

技術の地殻変動と生産機能再編 に関する一考察

キーワード 技術蓄積への幻想, 科学技術の相互関連構造, 破壊的变化, 巨大システム化

中京大学経営学部教授 浅井 紀子

1. はじめに

日本の製造業の評価・総点検が求められている。今までの成長の軌跡の延長線上にない非連続的な変化への対応策は、かつての成功方程式では解けない。世界のルールが激動する転換期にある現在、外部からも内部からも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。

各国・地域経済の2012年の世界の実質GDPに占める割合は、新興国・途上国が世界の実質GDPの35.3%に達している¹。ローカルメーカーの部素材の品質や価格競争力の向上、国際特許出願件数の増加は著しい^{2,3}。

航空宇宙・水処理・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総合力で挑む時代を迎えている。科学技術の相互の関連構造はますます巨大化・複雑化の様相を呈している。

従来の技術蓄積により確固たる地位を築き上げ成功体験を有することは、かえって桁違いの変化の兆候から目を背け、認識と対応が遅れる障壁となりかねない。シュンペーターが指摘す

るように、「馬車をいくら繋いでも鉄道にはならない」⁴にも拘わらず、過去の延長線上で未来を捉えようとする矛盾がある。ブレークスルーなくして乗り切れないほどの変化に直面することは、変革へのエネルギーへと昇華させる好機でもあるが、過去からの技術蓄積と断絶した新技術への不連続の変化は、長年にわたり築き上げてきた競争基盤さらにはその背景にある価値基準や支配力学までも破壊しかねない。ブライアン (Brian, 2009) が指摘するように、技術の進化にともない経済構造や仕組みも変貌を遂げていく⁵。18世紀後半、イギリスでの産業革命は、工業や輸送に大きく影響を与えたのみならず、農業分野にも技術革新のメリットが波及したことで食糧供給の安定へとつながった。

2011年10月31日、世界人口は70億人を突破した。国連の予測では、2083年ごろに100億人を超えるとされている⁶。約20万年前に人間(ホモ・サピエンス)が地球上にあらわれ、1800年ごろに人口10億人の大台を突破し、130年かけて20億人に増加したのに比し、1999年の60億人からわずか12年で70億へと爆発的に増加している⁷。人が生きていくためには、水、食糧、エネルギー、移動手段は欠かせない。世界人口が90億人に達するとされる2050年には、3倍のエネルギーが必要とされている。

人やモノの移動手段は、歩行・畜力・帆船・蒸気機関車・自動車・大型船舶・高速鉄道・飛行機・ロケット等へと高速で広域に可能となり、人類の活動空間は宇宙にまで拡大した。いまや JAXA（宇宙航空研究開発機構）の火星探査機「のぞみ」が 1998 年に鹿児島・内之浦から打ち上げられるなど、火星にまで探査する時代へと進歩した⁸。

2011 年 12 月 12 日には、三菱重工業と JAXA（宇宙航空研究開発機構）により、H2A ロケット 20 号機が種子島宇宙センターから打ち上げに成功した。欧米製の打ち上げ回数が 200 回以上に比し、日本は 20 機中 19 機と、10 分の 1 とはいえ、信頼性の目安となる成功率 95% を達成し、米「デルタ」、欧「アリアン」等の世界の有力ロケット勢と肩を並べる^{9, 10, 11, 12}。2012 年 5 月には、初の海外案件である韓国の衛星打ち上げにも成功した。

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。2012 年 5 月、スペース X の民間宇宙船「ドラゴン」が初めて ISS（国際宇宙ステーション）へのドッキングに成功し、宇宙輸送商業化時代のフェーズに進展したといわれている¹³。

人類は叡智を結集し、より豊かになろうと日々歩みを進めるが、時として想定外の事象が発生し、思いもけない遠いところにまで影響が及ぶ。筆者は、2011 年 3 月、開業したばかりの新幹線「はやぶさ」に乗り、日本が誇る世界最先端技術による快適性や速さを実感しながら東北へと向かい、研究中に 3 月 11 日の自然界の猛威に遭遇した。2001 年 9 月 11 日にはニューヨーク・マンハッタンで研究中であった。311 の際には陸路を失い、空路へと切り替えた。911 のときには、空路を失い、13 時間かけて陸路デトロイトへ移動した。

日本は未曾有の危機に直面し、持続可能な社会の姿が問われている。かつて盛んに指摘された「失われた 10 年」という言葉が空虚に響く

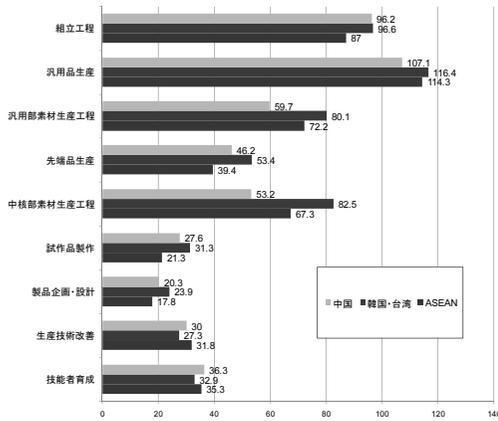
ほど、長期低迷を彷徨い、明るい兆しが少し見えたかと思うとまたさらなる危機がおそいかり、振り子が逆に揺れ動く現状を抜け出すことができない。第 4 期科学技術基本計画において述べられているように、日本そして世界は、政治、社会、経済的に激動の中にあり、科学技術に求められる役割も変化している¹⁴。

従来の「常識」や価値基準をも破壊しかねない技術の非連続的な変化に直面し、日本における生産機能をゼロベースで再評価する必要に迫られている。なにが制約条件となり、何が限界に来ているのか？ 従来の前提条件や日本独特の流儀が通用しなくなっている今、生産拠点の統廃合をどうするのか？ 海外展開のありようをどうするのか？ 事業転換をおこなうべきかどうか？ 不確実性の増すなか人材育成・採用方針をどうするのか？ こうした多角的な決断を迫られる状況が増加している。既存の生産拠点の抜本的な再構築の影響は関連する企業へと波及し、雇用問題、地域経済システムへと変化の影響が増幅していく。

本稿では過去の成長の軌跡を否定する非連続的な技術変化の実態を検証し、その変化の潮流に対応する生産機能の再構築について一試論を提示したい。

2. ものづくりポジショニング再考

図表 1 では、どのような機能がアジア（中国、韓国・台湾、ASEAN）に有するかを示している。「組立工程」では、中国 96.2、韓国・台湾 96.6 と極めて高く、ASEAN においても 87.0 と、アジア地域で 9 割前後の重要な役割を果たしている。「汎用品生産」では、いずれの地域においても 100 を超え、日本における拠点と同等以上の役割を担っていることがうかがえる。どちらかといえば技術が成熟し工程が安定している労働集約的な「汎用品生産」や「組立工程」において、日本国内と遜色なくあるいは日本拠点以上の割合となっている。競争優位性に関わる「中核部素材生産工程」においても、中国 53.2、韓国・台湾 82.5、ASEAN 67.3 と高率を

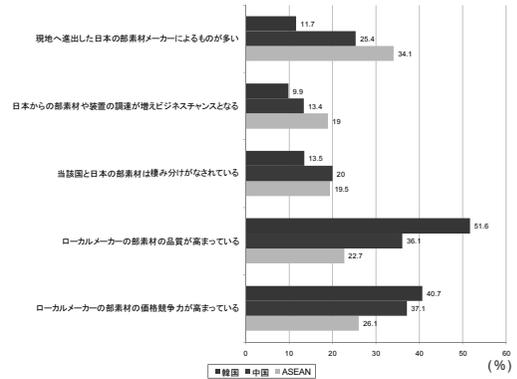


図表 1 アジアに有する具体的な生産機能
日本国内に同機能を有していると回答した比率を100として、各地域の回答比率を再計算したものの。
出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省編『2012年版ものづくり白書』

示し、いずれにおいても過半数を超える回答となっている。加えて「先端品生産」においても一定程度存在していることに注目すれば、高い付加価値を生む工程においても、海外拠点が国内拠点と代替的な関係になり、海外で盤石な地位を築きつつあることがうかがえる。従来は、技術成熟度の高い汎用品をアジア地域で、中核部素材においては日本で、といった棲み分けができていたが、この補充関係が発展的に崩壊し、海外拠点の成長が著しい。

