

「機械工業の展望と課題に関する調査
(ものづくり環境の将来像を探る)」

♡

平成17年 3月

社団法人 日本機械工業連合会

－機械工業展望調査ワーキンググループ－

序

日本の機械工業は、中国を始めとする東アジア機械工業の追い上げ等、厳しい経営環境にあり、企業は革新的な生産方式を導入し、技術開発の強化を図るなど、さまざまな打開策により対応している。

当会では、平成7年に企画専門委員会の下部組織として機械工業展望調査ワーキンググループを設置し、機械工業を取り巻くこうした先行き不透明かつ困難な状況に対応して、機械工業関係企業および機種別工業会にとっての当面の指針となるべき展望を提示するとともに、機械工業の当面の課題を抽出し、そのための対応策について検討を行うことを目的に調査研究を進めてきた。

本報告書は、同ワーキンググループの平成16年度報告書で、ものづくりは我が国の機械工業の原点であり、将来にわたって最も重視すべきであるとの認識から、業種や企業の枠を越え共通的に考察すべきである「ものづくり環境」の変化、動向を調査し、その結果をとりまとめたものである。機械工業を取り巻く激しい内外の環境変化に対応するため、本報告書が関係各位のご参考になれば幸甚である。

最後に、本報告書をまとめるに当たりご尽力、ご支援を賜った機械工業展望調査ワーキンググループ委員各位、調査委託先の財団法人政策科学研究所並びに本調査活動にご協力いただいた方々に対し、深く謝意を表す次第である。

平成17年3月

社団法人日本機械工業連合会
会長 金井 務

機械工業展望調査ワーキンググループ委員名簿

主 査	(株)日立製作所 グループ戦略本部 G-経営戦略部門 経営企画室部長	岡野 安都佐
同	同	山口 雅彦 (17. 1. 13 より)
委 員	三菱電機(株) 経営企画室経営企画担当マネージャー	鈴木 隆二郎
同	同	穎川 剛志 (16. 11. 16 より)
同	石川島播磨重工業(株) 経営企画部総合企画グループ専門部長	大鷹 秀生
同	(株)東芝 社会・産業部業務戦略担当課長	大林 正枝
同	(株)クボタ 東京業務部業務グループ担当部長	河合 光春
同	住友重機械工業(株) 企画本部戦略企画グループ主査	呉地 剛
同	光洋精工(株) 経営企画部主査	杉山 博
同	三井造船(株) 経営企画部主管	黄田 知仁
同	同	徳永 典也 (17. 1. 13 より)
同	松下電器産業(株) 東京支社政策調査グループ 調査統計チーム チームリーダー参事	林 祐輔
同	富士電機ホールディングス(株) 経営企画部担当課長	三浦 雅史
同	(株)日立製作所 グループ戦略本部 G-経営戦略部門 経営企画室部長代理	山中 淳行
同	三菱重工業(株) 社長室企画部主席部員	横山 一岳
同	同 社長室企画部次長	三宅 正記
委託先	(財) 政策科学研究所 主席研究員	山藤 康夫
同	(財) 政策科学研究所	小西 里架
事務局	(社) 日本機械工業連合会 常務理事	平野 正明
同	(社) 日本機械工業連合会 業務部長	倉田 正明
同	(社) 日本機械工業連合会 業務部 企画・調査担当班	高橋 保弘

目 次

要旨	1
第一章 はじめに	
第1節 本調査の背景と目的	5
第2節 本調査の推進体制	6
第3節 本調査の手法	6
第4節 本報告書の構成	6
第二章 ものづくり環境の変化	
第1節 ものづくりの将来への危機感と関心の高まり	8
第2節 ものづくりの将来を考える際の前提と与件	11
第三章 ものづくり技術の将来見通し	
第1節 ものづくり技術・技能の方向感	19
第2節 プロセスイノベーションの見込み	26
第3節 自動化・無人化の行方	29
第4節 IT・情報化（デジタル化・ネットワーク化）	31
第四章 求められる人材・能力	
第1節 求められる技術・技能	37
第2節 求められる人材像	40
第3節 求められる人材活性化	43
第五章 我が国機械産業への示唆	
第1節 グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきへの対応	48
第2節 スピード重視、顧客ニーズの多様化への対応	52
第3節 労働意識の変化、少子高齢化の進展への対応	57
第4節 環境保全要求の高まりへの対応	59
第5節 情報化、デジタル化・ネットワーク化への対応	61
おわりに	65
【参考資料編】	
I. 引用先識別番号と番号別有識者について	66
II. 講演要旨	69
III. 有識者ヒアリング要旨	85

要 旨

【背景】

我が国機械工業を取り巻く国際環境が大きく変化していく中で、ものづくりの将来に対する危機感と関心が高まっている。

【目的】

本報告書の目的は、ものづくりの将来を考える際の糸口として検討した前提と与件の下で、主として有識者がものづくりの将来像についてどのような見方をしているかについて、その見方を収集整理することにより、ものづくり環境の変化の動向とそのインパクトを明らかにすることにある。

【前提と与件】

ものづくり環境としての前提とは、複数の選択肢の中から選んだもので、正に前提として置いたものである。時間軸では「5-10年先」、「スピード重視」を、国際的視点として「東アジア近隣諸国の追いつき」、「グローバル展開の進展」を前提とした。同じく与件とは、いずれも選択の余地が小さく不可避なものをいう。国内的視点として「少子高齢化」、「労働意識の変化」、「顧客ニーズの多様化」、規制・政策の視点では「環境保全要求の高まり」などを与件としている。

【手法と構成】

本報告書は、このような前提や与件の下で、次頁の図表表頭に掲げられたものづくりの諸相、即ち、

ものづくり技術の将来見通しとして、

これからのものづくり技術、技能の方向、
製造プロセスのイノベーションとその方向、
自動化・無人化の目指すべき方向、
IT活用のあるべき姿、進むべき方向、

また、求められる人材・能力として、

これから求められる技能、技術、
これから求められる人材像、
雇用の多様化への対応、

について、有識者の見方を収集・整理したものである。なお、その中に、これからの製造業の進むべき方向、あるいは、これからの製造業の競争力など当初予定していた範囲を超える幅広で有意義なテーマが数多く含まれていたことから、これらを新たに「機械産業への示唆」という章を別に立てて収載することになっている。

図表 前提・与件およびものづくりの諸相と各章の関係

		ものづくり技術	プロセスイノベーション	自動化・無人化	IT・情報化	技能・技術	人材像	人材活性化	製造業	競争力
		これからのものづくり技術・技能とその方向	製造プロセスのイノベーションとその方向	自動化・無人化の進むべき方向	IT活用のあるべき姿、進むべき方向	これから求められる技能・技術	これから求められる人材像	雇用の多様化への対応	これからの製造業の進むべき方向	これからの製造業の競争力
前提と与件↓		第二章ものづくり環境の変化			第三章ものづくり技術の将来見通し		第四章求められる人材・能力		第五章我が国機械産業への示唆	
前提	5-10年先									
	東アジア近隣諸国の追いつき									
	グローバル展開									
与件	スピード重視									
	顧客ニーズ多様化									
	日本の労働力人口減(少子高齢化)									
	労働意識の変化(若者の製造業離れ、外国人等)									
	環境保全要求の高まり									
デジタル化・ネットワーク化										

出所 政策科学研究所作成

【各章のキーワード、語句】

第三章ものづくり技術の将来見通しでのキーワード、語句

ものづくり技術・技能の方向感	プロセスイノベーションの見込み
人の役割の大切さ	現場レベルでの無駄取り
演繹的思考へのシフト	イノベーションの可能性への配慮
国内生産へのこだわり	体系的なものづくり、全体の流れの管理
摺合わせ・モジュールの長短相補うやり方	設計工学の発展
ITの役割とそのインフラ整備の重要性	人間が機械を使う
カスタマイゼーション	知識獲得のプロセス重視
変動対応	環境負荷の小さな設備
製品ライフサイクル、人工物の影響配慮	どんな規制にも対応可能な態勢づくり
自動化・無人化のゆくへ	IT・情報化(デジタル化・ネットワーク化)
技術要因と経済要因との兼ね合い	暗黙知の形式知化
自動化を進めるべき分野	情報機器との双方向協調技術
人の排除は進化の妨げ	わかるまでのプロセスのデジタル化
人のほうが早い場合も	生産性を一桁アップ、真のIT革命を
にんべん付き自動化	脱物質化、物質の代替化、脱炭素化

人と機械の協調	環境効率と資源生産性の向上【イ・ク・ホ】
***	ものづくりのライフサイクル管理
***	ITは環境制約の解決手段

第四章. 求められる人材・能力でのキーワード、語句

求められる技術・技能	求められる人材像	求められる人材活性化
本当の技能	総合的な思考力	多様なオプション
技能を身につけるプロセス	デザインや管理力	大胆な発想
将来とも重視される技能	プロデューサー的人材	標準化・定型化
こだわりや使命感	真のプロ	マニュアル化
日本に残る分野	人材を見守る人材	社内外関連人材
研究開発やマザー工場	人材を活かす人材	総動員態勢づくり
多能工化と匠の技	新しいテクノロジスト像	能力評価の仕組み
マニュアル化設計技術	未知の問題への挑戦	若年層のポテンシャル
習熟度が高まる仕事	感動と達成感	教育への期待

第五章. 我が国機械産業への示唆でのキーワード、語句

グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきへの対応	スピード重視、顧客ニーズの多様化への対応	
世界中が競争、他地域との差別化	消費概念：見えない価値へのシフト	
日本ブランドの確立	消費者に感動を	
ものづくりの原点（ものづくり魂）	製造業の二極化	
国・地域により異なる人の手	製造業のサービス化（機能を製造）	
強い現場と厳しい消費者の存在	売れる物を作る	
強みをさらに強く	タイムリー性	
収益力を生む戦略	情報・ビジョンの共有	
本社の戦略強化：立案力と遂行力	次世代生産システムの模索を	
教育の課題：世界志向、多様化と独創性	摺り合わせとモジュールのいいとこどり	
労働意識の変化、少子高齢化の進展への対応	環境保全要求の高まりへの対応	情報化、デジタル化・ネットワーク化への対応
身近にないものづくり	使われ方にまで責任を	ITを活かせる仕組み
感動する機会がない	循環型社会	演繹的な仕組み
魅力的な入り口	良いものを長く大切に	新しいビジネスプラットフォーム
魅惑的な出口	ITでライフサイクル管理	意思決定支援技術
若者を惹きつける工夫	ビジネスモデルを変える	ネットワーク関連技術
魅力的なキャッチワード	機能、性能を売る	情物一致技術
人材教育像と教育の転換	知恵の絞り方	トレーサビリティ、セキュリティの確保
オペレーションの画一化	環境適合型設計	陳腐化回避アプローチ

【ポイント】

- ▶ 日本企業は帰納的思考に基づく摺り合わせ技術が得意であるが、演繹的思考によるモジュラー化技術は得意とはいえない。摺り合わせ型の技術は、絶えず見直してモジュラー化に挑戦すべきだという。このような見直しが演繹的思考であるが、言い換えると反復性、共通性に着目して単純化、標準化、理論化する作業である。こうした下地があって始めてIT化、デジタル化が機能する。
- ▶ IT化、デジタル化は全体の流れをおさえることが肝要だという。こうした全体の流れをおさえることができるような人材、スーパープロデューサーが求められる。同時に、このような人材を育て、見守ることができる人材や仕組みが必要だとされる。
- ▶ モジュラー化の流れは、訓練レス、技能レスの生産技術に係わる設計工学の発展を押し進めるような場合に効果的だという。このようなマニュアル化技術を洗練させていくことができれば、雇用の多様化を活かして、競争力を回復する手段とするのではないか。
- ▶ 自動化、機械化は技術要因、経済性要因の兼ね合いからなる。両者をよく見極める必要があるという。既に自動化、機械化したところは見直す作業も必要であり、むしろ人間に戻したほうがいい場合がある。特に「わかった結果」をデジタル化している場合、技術進歩によって陳腐化の危険性がつきまとう。技術進歩に対応できるように「わかるまでのプロセス」のデジタル化が望ましいとされる。
- ▶ 単純作業のようなところは機械化を進めるとしても、生産から人間を排除するのではなく、人間は人間にしかできないことを担うように工夫することが大事である。
- ▶ 摺り合わせの技術には熟練技能が必要である。日本のものづくりには好奇心、こだわりなどという国民性に基づく伝統と強みがある。熟練技能を大切にしようとした強みをさらなる強みとして活かしていくことが求められる。
- ▶ 以上のように日本には、日本人であればこそというような強みがあるといえよう。これからもその強みを磨いていかなければならない。しかし、その強みが収益力に結びついてきたとはいえない面もある。強みを収益力に転換していく知恵についてはもっと磨いていく必要があろう。演繹的思考への挑戦とスーパープロデューサーの育成、それを可能にする仕組みがこれからの主な課題といえるのではないか。

第一章 はじめに

第1節 本調査の背景と目的

90年代以降、我が国経済は、デフレが進行し、長期低迷を余儀なくされた。特に90年代後半には国内製造拠点の海外移転が目立つようになり、製造業の空洞化や危機が論じられるようになった。近年になって漸く、デジタル家電などの分野を中心に、国内で大型の設備投資に動きが見られるようになり、製造拠点の国内回帰の動きとして注目されるようになってきた。しかし、この先を楽観できるまでには至らず、国内製造業にとって振れの激しい時代が到来している。

翻って目を海外に転じると、韓国・台湾企業の追い上げは急であり、中には世界トップクラスの企業も出現している。また、中国企業はその大規模な市場と、持ち前の高い事業能力を背景に外資企業から吸収した技術力などをフルに活用して、急激な発展を遂げるなど大きな変貌を遂げつつある。

他方、米国はというと、世界で最もサービス経済化が進んでいる国の一つであるが、その米国で、「製造業が一番大事な産業である」と明記されたビジョンが発表されている。1997年から2年間かけて纏められた「2020年の製造業ビジョン」である。このビジョンの中で10テーマほどの技術研究上優先すべき課題が列挙されている。このような報告は米国政府も民間企業も真剣に採り上げ、やがてそのとおり実現していくともいわれており、我々もこのような報告書には留意が必要である。

このように、我が国を取り巻く国際環境が大きく変化していく中で、機械工業関係者の間では「ものづくり環境は今後どう変わっていくのか」、あるいは、「国内におけるものづくりのあり方を見直すべきではないか」、そもそも「国内でものづくりを続けるにはどうしたらよいか」という問題意識がみられるようになっている。

日本機械工業連合会においても従来どちらかといえば機械工業の競争力に重点が置かれる傾向がみられたが、これから目指すべき将来像に関してはそれほど多くの議論を重ねてきたわけではない。

今年度においてはこのような背景の下で日本のものづくりの将来像を探ることにしたものである。

本WGでは、将来を考える際の糸口として検討した前提と与件の下で、主として有識者がものづくりの将来像についてどのような見方をしているかについてその見方を収集整理することにより、ものづくり環境の変化の動向とそのインパクトについて明らかにすることとした。また、将来像について異なる見方がある場合は、将来像を一つの方向に絞るのではなく、そのまま複数の選択肢として提示することになっている。

第2節 本調査の推進体制

日立製作所グループ戦略本部G経営戦略部門経営企画室部長岡野安都佐氏(第一回、第二回担当)、同山口雅彦氏(第三回、第四回担当)を主査とする機械工業展望調査ワーキンググループ(以下WGと略記)を立ち上げ、同WGにて有識者による講演や、有識者等に対するヒアリング結果などを基に、WG委員の意見を徴することにした。なお、調査の実施と報告書の執筆は(財)政策科学研究所山藤康夫が担当した。

第3節 本調査の手法

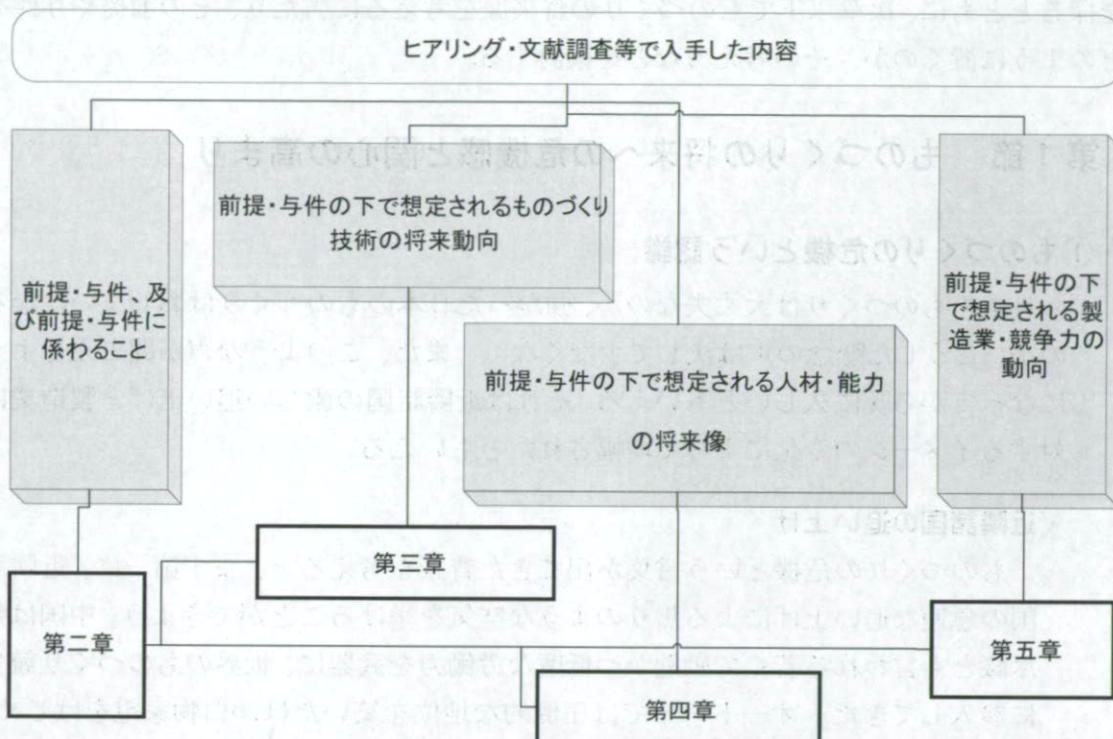
- ▶大学等の学識経験者による講演会開催
- ▶大学等の学識経験者、企業関係者等に対するヒアリング、及び関連テーマにかかわるシンポジウム聴講
- ▶文献資料調査
- ▶WG委員企業に対するEメールによる意見聴取、及びWGでの討議

第4節 本報告書の構成

本報告書は全五章構成である。第一章は、目的・背景、手法などのいわゆる序章としての位置づけであり、第二章から終章までが本文に相当する。

本報告書は、WGを主体とした講演会の開催、及び、有識者からのヒアリング、その他文献調査等により収集した内容をまとめたものである。まとめるに当たっては、将来見通しを行う際に必要な前提や与件に係わることは、第二章「ものづくり環境の変化」に、前提・与件の下で予想されるものづくり技術に係わることは、第三章「ものづくり技術の将来見通し」に、同じく人材や能力などに関わることは、第四章「求められる人材・能力」にまとめている。収集した内容で第三章、並びに、第四章のいずれにも入りきらない幅広の内容のものについては、第五章「我が国機械産業への示唆」として独立した章を設けることにした。次の図表は各章間の関係を図示したものである。

図表 1-1 本報告書の構成



- 第二章「ものづくり環境の変化」
- 第三章「ものづくり技術の将来見通し」
- 第四章「求められる人材・能力」
- 第五章「我が国機械産業への示唆」

本報告書では、有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「」で引用し、末尾に小さく () ○○ と括弧付き数字と氏名（敬称省略）を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁（p66）を参照願いたい。

第二章 ものづくり環境の変化

ものづくりの将来に対する危機感と関心が高まっている。本章では、このような背景を探るとともに、次章以下でもものづくりの将来像を考えるに当たり、その前提や与件をどのように置くのか、その考え方などを検討する。

第1節 ものづくりの将来への危機感と関心の高まり

①ものづくりの危機という認識

日本のものづくりは大丈夫なのか、強かった日本のものづくりはおしまいになるのか、こうした懸念の声は決して少なくなく、また、このような声が聞こえるようになってから既に久しいともいえる。それは近隣諸国の激しい追い上げと製造業に対するイメージの変化によって増幅されたともいえる。

・近隣諸国の追い上げ

ものづくりの危機という言葉が出てきた背景を考えると、まず第一に、近隣諸国の急速な追い上げによる焦りのような空気を挙げることができよう。中国は無尽蔵とも言われる若くて勤勉かつ低廉な労働力を武器に、世界のものづくり競争に参入してきた。オートバイでは圧倒的な地位を築いたほか白物家電をはじめ、多くの分野で目覚ましい発展をしており、コスト競争力の強さで世界の工場としてその存在感を高めている。韓国企業や台湾企業も元気がいい。半導体、液晶といった電子分野では日本企業を凌駕しつつあり、また、韓国製自動車は欧米でも急速にシェアを高めてきた。中国市場への進出という観点から見ても、韓国・台湾企業は日本企業より巧みに市場開拓をリードしているといわれている。さらにインテルやGE、アップルなどのように米国企業にも経営力の差で水をあけられている。

・国内イメージの変化

一方、日本国内では失われた90年代という論調が蔓延し、ロケット打ち上げの失敗や、自動車のハブ欠陥の露呈などにみられたように、かつてものづくり大国と呼ばれた頃の日本ではあり得なかったはずの失敗例が頻出する事態が出現した。もっとも、はるか以前からそうした予兆はあったという見方もある。「日本のものづくりに警鐘が鳴りはじめたのは、実は20年以上も前からのことで、産業界の現場で実際にものづくりに携わる職人や、その後継者がいなくなって来たというのが、そもそもの発端だ」(ものづくり大学野村学長)という指摘がそれである。確かに、製造業への人材供給という面で見ると、若者やその母親にとっての製造業のイメージは決して芳しいものではないともいわれている。ものづくり

という職種が「かっこよく」映らない、つまり、職種としてのブランドイメージが低下しているという指摘は多くの人が指摘しているところでもある。(生産技術連合会議での議論他)

このようにものづくりを巡る環境が変化する中で、機械工業関係者を中心に、我が国のものづくりは果たして大丈夫なのかという懸念が共有されるようになり、ものづくりに対する関心を高めていった。

②ものづくりへの関心の高まり

ものづくりに関する有識者の見解を見ていると、ある共通の傾向が見られる。それは、日本にとってものづくりこそが得意な分野であり、しっかりとものづくりを進めなければならない、あるいは、ものづくりで勝負しなければならない、という見方である。

・ものづくり回帰への動き

「日経ものづくり」編集長の木崎健太郎は国内におけるものづくり回帰への動きを次のように指摘¹している。「ものづくりを日本で復活させようという気運が高まっている。設計・製造は中国・アジアで、商品企画・開発は日本でという分業体制がこれまで進んできたが、もう一度日本で競争力のある製品を作ろうという、ものづくりの原点へ回帰する動きがみられる。政府も『ものづくり基盤技術新興基本法』などで、その強化を図る政策を打ち出している。」

・製造業と競争力

日本経済新聞社の後藤康浩は、その著書「ものづくり日本の現場力、強い工場」において日本でもものづくりをする意味を考えよと主張している。日亜化学工業小川英治社長²は競争力強化を目指して「世界一上手に作っておれば生きていく道はある。どこにも負けないものを作る。独自の製造装置やプロセスの考え方こそが最も重要なノウハウであり、競争力の源泉だ」という。同じく競争力強化を主張するトヨタ自動車渡辺副社長(当時)は「ものづくり環境が厳しくなっている。世界との競争に負けないものづくりを進化させるべき」という認識を表明している。

いずれの見方も我が国のように資源のない国で外貨を稼ぐのはやはり製造業しかなく、製造業がさらに競争力をつけなければ日本は外貨を稼げないという考え方があるように思われる。

③ものづくりへの関心の背景

このようなものづくりへの関心が高まってきた背景を考えると、次の二つの要因

¹ <http://store.nikkeibp.co.jp/kw5/nmc.html> より

² 日経ビジネス 2004. 9. 20 より

が浮かび上がる。人手の問題と競争環境の激変の問題である。

・盤石だったはずの支え手に不安

ものづくり大学野村学長によれば「ものづくりの危機」という言葉は、支え手に不安が生じてきたことと密接に関連している。製造業の支え手には自発的勤勉さ、整理・整頓・清掃・躰・清潔、サークル活動への参画、問題発見・課題解決能力のほかにも仕事へのこだわり(非合理を退けない心の余裕)や仕事への強い使命感が求められる。しかし、10代の「金の卵」と呼ばれた学究心・探求心旺盛な若者は「今は昔の物語」と化している。

2007年問題という団塊世代の大量離職に伴う技能継承不安が生じつつあるが、継承すべき若者はというと、食わんがためという意識から、かっこいいこと、やりたいこと、きれいなことを選好する意識が強いといわれている。多くの若者の志向は、どちらかというと製造業離れの傾向が見られ、特に機械系への志望者は減少している。製造業や機械工業はかっこよさの対象外というわけである。こうした傾向は、90年代の低迷期に見られた製造業における大量リストラが拍車をかけたことも否定できまい。特に、中小企業では少なからぬ打撃を受け、後継者不足、廃業の増加、倒産など集積地域中小企業数の減少傾向などがみられ、金型などの基盤業種では技術流出問題も深刻化した。

「根本的に周囲の境遇を動かすべからざるもの」と捉え、その範囲内でいかに満足できるかを求め、そのために精一杯の工夫を凝らすことで文明を築いてきたのが日本だ³といわれてきたが、肝心の工夫を凝らす支え手に不安が生じているといえる。

・ものづくり環境の激変

利益1兆円を稼ぎ出すサムスンの韓国、EMSの台湾、両国の追い上げ、中国の膨張、急発展と近隣諸国の経済は好調である。対する日本はというと、製造拠点の中国移転、国内工場閉鎖の動き、デフレの長期化など長期低迷を象徴するような状況が続いた。昨年来、デジタル家電などで回復しかけてきた景気も踊り場に差し掛かりつつあるなど、相変わらず先行き不安は大きい。さらに、300万人近い大量の失業者の存在、体感治安の悪化、国際比較で明らかとなった学力低下問題のように、従来日本の発展を支えてきた様々の環境が大きく変化してきており、これがさらに大きな不安を呼んでいる。その不安の正体の行方がはっきりしないこと自体がものづくりへの関心を高めているともいえる。以下では、ものづくり環境の行方について考えていくことにする。

³ 呉善花「日本が嫌いな日本人より」から引用(原典、夏目漱石「吾輩は猫である」)

第2節 ものづくりの将来を考える際の前提と与件

本節では、ものづくりの将来を考えるに当たって、その事業環境としての前提と与件を検討する。前提と与件それぞれを選定した考え方や、前提と与件が相互にどのような関係に位置づけられるのかについて明確にする。

①ものづくり環境の前提と与件、その考え方

・前提

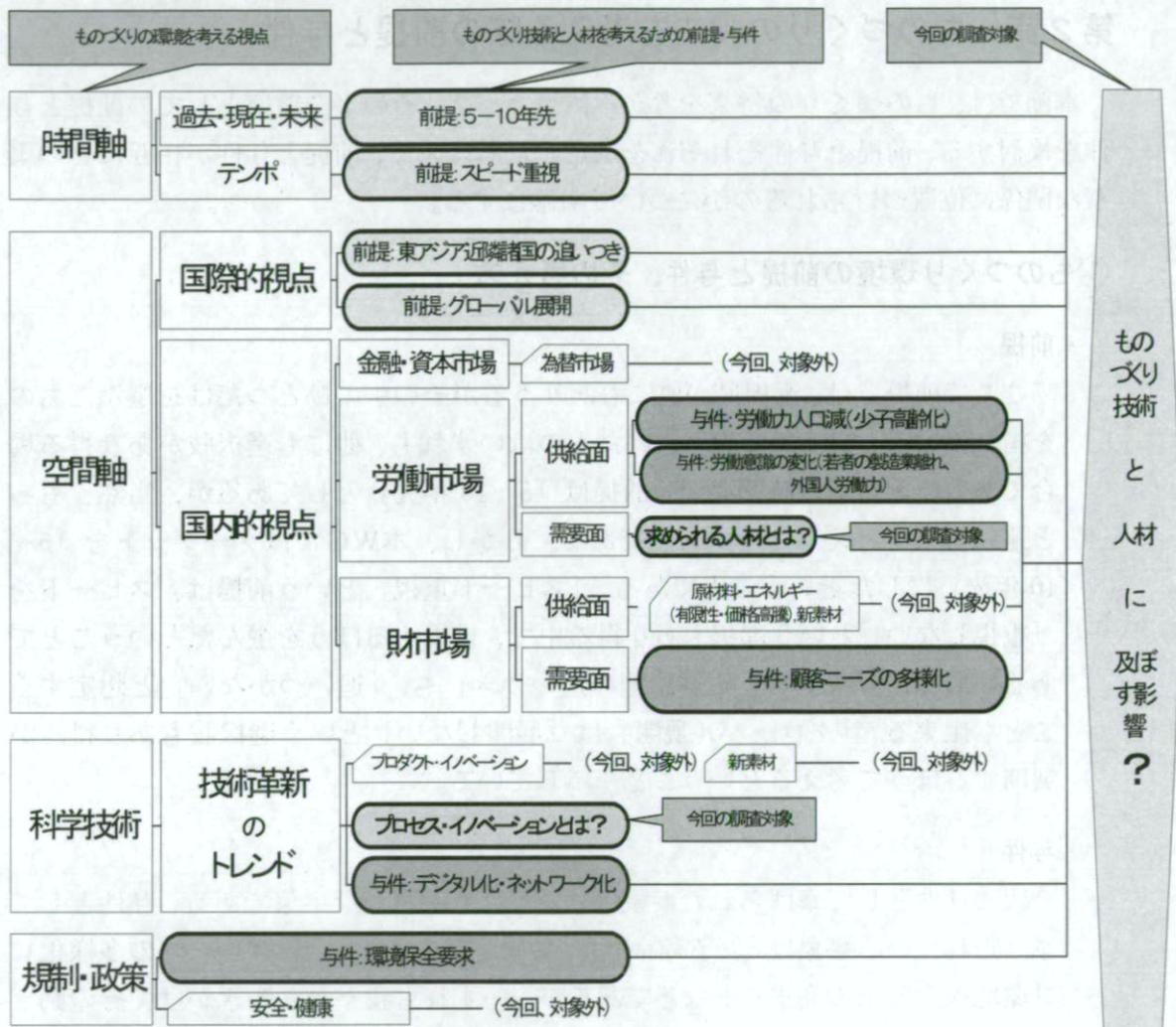
ここで前提とは、選択肢が他にもありうるがその中のひとつだけを選んだものを指している。従って前提と置いたものはいずれも、他にも選択肢があり得る場合である。例えば、時間軸での前提は「5-10年先」としてあるが、当然、もっと遠い将来を考えることが可能である。しかし、本WGではターゲットを「5-10年先」にしたということである。「スピード重視」という前提は、スピードを「重視しない」という選択もあり得る中で、重視するほうを選んだということである。同様に「東アジア近隣諸国の追いつき」も、「追いつかない」と想定することも出来る。「グローバル展開」は「展開しない」という選択肢もあり得るが展開するほうで考えるということを示している。

・与件

次に与件として挙げられた事象は、いずれも不可避な事象である。与件として挙げられている事象は「少子高齢化」、「労働意識の変化」、「顧客ニーズの多様化」、「環境保全要求の高まり」などであるが、いずれも我々から働きかけてその動きを変えることは難しいと思われるものである。受け入れざるを得ないと考えるのが自然であろう。同様に、「デジタル化・ネットワーク化」も流れとしてはどちらかといえば不可避と考えられるので与件としている。

