

特集

商品化につながる素材開発

昨今、新興国の追い上げを受け、日本の産業界の技術優位性が薄れてきているとの報道がなされている。一方で、日本の製造業各社は「独自性があり、真似されない技術」にて「売れる製品」を作ることを目指し続けている。本企画では、日本の化学会社にスポットを当て、「独自性があり、真似されない技術」で開発した素材が、世の中の要求に合った最終製品に採用されるまでのストーリーを執筆頂く。

(編集担当：東村 達・武田直人)†

機能性化学産業の競争力とビジネスモデルの変革 —ポリシーイノベーションが導く素材産業から部材産業への展開—

増田 優

1. はじめに

先進諸国に限らず BRICs や多くの国々でも、国際競争の中で優位性をもたらす主因はイノベーションであるとの認識が広がっている。しかし世界経済の統合がもたらしたものは企業間や国家間の熾烈な競争だけではない。国境の枠を超えて連携するこれまでにない状況も生み出した。それぞれが技術、資源、労働、資本などを提供して国際的に分業しながら目的に向かって協働していくビジネスモデルが確立した。

この国際協働ビジネスモデルは、最終製品の設計に基づいて世界中の様々な企業が部品を製造した後にこれらを製品に組み上げて世界市場に提供することで成立する。このビジネスモデルにおいては、全体の動きを企画調整する機能を担う者の重要性が増す一方で、個々の機能を担う者も国境を越えた世界的な役割を果たすことになる。即ち、優れた技術体系を確立し必要な機能を先導的に提供でき

ば、規模の小さい企業でも世界的に事業を展開しその市場で圧倒的な地位を確立することができる。

こうした変化を先導し支えるのがイノベーションである。しかしそのイノベーションは製造技術の技術革新と同義語ではない。プロセスイノベーションやプロダクトイノベーションの範囲に留まるものでもない。顧客管理、品質保証、リスク管理、組織運営、社会や政府との係り方など、国際的な広がりの中で協働しつつ効果的かつ効率的に機能を果たすために必要な諸々の事柄に広く及ぶ。

この大変動の下で、ものづくりに係る付加価値の重心も変化した。製品を組み立てる段階の価値が相対的に低下する中で、ビジネスモデルの概念を創出し運用する段階や製品にとって重要な機能単位を実現する段階の価値が高まった。さらに、機能単位としての部品を小型化し簡潔に性能を実現する傾向が強まる中、部品の性能を実現する方策も微妙な擦り合わせと複雑な組み立てによる従来の方法から材料に強く依拠した簡素な方法へと変った。この構造変化で1980年代に一世を風靡した日本の電機電子産業の国際競争力は急速に低下した。一方、材料のイノベーションが大きな決定要因であるとの認識が広まり、1990年代以降日本の材料産業が役割を拡大する新たな機会が巡ってきた。

しかしここでいう材料とは素材や基礎化学品といった汎用型のコモディティ製品を意味してはいない。特定の目的



Competitive Power of Functional Chemicals Industry Driven by Innovation of Policy and Business Model

Masaru MASUDA (正会員)

1973年 京都大学理学部卒

現在 お茶の水女子大学教授 ライフワールド・ウォッチセンター長、社会技術革新学会会長、化学生物総合管理学会会長、知の市場会長

連絡先：〒112-8610 東京都文京区大塚2-1-1

E-mail masuda.masaru@ocha.ac.jp

2010年5月11日受理

† Tsukamura, T. 平成21, 22年度化工誌編集委員(8号特集主査) 千代田化工建設㈱

Takeda, N. 平成22, 23年度化工誌編集委員(8号特集主査) 日揮㈱

に応える機能を持った材料であり機能性化学品である。そして部品に求められる性能を材料の特性で一気を実現してしまうという視点からみれば、部材と呼ぶべきものである。化学産業は機能化学品を提供する部材産業、即ち機能性化学産業へとビジネスモデルの変革を遂げた。この姿こそがイノベーションであり今日の競争力の主たる要因である。

その中でプロセスイノベーションやプロダクトイノベーションは重要ではあってもその一部に過ぎない。全体を先導するポリシーイノベーションが必須であり、その下でその他の諸々のイノベーションが展開してはじめて、世界の中における地位を確立することができる。

2. 化学産業の素材産業から部材産業への進展

化学産業は無機化学、油脂化学、電気化学、石炭化学、石油化学と翼を拡大してきた。高度技術を欧米から導入してプロセスイノベーションを興すことによって新たな資源を活用する道を開くと同時に、プロダクトイノベーションによって新しい素材の提供に繋げてきた。そして石炭化学産業が石炭を活用してフェノール、ベークライトなどの素材を、石油化学産業がナフサを含む原油を活用してエチレン、ポリエチレンなどの素材をもたらしたように、その都度それまで活用していなかった資源を原料として活用しながらそれまで存在しなかった種々の素材を社会に送り出した。鋼鉄を生産する鉄鋼業、銅鉛亜鉛を生産する非鉄金属業、アルミニウムを生産するアルミ精錬業などのそれぞれの鉱石を原料にする他の素材産業と同じ文脈で捉えることができる。

