

論文

# 歴史的転換期の渦中にあるものづくり

—— 技術・人の視点から ——

キーワード パラダイム転換, 技術の破壊的变化, 地球環境, 新興国

中京大学経営学部教授 浅井 紀子

## 1. はじめに

政治、経済・産業構造、社会現象をはじめあらゆる分野で既存のパラダイムからの転換を迫られている。2008年9月のリーマンショック以来、虚構の経済の崩壊にはじまり、日本のものづくりも連鎖的に大打撃を受け早や2年、これを機にもものづくりも従来の支配的な枠組みや規範、価値基準が大きく転換していく渦中にある。こうしたパラダイムシフトは、今日までの成長の軌跡を否定することにつながる。

地球環境問題、新興国の成長、原材料価格の乱高下、為替変動、レアアース・レアメタル確保、石油や石炭などの化石燃料の限界等の課題を抱え、ものづくりのフロントランナーとして築き上げてきた今までの強い競争基盤が根底から覆されかねない危機にある。国際競争はますます激し従来の常識では考えられないほどの超低価格への対応や技術が抜本的に置き換わる破壊的な変化に直面し新しい発想なくしてのりきれない。日本での生産を継続すべきかどうか、事業構造を変更すべきかどうかの決断を迫られる状況が増えている。

優れた要素技術、高品質な製品を単体で提供するだけでは新興国の台頭により相対的に存在感が薄れる傾向もみられる。最先端の知を結集し、新技術を開発し革新的な新製品を世界に先

駆けて市場へ送り出しても、世界中の企業が瞬く間に追随し、急激な価格下落や世界シェア低下に陥る。

本稿では、パラダイムの転換期にあるものづくりを技術・人の視点から検討し、従来の延長線上を離れた劇的な変化と日本の競争力の今後について考察する。

世界に発信する司令塔として機能してきた日本におけるものづくりの変容は、今後の経済政策や産業構造に関わる問題でもあり、日本という国の舵取りにも影響を及ぼしかねない。日本が強いとされてきた生産管理や品質管理にとどまらず、地域システム、税制や教育、科学技術創造立国としての日本のあるべき姿にも関わってくる。

## 2. 激変するものづくり

従来想定された事象やスピードをはるかに超えて、ものづくりを取り巻く環境は日々激変しつつある。今までの前提条件や日本独特の流儀が通用しなくなっているなかで、高品質・高難易度製品の生産やマザープラントとしての日本の拠点に拘らない動きも広がっている。

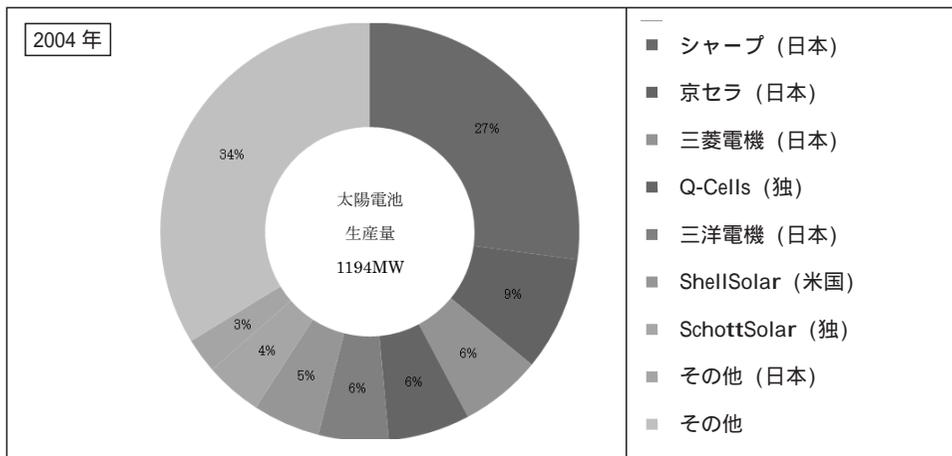
世界中において、今日までの延長線上を離れた市場や技術の不連続・劇的な変化の局面を迎えている。航空機分野に中国、ロシアも参入す

