

# 桁違いの技術変化に対応する 人材育成の変容に関する一考察

キーワード 桁違いの技術変化, 守破離, 触媒機能, 知のネットワーク化, 場の設営

中京大学経営学部教授 浅井 紀子

## 1. はじめに

ものづくりの歴史的転換点ともいえる局面を迎えている現在、進むべき道が問われている。桁違いの技術変化に挑むことのできる新たな人材育成により、ものづくり創生へと飛躍するのか？ 従来の蓄積への幻想が足枷となり、ものづくり美学への終焉へと導くのか？ 日本の伝統や美意識をもとに、何を棄て、何を残すのか？

元禄時代の江戸の人口は100万を超え、パリ70万人、ロンドン60万人に比し、世界ナンバーワンの大都市として繁栄した。江戸時代までの日本は、太陽エネルギーを原動力に循環する持続可能な社会システムを築いていた。動植物はいずれ微生物が分解し土から生まれ土に還り、自然は再生の循環を繰り返す。兼好法師や西行、鴨長明が賞でたように、生命の奏でる時を刻むリズムに耳を澄ませ、自然美を享受し一体となり日本ならではの「優美」の美意識の基層が培われてきた。1600年頃、日本の人口は、1200万人であったと推定されている<sup>1)</sup>。江戸時代前半には、日本の人口が急増し、当時、世界に占める日本人の割合は5%近くにも上昇した。1800年頃10億人であった世界人口は、2011年10月31日には70億人を突破した。

日本における人口は2008年を境に減少して

いるものの、国連の中位推計で、世界の人口は2083年にも100億人を超えるとされ、エネルギー、水、食糧の熾烈な争奪戦も予測される。石油資源の可採年数はわずか54年、天然ガス64年、石炭112年と予測されている<sup>2)</sup>。90億人へ達する2050年には、都市に住む人口は50%から70%へ、世界経済規模は4倍へ、温室効果ガスは1.5倍、食糧需要は1.7倍、水需要は1.6倍へと、地球が抱える課題は深刻化している<sup>3)</sup>。

IMD「The World Competitiveness Scoreboard 2013」によれば、日本の国際競争力は、1989年から1993年まで1位であったものの、近年は20~30位で推移し、2013年には24位、1位は米国、シンガポールが5位、台湾11位、マレーシア15位、中国21位、韓国22位、と、日本は近隣アジア諸国より低くなっている<sup>4)</sup>。日本のかつての成功方程式、90年代の常勝パターンはもはや通用しない。

野中(2013)は、日本企業が低迷している本質的な理由は、「企業を取り巻く環境の変化」ではなく、企業経営そのものの変質があるとする<sup>5)</sup>。社員を育成する余裕が失われ、強みだった社員の忠誠心や団結力、社会貢献への思いなどが劣化していると指摘している。

本稿では、日本の流儀を礎とする新たな人材育成の展開に関する一試論を提示したい。

ものづくりポジショニング再検証の局面において新たに必要とされる人材育成、とりわけ技術・技能の継承・棄却・創造に注目しながら考察する。時の移ろいにともない、その姿かたちを変えていかなければ、優れた成功要因そのものが飛躍を妨げる要因へと変貌しかねない。蓄積された技術・技能を継承するだけでなく、その棄却と新たなる創造が求められている。

## 2. 守・破・離

桃山時代の茶人、千利休は、「規矩（きく）作法守り尽くして破るとも、離るとも本（もと）を忘るな」と詠んだが、日本では、茶道や武道、能や歌舞伎の修養において、「守破離」の思想が受け継がれている。師についてその流儀を守り精進し、きわめたからこそ、次の段階では敢えて既存の型を破る。さらには新しい世界を切り拓くために、礎を大切にしながらも離れ、独自の新機軸を築いていく。

2013年、伊勢神宮と出雲大社の式年遷宮が執り行われた。伊勢神宮では、20年ごとに敢えて壊し式年遷宮を執り行うことで、建物そのものではなく日本の伝統や技術・技能を次の世代に伝え人材育成を行っている<sup>7</sup>。天禄元年(970)に源為憲が纏めた『口遊』の巨大建物のベスト3によれば、「和二」（東大寺大仏殿）や「京三」（平安京の大極殿）を抜き「雲太」（出雲大社の本殿）が第一位に挙げられている。大社造りと呼ばれる建築様式の出雲大社は、当時は十六丈（約48m）あったとされる<sup>8</sup>。大林組(1989)の検証によれば、この超重量物を現代工法無くして人海戦術だけで運搬し引き揚げるには約4000人もが必要となる。壮大な造営工事には、ピーク時には一日約1000人、総延べ人員は12万を超えて動員されたという。日本ならではの知恵や大規模な動員、細部に通じかつ全体像を把握し指令を出すことのできる統率能力があったことをうかがわせる。

ものづくりの歴史的転換点をむかえ、従来までの成功体験に基づく日本の流儀を貫くだけでは軋みを生じかねない。ベネディクト

(Benedict, 1967) がその名著『菊と刀』にて、日本人の精神生活と文化について分析し、「修養」の概念の特殊性、「腹を造る」精神的訓練を積んで、「そうなりたいと願い」、「人をとぎすまして鋭利な刀にする」、日本の発想の異質性にふれている。能力を養ううえで、さらに「練達」の域に達しようと努力し、技を究めた達人が到達する心境を言い表す言葉としての「無我」、あるいは「無心」「無念無想」という言葉の使い方に日本人ならではの心理の差異が明瞭に伺われると指摘する<sup>9</sup>。

こうした日本ならではの誇るべき特異性は、時としてコインの裏表ともいうべき様相を呈しかねない。ものづくりポジショニングを再検証し、継承すべき点、棄却すべき点を再認識し、今までの流儀に縛られない発想で新たな成功方程式を編み出すことが不可避となっている。

2013年版ものづくり白書では、我が国経済を支えてきたものづくり産業の揺らぎにまで言及している。転換点に直面する我が国ものづくり産業の課題が指摘され、「高性能・高品質製品であれば売れる」というビジネスモデルの変革や新陳代謝の促進の必要性、さらにはシステムが付加価値の源泉になるとする<sup>9</sup>。

シンガポールは 資源小国ながら世界中からヒト・カネ・モノを惹きつけわずか50年で世界有数の発信力を持ち富裕層や起業家を魅了し、2011年の一人当たりGDPは46241ドル、日本は45903ドルである<sup>10,11</sup>。UAEは化石資源枯渇後を見据え世界中を魅了する未来都市構想の取り組みを進めている。知識ベース経済への移行を意識し経済特区等により世界中から人・企業を呼び込む。たとえばアブダビの大都市開発「マズダール・シティ」プロジェクトでは、化石資源に依存せず、砂漠に220億ドルを投じ、CO<sub>2</sub>排出ゼロ、廃棄物ゼロ、個人用高速輸送機関(PRT)、太陽光発電により運営される海水淡水化施設等、最先端のエネルギー関連技術を駆使し、さらにはMIT(マサチューセッツ工科大学)の支援によるMIST(マズダール科学技術研究所)を設置し、再生可能エネルギーの大型研究開発拠点の構築をすすめている<sup>12,13</sup>。

楠木 (2013) が指摘するように、イノベーションという現象を特徴づけるのは、ジョゼフ・シュンペーターが 1911 年の『経済発展の理論』で議論した「非連続的な変化」であり、ピーター・F・ドラッカーのいう「価値次元の転換」、クリステンセン (Christensen, 1997) が提唱する「破壊的イノベーション」の概念である<sup>14, 15</sup>。今の時点ですでに「技術進歩」の対象になっているような進歩の延長線上には、イノベーションは生まれえない。イノベーションは技術進歩とは異なり、トレードオフの関係にあるとすらいえる。

プラハラド (Prahalad, 2008) は、企業の存在価値をも激変させる大潮流において、これまでの人材マネジメント、製品開発、価格設定、物流、マーケティング、ブランド・マネジメント、経営者やマネジャーの仕事のやり方と発想における改革の必要性を指摘する<sup>16</sup>。

成長の起爆剤により組織が繁栄を手に入ると、成功へのレシピアが信奉され、社内の常識となり、社内の常識をもとに新しいデータを解釈するようになる。その結果、かつてない事業機会があっても見過ごし、新しいビジネスモデルを築けないと主張する。

ブライアン (Brian, 2009) によれば、過去に成功した原理へのロックインにより、従来のテクノロジーを過大にとらえ、従来の基本概念で新しい環境に対応しようと適応範囲の引き延ばしを試みてしまうと指摘する。過去の成長の軌跡への自負、従来までの技術蓄積への自信があればこそ、これを否定し変革を推進するには軋轢が大きい。既存の技術で優勢を誇る企業にとっては、変化の兆しを感じられたとしても、現段階で抱える多くの問題点のほうに目が行きがちとなる。従来の延長線上での発想は、時代の流れを読み誤り決断のタイミングを逃すことになりかねない。

ドロシー (Dorothy, 1995) は、コア・ケイパビリティの概念を提示する。競合他社に対する持続的な優位性を獲得するコア・ケイパビリティは、時間をかけて築きあげられるものであって、たやすく模倣できるものではないことが強

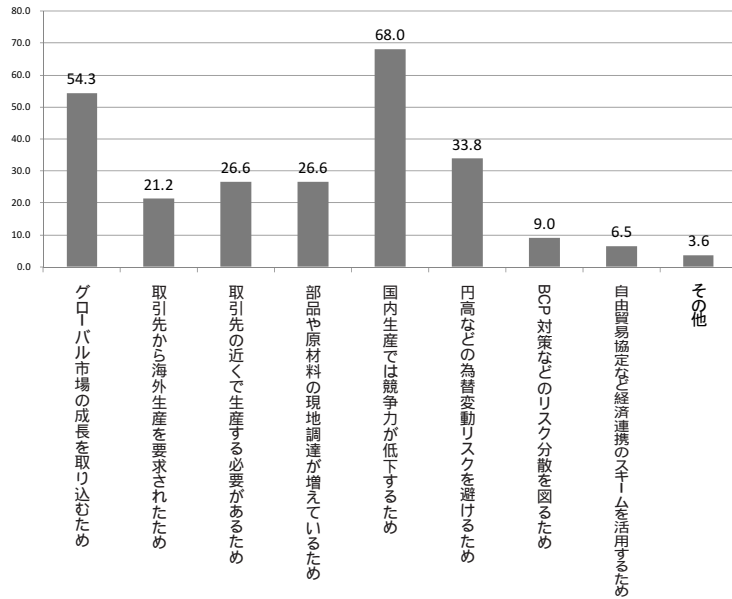
みであると同時に、企業が技術的不連続性、すなわちベースになる技術が全く新しいパラダイムに移行する瀬戸際にあるような状態のとき、この強みこそがコア・リジディティへと変質する。破壊的な変化の兆しを敢えて看過し外部からのアイデアを受け入れられなくなるマインドセットの罠に陥ってしまうと指摘する。