いっぽうで試作品製作や製品企画・設計、生産技術改善等の機能は現段階では日本拠点を中心としている。激化する国際競争に打ち勝つためには、日本拠点における生産機能はいかなる姿に変容・進化を遂げていくかがあらためて問われている。

図表 2 は、韓国・中国・ASEAN の部素材産業の成長を示している。ASEAN では 34.1% の企業が、中国では 25.4% の企業が、「現地へ進出した日本の部素材メーカーによるものが多い」と回答し、韓国・中国・ASEAN の実力は、現地に進出した日系の部素材メーカーが担っていると指摘する向きもある。しかしながらいっぽうで、「ローカルメーカーの部素材の品質が高まっている」との回答が、韓国で 51.6%、



図表 2 韓国・中国・ASEAN の部素材分野における成長に関する我が国メーカーの認識
出所：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』

中国で 36.1%、加えて「ローカルメーカーの部素材の価格競争力が高まっている」と答えた企業が韓国で 40.7%、中国で 37.1%、と、現地へ進出した日系の部素材メーカーだけでなく、ローカルメーカーが成長し、品質や価格競争力において日本企業の優位性が脅かされつつある現実に曝されていることが読み取れる。

2012 年版ものづくり白書においては、従来日本の強みとされてきた「現場力」、すなわち、「問題を発見し、解決する力」を基礎に置き、この現場力の蓄積を活かしながらも「新たな価値の創成」へと、従来のマザープラントにとどまらない役割を担うことが指摘されている。世界各地から最新の情報や課題などを吸い上げ・再解釈し、「現場力」によってさらに磨きあげ、「グローバル市場のニーズを収集し、国内でプラットフォームを開発し世界展開を図ったり、生産技術の開発を主導したり、海外拠点の人材を集め集中教育を行うなどして再び世界へ発信する「マザー機能」の役割を担い、高循環を創出することが期待されるようになっている。

アジア生産拠点といえども、安い労務費への依存のみではなく、飛躍的に QCD 水準を向上させ、世界に通用する生産基地としての成長を遂げている。かつての成功体験では、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。日本の生産拠点で立ち上げ、技術的にも成熟し安定した生産ラインを段階を追い海外へ展開していく手法がとられていた。いまでは世界同一基準で世界中の拠点を水平的に切磋琢磨させる動きも見られる。海外拠点をマザープラントとして位置づけ、開発から生産まで一貫して展開していくケースも稀ではなくなった。

急速な世界展開のなかで、「いつでも」、「どこでも」、「誰でも」、ある程度の機種なら世界同一の水準にて最適なタイミングで提供できるよう目指し努力を重ねてきた結果、日本の生産拠点と海外生産拠点との関係が、従来の親から

子へ、一方向に発信されていた時代から成長を遂げ、海外の工場から発信された現場の創意工夫が日本の工場に還流し、双方向に高め合いさらに知恵を加え一段と進化し世界に発信されていく時代となっている。日本における生産拠点でしか加工できない高難易度製品やマザー工場としての位置づけと、世界同一基準の「いつでも」、「どこでも」、「誰でも」普遍性ある姿への成長は、日本における生産拠点の存在価値を問い直すことにもつながり、矛盾する要素を含蓄する。

図表3が示すように、製造業は激化する世界競争にさらされ抜本的に国内生産拠点を統廃合する動きが急速に進んでいる。また、岐阜県美濃加茂市・ソニー EMCS 美濃加茂サイトが

図表3 工場閉鎖・売却が止まらない日本の家電業界

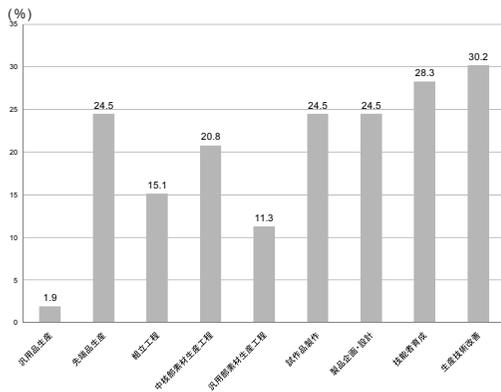
会社名 (グループ会社含む)	製造品	所在地	従業員数	内容
シャープ	液晶パネル	大阪府堺市	1600人	工場売却検討
		三重県亀山市		一部売却検討
パナソニック	プラズマディスプレイ	兵庫県尼崎市	2000人	2工場を閉鎖
	液晶ディスプレイ	千葉県茂原市	1500人	工場売却
	リチウムイオン電池	大阪府貝塚市	350人	工場閉鎖
	半導体	鹿児島県日置市	600人	工場閉鎖検討
ソニー	テレビ	愛知県一宮市	1000人	工場閉鎖検討
	電子機器	千葉県香取市	700人	工場閉鎖
		岩手県一関市	750人	工場閉鎖
東芝	半導体	福岡県北九州市	530人	工場閉鎖
		静岡県御前崎市	100人	工場閉鎖
		千葉県茂原市	570人	工場閉鎖
	LED照明	山形県長井市	450人	工場閉鎖
		茨城県常磐市		工場閉鎖
		山形県飯豊町		工場閉鎖
		茨城県つくばみらい市		工場閉鎖
液晶ディスプレイ	兵庫県姫路市	400人	工場閉鎖	
富士通	半導体	三重県桑名市	1400人	工場売却検討
		岩手県金ヶ崎町	530人	工場売却
ルネサス	半導体	山形県鶴岡市	1250人	売却検討
		山口県宇部市	1270人	売却検討

出所：『Wedge』2012年10月号。

2013年3月末に閉鎖されると発表された^{15, 16}。ソニーのデジタルカメラと携帯電話事業をてがけ、正社員770人と派遣社員ら1850人が働いている。デジタルカメラを愛知県幸田町の子会社工場に、携帯電話事業を千葉県木更津市の子会社工場に移管するという。

既存の生産拠点の再構築の影響は関連する企業へと波及し、企業撤退後の従業員の雇用の確保・創出の深刻な問題を抱え、地域経済システムの変容へと影響が増幅し負のスパイラルに陥りかねない。

海外展開が加速し、海外におけるローカルメーカーの品質や価格競争力レベルが急成長するなか、海外競合拠点に対し差別化し優位性を確保するために、日本拠点の現状打開策を調べると、図表4のように、国内拠点において強化した機能は、「汎用品生産」1.9%、「汎用部素材生産工程」11.3%、「組立工程」15.1%、と低い回答のいっぽうで、「先端品生産」24.5%と、高度技術を有する部門に重点を置いていることがうかがえる。「生産技術改善」30.2%、「試作品製作」24.5%、「製品企画・設計」24.5%、等の機能強化や「技能者育成」28.3%、と、世界で闘える人材育成面に力を入れていく方向付けも読み取れる。とりわけ、技術のブレークスルーに挑むために、あらためて生産技術の役割を強化することに競争の焦点が移ろいつつある点も



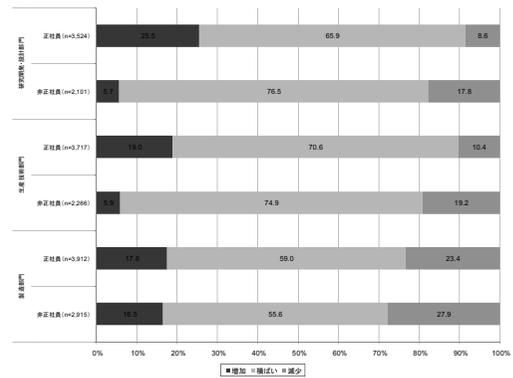
図表4 海外生産機能保有後に、国内生産拠点で強化した機能

出所：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』

示唆されている。しかしながらここでの生産技術は、プロセスイノベーションかプロダクトイノベーションかの二者択一の議論を超え、革新的な次世代新製品を生み出すために、素材や工法を変更し、極めて効率的な量産技術を開発することにより桁違いの結果を生み出す段階が意図されていると推察され、従来日本が強いとされてきたいわゆる製造現場の改善によるインクリメンタルな変化、地道な努力の積み重ねによる生産性向上にとどまらない画期的な技術変革が模索されていることが考えられる。