るように、日本にとって今後の成長が期待される戦略分野は新興国にとっても魅力的な分野となる。リチウムイオン電池の電極や電解液、セパレータ等、最先端の材料技術分野において日本勢は高い国際競争力を誇ってきたが、こうした最先端の技術といえども韓国や中国勢の猛追に曝されるようになってきている。中国は2011年からの次期五カ年計画で、電気自動車や風力発電の普及を政策的に後押しするという<sup>1)</sup>。

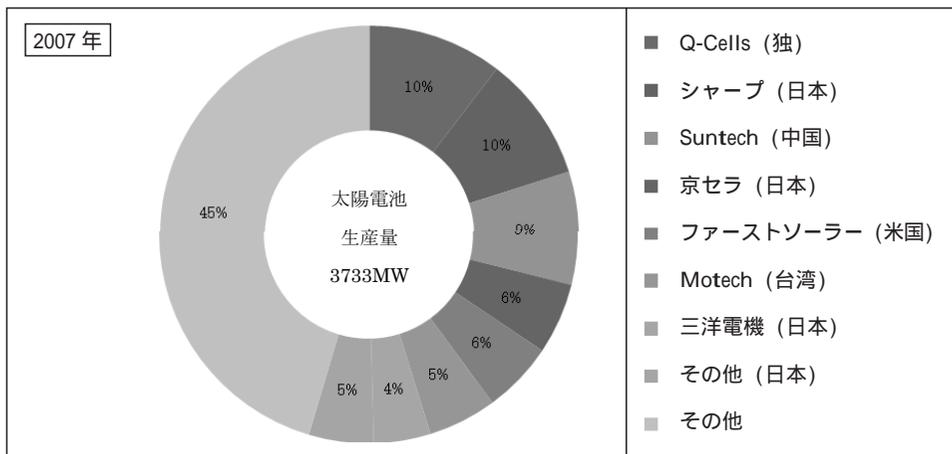
ノーベル化学賞を受賞した「有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング反応」の技術を活用した液晶パネル、太陽電池、有機

EL等は、日本がリードしてきた分野であるが、韓国や台湾、中国などの追従は厳しく、日本を凌駕する勢いにある。

図表1、図表2のように、太陽電池の分野においても、欧米企業や中国、台湾等の急激な追い上げにより、国際競争が激化している。太陽電池の生産量は、2004年にはシャープが27%と1位であり、国別生産量でも日本勢が50%を超えていたが、2007年にはドイツのQ-cellsが10%と1位になり、日本勢は合計して1位とはいえ25%にまで低下し、中国勢が22%と激しく追従してきた。世界での生産量は2007



出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省「2009年版ものづくり白書」  
図表1 世界の太陽電池主要メーカーのシェア (2004年)



出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省「2009年版ものづくり白書」  
図表2 世界の太陽電池主要メーカーのシェア (2007年)

年の 3733MW から 2008 年には 6941MW へと急増するなか、中国勢が 26% と 1 位、これに日本 18%、ドイツ 17%、米国 12%、台湾 12% と続く。

新たに創出される分野においても高付加価値に加え従来以上にコスト競争力も重視せざるを得ない厳しい状況にある。ボーダレスな時代であるがために、研究開発に先行しても技術は加速的に世界の隅々にまで伝播し加えて後発の国々の技術吸収・応用能力も飛躍的に高まっている。絶えず世界中の技術動向を把握する視野や発想が求められている。

家電量販店における 3 次元 (3D) テレビの平均単価は、2010 年 10 月に 19 万 1200 円 (税抜き) と 20 万円を切ったという。薄型テレビに占める 3D の販売台数シェアが半年前の 4 月の 0.1% から 10 月時点では 3% にまで上昇するいっぽうで、店頭価格は 4 月に比べて 46% 下落し、急速に価格低下が進んでいる<sup>2</sup>。

パナソニック電工は、2012 年度までに中国で製造販売する照明器具の部材について、現地調達率を 100% にするという<sup>3</sup>。従来は、精密な加工が求められる端子部品やソケットなどの中核となる部材は日本で生産してきた。必要な部材の 4 割を日本から調達し、上海の工場で生産した他の部材とともに北京の工場を組み立ててきたが、今後は中国メーカーからの調達を進めることでコストを 3 割削減できるという。調達部材の耐久性や耐熱性などを測定する評価施設として、中国・上海に「中国照明調達・評価センター」を開設し、部材メーカーの開拓から調達開始までの期間を約 4 ヶ月と現行の 3 分の 1 にまで短縮する。