今までの成長の軌跡を離れた桁違いの変化への対応を必要とする局面では、従来の状況に過度に適応したシステムは制度疲労を起こし、負の連鎖を招きかねない。

木村 (2009) は日本のものづくりならではの得意技を發揮できない領域における日本型ものづくりの限界を指摘し匠の呪縛の危険性に言及する。畑村・吉川 (2012) は世界の勢力図が激変しかねない局面での、これまで積み上げてきた技術への自負と高い信頼が逆に足枷となりかねない問題を取り上げ、日本の競争力の限界や成功体験ゆえのリスクを議論する。青島・武石・クスマノ (2010) は、各産業に見いだされる構造変化を指摘し、日本の製造業の国際競争力を再検証する。熾烈な国内競争を勝ち抜き国際競争力もある企業群は、オペレーションの効率がとくに意味を持つ産業分野で称賛に値する経営手法を編み出してきたが、海外企業も日本の優れた製造方法、製品管理や人材管理の手法を学び、公正な競争環境が整ったことで、競争優位も失われつつあると警鐘を鳴らす。

非連続的な変化の局面において、むしろ従来の手法での成功体験が負の遺産となりかねない。日本ならではの優れた伝統を生かしながらも、従来の概念を打ち破り、世界をリードするイノベーションを生み出す視座も問われている。

時代の移ろいのなかで変わりゆくものづくりポジションに対応して、しなやかに鮮やかに変化することが欠かせない。と同時に、パラダイムチェンジに直面しているからこそ、日本のものづくりが迎ってきた足どり、不変の強さを再検証し足腰を鍛えたうえで新たな世界へ踏み出すことができなければものづくり創生もおぼつかない。



図表 3 - 1 今後 3 年間の海外生産拡大の理由

資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。

### 3. 新たな変化の潮流 技術の転換局面における競争力の幻想

規模の大小を問わず海外展開が不可避となり、中小企業といえども事業活動は国内から地球規模へと拡大している。地理的広がりだけでなく、技術変化のスピードは加速的にきわめて速くなり、局所的な微細な変化の兆しが瞬く間に地球規模での影響へと増幅していく状況にある。変化への対応を見誤ると、堅固であると確信していた競争力はもはや幻想へと変貌してしまいかねない。空間軸、時間軸において、かつては想定できなかったほどの拡がりを見せ、従来の常識は通用しない。以下ではとりわけ日本が直面している技術の桁違いの変化の潮流について3点 国内から地球規模への展開にともなう海外機能の高度化 技術変化の加速化 単体から巨大システムへの進展、を中心に概観する。

#### (1) 海外機能の高度化

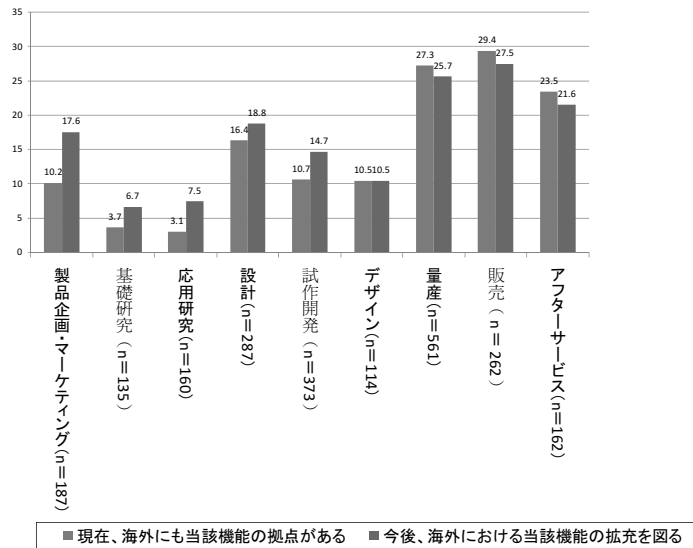
海外拠点の機能が高度多様化している。

今後3年間の海外生産拡大の理由について、図表3-1のように、「国内生産では競争力が低

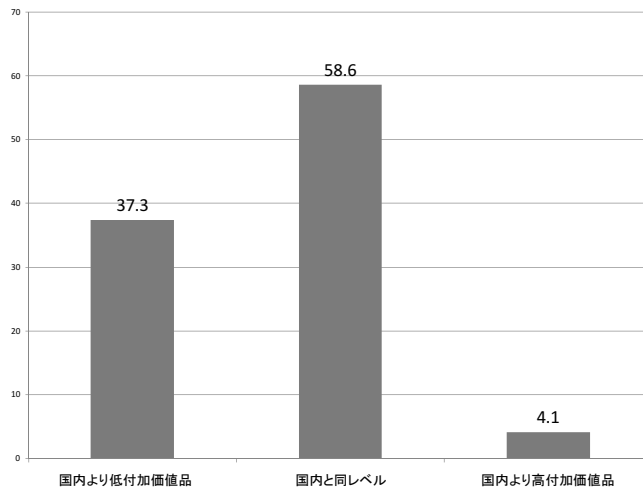
下するため」との回答が68.0%、より積極的に「グローバル市場の成長を取り込むため」が54.3%と過半数をこえている。海外の低い人件費や原材料、部材に注目し生産コストを削減することで競争力の確保を試みた段階から、海外需要を取り込むことへと目的の重心が移っている。

図表3-2のように、自動車におけるバリューチェーンの機能別の海外展開見通しを調べると、現在海外に「製品企画・マーケティング」機能を持つとの回答は10.2%であったが、今後、海外における「製品企画・マーケティング」機能の拡充を図るとの回答が17.6%へと増加している。「基礎研究」は3.7%から6.7%へ、「応用研究」は3.1%から7.5%へ、「試作開発」は10.7%から14.7%へと上昇している。量産や販売拠点を中心に海外展開が行われていた従来の段階から、今後は製品企画や研究開発等の機能にいたるまで機能の強化を図る動きがうかがえる。

海外生産の技術水準は、図表3-3が示すように、「国内と同レベル」とする回答が58.6%、「国内よりむしろ高付加価値」との答えも4.1



図表 3-2 自動車におけるバリューチェーンの機能別の海外展開見通し  
資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。



図表 3-3 海外生産の技術水準の現状  
資料：経済産業省調べ (12年12月)

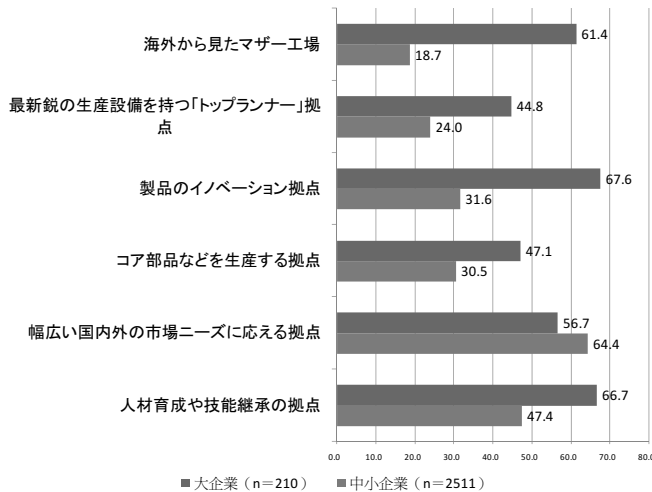
%ある。「国内より低付加価値品」との回答が37.3%あるとはいえ、日本の人材育成手法を学び技術水準において日本と遜色がない技術レベルに成長を遂げつつあることがうかがえる。今後一層、海外拠点の高度化や技術水準の向上が進むとみられる。

日本のものづくりにおいて、かつての成功方程式では、日本の生産拠点を親工場として、多

数の日本人出向者が品質や生産、保全、原価の面で海外拠点を全面的に支援していく発想もあった<sup>17</sup>。日本をマザープラントとし技術成熟度の高い汎用品の量産展開をアジア地域で、といった従来の手法から、海外拠点が先端品を手掛け、製品企画や研究開発を担うことも稀ではなくなった。

単なる量産展開ではない機能を海外へ展開す





図表 3 - 4 今後における国内生産拠点の役割

資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省 『2013年版ものづくり白書』2013年。

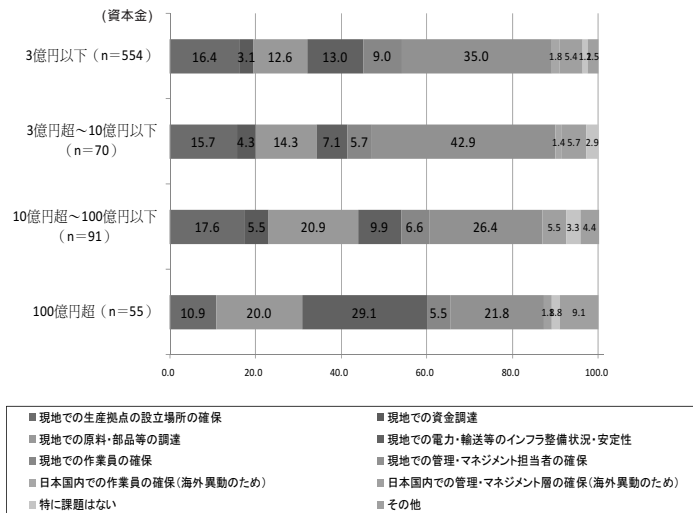
る動きが加速している。ブラジルへは、高性能資源掘削船を生産するなど、国内もしくは先進国に限られていた最先端の生産技術を移転している。韓国へは、炭素繊維の生産や薄型パネル用板ガラスの生産、液晶パネルの製造装置開発、自動車トランスミッションの研究開発、有機ELや太陽電池の研究開発等、ハイテク部材や装置生産拠点の移転、研究開発機能の移転が進んでいる。タイにおけるスマートフォン用プリント基板材料、アルミニウム板圧延（鋳造含む一貫生産）、中国におけるCVT（自動車用無段変速機）の生産やハイブリッド車用リチウムイオン電池の生産等、材料・素材の現地化も進みつつある。

台湾のホンハイ（鴻海）精密工業の中国子会社フースーカン（富士康）は、一般にはそのブランド名で、フォックスコン（FOXCONN）と呼ばれ、いまや従業員120万人に達している。かつて40万人が働いていた深圳（龍華市）工場では、主に日本製の最新鋭の生産設備が桁違いの規模で備えられている。たとえばプリント板実装においては、日本製実装ライン数百ライン、プラスチック成形においては7000台以上の成形機、プレス加工では4000台以上のプレス機、ダイカスト工場ではダイカストマシン300台以上、金型工場では、3D化が進展し、

日本以上にCAD/CAM/CAEを活用し、たとえば2008年時点ですでに携帯電話金型筐体の本型を10日以内で製作するなど日本以上に短期間のL/Tを実現している。フォックスコンには、金型の技能者が3万人以上在籍し、これは日本全国の高技能者の1/3に相当する。工業高校レベル卒業生に対し、フォックスコンの金型訓練校で訓練し、工作機械の操作や機械加工や金型設計の訓練を受け、毎年2000人以上の卒業生はただちに金型工場に配属され、実践のなかで腕を磨いていくという。この訓練校出身者が、金型部門で設計や製造に携わり、製造や生産技術の基本を身につけ、その後各職場で活躍することが、部品の製造の国際競争力を支えている<sup>18</sup>。