この実態を雇用の面から検討すると、図表5が示すように、今後の日本国内における正社員の推移の部門別見通しは、「製造部門」では、正社員の「増加」17.6%、「減少」23.4%と、減少との回答が増加を上回っている。いっぽうで、研究開発・試作部門においては、正社員の「増加」25.5%、「減少」8.6%と回答し、生産技術部門においても「増加」19.0%、「減少」10.4%と、増加と答えた割合のほうが高くなっている。海外への展開が加速するなかで、むしろ高度な機能は競争の基盤と認識し、国内にて生産技術や設計等の部門に重点的に人的資源を割り当て、人を育てようとする意気込みもうかがえる。

図表2の回答とあわせて検討すると、海外展開が急速に進展しさらには海外の生産レベルが



図表5 国内における正社員・非正社員の部門別見通し（5年後）

出所：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』

高度に成長するなかで、日本国内では今後の競争優位性を築く上での根幹にかかわる部門に人的資源を集中的に配分し長期的な視点から育成していく必要性を感じていることも推測できる。

従来までのものづくり白書では、日本における生産拠点の強みとして、海外拠点と比し、相対的に高度熟練技能や保全をはじめとする幅広い技能や改善能力による QCD の一体向上さらには開発部門との連携能力に優れている点が指摘されてきた。知を撚り合わせ、勤勉で均質、堅固な結束力で機動的に変化・変動に対処し、開発段階の成果を試作から量産展開へと実際に具現化し、関係企業間で統合していく総合能力に優れているとされてきた。そうした人材の育成には長期間を要し、日々の仕事の場が教育道場として機能しながら、失敗や成功体験を積み重ね、曖昧な要素を五感で鋭くとらえ受け継いできた。決まったものを迅速につくりあげるには、均一性・同質性を強みとする機動力の強みが最大限発揮されてきた。

こうした立場から、小池 (2012) は、生産ラインの設計や新製品の設計における生産職場からの発言に注目する。製造経験をもとに品質不具合やつくりにくさ等、職場の知恵、すなわち職場からの創意工夫の発露として、その企業の効率を根幹から左右する中枢事項への提案が国際競争力の源泉であると指摘する¹⁷。

木村 (2009) は、要素技術には十分な蓄積がありながら、それらを統合するシステム技術の未熟さ、システム技術が駆動した「見えるもの」から「見えないもの」への軸足の移動に後れをとることを問題提起する¹⁸。宇宙や原子力、航空機、防災、放送通信、金融サービス等の現場を事例に挙げ、「カイゼン」を通して製品の成熟度をじりじり上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。

畑村・吉川 (2012) は、デジタル化やモジュール化にとまなう産業構造の変化を指摘する¹⁹。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、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する。この結果、これまで積み上げてきた高い技術力への揺るぎない自負と強い信頼が一転して足枷となる。いままでの図面を読み取る力や生産現場での細かな問題に対応策を講じ、部品の発注から製品の組み立てまで一切の作業を滞りなく行うことのできる経験豊かな人材による微調整や試行錯誤を必要とした時代から、そうした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、部品同士の組み合わせや、部品を効率よく配置して狭い空間をうまく使うといった、これまで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する。

1990年代までは、技術の進化と生産現場の精度を上げることで築き上げた優位性も、急速なデジタル化の進展のなかで、ある程度の品質の製品であれば世界中の「誰でも」「どこでも」「簡単に」つくりあげることが可能にし、急激に水平分業型へと進展しているとする。日本の生産現場が弱体化したわけではないが、これと差別化するには現場での生産性向上のみでは、努力の限界を超えている。発想を転換し、従来のやり方からの桁違いの変革を迫られている。

3. かつての成功方程式からの脱却

優れた生産設備はいまや熟練技能者の暗黙知とされてきた領域にまで一部踏み込み、ある程度のものであれば生産可能となっている。

スパコン「京」が、2012年9月28日より共用開始された^{20, 21, 22}。「京」は1秒間に1京回 (10^{16} 回) を超える計算処理能力をもつ²³。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、他方でナノレベルでの 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に進展し、直接、人が現物に触れ確認することが困難となりうる場面も増加し、個人の主観による洞察や経験に基づく微調整や試行錯誤で解を見つけるには限界がある。個々の人や組織の流儀に依存

したやり方では対処しきれず、スパコン等援用によるシミュレーションが不可欠となっている。

バイオプロセスを活用した産業の環境負荷低減技術においても、バイオ関連のベンチワークを高度自動化する研究がおこなわれている²⁴。バイオ関連技術の進歩に伴い、実験の作業内容も高度化し解析技術の高感度化に伴い、実験スケールは微量多検体化する。多岐にわたり、かつ大規模化するにともない、人の経験に基づく手作業への依存には限界がある。熟練作業を数値化しロボットに置き換えることで、人による作業を上回る作業精度を可能とし、煩雑で複雑なバイオ関連作業を人による手作業への依存から次世代ロボットの活用により自動化し、高い精度とスループットを実現していくという。

生産システムは複雑性を増し、電子制御システムも急速な進化を遂げている^{25, 26}。高速で加工するための機械の熱変形による工作物の寸法のばらつきへの補正作業を機械自身が適切に自動的に補正する熱変位制御や、機械振動を大幅に抑制し送り速度を高速化することで加工時間を短縮する振動制御機能、稼働状況や消耗部品の使用履歴を監視しオペレーターに交換を促したり、トラブル発生時に迅速な復旧作業をサポートする保守監視機能、機械の高速化・複合化に伴い機械干渉時のダメージが大幅に増大する恐れがあるが、機械干渉チェックを機械動作と同期してNC画面上の3Dモデルで行い、機械干渉を防ぐ高度な干渉防止機能、治具やワークにアンバランスがある状態で切削加工を行うことによる加工不良や機械破損を防ぐために、バランスを分析する機能などを備えた機械、1台で素材から完成品までの全加工を従来の8日から2日へと納期を大幅に短縮し短期間で完結する複合加工機など、人の五感のように、稼働状況や加工状況を機械自身が解析し、思考・判断を行い、安定・継続して最適な加工を実現できるまでに高度複合化を遂げている。

2012年11月開催の第26回日本国際工作機械見本市(JIMTOF2012)では、多軸・複合加工機の最新製品により多様な加工技術が提案されている^{27, 28, 29, 30}。複雑な多面形状の部品加工

に対し、3軸から5軸への移行が進むが、5軸へのシフトは軸数が多いために誤差の要因も増加する。この課題に対し、いまや誤差を自動補正し高い加工精度を効率よく実現する。たとえば航空機やエネルギー産業等の複雑形状部品を加工するさい、この5軸制御マシニングセンタでは、「サーモフレンドリーコンセプト」による熱変位制御にくわえ、「ファイブチューニング」機能により、5軸特有の幾何誤差を簡単に計測・補正し、5軸加工精度をレベルアップするという。熟練技能者でも1時間に数ヶ所しか補正できない難易度の高い加工において、2分で10ヶ所以上を補正し、段差も従来機の12 μm から3 μm へと精度を向上させている。

キャノンは、高い精度が要求されるデジタルカメラをつくる生産ラインで完全自動化ラインを構築するという³¹。デジタルカメラの部品点数は、約600~1000点といわれているが、一部の機種で、組み上げ、梱包するまでの作業を無人化する計画である。2015年をめどに、大分と宇都宮の生産拠点にある組立工程の一部を完全自動化する。無人化後は、工場の生産管理や成長分野の新規事業部門に移すなどして雇用を吸収する方針である。米国・バージニア州のプリンター向けトナーカートリッジ生産拠点では、1ラインにつき約100体のロボットが約100点の部品からなるトナーを組み立てる高度な自動化を実現している。

パナソニックは、工場で人と協調できるパワーアシスト装置を開発したという³²。人の力では運べない重量物を持ち上げる等の力仕事だけではなく、空気圧を利用した人工筋肉で、必要な力を予測して制御することで柔らかい動きを可能とし、部材をはめ込むといった細かく位置を調整する作業すら行うことができるようになる。