本WGで採り上げた事業環境としての前提と与件の範囲、及びその位置づけは次頁図表の通りである。

図表 2-1 ものづくりの将来像を考える「前提」と「与件」の位置づけ



・前提と与件の位置づけ

前図表のとおり、ものづくりに影響を及ぼす事業環境を考える軸として、時間軸、空間軸、科学技術軸、規制・政策軸の四つを採り上げている。

時間軸では、現在・過去・未来という時制の中で「5-10年先」を、また、テンポの面では「スピードの重視」という前提を置いた。

空間軸では、国際的視点と国内的視点の二つに分けている。国際的視点では他にも見方是有り得るが「東アジア近隣諸国は追いつく」と考え、「グローバル展開は進む」としてそれぞれ前提に置いた。

国内的視点では、市場別に見ることにし、金融・資本市場、労働市場、財市場の三つの側面から考察した。金融・資本市場において重要な事業環境としては為替市場などが考えられるが、ここでは対象外としている。労働市場は需要・供給の両面があるが、需要面は求められる人材ということになるのでこれは今回の最

終的な考察すべき対象そのものと位置づけることが出来る。供給面では、「少子高齢化の進展、労働力人口の減少」という問題と「若者を中心とした労働意識の変化」が挙げられる。これらは不可避な現象と考えられるのでこの二つを与件とした。財市場の供給面では、原材料・エネルギー問題がある。資源の有限性や価格高騰問題をはじめとしてナノテクによる新素材の発展などのテーマもあるが、今回のWGではこの問題は対象外としている。財市場の需要面では、消費者ニーズの多様化などが挙げられるがこれも不可避であり、与件として採り上げた。

科学技術の軸では技術革新のトレンドの問題がある。プロダクト・イノベーションとプロセス・イノベーション、デジタル化・ネットワーク化の三つが大きなトレンドといえよう。プロダクト・イノベーションについては、ここでは対象外としているが、プロセスイノベーションについてはその行方を考察すること自体が今回の重要な検討目的のひとつとなっている。デジタル化・ネットワーク化は与件として採り上げた。

規制・政策では「環境保全要求の高まり」を与件とした。このほか、安全・健康などのキーワードをあげることができるが今回は対象外としている。

②前提としてのものづくり環境

将来を考える際の前提として考慮したことは、5-10年先の将来、東アジア近隣諸国の追いつき、グローバル展開の進展、スピード重視の四つである。いずれも複数の選択肢が考えられるので、選定の経緯等について簡単に触れておくことにする。

・5-10年先

これは、ある程度予見可能なスパンとしておいたものである。あまり長すぎてもはっきりしないし、短すぎても意義が乏しいのでその中間的時間として設定したものである。

・東アジア近隣諸国の追いつき

追いつくという見方も追いつけないという見方も可能である。WG委員の中には「トヨタ生産方式は、トヨタが中国で生産すれば同国にトランスファーされるのは当然のことではないか(〇社⁴)」という意見がみられた。中国などはむしろ生産の歴史がないが故に革新的な生産プロセスであっても後発のメリットを生かして吸収も早いと考えられる。ここでは5-10年先には日本に追いつくという前提を置くこととした。

・グローバル展開の進展

グローバル化とは、「日本だけで競争していれば済む世界から、地球規模の競

⁴ 以下本報告書において()内にアルファベットを置いたものはWG委員の意見から引用したものである。

争に立たされているという変化⁵」^{(6) 渡辺} のことである。「日本だけが player の時代と、世界的な player と競合する場合」^{(16) 佐々木} では考え方が異なると認識されている。従って、企業としては、「国内外を問わず、最適地生産に取り組むこととなり、結果として海外での生産の比重が高まる。一方、国内製造拠点は、その性格を開発・試作やグローバルでの生産管理、海外製造拠点への技術指導等といった本部的機能へシフトしていく(T社)」と考えられている。もちろんこのような考え方ではなくグローバル展開しないという戦略も可能であるが、本WGではグローバル展開が進むということを前提にしている。

・スピード重視（変化のスピードへの対応）

ものづくり環境の変化のスピードには目を見張らせるものがある。例えば、つい先頃まで、「科学技術の価値の半減期は10年と言われていた。10年経つと、最新の科学技術も半分は役に立たなくなると言われていた。それが、今では半減期が3年と言われている。それくらいのスピードで変わってきている。新しいものを創り出したら、もう次のことを考える時代」^{(5) 野村} になっている。また、「科学・技術的な革新の波は、急速なスピードで各所に容赦なく押し寄せており、専門知識のさらなる高度化を不可避」^{(25) 中馬} としている。一方、先進諸国においては消費者ニーズの変化はめまぐるしく、多様化・高級化など一人ひとりの個性豊かな消費が求められるようになってきている。また、近隣諸国の工業化の進展もめざましく、そのスピードには目を見張らせるものがある。発展著しい韓国企業の中にはトヨタ並の収益力を誇る大企業が、また、中国企業の中には欧米などの先進国の有力企業を買収するまでになった大企業が出現している。東アジアの工業化のスピードは驚くばかりである。スピードは重視せざるを得ないといえよう。

③与件としてのものづくり環境

ものづくり環境の中で与件とした事象は、その進行が不可避と考えられるものである。顧客ニーズの多様化、少子高齢化、労働意識の変化、環境保全要求の高まりの四つである。

・顧客ニーズの多様化

顧客ニーズの多様化については多くの専門家が指摘しており、不可避の現象として与件に掲げることにした。豊かさの増大による消費者嗜好が多様化・高級化したことを指すが、このほかに、ものに対する人々の価値観の変化や、消費という概念の変化を指摘する考え方もあり、高齢化の進展が消費市場を変化させると

⁵ 以下、本報告書においては有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「」で引用し、末尾に小さく（）〇〇と括弧付き数字と氏名（敬称省略）を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

いう指摘も見られた。

人々の価値観の多様化は、「ものの見方にも反映して、人々は画一的で平均的な一括大量生産された標準品に飽き足らず、自分に合ったものを望むようになってきた。ものの潤い、ものの味わい、ものの暖かさ、ものの美しさ、などを求め始めてきた。逆に見れば、物溢れの結果、本当に必要なものが分かり始めてきたようにも感じる。人々は自分の要求に機能的に的確に応えるもの、大切に言えば使うほど応えてくれる質の高いもの、感覚的にも自分のセンスにぴったり合ったもの、他とは異なった個性的で独自性があるものなど」^{(5)野村}を求め始めている。

価値観の多様化はまた変化の激しさともなって現れる。「商品・サービス・技術に対するニーズの変化は年々サイクルが短くなり、新しいものが次々と」^{(17)青山他}求められる。

こうして消費者は、もはや「単純な従来の消費行為では消費者の知的欲求は満たされなくなる」^{(1)西岡}と見られている。

つまり、「消費」という概念の変化によって、「消費の構図が従来の枠組みからずれてくると予想され、自分にあったものを自分で作る。作ることがすなわち消費行動になる可能性」^{(1)西岡}がある。

また、高齢化が消費者ニーズに影響を与えるとする見方も指摘されている。「人口減少は購買市場の縮小を、また、高齢者の増加は市場ニーズの変化を引き起こす可能性があるので、市場ニーズの変化は新たなビジネス分野の創出などにつながる。(H社)」

図表 2-2 消費概念の変化の様相

	従来の消費ニーズ	これからの消費ニーズ
消費形態と性格	そこにあるものから選ぶだけの受動的な消費 汎用的、標準的	自分に合ったものを求める能動的な消費 個性的、特殊・個別的
消費価値の内容	持っていることで得られる価値	使う・作ることで得られる価値
消費目的	世間並み、横並び	潤い、味わい、暖かさ、美しさ
消費年齢層	若年層が主導	中高年齢層が浮上

出所:ものづくり大野村学長インタビュー他にに基づき政策科学研究所作成

・日本の労働力人口減（少子高齢化）

日本の労働力人口がまもなく減少に転じること、少子高齢化が進行していることは厚生労働省人口問題研究所の予測などにより、よく知られている。その意味では議論の余地のない与件である。この与件の影響については、WGの各委員からいろいろな見方が寄せられた。

「30年前の60歳代の体力と現在のそれとは比較にならない。30年前の60歳

代を前提にした、生産年齢人口の減少を議論するのは問題がある。(O社)」

「少子化の進展により更に高学歴化が進むが、業種・作業環境により人材確保の困難さは異なる。高齢化の進展や団塊世代の定年年齢接近により、定年そのものの延長と定年後の再雇用という、制度の変更検討が必要。それに伴う賃金体系の再整備が必要。(Y社)」などの指摘があった。

・労働意識の変化

労働意識の変化についても、もはやその変化は明らかとする論調が多いことから、与件としている。

労働意識が変化した背景には高度経済成長の結果、飽食、物溢れの時代になったことがあげられている。こうした時代には、「大した努力をしなくても生きていけるし、日々の目標やハングリー精神も生まれにくい。また、敗戦後の平等で均等な配分社会は、若者に努力し甲斐の少ない環境を作っていた。若者は、自分の将来への夢を小さくせざるを得なかったのではないか」^{(5)野村} という。

現在の若者の多くが、ものづくりから離れていく原因として次の四つが挙げられている。

一番目は、「ものづくりの基本となる動機、『ものに触れて感動する機会がない』ことだ。二番目は、旧来の大量生産体制の下では自己実現できにくいという問題だ。ネジ一本が何の為に使われるのか分からない、全体も見えない。したがって問題意識も達成感も生まれにくい。達成感がないと自己実現もできず、喜びも生まれにくい。三番目は、旧来型の一般技能の必要性が減少し、社会的な評価が変わってきたという問題だ。かつては職人といわれる特定の技能者に頼まなければ出来なかったことが、機械やロボットでも出来るようになると、労働に対する需要は減るから、給料も減る。社会的評価も減る。この点を若者は見ている。四番目は、自己実現の明確な目標の欠如だ。労働に汗する体験がないので喜びも体感したことがない」^{(5)野村} ということになる。

このように若者の意識の変化は大きな問題であるが、そのほかにも女性、高齢者、外国人の就業者が増加していくという流れがあり、従来型の対応では難しくなると指摘されている。

・環境保全要求の高まり

環境保全要求は高まるばかりである。京都議定書も発効された。与件と位置づけるべき問題である。

「ものというのは、昔は作れば全て善だったが、今はものによっては地球環境を害したり、有用なものを破壊したり、生物や人類を死に追いやるものも出てきた。ものを作るときには、そのものの使われ方までも判断して、『ものづくりに携わる人々が、自ら倫理的な責任をもつべき時代』に変わっている。」^{(5)野村}

環境問題とは、「石炭・石油という化石燃料や水力から、エネルギーを取り出し、それを企業が使う、出てきた廃棄物に対して、廃棄物処理法等の規制がかかる、出てきた廃棄物によって、大気や水、地球温暖化、CO₂、SO_x、酸性雨などに影響が及ぶ」^{(2) 編集} ことである。環境基本計画の環境保全施策の体系をみると、大気環境の保全、水環境・土壌環境・地盤環境の対策、廃棄物・リサイクル対策などの物質環境に係わる施策、化学物質対策、自然環境の保全などが挙げられている。

海外における規制の動きをみると、欧州では、WEEE(電気・電子機器廃棄物指令)、RoHS(特定有害物質使用制限指令)の二つが注目される。いずれも電気・電子機器が対象であるがWGでも「他分野製品に拡大される可能性(H社)」が指摘されている。「欧州における環境規制強化の流れは無視できず(Z社)」、「積極的に取組む必要があり、大きなインパクト(I社)」となっているという認識が示されている。電子機器以外では、ELV(廃自動車令)、REACH 規制(新化学品規制、化学物質の評価とデータベースへの登録義務づけ)、PRTR 法(日本では 1999(平成11)年、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」により制度化されたもの)等の規制名が挙げられている。

このほか、大気汚染防止法の改正(Z社)や放射性物質、高密度磁力障害等(S社)が注目されている。

・デジタル化・ネットワーク化

この動きについては、第三章 ものづくり技術の将来見通しの中で具体的にみていくこととするが、技術進歩の一環として生じている事象であり、この動きが後退するとは現状では考えにくい。与件として取り扱うのが適当と考えられる。

※参考 本章と次章以降の関係、及び引用方法について

本報告書は、ものづくり環境としての前提と与件の下で、ものづくり技術が将来どうなるか、求められる人材・能力はどのようなものか等を主に有識者に聴取する等の手法によってまとめたものである。次章以下の説明は、こうして収集した内容を前提・与件ごとに整理したもので、ものづくり技術の将来像に関するものは第三章に、人材・能力像に関するものは第四章に収録している。なお、第五章は前述のとおり、これからの製造業や競争力といった幅広のテーマを取り扱っている。これらの関係を図示したものが次の図表である。第二章は前提と与件に係わる章、第三章以下は行と列の交点に関わる章であることを示している。

なお、有識者ヒアリングや文献からの引用については、原則として「 」とカギ括弧で引用し、末尾に小さく () OO と括弧付き数字と氏名(敬称省略)を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

図表2-3 前提・与件及びものづくりの諸相と各章との関係

前提と与件↓		ものづくりの諸相→	ものづくり技術	プロセスバージョン	自動化・無人化	IT・情報化	技能・技術	人材像	人材活性化	製造業	競争力
			これからのものづくり技術・技能とその方向	製造プロセスのバージョンとその方向	自動化・無人化の進むべき方向	IT活用のあるべき姿、進むべき方向	これから求められる技能・技術	これから求められる人材像	雇用の多様化への対応	これからの製造業の進むべき方向	これからの製造業の競争力
前提	5-10年先	第二章ものづくり環境の変化	第三章 ものづくり技術の将来見通し				第四章 求められる人材・能力			第五章 我が国機械産 業への示唆	
	東アジア近隣諸国の追いつき										
	グローバル展開										
	スピード重視										
与件	顧客ニーズ多様化										
	日本の労働力人口減 (少子高齢化)										
	労働意識の変化(若者の製造業離れ、外国人等)										
	環境保全要求の高まり										
	デジタル化・ネットワーク化										

出所 政策科学研究所作成

本報告書では、有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「 」で引用し、末尾に小さく () 〇〇と括弧付き数字と氏名(敬称省略)を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

第三章 ものづくり技術の将来見通し⁶

本章では、ものづくり技術の将来見通しについて大学や企業等の有識者による見方を紹介⁷する。第二章で述べたとおり、将来を考える際のものづくり環境として検討された前提と与件の下で、これからのものづくり技術がどうなるのかについて有識者の考えやその見方をまとめてみた。前提は四つ、与件は五つあるが、前提・与件ごとに見方が重なるものがみられた。このような場合、重なるものについては同じジャンルとみて括ることにした。

第1節 ものづくり技術・技能の方向感

本節で考慮される前提・与件は四つある。第一は、グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつき、第二は、スピードとニーズの多様化、第三は、少子高齢化と労働意識の変化、第四が環境保全要求の高まりである。

①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきへの対応とものづくり技術・技能の方向感

本節は、グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきという二つの国際的視点に基づく前提をおいた時に、ものづくり技術の将来見通しはどのように描けるかという設定で括られている。その中で多くの論者が同様の主張をしている点が二つある。一つはものづくり技術・技能における人の役割の大切さを強調する意見である。二つ目は演繹的思考へのシフトが必要だと強調する考え方である。時代が進むにつれ機械化が進んできた歴史に鑑みればこれからは人だという論調は注目に値する。また、現場重視とよく言われるように帰納的な思考法が根強いようにみえる日本において、敢えて演繹的思考が強調されるのも興味を引く。このほか国内生産に拘りを見せる考え方や、日本が得意とする摺り合わせにモジュール方式の良いところを採り入れられる仕組みを目指そうとする意見もみられる。

・ものづくりとは何か

国際的な側面からものづくりを考えるというテーマに入る前に、そもそも、ものづくりとは何かについて再確認しておく必要があるというのがここでの指摘である。

ものづくりは人類だけの特権だという。よく考えれば当たり前であるが、本節での議論にははずせない視点だとされる。「『ものをつくる』ということは、人類

⁶ 以下、本章においては有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「 」で引用し、末尾に小さく () OOと括弧付き数字と氏名(敬称省略)を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

⁷ 同上

の基本的な行為で、我々の産業や社会の基盤をなすもの」^{(5)野村}である。また、「ものづくりは人間に与えられた他の動物に対して差別化できる唯一の創造的活動」^{(7)松村}である。であれば「人間は人間にしか出来ないことをやるべき」^{(8)木村}だということになる。

・ものづくり技術・技能における人の役割の大切さ

技能レスの生産システムにしてもそのための「生産設備を造るためのノウハウは人間が身につけていなければならない。生産設備はなかなか応用が利かない。しかし、人間は機械に比べて柔軟性が高い。」^{(11)萩原他}

また、どんな現場であっても絶えず「現場の再点検が重要」^{(6)渡辺}である。再点検を行う際には「材料を変えたらどうなるか、種類を半分に出来ないか、もっと単純に出来ないか、切粉を出さないように出来ないか、というような問題意識の立て方が重要」^{(6)渡辺}になってくる。これは人間の役割である。結局、「ものづくりは人づくりであり、人を大切にする」^{(6)渡辺}ことが重要である。

ほぼ同趣旨のものとして、人を進化の原動力として重視している次の見方がある。「ものづくりの現場から人を排除することは、ものづくりの進化を妨げる」^{(7)松村}ことになる。「無人化、自動化は、そのプロセスにおいて人が考えることのできる工夫のチャンスを失うことになることを十分に考え、慎重に対応すべき」^{(7)松村}である。「アジア近隣諸国も最近是最先端の自動機を導入し始めているが、彼らには、なぜそのような仕組みに至ったかのプロセスは理解されていない。問題意識を持つことが出来る人がいてこそ進化する」^{(7)松村}のである。

では機械化と人間の役割分担についてはどう考えるべきなのか。「誰にでも出来ることは、機械にやらせて自動化すべきだ。人間は人間にしか出来ないことをやるべきだ。グローバル化の嵐の中で、機械にできることを人がやっているようなやり方には将来はない」^{(8)木村}という。

本節の各議論はいずれも、人はあくまで動物とは異なる存在として捉え、人間らしい仕事を目指すべきだという点で共通しているといえよう。

・演繹的思考への挑戦を

演繹的思考とは具体的には次のようなことを指している。最適な仕事というものを予め理論的に考えておく、あるいは、ものづくりに共通する要素を抽出して標準化しておく、それに基づいて設計したり、作業したりするというイメージである。3Sといわれる標準化(Standardization)、単純化(Simplification)、専門化(Specialization)も演繹の仕事といえる。また、共通する要素の抽出という意味では、暗黙知の徹底的な形式知化とも言うものであろう。東大の藤本教授によれば⁸、アーキテクチャの基本タイプには摺り合わせ型(インテグラル)と

⁸ 藤本隆宏「日本のもの造り哲学」日本経済新聞社より

組合せ型(モジュラー)の区別があるという。摺り合わせ型は現場から考えるという意味で帰納的思考に近く、組合せ型は標準化して組み合わせが出来るよう予め考えておくという意味で演繹的思考により近いといえよう。

「日本の現状はすり合わせ過剰であり、もっと儲かるモジュラービジネスを創造する必要がある」^{(12)藤本} という指摘は、あらゆる企業は、製品やプロセスへのモジュラー化に挑戦すべき、つまり演繹的に物事を考えよということに繋がる。また、同様に、「我が国の強みは、日本人の精神構造に立脚した帰納的な仕事にある。変化への対応には帰納的な仕事が不可欠である。しかし、演繹的な仕事の仕方のインフラがあって始めて帰納的な仕事が生きてくる」^{(14)四川} という指摘も最適な仕事を設計・標準化するという演繹の仕事の大切さが説かれている。

さらに、次の指摘も本質的には同様の指摘かと考えられる。「ものづくりは、摺り合わせが必要な箇所などでは工学的に解明できず、現場でものづくり第一で考えていかなければならないところが出てくる。そういう中で、『ここは自動化が出来ない最後のところだ・・・』などのような神話や迷信が結構ある。つまり、As is(現状⁹)となっているが、To be(あるべき姿¹⁰)へと変わらなければいけない」^{(8)木村} ところだという。「従来と同じ目的を達成するために To be(あるべき姿)を考えていくことが大事。現状のやり方は、そのやり方が考えられたときの技術や経済環境などに制約されていた。現在では、そのような技術や経済環境などは全く変わっているかもしれない。現実の忙しさにかまけて往々にしてこのような状況を見過ごしがちだ。原理原則に立ち返ることが大事」^{(8)木村} である。「10年、20年と伝統を作ってきた人が出来なかったようなことが、To be(あるべき姿)を考えていくことによって理論化出来ればわずか1、2日でできてしまう」^{(8)木村} ということがあり得る。しかし、「どうやっても出来ないことはある。その本当に出来ないことを抽出して、それがなぜ自動化できないかを解明していく事が大事。名人が断言することを鵜呑みにしない」^{(8)木村} ことであるという。あるべき姿を考えて行くということはとりもなおさず演繹的思考といえるのではないか。

次の例もこのような演繹的発想が有効であることを示している。これは、従来から日本企業に強みがあるとされていた摺り合わせ型分野において、欧州企業がその分野にモジュラー型の発想を採り入れることによって、日本企業を急激に追い上げてきたという事例である。

日本企業が得意としてきた半導体露光装置は、究極の摺り合わせ型装置といわれていたが、このような分野で欧州企業が急速に台頭した事例を詳しく分析してみたところ、事後モジュラー性と呼びうるような概念を導入した手法を採用して

⁹ As is : 過去から受け継いだやり方を前提として、徹底してその真髄を追求すること (東大木村教授)

¹⁰ To be: 過去を忘れて、原理原則に従って素直にやり方を考えること (東大木村教授)

いることが判明している。事後モジュラー性とは、次のような利便性のことだという。「複雑な現象に直面しても、錯綜する要因間にある種の基本構図を見出せれば、たとえ漠としたものであっても、暗中模索状況から抜け出す手がかりが得られる。そのような基本構図が一目瞭然化されていればいるほど、より大勢の人々に同じ視角から本質が見え始めるため、より多くの人々の知恵の結集を可能」^{(25)中馬}とする。扱う対象が複雑になればなるほど社内外の専門家を総動員する必要が生じる。そのときコミュニケーション効率を上げるには不完全ながらも一目瞭然化=オープン化を明確に意識したモジュラー設計思想が不可欠になるということである。このような考え方も演繹的思考に分類されると考えられる。

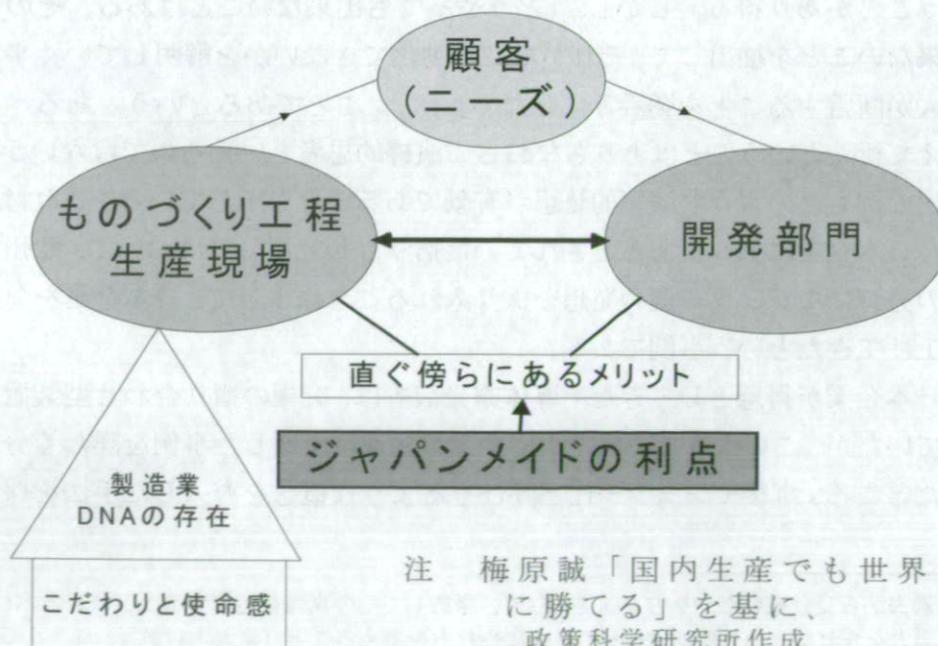
演繹的という表現とは異なるが、次の見方も根底にある考え方は同様であろう。現状は、「上辺だけの知識と技能が横行している。基礎理論を学ぼうとする姿勢を作り出す職場が必要」^{(7)松村}であるとして理論尊重志向が重要だという指摘がそれである。

・ ジャパンメイドに拘ってこそ技術が進化

労働賃金の大きな格差を前にして多くの製造拠点の中国への移転が行われたが、このところ製造業の国内回帰の動きも出てきている。そのような中であって、日本国内でものづくりをする意義はどこに見いだせるのであろうか。

次の考え方は一つの回答である。「ものづくりの工程や生産現場が開発セクションの直ぐ傍らにあるというのは、メーカーにとってかけがえのないメリットだ。ジャパンメイドにこだわる理由はそこにある。」^{(13)梅原}

図表3-1 ジャパンメイドに拘る理由



さらにこれからの国際化時代に日本企業が目指すべきは、「中国にマネできない技術を磨く」^{(7)松村} ことであり、そのためには「日本人特有の手先の器用さ、刺身などの食材に対する舌の繊細な感覚、これらが高精度、高機能を追求する差別化戦略の基」^{(7)松村} にすることが必要であるという。

・ 摺り合わせとモジュールの長所を強化し、欠点を補完し合える仕組みを

「一般に、複雑で多様な内容を持つ業務を、効率的に管理運用していくアプローチとして、反復性や共通性の多い業務の各部分を処理する組---機能モジュールを構成し、その組み合わせによって業務全体を遂行するという考え方」^{(17)青山他} が有効だとされる。この発想も演繹的発想であり、事後モジュール性とも相通じるものがあるように見える。一方、「すり合わせは、モジュール各所の局所最適に留まらず系全体に対する最適性(妥当性、合理性)を求めて各部分での調整を行うプロセスである。モジュール間の柔軟な連携と調整のプロセスが日本の優位性であり、これをいかにして先端的な情報通信技術導入で強化し、新しい枠組みへと発展させていくかが課題である。次世代生産システムはすり合わせとモジュールのそれぞれの長所を強化し、それぞれの持つ欠点を補完し合える仕組み」^{(17)青山他} が求められる。

②スピード・ニーズの多様化とものづくり技術・技能の方向感

スピードとニーズの多様化に対応するには IT の持つ様々な機能を活かしていくことが肝要である。個人一人ひとりのニーズに的確に伝えていくことが求められ、カスタマイゼーションが進む。ニーズの急激な変化や未知の技術の出現など予期せぬ事態への備えとして、臨機応変な態勢づくりが必要である。

・ IT の役割とその機能

製造業がスピードとニーズの多様化に対応していくには今や IT は不可欠である。IT の役割として指摘されていることをまとめると主に四つある。定型化された知識の再利用、仮想と現実の融合、意思決定支援、コミュニケーション支援など¹¹である。

定型化された知識の再利用とは、「膨大な情報のうち、90 数%かは過去のものを利用することができるが、紙ベースでは大変である。それが過去にあったことが必要な時に出てくるようになれば有意義である。新たな設計ミスというのは多くはなく、大半は過去にもあったのと同じミスの繰り返しである。IT による情報検索の仕組みは設計支援ツールとして不可欠のものになってきた」^{(8)木村} ということである。

仮想と現実の融合とは、「初めは仮想なものが最後は現実のものとなっていな

¹¹ 関連した見方には、第三章 第3節 ①の中の・IT化の目指すべき方向 がある。

ければならず、これが仮想と現実の融合ということだ。設計上では、いまだ存在しない新型エンジンを既存の車台に載せて運動性能を予測したい、などと仮想物と現実を組み合わせることが普通である。これまでは仮想は仮想、現実は現実だったところに問題があった。フロント・ローディング、コンカレント・エンジニアリングが IT を介して、現実化してくる。ヤマカン制御がシステム的にできる、つまり、テストによって機能検証を事前にできる」^{(8)木村} ということである。

図表 3-2 仮想と現実の融合のイメージ



出所：東京大学木村文彦教授講演資料より

意思決定支援とは、「これからのエンジニアはお客さんのために望ましい(目的志向の)解決方法を考えなければいけない。従来 CAD、CAM にエンジニアにおける意思決定を支援するような仕組みが求められる。そのためには、プロセス技術、材料などを総合的に整理・表現していく計算機の支援ツールが求められること」^{(8)木村} だという。

コミュニケーション支援とは、「多くの専門分野に係わる企業内外の人材を総動員しなければならないような場合に、人材間のコミュニケーションに必要なツールとしての IT の整備が事業推進上のインフラとして重要になる」^{(25)中馬} という考え方である。

・個への対応とカスタマイゼーション

個への対応とは、従来が多くが大量生産による大衆消費社会だったとすると、これからは一人ひとりの顔が見えない消費者を対象とするのではなく、顔の見える一人ひとりの消費者に、その人の好みに応じたものを届ける時代になる。同様に、皆と同じものが充足されることが重要な時代から、ほかの人とは違う自分だけのものを選好する時代へ変化するという見方を踏まえた主張でもある。

これからの「生産はサービス化、個人に合わせる個のケア、カスタマイゼーションという方向に変わる。これからはクオリティを上げて個人に提供するという方向性を考えるべき」^{(3)新井} であり、個への対応が必要な以上、「本来の製造業はアップグレード設計を受け入れるべきだ」^{(3)新井} という。

・環境の変動に対応できる態勢づくり

「変動とは、市場が突然変わる、未知の技術が出現するという予測せぬ新しい事態が生じるかどうか問われることである。高度な製造業には、技術蓄積や製造設備などによる慣性があり、急には変わらない。一方、将来を予測することは

ますます困難になってきている。予測の精度を上げることともに、製造の慣性を小さくすることが何よりも重要である。」^{(8)木村}

従来は多品種少量生産への対応方法として、「セル生産方式により主として人間が対応していたが、これからはどう仕事が変わっても day by day で組み替えながら、変動に対応出来る」^{(8)木村} 態勢づくりが求められる。それは IT でシミュレーションを行い、検証出来るような態勢であり、次世代製造業の課題でもある。

③少子高齢化と労働意識の変化とものづくり技術・技能の方向感

少子高齢化や労働意識の変化に対応したもののづくり技術・技能の行方を考えるというテーマは、労働力の多様化の下でどのような職務体系を構築していくかというテーマに還元される。ここでは、そのための様々な工夫とその背後にある考え方が紹介される。

・フル・プルーフ型、フェイル・セーフ型の工場と職務標準化の徹底

労働力の多様化が進むにつれて求められる対応にも工夫が必要となる。そのためには、「無人化に近い省力化とサービス業に見られるような徹底したマニュアル化とオペレーションの画一化を図り、短期間にオペレーターが安定・安全な業務遂行をできるよう、フル・プルーフ型あるいはフェイル・セーフ型の工場」^{(10)岡野} にする必要がある。「技能レス、訓練レスがプロセス設計のひとつのキーになる」^{(11)西岡} とも指摘されている。

・人がいてこそその進化

日本でものつくりをする意味を考えたときに、「日本のモノづくりの原点は働く人の意思と知恵、技術にある」^{(24)後藤} といわれている。しかし、前項のように省力化されてしまうと原点が揺らぐ可能性が生じるのではないかと危惧されるが、実態は「従業員は高度に省力化されたプロセスを動かすことにより能力アップし、プロセス全体を管理出来るオペレーターに育つことも可能になり、モラル維持が図れる」^{(10)岡野} ことになるので懸念は不要であるという。