海外需要を取り込むために海外展開を積極的に進展させ、今では海外生産の技術レベルも国内と同水準に迫りつつあるなか、国内生産拠点の役割はどのような機能として位置付けられていくのであろうか。

今後における国内生産拠点の役割については、図表3-4のように、大企業では、「製品のイノベーション拠点」や「人材育成や技能継承の拠点」、「海外から見たマザー工場」としての機能を重視する回答が得られたいっぽうで、中小企業においては、「幅広い国内外の市場ニーズに



図表 3-5 中堅・中小企業が海外進出する際の課題

資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。

応える拠点」，そして「人材育成や技能継承の拠点」と考えている回答の比率が高い。

企業の海外展開が進行するにつれて，海外拠点の機能は，従来の量産や販売拠点から今後は，付加価値や競争力の源泉とされる製品企画や研究開発などの機能も進むと見込まれている。こうした動きにともない日本国内では，海外拠点を凌駕する「ダントツ工場」としての生産技術や製造現場の技能育成をはじめとする人材育成，すなわち人ならでの新たな創造性を発揮する拠点としてのさらなる進化が求められている。

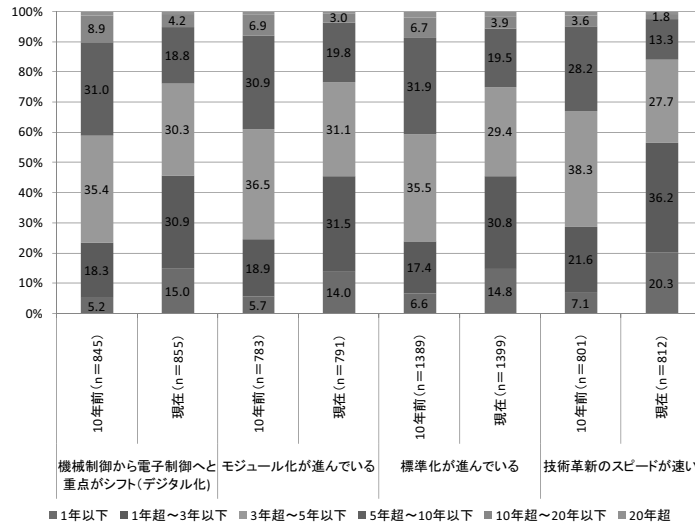
中堅・中小企業においても，国内のみでの企業活動は困難となっている。取引先から海外生産を要求されたり，取引先の近くで生産する必要性も高まり，部品や原材料の現地調達が増えているといった理由，さらには発展的にグローバル市場の成長を取り込むためにも，中堅・中小企業においても海外展開が急加速する流れにある。こうした局面において，図表 3-5 のように，「現地での管理・マネジメント担当者の確保」が，資本金 3 億円以下で 35.0%，3 億円超～10 億円以下で 42.9%，と，中堅・中小企業が海外進出する際，とりわけ，現地での管理・マネジメント担当者の確保が課題として挙げられている。

## (2) 技術変化の加速化

技術革新のスピードの加速化により，製品寿命の短期化も急激に進んでいる。

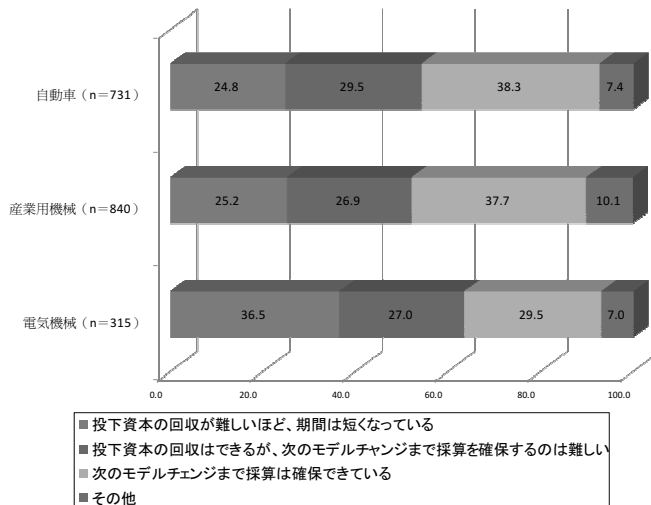
図表 3-6 のように，製品の特徴と次回モデルチェンジまでの平均年数は，「機械制御から電子制御へと重点がシフト」「モジュール化が進んでいる」「標準化が進んでいる」「技術革新のスピードが速い」という特徴を持つ製品について，10 年前と現在における次回モデルチェンジまでの平均年数，すなわち製品寿命を比べると，製品寿命が大幅に短命化している傾向が読み取れる。製品寿命が 3 年以下と短い比率を比較すると，いずれの特徴を持つ製品においても，10 年前なら 20 パーセント台であったのが，現在では，45.9 (15.0 + 30.9) %，45.5 (14.0 + 31.5) %，45.6 (14.8 + 30.8) %，56.5 (20.3 + 36.2) %，といずれの分野も 40% 台を超えており，とりわけ「技術革新のスピードが速い」という特徴を持つ製品においては，過半数を超え，56.5% が製品寿命が 3 年以下と回答している。

図表 3-7 のように，こうした製品寿命の短命化にともない，採算確保が困難となっている現実が浮かび上がる。「投下資本の回収が難しいほど，期間は短くなっている」との回答が，「自動車」で 24.8%，「産業用機械」で 25.2%



図表 3-6 製品の特徴と寿命の変化 (次回モデルチェンジまでの平均年数)

資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。



図表 3-7 採算確保できる期間の動向

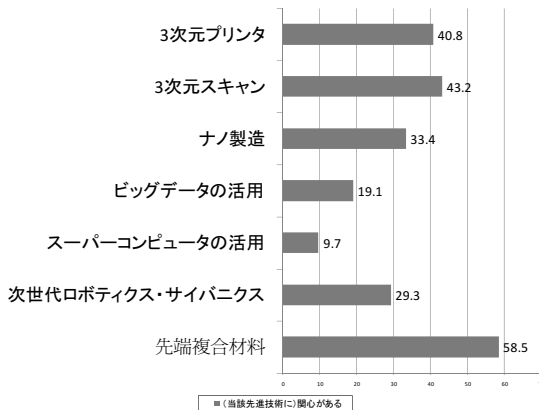
資料：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。

に対して、製品寿命の短期化が著しい「電気機械」は36.5%に達している。「電気機械」では、4割近い企業が投下資本の回収さえ困難という深刻な状況にある。かつての「高性能・高品質製品であれば売れる」というビジネスモデルが限界にある。自前主義に拘ることなく、外部資源を積極的に活用することも一つの選択肢として、機動的に決断しアクションを取ることがで

きなれば市場からの撤退を余儀なくされかねない。

畑村・吉川(2012)は、デジタル化やモジュール化にともなう産業構造の変化によりものづくりの世界の勢力図が激変し競争基盤を揺るがしかねないと警鐘を鳴らす。デジタル化により、ある程度の品質の製品の開発や生産ならいつでもどこでも誰でもできるようになり、これまで





図表 3 - 8 先進技術に対する企業（製造業）の関心動向  
資料：経済産業省調べ（12年12月）

積み上げてきた高い技術への揺るぎない自負と強い信頼が一転して足枷となりかねない。人の創造性を中心に置きながらもコンピュータ上でのシミュレーションを効果的に援用することが重視されるようになり、長年をかけて蓄積されてきた経験が競争を優位に進めるうえでの武器にならなくなったと指摘する。

こうした状況の中で、製造コストの削減や生産の柔軟性、設備投資負担等の観点から量産段階においては生産委託等の外部資源に注目する動きもある。世界の主要なEMS（Electronics Manufacturing Service）企業の業績は急激に上昇し、02年に比し11年度の売上高は、Hon Hai Precision Ind. Co., Ltd.（台湾）が15.7倍、Quanta Computer Inc.（台湾）が9.1倍、Flextronics International, Ltd.（シンガポール）2.2倍、Avnet Inc（米国）2.8倍、と増加している<sup>19</sup>。

富士通は3Dプリンターを活用しながら製造受託に新たに参入するという<sup>20</sup>。富士通の製造支援サービスでは、精密な金属加工の受託や3Dプリンターでの試作品製造、富士通工場での顧客製品の製造代行等、台湾や中国のEMSなどの受託サービスに対抗し、高品質や短納期を武器に、3Dプリンターを使った試作品作りから、電子機器の量産まで幅広い品目の生産を請け負う。

科学技術の進展にともなう桁違いの技術変化

は、ものづくりのあり方を一変させつつある。図表3-8のように、先進技術に対する関心を尋ねると、「先端複合材料」58.5%、「3次元スキャン」43.2%、「3次元プリンタ」40.8%、と、単に要素技術としての注目だけではなく、根本的なビジネスモデルを置き換えるかもしれない潜在可能性をもつ技術への関心がうかがえる。

3Dプリンターは3D積層造形技術がその機能を支えている。フィギアなどをつくる技術レベルから精密な工業製品の段階へと移行しつつあり、個人によるものづくりやベンチャーの設立を後押しする存在ともなる。積層造形に関する世界初の特許出願は1980年日本の研究者による。1台1億円の機種時代から10万円台の個人向けも登場している<sup>21</sup>。単にツールとしての利用や価格低下の側面だけではなく、ものづくり概念に大きな影響を与え世界のものづくりの構図が一変してしまう可能性も考えられている<sup>22</sup>。クリス（Chris, 2012）によれば、21世紀の製造業は、アイデアとラップトップさえあれば誰もが容易にものづくりに参入でき、自宅で始められるとする<sup>23</sup>。

ファブラボの提唱者であるニール（Neil, 2005）は、新たなものづくりの概念を指摘し、パソコンと同様、誰もが工作機械を使える時代が来つつあるとする。既存のものづくりを変える可能性があり、大企業による大量生産も残るが、誰もがものを作れるようになれば世界は変化し、経済的インパクトも大きいと強調する<sup>24,25</sup>。こうしたメイカームーブメントの強みは、主がいらない、言い換えれば誰かの指図を受けた行動ではないことであるとし、旧態依然の方法に固執せず、事業モデルを転換すべきとする。田中（2013）は、1980年のパソコン、95年のインターネットと並ぶ破壊的な未知の技術であり社会の大変革を起こす可能性を指摘する<sup>26</sup>。

（株）コイワイでは、3Dプリンターにより、製作期間を3週間から3日へと大幅な短縮を実現し、型の分割や組み立てる作業も不要になった<sup>27</sup>。熟練エンジニアの「方案設計力」と若手の「デジタルリテラシー」を融合させ、より独

自性の高いものづくりへの挑戦を可能にするという。経済産業省が主導する「超精密三次元造形システム技術開発」プロジェクトでは、産業技術総合研究所が中心となり、3D プリンターメーカーや自動車メーカー等産官学による共同研究を実施し、製造速度を現状の10倍に高めより効率的に高精度な砂型を製造できる機器の開発に取り組んでいる。工程の中に熟練した鋳造職人のノウハウ、たとえばどのような角度からどんな速度で注湯するかといった技術と3Dプリンターの技術を融合させうまく取り込めば、きわめて高いレベルのものづくりができる。