畑村・吉川(2012)の議論では、優れた技術が強力な武器になることに変わりはないが、かつては強力だった過去の技術蓄積への過信を問題視する。技術は変化が常態であり、あっという間に陳腐化する。こうした技術の宿命を軽視し、その後の環境変化で不要となり競争力を失っているにも関わらず、まだ簡単には模倣できな

いと安心していると、硬直化した組織の中で、競争力がなくなった技術をいつまでも大きな価値があると錯覚してしまう。

金型の設計・製造における作業的な業務部分を徹底的に自動化し、高品質の金型を短期間でつくることもできるようになっている。山形カシオでは、金型製造を大幅に自動化した金型生産自動化システムを開発し、2012年4月より本格稼働させている^{33, 34, 35}。金型設計からNCデータ作成にいたるCAD/CAM作業の約8割を自動化し、他の前提条件が同じであれば、受注から納品までのリードタイムを従来比約7割に短縮でき、飛躍的に生産性を向上させている。高度なネットワーク制御により、高品質の金型を短期間でつくる次世代金型設計・生産システムを構築し、激化する国際競争で韓国など海外の金型メーカーを凌ぎ世界へ発信する。工作機械や成形機・測定器等のデジタルネットワークを構築し、15年にわたり蓄積されたデータを解析して知識化することで、金型の設計や加工用データを自動作成する。加えて、ネットワーク制御による製造工程の自動化も推し進め工具等を自動で交換しながら24時間作業を続行する。従来なら熟練技能者が長年の経験から割り出す部分まで一部自動的に判断し最適な手段を選択し、加工後の検証まで自動で行う。

デジタル技術は、規模の拡大によるコスト削減という従来の王道を打ち破り、3次元の設計データをもとに立体の模型を作り出す3次元(3D)プリンターにより、製作期間を1/3にするなど、試作部品の開発期間を大幅に圧縮し、コストも数百万円のオーダーから数万円へと劇的に削減している^{36, 37}。

今まで成功してきたビジネスモデルが突如正当性を失いかねない危機にある。かつての成功方程式からの脱却なくして、こうした世界を凌駕するブレークスルーへと挑戦することはできない。

4. 技術蓄積への自負と幻想

こうした深刻な状況を受けて、生産機能の抜

本的な再編に取り組むには、今まで高く評価されてきた成功要因が失敗要因へと転じかねない。従来までの技術と途絶した非連続的な変化の構図は、長年にわたり築き上げてきた競争基盤を否定しかねないからである。

ドロシー (Dorothy Leonard-Barton 1995) は、企業にとっての競争優位をつくり出すコア・ケイパビリティ (core capability) による知識を生み出す活動が、逆に知識の流れを妨げるコア・リジディティ (core rigidity) へと変質するおそれを指摘する³⁸。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、コインの裏表の関係であり、この強みこそが組織の硬直性、すなわちコア・リジディティへと変質し、自社の弱みへと一変する。新しいライバルによる新しい顧客サービスの方法、新技術の出現、新しい政策ないし社会的出来事がパラダイムシフトへと導くさい、従来の強みゆえに、破壊的な変化の兆しを敢えて看過するように逆作用する。

いったん一つのシステムが特定のケイパビリティを生むようになると、そのシステムは慣性をもちだし、たとえそれが時代遅れだったり、意味のないものになっても解体することが難しくなる。

未来は暗黙のうちに現在と同じようなものであり、過去の延長線上にあるとの思考回路から抜け出せなくなる。この結果、企業活動は現行の知識を拡大することに集中し、現在のポジションを否定する兆候には目を背けることに陥る。それゆえコア・ケイパビリティにとって不適当なものは排除されてしまうとする。皮肉にも、かつて成功へ導いたコア・ケイパビリティこそがコア・リジディティへと失墜する。新技術の揺籃期には新しいものは優位性をもたないがゆえに、新技術の評価にはバイアスがかかる。コア・リジディティは、企業が「技術的不連続性」、すなわち、ベースになる技術がまったく新しいパラダイムに移行するような状態の瀬戸際でどっちつかずの状態にあるとき、最も危険なものに

なる。問題解決における探索パターンが、それ以前の成功体験に縛られ外部からのアイデアを受け入れなくなるマインドセットの罠に陥ってしまう。

この議論ではコア・ケイパビリティがコア・レジディティへと変質し逆作用を与える理由を、経済学的な視点、政治力学の視点、行動学的な視点、の3点から明らかにする。現行の経済基盤を破壊しかねない脅威、職能や市場分野において既存の力学を揺るがしかねない政治的な思惑、組織のルーティンが深く染み込み、さまざまな慣習が支配し硬直性を打破することを困難にする。過去の足跡は消すことができず、現在の行為は、過去にどのような経路をたどってきたかに影響されている。

技術の地殻変動は、かつての競争優位性を根底から突き崩しかねない。これまで積み上げてきた高い技術力への揺るぎない自負と高い信頼が一転して足枷となり、変化の兆しへの認識と対応を遅らせる障壁となりかねない。

図表6のように、2006年から2011年の5年間で、国際特許出願（PCT）件数ランキングは激変した³⁹。2011年国際特許出願状況は、出願総数181,900件、10.7%増となった。

2006年には、1位「フィリップス」、2位

「松下電器産業」、3位「シーメンス」、4位「ノキア」、と続いたが、2011年には、1位「ZTE」、3位「華為技術」、と中国企業2社がトップ3に入った。8位「LGエレクトロニクス」と韓国企業もランクインし中国や韓国の企業が躍進している。米国企業では、2006年には6位「3M」、9位「インテル」、10位「モトローラ」の存在から2011年には6位「クアルコム」のみへと交代している。

図表7のように、半導体露光装置、ポータブル機器用リチウムイオン電池、太陽電池分野では、日本が技術開発をリードし、知的財産の多くを所有し世界のフロントランナーとして現れたにもかかわらず、世界市場で普及が進む段階に移ると、きわめて速いスピードで世界シェアを低下させていく。デジタル化・モジュール化の進展に伴い、初期には技術や品質でリードしていても、瞬く間に新興国をはじめ海外勢の猛追に曝される。

太陽電池の累積導入量は、世界各国の導入促進政策等の効果により、ドイツをはじめ飛躍的に増大している^{40,41}。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一方で、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。太陽電池の変換

図表6 2011年の国際特許出願（PCT）件数ランキング

2006年の国際特許出願件数ランキング

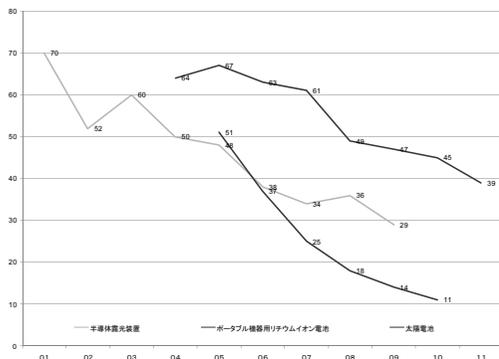
	出願人名	国籍	件数
1	フィリップス	NL	2495
2	松下電器産業	JP	2344
3	シーメンス	DE	1480
4	ノキア	FI	1036
5	ボシュ	DE	962
6	3M	US	727
7	BASF	DE	714
8	トヨタ自動車	JP	704
9	インテル	US	690
10	モトローラ	US	637

2011年の国際特許出願件数ランキング

	出願人名	国籍	件数
1	ZTE	CN	2826
2	パナソニック	JP	2463
3	華為技術	CN	1831
4	シャープ	JP	1755
5	ボシュ	DE	1518
6	クアルコム	US	1494
7	トヨタ自動車	JP	1417
8	LGエレクトロニクス	KR	1336
9	フィリップス	NL	1148
10	エリクソン	SE	1116

出所：特許庁「知的財産立国に向けた新たな課題と対応」『我が国IT産業の戦略を考える』2012技術フォーラム資料集

出典：WIPOの公表値を基に特許庁作成



図表7 半導体露光装置・ポータブル機器用リチウムイオン電池・太陽電池における世界市場シェアの推移

出所：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』

効率化は、現段階での技術では差別化が困難となり、色素増感や有機薄膜等、期待される次世代の技術を巡る研究開発は熾烈に行われているものの、現在商品化されている製品においては、製品性能では遜色がなくなりつつある。とりわけ2008年以降の競争はきわめて激化し、製品性能の向上の段階から競争における価格の重要性が高まり、太陽光発電システムの設置価格は急落している。