④環境保全要求の高まりとものづくり技術・技能の方向感

ものを造る過程では製品のライフサイクルまで考えて環境負荷を低減する必要があり、製品一つひとつを管理するべきである。また、人工物の持つ影響は多面的によく吟味する必要がある。

・製品のライフサイクルまで考える

環境保全要求が高まる中、ものを作る過程では極力環境負荷を低減する必要がある。「製品ライフサイクルまで考えた製品設計(源流管理)の必要」^{(14)四川} が出てきた。そうすると「製造したもの一つひとつに名前を付けて管理する必要がある。その製品の履歴、形態、物性、その他必要な情報を『製造物 DNA』と呼

んでいるが、こうしたものを RFID、バーコードなどを使ってネットワーク上のどこからでも取り出せる仕組み」^{(3) 新井} が求められる。

・人工物の影響についての吟味を

製品のライフサイクルまで考える時に、人工物の持つ様々な影響を多面的に考える必要性を指摘しているのが次の意見である。

「人工物そのものは多かれ少なかれ社会に対して悪影響を及ぼす。大切なことは、生産に対してプラスの面とマイナスの面とどちらがどの程度大きいかということではないか。再利用、廃棄物処理なども結果のみに注目すればよいが、これに要するエネルギー、コスト等を考えると、どの程度の効果になるのかについてよく考えるべき」^{(7) 松村} である。

第2節 プロセスイノベーションの見込み

本節で考慮される前提・与件は、グローバル展開の進展と東アジア近隣諸国の追い上げ、スピードとニーズの多様化、少子高齢化と労働意識の変化、環境保全要求の高まりの四つである。グローバル展開の下でのプロセスイノベーションの見込みでは、まず、プロセスイノベーションの本質をよく考えるべきという主張や、技術革新の可能性への配慮の大切さ、情報システムによる全体の流れの管理の重要性が、また、スピードとニーズの多様化では、IT を如何に活用していくか、について論じられている。少子高齢化と労働意識の変化では、非熟練労働者が増えるという環境であっても、人間が機械を使っていくという発想や、知識を獲得していくプロセスこそを重視すべきことが、また、環境保全要求では、環境負荷の小さな設備の重要性やどのような規制がかかってきても対応可能な態勢づくりが求められることが論じられる。

①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきとプロセスイノベーション

製造プロセスのイノベーションの本質は現場レベルでの無駄取りという意味でのトヨタ生産方式にある。トヨタではこれを、設計・生産・調達・固定費の革命と称する。技術進歩は夢や不可能から生まれることを銘記し、従来型生産効率重視から真のイノベーション志向に切り替えていく必要がある。IT による全体の流れの管理が重要になる。

・プロセスイノベーションの本質

製造プロセスのイノベーションは何かと問われれば、「その本質はトヨタ生産方式にある。カンバン方式という見かけの現象のことではなく、現場レベルでの無駄を取り除く作業にある。人が介在する作業をする以上、現場の人のみ知っている改善のための知恵と工夫をどれくらい引き出せるか、現場レベルで原価計

算管理がどこまでできるかということが重要」^{(15) 都留他} である。「現在、主に電機業界で普及しているセル生産方式の本質(もしくは、歴史的な起源)も、トヨタ生産方式にある。」^{(15) 都留他}

トヨタではイノベーションのことを「設計革命、生産革命、調達革命(SCM)、固定費革命と表現する。このうち生産革命とは設備装置の技術を上げていくことであり、生産革命のベースを現場においてみんなで問題を表に出し合いながら現物の技術を上げていくことである」^{(6) 渡辺}としている。

・技術革新の可能性も考慮すべき

これから新しい製造業を創出していくという立場で考えると、従来型の生産効率重視型発想からイノベーション重視へと発想を切り替えていく必要がある。「製造プロセスのイノベーションの可能性はいくらでもある。現場でデータを取ることの強みを忘れてはならない。」^{(3) 新井} イノベーションを目指すものとして、米国にはSMT¹²(Smart Manufacturing Technology と呼ばれる夢のようなプロジェクトがある。しかし、「技術の進歩は『不可能』や『夢』から始まる。決して夢物語を軽視できない。まして『月に人を連れて行く』ことができた国である。日本もこのような姿勢には学ぶべき」^{(7) 松村} もがある。こうした技術のトレンドを無視することは危険だという指摘である。ただし、「皆と同じことをやって賞賛される協調の文化と、人と違うことをやって賞賛されるアメリカのアイデンティティの文化との違いを踏まえて検討すべきである。」^{(7) 松村}

・全体の流れの管理が重要に

生産プロセスを議論する場合には、「情報システムとの関連が重要になる。また、個別の工程(ライン、セル)の問題よりも、全体の流れの管理がますます重要になる。革新的というような表面的な変化は別として、思想的な意味での一つの大きな転換がいずれあると思う。デジタル化、ユビキタス化は全ての分野で進むわけではなく、知識集約型産業分野でのみコストに見合ったレベルで進む」^{(1) 西岡} という。

②スピード・ニーズの多様化とプロセスイノベーション

スピードと多様化するニーズに対応していくには、人の創造力や生産の自動化の他に体系的なものづくりを目指す設計工学の発展が重要である。現在の情報の流れはものの流れに追いついていない面がある。スピード化・効率化を可能にするビジネスプラットフォームの構築が望まれる。

¹² 米国産業技術協会(AMT : The Association for Manufacturing Technology)の「賢い」機械を目指した製造技術革新計画のことで現代版マンハッタン計画とも称されている。

・創造力、生産自動化と体系的なものづくり

途上国の追い上げを受けた「工業先進国がどこで差別化していくかと言えば、付加価値のとれる商品企画を用意し、制御された基礎品質の作り込みと並んで多様化するニーズとスピードに対応出来ることが必要であり、そのためには人の創造力と生産自動化が求められる。製品設計からプロセス設計へと体系的なものづくりなど設計工学の発展が重要」^{(8)木村}になる。

・スピード化、効率化を可能にするビジネスプラットフォームを

部品調達の現場をみると、「看板のやりとりは1日5～6回行われているのに対し、決裁データは1日1回である。ものと看板はうまく流れているが、決裁に関する情報のスピードはものの流れに追いついていない。ものと情報を一致させる努力をすべきだ。」^{(3)新井}これと同様の意見として、「ものの流れと情報の流れの関係は、それぞれ逆に流れる関係にある。ものと情報の流れが同期化させるなど、ものづくりの現場レベルだけでなく、購買、販売でもITが利用されることが重要」^{(15)都留他}である。このようにスピードとニーズの多様化にはITの活用が不可欠である。

また、よくIT革命といわれるが、「生産性がせめて10倍位にならないと革命とはいえない。今より10倍のオーダーでスピード化、効率化を可能にするビジネスプラットフォームが構築される余地がある。そうなってはじめてIT革命と言える。」^{(14)圓川}

③少子高齢化と労働意識の変化とプロセスイノベーション

ベテランの退職、技術革新、アウトソーシングなど環境変化が激しいが、あくまで人間が機械を使うという発想を基本とすべきである。未熟練労働者が増加することから技能レスや訓練レスを可能にする技術開発がプロセス設計の鍵になると予想されるものの、本当の技能とは知識を獲得するプロセスにあることを忘れてはならない。

・人間が機械を使う

少子高齢化や労働意識の変化が進む中で、「ベテラン人材の有する技術・ノウハウの伝承や、技術革新に応じた生産技術の活用・生産ラインの構築を担える人材が必要となる一方で、リストラ、アウトソーシングによるノウハウの低下、ノウハウのデジタル化の限界」^{(18)吉川}がある。こうした環境下でのプロセスイノベーションの方向としては「人ありきの生産技術・生産ラインの構築」^{(18)吉川}や、「まず人間ありき、機械に人が使われるのではなく、あくまで人間が機械を使うという発想」^{(13)梅原}が求められる。

・知識を獲得するプロセスがポイント

未熟練労働者の増加に対応する作業の技能レス化、訓練レス化を可能にする設計技術は「確実に進む。」^{(7)松村} 同様の見方にこのような設計技術は「革新的ではないかもしれないが確実に進み、プロセス設計のひとつのキーになる。」^{(11)西岡}

ただし、「本当の技能とは、すばらしい技能を身につけるためのプロセスを知ることであり、そのプロセスを抜いて技能を身につけても、時代が変わればすぐに使い物にならなくなる。大切なことは知識ではなく、知識を獲得するプロセスにある。」^{(7)松村}

④環境保全要求の高まりとプロセスイノベーション

環境負荷の小さな設備投資が望ましい。セル生産は負荷が小さい。どのような規制がかかろうと対応できるような態勢づくりが求められている。

・環境負荷の小さな設備投資を

キャノン为例に取ると「自動化よりセル生産のような設備投資の負荷の小さい生産ラインを組んでCO₂を削減した。このように、よりCO₂を出さない生産ラインを目指す必要」^{(15)都留他}がある。

・環境規制への態勢づくり

環境マネジメントの体系にISO14000シリーズがある。「環境に対する会社としての管理体系を作り、その体系を維持・改善していくことがISO14000の本来の目的だ。そういう態勢が出来ていれば、どんな規制がかかってきても対応」^{(2)福業}できる。

第3節 自動化・無人化の行方

本節で考慮した前提・与件は、グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつき、スピードとニーズの多様化の二つである。この二つの自動化・無人化との関わりやその方向性について論じられる。

①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきと自動化・無人化の行方

自動化・無人化とは、技術と経済性の両要因の兼ね合いで決まると考えられる。技術革新の歴史を振り返れば、昔から同じことを繰り返し議論してきた。そもそも自動化を進めるべき分野はどんな分野かという考え方の他に、人を排除することはかえって進化を妨げるといふ逆説的な見方も紹介される。スピードとニーズの多様化では、人のほうが早い場合があることや、人と機械が協調した「自働化」について論じられる。

・技術革新の歴史

ものづくりの自動化の進展という議論は、「日本の機械工業の歴史を振り返ると、20-30年以上も前から絶えず繰り返されてきた議論」^{(15)都留他} だといえる。これは「ものづくりの工程が細分化、単純化されると機械化が進み、それが難しいと今度は人が担当せざるを得ないということの繰り返しを示したもので、技術革新の歴史そのもの」^{(15)都留他} に他ならない。自動化の進展を決める要因には、「優れた技術かどうかという技術的要因と、コストという経済的要因の二つがある。技術と経済性という二つの要因の兼ね合いで、その時々々の自動化の様相が変わってくる。」^{(15)都留他}

・自動化を進めるべき分野

自動化を進めるべき分野として挙げられたのは、「そのプロセスが説明できる分野であること」^{(1)西岡} 或いは、「知識が定型化されておりその再利用が可能な分野であること、仕組みが解明された分野であること」^{(8)木村} などである。また自動化により生産性を高めることができるので、「自動化の中心は第三次産業の分野であり、製造業の成果を応用していく必要」^{(3)新井} があるという。

また、「将来、ヒューマノイド型ロボットのような多面的に判断して加工する超ハイテク機械が完成すれば、人間がいなくても自動化から自働化(ニンベン付き)へと進む可能性」^{(5)野村} がある。このほか米国 SMT プロジェクトのように、機械が自分で考えたり、予定外の変更に対応できるようなことも構想されている。

・人の排除は進化の妨げ

様々な自動化・機械化のアイデアが考えられている一方で、「人の排除は人が考えるチャンスを喪失させる」^{(7)松村} ので、「ものづくりの現場から人を排除することはものづくりの進化の妨げとなるばかりか、むしろ、自動化・無人化されているところの再見直しをすべきだ」^{(7)松村} という指摘にも留意が必要であろう。結局、「人間は人間にしかできないことをやるべきだ」^{(8)木村} ということになる。

②スピード・ニーズの多様化と自動化・無人化の行方

自動化・機械化は万全ではなく、市場はいつも動いているので、市場に合わせるためには、「自動化に時間をかけるより人間がやったほうが早い場合がある。」^{(1)西岡} 特にニーズの多様化に対応するには、製品の高度化など他との差別化が求められるが、「差別化出来る知識というものは本当はよくわからないものだ。実際にやっているところにしかわからないから差別化技術になる。」^{(8)木村} こういうわからないところは自動化が出来ないので結局人間がやることになる。また、「例えばトヨタ式の自働化(ニンベン付き)のように、人と機械が協調したジドウ化もある。この場合には、必ずしもコストはジドウ化に合わせて上昇しない。」^{(1)西岡}

第4節 IT¹³・情報化（デジタル化・ネットワーク化）

本節で考慮される前提・与件は、グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつき、スピードとニーズの多様化、環境保全要求の高まりの三つである。グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつきでは、IT化の目指すべき方向、IT化の用途・目的、デジタル化すべき対象が、スピードとニーズの多様化では、全体の流れと個の管理をITで行うことで対応可能となり、変動・複雑性への対応手段にもなるとされる。また、環境保全要求の高まりに対しては、ITで情報を管理すべきであり、ITはものづくりのライフサイクル管理に有効であると説かれている。

①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきとIT化

IT化の目指すべき方向として生産性を一桁高めるための、あるいは、暗黙知から脱却して形式知化を進める手段として、情報機器との双方向協調技術に向かうべきと論じられる。IT化の用途・目的は、ものづくりのQCDをより良くすること、あるいは、機能創出のためにわかるプロセスをデジタル化することである。さらにIT化によって時間に関係なくグローバルな管理が可能になる。デジタル化の対象は、市場規模が大きく、短納期で、相応のコストに見合う分野であるなどという主張が展開される。先進国の状況も紹介される。

・IT化の目指すべき方向

本章のトップ〔第三章 第1節 ①の中の・演繹的思考への挑戦を〕のところでも一部触れたように「ものづくりに標準や3Sといった演繹的な仕事が導入されることによって、フォーディズムがテラー以前と比べて生産性を50倍革新したのに比べると、今の日本のシステムはまだまだである。演繹的な仕組みへの転換を行うことによってITを使えるようにし、ITによって今より10倍のオーダーでスピード化、効率化を可能にするIT革命を起こす必要がある。そのITが具体的に目指すべき方向は、意思決定支援技術、ネットワーク関連技術、情物一致技術¹⁴、並びに技術・技能の可視化(デジタル・マニュファクチャリング)」^{(14) 圓川} など¹⁵である。

また、デジタル・マニュファクチャリングとは、「モノづくりのスピードアップとグローバル化に対応するために、デジタル技術とIT(情報技術)を活用したモノづくりの仕組みである。モノづくりを最小要素にまで分解してモノづくりにおける暗黙知を形式知化し、さらにデジタル値に変換(データベース化)してITを

¹³ 本報告書では、原則としてIT化という用語で情報化、デジタル化、ネットワーク化を内包した言葉として使う。

¹⁴ 情物一致技術とは、AID(Automatic Identification Data Capture)のことで、モノと情報を一致させる技術、モノと情報の同期化技術のこと。

¹⁵ 関連した見方が、第三章 第1節 ②の中の・ITの役割とその機能 にある。

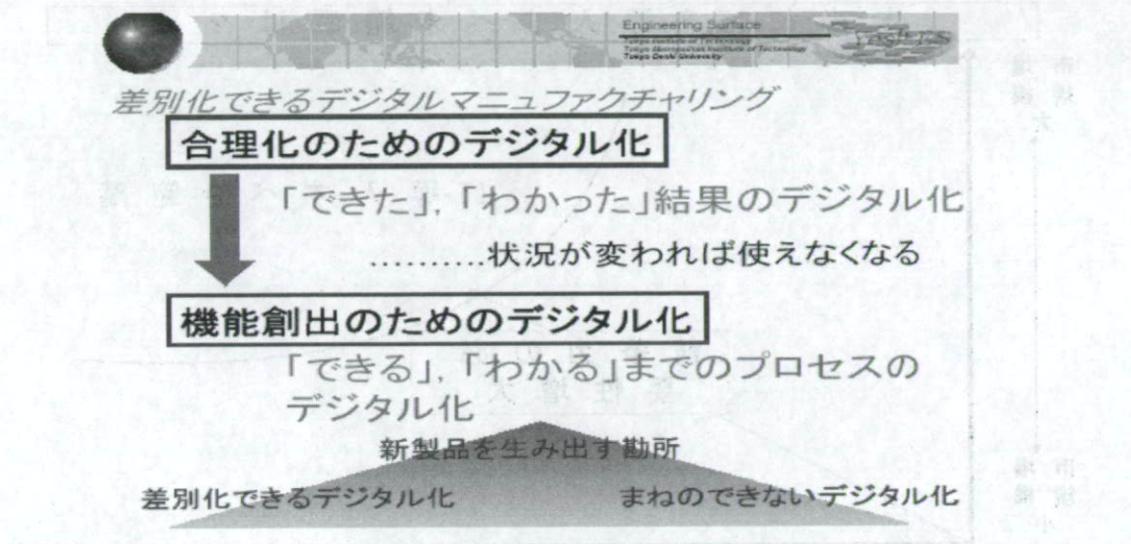
駆使することで、経営資源のロスミニマムを実現するモノづくり」^{(21) 藤美} のことである。デジタル・マニファクチャリングは、ITを活用して、暗黙知からの脱却を図る手段と位置づけられている。

一方、CIMやPLMに代表されるように、これまでのIT利用法とこれから期待されるITとはどのように異なるのかという点については、「CIMは20世紀最後の戦略的IT利用であり、PLMは21世紀の企業戦略である。しかしITの利用に対する本質的な展開はみられず、データマネジメントと通信が主体である。これまでのITは人から情報機器への一方通行であるが、これからのITは情報機器から人への情報の流れがある双方向協調技術として利用されることが期待される」^{(7) 松村} という。

・IT化の用途、目的

製造業におけるIT技術の用途・目的を考える。「IT産業はITを作る産業で市場にIT製品を供給する産業であり、製造業はITユーザーとしてITを使う産業である。ここに両者の差違がみられる。ものづくりのプロセスでは、設計から検査までの過程でコンピュータシステムを導入するが、それは安く・早く・質のいい物を作るためである。質にはいくつかの種類があり、早さの質は生産リードタイムの短縮や製品の短納期化を、柔軟性の質は多種少量・変種変量生産に対する適応を、空間の質は、遠隔操作・遠隔監視・グローバルコミュニケーションを、技能の質はデジタルマイスター(技能のデジタル化)を示す。」^{(7) 松村} デジタル化はよく合理化のためとされることが多い。しかし、「合理化のためのデジタル化(漸く出来たことや、わかったことなど結果をデジタル化すること)は、前提においた状況が変われば使えなくなってしまう。この短所を回避する方法が、機能創出のためのデジタル化(出来るようになる、あるいはわかるようになるまでのプロセスをデジタル化すること)である。このアプローチは雑多の情報から重要情報を瞬時に抽出する技術や、考慮項目とその因果関係、考慮する順序、目の付け所をデジタル化する」^{(7) 松村} ところに特徴がある。

図表 3-3 求められる機能創出のためのデジタル化



注. 東京電気大学松村隆教授「製造業における IT 技術」より転載

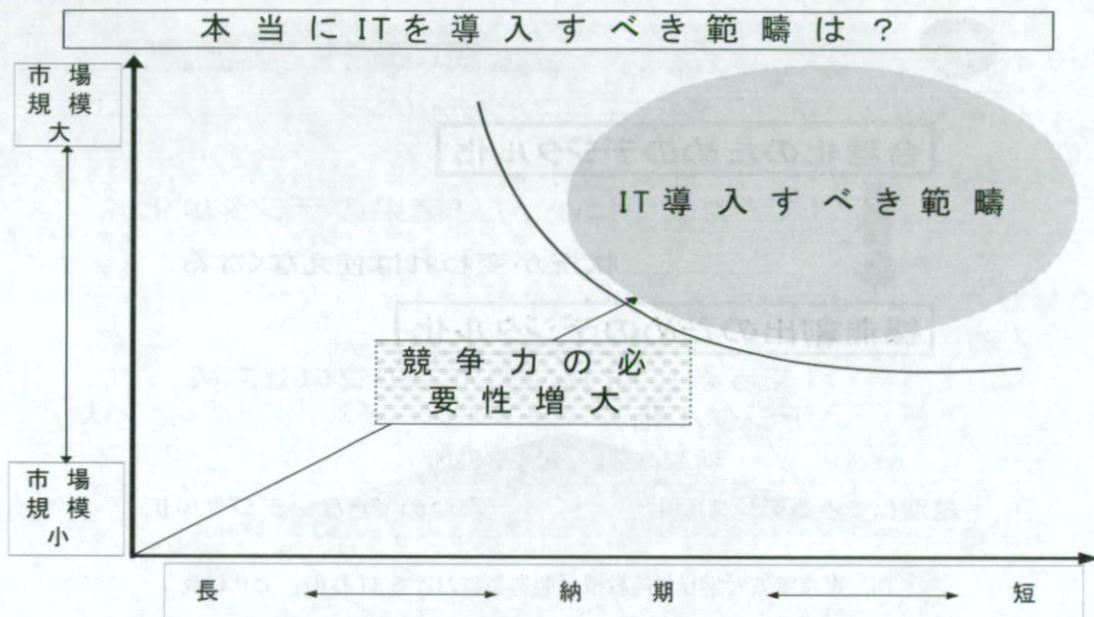
以上の他、IT 化は「世界中の生産拠点で、24 時間、情報を管理するための方法」^{(8)木村} であり、また、「工場の短時間立ち上げや、需給に対応した遠隔地生産制御」^{(21)瀧美} にも有効である。

・デジタル化の対象

デジタル化すべき対象、つまり、IT を導入すべき分野を考えると、「市場が大きく、競争力が要求される分野や短納期が要求される輸送機器、家電などの分野では今後もさらに進む。一方、工芸関係や、独占された市場ではデジタル化、コンカレント化は導入が遅れるし、要求もされない。」^{(7)松村}

また、次のような見方もある。「すべてがデジタル化、ユビキタス化するとは考えられない。知識集約型の産業分野で、且つコストに見合ったレベルでのみデジタル化、コンカレント化が進む。」^{(1)西岡}

図表3-4 ITを導入すべき分野



注．本図は、東京電気大学松村教授からのヒアリングを基に、政策科学研究所作成

・先進国の状況

諸外国ではどのような動きが見られるのか。有識者からは、米国のFiPERプロジェクトとドイツの国家プロジェクトについての紹介があった。

「FiPER(Federated Intelligent Product Environment)は高度情報通信技術による米国製造業強化プロジェクトである。これは、米国連邦標準技術局(NIST)による大規模プロジェクトで1999年から4ヵ年計画、約23億円の予算が投じられ、部門内、企業内、企業間の異なるアプリケーション・プロセスのインタラクティブな協調設計環境構築のためのプラットフォームを世界に先駆けて開発」^{(17)青山他} するというものである。この米国の考え方は、本章のトップ[第三章 第1節 ①の中の・演繹的思考への挑戦を]のところで紹介された欧州企業の例、すなわち関連する沢山の企業間に一目瞭然化の便益を得るために制御ソフトウェアを開発したという例に相通じるものがあるように見える。

また、「独の国家プロジェクトは、3～4年前に50億円規模のものであるが、従来の設計支援方法を見直して、新しい方法を開発しようとするものである。現在は終了して、産業界へ技術移転されている。これからは計算機データの中にデジタルマスター(技術的整合性を保ったモデル)があって、一貫して支援できるシステムを作ろうというもの」^{(8)木村} であるという。

②スピード・ニーズの多様化とIT化

マーケットの変化に機敏に対応し、カスタマイズを実現することで業績を伸ばしている例がある。ニーズの急激な多様化は予期せぬ変化や複雑な問題を引き起こす。

IT の活用でこのような変動や複雑性への対応が可能になる。

・ IT で機敏な対応とカスタマイズ

IT を活用して業績回復に成功したといわれている例がマツダである。同社は「ITを活用したMDI(マツダデジタル革新)を推進することでマーケットの変化に機敏に対応し、小ロットでも利益の出せる開発体制づくりを目指し」^{(9)佐伯} ているという。「新車の開発から設計、実験、生産準備まで共通のデジタルデータで結び、車の機能と生産の設計を同時併行して行う仕組みを構築した。」^{(9)佐伯} また、専用 HP によるウェブ上での受注生産にも取り組んでおり、顧客「一人ひとりのカスタマイズを可能にした。開発から量産に要する期間は従来の約 2/3(12～18 ヶ月)まで短縮」^{(9)佐伯} されている。加えて CAD による開発期間短縮だけでなく、「設計者の創造性を刺激し、アイデアをかき立てる仕掛けという位置づけ」^{(9)佐伯} もみられる。

・ IT は変動・複雑性への対応手段¹⁶

ニーズが急速に多様化してくると、カスタマイゼーションが進み、仕事の内容も変化してくるようになる。そうすると IT を活用した変動対応が重要になってくる。「カスタマイゼーションが進むと生産も day by day で組み替えながら、変動に対応出来るようにシミュレーションを行う必要がある。(仮想+現実)融合テストによって機能検証が事前出来る態勢を整備することができるようになり、従来の山勘的な制御が系統的にできる」^{(8)木村} ようになる。

またニーズの多様化などに伴い複雑性が増してくる。「科学・技術的な革新の波は急速なスピードで押し寄せてきており、運輸・通信システムの急速な発展によるマーケットのグローバル化、豊かさの増大による消費者ニーズの多様化・高級化を映じて、解決すべき課題は複雑さを増すばかりである。このような複雑性への対処手段として多くの人の知恵の結集が必要とされる。そのためには効果的なコミュニケーション手段が必要となる。」^{(25)中馬} このような手段を提供するのが適切に設計されたソフトウェアの役割である。

③環境保全要求の高まりと IT 化

環境問題への対応には脱物質化、物質の代替化、脱炭素化を推進して、環境効率と資源生産性を無限大に高める必要がある。そのためにはものづくりのライフサイクルを把握し、それを IT によって情報を管理することが重要である。IT は環境問題の解決手段である。

・ 環境効率と資源生産性の向上を

環境問題に対応しようと思えば、「環境効率と資源生産性を無限大に高める必

¹⁶ 本項は、第三章 第1節 ②の中の、・環境の変動に対応できる態勢づくり と内容的に一部重なる。

要がある。そのための戦略は、脱物質化、物質の代替化、脱炭素化の三つである。脱物質化(あるいは脱物量化)には、省資源、省エネルギー、長寿命化、修理、リユース、リサイクル、ゼロ・エミッション化、サービス化(モノからサービスへ)、ITの活用、土地使用の減少が、脱物質代替化とは、豊富にある資源への代替、再生可能資源への代替、毒性のより少ない物質への代替等エコデザインが、脱炭素化とは、炭素あたりの発熱量の大きなエネルギーへの代替や、温暖化効果を招かないエネルギーへの代替が求められる。このような技術開発とその社会的普及が必要であり、ITによる環境負荷の低減が必要」^{(23)山本} である。

・ IT でのものづくりのライフサイクル管理を

環境保全要求に 대응していくためにはものづくりのライフサイクル管理が重要になってくる。「ライフサイクルデザイン、ライフサイクル・エンジニアリングとも称される環境適合設計によって、製品改善→設計のやり直し→機能革新→システム革新という具合に環境効率を上げる必要がある。ライフサイクルを通じて有害物質の排出を極力低減させるように管理されている素材である環境影響物質削減資源、低環境負荷資源、低環境負荷プロセス、高リサイクル性、使用時の高生産性、環境浄化性」^{(23)山本} に留意することが求められる。こうしたライフサイクル管理は IT を活用して始めて可能になる。

・ IT は環境制約の解決手段

ものづくりを行うには、「購入部材に何が入っているか、部材が出来るまで CO₂ がどれだけ排出されるかなど、いろいろな情報の下、適切な部材を組み合わせることで設計が行われる。その際に、IT を活用して情報を管理することで始めて環境問題に取り組むことができる。環境が制約条件だとすれば、IT はその解決手段」^{(2)稲葉} である。

第四章 求められる人材・能力¹⁷

本章では、ものづくり環境が変化していく中でこれから求められる人材・能力について、大学や企業等の有識者による見方を紹介¹⁸する。第二章で見たとおり、将来を見通す際の前提と与件の下で、これからどのような人材や能力が求められるのかについて、有識者の考え方を紹介している。前提は四つ、与件は五つあるが、第三章と同様に、結果的にいくつかの前提と与件は同じジャンルとして括られている。

第1節 求められる技術・技能

本節では、グローバル展開の進展と東アジア近隣諸国の追いつき、スピード・ニーズの多様化、少子高齢化と労働意識の変化の三つの側面から求められる技術・技能について有識者の見方を紹介している。グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつきでは、本当の技能とは何か、から始まって将来とも重視される技能や日本に残る分野が、スピードとニーズの多様化では、日本に求められる超少量多品種生産、高付加価値製品の生産やブランドイメージを高める生産に必要な技術・技能が論じられる。少子高齢化と労働意識の変化では、マニュアル化などの上位設計技術や若者に提供されるべき仕事はどうあるべきかについて検討される。

① グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきに求められる技術・技能

本当の技能とは、技能を身につけるプロセスを知ることである。将来とも重視される技能とは、ものづくりにかけるこだわりや使命感が求められる分野であり、日本に残る分野は、研究開発やマザー工場の領域などの技術が挙げられる。

・ 本当の技能とは

本当の技能とは、「すばらしい技能を身につけるためのプロセスを知ることである。仮にそのプロセスを抜いて、技能を身につけても、時代が変わればすぐに使い物にならなくなる。大切なことは知識ではなく、知識を獲得するプロセスにある。」⁽⁷⁾松村

・ 将来とも重視される技能

「かつては職人といわれる特定の技能者に頼まなければ出来なかったことが、機械やロボットでも出来るようになると、従来型一般技能者の需要は当然減る。」

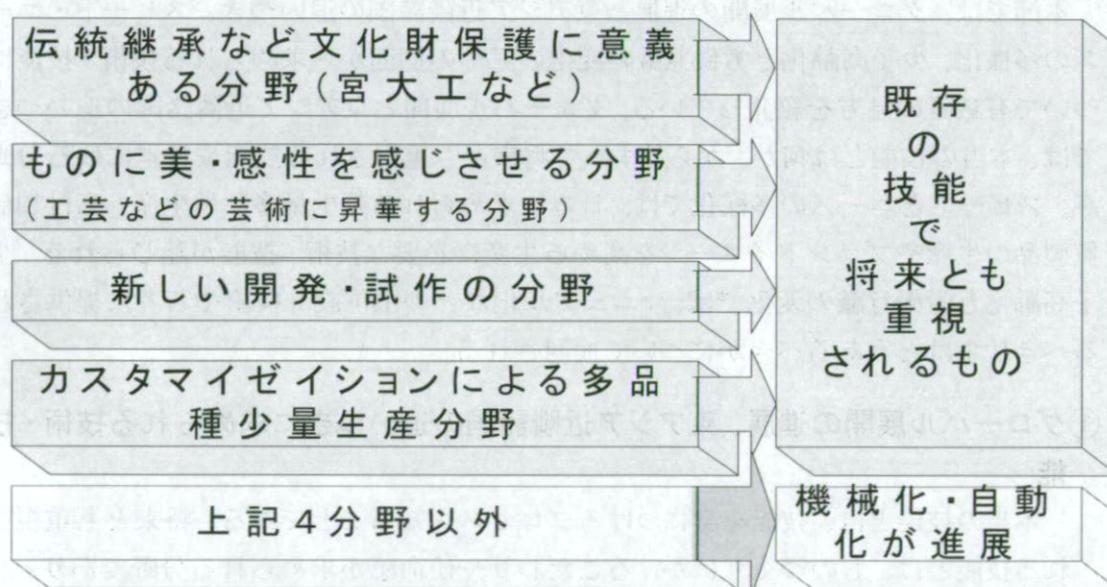
¹⁷ 以下、本章においては有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「 」で引用し、末尾に小さく() OOと括弧付き数字と氏名(敬称省略)を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