「次世代型3Dプリンター」プロジェクトでは、金型等を使用しないで金属粉を積層しながら部品を造形する究極の多品種少量生産が可能となる。3Dプリンター分野では、金属積層造形装置はドイツやスウェーデンなどの欧州勢、樹脂プリンターは米国が先行しているが、材料となる金属粉体分野は日本に優位性がある。産官学による共同研究で素材材産業で蓄積された技術、構造材料の先駆的研究が3Dプリンター技術と融合することで、CNCやマシニングセンタ等の産業用工作機械で世界をリードした日本が新たな分野を切り拓く期待もある。

(3) 単体から巨大システムへの進展

科学技術の相互の連関構造は巨大複雑化の様相を呈している。航空宇宙、エネルギーシステム、スマートシティ、高速鉄道などにみられるように、優れた要素技術、高品質な製品を単体で提供するだけでなく、多岐にわたる組織が関わり、幅広く異なる分野の叡智を結集し、トータルシステムを構築し運営していく能力を問われる時代を迎えている。機械・電気・情報通信・化学の融合、ナノテクとバイオテクノロジーの融合、農学と工学の連携等、幅広い技術における領域横断的な知の融合を必要とし、従来の枠組みを超え桁違いの技術変化の局面にある。

たとえば自動車分野では、内燃機関をベースとした技術のエンジン車に対し、モーターと電池の技術が鍵となるEV、FCVへの潮流にともない、産業構造の転換の可能性が指摘されて

企業名 (国名)	出荷量 (万 kw)
インリーグリーンエナジー (中国)	230
ファーストソーラー (米国)	180
トリナソーラー (中国)	160
カナディアンソーラー (カナダ)	155
サテックパワー (中国)	150
シャープ (日本)	105

図表3-9 太陽光発電パネル大手の世界出荷量 (2012年)  
資料：日本経済新聞 2013年11月15日号。

いる。自動車は「スマートシティ」の構成要素としても、太陽光発電・スマートフォン・超伝導ケーブル・燃料電池・蓄電池等と並び注目される。自動運転車への参入の動きも、従来の産業構造を越え、IT企業がITを活用したハードの開発や普及へと従来とは異なる軌跡での参入も見られる。米Googleやマイクロソフト等、位置情報を活用できる強みにより参入をすることで競争優位性の確保も考えられる。米Googleは、自動運転車や眼鏡型ネット端末などの開発や事業化にも取り組み、さらには災害現場や人命救助用の2足歩行ロボット等、産業用ロボットの開発を進めているという<sup>28,29</sup>。

日本では再生可能エネルギーへの注目が集まり、太陽光発電が急拡大している。政府が2012年7月に再生可能エネルギーを全量買い取る制度を導入して以来、世界大手の参入が進み、パネルなど太陽光発電システムの市場は、14年度には3兆円規模に拡大すると予測されている<sup>30</sup>。これをビジネスチャンスととらえ、日本企業が事業規模を拡大させるいっぽうで、新興企業や新規参入企業の躍進により、競争はきわめて激化している。

2005年時点には、シャープ、京セラ、三洋電機、三菱電機、カネカ等で5割以上のシェアを確保しこの分野で強さを誇った日本勢ではあるが、2010年には中国や台湾の企業にとって代われ、1割程度に下落した<sup>31,32</sup>。図表3-9のように、2012年における太陽光発電パネルの世界出荷量では、5位以内に日本企業はいない。

1999年にドイツで創業されたQセルズは、

水素供給基地	
千代田化工建設	水素の常温輸送技術を開発。15年度に世界初の水素基地や水素発電所を建設
水素輸送船	
川崎重工業	極低温の水素を運ぶ専用船を建造。ロシアで液化水素生産を検討
水素ステーション	
JX 日鉱日石エネルギー	15年度までに40ヶ所建設。水素の純度を高める装置や出荷設備を実証実験。
大阪ガス	都市ガスから水素を世界最高の効率で取り出す装置を開発。
岩谷産業	今春に約40億円を投じて水素関連などの研究所を開設。超高压の充填技術を研究。
大陽日酸	水素ステーションの建設費を従来の2分の1にしたパッケージ型製品を発売
神戸製鋼所	充填用の高圧圧縮機と、従来の100分の1の大きさの熱交換機を開発
日本製鋼所	水素をためられる高圧容器や水素を蓄える性質がある合金を開発
サムテック	アルミに炭素繊維を巻き付けた軽量の水素貯蔵タンクを開発。
燃料電池	
日本ガイシ	セラミックスを使う高効率電池を開発
富士電機	出力100キロワットの産業用燃料電池を販売
パナソニック	東京ガスと共同で従来機より3割安い家庭用燃料電池「エネファーム」を開発
東芝	停電時も運転可能な家庭用電池を販売
京セラ	アイシン精機などと共同で発電効率が世界最高水準の家庭用燃料電池を開発。
燃料電池自動車	
トヨタ自動車	15年に市販開始。独BMWと基幹システムを共同開発、20年に実用化
ホンダ	15年に市販開始。米ゼネラル・モーターズと共同開発、20年に実用化。
日産自動車	独ダイムラー、米フォード・モーターと提携。17年に販売
東レ	車載タンクの素材向けに炭素繊維を開発
旭硝子	耐久性のある燃料電池部材「電解質ポリマー」を供給。

図表3-10 日本企業の水素関連の主な取り組み  
資料：日本経済新聞2013年10月23日号。

2007年、2008年には生産量世界一であったが、2012年より韓国大手財閥企業であるハンファグループの一員となっている<sup>33</sup>。

エネルギーシステム輸出の動きも拡大している。エネルギーシステムへの考え方は、ドイツが再生可能エネルギーに力を入れる一方、原子力とシェールガスには距離を置く。これに対してイギリスは、すべての選択肢をとっている。フランスは再生可能エネルギーと原子力の可能性を探求する一方で、シェールガスは環境問題を危惧する。アメリカではシェール革命が新たな潮流として注目され、再生可能エネルギー、原子力ともに挑戦する、というように、国によりそのスタンスも異なる<sup>34</sup>。

インド、カンボジア、マレーシアなどへ、日

本の高性能な発電・送配電・節電システムの輸出を計画する動きもみられる<sup>35</sup>。石炭火力技術において、日本は、高压の蒸気でタービンを回す「超臨界圧」技術で先行し、さらに進んだ「超超臨界圧」技術においても発電効率は世界最高となる。横浜のJパワー磯子火力発電所は、超超臨界圧技術を採用し水蒸気の温度を600以上、圧力を25MPaまでひきあげることで世界最高の発電効率を実現している<sup>36</sup>。米・中・印3国の石炭火力に「超超臨界圧」技術を導入すれば、日本の年間CO<sub>2</sub>排出量より多い約15億トン削減できる<sup>37</sup>。

水素エネルギー社会を視野に、産官学が協力し、実証実験も行われている。燃料電池車から住宅に給電する実験も始まった<sup>38</sup>。北九州市の

水素モデルタウンでは、隣接する工場で発生する副生水素をパイプライン敷設により安定供給するオフサイト型水素タウン実証事業が行われている<sup>39</sup>。余った電力で水素をつくり、保存すれば家庭用燃料電池や燃料電池自動車に燃料として利用することもできる。太陽光など再生可能エネルギーで水素を作れば、さらに二酸化炭素を出さない循環が生まれる。家庭用燃料電池（エネファーム）は設置台数が5万台弱にまで急増した。規模の拡大と材料の技術革新で最近では本体の価格が当初の1/4程度の200万円弱にまでなりつつある。

日経BPクリーンテック研究所の予測による水素インフラ市場は、2030年には37兆円にも拡大する見通しという。燃料電池自動車は30年には約7兆円、世界で350万台が販売されるという。水素ステーションなど周辺インフラの整備は22兆円を超える巨大市場となる。日本では政府がステーションの建設費を補助し、15年に100カ所、25年には1000カ所に増やす計画である。2015年に市販開始予定の燃料電池自動車は、15年時点での販売価格は500万円台とされ、日本の自動車業界では、25年には国内で累計200万台の販売を目指しているという。図表3-10は、日本企業の水素関連の主な取り組みである。

鉄道分野においても日本企業のインフラ輸出に期待が集まっている。2013年10月29日、安倍総理は、日本企業が手掛けたボスボラス海峡の海底トンネル開通式に出席し、「次は東京発イスタンブール、そしてロンドンにつながる新幹線が走る夢を一緒に見よう」と挨拶した<sup>40</sup>。イスタンブールを東（アジア）と西（欧州）に分けるボスボラス海峡の海底トンネルは、大成建設が手がけ、日本政府が円借款を供与し、日本の技術と資金の支援で実現した。トルコ国鉄の電車が通行し毎日150万人を運ぶ見通しである。ボスボラス海峡は海流が早いので、トンネル建設は技術的に困難をきわめ、日本の技術ならではの11の箱型の構造物を海底に沈めてつなぐ沈埋工法を採用し、この工法としては世界最深のトンネルとなる。世界で初めて、陸の部

分のシールド工法で掘削したトンネルをつなぐ工法をとった<sup>41</sup>。

首都アンカラ イスタンブール線やアンカラ西部イズミル線などトルコの人口の約半数が住む15都市をつなぐ高速鉄道網の整備計画へも日本勢の参加が期待されているという。

インド、タイ、インドネシア、シンガポール、マレーシアなどでも日本の新幹線システム導入の動きがあり、インド最大の都市ムンバイと西部の工業都市アームダバードを結ぶ高速鉄道計画で、共同事業化調査の覚書が調印され、新幹線システムの採用に向けて具体的な取り組みがはじまる<sup>42</sup>。総延長543キロメートル、総事業費約6300億ルピー（約1兆円）にもなる巨大プロジェクトである。鉄道車両や運行システムだけでなく、管理や保守点検なども包含するトータルとしての優れた巨大システムを提供できるかどうか競争力が問われている。米国やベトナム、インドネシアでも大型プロジェクトが計画されている。イギリスでは、ロンドンとドーバー海峡付近を結ぶ高速鉄道路線に日立が車両を納入し、新車両約500両の製造から30年間の保守義務まで、トータルシステムとして30年間にわたり請け負うという<sup>43</sup>。

航空宇宙分野においても新たな段階を迎えている。2013年10月15日には、MRJの飛行試験機初号機の最終組み立てが三菱重工業小牧南工場で開始された。2015年に初飛行、初号機納入は2017年度予定という<sup>44</sup>。

2013年9月14日には、イブシロンロケット試験機打ち上げに成功した<sup>45,46</sup>。2013年8月27日、イブシロンロケット試験機打ち上げにおいて、リフトオフ約19秒前に発射延期となった<sup>47</sup>。原因は地上のコンピュータとロケットの姿勢データのやりとりの設定ミスで、約0.07秒のズレが生じ、地上のコンピュータがロケットの姿勢に異常があると検知し自動停止した。

