

Title	新製品開発における新技術と新市場への対応の両立と 化学産業における新製品開発との関係に関する考察
Author(s)	浅井, 洋介; 久保, 元伸; 松浦, 良行
Citation	年次学術大会講演要旨集, 26: 908-912
Issue Date	2011-10-15
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10262
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

新製品開発における新技術と新市場への対応の両立と 化学産業における新製品開発との関係に関する考察

○浅井洋介（山口大学理工学研究科）、久保元伸・松浦良行（山口大学技術経営研究科）

1. 研究の目的

本研究の目的は、新技術と新市場への対応が必要な製品の効果的な新製品開発マネジメントの仕組みを見出すことである。新技術と新市場への対応が必要な製品開発の例として化学製品があり、これを対象とすると従来の枠組みでは新製品開発過程の分析が困難である。本稿では、化学製品一般を含めて扱うことが可能な枠組みを目指した研究を行うために、新製品開発における新技術と新市場への対応の問題と化学製品の製品開発との関係について考察する。

2. 新技術と新市場への対応が必要な新製品開発とは

現代の製品あるいは製品の開発過程は単一の要素で構成されることは少なく、複数の構成要素のシステム性が重要視される（Betz、1993）。其々の構成要素は技術的特性のみならず社会的な機能としての結び付きから関係付けられるが、この構成要素やシステムの優位性は先験的に存在する技術的特性あるいは社会的特性からのみ生み出されるわけではない。製品開発マネジメントに関する伝統的な考え方として、技術プッシュ・アプローチと需要プル・アプローチの2つがある。技術プッシュ・アプローチでは、科学的知識の発展が結果として社会的に影響を与える技術革新につながるという経路に主眼が置かれる。例えば、製品イノベーションの後に工程イノベーションが発生するという創成期の自動車産業のような例と親和性の高い通説的イノベーションモデル（Abernathy：1978、Utterback：1994）がその典型である。一方、需要プル・アプローチでは新技術に対する需要が先験的に存在するという視座に基づく。例えば、多様な顧客のニーズを多数の部品から構成される製品に正確に翻訳させる点で、現代の自動車産業の製品開発（Clark＝Fujimoto、1991）は需要プル・アプローチの典型であると言える。

これらの何れのアプローチでも、例えば液晶ディスプレイ技術（沼上、1999）のように新技術と新市場に相互に対応し、製品として結実させているイノベーションを分析することは出来ない。何故なら、技術プッシュ・アプローチと需要プル・アプローチは、それぞれ先験的に存在する外性的要因により規定されており、いずれも決定論的視座に立脚しているからである（加藤、2011）。液晶ディスプレイのような製品の製品開発では、技術の不確実性と市場環境の不確実性（Takikonda、2001）に主体的に対応し、不確実なニーズを進化的に解決する（Leonard、1995）ことが求められる。換言すれば、イノベーションをどのように共進化（co-evolve）（Bessant、2005）させるかということである。

化学製品における共進化型の例として、アクリル（PAN）系炭素繊維を挙げることが出来る。炭素繊維は軽量でありながら、鉄に比べ単位重量当りで10倍という強度（引張強度）と弾性率を誇る。開発当初の限定的分野（釣竿、航空機二次構造材）を皮切りにテニスラケットやゴルフシャフトへ用途を拡大し、航空機用素材として市場を急拡大させている（青島・河西、2005）。さらに近年では、量産自動車の本体フレーム向けの製品開発が進められている。航空機向けで培った炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の成型法（オートクレーブ成型法）では高信頼性・高品質のCFRPが得られるものの、自動車産業に対応できる高生産性が得られない（北野・山口、2006）。従い、熱可塑性樹脂を用いた複合材料の開発など航空機向けとは異なる製品システムの開発が求められる。つまり、量産自動車向けという新たな市場に対応し、CFRPにおける新たな複合材料の技術開発が開始されているという点で、共進化的に製品開発が進行している例であると言える。

3. 新技術と新市場への対応が必要な新製品開発における従来の観測対象

前述の液晶ディスプレイ技術では、当初の用途である時計や電卓などの小型の電子機器からTVやPC向けのディスプレイの開発に徐々に進化していったことが知られている（船田、1997）。この対象市場

