には変わるものではない）、「新しい価値が創造できる技術者」が必要である。このためには、特に高い「創造力」「俯瞰力」を持つ技術者の育成が必要と考えている。

これまでにない全く新しいものを生み出す分野の最右翼は「芸術」「科学」分野であろう。これらの分野と「技術（工学）」との関係を図式化すると、一つのイメージとして図6を描くことができる。芸術家はこれまでにない新しいものをイメージしそれを表現する能力を兼ね備えた人たちであり（「創造力」に加え「俯瞰力」も必要である）、科学者もこれまでにない全く新しいもの（あるいは関係）を見つけ分類整理、あるいは利用するために原理や理論として定式化できる人たちである（同様に「俯瞰力」が求められる）。また、技術者も原理や理論を利用し、人々の役に立つ「もの」を作り出す（創造する）人たちである。

「新しい価値を創造する技術者」を想定すると、図4の「芸術」「科学」「技術」の重なり合った部分に相当する人材が理想であろう。具体的にはレオナルドダビンチが一つの理想像である。もちろんダビンチ程の天才は望むべくもないが、大事なポイントは「創造力」「俯瞰力」の素質を持つ人材をどうやって見つけ、「技術者として」どのようにそれを育てるかである。

素質を持つ人材の数については、芸術家・科学者の数を考えると、必ずしもごく少数という訳ではなさそうである。問題はこれらの若者に「技術者」としての道を選択するための門戸を広げるにはどうすればよいかを考えることである。

一方、技術者としての「創造力」「俯瞰力」を育てる教育については、方法論から新たに開発する必要がある。芸術分野については、芸術家を目指す若者に対し、当該分野で独自に発展した方法が採用されていると推測されるが、その方法をそのまま「工学分野」へ移植することは困難であろう。とすると、芸術、工学のそれぞれぞれの分野で教育に携わっている人たちの協力が不可欠である。

8. おわりに

科学技術創造立国は我が国の基本方針（科学技術基本法）の一つであり、「ものづくり」はその代表的な成果である。したがって、これに携わる人材の育成は我が国の行方を左右する最重要の課題の一つであるが、「ものづくり」を取り巻く環境（少子化・新興国の追い上げ・生産の海外移転と国内の空洞化など）が大きく変わりつつあり、「理論偏重」の従来型工学教育からの質的・量的改革の必要性が強く求められている。

技術者に限らず専門知識を必要とする多くの職業では、高等教育で習得する知識は極めて基礎的なものであり、仕事に就いて後、仕事を離れるまで、常に知識・経験・その他の能力を磨き続ける必要がある。このように考えると、高等教育が受け持つ期間はごくわずかであるが、以後の人生を決めるスタートを受け持つという意味で極めて重要である。さらに高等教育から企業内教育への連続性をどのように担保するかも重要である。

ここでは「技術者の人材育成」について、「議論のたたき台」として、筆者が日頃考えていることを述べさせて頂いた。論文であれば、新規性・独自性・有用

性・科学的根拠などなどを厳密に論証しながら書くべきであるが、「論説」というジャンルで、少し自由に書かせて頂いた。同意もあれば反論も多々あるかと思われる。また、紙面の都合でどうやって育てるかについては割愛させて頂いた。機会があれば、方法論についても述べたいと考えている。

参考文献

- 1) 中田喜文, 宮崎 悟: 日本の技術者, 日本労働研究雑誌, 606, pp.30-41, 2011
- 2) 河野銀子: 理工系大学・学部における女性学生比率と大学の構造, 平成20-22年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(c)報告書, 2011
- 3) 長松正康, 白坂高司, 川田和男, 山本 透, 山根八洲男: 制御工学的アプローチに基づく教師-学習者間モデルに関する考察, 電気学会論文誌C, 134-10, 1537-1542, 2014
- 4) 山根八洲男, 他: ものづくり技術・技能の伝承と海外展開, 日刊工業新聞, 2008
- 5) 前田 昇: 新ビジネスモデルによる日本企業の強さの変革, 科学技術庁科学技術政策研究所, Policy Study No.3, 1999

著者紹介

山根 八洲男

昭和50年広島大学大学院工学研究科修士課程を修了後、同年東芝機械入社。昭和52年広島大学大学院博士課程入学、同55年工学博士、昭和55年から60年広島電機大学、昭和60年広島大学助教授、平成7年同教授、その後ベンチャービジネスラボラトリ施設長、産学連携センター長、等を経て平成17年から21年まで工学部長、同21年から23年理事・副学長。現在広島大学工学研究院特任教授、専門は切削加工