¹⁸ 同上

(5)野村 このような傾向がある中で将来とも重視される既存の技能にはどのようなものがあるかという、「伝統継承文化財、工芸のような芸術昇華型の技能、新しい開発試作のための技能、カスタマイゼーションの多品種少量生産に必要な技能の四つであり、これ以外の一般的技能は機械化が進む」(5)野村 とみられている。

こうした見方の背景には、日本の熟練工に対する厚い信頼感があると考えられる。このような信頼感は、「熟練工にはものづくりにかけるこだわり、使命感といった縄文・弥生時代以来、面々と培ってきたものづくり DNA が刷り込まれており、強力な武器になる」(13)梅原 というような認識から伺い得るように思われる。

図表4-1 将来とも重視される技能



注 ものづくり大学野村学長ヒアリングを基に、政策科学研究所作成

・日本に残る分野

「作業の訓練レス化を目指すような仕事は早晩海外に出ていくので、日本に残るのは研究開発とマザー工場の作業だけになる。マザー工場には人がやる必要がある以上、無駄取りが重要」(15)都留他 になる。無駄取りをし続けるような作業プロセスは国内で担当していく必要があるという認識である。また、電気機械、精密機械、一般機械と情報サービスを中心とした実証研究によると「大量生産的な付加価値の低い領域は海外に移転し、開発設計などの付加価値の高い領域が国内に残る」(15)都留他 という結果が得られたという。

②スピード・ニーズの多様化に求められる技術・技能

カスタマイゼーションが進み、一品一品を受注するような超少量多品種生産、あるいは高付加価値製品を生産するようなケースでは、多能工化と匠の技が必要となる。

・超少量多品種生産

次世代の製造業は、「マス・カスタマイゼーションの時代、すなわち一品生産も可能になるような時代になる。超少量多品種生産ということになると高く買っていかれた職人の匠の技が再び注目される」^{(8)木村} 可能性が出てくる。

「カスタマイゼーションの思想は『本来の主人公への回帰』だ。ものづくりの世界は使う側の意向が中心になるように変わってくる。オーダーメイドの時代になると、複雑なオーダーに適切に対応する必要がある。今後は既存の多能工的技能が貴重」^{(5)野村} になる。

多能工をクローズアップしているという意味では次の見方も同様の線上にある。「ものづくりには、次の三つの方向がある。即ち、技術・技能の可視化によるデジタル・マニファクチャリング、徹底したスキルレス化によるユビキタス・マニファクチャリング、多能工育成によるマイスター・マニファクチャリングだ。各企業はこれら三つをどのように組み合わせるかということを考えていかなければいけない。ここでいう、多能工化とは高価なものや一品一品違う物を作るときなどにマイスターが対応するというやり方」^{(14)四川} を指している。

・高付加価値製品とブランドイメージ

匠の技がどうしても必要な領域がある場合でも、「高級品のようにそれが高付加価値製品であれば、価格競争力を損ねずに手作業工程を残すことが出来る。高付加価値を追求するのであれば、ブランドイメージの向上もまた重要な課題になる。匠の技を活かした技術と美の融合というテーマもブランド価値の向上に役立つ」^{(13)梅原} と考えられている。

③少子高齢化と労働意識の変化に求められる技術・技能

雇用の多様化に対応したマニュアル化などの設計技術が大事になる。労働意識の変化が著しいといわれる若者には習熟度が高まるような、教育レベルの向上を意識した仕事を提供していく必要がある。

・上位の設計技術

雇用形態の多様化が進んでいるが、この動きに適切に対応していくには設計技術の向上が必要だという。雇用形態の多様化に応じて「生産現場を明確に階層化すると生産性が落ち、結局企業にマイナスになる。問題は、プロセス設計技術、作業のマニュアル化技術、人材教育のマニュアル化技術等、より上位の設計技術

の進歩が求められる。マクドナルドやディズニーランドの成功のように徹底的に取り組めば、活路は見いだせる。」⁽¹⁾西岡 こうした設計能力が求められる。

・若者に提供すべき仕事

労働意識の変化が著しいといわれる若者にはどう対応したらよいのか。

「若者はクリエイティブな仕事に飢えているにもかかわらず、マスコミの影響で製造業は工場ラインの前で体育会系的な規律をもって黙々と作業をするというイメージが浸透している。能力に応じた報酬や将来性ではなく結果に対する報酬へ、また、技術や知識は与える(プッシュ型)のではなく、盗ませる(プル型)方式への転換」⁽¹⁾西岡 が求められる。これとほぼ似た視点に立つのが次の見方である。「若い人を安い給料でフリーターとして使っていたら 30 年後この国がどうなるか、皆わかっているはずだ。このままでは何も考えない人が増えてしまう。彼らに習熟度という教育レベルを上げるような方向の仕事を用意」⁽³⁾新井 しなければならぬ。

第2節 求められる人材像

本節では、グローバル展開の進展と東アジア近隣諸国の追いつき及びスピードとニーズの多様化、少子高齢化と労働意識の変化と大きく二つの側面から求められる人材像について有識者の見方を紹介している。グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつき及びスピードとニーズの多様化では、スーパープロデューサー的人材、真のプロ根性のある人材、専門職能を有する人材、未知の問題へ挑戦できる人材、専門職能を活かせる人材とそのための仕組みが論じられる。少子高齢化と労働意識の変化では、新しいテクノロジストの他、表現力・問題解決能力・創造力・感性力のある人材のほか、国民性の維持についても検討される。

①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつき、スピード・ニーズの多様化に求められる人材像

総合的な思考力があり、デザインや管理が出来るプロデューサー的人材が求められている。このほか、真のプロであり、専門職能を持つ人材、そういう人材を見守って、活かすことができる人材やそのための仕組みの重要性が説かれる。また新しいテクノロジスト像が論じられている。

・スーパープロデューサー的人材

電気機械産業などに関する実証研究によれば、現在量的に不足が生じている職種は、「開発・設計や SE 的なソリューション・サービスが出来る人材であり、教育できる人材」⁽¹⁵⁾郡留他 であるという。専門職能を有する人材が量的に不足しているという結果が示されている。現状からみるとまずはこうした量的不足を埋めることが重

要である。

では、これから質的に必要とされる人材像とはどのような人材であろうか。おそらく必要とされる人材像の中で最も特徴的と思われるのが次のスーパープロデューサー的人材という指摘である。即ち、「専門に特化した人材よりも、総合的にものとプロセスや企業と市場の関係をデザインでき、なおかつ管理できるスーパープロデューサーが必要である」⁽¹⁾西岡という。

同じような趣旨のものとして次の見方がある。今、日本の製造業に必要なのは『儲かるモジュラー・ビジネス』を創造する能力を持った人や組織だ。摺り合わせべつたりの業界を上手に切り分けて、もっと機動性のあるビジネスモジュールを生み出し、必要に応じてそれらをつなぎ直し、組み替え、儲かるビジネスモデルを創造する、映画で言えばプロデューサー的な機能をもったモジュラー屋である」⁽¹²⁾藤本 という見方である。

総合的思考力を強調した次の意見もある意味で前記二者と共通するものがあると思われる。「今の技術者は、自分の分野と関連した技術は何もかも知っている必要があり、常に顧客の立場から考えて、それを業務に反映させる総合技術者になること」⁽²²⁾キム が求められる。

また、類似の視点に立っているものとして、次の見方¹⁹がある。「エンジニアは普通全ての解決方法の可能性を考えるが、顧客のためを考えると顧客にとって望ましい(目的志向の)解決方法を考えなければいけない。エンジニアの仕事は、自動化できる可能性がある工学的な仕事よりはディシジョンメイキングをすることがメイン」⁽⁸⁾木村 になる。

いずれも単に専門性があるだけでなくもっと幅のあるプロを目指すことの重要性を説いているように見える。

・真のプロ人材

では、その道のプロになるとはどういうことか、具体的に解説しているのが次の指摘である。「基礎から最後まで、完璧にわかるまで食らいついて離れない、自分の分野と関連した技術は何もかも知っている、専門知識をさらに高度化する、専門知識間にまたがる統合的知識を持っている、自社製品についてその商品原理や誕生の背景、原料の地下資源分布、国際市場の価格動向、等の専門知識を有する」⁽²²⁾キム 人材、それをプロと称するのだという。

・専門職能を有する人材とその生産性

以上のようなプロ人材だけでなく、これからはホワイトカラー全体の働き方が

¹⁹ このほかにも、テクノプロデューサーという考え方がある。北陸先端科学技術大学 亀岡秋男副学長 ナノテクビジネスフォーラム 2005 講演より(原典、松尾稔、金原燦「学術の向とパラダイムの転換」学術会議(1997.6) p116)

大きな意味を持つてくる。「本社、支社、工場間接部署で働くホワイトカラーの生産性向上のための施策がきわめて重要となる。業務を改革して、システム化・ネットワーク化し、事業効率を上げるというホワイトカラーの業務の体系化と標準化は、どちらかといえば日本人の不得意とした分野であり、キャッチアップが必要である。事業部門スタッフ、コーポレートスタッフの少数精鋭化—専門性の極めて高いプロスタッフとサービス・スタッフに分離」^{(10)岡野} していくことになる。

・専門職能を活かせる人材と仕組み

いろいろな人材像が挙げられているが、案外見落とされがちな点がある。それは「よい技術、新しい技術を生み出す技術者を見守ることのできる上司(管理者)を育てられる人材やそのような仕組みがあるか」^{(7)松村} だという。「現状で成功しているのはトヨタだけではないか、人材が確保できるか否か、会社のトップの考え次第で出来るはず」^{(7)松村} という指摘である。

・熟練技能と新しいテクノロジスト

それでは技能者についてはどのような人材像が求められるのであろうか。「開発的な試作分野や特殊な一品ものについては、費用的な観点からみても特殊熟練技能者が非常に貢献している。新しい機械や新しいロボットやロケットを作るような時にも、今までの高度熟練技能者といわれる人々の技能は非常に大切である。こうしたことから、これからは基本的技能に科学技術を加味し、マネジメント能力や起業への潜在力、感性と倫理感を有し、現場で問題点を発掘し、解決法を見だし、それを次の展開に繋げて行けるような新しいテクノロジストを育成する必要がある」^{(5)野村} という。

②少子高齢化と労働意識の変化に求められる人材像

現代の若者に求められることとして、未知の問題への挑戦と創造力、表現力と問題解決能力が挙げられる。彼らには感動と達成感の機会を提供すべきであり、ものづくりに適した国民性という本来の強みを活かすべきだと論じられる。

・未知の問題への挑戦と創造力

変化の激しい環境に適応する能力が益々必要になると考えられている中で、実際の企業の現場では、「大学卒新人の修士比率は8割を超えているが、専門分野が狭く深くなっているため、その製品自体が全く別の技術で置き換わったときには、それまでの技術が使えなくなってしまう」^{(11)萩原他} ということが起こる。また、「大学を卒業してきているエンジニアの力が落ちている。むしろエンジニアの方が心配」^{(11)萩原他} という状況にあるという。

このような人材環境を踏まえると、「従来型知識伝達、技能伝承では対応不可

であり、どれだけクリエイティブな仕事ができるか、未知の問題に挑戦できるか」
(1)西岡 が問われている。

・表現力と問題解決能力

前項の未知の問題への挑戦ばかりでなく「きちんとコミュニケーションやプレゼンテーションが出来る人材」(1)西岡 や「問題解決能力を有する人材」(3)新井、「開発設計・SEなどのソリューション・サービス職が勤まる人材」(15)都留他 が求められている。

・感動と達成感の機会を

若者のものづくり離れは、「現代の若者の多くが大なり小なり持っているといわれるユース・アパシー(若者の無気力、無関心、無感動)のひとつである。ものづくりが身近に無く、体験したり、感動する機会が無い。ものづくりの基本はものに触れて感動することだ。分業工程の中では全体が見えず、問題意識も達成感も生まれない。達成感がないと自己実現も出来ないという悪循環が起きている。」
(5)野村 モノに触れて感動する機会や達成感が得られる機会の提供を考えなければいけない状況にある。

・国民性維持の必要性

日本のものづくりを「世界最高の地位に押し上げた原動力は、国民性とも言える謙虚さと好奇心」(20)唐津 である。それがあるからこそ「日本でものづくりをする意味」(24)後藤 が出てくる。

また別の見方によると「永谷敬三『これからだ日本経済』朝日新聞社によれば、日本社会の精神的強みは次の三つに集約される。

- ▶ 曖昧さを許容する能力→変化に対する柔軟性(改善)、未定義でも前進できる。
- ▶ 対外恐怖症→外国の事物に対するあくなき学究心がある。
- ▶ 事後的公平を許す→調和を尊ぶ、集団主義、共存原理(組織の繁栄あつての自分の生活)今はまあまあでも、後で報われる。

このような日本の強みを活かすべきだ」(14)四川 という。

第3節 求められる人材活性化

本節では、グローバル展開の進展と東アジア近隣諸国の追いつき及びスピードとニーズの多様化、少子高齢化と労働意識の変化と大きく二つの側面から、求められる人材活性化について有識者の見方を紹介している。グローバル展開と東アジア近隣諸国の追いつき及びスピードとニーズの多様化では、多様な雇用形態のオプションと徹底したマニュアル化、処遇制度の見直し、また視点は異なるが、関連人材総動員型組

織運営が論じられる。少子高齢化と労働意識の変化では、中高齢者の活用、雇用の流動化と能力評価、あるべき生産現場のほかに、人材確保と教育についても検討される。

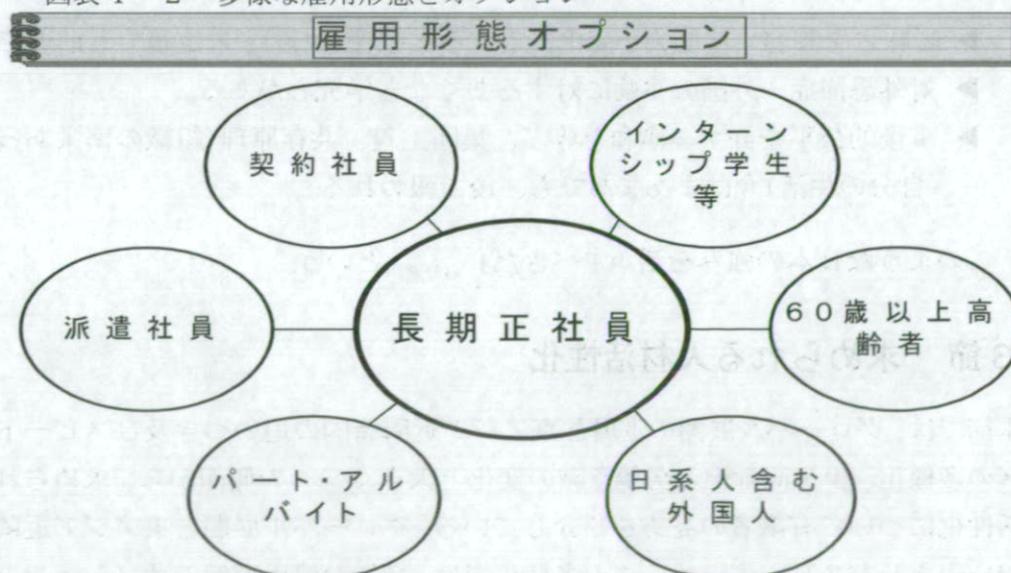
①グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつき、スピードとニーズの多様化に求められる人材活性化

ものづくり環境が大きく変化する中で、多様な雇用形態のオプションをうまく活用するという大胆な発想が求められる。コスト競争力には個々の仕事を標準化、定型化してマニュアル化を進めるとともに、処遇の見直しも重要である。移民問題への対応は不可避だが慎重さを要する。社内外の関連人材を動員する態勢づくりが必要になるという。

・多様な雇用形態のオプション

雇用形態の多様化に適応する努力が求められ、大胆に発想していくべきであるという。「現代のような消費を主体とする経済体制下で商品の個性化とスピードある経営が求められる時代には、柔軟型雇用形態の採用という大胆な発想が必要だ。まず雇用のフレキシブル化を確立しながら、顧客満足と品質・コストミニマムを達成しなければならない。この努力が結果的には全体最適の雇用を維持するシステムをもたらす。長期正社員雇用を基幹とし、多様な雇用形態オプションを保持し、きめ細かく実行する意欲を持たなければならない。すなわち、①契約社員、②派遣社員、③パート・アルバイト、④日系人を含む外国人、⑤六十歳以上高齢者、⑥インターンシップ学生等の雇用ミックスとアウトソーシング(業務委託)、ワークシェアリング、SOHO、本社業務の取り込み等、大胆に発想して実施すべき」⁽¹⁰⁾岡野 である。

図表4-2 多様な雇用形態とオプション



旭有機材工業(株)岡野社長ヒアリングに基づき、
政策科学研究所作成

・徹底したマニュアル化

低廉な人件費を強みとする近隣諸国とのコスト競争にいかにか立ち向かうかは大きな課題である。こうした課題に対する一つの対応策が徹底したマニュアル化にあるとの見方が多い。

「高コスト体質と決別するためには、無人化に近い省力化、サービス業に見られるような徹底したマニュアル化、オペレーションの画一化を図り、短期間にオペレーターが安定・安全な業務遂行をできるように工場を作り直さなければならない。」^{(10)岡野}

「標準化、定型化することによって短期間の訓練でこなせる仕事と、個々の仕事をつなぎ合わせた機能をもった製造工程全体を設計する役割を、切り分けていくことが必要だ」^{(16)佐々木}がある。

ものづくりの方向の一つに、ユビキタス・マニファクチャリングという考え方が提唱されている。それは「製品設計対応とITを駆使して徹底したスキルレス化によるパートの活用を追求するもので、一人一人違う仕様書が要求されるカスタマイズをなるべく顧客の近いところでやる、徹底的にモジュール化しておく、それらを組み合わせて様々な仕様に対応」^{(14)四川}するやり方だという。

いずれも標準化、定型化、マニュアル化による人材活性化策と考えることができる。また、関連して、「ITを用いることで高度な専門的知識が不要となり、一般職による対応が可能になる。したがって雇用の流動化に対しても柔軟に対応できる」^{(7)松村}という指摘がある。

・処遇制度の見直し

雇用が流動化し、柔軟型雇用への移行が進むと処遇制度も変化を余儀なくされる。「とくに給与制度は、成果主義、能力主義、地域給の色彩の強いものとなる。一方、事業構造の変化とIT革命により、在籍社員についても配置転換、ジョブローテーションが起り、処遇体系も変更を迫られる。関係者、特に組合と十分な議論のもとに時代に合った水準と体系をつくらなければならない。また、変化への不安感をなくすよう、将来の職務イメージの提示と教育訓練が必要」^{(10)岡野}である。その一方、「今後は、本社、支社、工場間接部署で働くホワイトカラーの生産性向上のための施策がきわめて重要となってくる。ホワイトカラーの業務の体系化と標準化を進める必要」^{(10)岡野}がある。

処遇制度に関連して移民問題がある。「外国人労働者の活用という観点から移民問題について考えを述べる。この問題は国によって、歴史的背景が異なる。アメリカはもともと移民によりできた国だが、日本は長い期間孤立した世界であった。労働の移動の自由化という問題であり、社会における許容性を考えながらやる必要がある」^{(16)佐々木}との指摘がみられた。

・ 関連人材総動員型組織経営

ナノテクやバイオに代表されるように、近年の科学技術の革新とその波及は急速であり、消費者ニーズも多様化し、その変化もまた早い。従って解決すべき課題は複雑さの一途を辿る。企業としては企業の内外を問わず、「知識・ノウハウを共有化し、ネットワーク化することで、新たな統合的な知識を生み出せる体制づくりが求められる。複雑性に対応できるような社内外に渡る関連人材を動員し、管理する仕組みづくりが必要な時代が来る」^{(25)中馬}と論じられている。

② 少子高齢化と労働意識の変化に求められる人材活性化

中高齢者の問題は、その専門性をいかに活用していくかという点で益々重要になる。人間の能力の可変性は高く、上司の思いこみが高齢者の活用を妨げることのないようにしなければならない。中高齢者の能力を活かすには企業の壁を超えることも必要である。そのため、企業を超える能力評価の仕組みが求められる。一方、若年層にはポテンシャルがあり、習熟度を高める工夫が必要である。また、教育にも平均値の引き上げと独創性を高めるような変化や仕掛けが期待される。

・ 中高齢者の活用

2007年からは団塊の世代の大量退職が始まる。2004年には定年年齢を引き上げるよう法律が改正された。中高齢者の活用にどのように取り組むのか、企業にとっても大きな課題である。

「中高齢労働者の活用としては、その人が持っているスキルを専門職として引続き活用するための雇用契約が考えられる。例えば、現場の仕事以外でも知的財産権の専門家として専門性を発揮してもらうこともありうる。ただし、それをいつまでもという訳にはいかないのだから、後進への専門技術・知識を継承してもらうことが必要だ。」^{(16)佐々木}

一方、「高齢化した在籍社員の職務ミスマッチに悩む企業は多く、そのために検討できないという声もある。これは、人間の能力の可変性を過小評価する管理者側に問題がある。産業ジェロントロジー(産業老人学)の研究によれば、加齢によって衰える能力はほとんどない。職種転換できないと思い込んだ上司の判断がその壁をつくっているといわざるを得ない。」^{(10)岡野} 高齢者をうまく活用すれば「省力化と共に、ベテラン社員の多能化された能力によるいわゆるセル方式の製造が可能となり、発展途上国がマネの出来ないものづくりが可能」^{(10)岡野}となる。

・ 雇用の流動化と能力評価

高齢者の能力を活かすには企業の壁を超えて活用する方向も検討されるべきであろう。そのための能力評価の仕組みが提案されている。「多能工には『同じ生産ラインの多くの作業を標準時間内にこなすことが出来る人』(多能工1)と『同じ職場で多くの作業を経験しているため、その職場で起こる問題を瞬時に発見し

て対策を実施できる人』(多能工 2)があり、業界統一の能力評価制度を確立すべきだ。会社を超えて通用する『多能工証明票』のようなパスポートとして持ち運べるもの」^{(12)藤本}があれば、高齢者には有用であろう。

・若年層とあるべき生産現場

若年層にとって、そもそもあるべき生産現場の姿とはどのようなものか。有識者の考え方を見ていくと次のような現場になりそうである。

「若者はクリエイティブな仕事に飢えている。」^{(1)西岡} 「単純作業を人間にやらせるのは回避すべきで、OJTで習熟度を上げられるような仕事にすべき」^{(3)新井} である。「技能者の長期の修練に耐えていく能力を見ていると高度な技能を磨き続ければ、スキルの部分は何とかなる。むしろエンジニアのほうが心配」^{(11)萩原他} な状況にある。「若者に機会と動機を」^{(4)森谷} 与えることが大切だという。

・人材確保と教育

「ものづくりは人づくり、仕組みづくりだ」^{(6)渡辺} という。本項ではものづくりに関わる人材や教育についての見方を紹介する。

大学では「工学系における人材確保が難しい。20年前と比べ、明らかに学生の人材劣化が見られる。同じ事が製造現場でもあるとすればゆゆしいことである」^{(8)木村} と相当の危機感がみられる。

一方、産業界の立場からみると、終戦後半世紀、あるいは開国・維新後一世紀を超える長期にわたり、産業競争力の育成は企業内教育に依存してきたといわれている。しかし最近では「重要なキーとなる技術、技能を世代間でどう傳承していくかということが問題だ。外国人労働者にこういう仕事をしてもらうのは難しい」^{(16)佐々木} という指摘にみられるようにその様相も変化してきている。

また、人材確保という点では、別の視点もみられる。例えば「トヨタやデンソーでは現場の優秀な人を集めるのに苦労していない。現場で働くという遺伝子は健在である。現場を大切に作る風土も残っている。韓国では技能五輪でメダルを取ると直ぐにネクタイを締めてしまう。作業服を嫌がる。この風土はそう簡単には変わらない。手に職を付けるという考え方は日本特有である。需要があれば供給されると考えてもいいのではないか」^{(4)森谷} という見方である。

第五章 我が国機械産業への示唆²⁰

本WGは、ものづくり環境が変化する中で、ものづくり技術の将来見通しや求められる人材・能力について、有識者の考え方を尋ねる²¹という趣旨で調査を実施してきた。その結果は、第三章と第四章にまとめられている。ところが、実際には多くの有識者から、本報告書が予定していた範囲を超える幅広いテーマについての興味深い知見を伺うことができた。具体的には、我が国機械工業全般にわたるこれからの進路や対応方法に関するものなどであり、様々な角度からの提言やものの見方など多岐にわたっている。そこで、改めて一章を儲け、これらの知見を前提と与件というものづくり環境の下で、整理することにした。従って、本章は第四章までの議論を総括した上で示唆を抽出したのではなく、独立した章である。前章までと重複する内容が含まれるものの基本的には前章以前には入りきらない「その他の知見」を主体として設けた章である。

第1節 グローバル展開の進展、東アジア近隣諸国の追いつきへの対応

本節では、グローバル展開の進展と東アジア近隣諸国の追いつきに対応するにはどうしたらいいかについて論じている。まず、日本でものづくりをする意味を考えている。次いで日本のものづくりが目指すべき方向を検討する。問題は、折角のものづくりの強みが収益力に反映されていない、これからいかにして収益力を身につけるかである。また、産業界からみた教育面の課題についても論じられる。

①日本でものづくりをする意味を考える

日本にはものづくりの原点とも言うべきインフラが備わっている。機械や設備はどここの国でも同じだが、人の手は異なる。ものづくり魂という伝統や品質に厳しい消費者の存在もある。それらが強みとなっている。

・日本のものづくりの原点

なぜ日本でものづくりをするのか。この答えは「製造業にとって設備や機械はどここの国に行っても変わらない。違うのは人の手だ。日本のモノづくりの原点は働く人の意思と知恵、技術」^{(24)後藤}にあるという見方に集約される。

これを歴史的にみると、「ものづくりの源である『ものづくり魂』は、長い間、匠と呼ばれた多くの職人により支えられてきた。ものづくり職人の目標は『何よりも、良いものをつくる』という高い倫理性にあった。このため、八方手を尽く

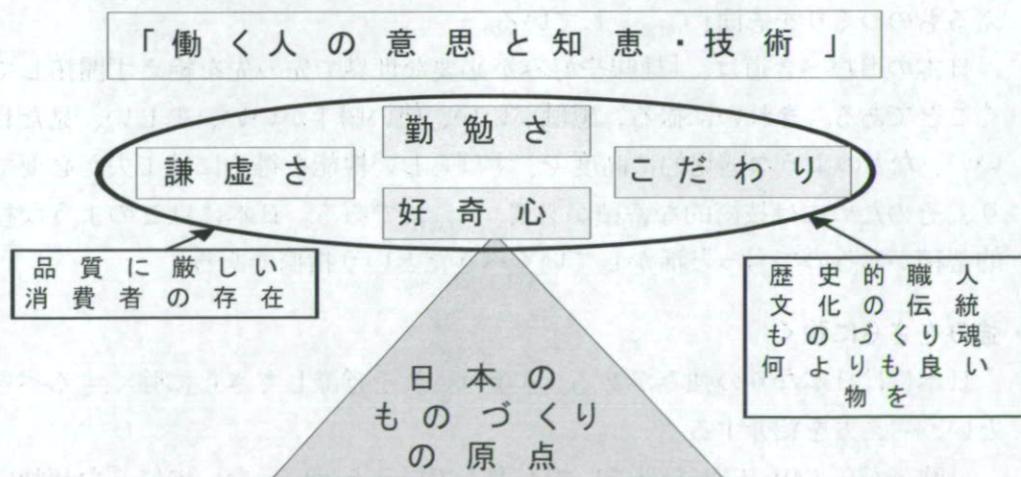
²⁰ 以下、本章においては有識者のヒアリングや文献からの引用については、原則として「 」で引用し、末尾に小さく () ○○と括弧付き数字と氏名(敬称省略)を付している。引用の詳細については参考資料編の最初の頁(p66)を参照願いたい。

²¹ 同上

して納得のいく最高の材料を探し、その素材を最大限に活かしながら、骨身借し
 まず精魂込めてつくりあげる。儲けの多寡は結果であり、最初の目標ではなかつ
 た」^{(5)野村} という。ところが、「近年は経済優先の風潮が、職人に昔の誇りを失わ
 せる結果を生み、日本におけるものづくりにとって非常に重大な問題になってい
 る。何よりも、骨身を惜しまず、良いものをつくるという『ものづくり魂』の復
 活が、今こそ重要かつ不可欠な原点である。」^{(5)野村} さらに、「職人の伝統的技能
 と魂を残すには、賞を与えるよりも、先ず、生き甲斐のある誇りある仕事を準備
 することが先決だ」^{(5)野村} という。

次もほぼ同様の見方である。「日本のものづくりを世界最高の地位に押し上げ
 た原動力は、国民性とも言える謙虚さと好奇心、歴史的な職人文化の伝統、勤勉
 さ、高い学歴などに加えて、品質に関してもっとも厳しい評価をする日本の消費
 者の存在である。謙虚さとはやたらに自分を主張しないことであり、必要に応じ
 て自己のこだわりを捨て、観念や常識を変更できることをいい、好奇心とは物事
 を何でも疑ってかかり、なぜだろう、どうしてだろうと思う気持ちが自然にわい
 て行動に駆り立てるものである。だからものづくりの改善を徹底的に出来る」⁽²⁰⁾
 唐津 ののである。

図表5-1 日本のもの造りの原点とは



出所：ものづくり大野村学長ヒアリング、後藤康浩著「強い工場」日本経済新聞社、唐津一著「中
 国は日本を追い抜けない」PHP研究所を基に、政策科学研究所作成

・日本式ものづくりはまだ強い

ものづくりにおける我が国の強みは、「日本人の精神構造に立脚した帰納的な
 仕事の仕方にある。変化への対応には帰納的な仕事は不可欠ではあるが、演繹的
 な仕事の仕方のインフラがあってはじめて帰納的な仕事が生きてくる。ものづく
 りのパラダイムシフトが必要」^{(14)圓川} である。このように最適な仕事の設計や標

準化といった演繹的な仕事プラスされればという条件はつくものの、日本式ものづくりはまだ強いという。

②日本のモノづくりが目指すべき方向

世界中が競争する以上、他との差別化が必要であり、日本というブランドを確立する必要がある。元々日本は現場が強い。様々な工夫をしてこのような強みをさらに強くすべきである。

・ブランドの確立

「グローバル化とは、同じ土俵で差別化することが求められるということであり、コアコンピタンスが大事である。逆に言えば、本当の差別化技術があれば、人件費やインフラコストの差があっても戦える、ということ」^{(8)木村} である。

日本の製造業が生き残るには、他地域が作れないものを作る以外に解はない。日本製品が売れ続けるための条件は、「一級品をつくること、一級品とは壊れないこと」^{(20)唐津} である。また、日本の勝ちパターンは、「技術力で付加価値を作る、あるいは、市場で最も高機能な製品を作る、他の企業に真似の出来ない製品を作る、世界の規格となる製品を作る、世の中になくってはならない製品を作る、一級品と認められるブランドを確立する」^{(20)唐津} ことである。

「安全なもの、快適なもの、利便性が高いものを作り上げて消費者に感動を与えるものづくりを志向」^{(6)渡辺} している。

日本の進むべき道は、「趣味や好みが必要な世界で先の先を絶えず開拓していくことである。きれいに撮る、感触がいい、使い勝手がいい、美しい、見た目がいい、などのような感覚的に高度で、すばらしい機能を得るには工夫が必要であり、そのためには技術的な蓄積が必要」^{(4)森谷} である。日本にはこのような技術的蓄積があるのでもっと活かしていくべきだという指摘である。