インド・タタ自動車のナノに象徴される極端な価格破壊の動き、2010 年より日産が、2012 年より三菱が小型戦略車の生産をタイに移管し日本で販売する動きなど、競争の激化だけでなく、日本の生産拠点を第一に考える従来の常識や既存の価値基準をも覆す様相を呈している。

ガソリンエンジンに代表される内燃機関を主な動力としてきた自動車が HV、PHV、EV へと移行すれば、構造がよりシンプルになり部品

点数も 3 分の一程度に減少する。エンジン関連等の部品、マフラーなど排気系の部品は不要となる。必要とされる要素技術の構成も電機メーカーが強みをもつ技術基盤の一部置き換わる。現在、世界最大の工業製品といわれる約 300 兆円規模の自動車産業も、スマートグリッドの一要素技術として捉えるならば、産業構造や支配力学に影響を及ぼしかねない。

世界全体の GDP に占める日本の GDP の割合は、1990 年には 14.3% であったが、2008 年には 8.9% にまで縮小した<sup>4</sup>。一人当たり GDP は 2000 年には世界第 3 位であったが、2008 年には 23 位にまで急落した。いっぽうで新興国は急成長しつつある。世界の人口は現在 68 億人、日本では少子高齢化が深刻化しているが、20 年後には全世界で 80 億人にまで増加し、現段階での予測では地球資源で養える限界に達するとみられている。こうした状況に置かれ、世界では、生命維持に不可欠な水資源を取り巻く状況が深刻化し、レアメタルなど地球資源を巡る争奪戦も起きている。新興国の著しい経済成長により、市場が拡大すると同時に国際競争の激化、資源やエネルギーなどの需給逼迫といった課題にも直面している。

### 3. 従来の延長線上の競争基盤の否定

ものづくりのパラダイム転換は、従来の競争基盤の否定へと繋がりがかねない。既存技術、既存製品の延長線上にない不連続・劇的な新技術の開発・普及プロセスでは、過去の成長の軌跡が変革を妨げることにもなりかねない。

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。クリステンセン (Christensen, 1997) が指摘しているように、技術の転換局面には、既存技術における成功体験、実績ある企業の慣習的な経営知識自体が新たな参入や大規模な投資を行うための障壁となる<sup>5</sup>。過去の成功体験への自負があればこそ、変革を推進するには軋轢も大きい。

クリステンセンによれば、破壊的技術の5つの原則として、企業は顧客と投資家に資源を依存している、小規模な市場では大企業の成長ニーズを解決できない、存在しない市場は分析できない、組織の能力は無能力の決定的要因になる、技術の供給は市場の需要と等しいとは限らない、を挙げ、こうした理由ゆえに現在圧倒的優位に立つ企業が市場のリーダーシップを失い衰退しがちであると指摘する。

1967年に米・フォードは電気自動車用としてNAS電池の開発を試みその後断念した。GMは、1996年に電気自動車EV1を発売したが、約1000台を生産し撤退した。1886年にイギリスで世界最初の電気自動車が誕生し、フランスでは1771年に蒸気自動車を発明するなど、ガソリンによる内燃機関、電気、蒸気をはじめ様々な技術の変遷を経て、1908年にはT型フォードモデルが登場し、確固たる地位を占めた。100年を経て、HVやEV、さらには燃料電池車へと主流技術を揺さぶる動きや極端な価格破壊への動きなど、世界中において不連続な変化の節目にある。

新技術への推移は周辺の規模の小さい市場からはじまり、先行投資を必要とする重要な時期には依然多くの課題を抱えているために軽視されがちとなる。主役の座を占める企業ほど、十分な分析ができない揺籃期の技術に対して、既存の主流製品を駆逐しかねないほどに爆発的な広がりをみせるかもしれないという直感だけでは、人材や資金、エネルギーを集中的に投入し優先順位をあげるには迷いが生じがちとなる。

例えば、燃料電池車は水しか排出しない特性から地球環境問題への切り札として今後に大きな魅力がある半面、大幅なコスト削減や水素供給ステーションの設置などが普及には欠かせない。超低価格車も新興国の一部で支持されるとはいえ、従来の常識での基本的な性能を満たしていない。電気自動車は、現段階では走行可能距離やインフラ整備、蓄電池などに克服すべき課題が多くあり、現在の主流市場における製品特性や用途に合致するとは言い難い。トヨタは米国・ベンチャーのテスラ・モーターズに