の移り変わりの過程で動的散乱モード (Dynamic Scattering Mode) 液晶ディスプレイ (1964 年発明) やアクティブマトリックス駆動方式液晶ディスプレイ (1970 年以降発明) などの技術が、ある時は技術シーズ主導の開発により、ある時は需要に迫られ誕生し製品として結実している (沼上、1999)。従い、液晶ディスプレイでは 1960 年代から今日までの数 10 年の期間で様々な進化を遂げ、製品開発が共進化していると観測される。しかし、電卓用の液晶ディスプレイの開発、あるいは数年単位の開発期間に観測の領域あるいは観測期間を限定すれば、技術プッシュあるいは需要プルの何れかのアプローチによる製品開発が実施されていると観測される可能性がある。

自動車は、技術プッシュ・アプローチが完了し、今日では需要プル・アプローチによる製品開発が主体であるように見える。しかし、近年の電気自動車 (Electric Vehicle) の開発のように、新たな技術プッシュ・アプローチによる製品開発も始まっている。電気自動車では、動力源であるモーターとブレーキをホイール内に一体化して挿入する構造 (インホイールドライブ) など、内燃機関小型乗用車とは異なる構造を選択できる (清水、2003)。従い、車台構造や生産方式、燃料の充填方法や製品の流通の仕組みなど、内燃機関小型乗用車で確立されたドミナント・デザイン (Abernathy、1978) は必須ではない。一方、製品を内燃機関小型乗用車、あるいはファミリーコンパクトカーなどの車種単位に限定すると、ここでのイノベーションは需要プル・アプローチの形態に従っている。

つまり、これらの製品では観測期間や製品の範囲により観測結果が異なるという問題が発生する。従い、観測期間や製品の範囲により、製品開発が共進化しているのか、あるいは技術プッシュ、需要プルのアプローチがある期間で交互に繰り返されているのか、長期で見れば共進化していたと事後に観測されるだけなのか、など様々な観測パターンが想定される。

この問題は、その製品の開発期間と関連すると思われる。製品の開発期間を厳密に測定することは出来ないが、製品の寿命や生産設備の寿命を加味して大よその開発期間に分類される (大江、1998)。自動車の製品開発期間は 2 年～5 年であるが (大江、1998)、これは内燃機関小型自動車 (Gasoline Automobile) のある車種の開発期間である。電気自動車 (Electric Vehicle) も含めた自動車という製品の範囲では、内燃機関小型自動車のドミナント・デザインの形成前後を起点とすれば開発期間は世紀単位となる。従い、長期間に渡る製品開発の実態を分析しなければならない。

本研究では化学製品を分析の対象として取上げる。何故なら、物質の発見 (合成) と市場開発を必要とし、この開発期間がほぼ 10 年～20 年と自動車の製品開発期間よりも短く扱い易いためである。また、これより短い開発期間の製品は分析に要する期間という観点では好ましいが、必ずしも共進化型の製品開発を必要としない。また、これより長い開発期間の製品 (例えば EV を含めた自動車) は観測期間が長期に渡り、製品の範囲も広いため正確な観測が困難である。

4. 観測対象としての化学製品とは

化学製品とは化学的な反応によって作られた製品を示し、どこまでをその範囲とするかが明確ではない。日本標準産業分類¹⁾による化学工業 (中分類 16) 以外にも、繊維工業 (中分類 11) の一部や電子部品・デバイス・電子回路製造業 (中分類 28) の一部にも化学製品に該当する製品がある。酸やアルカリ、合成染料など従来の化学製品が、供給制約のある天然物の代替という限定された用途に用いられていたのに対し、現代の化学製品は電気・電子産業、輸送機械などあらゆる製品に用いられ、その用途は多種多様である。また、化学製品は単独で使用されることは少なく、他の材料や部材と組み合わせて初めて機能が発揮される。さらに、使われ方や機能の発揮の仕方は一律一様でなく、用途や使用条件により様々である。つまり、ある技術に対して多様な解釈が可能であり、その解釈の相違が技術の発展方向に変化をもたらす (加藤、1999)。

一方、化学製品の中には機能性化学品と呼ばれるものがある。例えば、エレクトロニクス材料、膜材料、イメージングケミカルなどである。機能性化学品 (bulk-specialty) とは、化学技術を基盤において物質・材料 (マテリアル) 技術の強みを発揮することにより、ユーザー産業にソリューションを積極的に提案していく産業 (製品) であると言われている (機能性化学産業研究会、2002)。しかし、機能性化学品に対して汎用化学品 (bulk commodity) に分類される化学製品もかつては機能性化学品であった。例えば、ポリエチレンはその典型である。また、エンジニアリングプラスチックの中でも耐熱性な