図表8は、2010年における主なメーカーの太陽電池生産量である。2005年には日本勢が優勢であったのに比し、2010年には、中国や台湾における新興企業が名を連ねている。太陽光発電モジュールの日本企業シェアは、2005年時点においては、シャープ、京セラ、三洋電機、三菱電機、カネカ等、5割以上のシェアを確保していたにも関わらず⁴²、2010年には1割程度まで下落した。かわって、サンテックパワー、JAソーラー、インリーソーラー、トリナソーラー等、中国における新興企業の躍進が著しい。

パナソニックは、世界最高効率を誇る性能の太陽電池「次世代Hit」の商品化を見送り、当面開発のみに絞るとい^{43, 44}。加えて、マレーシアでは約450億円を投じて年産300メガワットにのぼる一貫生産工場を建設中である(2012年内稼働予定)。こうした最先端の工場さえ、数百億円をかけて次世代の生産ラインをつく

図表8 主なメーカーの太陽電池生産量；2010年

順位	社名	国名	生産量(キロワット)
1	サンテックパワー	中国	1,584,000
2	JAソーラー	中国	1,464,000
3	ファーストソーラー	米国	1,400,000
4	インリーソーラー	中国	1,117,000
5	トリナソーラー	中国	1,116,000
6	シャープ	日本	1,109,000
7	Qセルズ	ドイツ	939,000
8	ジンテック	台湾	800,000
9	モテック	台湾	715,000
10	京セラ	日本	650,000
19	三洋電機	日本	405,000
25	三菱電機	日本	210,000
35	ソーラーフロンティア	日本	74,000
37	カネカ	日本	58,000
	その他		12,621,000
合計			24,262,000

出所：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。

ても、投資回収は困難であるとの見通しから、今後の拡張投資は凍結する方向にあるという。

中国の企業が急速に品質を向上させ価格競争力が激しくなるなか、既存のプレーヤーの淘汰再編が進んでいる。世界トップ25企業に入る中国プレーヤーのシェア(会社数)は、2010年には、32.1%(11/25社)、日本企業が11.8%(4/25社)と激変している。中国や台湾メーカーの追隨の勢いにより、2011年初めに1ワット当たり約1.6ドル(モジュールベース)であった市場価格が、2011年11月には、0.99ドルへと、わずか1年弱で40%下落し販売競争が激化している⁴⁵。

デジタルカメラや薄型テレビなどのデジタル家電の価格が、2012年3月発売開始から半年間で多くの機種において50%前後下落しているという⁴⁶。デジタルカメラで3月発売の103機種の価格が平均47%、パソコンは3月発売の68機種の価格が平均51%、5年前では同期間で10~30%で、下落していくスピードが加速している。テレビが1インチ1万円から1イ

ンチ 1000 円へと急速に下落したが、太陽電池においても、中国や台湾メーカーの台頭とともに供給過剰により同様に、急速に価格が下落している。

日本においても 2012 年より太陽光発電の全量買い取り制度が始まったが、太陽電池単体では、品質の高さや信頼性において優れた技術を保有していても採算が悪化している。メガソーラー（大規模太陽光発電所）の建設・保守管理業務など、川下分野の事業にも乗り出し、トータルシステムとしてのビジネスモデル構築へと動いている。

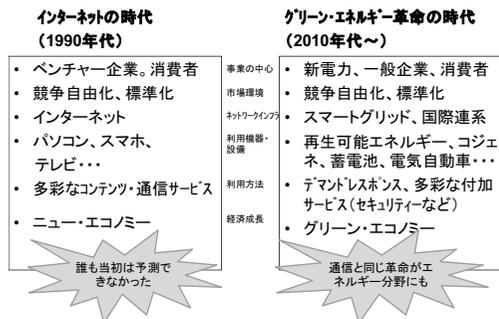
5. 要素技術からトータルシステムへ構造変化への波及

図表 9 では、グリーン・エネルギー革命を IT 革命と比較対照しながら述べている。革命後の通信・電力業界の世界は、多岐にわたる製品が単体ではなくシステムとしてつながることが指摘されている。IT 革命の衝撃が、当初はだれも予測できなかったように、通信と同じ革命がエネルギー分野にも及ぶとする⁴⁷。携帯電話の累計契約数は、1989 年の 0.2% から、2009 年には 87.8% へと、この 20 年間で日本の 9 割にまで普及した。スマートフォン出荷台数は、2008 年には 110 万台であったものが、2011 年

には 2417 万台にまで増加した。グリーン・エネルギー革命も IT 革命と同じような社会変革の可能性を示しているとする。

優れた要素技術・高品質な製品の単体での製品の性能が問われていた時代から、「つながる」をキーワードに、それら個々の要素技術から構成されるトータルシステムを構築し運用する総合力が問われるようになっていく。各々の領域が深く専門・細分化するいっぽうで、異なる分野の膨大な要素技術を融合する巨大システムへと進展する。トータルシステムが巨大化すればするほど、技術相互の連関構造が複雑になる。と同時に個々の領域は分断され細分化・深耕が進む。以下では水ビジネスやエネルギーマネジメントシステム、航空宇宙、鉄道システムにかかわる革新事例に触れる。

図表 10 は、世界の水ビジネス市場の状況を示している⁴⁸。要素技術は日本の技術が評価されている一方で、その市場規模は小さく、2025 年には総額 86 兆円規模と予測されるトータルサービスでは欧州企業が先行する。水資源や水質浄化、供給システムなど海外での水ビジネス



図表 9 革命後の通信・電力業界の世界
 国家戦略担当大臣古川元久「グリーン・エネルギー革命の実現に向けて」
 出所：2012 年 9 月 6 日開催 Japan Renewable Energy Foundation International Symposium 資料より。

図表 10 世界水ビジネス市場

	素材・建設・設計・部材供給コンサル	管理・運営サービス	合計
上水	19.0 兆	19.8 兆	38.8 兆円
	6.6 兆	10.6 兆	17.2 兆円
海水淡水	1.0 兆	3.4 兆	4.4 兆円
	0.5 兆	0.7 兆	1.2 兆円
工業用水 工業下水	5.3 兆	0.4 兆	5.7 兆円
	2.2 兆	0.2 兆	2.4 兆円
再利用水	2.1 兆		2.1 兆円
	0.1 兆		0.1 兆円
下水	21.1 兆	14.4 兆	35.5 兆円
	7.5 兆	7.8 兆	15.3 兆円
合計	48.5 兆	38.0 兆	86.5 兆円
	16.9 兆	19.3 兆	36.2 兆円

上段；2025 年予測 下段；2007 年
 出典：Global Water Market 2008 および 経済産業省試算。
 (注) 1 ドル = 100 円換算

の拡大が予想されている。個々の技術，たとえば水処理膜，ポンプ，排水処理装置などでは日本勢がトップレベルであり，海外の大型案件においても高く評価されている。半導体や液晶製造用の超純水技術で培われたナノテクノロジーによる水処理技術の高機能化や，海水淡水化技術には，微細な孔を持つ高分子分離膜が欠かせない。海水淡水化用逆浸透膜（RO膜）のシェアは日本が際立って高い。要素技術に優れながら高付加価値のプラント開発においては後れを取る。

米・ニューメキシコ州やインドの「デリー・ムンバイ産業大動脈構想」のスマートコミュニティ・プロジェクトでは，NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）とのスマートグリッドの実証実験がはじまっている。UAE（アラブ首長国連邦）・アブダビでは，220億ドルを投じて，2013年までに，砂漠だった区域に5万人が居住し，4万人が通勤する合計9万人規模の新都市開発「マスダール・シティ」プロジェクトを進めている。CO₂排出ゼロ，廃棄物ゼロのゼロ・エミッション都市で，再生可能エネルギーやグリーン技術の大型研究開発拠点の構築を目指している⁴⁹。