5000万ドルを出資し、SUVのRAV4をベースにしたEVを共同開発し、2012年に販売を開始するために、試作車の設計・開発、走行試験に着手している<sup>6</sup>。テスラのリチウムイオン電池は、大手の一般的な車載用の電池の開発思想とは異なり、パソコン等に使用する汎用の円筒形リチウムイオン電池を数千本搭載する。このテスラに、パナソニックも資本提携を発表している<sup>7</sup>。パナソニックは2011年に完全子会社化する三洋電機と合わせると、リチウムイオン電池のシェアは約3割、世界首位となる。

固定電話から携帯電話への流れは、インターネットの機能をも巻き込み携帯デジタル端末として、当初の予測を大幅に超えて加速的に拡がりを見せる。米国・アップル社がi-Pod、i-Phone、i-Padなどの新製品を次々と送り出し注目されるなか、ソニーは新しい映像・情報端末の開発で、米グーグルと提携した。インターネット経由でソフトやサービスを提供するクラウドコンピューティングの技術を活用して、テレビや携帯電話などソニー製品の機能を高め、さらには次世代の携帯電話や電子書籍端末等の開発でも連携を検討しているという。そしてグーグルは、風力や太陽光などの発電事業への投資も開始する。スマートグリッド(次世代送電網)に関する今後の技術動向を見据えていると考えられる。最先端の情報技術により自動制御し、従来のエネルギーの流れを発電所からの一方通行から双方向でやりとりしてエネルギー全体を最適化するスマートグリッドの構想は、さらにはスマートコミュニティーへと拡張し画期的な社会システムの変容をもたらす期待が大きいと同時に現段階では克服すべき壁も高い。

航空機で使用される炭素繊維複合材やそれとの相性が良いとされるチタン合金は、CO<sub>2</sub>排出量削減をはじめとする環境問題への対応等から注目される一方で、鋼板との価格競争力や難削材であるため効率的に加工することが難しい点が現段階での課題として挙げられる。ハイテン(高張力鋼板)やアルミ・マグネ合金などが強度、破壊靱性、弾性、剛性などに優れ展性・延性が大きい金属材料であるのに対し、異なる特

性を持つ炭素繊維複合材は、繊維の方向に強みを発揮する異方性材料で比強度・比剛性が高く軽量化のために注目される。歴史的な転換期の渦中では、成長機会や波及効果と脅威、新技術の出現によるポテンシャルとリスクの両面を睨み、揺れ動く。

成長の軌跡に縛られないベンチャーが柔軟な発想や機動力ゆえに優位に立つ状況もあり得る。日本郵政グループの郵便事業会社は、2011年度における更新車両のうちEVにあてるほぼ全量を、電気自動車ベンチャー企業のゼロスポーツから購入するという<sup>8</sup>。

従来の延長線上を離れた発想による技術革新、製品や設計、素材、工法の変更やそれにとまなう人材育成、最先端の先導的中核施設との関わり方、莫大な研究開発費を必要とする新技術に対して、独自路線でいくのか連携方針をとるのかなどの決断も迫られていく。

#### 4. 破壊的技術変化のジレンマ

##### (1) 客観性・再現性の重視

ものづくりが高度・複合化するなかでは、科学データ・分析による客観性や再現性がより重視されるようになる。100万分の1レベルのミクロン単位までは、現場で微調整し試行錯誤を繰り返しながら克服できたが、10億分の1のナノレベルでの研究開発・実用化を推進するためには、原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・変化等を実験、計測、分析、評価できる先端研究施設や計測分析機器等の研究基盤の整備が必要となる。

次世代二次電池やLED照明、半導体や液晶製造用の超純水技術で培われた水処理技術の高機能化、逆浸透膜（RO膜）、微粒子や高分子膜を利用する土壌・水質浄化などの環境負荷低減技術、スマートグリッド（次世代送電網）関連技術には多岐にわたりナノテクノロジーが駆使されている。