¹⁾ 総務省統計局 (日本標準産業分類平成 19 年 11 月改定版)

どの機能がさらに高い製品はスーパーエンブラとして機能性化学品に分類されるが、比較的小規模なコモデティー化しているエンジニアリングプラスチックは汎用エンブラとして汎用化学品に分類される。つまり、化学製品の開発の過程とは、用途限定的な特殊製品が汎用化し、広く市場に普及する過程である。換言すれば、開発初期段階にある化学製品が機能性化学品 (bulk specialty) として市場に認知され、さらに広く普及して汎用製品 (bulk commodity) に変遷する過程である。

コモデティー化した化学製品の製品開発は技術プッシュ・アプローチ、あるいは需要プル・アプローチの何れかに従うケースが多い。しかし、化学製品の開発初期すなわち機能性化学品の開発は物質の発見・発明と市場開発、つまり新技術への対応と新市場への対応を交互に行うことが多い。つまり、化学製品の開発当初の製品開発マネジメントのプロセスは共進化型の製品開発の観測対象となりえる。有機合成技術や高分子化学技術の進歩により、かつての機能性化学品であった化学製品 (例えばポリエチレンなど) に比べ、比較的短期間にしかも多数の企業で製品が開発される (Malerb, 2004)。従い、開発期間が長期に渡らず分析対象として扱いやすく、事例も豊富であるという点で共進化型の製品開発マネジメント研究の適切な分析対象の一つであると言える。

しかし、製品開発プロセスに焦点を当てるミクロな視点からのアプローチに基づく製品開発マネジメント研究に関する先行研究例は、組立型産業やシステム産業に偏る傾向がある (Barnett, 1998)。従い、化学製品に関する先行研究例は限られている。化学全般を取り扱った桑嶋・藤本 (2001) は製品開発プロセスの諸段階 (あるいは、諸段階間) の属性を複雑性や不確実性などの一般的概念で記述し、効果的なマネジメントのパターンを導出している。この研究は、先験的に存在する顧客ニーズの製品構造への正確な転写を意図しているという点で、需要プル・アプローチを前提としている。一方、Pisano (1997) はケミカル系医薬品の製品開発において製品イノベーション (分子設計や合成処方の開発工程) と生産プロセスイノベーション (量産技術開発やプロセス設計の開発工程) の連動が必要である点を指摘している。用途目標が医薬品のように必ずしも明確でない化学製品の開発初期段階 (すなわち機能性化学品) でも、製品イノベーションと生産プロセスイノベーションの連動は重要である。しかし、マネジメントの対象として扱われる製品開発の工程が両者に限定されており、新市場と新技術への対応が必要な化学製品にこの枠組みをそのまま適用することは出来ない。

このように、化学製品は共進化型の製品開発マネジメント研究の適切な分析対象の一つであるものの、新技術と新市場への対応について分析できる枠組みがないという問題があった。

5. 化学製品の製品開発プロセスと、新技術と新市場への対応の関係

化学製品は文字通り合成や重合などの化学反応によりその化学構造が決定される。ここでは、分子構造を操る、無機化学、有機化学や高分子化学などの化学技術が駆使され、化学産業創成期の化学製品 (例えば合成染料) を生み出してきた (Malerb, 2004)。しかし、これらの製品が主に分子や原子の並び方を規定する化学構造だけで製品の構造が決定されていたのに対し、バッテリーセパレーターフィルムやフォトケミカル材料などの現代の化学製品は化学構造以外にも相状態や三次元構造、複数の化学物質の組成やそれらの相状態など、より物理的な構造が重要になる (Moggridge, 2000)。つまり、従来の化学製品は化学式や純度など規定する化学構造 (chemical structure) だけで製品構造 (product design) を定義できていたが、現代の化学製品は化学構造に加え三次元構造などの物理的構造 (material structure) を規定しなければ製品構造 (product design) を決定できない。従い、有機化学などの化学技術に加え、レオロジーや熱流体力学など他の分野の技術が必要となる。

一方、これらの化学製品の製品構造はその化学製品が使われる用途と密接に関連する。例えば、繊維に用いられていたポリビニルアルコールが、膜構造ではエレクトロニクス材料になるケースなどである。また、化学製品は素材であるためその用途は非常に広い。従い、製品構造 (product design) を決定するためには技術開発と市場開発を連動させた用途開発 (product usage) が重要となる (Costa, 2006)。