しかしこれらの素材産業と違って化学産業の原料の大半を占めるのは化学製品である。勿論、一次原料は水、空気、塩、石油、石炭、鉱石などの天然原料であるが、そこから出発して作られた化学製品を次の段階では原料として活用する。そして次々と段階を重ねて多彩な化学製品を創り出す。この点が化学産業の大きな特徴である。

石油化学産業を中心に基礎素材の範囲を念頭において化学産業を論じる時代が1990年代まで長く続いた。化学産業を遅れてきた男と称して他の産業分野に比べて出遅れて競争力が弱い分野として論じた書籍や経済産業省の政策も基礎素材に視座を置いていた。しかし化学産業は、基礎素材を原料として活用しながら何段階もの過程を経て、半導体材料、表示材料、タイヤ、フィルム、医薬・農薬など多彩な製品群を創りだしていた。

化学産業の基礎素材分野とこうした化学製品分野を比較すると、付加価値では早くも1975年に、出荷額でも1990年には、後者が前者を上回っていた。無機化学産業から石

油化学産業に連なる縦の展開の系譜から多様な化学製品を広く社会に浸透させていく横の展開の系譜に化学産業の主役が代わっていた。化学産業は素材産業から機能性化学品を創り出し提供する部材産業に既に転化し始めていた。1980年代に化学産業に対する認識を改めるべきだとの提起をした所以がここにある。

こうした視点から改めて化学産業を見ると、石油化学産業を中心に20兆円強と言われていた化学産業の出荷額は40兆円近い額に変わった。付加価値は20兆円近くに及び製造業の中で第2位であった。そして従業員一人あたりの付加価値に至っては製造業の中で1位であった。ここに化学産業が人々の生活を支える主役であることが明らかになった。さらに、化学産業の貿易収支の黒字幅は1990年代を通じて2倍に拡大して1.5兆円に達した。国際競争力の視点からみても化学産業が日本経済を先導する新たな状況が現出していた。

3. 機能性化学産業の国際競争力の実相

1990年代に機能性化学産業の国際競争力の実相が個別分野の事例によって明らかになった。タイヤ30%、写真フィルム50%、半導体材料70%というように種々の化学製品分野の世界市場で日本企業が圧倒的な立場を占めていた。その後、液晶表示材料、有機半導体材料、リチウムイオン二次電池材料などの諸々の分野でもこの傾向はさらに拡大した。価格が大きな決定要因で激しく変動する基礎素材の市場とは大きく異なる市場でこうした優位性は新たな状況をもたらした。需要家との関係も納入業者と呼ばれる上下関係から変化し始めた。政府との係り方にもそれまでと異なる現象が現れた。

日本の半導体材料の工場で火災が発生した際に、早期再建と米国企業への供給確保を間髪を入れず真っ先に申し入れてきたのは米国政府であった。また、日米の貿易摩擦も違いを反映する場面の一つとなった。米国政府による日本製品に対するダンピング提訴などを端緒に始まった繊維、鉄鋼、半導体、自動車などの分野での貿易摩擦は、いずれも日米両政府の交渉を経て日本側の一方的な自主規制という結末で収束した。しかし高い市場占有率を持つ機能性化学品に係る摩擦は全く異なる経過をたどった。

自動車に使われる化学製品に対する米国政府によるダンピング提訴は、その製品の主要な需要家である米国自動車企業の猛烈な反対に合い、両政府の交渉を待つまでもなく米国政府が提訴を取り下げて収束した。日本車の米国における市場占有率は増加したとはいえ数割にしか過ぎない。この機能性化学品の世界市場における市場占有率は7割近くに達していた。供給の代替先を見出し難い状況の中では

ダンピング提訴がもたらす製品の大幅値上がりの結果は米国自動車企業が背負いこまざるを得ない。米国自動車企業がダンピング提訴に反対した所以がここにある。

日本のタイヤ企業が米国のタイヤ企業を買収した後、全米で労働争議が勃発した。1年を超える労働争議を巡って米国政府から日本政府に申し入れがおこなわれた。しかし当該企業は政府間交渉を望まず、米国政府を相手に米国内で訴訟を提起した。そして陪審制度のもとでも勝訴した。写真フィルムにおいても日米の政府間交渉はおこなわず、貿易問題に関する国際裁判所に当たる世界貿易機構（WTO）におけるパネルにおいて勝訴した。