ナノスケールで構造設計、制御された革新的な触媒の開発や、物質・材料の特性や機能を決める元素の役割を科学的に解明し希少元素の使

用量削減や代替技術の開発が喫緊の課題となっている。加えて開発期間が極端に短縮されていく流れのなかで、FEM（有限要素法）による解析で、実際の構造物に発生する応力を近似的に計算、解析できる有用なシミュレーション技法も進展し、流体解析、熱伝動解析、音場解析などでも用いられている。こうしたことから、人が現物に直接触れ試験し時間をかけて繰り返し確認する機会は減少する傾向にある。

生産システムも急速に進化し、熱変形による寸法のばらつきを機械自身が自動補正する熱変位制御や振動防止制御機能、干渉防止機能、音声ナビゲーション、保守監視機能、バランスを検知する機能等を備えた工作機械など、人の五感のように、稼働状況や加工状況を機械自体が解析し、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。

産業用ロボットは、7軸双腕ロボットのよう、人の腕と似た構造の多関節型ロボット、複数の軸を先端で一つに束ねたパラレルリンク機構により、動力を並列に伝えて高精度に動かせるロボットも開発されている。産業用ロボットの動作位置や軌道を専門的な知識によりプログラムを作成するティーチングが難しいとされてきたが、熟練技能者が実機を直接動かした動作を覚え再現することができるロボットも開発されている。

##### (2) 技術を支える人の変容

ものづくりにおける高い国際競争力を支える真髓が人にあることは不変である。しかしながら、時代や環境の移ろいにとまなない、人の創造性が求められる所・番地は移動し姿かたちを変えていく。ものづくりを取り巻く環境がめまぐるしく変化していくなかで、技術・技能を円滑に継承していく重要性が再認識されていると同時に、変化に対応していかに現場力を再構築していくかが問われている<sup>9</sup>。

従来日本のものづくりが前提としてきた価値基準や発想が大きく変容しつつある。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知を燃り合わせ、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、機動的に市場に送り出すことができる現場の技能やチームワークが強みとして指摘されてきた。

しかしながら正社員としての雇用機会が減少し、パート、アルバイト、嘱託、請負等の雇用形態や就業形態、そして国籍や年齢層にいたるまで、価値観や目的、働き方の異なる多様性や異質性に満ち溢れた混成部隊の様相を呈している。こうした製造現場の変化が、コスト削減をもたらし、市場の移ろいや技術の急速な変化による需要変動や納期短縮への対応にプラスに働くとする指摘があるいっぽうで、技術・技能の継承や仕事の連携・チームワークにマイナスの影響を与え、生産管理や品質管理、開発部門との連携における日本のものづくりの優位性に危機感がもたれている。経験を積み重ね長期間を要する人材育成手法も抜本的に見直すことが問われている。

ベネディクト (Benedict, 1967) は、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<sup>10</sup>。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。

ものづくりが検討すべき要素技術も従来の境界を越え、固有要素が複雑に絡み合い錯綜し、思いもかけなかった拡がりを見せ固定観念を覆す。以前なら、物理的距離においても技術的要素においても狭い範囲でシンプルなものづくりが完結していた。「あ・うんの呼吸」という言葉に象徴されるように、直接語り合える空間、仕事の間を共有することで微妙なニュアンスまで読み取り、あるいはひとつの共通言語を媒介にしさえすればある程度まで共通理解が進み、合意形成を比較的容易とすることができた。フ

リードマン (Friedman, 1999) が、国籍を超えた最新技術の集結と古来の伝統的価値への固執という二つの軸で指摘したように、人間の営みには合理性だけでは解き明かすことはできない側面がある<sup>11</sup>。効率性を強調し変革を推し進めるとき、軋みを生じかねない。無論、情にのみ流されれば変革は足踏みし、激化する冷徹な国際競争の土俵では退場を迫られる。国の違い、専門領域の違い、自らの置かれた環境の違いに源をなす言語の違い、専門用語の違い、考え方の違い、ひとのこころへの配慮がより欠かせない。

グローバル生産推進センター、グローバル人材育成総合研修所などの人材育成機関の新設や、新入社員の海外研修、英語を社内の公用語とする、外国人の管理監督者、経営幹部への登用を目的とする人材育成なども試みられている。