水素エネルギー社会を視野に，産官学が協力し，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も行われている^{50, 51, 52}。この北九州水素モデルタウンでは，水素エネルギーを基盤とするモデルタウンを構築し，水素タウン内の家庭や公共施設は，燃料電池を使用して水素から発電，給湯を行う。北九州水素ステーションにおける3kw燃料電池，ホームセンター内の燃料電池を搭載したフォークリフトや自転車等を運用し実証試験を行っている。

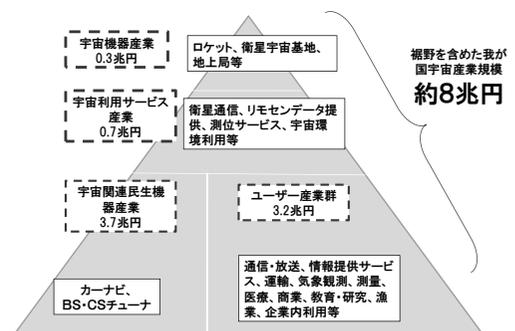
電力システムの輸出の動きも拡大している⁵³。アジアの電力需要は2035年までに2.5倍に拡大すると試算され，三菱商事と三菱重工業がインド西部で高効率ガス火力発電に，同じくインドで東芝が送配電システム，日立製作所が再生可能エネルギー拡大に対応した大型蓄電池や電圧変動の制御装置，カンボジアでJパワーや

中国電力が石炭火力発電，ミャンマーでの送配電網整備，マレーシアで日本総研，東芝，IBM，清水建設がビルエネルギー管理システム（BEMS）など，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が増えている。

図表11のように，日本における宇宙産業はロケットや衛星宇宙基地等の宇宙機器産業だけであれば約0.3兆円とされている^{54, 55}。米国は軍需・民需とも規模が大きく4兆7000億円，欧州は9000億円とへだたりがある。しかしながら，コア産業だけではなく，衛星通信や放送などの宇宙利用サービスやカーナビ等の宇宙関連民生機器事業，そしてこれら技術を活用するユーザー産業群まで射程にいれるトータルシステムで考えると全体像は約8兆円の規模となる。

図表12のように，官民一体のオールジャパン体制で高速鉄道の大規模事業の輸出も推進されている⁵⁶。鉄道業界のビッグ3，加・ボンバルディア，仏・アルストム，独・シーメンスが競争力を持つなか，日立が英国において総額5000億円にもなる大規模事業を受注し，英国での車両製造から保守までトータルシステムとして30年間にわたり請け負う。米国やベトナム，インド，インドネシアでも大型プロジェクトが計画されている。

また，住友商事と日本車両は，米国で鉄道車両130両を受注し，日本車両製造の米子会社で生産し，2015年～18年にかけて納入するとい



図表11 我が国の宇宙産業の規模 (2009年度)
出所：日本航空宇宙工業会平成22年度宇宙産業データブックを基に経産省作成

図表 12 日本が狙う高速鉄道の輸出先

英国	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。さらに老朽車両の置き換えも英政府より受注。英大手ゼネコンと共同で、新車両約 500 両の製造と 30 年間の保守義務を請け負う。事業規模 4000 億円～5000 億円。英国に 15 年、500 人規模の車輛製造工場を組み立て。車両保守・点検する基地も複数ヶ所新設予定
米国	全米で 11 の計画。カリフォルニア州の計画には、JR 東日本が意欲。JR 東海が狙っていたフロリダ州の計画は財政難で凍結。
ベトナム	ハノイ - ホーチミン間で、新幹線方式を採用の方向だが、計画に遅れも。
インド	高速鉄道計画 6 本中、2 本の事前調査を日本勢が落札。
インドネシア	ジャカルタ - バンドン間で、日本勢が事前調査を実施。

出所：日本経済新聞 2012 年 7 月 25 日号。

う⁵⁷。受注総額は、約 3 億 5200 万ドル、イリノイ州の日本車両子会社で部品や資材の調達から最終組み立てまで一貫生産体制を築く。米政府は景気刺激策として高速鉄道計画を進めているが、追加発注分を合わせると、総額約 12 億 5000 万ドルの受注規模まで拡大する可能性があるという⁵⁸。

ブライアン (2009) は、技術の進化にともなう経済構造や仕組みの変化に言及している⁵⁹。電気工学と経済の両分野を研究したキャリアに基づき、イノベーションが誘発するテクノロジーの進化の本質、テクノロジーの背後にある原理やテクノロジーを構造化しその発展のしかたを決定づける共通のロジックを論証する。初期のテクノロジーは、既存の基本的テクノロジーをコンポーネントとして形作られ、これらの新テクノロジーは、さらに新しいテクノロジーを構築するために利用可能な構成要素になっていくとする。そしてこれらの一部がさらに新しいテクノロジーを生み出す新たな構成要素になる、いわば入れ子構造の概念で説明する。ブライアンはテクノロジーの定義として、人間の目的を達成する手段、実践方法とコンポーネントの組み立て、文化に役立てることができる装置と工学の集合体、の 3 点を挙げている。テクノロジーは内部設計の不具合を解決するために新たな問題を解き対策を選びながら少しずつ段階を踏む。性能を大幅に向上させると同時に複雑になり、予想以上に入り組んでくる。テクノロジーが成熟期に達するとこれ以上の進歩には斬新な原理が必要になる。しかしながら既存の

設計、既存の原理は膠着し、新原理とは容易には交代できない傾向がある。新原理を開発した新興の競合は、将来強力なライバルとなる可能性があるにしても、現段階では性能において劣る。加えて、性能面で上回る新原理を採用するには、周囲の構造や組織の変更が予想される。この、性能面と経済面、そして心理面、すなわち新しいもののポテンシャルと従来のものの安心感のあいだに認知上の不協和、感情的な食い違い、新たな脅威に対する懸念が発生し、ロックイン現象がおこるとする。既存テクノロジーが大成功を遂げたがために、新たなテクノロジーのポテンシャルを従来の枠組みで否定的に捉えてしまい、変化への対応に遅れを生じる。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する。

ブライアンは科学理論の発展についてトマス・クーンの理論モデルを援用する。基底となるパラダイムと相容れない事例は、アノマリ (異常) として堆積し、いっそう堆積するにつれ緊張を高め限界に直面するとやがて崩壊する。古い構造が引き延ばされた末に衰えると新しい構造ができあがるとする。

新たなテクノロジーが参入すると、経済構造や経済を形成するいくつかの仕組みが、順を追うようにして、何度も変化していく。新テクノロジーが新産業を生み、新たな組織改編も惹起する。これがさらなる組成の変化をひきおこす。経済の構造変化は新たなテクノロジーの参入と

テクノロジーの世代交代を繰り返す。こうした事象に追隨する経済面の調整だけにとどまらず、経済の骨格となる調整が絶えず新たな調整を求めるといった結果の連鎖のプロセス、すなわち自己崩壊の種子が内在的に存在すると主張する。

クリステンセン (Christensen, 1997) は、技術と市場の破壊的变化の局面で、「イノベーションのジレンマ」の概念を挙げ、成功体験すなわち実績ある企業の慣習的な経営知識や判断基準が障壁ともなり得ると指摘している⁶⁰。過去からの蓄積を不要とする新技術へのシフトは、既存の技術だけではなく、その背景にある価値基準や支配力学までも破壊しかねない。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も大きい。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。非連続的な変化の局面において、過去の成功体験は変革を妨げるコストへと変貌しかねない。

6. 新たな知の創出の場

大きく構造変化した世界情勢に的確に対応し、イノベーションを迅速に創出し、これを新産業創出へと社会的・経済的インパクトのある成果に着実につなげていくために、オープンイノベーションによる研究開発力の強化が議論されるようになってきている⁶¹。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、技術研究組合等の体制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⁶²。

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⁶³。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付け結びつけ、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。

図表 13 は、現在活動中の技術研究組合である。多様かつ高度・複雑なニーズに一社の技術シーズのみにて対応することは極めて困難となり、「相互に補完関係を有する多くのパートナーが参加する仕組み」を、製品段階からではなく研究開発段階から整備する必要がある。長期間・大規模な研究開発には、新たな仕組みが問われている⁶⁴。