イブシロンロケットは、高性能と低コストの両立を目指す固体燃料ロケットである。信頼性と性能の一層の向上を実現し、モーター構造のさらなる軽量化や製造プロセスの簡素化をはかるなど、シンプルなつくりで画期的な軽量化、



大幅なコスト削減等を実現し、宇宙への敷居を下げることになるという。組み立てや点検などの運用が効率的で、ロケットの打ち上げを手軽に、高頻度の打ち上げが可能となる。

とりわけロケットの知能化により、搭載機器の点検をロケット自身が自律的に行うことを可能とする試みであり、世界中どこにいても、ネットワークにノートパソコンを接続するだけでロケットの管制が可能となる。モバイル管制と呼ばれる革新的打ち上げシステムは、世界で最もコンパクト、かつ射場に依存しない未来ロケットの見本となる世界で初めての試みである。

H2A ロケットは全長 53 メートル、イプシロンは全長 24.4 メートル、重さ約 90 トンで、H2A ロケットの半分以下の小型ロケットである。H2A では主エンジンが液体燃料を使用し複雑な構造をとるのに対し、イプシロンは固体燃料で比較的シンプルな構造となっている。

三菱重工業が大型ロケット H2A を使用し、カナダの衛星運用大手テレサットの通信衛星を 2015 年以降に打ち上げる受注額は 100 億円規模といわれている<sup>48</sup>。商用衛星打ち上げビジネスをめぐる受注競争が激化するなか、H2A は海外製ロケットに比べ 3 割以上割高、いっぽう、イプシロンでは費用を大幅に抑え、30 億円台になるという。小型ロケット M5 では、打ち上げ費用 75 億円、発射準備に約 100 人規模のスタッフで 42 日間かかったのに対し、イプシロンでは、発射場での準備作業は世界のロケットで最短、わずか 7 日間、2 人ですむ。機体に人工知能を搭載し、技術者に代わりロケットが自動点検する<sup>49</sup>。

こうした多岐にわたる要素技術からなる巨大システムをまとめあげることを必要とされるフェーズに移り、計測・解析・評価機能、シミュレーションが不可欠となるものづくりへと変化している。人の五感、試行錯誤や微調整により作りこんでいく重要性や長年にわたる経験から積み上げられる意味を否定するものではないが、いっぽうで大型放射光施設 (Spring-8)、X 線自由電子レーザー施設 (SACLA)、大強度陽子加速器施設 (J-PARC)、理研のスーパー

コンピュータ「京」、JAMSTEC (海洋研究開発機構) の「地球シミュレータ」等を活用する新たな視点が問われている。

部品点数  $10^4$  の自動車から  $10^6$  の航空宇宙へ、さらにはスパコン「京」では、世界最先端の技術で 1 秒間に 1 京回、すなわち  $10^{16}$  回を超える計算処理能力を競う。科学技術の進歩は、いっぽうでスパコン「京」の  $10^{16}$  に象徴される巨大複雑化、他方でマイクロンレベルの時代からナノ領域  $10^{-9}$ 、さらにはピコ  $10^{-12}$ 、フェムト  $10^{-15}$  に象徴される微細化へと桁違いのオーダーでの研究開発が進展している。

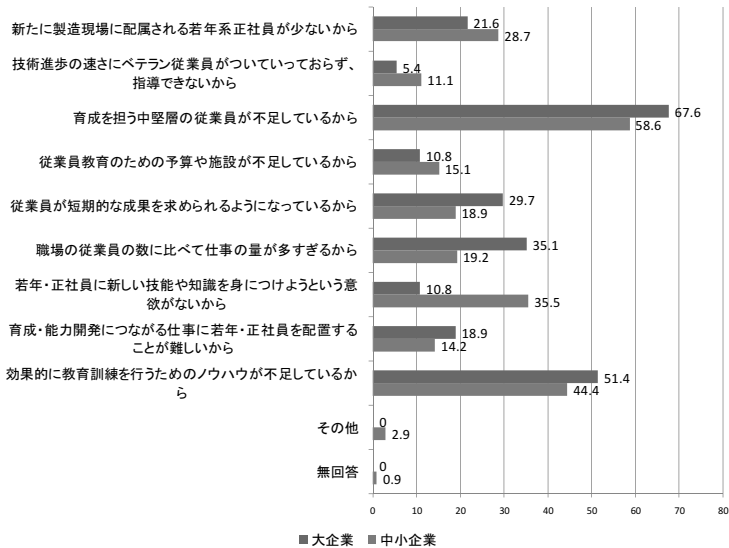
木村 (2009) の議論では、日本のものづくりは要素技術には十分な蓄積がありながらも、それらを統合するシステム技術の未熟さを指摘している。システム技術においては「見えるもの」から「見えないもの」へと軸足の移動をともなうが、こうした点への後れをとることが懸念される。従来現場を重視し、経験やカン、コツを礎に試行錯誤や微調整を繰り返し「カイゼン」を通して製品の成熟度を漸進的にあげていく日本の得意技が発揮できない領域における日本型ものづくりの限界を警告し「匠の呪縛」の危険性に言及する。

#### 4. 新たな成功方程式を創出する新たな人材育成へ

破壊的ともいえる技術の桁違いの転換局面における変化の潮流を概観してきた。今までの成長の軌跡の延長線上にないこうした変化に直面し、課題解決に求められる新たな人材像とその育成が問われている。従来技術蓄積への幻想が捨てられないと今までの成功体験が負の遺産となりがねない。

日本のものづくりは巧みなオペレーションが競争力の真髄であると認識されてきた。従来までの日本の優れたものづくり人材は、勤勉で均質、堅固な結束力で、機動的に変化・変動や不確実性に対処し、さらには開発部門と一体となり、関係企業間で統合していく総合能力に優れていた。





図表 4 - 1 若年技能系正社員の育成・能力開発がうまくいっていない理由

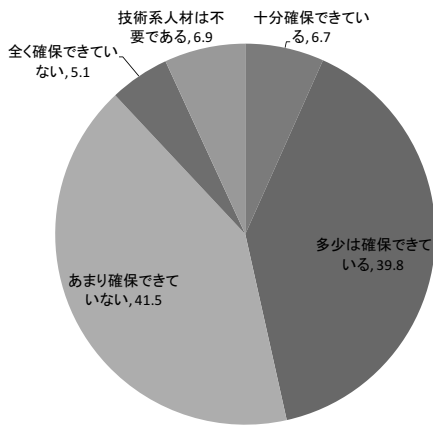
資料：㈩労働政策研究・研修機構「若年技能系社員の育成・能力開発に関する調査（2010年）」

こうした優位性に関わる主な議論として、暗黙知の概念を構築したポラニー（Polanyi, 1966）、小池（2012）の知的熟練の概念、藤本（2012）の擦り合わせの概念、伊丹（2010）の場の概念、野中（2012）の知識創造の概念が挙げられる。

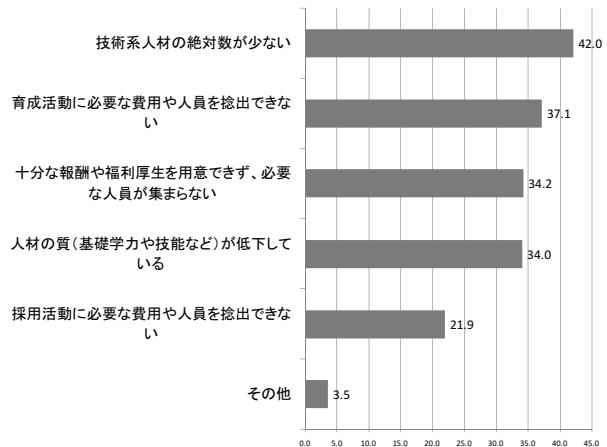
徒弟制度に象徴される「場」を共有し直接経験を積み重ねることで微妙なニュアンスや暗黙の了解にいたるまで受け継がれてきた成果として、変化変動時への対応、突発事象への即応、不具合の原因追求、要因を特定し対策を講じ、さらには未然に防止することができる能力が、仕事という教育道場で長い期間をかけて体験を積み重ねることで養われてきた。しかしながらこれらは従来の延長線で「想定される」範囲内、起こり得る事象が過去の経験の蓄積から洞察することができる範疇にあればこそといえる。これが通用しなくなり予測不可能な事象が頻発している。長期間を要する人材育成手法の脆弱性も露呈されている。企業の将来に対する不確実性が増加し、5年後にどのようなビジネス展開をしているか、その結果、社員に求められるコンピテンシーがどのようなものか未知数となっている<sup>50</sup>。

㈩労働政策研究・研修機構「若年技能系社員の育成・能力開発に関する調査」によれば、若年技能系正社員の育成・能力開発が「うまくいっている」大企業は約8割と高い一方、中小企業では6割半ばとなっている。若年技能系正社員の育成・能力開発がうまくいかない理由として、図表4-1のように、「効果的に教育訓練を行うためのノウハウが不足している」との指摘は従来から挙げられてきたが、ここへきて「育成を担う中堅層の従業員の不足」が、大企業で67.6%、中小企業で58.6%、と極めて高い比率を示し、また、「従業員が短期的な成果を求められるようになっている」との回答が、大企業で29.7%、中小企業で18.9%、仕事の量が多すぎるとの回答も大企業では3割半ば、中小企業で2割と、現在の厳しい状況を反映し時間的・人的余裕のない現状を浮き上がらせる回答となっている。

図表4-2のように、新技術の開発や製造プロセスを桁違いにするための生産技術等、イノベーション創出を担う技術系人材の確保について尋ねると、「十分に確保できている」とする企業は6.7%、「あまり確保できていない」41.5%、「まったく確保できていない」5.1%、と半



図表 4-2 技術系人材の確保状況  
資料：経済産業省調べ（13年2月）



図表 4-3 技術系人材を確保できない理由  
資料：経済産業省調べ（13年2月）

数ほどの企業が不足感を指摘する。

図表 4-3 のように、技術系人材の不足理由として、「絶対数が少ない」42.0%と最も多い回答となっていることに加え、「人材の質（基礎学力や技能）の低下」も34.0%と高率となっており、量の面でも質の面でも課題があることがうかがいあがる。

また、「人材育成活動に必要な費用や人員を捻出できない」とする回答が37.1%、「十分な報酬や福利厚生を用意できず、必要な人員が集まらない」34.2%と、技術系人材を必要と認識しながらもその雇用・育成における費用面での問題も挙げられる。

いまや国内だけではなく地球規模での最適化を目指し生産拠点の再編が考えられるようになった。日本の生産拠点を閉鎖し、中小企業で連合して海外に拠点を構えることも夢ではなくなった。

日本企業における人材育成は従来、企業が自社内で長い時間をかけてOJTとoff-JTにて育成し、自社内のキャリア形成による仕事の幅と理論的な知識を習得してきた。近年は、グローバル人材育成研修所等のしくみにより、技能から経営哲学や理念の共有まで、国籍や価値観を超え、より短期間での人材育成を推し進める体制が顕著になっている。