・強みをさらに強く

日本には日本なりの強みがある。本項はこれを意識してさらに強くするべきだという考え方を紹介する。

「欧米から CAD、CAM を見ていると進んでいるとはいえないのに『なぜ強いのか不思議だ』という疑問が寄せられた。日本の製造業の現場が強いからだとか答えようがなかった。日本と欧米の現場の能力は段違いである。ただ、現場の強さをこれからも維持していくためには、いい人材を生産現場で確保できることが大前提（検証できるデータがあるわけではないが、生産技術に従事する技術者の質および量が日本においてきわめて優れていることは疑いない。）」^{(8)木村} である。

「日本はその強みを活かし、世界の工場の工場になるという道がある。部品や生産財・資本財を供給する工場」^{(4)森谷} になるべきだという。また、「日本が強かったものづくりをそのまま伸ばす努力が必要だ。欠けているのは情報システムや

電力代、大学教育などの社会構造」^{(3)新井}である。このような乗り越えるべき制約条件をクリアすることによって「先人が築いてきた強みをさらに強くする」^{(6)渡辺}ことが大事だとの指摘である。

③ものづくりの強みを収益力に

以上のように日本企業はものづくりには抜群の強みを発揮する。しかし、それを収益力に結びつける戦略の立案力とその遂行力には改善の余地がある。改善の余地を埋めていくには本社の戦略強化が不可欠である。

・収益力というゴールに目を

これまでみてきたように、強みをさらに強くするにしても、改善すべきところはきっちりと改善していく必要がある。「日本企業のものづくりの組織能力は強いが、そこから収益に結びつける戦略は弱いといわれる。環境変化そのものよりも組織内部に大きな問題がある。収益力が弱いといわれるのは、企業が収益力というゴールに向かっていることのメジャメント(全体最適)が不在であること、及びスループットの縁(裏の競争力のことで JIT(在庫削減)、TQC(品質向上による変動削減)、TPM(コスト削減)をいう)を見ているだけだからだ。その上に目を向けるべきだ」^{(14)圓川}との主張である。

次の指摘は、強い工場・弱い本社という表現で戦略構想を行う本社の機能強化を訴えている。「あくまでも体を鍛えた上で、頭も使うという戦略構想力が求められている。ものづくりの組織能力をいかにして収益力に結びつけるか、それこそが戦略である。組織能力が強く、製品の相性も良く、裏の競争力も強いのに、収益力が弱い企業がなぜ日本企業に多いのかを考えると、ものづくり能力を補完するブランドや戦略構想に関する組織能力が問題になる。本社の戦略面での強化が必須」^{(12)藤本}であるという。

④教育の多様化と独創性の育成を

産業界からみた教育面の課題には、世界志向を強めるべきこと、多様化と独創性を重視すべきことなどが挙げられる。

・世界志向

グローバル化を映じ、産業界からみた教育問題は、もはや国内志向では対応できずに世界志向で考えていく必要があるという。そのためまず「教育の平均値を上げること、その上でいかに独創性を育てていくかが重要だ。」^{(16)佐々木} さらに、日本技術者教育認定機構²²(JABEE)ができたが、「日本技術者教育認定機構(JABEE: Japan Accreditation Board for Engineering Education / 設立 1999

²² Japan Accreditation Board for Engineering Education(設立 1999 年 11 月 19 日): 技術系学協会と密接に連携しながら技術者教育プログラムの審査・認定を行う非政府団体

年 11 月 19 日、技術系学協会と密接に連携しながら技術者教育プログラムの審査・認定を行う非政府団体)ができて、国際的に通用する教育体系と質の保証を進めている。国立大学の法人化とこの JABEE の狙いが、シナジーとして実現されることを期待している」⁽¹⁶⁾佐々木 という。教育に求められる変化は、画一教育から多様化教育へ、国内偏差値からグローバル客観基準へ、最初から世界志向で考える姿勢が求められる。

・多様性と独創性

日本の製造業が目指すべき方向が前述のように、他国で作れないもの、他国が真似できないもの、一級品と認められるもの、消費者に感動を与えられるものなど、日本ブランドを確立し、世界の先の先に行くことであるとすれば、それを担う次代の人材に求められる教育の内容は従来とは異なってくるのが当然であろう。そのような観点から画一教育から多様化と独創性を重視する教育へという舵の切り替えを求める声が挙がる。他地域で作れない独創的価値製品を具現化(Only One の追求)するには教育から変えていく必要があるとされる。

第 2 節 スピード重視、顧客ニーズの多様化への対応

本節では、消費概念が変化すること、それに応じて製造業も、ものが生み出すサービスやソフトに価値を置くサービス化が求められること、タイムリー性の向上と変動への対応を要することが論じられる。さらに次世代生産システムの問題と方向が検討される。

①消費概念の変化

経済が豊かになり、ものが溢れてくると、次は自分だけの特別のものが欲しくなるという段階に進む。消費の価値は見えるものから見えない価値にシフトする。生産はカスタマイゼーションに向かい、消費者の感動が鍵になる。しかし、こうした流れは先進国主体であり、製造業は二極化していく。

・ものが生み出す見えない価値とカスタマイゼーション

人々の価値観の多様化は、「ものの見方にも反映して、人々は画一的で平均的な一括大量生産された標準品に飽きたらず、自分にあつたもの、具体的には、ものの潤い、ものの味わい、ものの暖かさ、ものの美しさ、など」⁽⁵⁾野村 を求め始めてきた。この結果として、「人々は自分の要求に機能的に的確に応えるもの、大切に使えば使うほど応えてくれる質の高いもの、感覚的にも自分のセンスにぴったり合ったもの、他とは異なった個性的で独自性があるものなどを求め始め、いわゆるカスタマイゼーション(顧客注文生産)の時代になってきた。」⁽⁵⁾野村

また、「消費」という概念が変わってくるのではないかという見方もある。「自

分にあったものを自分で作る。作ることがすなわち消費行動になる。多分、単純な従来の消費行為では消費者の知的欲求は満たされなくなる」^{(1)西岡}のではないか、という見方である。

このように消費概念が変化していくとすると「生産はサービス化や、個人に合わせる個のケア、カスタマイゼーションという方向」^{(3)新井}に変わる。この方向はまた、高齢化社会を迎える日本に相応しく、「65歳以上の個人に対していいサービスを提供していけば、そういう市場は日本だけでなくやがて世界中に輸出できる」^{(3)新井}ようになる。

・消費者に感動を

ものを通じて目に見えない価値を提供するというを別の視点から表現したものが次の見方である。「安心なもの、安全なもの、快適なもの、利便性が高いものを作り上げて消費者に感動を与えるものづくりを志向」^{(6)渡辺}するという考え方である。ものを見て感動する、ものを使用して感動する、このような感動を与えるものとは、単なるものではなく、ものを通じたサービスの、ソフト的価値であるといえよう。

・消費の二極化

前項のような、ものが生み出す見えない価値に重きが置かれ、消費者一人ひとりにあったサービスを提供する方向に消費構造が変化していくという見方は、「日本など、当面はごく限られた地域の話で、それ以外の多くの地域では、低コスト大量生産大量消費が今世紀のあいだは少なくとも続くのではないか。つまり、製造業も顧客と生産との直結化が進み、利用者主体の製造業と低コスト大量生産を行う製造業とに二極化」^{(1)西岡}すると考えられている。また、別の論者もそれぞれの消費態様に応じて、「先進国は高付加価値・高級高品質の多品種少量生産に進み、開発途上国は旧来型の少品種大量生産に進む」^{(5)野村}と同様に二極化すると指摘している。

②製造業のサービス化を

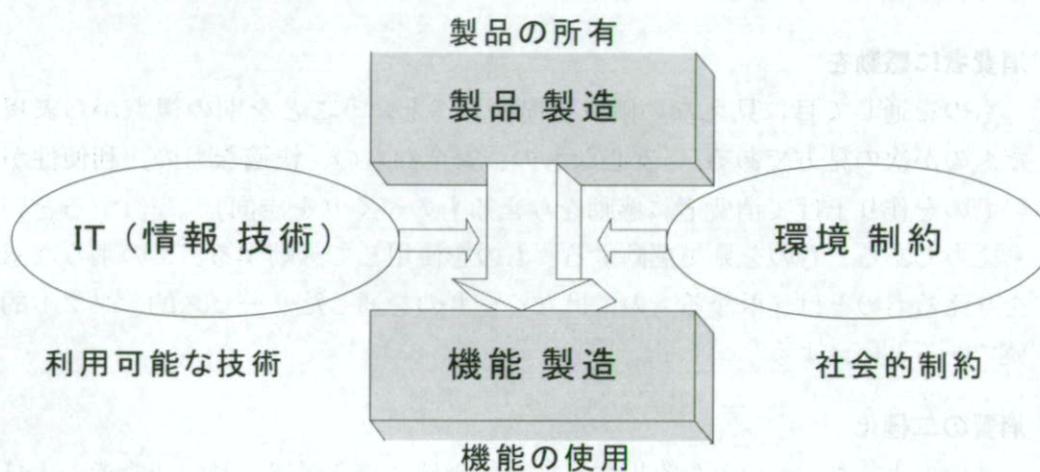
消費が見えない価値をより重視した方向に変化していくとすると、製造業はものを通じてそのような機能を持ったサービスを提供していく必要がある。

・使用権・利用権を重視したサービス化

ものに対する価値観が「従来のものの価値は所有権や財産権が中心であったが、今はものが生み出すサービスやソフトとしての価値」^{(5)野村}へと移って来つつある。いわば、「ものを使用権や利用権を得て、そのものが生み出す利便さや快適さなどを享受する傾向」^{(5)野村}が先進国を中心に出てくる。では、製造業はどのように変化していくべきなのか。次はその一つの回答である。

「プロダクト・マニュファクチャリング(ものづくり)からファンクショナル・マニュファクチャリング(サービス製造業)に変わっていく必要がある。この過程で社会制約という環境負荷を最大限減らしつつ、情報技術を駆使して機能を製造するという方向へ、ものの所有からそのものを使うことによって得られる機能を提供するという方向への転換が必要である」^{(8)木村}とされ、機能を提供するという意味で製造業のサービス化を目指すべきだという。

図表5-2 製造業の将来展望



出所：東京大学木村文彦教授講演資料(8)を政策科学研究所にて和訳

③タイムリー性の向上と変動への対応を

売れる物を作る時代になりタイムリー性が重要になる。ニーズの変化にシーズが追いつけないという問題がある。新しい事態への対応という意味で変動への対応力が問われる。ITを使って情報・ビジョンを共有する必要がある。

・ニーズ変化の高速化とシーズ対応の困難性

かつての「ものを作れば売れるという時代から、売れるものを作る時代」^{(14)圓川}になってきている。また、売れるためには、「消費者一人ひとりの個性や特質やその人が欲しいと思う機能にあわせて、即座に作って即刻納品することが重要」^{(5)野村}になる。

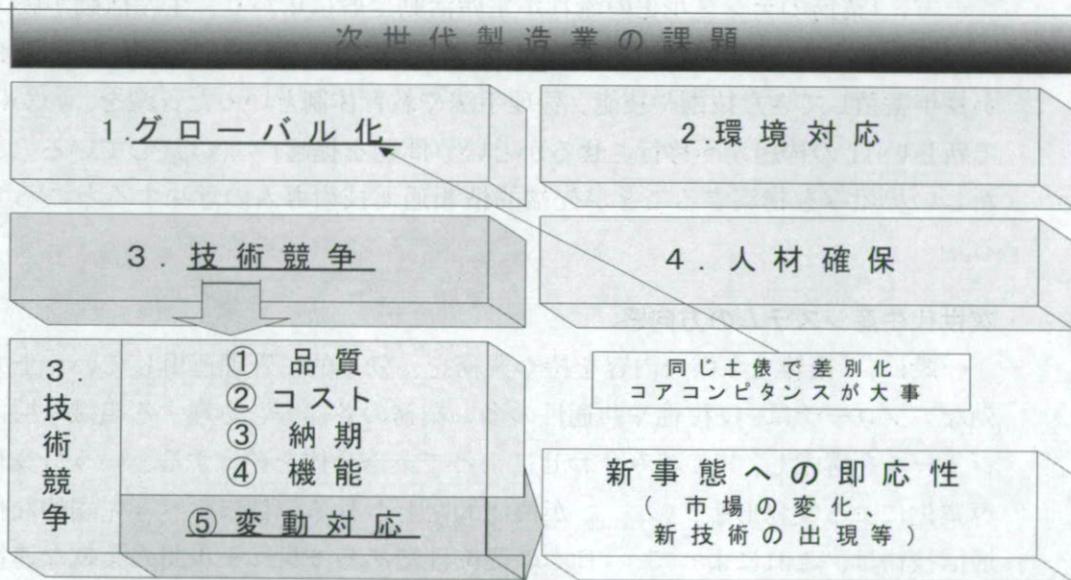
実際、「商品・サービス・技術に対するニーズの変化は年々サイクルが短くなり、新しいものが次々」^{(17)青山他}と求められる。しかしその一方で、「ニーズを実現するための技術・人材・組織といったシーズ側の変化には依然として時間を要する。ニーズ側の急速な変化にシーズ側がスピーディーに対応困難」^{(17)青山他}になっている。

・変動への対応

こうした早い変化にどう対応していくべきか。次の見方は製造業全体として進むべき方向感が提示され、変動対応が強調されている。「次世代製造業の課題としてはグローバル化、環境対応、技術競争、人材確保がある。この中で技術競争には、品質、機能、コスト、納期の他に変動対応が含まれる。変動対応とは、市場が変わるとか、わからない技術が出てくるという新しい事態が生じる時にその予測が可能か、あるいは、そのような新しい事態への即応体制が取れるかどうかという問題」^{(8)木村} である。

企業の実態をみると、「マーケットの変化に機敏に対応する手段としてITを活用し、利益の出る開発態勢づくりを目指している」^{(9)佐伯} 例がみられる。

図表5-3 次世代製造業の課題



注 東京大学木村文彦教授講演内容を基に、政策科学研究所作成

・情報・ビジョンの共有を

従来見られなかったような新しい事態に対処するには「何より、変化に対するスピード、ものづくりを考えるべき範囲(サプライチェーンマネジメント、可視化)を拡大して、製品ライフサイクルまで考えた製品設計(源流管理)を行う必要がある。ものづくりの競争優位を支える日本モデルの三本柱は、改善力・可視化の範囲拡大・源流管理だ。源流管理は設計時に品質管理を設計の中に入れ込むこと」^{(14)圓川} である。ITをうまく活用して「情報やビジョンを共有できるかどうかがこのからの企業レベルにおける競争力の差異において大きな課題」^{(14)圓川} になるといふ。

④次世代生産システムの模索

変化の激しい時代に既存のリソースでは迅速な対応が難しい。先端的情報通信技術を取り入れた次世代生産システムを導入する必要がある。次世代生産システムは摺り合わせとモジュールの長所を強化し、欠点を補完し合える仕組みとすることが望ましい。

・先端的な情報通信技術と導入の必要性

生産をとりまく現状はというと、「需要や技術開発、法規制など生産をとりまく状況の不確実性が増大し、変動も大きくなっている。このため中長期計画・予想の事前正確性が低下し、正確を期することが困難化しており、計画と実施段階の乖離が拡大する傾向がみられる。従って実施段階での適切な修正を前提にした制度・組織設計が不可欠である。しかし、変化の早いニーズに既存リソースでは迅速に対応することが難しいので新しい仕組みが必要」^{(17)青山他} である。

一方、「業務のデジタル化の流れが生産活動全般に広がり、生産活動が膨大なデータの生成と処理の上で成立するようになってきている。これまで、製造企業が長年蓄積してきた技術や技能、管理手法や教育体制といった資産を、いかにして新しいITの枠組みへ移行させるかという問題を提起」^{(17)青山他} している。この新しい枠組みを構築することが先端的情報通信技術導入の意味するところである。

・次世代生産システムの方向感

一般に、「複雑で多様な内容を持つ業務を、効率的に管理運用していく上で有効なアプローチは、反復性や共通性の多い業務の各部分を処理する組織--機能モジュールを構成し、其の組み合わせによって業務全体を遂行するという分業化と専門化による業務形態」^{(17)青山他} が機能的だとされる。目指すべき先端的な情報通信技術は、これによって、「日本の優位性であるモジュール間の柔軟な連携と調整のプロセスを強化でき、新しい枠組みへと発展させていける」^{(17)青山他} ようなものになる。

次世代生産システムは、「すり合わせとモジュールのそれぞれの長所を強化し、それぞれの持つ欠点を補完し合える仕組み」^{(17)青山他} となることが望まれる。次世代生産システムを考える上で参考になるものとして、前述した(第三章 第4節 ①の中の・先進国の状況)米国のFiPER^{(17)青山他}、SMT²³、「ドイツの国家プロジェクト」^{(8)木村}が挙げられる。

²³ SMT(Smart Manufacturing Technology) : p27 脚注参照

第3節 労働意識の変化、少子高齢化の進展への対応

若者によるものづくり離れが進んでいる。若者にもっと夢や関心を持ってもらう工夫が不可欠である。人材を社会に送り出す教育のあり方について、産業界の見方が紹介される。労働形態の多様化が進んでいるが、相応の企業側の工夫が求められる。

①若者に関心を持たせる

若者のものづくり離れが進行している。ものづくりが身近になく、感動する機会がない等多数の原因がある。若者に感心を持ってもらうためには、夢を持たせるなど魅力的な入り口と魅惑的な出口を用意して若者を惹きつける工夫が求められる。ものづくりに代わる魅力的なキーワードが必要である。「優れた人材がまた製造業に集まるように、製造業を変革しなければならない。」⁽⁸⁾木村

・ものづくり離れの進行

若者のものづくり離れについて、「ものづくり基盤技術振興基本計画の基本方針で若年層を中心としたものづくり離れが進んでいると指摘されているが、これは製造業の鋳造、金型などのものづくり基盤技術に従事する人を念頭に置いている。現在では、エンジニア技術や先端技術を扱う部門でも同様の意見が多い」⁽¹⁹⁾青山他と指摘されている。

・ものづくり離れの原因

こうしたものづくり離れの原因はどこにあるのか。「若者が基本的にもものを作ったり、汚れ作業をしたり、汗をかいて働くことが嫌いだとは思わない。しかし実際には、現在の多くの若者が、ものづくりから、どんどん離れていっている。この原因には大きく六つある。第一は、ものづくりが身近になく、感動する機会がないこと、第二は、ものづくりに感動する感性が失われたこと、第三は、近代生産体制のもとで自己実現しにくいこと、第四は、旧来型一般的技能の需要が減ったこと、第五は、労働の喜びを未体験なこと、そして最後の第六の原因は、徒弟制度的教育が現代に不適合なこと」⁽⁵⁾野村であるという。

・関心を高めるための方向感

若者にどうやってもものづくりに感心を持ってもらうかは今や大問題になっている。次の提案はこのような問題意識を背景として出されたものである。「若者を惹きつける『真・モノづくり』を構築することを目的に、製造技術分野を担う大学院生程度の若者を対象とした、魅力的な入り口と魅惑的な出口を用意することが必要である。宇宙航空やロボット分野が多くの学生を惹き付けているのは、夢や未来を感じさせ、高度な科学・技術と結びついているとの印象を与えている

からであろう。モノづくりの扱う対象には夢があることを強調すべきである。日本初・発のスーパー新・親マシンを将来つくり出すことは、やりがいのある課題であること、高度なものをつくる技術・製品は最先端物理の解明につながり夢・可能性を広げること」^{(19)青山他}を若者に訴えるべきだとしている。

しかしながら、若者に関心をもってもらうためには、その前提として「ものづくり産業の発展が必須」^{(18)吉川}であるという指摘もある。また、生産ラインの現場では「高齢者と若年者をペアにする」^{(18)吉川}という方策も提案されている。

・新たなものづくり観の提示を

ものづくりに関する現在の呼称は次のようにいろいろある。「もの、モノ、物など、並びに、つくり、づくり、作り、造り---多々あるが意味するところは広く生産製造技術のこと」^{(19)青山他}を指す。しかし、「このような名称が若年層の興味を惹きつけられるであろうか。ものづくりに替わる魅力的な印象を与える名称、キャッチワードを考える必要」^{(19)青山他}がある。これは今後に残された課題である。

②教育の平均値アップと独創性の育成強化

労働市場の供給サイドでは、若者によるものづくり離れが進んでいる。一方、需要サイドでは、求める人材とその人材を送り出す教育界には多くの課題があると考えられている。

グローバル化が進み、「かつて日本が欧米に追いつき追いこしたように、アジアの各国は個々の国で状況の違いはあるが、発展過程にある。即ち、市場に参加するプレーヤが増えており、かつ、各々が個性をもって行動している。」^{(16)佐々木}日本の製造業が生き残るには、他地域が作れないものを作っていく必要がある。そのためには、独創的価値製品の具現化(Only One の追求)が必要になる。このような背景から、「教育に関しても平均値を高めることに加えて、独創性を育てる教育を考えることが必要だ」^{(16)佐々木}という。かくして、画一教育から多様化教育や独創性を育てる教育を通じてイノベーション志向に転換することが急務となる。

③徹底したマニュアル化と工場のリファイン

雇用形態の多様化という流れに対して、いかに対処していくべきか。「柔軟型雇用の製造ラインへの適用には、既存の日本の工場のリファインがセット」^{(10)岡野}となる。ポイントは、「無人化に近い省力化、サービス業に見られるような徹底したマニュアル化とオペレーションの画一化を図り、オペレーターによって安定・安全な業務遂行が短期間にできるように工場をつくり直す。すなわち、フル・プルーフ型あるいはフェイル・セーフ型の工場にし、ISO や安全版 ISO の OHSMS 等を導入し、職務の標準化を徹底することが必要である。従業員は高度に省力化されたプロセスを動かすことにより能力アップし、プロセス全体を管理出来るオペレーターに

育つことも可能になり、モラル維持が図れる」^{(10)岡野} ことになる。

第4節 環境保全要求の高まりへの対応

環境保全要求の高まりは益々強まるものと思われる。ものを売った後も、処分の段階まで責任を持って対応するという発想の切り替えが大事である。従って、ビジネスモデルも、ものを売った後の機能や性能をもサービスとして売っていく方向に変わる、つまり製造業のサービス化が必要である。それには設計の役割が重要であり、安心安全な暮らしに貢献することを目指して知恵を絞ることが求められる。

①売り切りという発想からの転換

ものを売った後の使われ方にまで責任が問われるようになるといわれているが、これはニーズの多様化にも合致する可能性があり、前向きに捉えることが必要である。循環型社会を築こうとすると、良いものを長く大切に使うという発想が大事である。設計から処分までITをうまく使って管理していくことが求められる。

・売った後にも倫理責任と目配りを

環境保全要求の高まりのきっかけは公害の発生であった。「公害を生んだのは売り切りの発想にある」^{(3)新井} という。「環境では売り切り産業を止めるという視点が大事である。コピー機やエレベーターは、規制の関係もあるが納品後のメンテナンスで保っているといわれている。上流から下流までライフサイクル全体の価値を考えるばかりでなく、使う個人のことまで考えていく時代、つまりオートクチュール、個人データまでハンドリングする時代」^{(3)新井} になる。製品が売られた後の「ものの使われ方まで倫理責任を負う」^{(5)野村} とともに、消費者ニーズの面からのみならず、環境の面からも使う個人のことまで目配り、気配りしていくことが求められる。単なる「売って来い」という営業の檄は通用しないという時代になっていく。

・ライフサイクルと目指すべき理念

よくリサイクルが「あたかも循環型未来社会の救世主のように強調される。しかし、短期のリサイクルは、リサイクルのためのエネルギー消費と新たな有害物質の放出など、有害無益の結果になりかねない可能性が高い。リサイクルは資源の有効利用としては特殊な場合を除き、最後の手段である。未来を見据えたあるべき理念は、良いものをつくり、少しでも永く使うと言う発想」^{(5)野村} が必要である。このように「長期間、ものを大切に使うには、多少の用途変更や補修・改修を加えて何度も再利用するリユース〔現物再利用、現物転用〕の概念の他に、ロングレンジ・ユース〔計画的長期管理用〕、リダクション〔ものの数量・規模などの縮小〕、ゼロ・エミッション〔廃棄物ゼロ〕の計四つの理念」^{(5)野村} が必要

である。

・ライフサイクル管理と IT の活用

このように、「ものづくりを考えるべき範囲(サプライチェーンマネジメント、可視化)が拡大し、製品ライフサイクルまで考えた製品設計(源流管理)の必要」^{(14) 國川}が出てきた。

結局、「環境保全の問題は、ものづくりの世界に置いて、拡大型生産者責任ということ、即ち、最後の処理まで全部自分でやるという DFE(Design for Environment)が問われるようになっており、設計から処分まで、IT を活用して情報管理すること」^{(2) 稲葉}が求められる。

②工業経済からサービス経済へ速やかに移行すべき

ものの使われ方まで考えるべき時代になるとすると、機能、性能などのサービスをどのように売るかという方向にビジネスモデルを変えていく必要がある。また、設計の仕方も環境に適合するような設計に変えていかなければならない。単に資本の規模やコストの削減を競う時代から、いかに売るかという知恵の絞り方がより重要な時代になる。

・ビジネスモデルの変更を

ものを売った後の使われ方まで考えていくということは、「メーカーは製品という機械を売るのではなく、機械を通じて得られる機能や性能、その結果としてのサービスを提供するという方向にビジネスモデルを変える必要」^{(23) 山本}が出てくる。「製品の交換価値より利用価値を、製品の効用の最大化を、システム機能の長期間にわたる最大化を重視する必要がある。製品はサービスを提供する機械であり、サービスこそが究極的な贅沢となる。所有からサービスの享受へ、所有から利用へと“モノ”の消費を重視する経済から、“サービス”の消費を重視する経済へと変わる必要がある」^{(23) 山本}ことになる。環境保全要求を満たしていくという観点からみても、製造業のサービス化の流れが必要になるとの主張である。このように環境保全要求においても、本章第2節の①、②において、消費が見えない価値にシフトするのに伴い、製造業はサービス化を進めるべきだという主張と同様の結論が導かれる。

・望ましい設計の方向

ものづくりやそのライフサイクル管理に際して環境保全要求を満たすためには設計段階からの見直しが急務であるという。「ライフサイクル・デザイン、ライフサイクル・エンジニアリングとも言われる環境適合設計によって、製品改善→設計のやり直し→機能革新→システム革新という具合に環境効率を上げる必要がある。エコ・エフィシエンシー・テクノロジーからサステイナブル・テクノ

ロジーへ変わっていかなくてはならない。また、エコデザインとユニバーサルデザインを統合する必要がある。これがデザインマネジメントの課題だ。この統合が機械設計の大きな課題」^{(23)山本} である。

持続的成長を可能にするためには、「環境効率と資源生産性を無限大に高める必要がある。そのためには、技術開発とその技術の社会的普及が必要であり、①脱物質化、②物質の代替化、③脱炭素化の三つの戦略」^{(23)山本} が重要になる。環境適合設計のポイントは、「環境影響物質削減、低環境負荷資源、低環境負荷プロセス、高リサイクル性、使用時の高生産性、環境浄化性の六つ」^{(23)山本} である。

・安全と安心に貢献を

安全かつ安心して暮らせるようにものづくりの世界も変えていく必要がある。「安全の対象は人、環境、設備である。安心して安全に製品を製造し、使用し、廃棄し、リサイクルできる仕組みが求められる。サステナブル・プロダクションをも包含する新しい規範を議論すべき」^{(19)青山他} 時が来ているという。これは、「安心なもの、安全なもの、快適なもの、利便性が高いものを作り上げて消費者に感動を与えるものづくりを志向」^{(6)渡辺} するという考えに相通じるものがみられる。

第5節 情報化、デジタル化・ネットワーク化への対応

IT化の進展はさらに進む。ITをうまく活用して生産性が高められる仕組みに変えることと陳腐化が避けられるデジタル化が求められる。

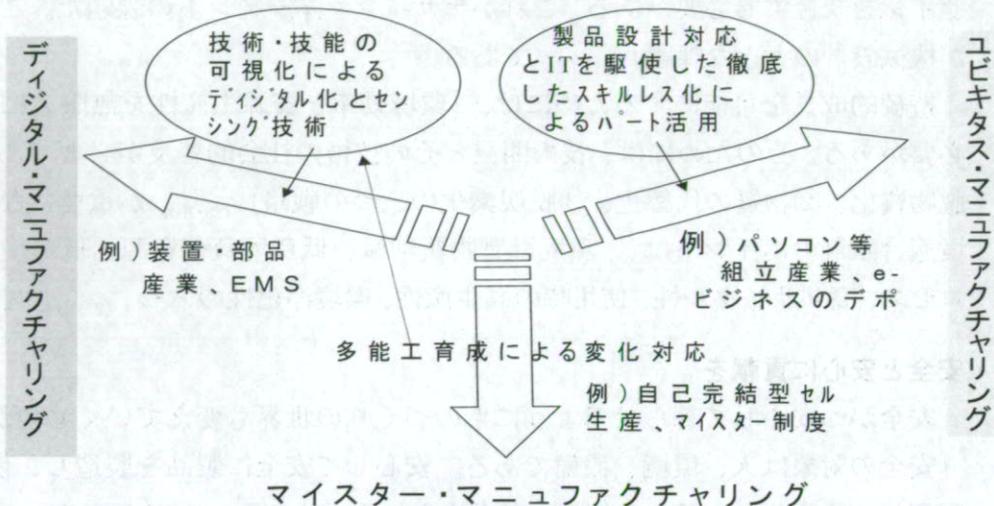
①ITが活かせるような仕組みへの変換

これからのものづくりには、デジタル化、スキルレス化、多能工化の三つが考えられるがいずれにもITの活用が不可欠である。ITを導入して大幅に生産性を上げていくためには、ITを活かせるような演繹的な仕組みに転換して、新しいビジネスプラットフォームを構築する必要がある。

・ITとものづくりの方向

これからのものづくりの方向として考えられていることは三つある。いずれもITの活用がその前提となっている。「各企業はITをうまく活用しながら三つの組み合わせをどうとるかということを考えていかなければいけない。技術・技能の可視化によるデジタル・マニファクチャリング、徹底したスキルレス化によるパート等の活用を行うユビキタス・マニファクチャリング、多能工育成による自己完結型生産であるマイスター・マニファクチャリングの三つである。例えば、ユビキタス・マニファクチャリングでは、スキルレスにする(間違わないよう)ためにITは不可欠」^{(14)四川} である。

図表5-4 IT活用とバリューチェーンによるものづくりの方向性（3極化）



出所：東京工業大学圓川隆夫教授講演資料より転載

・ITが活かせる仕組みと目指すべき方向

ITを導入して「スピード化、効率化が進み、生産性が10倍くらい上昇してはじめてIT革命」^{(14)圓川}と言える。そのためには「ITが使えるような演繹的な仕組みへの変換が求められる。また今後、このような生産性の革新を可能にするビジネスプラットフォームが構築される可能性がある。このようなITが目指すべき方向として意思決定支援技術、ネットワーク関連技術、情物一致技術(AIDC²⁴技術)の三つ」^{(14)圓川}がある。このほかに、「トレーサビリティとセキュリティを確保出来るようにするために全ての物品が識別できる時代」^{(14)圓川}が訪れるという。

②陳腐化が避けられるデジタル・アプローチを

時代が変わっても陳腐化しなくて済むデジタル化は、結果ではなくプロセスをデジタル化したものである。

・わかるまでのプロセスのデジタル化を

未熟練労働者の増加に対応して、「技能レス・訓練レスを可能にする技術は確実に進む」^{(1)西岡}という。ITを用いることで高度な専門的知識が必要とされなくなるので雇用の流動化に対しても柔軟に対応できる。こうした「合理化のためのデジタル化は『わかった』『出来た』結果が対象」^{(7)松村}となる。しかし、このような技能を身につけても時代が変わればすぐに使い物にならなくなることに注意しなければならない。「大切なことは知識ではなく、知識を獲得するプロセスにある。本当の技能とは、すばらしい技能を身につけるためのプロセスを知ることにある。本当にITを導入すべきところは『わかった』『出来た』結果ではなく