世界共通の普遍性ある抜本的改革、一部の機種のマザープラントを海外拠点へ移管する動き、世界同一基準で世界中の生産拠点をデータで一元管理し水平的に切磋琢磨させる動きもみられるが、日本拠点でしか生産できない製品の強調や日本を司令塔に置く意義と矛盾しかねない。

## 5. 優れた要素技術を高い収益へ

### (1) 産官学による技術の融合

日本企業は従来からも、要素技術に優れながらこれが高い利益率へと結びつくように活かされていなかったと指摘されがちであった。

「科学技術研究調査報告 (平成 21 年版)」によれば、日本における官民合計の研究開発投資総額の対 GDP 比は 3.8% (2008 年度) であり、米国 2.8%、ドイツ 2.4%、フランス 1.9%、イギリス 1.6% と比し高い水準にあるにも関わらず、研究開発効率を検討すると、1980 年代以降、他国に比して大幅に低下しており研究開発投資が収益に結びついていない<sup>12</sup>。このうち政府の支出が占める比率は、日本 18%、米国 27%、ドイツ 29%、フランス 43%、イギリス 36% であり、研究開発投資はその多くを企業が担っている。今や最先端分野の新製品開発にと

もなう検討すべき技術領域は複雑に絡み合う。開発技術をあえて出願せずに秘匿管理する考え方も浸透しているいっぽう、2008年の日本の特許出願件数は39.1万件で1位を占めている。日本企業の多くは従来、必要な技術を自社のみで開発しようとする過度な自前主義の姿勢が強かったが、自社が有する技術を発展させることに加えて、外部の技術・人材も積極的に活用するオープンイノベーションの発想も重視されだしている。

スマートグリッドや水ビジネスにおけるトータルシステム構築、オープンイノベーションへの動きが示唆するように、優れた要素技術、高品質な製品を単体で提供できる技術力だけではなく、一企業や業界を超え、産官学の多様な機関をも巻き込み、異なる分野の要素技術を融合して社会システムをも革新するような総合能力を問われる様相を呈している。

## (2) 水ビジネス

人口の急増、灌漑用の大量使用による水不足、農業や化学肥料、排水、工業廃棄物による水質汚染、地下水の過剰な汲み上げによる地盤沈下など、生命の源である貴重な水資源をめぐる対策は深刻化している。日本には水資源が豊富にあるように見えるが、食糧の多くを輸入に依存している日本は、その生産に使用された水を「バーチャルウォーター」（仮想水）として輸入していることにもなる。日本の年間の総水資源使用量である約900億立方メートルに対し、仮

想水の総量は、約800億立方メートルと推計される。

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おいて不可欠な高分子分離膜における日本の技術レベルの高さは世界に誇る。海水淡水化用逆浸透膜のシェアは、日本が高い。図表3のように、部品や部材などの要素技術、たとえば、水処理膜、オゾン処理装置、ポンプ、制御等では日本勢は高い評価を獲得している。

しかしながら、図表4のように、高い利益に結びつくシステム全体としてのプラント開発・運営ではフランスのヴェオリア社をはじめ欧州企業が先行している。日本勢の弱点とされるトータルシステムとしての競争力を高めるために産官学、そして異業種連合から構成されるオールジャパン体制を構築することが求められている。

## (3) スマートグリッド

アメリカの発明家エジソンは、1879年に白熱灯を発明し、当時ニューヨークの夜をガス灯からより効率的な白熱灯に切り替えようと試み電力事業に尽力した。白熱電球もLED照明、さらには有機ELへと移ろいつつある。

この電力事業もエネルギー需給バランスを効率的に制御するスマートグリッド（次世代送電網）として、従来の発電所から送られる電力の一方通行のエネルギーの流れから双方向でやりとりする画期的なエネルギーマネジメントシステムへと進化する方向にある。産官学の実証実

部材・装置	会社	概要
水処理膜	クボタ	MBR用で世界シェア2位
	東レ	海水淡水化で世界大手
	東洋紡	中東の海水淡水化用でトップ
	日東電工	海水淡水化で世界大手
	三菱レイヨン	海水淡水化の前処理膜
オゾン処理装置	三菱電機	中国で9件受注
ポンプ	西島製作所	海水淡水化用で大手
制御	横河電機	海水上下水道に200件納入