企業規模の大小を問わず海外展開が不可避と

なり、単独進出には障壁の多い中小企業は現地企業との連携も視野に進出を試みるようになってきている。こうした流れにともない、海外拠点におけるキーパーソン育成が大きな課題となっている。とりわけ中堅・中小企業が海外進出する際、現地での管理・マネジメント担当者の確保が課題として挙げられている。こうした課題へ対応するため、外国人研修生や技能実習生の活用、さらには留学生を海外幹部候補として育成する手法も注目されている。中堅・中小企業が現地において安定的に事業を拡大していくためには、日本企業の文化、理念や経営手法を十分に理解し、現地人材を束ねることのできる管理職人材や、生産管理、品質管理を担える人材の確保・育成が欠かせない。

技能実習制度は、最長3年の期間において、仕事をしながら日本の優れた技能・技術・知識を修得し、帰国後にこれを活かして品質管理や労働慣行、コスト意識等、修得した能力を発揮して自国における事業活動の改善や生産性向上に役立ててもらうことを狙うものである<sup>51</sup>。

HIDA（海外産業人材育成協会）は、AOTS（海外技術者研修協会）とJODC（海外貿易開発協会）が合併し、主に開発途上国の産業人材を対象とした研修および専門家派遣等の技術協力を推進する人材育成機関である。1959年設立以来、2013年現在までに受入研修170647人、

海外研修 192727 人、タイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナム等での 50 年以上にわたる人材育成活動の実績により、育成された卒業生が海外拠点の幹部となり支える事例もみられる<sup>52,53</sup>。海外で活躍する人材が増えるだけでなく、卒業生たちのネットワーク化の成功により、日本企業の海外進出時に橋渡し役となっている。

スピードと変化を問われる時代ではあるが、50 年を超える長期にわたり継続する活動の成果として、現地での信頼関係を築き優秀な人材の確保・育成へと活かされている。

生産拠点の再編にともない生産体制が変われば、必要とされる技術・技能も変容する。国内拠点が閉鎖され事業を他工場に移管するなど統廃合する動きが急速に進んでいる。こうした流れが国内だけではなく地球規模で最適地を求めて検討されることも稀ではない。人に内在化しているノウハウへの過度の依存はオペレーションの不安定化を惹起する。日本国内だけで自己完結しているうちには問題とはならなかった、人から人へと、言葉では語りつくすことができない曖昧性、暗黙の了解や微妙なニュアンスにいたるまで伝えられてきた部分を、体系的に理解できるように、まずは可能な限り客観的に表現し IT を活用しながらデータベース化・ビジュアル化へ、さらには機械設備に置き換えていくことが必要となる。これにともない今まで有効であった技術・技能の継承だけではなくその棄却や新たな創造が模索される。

日本の生産拠点をマザープラントとして位置づけ、海外の拠点に対して全面的に生産支援や研修教育を行っていた段階から、生産拠点における人材育成体制を刷新、高度化し、海外にも人材育成機関を設置し、研究開発から製造まで一貫して行う時代となった。従来の延長線上から離れ、新たな発想での人材を育てることが、桁違いの変化へのブレークスルーにおける課題解決へもつながる。日本拠点においては、革新的な次世代製品を生み出すために、世界を凌駕する最先端の生産設備開発とこれを使いこなす人材育成を不断に追求し、世界に発信する司令

塔としての機能を構築することが求められている。

ヤマザキマザックのレーザー加工機の生産子会社であるヤマザキオプトニクスでは、2007 年 12 月に地下 17m にレーザー加工機組立用の工場、フェニックス研究所を設けている<sup>54,55,56</sup>。低振動や恒温環境、きわめて高い防塵性能を確保し、レーザー加工機の組立精度を高めることに繋がる。

一般的な工場では、 $1 \text{ ft}^3$  ( $28316.8 \text{ cm}^3$ ) の空気に含まれる  $0.5 \mu\text{m}$  以上の粉塵は、300 万個以上にのぼる。これに対して、地下工場では、約 10 万個と圧倒的に少ない。この結果、光学系部品に不具合が生じないようにかけるクリーニング作業が不要となり、生産リードタイムも短縮したという<sup>57,58</sup>。

こうした桁違いの取り組みへと挑むのは規模の大きい組織だけではない。たとえば精密板鍛造技術により超精密冷間鍛造順送金型を製造する売上高約 20 億円の(株)サイベックコーポレーションでは、「ものづくりを日本に残す」との思いから、高付加価値ものづくりを模索し 2012 年 8 月に建設費用約 18 億円をかけて次世代金型工場を地下 11m に建設した<sup>59,60</sup>。微細化・高精度化への要求が高まるなか、これらの要求に対応するために、温度・湿度などの経時変化や動的精度など、究極の加工環境を実現している。

地下の安定した環境では、本社工場の平均振動値 40 dB に比し、地下工場は 20 dB 程度と減らすことができ、この 20 dB の差は、振動値が 1/10 に減ることを意味する。地熱利用で温度  $23 \pm 0.3$ 、湿度  $45\% \pm 5\%$ 、恒温・恒湿・低振動に保たれ、ミクロンオーダーでの加工を実現する。

この結果、同じ加工機、同じ工具、同じ加工条件で加工環境が地上か地下かの違いで、高速マシニングセンタによる加工面を比較すると、地上工場の面粗度が  $Rz 0.687 \mu\text{m}$  だったのに対して、地下工場は  $Rz 0.308 \mu\text{m}$  まで向上した。従来の勘やコツ、経験に依存しないで超精密かつ微細な加工を安定的につくりだす。こう

した設備における革新と同時に、2000年にVT（バリューテクノロジー）研究所を設け、常に次のコア技術、難しい分野へ挑戦し、新しい技術・工法を誕生させている。70名の社員のうち、10名、約15%もの人員を投入し、「造る」ではなく「創る」研究開発型企業への転身を進めている。また、「ものづくり未来塾」という研修会をおこない、“知恵を出せる人間づくり”をおこなっている。

設備の高度化がいつそう進展しても、人の知恵や工夫、創造性が求められる要素がなくなるわけではない。さらに創造性の高い未来の技術へと所・番地を変えていく。

従来では実現できないほどの画期的な生産システムを構築すると、これを扱う新たな創造性も必要となる。生産システムの信頼性が高まり、不具合や不良が減少すれば、復旧や手直しの実践機会は少なくなる。技術が高度化し専門性が高まるにつれて、業務が細分化し専門領域が分化する。自らの領域においては深耕していくことができても狭い範囲の理解に陥り、複合化する広い領域にわたる多様な全体像は把握できなくなる。領域横断的に俯瞰する必要性が強く指摘されるようになってきている現状にも関わらず、放置すれば仕事の実態は逆行していく。

燃料電池における電極やセパレータの新素材や新工法の模索、超電導ケーブルの素材、CNT（カーボンナノチューブ）、CFRP（炭素繊維複合材）などの新素材をナノ領域で効率的に生産する量産技術を開発するなど、新素材と新たな工法の探求にむけて、領域横断的に多様な知を融合し、イノベーションを推し進めることに猶予はない。日本で時間がかかるならば海外勢が王手に名乗りをあげる。イノベーションという化学反応を発生させる場の設営、これを加速させる触媒機能が求められている。

つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）では、世界的なナノテクノロジー研究拠点として、オープンイノベーションハブ機能により、広く海外の研究者とも連携を図りながら人材育成に取り組んでいる<sup>61</sup>。

KEK（高エネルギー加速器研究機構）は大

学共同利用機関の役割を担い、全国の大学の関連研究者のニーズに応え、広く海外の研究者とも連携を図りながら学術研究を推進する中核的研究機関と位置付けられている。世界44ヶ国約1800名の研究者が共同研究や国際会議等に訪れているという<sup>62</sup>。

太陽光発電、水素エネルギー、超電導、次世代宇宙システム、水循環ソリューション等の共同研究開発事例でもみられるように、巨額投資、幅広い異なる分野の知の結集に資する知のネットワークの場として、先端的研究機関との連携や技術研究組合等のしくみを活用し多岐にわたる組織が参加する産官学連携への動きも加速している<sup>63</sup>。

経済産業省が支援する先端素材国家プロジェクトでは、2013年度約40億円、5～10年間で数百億円を助成する計画である<sup>64</sup>。重量を6割削減しつつ、安全性の高い自動車を20年にも実用化する。鉄を置き換えるだけでは重量は3割しか減らないため、6割の軽量化を目指し、炭素繊維に適した車体や車台を設計するという。東京大学、東レ、トヨタ自動車、三菱レイヨン、帝人子会社東邦テナックス、日産自動車、本田技術研究所、三菱自動車工業、スズキ、名古屋大学等が参加している。桁違いの技術変化に対する課題解決には、従来の枠組みを超え異なる分野の知見をもとに、領域横断的に技術の幅広い議論を行う知の集積の必要がある。

中小企業と先導的中核研究施設との連携や、研究機関からスピンアウトし新技術・新製品を発信する若い企業も増加傾向にある。海外パートナーとの連携により、従来の日本のものづくりでは考えられないほどはじめから世界を見据え機動的に世界展開し、新興国のニーズに応え成長していく企業もある。

電動バイクを製造販売するベンチャー、テラモーターズ株式会社は、2010年創業から間もないが、国内ではトップシェア、年間約3000台の電動バイクを販売する<sup>65,66</sup>。テラモーターズのビジネスモデルは、「国際分業」、「権限委譲によるスピード経営」「新興国市場への展開」に特徴がある。製品の設計・製造・販売のうち、



製造については海外のパートナーとの積極的な提携で投資負担を抑え、自社は企画・マーケティング・コア技術の研究開発・部品調達・アフターサービスなど、より付加価値の高い業績に注力している。2012年にはベトナムに現地法人と自社工場を設立した。並行してフィリピンに設立した現地法人で電動三輪タクシーの生産を開始し、地元政府が主導する3輪タクシー「トゥクトゥク」の電動化プロジェクトへの参加や販売パートナーとの提携等、現地での製造・販売を本格化させ、年間一万台の量産体制に入っている。

研究機関からのスピンアウトによる成功事例も増加している。2004年に設立されたCYBERDYNE株式会社は、大学発ベンチャー企業である<sup>67,68</sup>。筑波大学の教授が研究成果をもとに医療福祉機器および医療福祉システムの研究開発を行っている。研究開発メンバーの5割が、筑波大学、東京大学、早稲田大学、海外大学等、博士号学位を取得し研究を実用化し独創的な製品を世界に向けて送り出している。

サイバードアインが開発した装着型ロボット「HAL (Hybrid Assistive Limb)」は、体に装着することによって、身体機能を補助・増幅・拡張することができる世界初のサイボーグ型ロボットであり、脳卒中の症状や脊髄損傷を持つ患者の足の運動障害を改善できるという。脳から出る微弱な信号や人が歩く速度などを感知する生体信号、加速度センサー等を搭載し、人が手足を動かそうとすると、脳の電気信号を足の皮膚表面で検知し、モーターを制御し思ったとおりに手足を動かせるよう補助する。2013年8月には、HALが欧州における医療機器認証を取得し、ドイツの労災適用を受け、機能改善治療の事業を開始した<sup>69</sup>。