²⁴ A I D Cは Automatic Identification Data Capture の略

『わかる』『出来る』までのプロセスにこそ導入すべきである。」^{(7)松村} それが差別化が出来る、あるいは真似が出来ない、新製品を生み出す勘所を押さえた「機能創出型のデジタル化」^{(7)松村} だといえる。

③情報化、デジタル化・ネットワーク化のまとめ

本テーマに関する有識者の見方を大胆に類型化すると、概略五つにまとめられる。IT を導入する前提とその課題、対象、理念及び目的・狙い、手段とその役割、解決方向とそのメリットの五つである。それぞれ以下のような見方が挙げられる。(なお、前述のとおり本報告書で IT という場合、情報化、デジタル化・ネットワーク化を含む概念として使用している。)

・ IT を導入する前提とその課題

「これまで、製造企業が長年蓄積してきた技術や技能、管理手法や教育体制といった資産を、いかにして新しい IT の枠組みへ移行させるかという問題」^{(17)青山} 他が挙げられる。その際には情報化という面で「日本はもう一回演繹的やり方に戻る必要がある。IT を使えるような演繹的な仕組みへの変換」^{(14)四川} が求められる。

・ IT を導入すべき対象

「デジタル化できる部分とできない部分があり、知識集約産業でコスト見合いの分野」^{(1)西岡}、あるいは「市場規模が大きく、短納期が求められる分野」^{(7)松村} が対象となる。「わかったという結果を対象とするのではなく、わかるまでのプロセスを対象とすべき」^{(7)松村} である。

・ IT 導入の理念・目的・狙い

これからは「ものと情報の流れが一致」^{(3)新井} する、あるいは「同期化」^{(15)都留} 他することが必要である。「合理化のためから機能創出のためのアプローチ」^{(7)松村} への転換が求められる。

・ 手段としての IT とその役割

「環境保全要求は制約条件であるが、IT はその解決手段」^{(2)福葉} である。「ものづくりには三つの方向があるが、いずれも IT を活用して始めて可能」^{(14)四川} になる。これから重要になる製品のライフサイクル管理には IT が不可欠である。「沢山の関係者が協同作業をするような場合に IT はコミュニケーション手段として有効」^{(25)中野} である。

・ IT による解決方向とそのメリット

IT によってニーズの多様化に対応した「お客様一人ひとりのカスタマイズが可能」^{(9)佐伯} となり、スピードにも機敏に対応できる。「従来のような山勘に頼るこ

となくシステムの対応や、意思決定支援も可能になる。また、過去の知識を反復再利用することができるようになり、知識が体系化されるので、知識のライフサイクル管理が可能^{(8)木村}になる。「技術・技能をデジタル化することで暗黙知からの脱却^{(21)榎美}が図れる。さらに「世界中で短時間に同時立ち上げをしたり、遠隔操作ができる。」^{(21)榎美}「益々複雑化する問題解決に当たり IT によって一目瞭然化の便益が享受できる」^{(25)中馬} ようになる。

「デジタル化は、結局、技術の可視化（見える化）である。この本質を見過ごしてはいけない」^{(8)木村} という。

おわりに

日本企業は帰納的思考に基づく摺り合わせ技術が得意であるが、演繹的思考によるモジュラー化技術は得意とはいえない。摺り合わせ型の技術は、絶えず見直してモジュラー化に挑戦すべきだという。このような見直しが演繹的思考であるが、言い換えると反復性、共通性に着目して単純化、標準化、理論化する作業である。こうした下地があって始めて IT 化、デジタル化が機能する。

IT 化、デジタル化は全体の流れをおさえることが肝要だという。こうした全体の流れをおさえることが出来るような人材、スーパープロデューサーが求められる。同時に、このような人材を育て、見守ることができる人材や仕組みが必要だとされる。

モジュラー化の流れは、訓練レス、技能レスの生産技術に係わる設計工学の発展を押し進めるような場合に効果的だという。このようなマニュアル化技術を洗練させていくことができれば、雇用の多様化を活かして、競争力を回復する手段としうるのではないか。

自動化、機械化は技術要因、経済性要因の兼ね合いからなる。両者をよく見極める必要があるという。既に自動化、機械化したところは見直す作業も必要であり、むしろ人間に戻したほうがいい場合がある。特に「わかった結果」をデジタル化している場合、技術進歩によって陳腐化の危険性がつきまとう。技術進歩に対応できるように「わかるまでのプロセス」のデジタル化が望ましいとされる。

単純作業のようなところは機械化を進めるとしても、生産から人間を排除するのではなく、人間は人間にしかできないことを担うように工夫することが大事である。

摺り合わせの技術には熟練技能が必要である。日本のものづくりには好奇心、こだわりなどという国民性に基づく伝統と強みがある。熟練技能を大切にこうした強みをさらなる強みとして活かしていくことが求められる。

以上のように日本には、日本人であればこそというような強みがあるといえよう。これからもその強みを磨いていかなければならない。しかし、その強みが収益力に結びついてきたとは言い難い面もある。強みを収益力に転換していく知恵についてはもっと磨いていく必要があろう。演繹的思考への挑戦とスーパープロデューサーの育成、それを可能にする仕組みがこれからの主な課題といえるのではないか。

【参考資料編】

I. 引用先識別番号と番号別有識者について

本文中「 」の末尾に付した()○○という箇所は、引用した先の識別番号とその姓名を略記（敬称等省略）したものであり、正式名称等は以下のとおりだ。また、肩書き等についてはヒアリング当時、あるいは出版時のものを使用している。各有識者から聴取したテーマ名は、聴取内容に即して設定したものだ。番号は整理の都合上付したものであり、順番には特別の意味づけは無い。講演要旨やヒアリング要旨については、II. 講演要旨(p69 以下)、及び III. 有識者ヒアリング要旨 (p85 以下) を参照されたい。

尚、要旨については全ての発言者に最終確認したものではない。従って、ありうべき誤謬等の責めは政策科学研究所が負う。また、要旨に付した小見出しは、政策科学研究所が付けたものだ。

- (1)： 法政大学工学部経営工学科 西岡靖之教授「モノづくり環境の変化とそのインパクト」Eメール----- (参考編 P85)
- (2)： 産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター 稲葉敦センター長「環境問題とものづくり」ヒアリング----- (参考編 P87)
- (3)： 東京大学工学系研究科 新井民夫教授「製造業の目指すべき方向性」ヒアリング----- (参考編 P88)
- (4)： 放送大学 森谷正規教授「捨てよ、先端技術、蓄積型技術の強み」祥伝社刊及びヒアリング----- (参考編 P91)
- (5)： ものづくり大学 野村東太学長「ものづくりと人づくり」ヒアリング, 神奈川新聞連載“学びのフォーラム”「教育から学育へ」「ものづくりと人づくり」----- (参考編 P93)
- (6)： トヨタ渡辺捷昭副社長 東京国際フォーラムイノベーションジャパン 2004 講演会
- (7)： 東京電機大学 松村隆 教授「ものづくりについて」ヒアリング-(参考編 P96)
- (8)： 東京大学大学院 精密機械工学専攻 木村文彦教授「創造性支援と完全自動化製造システムの将来」WGでの講演----- (参考編 P69)

- (9) : マツダ (株) IT ソリューション佐伯本部長「今後の IT 経営のトレンドとは」日本経済新聞, 2004. 9. 30
- (10) : 旭有機材工業 (株) 岡野徹代表取締役社長「国内製造業復権への人づくり」ヒアリング----- (参考編P99)
- (11) : (株) 日立製作所グループ戦略本部、グループ人材開発部萩原靖部長、石松幸部長代理「人材問題」ヒアリング----- (参考編P101)
- (12) : 東京大学教授 藤本隆宏著「日本のもの造り哲学」日本経済新聞社 2004. 6
- (13) : 梅原誠著「国内生産でも世界で勝てる」東洋経済新報社 2004. 11
- (14) : 東京工業大学大学院 社会理工学研究科 圓川隆夫教授「モノづくりのパラダイムシフトと組織能力」WGでの講演----- (参考編P76)
- (15) : 一橋大学経済研究所都留康教授、伊佐講師「ものづくりの将来像」ヒアリング、及び都留康・電機連合総合研究センター編『『選択と集中』日本の電機・情報関連企業における実態分析』有斐閣, 2004. 7----- (参考編P103)
- (16) : 日本電気 (株) 佐々木元 代表取締役会長「教育の視点から考えるモノづくりの復権」ヒアリング----- (参考編P108)
- (17) : 青山和宏 (東京大学)、石川孝 (三菱重工業)、大津雅亮 (熊本大学)、小野里雅彦 (北海道大学)、寺本孝司 (大阪大学)、西脇信彦 (東京農工大学)
「Transmorphic Manufacturing System---粘菌のライフサイクルを模した生産機能有機体の実現」第八回生産学術連合会議 講演会
- (18) : 吉川昌範 (ものづくり大学)「明日の生産技術に向けた人材育成」第八回生産学術連合会議 講演会
- (19) : 青山藤詞郎 (慶応大学) 岩田一明 (大阪大学・神戸大学名誉教授) 倉敷哲生 (大阪大学) 小島彰 (金属系材料研究センター) 畑村洋太郎 (工学院大) 平田敦 (東京工業大学) 村山英晶 (東京大学)「真・モノづくりのために~脱モノづくり」第八回生産学術連合会議 講演会
- (20) : 東海大学名誉教授 唐津一著「中国は日本に追いつけない」PHP 研究所 2004. 10)
- (21) : (株) 東芝 生産技術センター所長 渥美幸一郎 著「21 世紀型デジタルマニュファクチャリングの構築」東芝レビュー-07, 2003 VOL. 58 NO. 7)
- (22) : キム・ソンホン、ウ・インホ著、小川昌代訳「サムスン高速成長の軌跡」ソフトバンクパブリッシング刊 2004. 4

- (23) : 東京大学 生産技術研究所 サステナブル材料国際研究センター 山本良一教授
「環境に配慮したモノづくりを」WGでの講演----- (参考編P79)
- (24) : 後藤康浩著「強い工場、ものづくり日本の現場力」日本経済新聞社刊 2003. 7
- (25) : 一橋大学 中馬宏之著「日本のサイエンス型産業が直面する複雑性と組織限界」
一橋ビジネスレビューWIN2004
- (26) : 溝口敦著「日本発！世界技術 この会社が経済再生の原動力になる」小学館
2003. 4

II. 講演要旨

以下、表題の構成は、通し番号、括弧内引用先識別番号、引用先の順だ。

1. ---(8) 東京大学大学院 精密機械工学専攻 木村 文彦 教授

「創造性支援と完全自動化---製造システムの将来」

16. 9. 27 講演要旨

● 製造システムの将来、ものづくりの基本的な方向感：

誰でも出来ることは機械にやらせる、自動化すべきだ。人間は人間にしかできないことをやるべきだ。(グローバル化の嵐の中で、機械にできることを人がやっているようなやり方には将来は無い。)

プロダクト・マニュファクチャリング (ものづくり) からファンクショナル・マニュファクチャリング (サービス製造業) に変わっていく必要がある。もちろん、サービスを伝達する媒体としての「もの」の重要性は変わらない。「もの」の意義を再確認することが重要だ。

この過程で持続可能な社会の構築を目指して環境負荷を最大限減らしつつ、情報技術を駆使して機能を製造するという方向、ものの所有からそのものを使うことによって得られる機能を提供するという方向への転換が必要。

このような新しい製造企業はどのような構造を持つべきかが以下の所論。

● 次世代製造業の課題：

技術競争、グローバル化、環境対応、人材確保の四つがある。

この中で技術競争には、品質、機能、コスト、納期の他に変動対応が含まれる。

変動対応とは、市場が変わる、わからない技術が出てくるといった新しい事態が生じる時にその予測ができるのかというような問題であり、そのような新しい事態への即応体制が大事ということだ。高度な製造業には、技術蓄積や製造設備などによる慣性があり、急には変わらない。一方、将来を予測することはますます困難になってきている。(自動車における新車の当たり外れなど。) 予測の精度を上げるとともに、製造の慣性を小さくすることが何よりも重要だ。(技術の体系化、ノウハウの

除去、設備の汎用化など。)

グローバル化とは、同じ土俵で差別化することが求められるということであり、コアコンピタンスが大事だ。逆に言えば、本当の差別化技術があれば、人件費やインフラコストの差があっても戦える、ということだ。

● 日本の強さ :

欧米から CAD、CAM を見ていると進んでいるとはいえないのになぜ日本は強いのか不思議だという疑問が寄せられた。

日本の製造業は現場が強いからだとしか答えようがなかった。

日本と欧米の現場の能力は段違いだ。現場の強さを維持するためには、いい人材を生産現場で確保することが大前提となる。(検証できるデータがあるわけではないが、生産技術に従事する技術者の質および量が日本においてきわめて優れていることは疑いない。)

大学でも工学系における人材確保が難しい。20 年前と比べ、明らかに学生の人材劣化が見られる。同じ事が製造現場でもあるとすればゆゆしいことだ。製造技術は絶え間なく進歩することを考えれば、省人化は解決にならない。優れた人材がまた製造業に集まるように、製造業を変革しなければならない。

● 次世代の製造業 :

次世代の製造業のことを考えると、これからはマス・カスタマイゼーションの時代、すなわち一品生産もやがて可能になる時代が来ると考えられる。

職人の技は、すごくいいが高くて買えない。巧の技は超少量多品種生産だ。巧の技を大量生産のコストで可能にすることにより、この技が再び注目されるかもしれない。

10, 20, 30 年先になってくれば、コモディティを製造する工場は完全無人化され、地下にいろいろな工場があって見えなくなってくる。

コモディティに対する完全密閉型の地下無人工場がある一方で、高付加価値製品については知識集約デザイン工房があるという具合だ。都市環境全体が製造システムとなり、ゼロ・エミッション工場が出現する。いわば住環境が工場となる、「どこでも」工場のようなものだ。

● 三つの視点 :

視点が大事。ここでは技術成熟度、生産慣性、製品競争力という三つの軸を考える。

技術成熟度とは、すり合わせ型技術がやがて組み合わせ型技術に転化していくことが大事であり、その過程を示す軸。この転化を積極的に進めることにより、次のすり合わせ型技術を生むことができる。

生産慣性は、大量生産は慣性も大きいので、超少量多品種へ移行するには時間がかかるが、そうなれば生産の慣性は小さくなっていくことを示す軸だ。変動対応の重要性を考えると慣性は小さくしていく必要がある。

同じ車、同じ家電で考えても座標軸は本来は相互に独立ではないはずだが、こういう座標軸をたてて考えることが大事。ここから製品戦略が生まれる。(値段勝負の家電、マニア向け家電など。)

● 神話・迷信の打破：

ものづくりは、すり合わせが必要な箇所などでは工学的に解明できず、現場でものづくり第一で考えていかなければならないところが出てくる。そういう中で、神話や迷信が結構ある。

As is (現状) となっているが、To be (あるべき姿) へと変わらなければいけない。

従来と同じ目的を達成するために To be を考えることが大事。現状のやり方は、そのやり方が考えられたときの技術や経済環境などに制約されていた。現在では、そのような技術や経済環境などは全く変わっているかもしれない。現実の忙しさにかまけて往々にしてこのような状況を見過ごしがちだ。原理原則に立ち返ることが大事。

神話や迷信とは例えば、「ここは自動化が出来ない最後のところだ・・・」などだが、このようなところも理論化を追求して自動化を進めていく事が大事。名人が断言することを鵜呑みにしない。

「～が我が社のノウハウ」、「～理屈通りとはいかない」という話をよく耳にするがこのような神話をいかに打破していくか、10年、20年伝統を作ってきた人が出来なかったことが、理論化出来れば1、2日でできてしまうことがあり得る。

しかし、どうやっても出来ないことはある。その本当に出来ないことを抽出して、それがなぜ自動化できないかを解明していく事が大事。結局、本当の差別化技術は、このようなところにしかない。

● Best Practice :

この意味では、「日本企業と米国企業のどっちがいいかではなくて、この会社はいいがあの会社はダメということだ。

ありとあらゆる方向を網羅的に評価して絞り込み、いろんな方法（単純な数式最適化ではない方法）、他と異なる最適化のノウハウ、コアを抽出して差別化していく。

何か起きたとき、すぐに対応して変えられるという体制や考え方が大事。作るものをよく分析して、環境条件を網羅的に示して評価していく、これをシミュレーションすることが出来るようになってきた。

こういう方向でやって行くべきだ。従来技術はブラックボックス化しがちだ。誰に聞いても何故そうなっているのか、わからなくなってしまう。上記のようにして技術の透明性を確保することは重要だ。

● プロセスの自動化の考え方 :

完全にわかったことは自動化（定型化された知識の徹底した再利用）していくが、とうていわからないことは自動化できないので人間がやる。

考えることを考え終わったら後はものが出てくる場所まで技術を極めていくことが大事。

米国の考え方は、製品企画でものとして設計してしまえば後はアウトソースして、工場できあがってくるというオプションで付加価値を出していく。

ものづくりの知識を管理（知識のライフサイクル管理）することが重要だ。それは徹底した定型化という作業であり、ブラックボックス化にはいけない。

差別化できる知識は本当はよくわからないものだ。実際にやっているところにしかわからないから差別化技術になる。ものづくりを最初から最後までやらなければいけない、ということだ。それがわかってくるとインフラストラクチャーになる。みなに共有される技術となる。競争は、この共有技術の上でなされることになる。（従って、「機械にできることを人がやる」ような企業には勝機がないことになる。）

● 自動車が全て統合型ではない :

セルシオに代表されるような高級車などにおいて、車-統合型といわれているが、どうしてそうなのかという問題として認識すべきだ。（どこの技術で、統合型になってしまったのか。）

ある種の車はむしろモジュラー型であって統合型と言えないものも出ているという認識が必要だ。

● 製品開発プロセスと製品設計の動向：

工業先進国がどこで差別化して途上国と競争していくか——それはまず作る玉を用意する（商品企画による付加価値）、基礎品質を作り込む（制御された基礎品質）、多様化+スピードに対応する（人の創造力と生産自動化）、製品設計からプロセス設計へ（体系的なものづくり）、上流指向+統合化、グローバル化（コラボレーション）、メカトロニクス（多様な要素技術と統合化設計）、など設計工学の発展が大事だ。

● 情報ツールを活用した設計概念：

これまで設計という概念がきちんと確立していなかった。ものづくりを変革していくとき、それぞれの設計をどうするのか、情報ツールをどう使っていくのかが問題だ。

初めは仮想なものが最後は現実のものとなっていなければならない、これが仮想と現実の融合ということだ。設計途上では、いまだ存在しない新型エンジンを既存の車台に載せて運動性能を予測したい、など仮想物と現物を組み合わせることが普通だ。

過去は仮想は仮想、現実が現実だったところに問題があった。

フロント・ローディング、コンカレント・エンジニアリングが IT を介して、現実化してくる。

ヤマカン制御がシステムの的にできる、つまり、（仮想+現実）融合テストによって機能検証を事前にできる。

テストするものは車のランプの見かけの評価など、仮想評価だけで済ませられるようになってきている。CM 作成現場においては、車の完成を待って、走行評価を現実に走らせてからやろうとすると CM が間に合わないの、仮想で走らせて CM を作ってしまう。

● 変動への対応：

生産量が変わるとラインに作業者を張り付けて人数を増減させるように、ラインのロボットの数を変動させるという考え方がある。

セル生産は人間がやっていたが、これからはどう仕事が変わっても day by day で組み替えながら、変動に対応させるようなシミュレーションを IT で検証出来るよう

になっていく。

どういう情報をどういうレベルで提供すればいいか、すべてが曖昧で始まるが最後は100%決まってくる。それをどう管理していくか。世界3極24時間でどう動かしていくかが課題だ。

● エンジニアの仕事：

エンジニアの仕事は、自動化できる可能性がある工学的な仕事よりはディシジョンメイキングをすることがメインになる。

エンジニアは普通「全ての解決方法の可能性」を考えるが、お客さんのことを考えると「望ましい（目的志向の）解決方法」を考えなければいけない。それが伝統的なエンジニアの仕事であったが、お客さんのことを考えるための仕組みが今までにはなかった。

このような意味でエンジニアにおけるネゴシエーションを支援するような仕組みが求められる。従来のCAD、CAMに意志決定支援システムを付加していく必要がある。

設計者の意志決定を助けるために、プロセス技術～材料～などを総合的に整理・表現していく計算機の支援ツールが求められる。

従来の工学は個別工学 or 領域工学・・・それに設計学、設計工学や計算機援用技術などの総合工学が新しく出てきた。

計算機を使ってものを作る課程が体系化されてきた。日本語を言語として使うのと同様、計算機を使ってやっていくことが、言語として重要になってきた。

● 計算機援用技術の効用：

既存のCAD、CAMは一応完成した。今後は、もう一段高いところで実用的なシステムを構築していく必要がある。

例えば、技術情報を共有できる、広い意味の品質・クオリティを含めて評価できる、QAを管理できるなどだ。こういう技術資産としての知識の体系化が求められる。

プロセス管理における仮想・現実の融合、広義のサプライチェーンマネジメントがプロセスイノベーションの考え方になる。その際の問題は、情報共有・品質・知識だ。

● 独の国家プロジェクト：

これは（3-4年前 50 億円規模のもの）、従来の設計支援方法を見直して、新しい方法を開発しようとするもの。現在は終了して、産業界へ技術移転されている。

これからは計算機のデータの中にデジタルマスター（技術的整合性を保ったモデル）があって、一貫して支援できる支援システムを作ろうというもの。

実は 20 年前にもこういうプランを描いていたが、それが現在実現化に向けて議論できるように、基本的なものづくりの技術環境が整備されてきた。

● 設計手法と設計知識の確立～過去の知識の再利用と知識蓄積の仕組みも：

新たな設計ミスというのは多くない。膨大な情報のうち、90 何%かは過去のものを利用することができるが、紙ベースでは大変。それを過去にあったことが必要な時に出てくるようにすることは有意義だ。

設計ミスのほとんどは、過去にもあった同じものが多く、その繰り返しだ。

それを検索できる仕組みを作ることが大事。設計支援のツールとして不可欠のものになってきた。

繰り返し実行して言語化していくとそれが既存知となって蓄積されていく。それをブラックボックス化せず蓄積していく仕組みが必要だ。

例えば、バンパーの設計は定型化されている。それを昔風にやると再利用できなくなってしまう。それを再利用できるような仕組みが求められる。もちろん、新しい技術や機能を組み込んだバンパーは定型設計ではできない。再利用と新規設計を明瞭に区別できるような設計手法や設計知識の確立が重要だ。

● EXPERT KNOWLEDGE どこで競争力を出すか…高品質。

計算機支援の技術を従来のよりもはるかに精密に支援できる。仮想の世界と現実の世界。どの程度の精度で表現されているのか、今はよくわからない。ある意味、過剰品質となっている可能性があるが、今後、どこまで制御して手を抜けるか（品質の制御）が焦点となる。結局、過剰品質は、設計や生産の精度が低いために起きる。環境配慮設計などの観点からは、適正品質設計が求められるが、これはきわめて困難な課題だ。

このような IT による仮想と現実の融合技術は、製造工程で誤差をもったまま行ったりするとき、その誤差による振る舞いがどこまで許されるか、製品としての精度で許される範囲からみた部品が求められる精度は相当厳しいものとなるが、その適正品

質を制御できるかどうかが大変であり、部品の組み合わせにより発生する誤差をモデルの上での振る舞いによる誤差を、モデル上でどこまで検証できるか、現状ではそこまで既に視野に入ってきている。

- デジタル化

人手ベースから計算機支援ベースへ、どこがコアで、デジタル化できるか、また、どこがデジタル化できないか→コアのノウハウは何か、などを整理していく上でのデジタル化が大事（技術資産としての知識の体系化の問題）。デジタル化は、結局、技術の可視化（見える化）だ。この本質を見過ごしてはいけない。

仮想と現実の融合による高品質生産が大事だ。

今後の課題としては、仮想世界と現実世界のギャップ、つまり、不完全なモデリング、不確実なノイズ、ライフサイクルにおける劣化などの課題、適切な融合という課題、品質の制御（どこまで手をぬいてよいのか）という課題がある。

2. --- (14) 東京工業大学大学院社会理工学研究科 圓川 隆夫 教授

「モノづくりのパラダイムシフトと組織能力」

16. 11. 16 講演要旨

- 日本企業の弱み：

日本企業のものづくりの組織能力は強いが、そこから収益に結びつける戦略は弱いといわれている。環境変化そのものよりも組織内部の問題のほうが大きい。

- ものづくりのパラダイムシフト：

我が国の強みは、日本人の精神構造に立脚した帰納的な仕事にある。変化への対応には帰納的な仕事が不可欠。しかしながら、演繹的な仕事の仕方のインフラがあってはじめて帰納的な仕事が生きてくる。

帰納的な仕事の仕方：問題や変化を観察し、そこから学習、改善

演繹的な仕事の仕方：最適な仕事の仕方を設計・標準化しそれに従うというやり方

- 日本の生産システムの課題：

トヨタに代表される日本の生産システムは、アメリカで徹底的にベンチマーキン

グされ、リーン生産システム（売れるものをタイムリーに開発／生産・供給連鎖（サプライチェーン）・開発同時化/ワークレベルの効率化を図る仕組み）として世界に広がったが、その生産性向上は従前の1.5倍に過ぎない。

テーラーイズムが導入された時の50倍と比べまだまだ。日本はもう一回情報化という面で演繹的やり方に戻る必要がある。

● 売れるものを作る時代に：

1900～1960年代のものを作れば売れるという時代から、売れるものを作る時代になってきた。

その昔、染色してから縫製するというステップを踏んでいたが、逆に縫製してから染色すれば売れなくなるリスク（その色が売れ残るというリスク）が減少する。このようにお客のニーズを汲み取ってから製造するというような製造業の時代が訪れようとしている。

ものづくりを考える範囲が拡大してきて現在では製品ライフサイクルまで考える必要が出てきた。

● 日本式のものづくりの強み：

狭い意味の日本式のものづくりの強みは、まだまだ日本が強い。「品質をよくすればコストも下がる」（我が国では当たり前の格言だが欧米ではそうではなかった。本当にいいばらつきのいいものを作ればコストも下がる。）、「次工程はお客様」、「品質は工程で作こめ」、「品質とコストは設計で80%決まる（源流管理）」、「在庫は諸悪の根源」などの格言を生み出してきた。Kaizen、ポカヨケ、自主保全、多能工、ジャスト・イン・タイムなどの言葉の発明も同じこと。

ものづくりの競争優位を支える日本モデルの3本柱は、改善力・可視化の範囲拡大・源流管理だ。源流管理は設計時に品質管理を設計の中に入れ込むこと。情報やビジョンを共有できるかどうかがこのからの企業レベルの競争力の差異に於いて大きな問題になる。

● ものづくりの組織能力と戦略：

80年代までの直線的目標のもとでは、組織能力および裏の競争力の強みが収益力にも結びついた。しかしながら低成長で持続的発展が求められる時代には、“何を”という的確な戦略が無ければ、せつかくの組織能力も生かされない。収益力を決めている制約条件は何か、これを外した改善は何ももたらさない。

● TOC(Theory Of Constraints) システムの改善・改革の哲学：

日本の JIT などをベンチマークして米国が考え出したもの。個々の要素がいくら良くてもシステム全体のパフォーマンスが良くなると収益力は上がらない。この中で一番弱いところを見つけて鍛える必要があるという考え方。

システムのパフォーマンスは、鎖のアナロジーで一番弱いリンクによって決まる。最も弱いリンクが制約条件（物理的・ポリシー）であり、その最大限の活用とその改善・強化だけが、システムのパフォーマンス向上につながる。

日本企業が収益力が弱いといわれるのは、企業が収益力というゴールに向かっていることのメジャメント（全体最適）の不在にある。スループットの縁（裏の競争力のこと、JIT：在庫削減、TQC：品質向上による変動削減、TPM：コスト削減）を見ているだけだからだ。その上に目を付けよ。

● 日本社会の精神的強みとものづくりの方向：

日本社会の精神的強み：永谷敬三「これからだ！日本経済」朝日新聞社他によれば、日本人の精神構造（日本的インスティテューションの源泉）は以下の三つに集約される。

- * 曖昧さを許容する能力 (ambiguity tolerance) →変化に対する柔軟性 (改善)、未定義でも前進できる
- * 対外恐怖症 (xenophobia) →外国の事物に対するあくなき学究心
- * 事後的公平を許す →調和を尊ぶ、集団主義、共存原理（組織の繁栄あつての自分の生活）、今はまあまあ、後で報われる。だが集団意識が出来る。初めの契約で自分の取り分を決めてから動き出す欧米中国とかなり違う。

効率と公平という両立しない目標を達成できる。この強みを逃す手はない。

組織制約が何かを探ることが大切。社会制約か時代制約か。これからは時代制約とか環境とか外敵をうまく使い、危機をチャンスにすることが必要だ。

ものづくりの方向には、次の三つがある。即ち、技術・技能の可視化によるデジタル・マニュファクチャリング、徹底したスキルレス化による遅延化戦略製品設計、ユビキタス・マニュファクチャリング、多能工育成によるマイスター・マニュファクチャリングだ。各企業はこれらの三つの組み合わせをどうとるかということを考えていかなければいけない。

遅延化戦略製品設計では、一人一人違う仕様書が要求されるカスタマイズをなる

べく顧客の近いところだ。徹底的にモジュール化しておく。それらを組み合わせて様々な仕様に対応する。中で加工してしまう仕組みまで考えることができる。

多能工化は高価なものや一品一品違う物を作るときなどにマイスターが対応するというやり方だ。

三つに共通しているのが、ITをうまく活用する。スキルレスにする（間違わないように）ということだ

● IT革命といえるためには：

IT革命と称するからにはせめて生産性が10倍位にならないと革命とはいえない。ITが目指すべき方向として意思決定支援技術、ネットワーク関連技術、情物一致技術（AIDC技術）の三つがある。AはAutomation、IはInformation、DはDigital、CはCoincident。今より10倍のオーダーでスピード化、効率化を可能にするビジネスプラットフォームが構築される可能性がある。ITを使えるような仕組みへの変換が求められる。トレーサビリティ+セキュリティ→全ての物品が識別できる時代へ。

● 環境変化に対応できるようにするための結論：

日本人の組織能力を使う、戦略を立てる、自分のあるいは自社の何が中核問題か、という点を抑えること。

3. --- (23) 東京大学 生産技術研究所

サステナブル材料国際研究センター 山本 良一 教授

「環境に配慮したモノづくりを」 17.1.13 講演要旨

● 1秒の世界：

「世界がもし100人の村だったら」をみると、地球上には極めて格差の大きい社会が広がっている。それに対してダイナミックな世界変化を把握するために出版したのが、「1秒の世界」だ。これによれば、一秒間に2.4人づつ人口が増え、760tのCO₂が排出される。これは体育館32棟分、39万m³のCO₂に相当する。一方、酸素は1秒間に710tずつ減り始めている。膨大な車、TV等が生産されており、到底サステナブルとはいえない。

● 温暖化の影響 :

IPCC の第三次報告書によれば、21 世紀末には地球表面の表面温度は 1.4~5.8℃まで上昇する。現実には炭酸ガス濃度が増大し平均気温が上がっている。実は 100 年だけ見ても駄目。報告書には、たとえ 2100 年に我々が大気中の温暖化濃度の一定化に成功しても、大気中の寿命が長い CO₂、NO₂ 等温暖化効果ガスの影響が継続するので、その後も 100 年間で 0.2-0.3℃の温度上昇が続き、グリーンランド等の氷床融解が進むと予測している。また温暖化がアジア地域にも様々な影響を及ぼすと記載されている。