日本における技術研究組合は、第一次大戦後のイギリスが産業競争力を強化しようと創設した「リサーチアソシエーション (RA)」をモデルにして、昭和 36 年に制度化を図った。この技術研究組合は、50 年の間に 227 創設され、目標を達成して解散され、現在活動中の組合数は 59 となっている。平成 21 年 6 月の抜本的な法改正により、研究開発から事業化まで一貫して行いビジネスにつなげることができるようになった。

こうしたオープンイノベーションは理念における有効性が指摘され、オープン化により企業外部の資源との連携により、イノベーション能力が高まるという長所を指摘する議論がある一方で、外部資源との連携は困難な仕事であり、長期的な波及効果として、外部資源に依存する比重が高くなると、自社内の技術蓄積への資源投入がそれだけ薄くなることにより、結果として技術資源の枯渇につながり危険とする議論もある⁶⁵。

資源小国の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。しかしながら領域横断的な多様な知を融合し現実的に推し進めることは容易ではない。これを成し遂げるために、幅広く技術の全体像を把握し領域横断的

図表 13 現在活動中の技術研究組合の一部

自動車機器技術研究組合	バイオテクノロジー開発技術研究組合	ファインセラミックス技術研究組合	家畜受精卵移植技術研究組合
超音速輸送機用推進システム技術研究組合	太陽光発電技術研究組合	食肉生産技術研究組合	機能性木質新素材技術研究組合
技術研究組合超先端電子技術開発機構	電子商取引安全技術研究組合	石油コンビナート高度統合運営技術研究組合	次世代モバイル用表示材料技術研究組合
日本 GTL 技術研究組合	バイオエタノール革新技術研究組合	技術研究組合 BEANS 研究所	触媒技術研究組合
技術研究組合次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構	次世代パワーデバイス技術研究組合	光ストレージ技術研究組合	水素供給・利用技術研究組合
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所	ステレオファブリック技術研究組合	産業用超電導線材・機器技術研究組合	分子動力学抗体創薬技術研究組合
農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合	グリーンフェノール・高機能フェノール樹脂製造技術研究組合	スペースランド技術研究組合	次世代宇宙システム技術研究組合
自然免疫制御技術研究組合	海外水循環ソリューション技術研究組合	技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター	熱電変換技術研究組合
技術研究組合 FC - Cubic	次世代 LIC 総合技術研究組合	複合材料体内医療用具技術研究組合	技術研究組合農畜産工業雇用推進機構
技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所	超低電圧デバイス技術研究組合	技術研究組合単層 CNT 融合新材料研究開発機構	バイオプラノール製造技術研究組合
エビゲノム技術研究組合	土壌修復ラジアルウェル技術研究組合	MMG 技術研究組合	技術研究組合 Lignophenol & Systems
基準認証イノベーション技術研究組合	幹細胞評価基盤技術研究組合	次世代型膜モジュール技術研究組合	次世代化学材料評価技術研究組合

出典：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 月号より抜粋。

に多様な場で活躍できる俯瞰型人材育成がますます求められるようになってきている。知をネットワーク化する産官学のあり方も問われる。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⁶⁶。地球規模での問題解決には、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。

7. むすびにかえて

新たな生産機能の姿には、従来のマザーブランドにとどまらない役割を担うことが求められる。従来日本の強みとされてきた現場力の蓄積を活かしながらも「新たな価値の創成」へと、世界各地から最新の情報や課題などを吸い

上げ・再解釈し、再び世界へ発信する高循環を創出することが期待されるようになってきている。技術の破壊的な変化の潮流は、従来の成功体験が負の遺産となりがかねない脅威を抱えるいっぽうで、成長機会のポテンシャルもあわせもつ。世界を凌ぐ発信地としてポジショニングを再構築するにはかつての成長の軌跡とは途絶した新たな姿が求められている。

日本の製造業における競争優位性を論じるさい、プロダクトイノベーションかプロセスイノベーションかの2者択一の議論となりがちであり、プロセスイノベーションの強さが日本の強みであると指摘されて久しい。新たな姿においては変動の激しい市場を相手に、従来の延長線上にない技術変革が模索されている。競争力の源泉となる革新的な新製品を開発することに挑み、これを画期的な手法で効率的に量産する技

術を開発することで、桁違いの成果を生み出す必要がある。

伊丹 (2012) は、バイオ医薬品産業のような最先端の分野の新製品開発において、生産技術の蓄積が活きるような競争構造になり、生産技術に競争の焦点が移る可能性を指摘する⁶⁷。

今までの成長の軌跡から離れた破壊的な変化の局面では、かつての成功方程式で解を得ようとするには無理がある。成功体験と硬直性はコインの裏表の関係を持つ。ドロシー (Dorothy Leonard-Barton, 1995) の指摘する「コア・ケイパビリティ (core capability)」と「コア・リジディティ (core rigidity)」の概念、畑村・吉川 (2012) の指摘する技術への自信と幻想、木村 (2009) が警鐘を鳴らす「匠の呪縛」の危険性、ブライアン (Brian, 2009) の言葉で言い換えれば、過去の成功によるロックイン現象、クリステンセン (Christensen, 1997, 2003, 2009, 2011) は、「イノベーションのジレンマ (innovator's dilemma)」と表現して、過去の成功体験こそが変革の足枷とならした。過去からの蓄積を不要とする新技術へのシフトは、その背景にある価値基準や支配力学までも破壊しかねない。技術の転換局面には、既存技術における成功体験、すなわち、実績ある企業の慣習的な経営知識や判断基準が障壁ともなり得る。新たなテクノロジーの出現にともない、経済構造や経済を形成するいくつかの仕組みの変化もひきおこす。新テクノロジーが新産業を生み、新たな組織改編へと導いていく。経済の構造変化は新たな技術変化へと続く。既存の生産拠点の抜本的な再構築の影響は地域経済システムへの衝撃へと波及していく。

従来の発想の延長線上での再編では縮小均衡へと負のスパイラルが続いていき、もはや存在価値を見出すことは難しい。いっぽうで領域横断的な技術の融合による知の創出拠点の必要性は増している。この難局を打破するために、幅広く技術の全体像を把握できる俯瞰型人材の育成も重要な課題となっている。過去の成功パターンと別れを告げ、多様な知を融合し世界へ向けて発信する新たな知の結節点へと直ちに舵を取

ることのできる組織にとっては、新たな時代を切り拓いていく勝機到来ともいえる。

注

- 1 経済産業省編『通商白書平成 24 年版』。IMF 「WEO, April 2012」より。
- 2 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』
- 3 文部科学省編『平成 24 年版科学技術白書』
- 4 吉川洋 (2009) 『いまこそ、ケインズとシュンペーターに学べ』ダイヤモンド社。
- 5 W. Brian Arthur (2009) The Nature of Technology, Free Press.
- 6 国連「World Population Prospects」, The 2010 Revision より。
- 7 『Newton』2012 年 6 月号より。
- 8 JAXA 資料より。http://www.isas.jaxa.jp
- 9 日本経済新聞 2011 年 10 月 9 日号。
- 10 日本経済新聞 2011 年 11 月 1 日号。
- 11 日本経済新聞 2011 年 12 月 12 日号。
- 12 日本経済新聞 2011 年 12 月 13 日号。
- 13 日刊工業新聞 2011 年 5 月 29 日号。
- 14 文部科学省「第 4 期科学技術基本計画」平成 24 年より。
- 15 日本経済新聞 2012 年 10 月 19 日号。
- 16 中日新聞 2012 年 10 月 19 日号。
- 17 小池和男 (2012) 『高品質日本の起源 発言する職場はこうして生まれた』日本経済新聞出版社。
- 18 木村英紀 (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。
- 19 畑村洋太郎・吉川良三 (2012) 『勝つための経営』講談社現代新書。
- 20 独立行政法人理化学研究所資料より。http://www.nsc.riken.jp
- 21 文部科学省編『平成 24 年版科学技術白書』
- 22 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』
- 23 平成 23 年度 6 月および 11 月のスーパーコンピュータ性能ランキング TOP500 において世界一位を獲得したスパコン『京』が、2012 年 9 月 28 日より共用開始された。京は 1 秒間に 10.51 ペタフロップス (毎秒 10,510 兆回の浮動