いまやクラウドファンディング手法により、規模が小さい組織であっても、魅力のある技術・製品・アイデアには世界中から資金やアドバイスを集めることも可能となっている。フェイスブックやホームページ上での情報発信がきっかけとなり、連携を進展させ新たなビジネスモデルを構築することも可能となった<sup>70</sup>。

個人による自由なものづくりの可能性を広げるための「実験工房」としてのファブラボが、2012時点で世界40カ国145か所設立されている<sup>71</sup>。ファブラボには3次元プリンタやレーザーカッターなどの多様なデジタル工作機械を備え、市民が集い活動を展開している。アイデアを世界中の仲間とシェアし、互いを高めあえる個人が担っていく<sup>72,73,74</sup>。

東京・渋谷の「ファブカフェ」では、起業家が出会いつながら機会をつくりだしている<sup>75,76</sup>。3Dプリンタをキーワードに、たとえば台北の若いデザイナーが描いたアートを次の日に渋谷の3Dプリンタでつくりあげるといように、ネットを介し、ものづくり起業家の輪が世界に広がっていく新たな可能性もある。

米倉(2011)は、個々の小さな行為の総和が想像を超えたパワーや結果を生む「創発」の概念を提示し、「元に戻す」という発想から「新しい世界に突入する」という意識への転換を指摘する<sup>77</sup>。いままでの枠組みの延長線上では解決しえないレベルの課題を解決していくのは、少数の企業家による「創造的破壊」だけでなく、無数のエンジニア、マーケターそして社会企業家による「創発的破壊」の累積的イノベーションであるとする。今、問われているのはパラダイム・チェンジ、すなわち、古い固定観念を捨てて新しい時代を読み切る思考枠組の大転換であり、そのさい歴史的俯瞰能力の重要性を説く。未来を創るには、過去との対話があらためて必要といえる。

野中(2013)は、知識創造を不断に続けるために、動的な関係性が生じる「場」があるかどうかのカギであるとする。暗黙知と形式知を相互変換しながら知識を生み出していく過程をダイナミックに高速回転させていくことができる人材育成には、リベラルアーツ(教養)と質の高い経験があらためて必要となると主張する。なぜならば、関係性のパターン認識は、教養が豊かでないとできないからである。一見、ビジネスの加速的な流れとは逆行するかの如くに見える「人間とは何か」から始まり、真・善・美とは何かを考える中で「関係性を読む」能力を



高めることができる。

## 5. むすびにかえて 終焉か創生か？

桁違いの技術変化に挑む今、ものづくり現場で新たに必要とされる人材育成について分析してきた。パラダイムシフトに直面し、世界が称賛した日本の成功体験が正当性を失い評価が逆転しかねない状況にある。単に蓄積された技術・技能を継承するだけではなく、時の移ろいにともないその棄却と新たな創造へと移ろう。従来の発想から脱し、世界で闘える知をネットワーク化していくことのできる場の設営や触媒機能が求められている。内外の政治・経済・社会環境の激動要因とは異なる次元で日本のものづくりの底流に見いだされる本質的な課題を解く新たな方程式なくしてものづくり創生はない。

資源小国日本は、科学技術立国として持続的な成長を実現していくために、技術革新が不可欠であることはいうまでもない。文部科学省平成25年版科学技術白書においても、「世界で最もイノベーションに適した国」創りのための人材育成として、「社会的課題の解決に向けて、特定の専門分野にとらわれない幅広く自由な発想を持って、自らリーダーシップを発揮して、戦略的思考で創造的な解決策を構築することにより、社会を変革することが基本」と指摘している。幅広く技術の全体像を把握し領域横断的に多様な知を融合できる俯瞰型人材育成により、桁違いの技術変化を加速する原動力となりうる。

漸進的な技術進歩の枠組みを離れ、ものづくりポジショニングを再検証せざるを得ないほどの桁違いの技術変化へとむかう現在、築き上げてきた競争基盤、その背景にある価値基準まで否定されかねない。かつての成功方程式では解けない転換局面にある今、新たな人材像と育成のあり方が問われている。

日本ならではの優れた流儀が時の移ろいのおかげで数々の矛盾を露呈している。伝統と革新、継続と変化、長期と短期、細分化と総合化、主観と客観、感性と理性、身体性とその否定、勘

やコツから計測や解析重視、二律背反する事項をいかに備えていくかという重い課題を避けては通れない。

野中(2013)は、主観は理性による判断を誤らせるとする西洋の知の伝統に対し、人間の主観や価値観こそが重要であり、日本企業は改めてこの点を認識すべきであると指摘する。

クリステンセン(Christensen, 2011)は、イノベーションのDNAの概念を提示し、複雑な状況に斬新な発想で対応するためには、人と違う考え方、人と違う行動により、例外的な状況を克服するための型破りな解決策を生み出すことを主張する。それまで結び付けられることのなかった一見無関係に見える疑問や問題、まったく異なるアイデアや経験を関連づけ結び付け、技術、部門、地理、社会、学術分野などの境界を越え、アイデアの思いがけないつながりを擦り合わせ新しい方向を見出す必要があるとする。

野中(2013)は、知的機動力経営の概念を提示する。日本企業のDNAは、個々人の未来創造への強い思いと、潜在能力の洞察に基づく人材育成と登用にあると再認識することを主張している。空間軸、時間軸において、従来とは異なる桁違いの拡がりの中で、さまざまな事象が互いに影響し合い、初期の微細な変化の兆しが、偶然の積み重ねにより増幅され大きな変化として現れてくる。グローバルに知的機動戦を展開しなければならない今、日本企業に求められているのは、構想力に裏打ちされた判断と行動、そして、それができる強い思いを持った人材の育成であるとする。

スペースシャトルが退役し、NASA(米航空宇宙局)が担ってきたISS(国際宇宙ステーション)への宇宙船やロケットなどの開発において、スペースX、ブルージーン、シエラネバダなどのベンチャーが活躍している。スペースXは、IT事業で大成功をおさめた若き経営者が設立した宇宙ベンチャーであり、電気自動車ベンチャーテスラの創業者でもある。

こうした、いわば「小が大を呑み込む可能性ある時代」、若者たちが新たな挑戦をはじめた動きは顕著となっている。米倉(2011)は、

今回のパラダイムチェンジは、少数の企業家によって担われた従来とは異なり、無数の小さな声が一連の大きなうねりとなって現状を創発的に破壊し、新たな複数均衡点を各地に創造する可能性を指摘している。

世界のルールが激動する転換期にある現在、破壊的な変化のマグマのうねりが構造を揺さぶり、構成員の力関係をも激変させようとしている。ファブラボをはじめ、多様な業種、世代、国籍の人たちが集い、世界中の仲間とアイデアをシェアし感性を刺激する場、知のネットワーク強化や協働のための場、世界中から多様な知を融合しイノベーションを加速する場が新しい形で築かれつつある。

自らの専門領域にのみ深く留まることなく、自らの狭い専門領域を離れ異質な空間で多様な知を出し合い燃り合わせ、イノベーションの爆発へと昇華させることのできる触媒機能が欠かれない。

従来受け継いできた教えを守る「守」、流儀を守りきわめたからこそ敢えて自ら既存の型を破る「破」。そしてさらには敢えて「離」れ、新しい世界を拓き独自の新機軸を築いていかなば飛躍はできない。単に従来の成長の軌跡すべてを否定し新しい世界に逃げ込むことを是とする乱暴な議論ではない。今問われているのは、歴史的構想力を礎にしつつ未来を創造する守破離の「離」の段階にあるといえる。

本研究は、平成 25 年度中京大学特定研究助成費「パラダイム転換局面における製造・生産技術拠点の再構築に関する実証的研究」を用いた研究成果の一部である。

注

- 1 国連「World Population Prospects」The 2010 Revision.
- 2 『Wedge』2013年9月号。
- 3 電子情報技術産業協会「IT・エレクトロニクス業界による国家成長戦略の実践」資料より。
- 4 IMD 『IMD World Competitiveness Yearbook 2013』

- 5 「「知的機動力」生かす経営を」日本経済新聞 2013年8月15日号。
- 6 Ruth Benedict (1946) *The Chrysanthemum and the Sword*, Houghton Mifflin Co., Boston. (長谷川松治訳『菊と刀』現代教養文庫, 社会思想社, 1967年。)
- 7 伊勢神宮鷹司大宮司の言葉を借りるなら、工学の世界におけるいわゆる極限追求、「Maximum Performance」、絶対的な基準ではなく、より柔軟性のある「Best Performance」により、時の移ろいに応じて変わり、そのときの最善を尽くしていくことで永久に受け継ぎしなやかに生かす術を識っていることが式年遷宮の思想であり日本における伝統の引き継ぎ方の優れている点であるという(2013年11月29日「遷宮1300年と今」伊勢神宮鷹司大宮司講話より)。
- 8 大林組の建築技術者グループが、出雲大社の設計資料「金輪造営図」などを基にした復元研究によれば、棟持柱の長さは45m、重さは195tと推計され、この超重量物を現代工法無くして人海戦術だけで運搬し引き揚げるには、約4000人もが必要となる。そこで巨大な轆轤を考案し四本の腕木で引き、梶子の力学で僅か188人で作業できたと検証している(大林組(1989)『古代出雲大社の復元』学生社)。
- 9 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編『2013年版ものづくり白書』
- 10 2013年5月シンガポールにて現地調査研究。
- 11 <http://www.mofa.go.jp>
- 12 2013年8月アラブ首長国連邦(UAE)/ドバイ・アブダビにて現地調査研究。
- 13 筆者は、ものづくりの海外展開やこれにともなう人財育成、技術革新と知の関わりによる日本企業の競争優位性について、ドイツ・イギリス・トルコ・ロシア・イタリア・フランス・チェコ・ハンガリー・スイス・アメリカ・インド・フィリピン・タイ・シンガポール・マレーシア・韓国・中国・台湾等にての100拠点を超える海外現地調査を含め、1000拠点を超える国内外の製造現場やこれを支える生産技術、研究開発拠点等において実証研究を重ねてきた。
- 14 Clayton M. Christensen (1997), *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press.
- 15 楠木健(2013)「クリステンセンが再発見した