MBR：膜分離活性汚泥法

出所：日刊工業新聞 2010年2月24日号

図表3 海水淡水化・下水再生にかかわる主な部材・装置とメーカー

水ビジネスの市場規模と海外展開する主な企業				
分野		主な企業	現在の市場規模	25年の市場規模
水道事業	施設所有	自治体	60兆円	100兆円
	運営	ヴェオリア(仏), スエズ(仏), 商社各社		
プラント建設		GE(米), シーメンス(独)	6兆円	10兆円
機器・素材	水処理膜	東レ, 日東電工, 東洋紡, GE, シーメンス	6000億円	1兆円
	ポンプ	荏原, 西島製作所		

産業競争力懇談会と東レの推定を基に作成

出所：日刊工業新聞 2010年1月21日号

図表4 水ビジネスの市場規模と海外展開する主な企業

験を行いながらスマートコミュニティ構想へと拡大し、社会システムをも変容する可能性がある。単体としての優れた製品からシステムを構成する要素技術として、自動車や住宅、家電、蓄電池、太陽光発電、風力発電、スマートメーター、情報通信システム、超電導ケーブル、送配電網が捉えられるようになり、関連する新技術の開発競争が加速している。一企業や業界を越え、異なる分野の要素技術を融合し、産官学の多様な機関が連携して国際標準を巡る競争となっている。電力系統中心の運用から都市ガス・熱・水素など総合エネルギーのネットワークへとコンセプトを拡張し、都市ガスから水素を取り出し空気中の酸素と反応させる家庭用燃料電池の開発・普及の実証研究もはじまっている。

電気自動車をこうした社会インフラに組み込まれる一要素として捉えるなら、内燃機関からモーターへの動力の技術変化だけではなく産業構造の位置付けも変貌しよう。従来とは異質な価値基準や支配力学が浮かび上がるかもしれない。

(4) 新たな技術と事業の創出機会

1800年にイタリアの科学者ボルタが亜鉛と銅とを希硫酸の溶液に浸し電流を流す電池を發明して以来、アルカリ電池、マンガン電池、銀電池に代表される一次電池から、充電を行うことで繰り返し使用可能な二次電池として1859年に鉛電池が發明され、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池へ

と安全性の確保や低コスト化、高いエネルギー密度などの高性能を検討しながら推移している。

さらなる画期的なコスト削減やエネルギー密度を向上させる新たな電極材料の適用、ポストリチウムイオンとして新型リチウム-空気電池などの革新的電池の開発も提案されている。需要が急増するリチウムは、10年以内に供給不足に陥るとの見方もあり、関連業界は、生産拠点の開発や権益確保に奔走している。

今回のレアアース問題で露呈されたように、技術で先行しても、中核となる資源を保有せずに他国に依存してはいずれ行き詰る。対処するための切り札として、代替材料開発やリサイクルシステム確立が欠かせない。新技術への変化にともない、新たに派生する技術や事業分野も創出されていく。

世界全体でのレアアースの年間産出量は、約12万トンであり、そのうち中国が約97%を占める。レアアースはHVやEVのモーターの磁石部分や、液晶ディスプレイのガラス研磨に使用されるなど、先端技術による製品に不可欠な希少資源である。

日本の材料系の研究開発レベルは世界最高峰であり、代替材料開発としてすでに、ネオジウム系磁石と遜色のない性能を発揮するフェライト磁石、ジスプロシウムなしで高温下で高い保磁力を持つネオジウム磁石、セリウム不要の研磨材などの開発実績が上がっているという<sup>13</sup>。

信越化学工業は、エアコンなど廃家電からレアアースを回収し、同社が生産する磁石に再利

用するリサイクル事業を開始するという<sup>14</sup>。中国からの供給不安でレアアースが高騰し、回収費用や加工賃を含めても採算が合ううえに、調達リスクの軽減につながるため、将来的には、自社で使用するレアアースの3 - 4割をリサイクルで確保する。

## 6. 結びにかえて

環境問題の深刻化や新興国の成長など、地球規模でのものづくりの戦況はますます激化している。過去の延長線上を離れ、従来の枠組みを破壊する劇的な変化は、長年にわたり築き上げてきた競争基盤を根本から否定しかねない。生産・調達・開発をはじめとする各段階をどこで行うのか、あるいは自社で行うのか切り離すのか、企画・開発・設計・生産技術・製造・販売にいたる長い連鎖をどう築くのか、製造現場の要員、研究開発要員、経営幹部の人材育成・採用方針をどうするのか、こうした課題への対策を講じることは、国のありかたにも関わってくる。