また、装置型産業製品である化学製品は石油化学製品に比べればその規模は小さいものの、必ずスケールアップ (Scale up) の問題が付きまとう。従い、スケールアップ問題の解決のための工程開発 (process design) が必要である。しかし、化学構造だけで定義できていた石油化学製品などの工程開発のために確立された単位操作 (unit operation) を、化学構造と物理的構造を同時に規定する現代の化学製品の製造に適用させるためには、新たな技術開発が必要となろう。

このように、化学製品はその基本的な要素である化学構造 (chemical structure) に加え、物理的構

造 (material structure) を備える必要がある。また、これには用途開発 (product usage) の結果が反映され、これらを実現するための工程開発 (process design) が必須となる。

つまり、化学製品の製品構造 (product design) に求められる技術のシステム性 (Betz, 1993 あるいは加藤, 2011) とはこの 4 つの要素から構成され、化学製品の製品開発とはこの 4 つの要素を獲得することである。さらに、化学製品の製品開発マネジメントとはこの方法をマネジメントすることである。成功した化学製品の事例ではこれらの 4 つの要素が備わっていたことが事後に観測できる。例えば、前述のアクリル (PAN) 系炭素繊維の事例 (青島・河西, 2005) などである。一方、失敗した事例にはこの要素が欠けている例がある (数少ない公表された失敗事例として、永田 (2005))。すなわち、技術システムを構成する要素の補完性は、化学製品の製品開発の成功の必要条件であると言える。アクリル (PAN) 系炭素繊維はその発展の過程で、化学構造 (chemical structure) の改良 (原糸の開発、炭化過程における分子の配向度の向上など) や物理的構造 (material structure) の改良 (繊維表面の金属被覆による強度向上、熱可塑性樹脂を用いた CFRP など)、これに伴う工程開発 (process design) が何度も行われ、様々な市場へ対応させている。つまり、成功した化学製品であるアクリル (PAN) 系炭素繊維はその技術システムを構成する要素の補完性を保ちつつ、この要素を臨機応変に発展させ、新市場へ対応させていると観測できる。つまり、新市場への対応に際しどの要素で対応するのか (物理的構造で対応するのか、化学構造の改良まで遡るのか等)、あるいは新技術の出現に伴いどのように新市場を対応させるのか、という点を分析すれば新技術と新市場へ対応した製品の開発過程を導き出せる可能性がある。つまり、製品開発プロセスにおける製品システム上の要素の成立過程を分析することである。

製品開発マネジメント研究に関する研究は、製品開発プロセスに焦点を当てるミクロな視点からのアプローチに基づく研究に移行している (桑嶋, 2003)。しかし、これらの研究が注目している過程はコンセプト立案の次に製品設計があり、試作や本生産、評価を経て販売されるという表面的な開発工程に着目したものが大半である。しかし、実際の製品開発過程はそのシステム要素毎にコンセプト立案や基礎研究・試作などがある。これらのシステム要素は開発当初のプロトタイプを単に改良させるだけではなく、ある市場の出現や他のシステム要素の発展に伴い、全く新しいシステム要素が発明・発見されるケースもある。このように化学製品の製品開発過程ではシステム要素の成立過程 (発展過程) が複雑に絡み合っ 1 つの製品が開発される。従い、製品開発プロセスにおける製品システム上の要素の成立過程を、その要素毎に分析することが重要となる。つまり、新市場の出現に際し、ある要素はどのように成立したのか。あるいは、ある要素に関する新技術に際し、どのように新市場が選択され他の要素はどのように成立したのか、という点である。

6. まとめ

本稿では、新技術と新市場への対応が必要な製品の効果的な製品開発マネジメントの仕組みを見出すために、化学製品の製品開発過程が適切な分析対象であることを示した。化学製品の製品の製品構造を確立するためには開発の起点となる化学構造 (chemical structure) の発見以外にも確立すべき要素があるが、新技術への対応と新市場への対応の両立のためにはこれらの要素の補完性だけでは、十分に説明できないことを示した。つまり、新技術と新市場への対応の両立が必要な製品開発のために、これらの要素の成立過程の分析が今後の研究課題である。様々な化学製品の製品開発の事例研究を通じて、新技術への対応と新市場への対応の問題と当該製品のシステム要素との関連について検討を行う。