これらいずれの事例も、日米の政府間交渉という道を断ち切って政治や行政の論理に振り回されることを回避しつつ、社会的な或いは世界的な規範に従うことを基本にビジネスの論理で行動することを貫徹した。その結果、政府間交渉で自主規制に追い込まれた他の分野の事例とは全く異なる成果を得た。

その背景にあったのは強い競争力がもたらした市場占有率の高さである。換言すれば、その社会に広く受け入れられ深く浸透しているという事実であった。タイヤは自動車の一部である。したがって自動車の価格はタイヤの価格より高く、自動車企業の売上高の方がタイヤ企業より大きいのは当然のことである。売上高の大きさはそのまま競争力の強さを意味しない。市場占有率が自動車企業より高いタイヤ企業の競争力の方が強いのである。社会への浸透度も高く、イノベーションは進んでいるのである。

4. 機能性化学産業を特徴づける評価技術体系の意義

化学産業は、多種多様な原子・分子を組み合わせる多岐にわたる反応をおこし材料の一次構造を構築し、さらに二次、三次そして高次構造まで制御する。その自由度の大きさは他に比べるものがない。さらに多彩な方法で成型し材料を削り込むなど多様な方法で加工する。これまで化学材料が他の材料分野を広く代替できたのは、この自由度の大きさがもたらす多様性に依るところが大きい。

電機電子産業に比べて自動車産業の競争力が強い要因として「擦り合わせの技術」の重要性が語られる。金属材料を削り込みながら微妙な調整をおこない必要な性能を実現する妙味を語ったものである。これに対して機能性化学産業の競争力の源泉として提起したのが「削り込みの技術」である。削り込みの技術は、分子の一次構造の制御から成型加工に至るまで擦り合わせの技術をはるかに凌ぐ広範な自由度を持っている。これこそがこの分野の大きな特徴であり、他の分野と比べて将来に向かって大きな可能性もたらす特

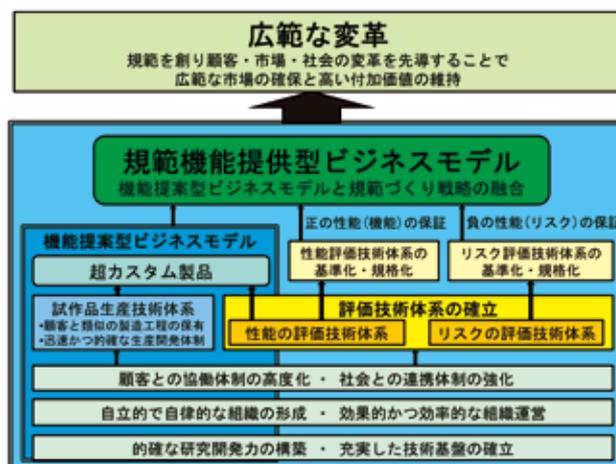


図1 ポリシーイノベーションが導くビジネスモデルの進化

徴である。

では、機能性化学産業を部材産業たらしめている特徴であり、そして素材産業とは異なる産業に特徴づけている最大の技術的な要因は何であろうか。そのひとつが評価技術体系である。

素材は化学物質でありそれぞれ融点、引火点、毒性といった科学的に一義的に決まる固有の特性（Property）を有している。機能性化学品も化学物質である限り、この点において何ら変わるところはない。しかし部材である機能性化学品の評価は、素材と同様な視点による特性の評価の範囲に留まらない。部品の評価と同様な視点から性能（Performance）を評価することが、機能性化学品の評価において必須かつ重要である。

タイヤを例にとれば、素材であるゴムとしての特性に加えて、走行性や耐久性などの性能を評価する。さらに近年は乗り心地や騒音低減に係る性能なども評価する。このように性能の評価は、科学的に一義的に決まる特性の評価と大きく異なり、顧客の求める機能の違いによって評価する視点も内容も方法も千差万別である。さらに社会の変化の中で評価の視点も項目も方法も変動し時とともに拡大していく。

素材企業が機能性化学産業に参入する際に直面する最大の困難のひとつがここにある。したがって参入を目指す素材企業は、まずは顧客の提示する仕様（スペック）に従って生産するところから出発する事例が多い。即ち、カスタム製品を提供する顧客対応型ビジネスモデルである。

しかしこの段階に止まっていたのでは高い利益率は得られない。顧客の求める性能や評価方法などについて顧客と同等以上に熟知し逆に顧客に対して仕様を提案しつつ顧客の示す仕様を超えた超カスタム製品を提供する段階、即ち、機能提案型ビジネスモデルへと移行してはじめて高い利益率の確保が望める。

そもそも化学物質のハザード(有害性)は化学物質が持つ固有の特性であって不可分である。また、労働者、消費者、市民、環境に化学物質が曝露することによってもたらされる実際的なリスク(危険性)は製品の性能の一部である。機能性化学品の機能が求める正の性能であるとするならば、リスクは避けたい負の性能である。正の性能のみならず負の性能も適切に削り込んでいくイノベーションが求められている。