● CO₂の深刻さ :

CO₂を杉に吸収させるとすると、年間一本当たり 14kg。人間が放出する CO₂は 320kg/年、杉 23 本分必要な計算だ。自家用車一台から排出される CO₂は 320kg/年、杉の木が 160 本必要だ。

CO₂がどれだけ深刻かを、2004 年の日本で起きた主な異常気象によって見てみると、各地で真夏日の最多日数を更新、台風が年間最多上陸記録(1951 年以來)を更新、記録破りの豪雨がある。世界各地で同様の異常が観測されている。

● 地球生態系は崩壊不可避 :

日本人の年間物質関与総量は 45 t。米国人は 85 t。中国人・インド人が米国人並の消費をすると地球生態系は崩壊不可避だ。

日本の金属消費量は年間約 1 億 1 千万 t、非鉄金属の約 50%は使い捨てされる。非鉄金属は枯渇性資源だ。リサイクルしても、化石燃料を使えば、SO_x、CO₂が出る。枯渇性という意味では亜鉛は悲観的、ニッケルは亜鉛よりは悲観的でないが早晚枯渇する。

材料を使う場合、環境への影響が低い素材を使い、岩石の量まで計算に入れるべき。必ず環境影響を考える必要がある。その計算方法が LCA だ。

間接的に捨てる岩石も考慮すべきと考えると、1 kg の銅には 500kg の岩石を、白金 1kg には 320t の岩石を捨てている計算。金 1kg で 560kg 捨てている。これは環境負荷だ。どういう材料を使うか、どういう生産方式をとるかが重要であり、これらの点を根本的に変えなければ我々の生存はありえない。

● サービス経済への移行を :

工業経済からサービス経済へ速やかに移行すべき。製品の交換価値より利用価値

を、製品の効用の最大化を、システム機能の長期間にわたる最大化を重視する必要がある。

メーカーは製品を売るのではなく、機能、性能や結果を売る方向にビジネスモデルを変える。

製品はサービスを提供する機械であり、サービスこそが究極的な贅沢。所有からサービスの享受へ、所有から利用へ。“モノ”消費を重視する経済から、“サービス”消費を重視する経済へ変わる必要がある。

ITによる環境負荷の低減、高品質のデジタル財の開発。

高品質の公共財（教育、医療、保安、公園、娯楽等）の整備、税、補助金のグリーン化。

● 製品販売と機能販売の特徴（UNEP PSS 報告書より）：

伝統的な製品販売（触知できる製品を売る）

消費者が家やオフィスを掃除するのに掃除機を購入する。

消費者は掃除機を所有し、使用し、保管する。

クリーニングのメンテナンスや品質に責任を負う。

消費者にとって初期コストはかなり高い。

消費者は最終的に掃除機を捨て、買い換える。

革新的な代替法：

プロダクト・サービス・システム（機能を販売するイメージ）

消費者は掃除機をレンタルする。会社が所有し、メンテナンスにも責任を負う。

消費者は使用とクリーニングの品質に責任を負う。消費者にとってのコストは時間的に分散する。会社が廃棄に責任を負うため、寿命延長やリサイクル設計へのインセンティブがある。消費者は企業から家をクリーンにするためのサービスを購入する。（企業が消費者のニーズに従って機械や手法を決定する）。会社が掃除機を含むクリーニングのための機械を所有し、メンテナンスし、保管する。会社がクリーニングの品質に責任を負う。消費者にとってのコストは時間的に分散する。会社が廃棄に責任を負うため、寿命延長やリサイクル設計へのインセンティブがある。

● 環境効率と資源生産性を無限大に：

先進国が成長をさらに拡大しようとしており、さらに BRICS が先進国並の成長を目指している。環境効率と資源生産性を無限大に高める必要がある。75%投入エネルギーを減らすべき。つまり4倍効率を高める必要がある。すでに20%オーバーし

ている。途上国 14%、先進国は 1/5 に減らす必要がある。

● **社会的普及のための戦略：**

そのための技術開発とその技術の社会的普及が必要であり、その戦略は次の三つだ。①脱物質化、②物質の代替化、③脱炭素化。

①物質化（あるいは脱物量化）とは、省資源、省エネルギー、長寿命化、修理、リユース、リサイクル、ゼロ・エミッション化、サービス化（モノからサービスへ）、IT 活用、土地使用の減少

②物質の代替化とは、豊富にある資源への代替、再生可能資源への代替、毒性のより少ない物質への代替

③脱炭素化とは、炭素あたりの発熱量の大きなエネルギーへの代替、温暖化効果を招かないエネルギーへの代替

● **エコデザイン：**

脱物質化の障壁をエコデザインで乗り越える必要がある。

①多くの工業製品が直接人間に向け、あるいは人間の大きさに関連して作られており、勝手にその大きさを小さくできないこと。

例) ノートブック、机、椅子、パソコン、PDA、キーボード、携帯電話、住宅、自動車、電車、テレビ、道路、交通信号 e t c

産業エコロジー、グレーデル&アレンビー（後藤訳、トッパン）

②エコデザイン、製品のライフサイクル全体での環境効率（エネルギー効率、資源効率）を最大化する。

③省資源、省エネルギー、長寿命化、修理容易化、機能拡張容易化、部品の再利用、リマニュファクチャリング、リサイクル、熱エネルギー回収、タイムレスデザイン

④製品サービスによる代替（レンタル、共有 e t c)

⑤さまざまなスケールによるゼロ・エミッション

エコデザインが 21 世紀技術競争力を支配する。

● **環境適合設計：**

ライフサイクルデザイン、ライフサイクルエンジニアリングとも言われる環境適合設計によって、製品改善→設計のやり直し→機能革新→システム革新という具合

に環境効率を上げる必要がある。

①環境影響物質削減 (minimizing hazardous substances)

ライフサイクルを通じて有害物質の排出を極力低減させるように管理されている素材。使用時の漏出や使用後の拡散の危険のある物質の代替や、それを防ぐための管理システムの組み込みなどによる。

例) 鉛フリーはんだ、鉛フリー快削鋼、ハロゲンフリー難燃プラスチック、クロメートフリー銅板 etc.

②低環境負荷資源 (green environmental profile of resource)

資源の採掘に伴う環境負荷が小さい素材。資源枯渇への影響の少ない天然の再生性資源からの素材や、採掘や抽出の負荷を回避できる廃棄物や副産物などの人工物資源を原材料にしたものも含まれる。

例) ウッドセラミクスなど再生性資源利用素材、エコセメントなど廃棄物利用素材。

③低環境負荷プロセス (green environmental profile of processes)

素材の抽出や合成、加工に伴う環境負荷など素材化されるまでの環境負荷が小さい素材。さらに、リサイクルや廃棄時の資源やエネルギーの投入を少なく出来る素材や、最終廃棄物の少ない素材も、製造者責任の観点からこの中に含まれる。

例) 水熱反応など低エネルギープロセスで得られた素材。TULC 缶など工程改善素材

④高リサイクル性 (higher recyclability)

分離や生成などに多くのエネルギー資源の投入を必要とせず、循環的な利用が可能な材料。循環後も一次素材と同等の性能を有するクローズドリサイクルだけでなく、人工不純物などの管理をしたオープンリサイクルも対象となる。また、製品に高リサイクル性を付与するための解体指向材料もこの範疇に入る。

例) 組成統合合金及びプラスチック、単純組成素材、アップグレードリサイクル素材、解体指向素材

⑤使用時の高生産性 (higher resource productivity)

使用目的に対して、より少ない資源投入で効果をあげることが出来る材料。軽量化、小型化、省エネルギーなどを実現することができる材料。ライフサイク

ルを延長できる耐久性の材料や電磁鋼板などエネルギーロスを削減できる材料も含まれる。環境適合型のエネルギーシステムを実現できる材料も広くこの範疇に含むことも出来る。

例) 軽負荷構造材料 (Mg など)、低損失材料 (電磁鋼板など)、高動力材料 (無段変則ベルト素材など)

⑥環境浄化性 (environmental purification effects)

材料が外界に及ぼす作用として、周囲の環境の中に含まれる有害な成分を検知して分解や吸収、凝縮などにより除去することのできる材料。

例) 光触媒、環境触媒、ゼオライトなど浄化材料

● サステイナブルテクノロジー :

エコ・エフィシエンシー・テクノロジーからサステイナブルテクノロジーへ変わっていかなくてはならない。エコデザインとユニバーサルデザインを統合する必要がある。これがデザインマネジメントの課題だ。この統合が機械設計の大きな課題。イノベーションを教えてそれを普及させる。普及を考えないイノベーションは考えられない。いかに市場競争をやらせて優れたエコデザイン、CSR デザインをやらせるかが課題だ。

● CSR :

CSR は持続可能発展のカギだ。

消費者にとってグリーン購入やグリーン投資等の権利を行使すること (あるいは義務を果たすこと) によって環境や社会へ配慮している CSR 企業を支援できる。結果として「社会」の持続可能性を高めることができる。

Ⅲ. 有識者ヒアリング要旨

以下についてもⅡと同様、表題の構成は、通し番号、括弧内引用先識別番号、引用先の順だ。それぞれの要旨については、インタビュー等ないしは講演を基に政策科学研究所にてまとめたものだ。

1. ---(1)法政大学工学部経営工学科 西岡 靖之 教授

「モノづくり環境の変化とそのインパクト」16.10.16 Eメールでの回答要旨

● 消費概念の変化：

消費という概念が変化してくる。自分にあったものを自分で作る、作ることが消費行動になる。従来の単純な消費行為では消費者の知的欲求が満たされなくなる。

● 自動化：

自動化より人間がやった方が早い場合がある。たとえばトヨタ式の自動化（ニンベン付き）のように、人と機械が協調したジドウ化もある。この場合には、必ずしもコストはジドウ化に合わせて上昇しない。

説明できればそれを普遍化（自動化）するのは当然の姿、説明する相手（市場の要求と基本技術）が常に同じでない場合が問題だ。

● 生産プロセス：

セル生産は変化に対応する仕組み、きちんとした定義はない。

生産プロセスは、情報システムとの関連が重要に、全体の流れの管理がますます重要に。技能レス、訓練レスを可能にする設計技術は、革新的ではないかもしれないが確実に進み、技能レス、訓練レスはプロセス設計の一つのキーに。

但し、技能によるアートな世界は全て（＝技術進歩？）の源泉であり、これがなくなると進歩が止まってしまうという意味で、平均以上の独創的スキルはかえって重要になる。また、平均以下のスキルはその重要性は劣後するものの、より高度なスキルを醸成する土台としての役割を担う。

RFID 自体はハード技術だが、それを利用したソフトウェア技術で革新が起こる可能性がある。

すべてがデジタル化、ユビキタス化するとは考えられない。知識集約型の産業分野で

のみ（コストに見合ったレベルで）デジタル化、コンカレント化が進む。

● 製造業は二極化する：

製造業は、顧客と生産との直結化が進み利用者主体の製造業と低コスト大量生産を行う製造業とに二極化する。

● 環境問題の捉え方：

環境に関しては、強制法規としての標準づくりが非常に重要になる。関係企業が行政の力も借りて自主的に作れるようになるかどうかは国際競争力の面でも重要な要素になる。

● スーパープロデューサー：

専門に特化した人材よりも、総合的にものどプロセス、企業と市場の関係をデザインでき、管理できるスーパープロデューサーが必要。

どれだけ未知の問題に挑戦できるか、経験できるかが問題。従来型知識伝達、技能伝承ではダメ。

● 若者の製造業離れ：

若者の製造業離れについては、マスコミの影響が強い。製造業を過去の枠組みで捉えている。若者はクリエイティブな仕事に飢えているのに、製造業は工場ラインの前で体育会系的な規律をもって黙々と作業をするイメージを与えている。「製造業の復活」というキャッチフレーズも良くない。古いタイプの製造業は復活しなくてよい。きちんとコミュニケーションできプレゼンテーションできる人材が必要だ。

人材多様化に対しては、能力に応じた報酬、将来性ではなく結果に対する報酬、技術や知識は与える（プッシュ型）のではなく、盗ませる（プル型）方式への転換が求められる。

● 生産現場の階層化と設計技術：

生産現場を明確に階層化すると生産性が落ち、結局企業にはマイナスになる。問題は、プロセス設計技術、作業のマニュアル化技術、人材教育のマニュアル化技術等、より上位の設計技術の進歩が求められる。マクトナルド（の初期）やデズニーランドの成功のように、この分野に徹底的に取り組めば、活路は見出せる。

● 問題は設計技術：

問題は、プロセス設計技術、作業のマニュアル化技術、人材教育のマニュアル化

技術等、より上位の設計技術の進歩が問題。現在のままだと破綻する。

マクドナルドやデズニーランドの成功のように徹底的に取り組めば活路は見いだせる。

2. --- (2) 産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究 センター 稲葉 敦 センター長

「環境問題とものづくり」16.10.18 ヒアリング要旨

● 環境問題の捉え方、考え方：

ものづくりにおけるITの活用のような展開と環境保全の問題は別立ての課題として捉える問題ではなく、相互に絡み合う問題としてみるべき。

環境保全の問題は、ものづくりの世界に置いて、DFE (Design for Environment) 即ち、最後の処理まで全部自分でやるべし (拡大型生産者責任) ということが言われており、設計から処分まで、ITを活用して情報管理することが求められている。情報管理がイコール人の管理となっている。別立てでは捉えられない。

● ものづくりにおける環境問題の管理方法としてのITの活用：

購入部材に何が入っているか、部材が出来るまでCO₂がどれだけ排出されているかなど、いろいろな情報の下で部材を組み合わせて設計することでものづくりを行っていくときに、環境にどのように取り組むか、ITを活用して情報を管理する。環境が制約条件だとすれば、ITはその解決手段だ。

● 求められるトータルな設計・管理手法：

環境・IT・その他の要素などを一つひとつ切り分けて考えるのではなく、全体として、会社の中で生きた構造として定着させる必要がある。それを設計、管理手法として切り出すことにより、環境問題に対応できる態勢を整備するということだ。

● 科学物質管理と情報管理：

ISO14000シリーズという環境マネジメントの体系がある。ISO14001を例にとると、自分達が環境保全をどうやっていくか、環境に対する考え方がきちんとしているかどうかだ。環境に対する会社としての管理体系を作り、その体系を維持・改善していくことがISO14000の本来の目的だ。そういう態勢が出来ていれば、どんな規制がかかってきても、対応可能だ。

● ISO の課題 :

今後、どのような規制が出てくるかはかわからないが、そもそも ISO14000 とは責任を持って果たすべき環境に対する経営方針を継続的に遂行しうる体質を作るための精神論だ。それゆえ、「紙・電気などの使用量やゴミの排出量を減らせ」、とか、「LCA を実施せよ」とか、「ラベルにして訴求せよ」という様々な規制が出てくることになる。ISO14000 には規制されるべき化学物質が明確には入っていない。これが課題だ。

● 環境問題とは :

石炭・石油という化石燃料や水力から、エネルギーを取り出し、それを企業が使う、出てきた廃棄物に対して、廃棄物処理法等の規制がかかる、出てきた廃棄物によって、大気や水、地球温暖化、CO₂、SO_x、酸性雨などに影響が及ぶこと。その受容者が人間や生態系だ。これが運命暴露モデルと言われているもので、最後の受容者までその影響がどのように及ぶのかをトレースすることによってそのリスクを分析する。

● 規制に対応するという考え方 :

RoHS への対応 (何が入っていたらいけないのか)、EuP への対応などは LCA そのものだ。それは丁度、風邪を引いたら風邪薬を飲むというような対症療法に似て、また、体力をつけよう、ISO14000 シリーズをやろうという考え方と同じだ。欧州の規制を考えると、それは裏で日本企業が作らせたという人もいる程だ (そのほうが日本企業には有利な面があるからという思惑からそのような言い方をする人が出てくる)。

3. --- (3) 東京大学工学系研究科 新井 民夫 教授

「製造業の目指すべき方向性」 16.10.26 ヒアリング要旨

● 製造業に於ける現状認識 :

日本の問題はあまりにもものに拘りすぎていることだ。今何をやるべきか、それは現場を重視してものと情報を一致させる努力をすべきだ。

自動車ではクレームモデルと現実の車を並べてフィーリングを考える研究をしている。現実の世界とバーチャルの世界を比較し、それを一致させる努力をしている。そうしないといい車が出来ない。

部品の調達を考えると、ものと看板はうまく流れているが、看板のやりとりが一

日 5-6 回なのに決済データは一日 1 回だ。数量と価格の決済情報が追いついていかない。

● 製造業が目指すべき方向：

日本が強かったものづくりをそのまま伸ばす努力が必要だ。欠けているのは情報システムだ。社会構造としてやりにくい社会だ。電力代、ワーカーレベル、大学教育などだ。

生産はサービス化、個人に合わせる個のケア、カスタマイゼーションという方向に変わる。

65 歳以上に対していいサービスを提供する。そういう市場は日本だけでなくやがて世界中に輸出できるようになる。

● 環境対策に必要な視点：

環境では売り切り産業を止めるという視点が大事。売り切りの発想が公害を生んできた。

コピー機やエレベーターは納品後のメンテナンスで持っているといわれている（規制の関係もあるが）。

車の一生を考えると一番儲かっているのは保険業と中古車業だという見方もある。自動車の売上高利益率はせいぜい数%台。サービスの分野で稼ぐ方が儲かる。

● 製造物個別管理：

製造したもの一つひとつに名前を付けて管理する必要がある。

RFID でもバーコードでもいい。私はこれを「製造物 DNA」呼んでいる。その製品の履歴、形態、物性、その他必要な情報をネットワーク上のどこからでも取り出せる仕組みだ。

国土地理院の地図のように管理されていれば、その地図を必要に応じて使うことが出来る。このような管理された情報が必要だ。情報が提供されればライフサイクルアナリシスも可能になってくる。

● これからの消費行動と技術：

高齢化社会ということは製造業の立場から言えば、「個に対応する」ということ。個に対応する商品を製造して、販売した後も面倒を見ていく必要がある。こういう技術は既にある技術で問題は社会基盤の側にある。これからの産業投資は個別産業

ではなくこういう基盤に投資すべきだ。

本来の製造業はアップグレード設計を受け入れるべきだ。

売りっぱなしでなく、また、上流から下流まで全体の価値を考えるばかりでなく、使う個人のことまで考えていく時代。つまりオートクチュール、個人データまでハンドリングしようということ。どこまでライフサイクルとして押さえているか、それは個人の消費行動のモデル化をどこまで進められるかということ。

● 自動化すべき分野：

これから生産性を高めていくには自動化だ。自動化の中心は第三次産業だ。製造業の成果を応用していく必要がある。

● 用意すべき仕事とは：

若い人を安い給料でフリーターとして使っていたら30年後どうなるか、皆わかっているはずだ。何も考えない人が増えてしまう。安い単純作業をやらせるのではなく、習熟度という教育レベルを上げるような方向の仕事を用意しなければならない。

● これからの方向：

従来は大量生産によるコスト削減を追求してきた。これからはクオリティを上げて個人に提供するという方向性を考えるべき。

● イノベーションの可能性：

製造プロセスのイノベーションの可能性はいくらでもある。現場でデータを取ることの強みを忘れてはならない。

多品種中量生産のための方法論はいくらでもあるが、それを生み出すための人材（研究者）が減少している。切削加工、鋳物などの国内の専門家がいなくなっている。

● 情報とものの一致：

ITについては情報とものが一致するような方法論を沢山整備すること。もののライフサイクル全体の価値を上手にコントロールする人が生産者でなくてはならない。

概念設計とは生産・消費から最後まで面倒を見るという商品を創造、開発すること。

- 環境対応：

環境対応では既にプラス効果が出ており、こんないい話は無い。ライフサイクル全体の中で環境をやっていくことが環境意識を高めることになる。

- これからの人事管理：

これからの人事管理という意味では、問題解決能力が求められる。理系の人は表現力が弱い。電気の方は電気、機械の方は機械という表現方法になってしまう。そこで Project Based Learning を採り入れている。教育から学習へ、解説から解決へ。

- 人間がやるべき仕事とは：

人材像という意味では、狭い領域に閉じこもらず、しかし専門性は否定しないという態度。給料が安い単純作業を人間にやらせるのは良くない。OJT で習熟度を上げていくような仕事にすべき。OJT、ライフサイクル、製造物 DNA がキーワードだ。

4. --- (4) 放送大学 森谷 正規 教授

「捨てよ、先端技術、蓄積型技術の強み」 16. 11. 5 ヒアリング要旨

- 先端技術のパラドックス：

DRAM のように先端技術だにも関わらず、後発国の方が却って強いという現象がみられる。これを先端技術のパラドックスと呼んでいる。

- 自動車の技術特性：

自動車は成熟技術だが技術の蓄積があって始めて成り立つ。

- 日本に合う技術と合わない技術：

技術には「合う技術」「合わない技術」がある。

欧米にはいいものを安く作るという発想がない。米国は軍事技術中心だ。欧州は階級社会を反映して高級品中心だ。日本には競争相手がいなかった。それが 70, 80 年代だ。台湾、韓国、中国は安い労働力を活かすために大量生産でしかも最先端技術をやりたがる。この三カ国になくて日本にあるもの、それは技術の蓄積だ。蓄積が活きる技術がキーワードだ。機械工業はローテクといわれたが、深い蓄積の上に成り立っている。簡単には流出しない。だから強いといえる。

● モジュラー型、インテグラ型：

モジュラー型、インテグラ型という見方がある、これは設計のアーキテクト、つまり製品の性格を表している。

● 日本企業の進むべき道：

次の二つの軸を提案している。蓄積が必要と不要という軸（技術の移入が容易か否か）、市場が巨大型か多様型かの軸の二つだ。

日本は蓄積型の多様型に活路を見いだすべきだ。工作機械・OA 機器の高級機は日本で、中低級機は国際分業でという棲み分けが可能であろう。

巨大型蓄積不要型は付加価値が低いので、外国に任せる。日本は高度なものを少量生産で行く。

日本も欧州も同じく高付加価値、高級品でぶつかるが、日本が自動車のように大量生産が得意だが欧州は大量生産が得意ではない。高級ではあるが欧州ほど高級ではない分野として「ニューラグジュアリー」というマーケットがある。ここをターゲットに出来る。

日本企業の経営の質や日本企業の利益率の低さが問題になっているがこれは経営の質の問題だ。

● 心配ない人材問題：

人材の問題は心配していない。トヨタやデンソーでは現場の優秀な人を集めるのに苦労していない。現場で働くという遺伝子は健在。現場を大切にする風土も残っている。韓国では技能五輪でメダルを取ると直ぐにネクタイを締めてしまう。作業服を嫌がる。この風土はそう簡単には変わらない。手に職を付けるという考え方は日本特有。

「ローテクは実はハイテクよりもすごいです」という本にもあるとおり、小さな会社でも技能は伝承されており、需要があれば供給されると考えていいのではないか。

試作は必ず必要だ。ツーといえばカーという関係が大切。

熟練には、身体熟練型技能と思考熟練型技能がある。

終身雇用で企業内で育てる方が合理的。終身雇用は技術の流出を止める。

今の若者は動機と機会を与えさえすれば、能力を発揮する。

● 日本の位置づけ：

「日本は世界の工場の工場」になる。部品や生産財・資本財を供給する工場だ。

きれいに撮る、感触がいい、使い勝手がいい、美しい、見た目がいいなどのような感覚的に高度で、すばらしい機能を得るには工夫が必要。そのような工夫をするには蓄積が必要。趣味や好みが必要な世界で先の先を絶えず開拓していくことが日本の進むべき道。

● この先日本に「合う技術」とは：

- ①ニューラグジュアリーと呼ばれるような「高級な製品」
- ②深い蓄積が必要な素材と加工による「高度な部品」、いくつもの分野の技術蓄積を活かした「総合力の発揮」
- ③高度なハードウェアを基にしてハードを超えるビジネスを広く展開していく「ソリューション」を活かすこと
- ④環境破壊、廃棄物問題、交通事故・渋滞、防災、福祉など社会問題全体を指す「環境」への対応

5. --- (5)ものづくり大学 野村東太 学長(元横浜国立大学学長)

「ものづくりと人づくり」16.11.10 ヒアリング要旨

● 問題発生の予兆：

日本のものづくりに警鐘が鳴り始めたのは実は20年以上も前からのことであった。産業界の現場で実際にもものづくりに携わる職人や、その後継者がいなくなってきたというのがそもそもの発端だ。

● ものづくりとは：

ものづくりというのは人類だけの特徴だ。ものをつくるということは、人類の基本的な行為だ。産業や社会の基盤をなすものだ。

● ものに対する価値観：

従来のものの価値は所有権や財産権が中心だった。今は使用权や利用権というのが生み出すサービスやソフトにその価値が移って来つつある。所有権、財産権を求めずに、ものの利用権を得て、そのものが生み出す利便さや快適さなどを享受す

る傾向が出てきた。

人々の価値観の多様化は、ものの見方にも反映して、人々は画一的で平均的な一括大量生産された標準品に飽きたらず、自分にあったものを求めるようになってきた。ものの潤い、ものの味わい、ものの暖かさ、ものの美しさ、などを求め始めてきた。

人々は自分の要求に機能的に的確に応えるもの、大切に使えば使うほど応えてくれる質の高いもの、感覚的にも自分のセンスにぴったり合ったもの、他とは異なった個性的で独自性があるものなどを求め始め、いわゆるカスタマイゼーション（顧客注文生産）の時代になってきた。

この潮流は産業界だけでなく、教育や医療福祉や行政など社会全体で起こっている一連の顧客中心主義の流れのひとつ。「供給者側の論理から消費者側の論理への転換でもあると思われ、社会における主人交代の流れだ。

生産者の生きた顔が見える生産物や製造物の要求は、生産責任のトレーサビリティ（出所追跡性）の要求でもある。

ものをつくる時はそのものの使われ方までも判断して、自ら倫理責任を持つべき時代が変わっている。PL法（製造物責任法）は「悪いもの」を消費者から排除する流れの第一歩といえる。

● 若者のものづくり離れ：

これは現代の若者の多くが大なり小なり持っているといわれるユース・アパシー（若者の無気力、無関心、無感動）のひとつ。

ものづくりが身近になく、体験したり、感動する機会がない。ものづくりの基本はものに触れて感動することだ。

原因として次の六つがある。体験の機会がない、感動する心が育っていない、大量生産現場では自己実現しにくい、手と道具による一般型技能の減価（職人魂喪失）、労働の未体験、徒弟制度（親方の背中を見て技を磨け、先輩の技はこっそり盗め）の崩壊。

分業工程の中では全体が見えず、問題意識も達成感も生まれない。達成感がないと自己実現も出来ない。

● 科学技術の進歩：

10-20年もすると超小型の音声自動翻訳機が出来るだろう。予めインプットされ

た条件どおりの対応でなく、人間のように予想外のことに對しても臨機応変に対応するフレキシブルなニューロコンピュータが実現し、新しいロボットの時代が来る。ナノテクノロジーによって、全く新しい材料が出来る可能性がある。

科学技術の半減期は10年から3年に短縮されたと言われている。スピードの時代だ。

● **カスタマイゼーションと大量生産の二極化：**

これからの先進国はカスタマイゼーションの時代になる。消費者側の需要に基づいてものが作られる。消費者一人ひとりの個性や特質やその人が欲しいと思う機能にあわせて、即座に作って即刻納品することが重要になる。

先進国は高付加価値の高級高品質の多品種少量生産に進み、開発途上国は旧来型の少品種大量生産に進む。二極化する。

カスタマイゼーションの思想は「本来の主人公への回帰」だ。ものづくりの世界は使う側の意向を中心に変わってくる。オーダーメイドの時代になると、人間は複雑なオーダーにも適切に対応する。今後は既存の多能工的技能が貴重になる。

● **これからの技術・技能：**

ヒューマノイド型ロボットのような多面的に判断して加工する超ハイテク機械が完成すれば、人間がいなくても自動化から自働化へと進む可能性がある。

既存の技能で将来とも重要視される技能は、伝統継承文化財、工芸のような芸術昇華、新しい開発試作、カスタマイゼーションの多品種少量生産。これ以外の一般的技能は機械化が進む。

現代の企業は、かつての職人の生き方とは反対の道を歩んできた。「何よりも、骨身を惜しまず、良いものをつくる」という「ものづくり魂」の復活が、今こそ重要かつ不可欠な原点だ。職人の伝統的技能と魂を残すには、賞を与えるよりも、先ず、生き甲斐のある誇りある仕事を準備することが先決だ。

● **新しいテクノロジスト：**

基本的技能に科学技術を加味、マネジメント能力、起業への潜在力、感性と倫理、現場で問題点を発掘し、解決法を見だし、それを次の展開に繋げて行ける人材を育成したい。

● **地球環境がものづくりの基盤を変える：**

リサイクルはあたかも循環型未来社会の救世主のように強調される。しかし、短

期のリサイクルは、大量の一時的な廃棄物を生み、現物を収集・解体・分別し、添加・混入物や有害物質を分離除去し、莫大な労力とエネルギーで再資源化し、その上で再成形・再加工するシステムは最良の方法とは言い難い。

リサイクルのためのエネルギー消費と新たな有害物質の放出などは有害無益の結果になりかねない可能性が高い。リサイクルは資源の有効利用としては特殊な場合を除き、最後の手段だ。

未来を見据えたあるべき理念は、ロングレンジ・ユース（計画的長期管理用）の理念、リユース（現物再利用、現物転用）の理念、リダクション（ものの数量・規模などの縮小）の理念、ゼロ・エミッション（廃棄物ゼロ）を目指す理念。

● 長期管理用の理念：

良いものをつくり、少しでも永く使うという発想。

● 複数利用の理念：

長期間、ものを大切に使うには、多少の用途変更や補修・改修を加えて何度も再利用する（リユース、リモデリング）が不可欠。

エネルギー問題と経済問題と環境問題は、多くの場合、三者が対立関係に陥り、調和のとれた全てに満足していく解決法は見だしにくいのが普通。

6. --- (7) 東京電機大学 松村隆 教授、生産学術連合会議幹事

「ものづくりについて」16.11.8 Eメール及びヒアリングの要旨

● 人の排除は進歩の妨げ：

ものづくりは人間に与えられた他の動物に対して差別化できる唯一の創造的活動だ。ものづくりの現場から人を排除することはものづくりの進化を妨げることになる。無人化・自動化はそのプロセスにおいて人が考えることの出来る工夫のチャンスを失うことになるので、慎重対処すべきだ。アジア近隣諸国も最近是最先端の自動機を導入し始めている。彼らには、なぜそのようにしくみに至ったかまでのプロセスは理解されていない可能性がある。現在自動化・無人化されているところを再度見直してみることも必要だ。

● 技術の進歩：

技術の進歩は不可能や夢から始まる。決して夢物語を軽視できない。

- 未熟練労働力への対応と本当の技能：

技能レス、訓練レスを可能にする技術は確実に進むと思われる。本当の技能とは、すばらしい技能を身につけるためのプロセスを知ること。大切なことは知識を獲得するプロセスだ。

- ITのあるべき姿：

これからのITは情報機器から人への情報の流れがある双方向協調技術として利用される。ITは市場が大きく、競争力が要求され、短納期が要求される分野（輸送機器、家電など）は今後も進む。