参考文献

- Abernathy, W. J. (1978) "The Productivity Dilemma: Roadblock to innovation in the Automobile industry" Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- 青島矢一・河西壮夫 (2005) 「一橋ビジネスレビュー “東レ炭素繊維の技術開発と事業戦略”」 2005 年春号掲載.
- Barnett, D. Brent and Kim, B. Clark (1998) "Technological newness: an empirical study in the process industries", *Journal of Technology Management*, Vol.13, pp.263-282.
- Bessant, J., Richard Lammings, Hannah Noke, Wendy Phillips (2005) "Managing innovation beyond the steady state", *Technovation*, 25, pp.1366-1376.
- Betz, F. (1993) "Strategic Technology Management (黒木正樹監訳, 『戦略技術管理論』, 文理閣, 2005)", McGraw-Hill.
- Clark, Kim B. and Takahiro Fujimoto (1991) "Product Development Performance (田村明比古訳, 『製品開発力』, ダイヤモンド社, 1993)", Harvard Business School Press, Boston, Mass.
- Costa, R., Moggridge, G.D., Saravia, P.M., (2006) "Chemical product engineering: An emerging paradigm within chemical engineering.", *AIChE Journal*, Volume 52, Issue 6, pp.1976-1986, June.
- 船田文明・栢川正也 (1997) “ディスプレイ・デバイスの現状と動向”, シャープ技報, 第 66 号, 1997 年 12 月.
- 加藤俊彦 (1999) “技術システムの構造化理論—技術研究の前提の再検討—”, 組織科学, Vol.33 No.1, pp.69-79.
- 加藤俊彦 (2011) “技術システムの構造と革新—方法論的視座に基づく経営学の探求—”, 白桃書房.
- 機能性化学産業研究会 (2002) 「機能性化学産業研究会報告書—新たな企業・産業文化の形成による価値提案型産業への挑戦—」平成 14 年 3 月.
- 北野彰彦・山口晃司 (2006) “自動車の安全設計と信頼性向上に貢献する複合材料技術Ⅲ.—NEDO プロジェクト: 革新的温暖化対策技術プログラム「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発動向」の解説—”, 日本複合材料学会, 32, 5, pp.193-197.
- 桑嶋健一・藤本隆宏 (2001) 「化学産業における効果的な製品開発プロセスの研究—分析枠組みと若干の実証分析—」『経済学論集 (東京大学経済学会)』 Vol.67, No.1.
- 桑嶋健一 (2003) 「新製品開発における”顧客と顧客” 戦略—化学産業の実証分析を通して—」『研究技術計画』 Vol.18, No.3/4.
- Leonard, B.D. (1995) "Wellsprings of Knowledge (阿部孝太郎・田畑暁生訳『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, 2001 年初版)", Harvard Business School Press in Boston, M.A.
- Malerba F., (2004) "Sectoral Systems of Innovation" Cambridge Univ. Press.
- Moggridge, G. D. and Cussler, E.L. (2000) "An introduction to Chemical Product Design", *Trans IChemE*, Vol.78, Part A, January.
- 永田晋也・篠崎香織・寺野稔 (2005) “先端科学技術研究ケースファイル—オレフィン系ブロックコポリマーの製造技術をめぐる産官学の共同開発—”, 北陸先端科学技術大学院大学 21 世紀 COE プログラム, 平成 17 年 6 月.
- 沼上幹 (1999) 「液晶ディスプレイの技術革新史—行為連鎖システムとしての技術—」, 白桃書房.
- 大江建 (1998) 「なぜ新規事業は成功しないのか」, 日本経済新聞社, 2008 年 3 版 1 刷.
- Pisano, G.P. (1997) "The development factory". Boston: Harvard Business School Press.
- 櫻井敬三・近藤正幸 (2003) “商品開発のためのイノベーション創出モデルのメカニズムと成功要因”, 研究・技術計画学会第 18 回年次学術大会 (2003 年 11 月).
- 清水宏 (2003) “多目的高性能電気自動車の開発” FED Review, Vol.2, No.8, March.
- Tatikonda, M.V. and M. Montoya-Weiss (2001) "Integration Operations and Marketing Perspectives of Product Innovation: The Influence of Organizational Process Factors and Capabilities on Development Performance", *Management Science*, Vol.47, No.1, pp.151-172.
- Utterback, J.M. (1994) "Mastering the Dynamics of Innovation (大津正和・小川進監訳, 『イノベーション・ダイナミクス』, 1998, 有斐閣)", Boston, MA: Harvard Business School Press.