変化の規模やスピードはいつそう勢いを増し、情報は瞬時に世界中を駆け巡る。情報だけではなく、人と人の距離やモノの流れなどにおいても科学技術の進展に伴い高速で広域に可能となり、人類の活動空間は宇宙にいたるまで飛躍的に拡大している。地球上の一地域で発生した事象の影響がドミノ倒しのように世界の隅々にまで波及することも稀ではなくなっている。パラダイム転換は日本の製造業の姿を抜本的に再構築しさらには科学技術創造立国日本の国際競争力に影響を及ぼしかねない。

技術とこれを支える人も今までの価値基準や前提条件に大きく揺さぶりをかけられている。技術は、人類を豊かで潤いのある繁栄に導くこともあれば、ときに抑えのきかない欲望の暴走により、人類を破滅へと突き動かす危険性もまた併せ持つ。

ものづくりのパラダイム転換は今までの産業構造さらには社会システムの変容にも影響を与えていく。こうした変化の激流のなかで、自前

主義で優れた要素技術を開発し高品質な製品を提供するだけではなく共同開発や資本提携等、新たな連携を模索することも求められる。産官学、そして異業種連合から構成されるオールジャパン体制で海外に水ビジネスやスマートグリッド、鉄道、原子力発電所等のインフラ事業の輸出を推し進める大規模プロジェクトも拡大している。こうしたパラダイムシフトが従来の価値基準や支配力学を打ち破り、閉塞感の漂う日本経済の新たな活路を切り拓いていくと考えられる。

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C) (「製造現場の変容における企業経営への影響に関する実証的研究」課題番号20530327) を用いた研究成果の一部である。

### 注

- 1 日刊工業新聞 2010年10月11日号。
- 2 日本経済新聞 2010年11月5日号。
- 3 日本経済新聞 2010年11月5日号。
- 4 経済産業省編「産業構造ビジョン2010」
- 5 Clayton M. Christensen (1997) *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press.  
Clayton M. Christensen, Michael E. Raynor (2003) *The Innovator's Solution*, Harvard Business School Press.
- 6 日本経済新聞 2010年5月22日号、日本経済新聞 2010年7月17日号。
- 7 日本経済新聞 2010年11月4日号。
- 8 日本経済新聞 2010年10月13日号。
- 9 厚生労働省「第8次職業能力基本計画」によれば、現場力とは、ものづくりの現場をはじめ様々な現場における実践的な経験に裏打ちされた技術・技能、問題解決能力、管理能力を指す。
- 10 Ruth Benedict (1946), *The Chrysanthemum and the Sword*, Houghton Mifflin, (長谷川松治訳 (1967) 『菊と刀』社会思想社。)
- 11 Thomas L. Friedman, *The Lexus and the Olive Tree*, Farrar, Straus and Giroux, 1999 (東江一紀, 服部清美訳 (2000) 『レクサスとオ

リーブの木』草思社。)

- 12 経済産業省編「産業構造ビジョン 2010」資料：総務省統計局「科学技術研究調査報告（平成 21 年版）」
- 13 日刊工業新聞 2010 年 9 月 20 日号。
- 14 日本経済新聞 2010 年 10 月 9 日号。

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)。
- 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。
- 伊丹敬之 (2005) 『場の論理とマネジメント』東洋

経済新報社。

- 小池和男 (2005) 『仕事の経済学』東洋経済新報社。
- Michael Polanyi (1966) *The Tacit Dimension* (佐藤敬三訳 『暗黙知の次元』紀伊國屋書店, 1980)
- 野中郁次郎, 紺野登 (2003) 『知識創造の方法論』東洋経済新報社。
- 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。
- Robert A. Burgelman et al. (2004) *Strategic Management of Technology and Innovation fourth Edition*. McGraw - Hill.
- Thomas L. Friedman, *The Lexus and the Olive Tree*, Farrar, Straus and Giroux, 1999 (東江一紀, 服部清美訳 (2000) 『レクサスとオリーブの木』草思社。)