本当にITを導入すべきところは「わかったところ」、「出来たところ」ではなく、「わかる」、「出来る」プロセスにこそ導入すべきだ。

- 人工物の影響：

人工物の生産に対する影響のプラス面、マイナス面がどちらがどの程度大きいのか、また、再利用・廃棄物処理などはエネルギー・コスト等をよく考えるべきだ。

- 人材像：

良い技術や新しい技術を生み出す技術者を見守ることの出来る上司（管理者）を育てる会社のシステムが求められる。人材が確保できるか否か、会社のトップの考え次第で出来るはずだ。

理論尊重志向が重要だ。上辺だけの知識と技能が横行しているように見える。基礎理論を学ぼうとする姿勢を作り出す職場が必要だ。

一般職こそIT導入のポイントだ。ITを使えば高度な専門知識を必要としない。流動化に柔軟に対応できる。

- 日本が進むべき方向：

中国にマネできない技術を磨くべきだ。日本人特有の手先の器用さ、刺身などの食材に対する舌の繊細な感覚、これらが高精度、高機能を追求する差別化戦略の基になりうる。

- 「製造業におけるIT技術」：

IT産業は作るIT、ITユーザーは使うIT、このように区別することが製造プロセスにおけるIT導入を正しく理解する上で必要だ。

CIMは20世紀最後の戦略的IT利用であり、PLMは21世紀の企業戦略だ。しかし

ITの利用に対する本質的な展開は全くなく、これまでのデータマネージメントと通信が主体だ。これまでのITは人から情報機器への一方通行だが、これからのITは情報機器から人への情報の流れがある双方向協調技術として利用されることを期待する。

● **ものづくりプロセス：**

ものづくりプロセスとは、プラモデル（組立のみ）、Lego（設計と組立）、木工（設計、加工、組立）、製品製造（設計、加工、組立、検査）とそれぞれ違いがある。

ものづくりプロセスでは、安く早く作る必要から、設計から検査までの過程でコンピュータシステムを導入する必要が出てくる。

- ▷早さの質；生産LTの短縮、製品の短納期化
- ▷柔軟性の質；多種少量、変種変量生産に対する適応
- ▷空間の質；遠隔操作、遠隔監視、グローバルコミュニケーション
- ▷技能の質；デジタルマイスター（技能のデジタル化）

デジタルマニュファクチャリングには、「出来た」こと、「わかった」ことの結果をデジタル化するという意味での「合理化のためのデジタル化」と「出来る」、「わかる」までのプロセスをデジタル化するという意味での「機能創出のためのデジタル化」がある。差別化するには後者のアプローチが必要だ。前者の結果のデジタル化では状況が変われば使えなくなる可能性がある。

● **機能創出型デジタル化アプローチ：**

機能創出型デジタル化アプローチとは、雑多の情報から重要情報を瞬時に抽出するスクリーニング技術のことだ。これは目の付け所や、考慮項目、考慮項目の因果関係を知っているからできる技術だとも言い換えることができ、この考慮項目の順序、因果関係をデジタル化することをいう。

7. ---(10)旭有機材工業（株）岡野 徹 代表取締役社長

「国内製造業復権への人づくり」16.11.29 ヒアリング要旨

● フレキシブルな工場運営の実現のための人事制度：

柔軟型雇用形態の採用：

日本的経営の三種の神器といわれた「終身雇用」「年功序列」「企業内組合」という制度は、高度成長、大量生産方式の時代に安定的な生産システムとして機能した。しかし、現代のような消費を主体とする経済体制下で商品の個性化とスピードある経営を求められる時代には、限界を露呈し、制度疲労を起している。したがって、まず雇用のフレキシブル化を確立しながら、顧客満足と品質・コストミニマムを達成しなければならない。この努力が「不連続な変化が不連続に起こる」といわれる時代に耐え、結果的には全体最適の雇用を維持するシステムをもたらすことになる。管理者は、長期正社員雇用を基幹とし、多様な雇用形態オプションを保持し、きめ細かく実行する意欲を持たなければならない。

すなわち、①契約社員、②派遣社員、③パート・アルバイト、④日系人を含む外国人、⑤六十歳以上高齢者、⑥インターンシップ学生等の雇用ミックスとアウトソーシング（業務委託）、ワークシェアリング、SOHO、本社業務の取り込み等、大胆に発想して実施すべきだ。このような施策は、高業績企業ほど取り入れているケースが多い。たとえば自動車業界では生産人員の30%を期間工でまなかい、その60%を外国人が占める例もある。日系ブラジル人の居住地は中京、群馬、三重付近に集中し、25万人に上る。自動車メーカーの主力工場所在地と一致していることがわかる。

柔軟型雇用の前提としての工場再構築：

柔軟型雇用の製造ラインへの適用には、既存の日本の工場のリファインがセットとなる。従来の日本の工場運営はどちらかといえば、オペレーターの集団的意欲・技能によって安定・安全運転が確保され、そのためにはオペレーターの長期にわたるOJTによる職務習熟が必要であった。その意味では第3次産業と比して、資本装備率の高い製造業での柔軟型雇用の取入れには管理者をためらわせる要素が多い。しかし、高コスト体質と決別するためには、無人化に近い省力化とサービス業に見られるような徹底したマニュアル化とオペレーションの画一化を図り、短期間にオペレーターが安定・安全な業務遂行をできるよう、工場をつくり直さなければならない。すなわち、フル・プルーフ型あるいはフェイル・セーフ型の工場にし、ISOや安全版ISOのOHSMS等を導入し、職務の標準化を徹底することが必要だ。従業員は高度

に省力化されたプロセスを動かすことにより能力アップし、プロセス全体を管理出来るオペレーターに育つことも可能になり、モラル維持が図れることになる。

既存社員の活性化：

柔軟型雇用を検討するとき、高齢化した現在籍社員の職務ミスマッチに悩む企業は多く、そのために検討できないという声もある。しかしこれは、人間の能力の可変性を過小評価する管理者側に問題がある。産業ジェロントロジー（産業老人学）の研究によれば、加齢（年をとること）によって衰える能力はほとんどない。職種転換できないと思い込んだ上司の判断がその壁をつくっているといわざるを得ない。私の経験では、日本最後のレーヨン糸工場を閉鎖した時、50歳前後の紡糸工程女子社員を情報関連の業務へ配転したが、着実に育成されている。省力化と共に、ベテラン社員の多能化された能力によるいわゆるセル方式の製造が可能となり、発展途上国がマネの出来ないものづくりが可能となる。

処遇制度の改革：

柔軟型雇用への移行は当然処遇制度、とくに給与制度を変化させ、成果主義、能力主義、地域給の色彩の強いものとなる。一方、事業構造の変化とIT革命により、在籍社員についても配置転換、ジョブローテーションが起これ、処遇体系も変化を迫られる。関係者、特に組合と十分な議論のもとに時代に合った水準と体系をつくらなければならない。また、変化への不安感をなくすよう、将来の職務イメージの提示を教育訓練が必要だ。

● ホワイトカラーの生産性向上：

今後は、本社、支社、工場間接部署で働くホワイトカラーの生産性向上のための施策がきわめて重要となってくる。すでにそれらの業務を改革し、システム化、ネットワーク化し事業効率を上げる手法が続々とアメリカから導入されている。このようなホワイトカラーの業務の体系化と標準化は、どちらかといえば日本人の不得意とした分野であり、キャッチアップが必要だ。

各職能、各階層ごとのポイント；

- ①事業部門の業務革新と情報システム化—販売・購買・物流系の業務最適化の検討とそのためのシステム化（例：ERP、SCM、CRM等）
- ②事業部門スタッフ、コーポレートスタッフの少数精鋭化—専門性のきわめて高いプロスタッフとサービス・スタッフに分離。
- ③コンピテンシーモデル作成による業務の明確化と自己啓発ルートの明示。

- ④実績主義、能力主義の人事処遇制度とそれを実行可能にする人事考課システム。
- ⑤経営、事業リーダーの早期育成。
- ⑥業務形態のフレキシブル化－在宅勤務、直行直帰、グローバルワークシェアリング、ネットワーク組織等効率的な業務形態の採用。
- ⑦専門能力活用型雇用の活用一定年後の専門技術者、M字型カーブ後半の女性、外国人技術者、ポストドクター等の活用。

● IT革命を事業にビルトイン：

情報機器の飛躍的な発達とインターネットに代表される情報システムによって、製造業のビジネスモデルも大幅な改革を迫られている。革命と呼ばれるほどの不連続な発展の先を予測することはかなりむずかしいが、起こった時に的確にキャッチアップする感度が必要だ。少なくとも道具として業務に採り入れ、あわよくば、その活用の中から次の事業の芽があるかもしれないと考えながら、導入を図る組織風土醸成が望まれる。

● 消費経済下における製造業の重要性の啓蒙：

GDPの20%を占めるにすぎない製造業の価値が国民によく判らない時代をむかえている。この為、企業あるいは産業界からの強いアピールが必要だ。

8. --- (11) (株) 日立製作所 元労政人事部、現グループ戦略本部

経営企画室萩原部長、グループ人材開発部石松部長代理

「人材問題」16.11.8 ヒアリング要旨

● V字回復に向けたものづくり人員削減とその影響：

経営改革としての事業セグメント再編と分社を進めた結果、現場の労働者（ブルーカラー）の人員は、10年前と比べ1/6位になっている。1990年30千人、今4～5千人。分社や業務効率・コスト追求の結果として、外作が多くなり、日立本体の従業員数が減った。しかし、ものづくりのコア部分まで外作した部分があり、若干反省しているところだ。「外で作ってもいいから、『ノウハウが生きる仕組みを志向せよ』」という号令をかけている。ものづくり現場の採用枠を絞っており、先々の人員構成を考えると、もう少し採用しても良いかと個人的には思っている。

● 技能系社員の社内学校での育成状況：

社内の技能系は社内学校で、中学卒業者を3年間育成して基幹技能者候補の育成をしてきた。現在は少子化や社会的風潮を反映して入学の希望者が少ない。定員確保が難しい。これからも基幹要員の育成をやっていく。毎年100人位は採りたい。今グループ合わせて来年度は80名（最盛期130名いた）。当社は総合電機メーカーであり、コアの技術に頼る生産と、そうでない分野とかが混在する。去年、一昨年と入学者がかなり落ち込んできており、この傾向は社長も危惧している。

● 社内学校での教育効果～人格形成と躰：

社内学校で何を教え磨くのか？と問われれば人格と躰と答える。技術を3年間で履修できる量は限られる。むしろ人格形成や躰の部分の効果のほうが大きい。全員寮に入れて教育する。企業理念やものづくりに対する「思いの強さ」を育む。挨拶、トイレのスリッパの揃え方なども仕込む。その他に工場現場での実習がある（3年目）。日本の中卒の数は少なくなっており、過去と比較して数量的な理由からポテンシャルは下がっている。しかしこの社内学校を3年間履修して出てみると、日本の若者はポテンシャルが高いという感想を持つ。技能五輪の主力メンバーも数多く育てている。入学者の出身地は茨城県内に限らず、全国に散らばっている。社内工業高校卒業生で学業能力の高い人は、さらに社内短大の受験をするケースもあり、こういう人は技能者ではなくエンジニアとして処遇している。

● 技能スキルよりエンジニアリング力に懸念大：

技能者の長期の修練に耐えていく能力を見ていると高度な技能を磨き続ければ、スキルの部分は何とかなる。むしろエンジニアの方が心配。大学を卒業してきているエンジニアの力が落ちている。大学卒新人の修士比率は8割を超えているが、例えば機械系の卒業者が3力学をすべて実際にはやっていない。企業に入ってから即戦力として限られた技術分野に特化していくので幅広い力が付かない。専門分野が狭く深くなっているため、その製品自体が全く別の技術で置き換わったとき、それまでの技術が使えなくなってしまう。

● 大卒の実力：

現在の大学の勉強ではシミュレーションが多い。現実として物理現象がわかりづらくなっている。ねじを締めさせると、力を入れすぎてねじ切ってしまう例が出てくる。ねじの強度は頭でわかっているが、実際にやらせるとわからない。そういう感性が従来と比べ大分低下している。

- **ブルーカラーの採用が必要：**

ブルーカラーの採用については重電（電力）の分野は将来の現場管理者、高度技能者の育成も含めて採用が必要。技能レスにするにしても、生産設備はそれを作る為のノウハウが必要。生産設備は中々応用がきかない。人の方が柔軟性が高い。

- **華やかな部署と地味な部署（エンジニアの意識）：**

修士卒の技術者が増え、高校卒のエンジニアは採用しなくなっている。また、開発部隊は華やかな部署とみられているが、生産技術者のところは地味な所のエンジニアと見られており、こういうところは人材が不足。大学でも生徒が集まりにくい学科（冶金、金属材料、鋳物、金型）などがあり、国内でこういう分野をやっている企業はまだあるが学生は少ない。電気電子系の学生が増え、機械系は少なくなっていないか。

- **工学系大学教育の問題点：**

環境工学コースなど新しい大学の専攻学科名が増えているが、採用する側から見ると、何が専門かよくわからない。大学の古い専門分野を今風に改組するという流れがあった。その反動がきている。半導体がブームのとき大学でも半導体が増えてアンバランスを招いた。ひとつの分野を深く掘ると、そこから横に広がっていく。いろんな知識を断片的に(フラグメント)知っていても使えない。何か一つ極めたとき、どう調べていくかがわかってくる。世の中の科学技術の進歩と大学4年間で習得できる知識量との差が広がりつつある。その時、基礎が一番大事。修士の学部化が困る。自分の中に考える力を蓄えておくべき。

9. --- (15) 一橋大学経済研究所 都留康教授、伊佐講師

「電気産業における「選択と集中」を踏まえて」 16.12.9 ヒアリング要旨

- **前提と与件の考え方：**

前提と与件は間違っていないが、これだけでいいか、もっとあるかもしれない。

前提のところではデジタル化を入れたらどうか。技術革新のトレンドというのもある。

日本国内の企業が受ける外生的圧力という意味では国際的と国内的の二つの要因に分けられる。国際的要因は列挙されている。国内的要因は、マクロ的経済環境とミクロ的な技術革新のトレンドということになろう。

与件の①から④までは、①が財市場の需要の多様化、②と③は労働市場の供給要因の変化、④は規制、或いは政策に関わる問題だ。これらを図式化して見るとわかりやすいのではないか。

労働市場の需要側の話としては、派遣や請負の問題がある。財市場の供給面など埋まらないところはなぜか考えてみる必要がある。すなわち、国内要因として財市場の需要と供給、労働市場の需要と供給、規制や政策のレベルがある。環境の問題でいえば、最終財での規制がサプライチェーンを通じて川中や川上への対応が求められるということだ。

● ものづくりの自動化の進展：

日本の機械工業の歴史を振り返ると、20-30年以上も前から絶えず繰り返し出てきていた動きだといえよう。

労働市場の需給が逼迫してくると自動化という議論が出てくる。反対に失業が増えると、そういう議論はまた引っ込む。

技術革新そのものが元々自動化と人に依存する生産と両方同時に生み出してきたという歴史を持つ。それは産業革命の生産の歴史も示している通り、ものづくりの工程が細分化、単純化されると機械化が進み、それが難しいと今度は機械でなく人が担当するということを繰り返してきた。

今のデジタル化・IT化の文脈においてデジタル化できる部分とできない部分とがあり、できる部分は機械やコンピューターがやっていく。できない部分は人がやっていく。

一番最近の例でいうと、80年代労働不足が喧伝されたことがあった。当時象徴的に取り上げられたキャッチフレーズは、FAからCIMへということだった。

FA自体は80年代前半からあったが、それが90年代にはCIMに移行していくと言われた。ある電機メーカーが積極的にこのような提唱を行った。しかし、実態はそうならなかった。携帯の例を見ても、生産ラインを作っている間に、携帯の機能が変わってしまい、製品寿命3ヶ月、なのに、ラインを構築するのに4ヶ月もかかる。また、90年代に入って、逆に雇用問題は失業が増大して深刻化していった。これからもこの事例と同じようなことが起きるだろう。

プロセスを単純化していけば機械化することができる。製品自体が高度化していくと、絶えず人に頼らざるとえないという歴史を反映したものに他ならない。

自動化の進展を決める要因には①優れた技術かどうかという技術的要因と②コス

トという経済的要因の二つがある。バブルの頃は、コスト制約が緩くなっていたが、逆にしぼんでしまうとコスト的要因が浮上してくることになる。技術と経済性という二つの要因の兼ね合いで、その時々自動化の様相が変わってくる。

自動化の問題を考えると加工プロセスと組立プロセスに分けて考えることも必要ではないか。自動車工場は、バブル期でも加工では自動化が進んだが、組立では自動化が進まなかった。自動化しようとするプロセスの性格も考慮すべきだ。加工に絞ると自動化しやすいが、組立は労働集約的で自動化しにくい。

● 製造プロセスのイノベーション：

その本質はトヨタ生産方式に尽きる。カンバン方式という見かけの現象のことでなく、現場レベルでの無駄を取り除く作業ということだ。

完全自動化でなく、人が介在する作業をする以上、現場の人のみが知っている改善のための工夫が重要。それをどれくらい本格的に出来るのか。現場レベルの原価計算管理ができるかということに尽きる。

現在、主に電機業界で普及しているセル生産方式の本質（もしくは、歴史的な起源）は、トヨタ生産方式にある。形に目を奪われると本質をつかみ損ねる。

作業の訓練レス化という点が挙げられているが、このような仕事は早晚海外に出て行く。日本に残るのは研究開発とかマザー工場としての作業だけだろう。そういう工場には、人がやることがある以上、無駄取りが重要になってくる。

生産ラインの流れを見ながら、設計やデザインを行ってもものづくりの品質のレベルの工夫を盛り込む。こういうことは身近で生産をやっていることのメリットが大きい。そういう作業にしか技能者は残らない。無駄取りをしつづけることがプロセスイノベーションの姿だと思う。

● FMS/CIM/SMT：

FMS（フレキシブル・マニファクチャリング・システム）は加工に絞ると割り切ることが必要だ。米国のSMTというものがFMSを智能化したようなものだとすると、そういう概念が出てきたのが2001年の前か後か、つまりITバブルの前かどうかで大分意味合いが異なるだろう。もし前だとすると、CIMと同じような運命を辿るかもしれない。SMTで言っているレベルがナノマシンのような微細加工のことだとすると重要かもしれない。SMTについては詳しく知りたい。

● RFID：

RFIDがICタグだとすると、規格争いが日米で起きる。バーコードにITが使われ

るとしても、規格がどこに落ち着くのかによって、普及の時期とスピードが規程されてくる。規格争いというものは、技術とは別なものだ。

(参考) RFID とは (IT 用語辞典 <http://e-words.jp/w/RFID.html> より引用)

「製品に ID 情報を振るための規格では、米マサチューセッツ工科大学(MIT)が中心となって進めている「Auto-ID Center」の取り組みが先行している。これには、Wal-Mart Stores 社や Procter and Gamble 社など大手流通業者や消費財メーカーのほか、バーコード管理団体の UCC(Uniform Code Council)や国際 EAN 協会が参加している。また、日本でも、東京大学の坂村健教授などが中心となって「ユビキタス ID センター」が設立され、大手電機メーカーなどが参加している。」

● IT の「ものづくりの更なる展開」に及ぼす影響：

原則的にももの流れと情報の流れの関係は、ものと情報が逆に流れる関係にある。ものと情報の流れが同期化する。余計なものを介在させないで生産と販売の究極的な姿を求める。そのときに IT がすごく役に立つときがある。ものづくりの現場レベルだけでなく、購買、販売のところでも IT が利用されることが重要。

伝統的なものづくりにおいては、営業とか、製造とかそれぞれの部門ごとに分かれていて営業部門では発注に対応できるように水増しして余計に多くの在庫を持ってしまう。製造部門は製造部門で作れるだけ作ろうとする。営業情報を直接製造部門でも把握できればもっと市場対応生産が出来る。ものづくりと調達、販売をどれくらい同期化できるかが問われる。

バーコードか IC にするかは技術論だ。どういうシステムにするかが問題だ。その原型も看板（看板もものと逆に流れる）必要なものを必要なだけつくれという発想だ。電子看板も、既にデンソーにおいて二次元バーコードというやり方で実施されている。

IT をどういう風な使い方をするか、その使い方が問われる。今、コンビニに行くところでも端末で受発注ができるが、そのことは IT 化の本質そのものではない。

例えば、受発注のやり方として、棚の弁当を補充発注するというやり方を見てみるとセブンイレブンのように弁当が 10 個なくなった意味を考えさせる、いわゆる仮説検証型が大事。10 個売れたことの背景を考えてみると、それは近所の小学校で運動会があったかもしれない、それなら、10 個でなくて 30 個売れてもいいはずということになる。そういうことを考えることが大事であって、どういう端末を使うかは問題じゃないということだ。

「IT とものづくりを巧みに融合した企業として、ローランド DG 社がよく挙げられ

ている。詳細は下記 HP 参照。

<http://www.rolanddg.co.jp/company/activity01.html>

<http://www.rolanddg.co.jp/company/activity02.html>

● 環境問題 :

CO₂の排出量削減についてキヤノンは環境会計報告を作成公表、アピールしている。このような活動がこれから企業の『売り』になっていくと思われる。リコーも早くから進めている。このような活動の影響は大きい。

キヤノンは自動化よりセル生産のような設備投資の負荷の小さい生産ラインを組んでCO₂削減した。よりCO₂を出さない生産ラインを目指す必要がある。

土壌汚染は時限爆弾のようなものとも言える。忘れた頃に問題が発覚するというような性格の問題だ。新しい汚染を出さないように薬品、原材料を使うことに跳ね返ってくる問題だ。

● 付加価値の高い領域と人材の過不足状況 :

人材のところは「選択と集中」有斐閣 2004 の p. 37 を参照、機械 4 業種のうち、一般機械、電気機械、精密機械（除く輸送機器）と情報サービス・調査業で従業員数 300 名以上等の条件の中から回答のあった 216 社のアンケート調査結果(2002. 10 ~2002. 11 実施)によれば、部品、製品、ソフトの各開発設計とソリューション、サービスが付加価値が高い領域と認識され、将来重点化の対象となっている。

● 国内か海外か :

国内に残すか海外に移転させるかの選択でも、その裏返しで付加価値が低い領域が海外に移転させる領域との回答が得られた。

● 職種別過不足 :

従業員の職種別に過不足状況を見ると、従業員の職種別過剰と不足が大規模に発生している。部品製造職、製品組立加工職、一般事務職で過剰が発生し、製品開発設計職、ソフトウェア開発設計職、SE 職では不足が生じている。これは事業プロセスの構造変化に伴って生じた職種レベルの過不足。

● 求められる人材 :

求められる人材は、開発設計職、もしくはSE職などのソリューション・サービス職であり、それ以外は求められていない。そういう見極めと、そういう人を教育する仕組み（含む学校経営）が必要になってくる。

- 求められる能力：

開発設計とソリューション・サービスの分野での能力とか技能とかは、理数系とコミュニケーション及び創造性を併せ持った能力が必要だ。

- 教育の問題点：

今の教育を見ると、この逆を行っているように見える。第一に理数系離れに歯止めがかかっていない。第二に国語力にも問題がある。第三に、以前よりもっと画一的な人材教育を目指しているように見える。このような傾向は明らかに、今、産業界で求められている人材とは違うものだ。どちらかという、協調性はないけれどクリエイティビティのある人が求められているといえよう。

- 国内に残る職場と残らない職場：

人が 100 人集まればいろんな人がいる。以前であれば優秀な人は設計開発や経営に行き、その他の多くの方は生産現場に回っていた。これからは産業構造が変わる。製造業は設計開発部門などに極少数の人しかいらなくなる。大量生産的な職場は海外に移ってしまう。

- 一律的な事業再編と選別的な事業再編：

不確実で複雑な要因は、一律的な事業再編を強いるのに対し、確実で単純な要因は選別的な事業再編を可能にするという一般的傾向がある。不確実で複雑な要因の場合、選択の意思決定を先延ばしして、状況が明確になるまで一律的かつ柔軟に対応できるよう準備しておくべきかもしれない。環境の変化のスピードが速いが、対処すべき問題そのものが複雑ではないという環境では、トップダウン式に実施するというやり方が適合する。(p84)

10. --- (16) 日本電気 (株) 佐々木 元 代表取締役会長

16. 11. 30 ヒアリング要旨

- ものづくりの将来を考える際の前提のところをどう考えるか：

かつて日本が欧米に追いつき追いこしたように、アジアの各国は個々の国で状況の違いはあるが、発展過程にある。即ち、市場に参加するプレーヤが増えており、かつ、各々が個性をもって行動している。同時に技術が進歩して高度化し、環境や安全も重視されるようになってきている。ものづくりにおいては顧客要求の多様化がみられる。また、新製品をアナウンスして製品化し、タイムリーに市場に提供してい

く時間の価値が、商品の価値と同じレベルの重みをもつようになっている。ものづくりに関して、アジア地域などどう住み分けが起きて、どうなっていくか、ということだろう。

● **モジュール型とすり合わせ型：**

ものづくりに関して、モジュール型（組み合わせ型）とすり合わせ型（素材加工型）という二つの特徴的な現象がみられる。組み立て型の例としては、PC では CPU、OS、Display モニタをどうやって調達して、多種多様な製品をつくるかという SCM が重要で、分業がメリットを産む。Dell は PC メーカーか、Distributor かどちらかという議論にもなる。一方、素材加工型では、半導体や FPD が代表例だ。

ヴィッツというトヨタの 1000cc の車のエンジンは極めて画期的だった。鋳物の肉厚が極めて薄くできている。これは高精度の鋳物技術により可能になったが、鋳型の砂から開発された事例だ。

半導体の製造においては微細化が進んで、新しい高度な加工技術が必要になった。組立、組合せ型からすり合わせ型への転換が生じている。そのための生産体制が必要だ。

● **世界標準について：**

日本だけが player の時代と、世界的な player と競合する場合は、世界標準を実現するイノベーションの考え方が異なる。例えば、次世代の DVD は日本メーカー同士の競争となる。世界標準の確立に関しては、第 2 世代の携帯電話方式が日本にとって教訓となった。

GSM という通信方式が欧州のデジュールスタンダードになった。アメリカ国内では複数方式併存のため携帯は使いづらい状態にあった。スタンドアロンで使われる機器では、ユーザーとしては、デファクトが好ましい場合もある。一方普及の発展過程ではデジュールが好ましい場合もありうる。

全体がネットワークインフラ上でつながっている場合はデジュールが好ましい。国際的仕組の中で標準化を進めていく必要があるが、幸いに、ITU のトップは内海さんが、IEU は高柳さん、ISO は田中さんと、いずれも日本の方が重要なポジションについている。企業、学界、官界が一丸となって支援していくという活動が大事だ。

● **プロセスイノベーション：**

プロセスイノベーションに関しては、改善と改革の両方の活動が必要だ。日常の製造という面では、たゆまぬ改善努力が現場から出てくるのが大事だ。但し、あ

る種の限界を打破するときにはやはり改革が必要で、全く違った考え方が必要となる。

光学ステッパー技術の例では、1 ミクロンの壁をどう乗り越えるかで、従来の露光方式では限界があった。限界を克服する新しい知恵がどうやって出てくるか、新たな発想が問題だ。これには学の役割が大きい。学の知恵と産の経験を有機的に結びつけていくことが必要だ。

教育に関しても平均値を高めることに加えて、独創性を育てる教育を考えることが必要だ。

● 仕事の定義と工程の設計：

仕事の内容をきちんと定義していくことが大事だ。

標準化、定型化することによって短期間の訓練でこなせる仕事と、個々の仕事をつなぎ合わせた機能をもった製造工程全体を設計する役割を、切り分けていくことが必要だ。

現場においては一連の作業を部分的な工程に分解して、その中から新しい工夫が出てくる。一方では、半導体のオペレーターは機械のメンテナンスまでできないと困るため、いわゆる多能工化が求められる。但し、ライフスタイルの変化により、全ての作業者にそういう機能を求めることは難しくなっているかもしれない。

従来は継続的な雇用関係を前提にした役割分担であったが、今後は人が替わってもその仕事の質が維持できる作業工程の設計が必要となる。

● 大学教育：

大学教育に言及すれば、技術の進歩に対応した教育内容の対応が必要ということだ。ナレッジの集積化をどうやるか。これからは学生一人ひとりにカスタム化されたカリキュラムがあってもいいのかもしれない。

日本技術者教育認定機構（JABEE：Japan Accreditation Board for Engineering Education / 設立 1999 年 11 月 19 日、技術系学協会と密接に連携しながら技術者教育プログラムの審査・認定を行う非政府団体）ができて、国際的に通用する教育体系と質の保証を進めている。国立大学の法人化とこの JABEE の狙いが、シナジーとして実現されることを期待している。

● 外国人労働者の活用と移民問題：

外国人労働者の活用という観点から移民問題について考えを述べる。この問題は国によって、歴史的背景が異なる。アメリカはもともと移民によりできた国だが、

日本は長い期間孤立した世界であった。労働の移動の自由化という問題であり、社会における許容性を考えながらやる必要がある。

今の出生率のレベルを考えれば外国人労働者に依存する可能性がある、そのために、分野限定、滞在期間限定等受け入れできる環境を徐々に作り上げていくことが必要であろう。一度広げると後戻りはできない文化的な問題なので慎重にやるべきだ。欧州の一部の国のように問題が顕在化してしまうと社会問題化してしまう。

● 中高齢労働者の活用：

中高齢労働者の活用としては、その人が持っているスキルを専門職として引続き活用するための雇用契約が考えられる。例えば、現場の仕事以外でも知的財産権の専門家として専門性を発揮してもらうこともありうる。ただし、それをいつまでもという訳にはいかないなので、後進への専門技術・知識を継承してもらう必要がある。

一例として、衛星通信に欠かせない部品に進行波管をというものがある。高精度な機械加工技術と組立調整が必要で、今これをつくれるのは日本ではNECだけで、この技術を持っている人は再雇用していく必要がある。

重要なキーとなる技術、技能を世代間でどう伝承していくかということが問題だ。外国人労働者にこういう仕事をしてもらうのは難しい。

● 日本のものづくり技術の将来像：

日本には人材、経験、種々のサポート産業という資源が集積されている。この競争条件をうまく活用するべきだ。構成要件のひとつでも欠ければ、競争力が低下する。日本の製造業を支えるインフラを、政策面の配慮を含めて確保していくことが必要だ。

● 顧客満足：

日本の車がヨーロッパで苦勞したのはデザイン性の文化の壁があったからだ。性能、機能に加えて、商品としての個性が必要だ。トヨタもそのために、国別の設計を始めている。ユーザーがどこに価値をおくかを理解して、顧客満足の条件を満たすことだ。品質、性能、価格に加えて顧客満足が、必要条件となる。

● 二つの方向：

多品種少量生産を目指すニッチなマーケットに特化するメーカーと、量産メーカーであっても多品種変量生産体制という工夫でつくられる商品の二つの方向に分かれていくことになるだろう。前者の例が、車で言えばポルシェやアルファロメオで、後者は、セルシオ、ベンツということになる。この大量生産+カスタマイズに、もの

づくりの知恵が必要となる。

中国は必ずしもマスマーケットという訳ではない。ユーザーの所得の格差が非常に大きいマーケットで、高所得水準の顧客層向けには「only one」商品が必要だ。NECでは厚さ7mmのコンパクト型携帯電話を販売して「only one」をアピールしている。

● 日本の潜在能力：

日本には潜在的な競争力がある、「元気にやれ」「積極的にやれ」ということを言いたい。あまり悲観的になることは無い。



この事業は、オートレースの補助金を受けて実施したものです。

16事業環境 - 1

「機械工業の展望と課題に関する調査
(ものづくり環境の将来像を探る)」

平成17年3月

発行 社団法人 日本機械工業連合会
東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)
電話：03(3434)5382 FAX：03(3434)6698

印刷 三協印刷株式会社
東京都目黒区目黒本町5-20-7
電話 03(3793)5971

※禁無断転載