- イノベーションの本質」『DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー』第38巻第6号, 2013年6月号。
- 16 C. K. Prahalad and M. S. Krishnan (2008), *The New Age of Innovation*, The McGraw-Hill Companies, Inc.,.
- 17 詳細は, 浅井紀子 (2006) 『ものづくりのマネジメント 人を育て企業を育てる』中央経済社参照。
- 18 中川威雄「今, 中国とどう向き合うか」2013年3月5日素形材産業経営講演会, 中川威雄 (2013) 「中国最大の製造業「フォックスコン」のものづくり」『素形材』Vol. 54, No. 6, 2013年6月号。
- 19 経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2013年版ものづくり白書』2013年。
- 20 日本経済新聞2013年10月24日号。
- 21 日本経済新聞2013年11月7日号。日本経済新聞2013年11月8日号。
- 22 経済産業省『METI ジャーナル』2013年8・9月号。
- 23 Chris Anderson (2012) *MAKERS: The New Industrial Revolution*, Crown Business.
- 24 Neil Gershenfeld (2005) *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop - from Personal Computers to Personal Fabrication* -, Basic Books (田中浩也監修/糸川洋訳『Fab』オライリージャパン, 2012年)。
- 25 日刊工業新聞2013年4月17日号, 日刊工業新聞2013年4月24日号, 日刊工業新聞5月1日号。
- 26 読売新聞2013年8月10日号。
- 27 2013年2月東京での報告より。
- 28 日刊工業新聞2013年11月7日号。
- 29 「Bio Japan 2012 World Business Form」, 2012年10月10日, Pacifico Yokohamaにて。
- 30 日本経済新聞2013年11月15日号。
- 31 日本経済新聞社編 (2012) 『日経資源・食糧・エネルギー地図』日本経済新聞出版社。
- 32 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編『2012年版ものづくり白書』
- 33 <http://www.hanwha-solar.jp>, 「PV EXPO 2012」資料より。
- 34 Naoya Kaneko 「Energy System in Each Country」GRIPS - U.S. Embassy Joint Energy Forum 資料より, 2013年5月13日。
- 35 詳細は浅井紀子「技術の地殻変動と生産機能再編に関する一考察」『中京経営研究』第22巻第1・2号, 2013年。
- 36 『Global Edge』創立60周年特別号, 2013年。
- 37 読売新聞2013年9月10日号。
- 38 日本経済新聞2013年8月6日号。
- 39 2012年3月北九州市にて現地調査研究。
- 40 日本経済新聞2013年10月30日号。
- 41 2008年9月トルコにて現地調査研究。
- 42 日本経済新聞2013年10月7日号。
- 43 日本経済新聞2012年7月25日号。
- 44 <http://www.mrj-japan.com>
- 45 <http://www.jaxa.jp/projects/rockets/epsilon/>
- 46 日本経済新聞2013年8月21日号, 日本経済新聞2013年8月27日号, 日本経済新聞2013年8月28日号, 日本経済新聞2013年8月31日号, 日本経済新聞2013年9月13日号, 日本経済新聞2013年9月14日号, 日本経済新聞2013年9月15日号, 日本経済新聞2013年9月23日号, 日刊工業新聞2013年8月22日号, 日刊工業新聞2013年8月28日号, 日刊工業新聞2013年9月16日号。
- 47 日刊工業新聞社2013年9月16日号。
- 48 日本経済新聞2013年9月26日号, 日刊工業新聞2013年9月27日号。
- 49 2012年2月種子島にて現地調査実施。
- 50 佐藤博樹「企業環境の変化と人材活用の課題」『産政研フォーラム』No. 92, 2011年。
- 51 <http://www.jitco.or.jp>
- 52 横田悦二郎「東南アジアの素形材業界に何が起きているのか」人材育成分科会資料, 2013年10月1日。
- 53 <http://www.hidajapan.or.jp>。
- 54 2008年6月, 2009年4月, 2011年3月現地調査研究。
- 55 『エネルギーレビュー』第28巻第6号2008年6月号。
- 56 <http://www.mazak.jp>
- 57 日本経済新聞2013年5月14日号。
- 58 「地熱を利用した省エネ地下工場」『精密工学会誌』Vol. 78, No. 9, 2012年。
- 59 2012年9月現地調査研究。
- 60 <http://syvec.co.jp> 『型技術』第28巻第10号, 2013年10月号。

- 『プレス技術』第51巻第6号, 2013年6月号。  
 『日経ものづくり』2013年5月号。  
 『素形材』Vol. 53, No. 12, 2012年。
- 61 2013年5月現地調査研究。2013年7月現地調査実施。
- 62 2013年7月現地調査研究。
- 63 藤原豊 (2012) 「民間研究開発投資の促進に向けた施策について」『PVTEC ニュース』Vol. 60, 2012年3月号。
- 64 日本経済新聞 2013年6月22日号。
- 65 朝日新聞 2013年10月6日号, 朝日新聞 2013年10月9日号, 朝日新聞 2013年10月10日号, 朝日新聞 2013年10月11日号, 朝日新聞 2013年10月12日号。
- 66 2013年4月12日ものづくり日本会議「製造業革命“メイカームーブメント”」資料より。日刊工業新聞 2013年4月16日号, 日刊工業新聞 2013年5月22日号, 日刊工業新聞 2013年7月11日号, 日刊工業新聞 2013年7月22日号。
- 67 2013年7月25日, サイバーデザイン株式会社代表取締役社長, 筑波大学教授山海嘉之氏より。
- 68 <http://www.cyberdyne.jp/>
- 69 日本経済新聞 2013年8月5日号。
- 70 2013年8月神奈川県にて現地調査研究。
- 71 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編 『2013年版ものづくり白書』
- 72 日本経済新聞 2013年8月10日号。
- 73 日本経済新聞 2013年8月16日号。
- 74 日本経済新聞 2013年8月27日号。
- 75 2013年5月現地調査研究。
- 76 日本経済新聞 2013年8月16日号。
- 77 米倉誠一郎 (2011) 『創造的破壊 未来をつくるイノベーション』ミシマ社。
- 参考文献
- Chris Anderson (2012) MAKERS: The New Industrial Revolution, Crown Business.
- C. K. Prahalad, M. S. Krishnan (2008) The New Age of Innovation (有賀祐子訳 (2009) 『イノベーションの新時代』日本経済新聞社)。
- Clayton M. Christensen (1997) The Innovator's Dilemma, Harvard Business School Press (玉田俊平太監修/伊豆原弓訳 (2001) 『イノベーションのジレンマ』翔泳社)。
- Clayton M. Christensen, Michael E. Raynor (2003) The Innovator's Solution, Harvard Business School Press (櫻井祐子訳 (2003) 『イノベーションへの解』翔泳社)。
- Clayton M. Christensen, Jeffrey Dyer, Hal Gregersen (2011) The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators, Harvard Business School Press (櫻井祐子訳 (2012) 『イノベーションのDNA』翔泳社)。
- Dorothy Leonard-Barton (1995) Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation, Harvard Business School Press (阿部孝太郎他訳 (2001) 『知識の源泉 イノベーションの構築と持続』ダイヤモンド社)。
- Dorothy Leonard-Barton (2003) The factory as learning laboratory Operations Management Critical Perspectives on Business and Management, Routledge.
- Dorothy Leonard & Walter Swap (2005) Deep Smarts, Harvard Business School Press (池村千秋訳 (2005) 『「経験知」を伝える技術 ディープスマートの本質』ランダムハウス講談社)。
- M. Christensen, Michael E. Raynor (2003) The Innovator's Solution, Harvard Business School Press.
- Michael Polanyi (1966) The Tacit Dimension, Routledge & Kegan Paul Ltd. (佐藤敬三訳 (1980) 『暗黙知の次元』紀伊國屋書店)。
- Neil Gershenfeld (2005) Fab: The Coming Revolution on Your Desktop from Personal Computers to Personal Fabrication, Basic Books.
- Ruth Benedict (1946) The Chrysanthemum and the Sword, Houghton Mifflin Co., Boston (長谷川松治訳 (1967) 『菊と刀』社会思想社)。
- W. Brian Arthur (2009) The Nature of Technology, Free Press.
- 合田忠弘, 諸住哲監修 (2011) 『スマートグリッド教科書』インプレスジャパン。
- 青島矢一・武石彰・マイケル・A・クスマノ (2010) 『メイド・イン・ジャパンは終わるのか』東洋経済新報社。
- 伊丹敬之 (2008) 『経営の力学』東洋経済新報社。
- 伊丹敬之 (2010) 『イノベーションを興す』日本経済新聞出版社。
- 伊丹敬之・東京理科大学 MOT 研究会編著 (2010)

- 『技術経営の常識のウソ』日本経済新聞出版社。  
 伊丹敬之・東京理科大学 MOT 研究会編著 (2012) 『不常識の経営が日本を救う』日本経済新聞出版社。
- 岩崎航介 (1969) 『刃物の見方』三条金物青年会。  
 上田篤編 (1996) 『五重塔はなぜ倒れないのか』新潮社。
- 尾高煌之助 (1993) 『職人の世界・工場の世界』リポート。
- 大江匡 (2005) 『和の空間をつくる「守破離」の意匠』淡交社。
- 柏木孝夫 (2010) 『スマート革命』日経 BP 社。  
 粕谷誠 (2012) 『ものづくり日本経営史』名古屋大学出版会。
- 菊池恭二 (2008) 『宮大工の育て』祥伝社新書。  
 木村秀紀 (2009) 『ものづくり敗戦 「匠の呪縛」が日本を衰退させる』日本経済新聞出版社。  
 小池和男 (2012) 『高品質日本の起源』日本経済新聞出版社。
- 中村真一郎 (1985) 『色好みの構造 王朝文化の深層』岩波新書。
- 野中郁次郎・紺野登 (2012) 『知識創造経営のプリンシプル』東洋経済新報社。
- 野中郁次郎・徳岡晃一郎 (2012) 『ビジネスモデルイノベーション』東洋経済新報社。
- 畑村洋太郎 (2003) 『失敗に学ぶものづくり』講談社。
- 畑村洋太郎・吉川良三 (2012) 『勝つための経営』講談社現代新書。
- 藤本隆宏 (2003) 『能力構築競争』中央公論新社。
- 藤本隆宏 (2004) 『日本のもの造り哲学』日本経済新聞社。
- 藤本隆宏 (2012) 『ものづくりからの復活』日本経済新聞出版社。
- 松浦昭次 (2000) 『宮大工千年の知恵』祥伝社。  
 松原隆一郎 (2006) 『武道を生きる』NTT 出版。  
 水上勉 (1988) 『禅とは何か』新潮社。
- 村上陽一郎 (1986) 『技術とは何か 科学と人間の視点から』NHK ブックス, 日本放送出版協会。  
 矢野憲一 (2006) 『伊勢神宮』角川書店。  
 吉川弘之監修 (1998) 『技術知の位相』東京大学出版会。  
 吉川弘之監修 (1999) 『技術知の本質』東京大学出版会。  
 吉川弘之監修 (1999) 『技術知の射程』東京大学出版会。
- 米倉誠一郎 (2011) 『創造的破壊 未来をつくるイノベーション』ミシマ社。
- 李登輝 (2003) 『「武士道」解題』小学館。  
 渡辺保 (2013) 『歌舞伎 型の魅力』角川学芸出版。  
 大林組 (1989) 『古代出雲大社の復元』学生社。  
 新素材・新材料のすべて編集委員会 (2006) 『新素材・新材料のすべて』日刊工業新聞社。  
 産業技術総合研究所ナノテクノロジー知識研究会 (2004) 『ナノテクノロジー・ハンドブック』日経 BP 社。  
 経済産業省・厚生労働省・文部科学省 『2013 年版ものづくり白書』2013 年。  
 文部科学省編 『平成 25 年版科学技術白書』2013 年。