- 小数点演算数), すなわち 1 秒間に 1 京回 (10^{16} 回) を超える計算処理能力により, 超長時間の現象 (宇宙, 気候, 環境), 超短時間の現象 (核融合, 衝突, 燃焼), 実験不可能な現象 (結晶, 分子構造, 気象) 等を計算機の上で表現することができる。
- 24 Bio Japan2012 World Business Form 出席資料より。National Institute of Advanced Industrial Science and Technology 「Bio Japan2012 World Business Form Abstracts」 October 10-12, 2012, Pacifico Yokohama 開催。
- 25 2008 年, 2009 年, 2010 年, ヤマザキマザック美濃加茂拠点における現地調査研究による。
- 26 ヤマザキマザック技術資料より。
<http://www.mazak.jp>
- 27 2012 年 11 月 1 日 ~ 6 日日本国際工作機械見本市 2012 東京ビッグサイト開催 (東京都有明)。
- 28 日刊工業新聞 2012 年 11 月 2 日号。
- 29 日本経済新聞 2012 年 11 月 10 日号。
- 30 オークマ技術資料より。
<http://www.okuma.co.jp>
- 31 日本経済新聞 2012 年 5 月 14 日号。
日本経済新聞 2012 年 5 月 17 日号。
- 32 日刊工業新聞 2012 年 5 月 16 日号。
- 33 2008 年 8 月現地調査研究資料より。
- 34 <http://www.yamagata-casio.co.jp>
- 35 『日経ものづくり』 2012 年 6 月号, 日経 BP 社。
- 36 日本経済新聞 2012 年 11 月 7 日号。
- 37 日本経済新聞 2012 年 11 月 8 日号。
- 38 Dorothy Leonard-Barton (1995) *Well-springs 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)
- 39 特許庁 「知的財産立国に向けた新たな課題と対応」 『我が国 IT 産業の戦略を考える』 技術フォーラム平成 24 年 9 月参加資料より。
- 40 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』
- 41 Japan Renewable Energy Foundation International Symposium 「Revision 2012 - Toward new energy paradigm after 311」, "Revision 2012 - New Renewable Direction for Japan" Report および Japan Renewable Energy Foundation International Symposium "Towards YR2030 and Beyond" (2012 年 9 月 6 日) より。
- 42 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』。
- 43 日本経済新聞 2012 年 10 月 28 日号。
- 44 『週刊ダイヤモンド』 2012 年 11 月 3 日号。
- 45 経済産業省・厚生労働省・文部科学省 『2012 年版ものづくり白書』。
- 46 日本経済新聞 2012 年 10 月 25 日号。
- 47 国家戦略担当大臣古川元久 「グリーン・エネルギー革命の実現に向けて」 2012 年 9 月 6 日開催 Japan Renewable Energy Foundation International Symposium。
- 48 山田雅雄 「開発援助と水ビジネス」 2012 年 10 月 30 日講演資料より。
- 49 日経エレクトロニクス・日経ビジネス・日経エコロジー (2009) 『スマートエネルギー』 日経 BP 社。および NEDO 資料より。
<http://www.nedo.go.jp>
- 50 2012 年 3 月北九州市水素タウンプロジェクト現地調査研究資料より。
- 51 2012 年 1 月水素エネルギーフォーラム東京開催資料より。経済産業省資源エネルギー庁 「水素エネルギー社会に向けた政府の取組 2012」
- 52 2012 年 2 月東京開催 International Hydrogen & Fuel Cell Expo2012 Forum 「ENE-FARM - Expanding Market and Future Development -」 資料より。
- 53 日本経済新聞 2012 年 11 月 4 日号。
- 54 2009 年度日本航空宇宙工業会および 『2012 年版ものづくり白書』 より。
- 55 日本経済新聞 2012 年 3 月 2 日号。
- 56 日本経済新聞 2012 年 7 月 25 日号。
- 57 日本経済新聞 2012 年 11 月 8 日号。
- 58 日本経済新聞 2012 年 11 月 8 日号。
- 59 W. Brian Arthur (2009) *The Nature of Technology*, Free Press.
- 60 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)。
- 61 たとえば, 平成 22 年 4 月 1 日産業構造審議会産業技術分科会基本問題小委員会 「オープンイノベーションによる研究開発力の強化及び人材育成の育成・流動化・活用」, 平成 24 年 6 月 25

日総合科学技術会議科学技術イノベーション政策推進専門調査会「科学イノベーションを促進する仕組み」, 第4期科学技術基本計画, 平成19年版科学技術白書, 2008年版ものづくり白書, 2012年版ものづくり白書。

62 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。

63 Jeff Dyer, Hal Gregersen and Clayton M. Christensen, (2011) *The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators*, Harvard Business Review Press.

64 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。

65 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。

66 2011年2月産業技術総合研究所現地調査研究資料より。

67 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。

<参考文献>

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 (玉田俊平太監修/櫻井祐子訳 (2003) 『イノベーションへの解』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)。

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)。

Robert A. Burgelman et al. (2004) *Strategic Management of Technology and Innovation* fourth Edition, McGraw-Hill. (日本語版監修

青島矢一他, 岡真由美他訳 『技術とイノベーションの戦略的マネジメント』翔泳社)。

W. Brian Arthur (2009) *The Nature of Technology*, Free Press (有賀裕二監修日暮雅通訳 (2011) 『テクノロジーとイノベーション 進化/生成の理論』みすず書房)。

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。

藤本隆宏 (2002) 『生産システムの進化論』有斐閣。

藤本隆宏 (2003) 『能力構築競争』中央公論新社。

畑村洋太郎・吉川良三 (2012) 『勝つための経営』講談社現代新書。

林泰弘編著 (2010) 『スマートグリッド学』日本電気協会新聞部。

伊丹敬之 (1999) 『場のマネジメント』NTT出版。

伊丹敬之 (2005) 『場の論理とマネジメント』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。

泉谷渉 (2009) 『ニッポンの素材力』東洋経済新報社。

柏木孝夫 (2010) 『スマート革命』日経BP社。

木村英紀 (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 (2005) 『仕事の経済学』東洋経済新報社。

野中郁次郎, 紺野登 (2003) 『知識創造の方法論』東洋経済新報社。

小池和男 (2012) 『高品質日本の起源 発言する職場はこうして生まれた』日本経済新聞出版社。

中岡哲郎・鈴木淳。堤一郎, 宮地正人編 (2001) 『産業技術史』山川出版社。

的川泰宣 (2010) 『小惑星探査機はやぶさの奇跡』PHP研究所。

野中郁次郎, 勝見明 (2004) 『イノベーションの本質』日経BP社。

野中郁次郎, 勝見明 (2007) 『イノベーションの作法』日本経済新聞出版社。

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。

小川英次 (1983) 『中小企業・成功のセオリー』

- PHP 出版社。
- 小川英次編 (1994) 『トヨタ生産方式の研究』日本経済新聞社。
- 小川英次 (1996) 『新起業マネジメント 技術と組織の経営学』中央経済社。
- 小川英次 (2009) 『現代経営論』中央経済社。
- 尾崎邦宏監修 (2007) 『高分子材料の最先端技術』工業調査会。
- 小池和男 (2012) 『高品質日本の起源』日本経済新聞出版社。
- 戸部良一・寺本義也・鎌田伸一・杉之尾孝生・村井友秀・野中郁次郎 (1984) 『失敗の本質』ダイヤモンド社。
- 吉川洋 (2009) 『いまこそ、ケインズとシュンペーターに学べ』ダイヤモンド社。
- 横山明彦・合田忠弘・林泰弘・浅野浩志・坂東茂・今井伸一・林秀樹・木槻純一・新井正伸・山田竜也・姉川尚史・弥栄邦俊共著 (2010) 『スマートグリッドの構成技術と標準化』日本規格協会。
- 朝日新聞取材班 (2011) 『はやぶさからの贈り物』朝日新聞出版。
- 現代技術史研究会編 (2010) 『21 世紀の全技術』藤原書店。
- 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。
- 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。
- 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』
- 文部科学省 『平成 24 年版科学技術白書』
- 別冊日経サイエンス (2008) 『低炭素革命』日経サイエンス社。
- 日経エレクトロニクス・日経ビジネス・日経エコロジー (2009) 『スマートエネルギー』日経 BP 社。