そしてここにおいても重要な役割を果たすのが、ハザード評価技術、曝露評価技術であり、そしてこれらを加味して実際的なリスクを評価し管理する技術である。これらの評価技術体系は規範づくりに係る事柄であって、ものづくりに係る他の技術体系とは大きく異なる。したがってその構築には経営段階におけるポリシーイノベーションが欠かせない。この点における経営の意識の差が化学物質の総合的なリスク管理能力の大きな格差をもたらしている。加えて日本の化学物質総合管理に係る法律体系の不備が日本の機能性化学産業にとって重大な足枷となっており、この点のポリシーイノベーションも必須である。

リチウムイオン二次電池の分野で画期的なビジネスモデルが生まれつつある。電池の製造工程で使われる機能性化学品を徹底的に回収した上で新品を超える純度まで精留することによって、何時までも循環して使用する事業が動き始めた。従来のリサイクルでは供給した新品の一部をリサイクルするに過ぎず、大部分を気中や水中に排出していた。このビジネスモデルでは98%が循環する。新たに投入する新品は使用過程で減耗した分を補充する2%に過ぎない。

このビジネスモデルに期待する事柄は、環境中への放出を無くし人の健康や環境への影響を防止することだけではない。遥かに大きな意味は、これまでの物の売買を前提にした大量消費型のものづくりから脱却して、物は必要な機能を得るための媒体に過ぎず機能を果たした後は物は返却するという循環機能提供型のものづくりに転換してゆくひとつの契機になるところにある。

同じ視点に立ってみれば、天然資源を出発点に供給してきたレアメタル、レアアース、非鉄金属、鉄鋼などについても、日本が世界に先駆けて歴史に残るものづくりの大転換を成し遂げ得る可能性が見えてくる。結果として大幅な省エネルギー、省資源、省廃棄物が実現できるのみならず、安全保障上の意義も大きい。ここでもまず必要となるのは企業や政府におけるポリシーイノベーションである。

6. おわりに

機能性化学産業は貿易収支の黒字を維持し付加価値生産性を高める要因のひとつになっている。そして資源やエネ

ルギーの消費が少なくまた組み立て産業のように多くの人手を必要としない。少子化が進む21世紀の日本社会にとっては、高い生活水準を維持するために重要な役割を担うことが期待できる数少ない産業分野である。

今後は内外において環境保全やリスク管理に対する意識が増々高まる。そして新たな規範が次々に策定されていく。ものづくりもこうした社会の動向を積極的に取り入れ世界を先導していくことが必須である。ものづくりと規範づくり、より広く言えば物語づくりが車の両輪の如く連動してはじめて価値づくりにつながる時代が来ている。規範追随者の立場を脱して規範策定者の位置を確保することが重要である。このことを肝に銘じながら機能性化学産業のビジネスモデルのさらなる変革を目指してイノベーションを全方位的に進めていくことが重要である。



図4 価値創造の構造

化学工学の社会への重要な貢献は、単位操作(Unit Process)と体系(System)という概念を提起したことである。その神髄は、それぞれの機能単位の性能をしっかりと確立したうえでそれらを連結して体系を組むことによってより上位の機能単位を創り出すことである。そしてそれを繰り返すことによって順次さらに高次の性能を生み出すことである。個々の設備を作成する時だけでなくビジネスモデルを構築していく上にも、こういった考え方は有効である。

化学工学の徒には、プロセスイノベーションやプロダクトイノベーションを具現化する役割を超えて、機能提案型の機能性化学産業のさらなる進展を先導するポリシーイノベーションを主導する役割を期待したい。しかし、機能提案型ビジネスモデルは通過点に過ぎない。その先には規範機能提供型ビジネスモデルという高峰が待っている。物の売買を前提にした大量消費型のものづくりから脱却して、必要な機能を得た後はその機能の媒体に過ぎない物は返却するという循環機能提供型のものづくりの構築を先導するポリシーイノベーションを担う大役がその後には控えている。

参考文献

- 1) 機能性化学産業研究会：機能性化学 価値提案型産業への挑戦，化学工業日報(2002)
- 2) 増田優：「知の世界」が創る政策の新展開，化学工業日報社(2004)
- 3) 星川欣孝，増田優：化学生物総合管理，3(2)，117-144(2007)
- 4) 星川欣孝，増田優：化学生物総合管理，5(2)，173-191(2009)
- 5) 結城命夫，増田優：化学生物総合管理，5(2)，127-151(2009)
- 6) 山田一仁，増田優：技術革新と社会変革，3(1)，25-30(2010)
- 7) 須藤繁，増田優ら：技術革新と社会変革，4(1)，投稿中(2011)