

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	顧客志向の新製品開発における技術伝播の構造：機能性化学品の事例を中心に
Title(English)	
著者(和文)	児玉洋一
Author(English)	Yoichi Kodama
出典(和文)	学位:博士(技術経営), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第8976号, 授与年月日:2012年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤村 修三
Citation(English)	Degree:Doctor (Management of Technology), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第8976号, Conferred date:2012/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

学位論文

顧客志向の新製品開発における 技術伝播の構造

—機能性化学品の事例を中心に—

東京工業大学大学院

イノベーションマネジメント研究科

児玉 洋一

(指導教員: 藤村 修三)

2012年8月

目次

第1章 序論	4
1. 問題意識	4
2. 本研究の目的	9
3. 本論文の構成	11
第2章 先行研究	16
1. 新製品開発に関する研究における視点と視野	17
2. 本研究の位置付け	33
第3章 ミクロ視野の研究の重要性	36
1. 通説としての半導体－液晶産業間における技術伝播	37
2. 通説に対する批判的考察	42
第4章 研究方法	53
1. 事例研究について	53
2. 事例の選定	55
第5章 技術伝播の概念的フレームワークの考案	67
1. 三井化学のダイアタッチフィルム開発	67
2. 技術伝播の概念的フレームワーク	79
3. 三井化学のダイアタッチフィルム開発における技術伝播の構造	87
第6章 新製品開発における技術伝播の構造考察	90
1. 三井化学の半導体用表面保護テープ開発	90
2. JSR のフォトレジスト開発	112

第7章 結論 ----- **121**

1. 研究結果のまとめ 121
2. 新製品開発のマネジメントに対する実践的示唆 123
3. 今後の研究課題 124

参考文献 126

謝辞 150

第 1 章 序論

1. 問題意識

1-1. 新製品開発¹⁾の必要性

新製品開発がジリ貧²⁾か. 今日の製造業に属する企業(メーカー)はこのような状況にあらう. 現在の知識社会³⁾において, 企業における研究開発, とりわけ新製品開発は, 最も重要な経営課題の 1 つである. 事実, 多くの企業が新製品開発を経済成長の推進力とみなしている[Booz et al.(1982), Schoonhoven et al.(1990), Gupta and Wilemon(1990)].

新製品開発の経済的効果についての研究は, 変数と従属数の定量化が難しいこと, また外部環境因子の分離が難しく因果関係がはっきりしないことから数少ないが, 例えば, Bayus et al.(2003) は, パーソナルコンピューターメーカー16社の1,070もの新製品を対象にし, 企業の経済的効果との関係を調べ, 新製品開発活動が企業の利益に正の相関を有することを明らかにした. また, 河野(2010)は, 2001年に実施した日本の製造業を対象としたアンケート調査による121社の分析から, 高業績企業ほど売上高に占める新製品の割合が高いことを報告している.

近年, 金銭報酬という経済的インセンティブのみならず, 企業の存続そのもののために, 新製品開発の必要性が高まってきている. その理由として, 第一に, 製品ライフサイクルの短縮化が挙げられる. 我々の身の回りの製品も, たとえそれがヒット製品であっても極めて短期間でバージョンアップされており⁴⁾, 製品ライフサイクルの短縮化を実感することができる. 経済産業省(2007)の調査によると, 製品ライフサイクルは5年前に比べて確実に短くなっており, 例えば, 代表的な消費財である家電製品のライフサイクル年数は約40%も短くなったと報告されている(図表 1-1).

第二の理由として, 製品のコモディティ化が加速している点が挙げられる. インターネットの普及, 国境を越えた人材の流動化, 製品モジュラー化⁵⁾による原料調達の容易化等により, 技術情報がすぐに, そして低コストで入手できる時代になった. そのため, 競合企業間における技術水準が急速に同質的となり, 製品価値の差別化を長期間維持するのが難しくなっている. 例えば, 最近では家庭用LED電球が従来の白熱電球に代わり急速に普及し始めているが, その背景には参入企業の増加とそれによる価格下落がある(図表 1-2). その結果, 企業は少しでも競合他社とのシェア争いを優位に進めるため新製品開発をより加速させざるを得なくなる. Kalyanaram et al.(1995)は, 米

国における消費財及び抗潰瘍処方薬の市場を対象にした実証分析から、市場への参入順位と市場シェアとの間には、次の関係が成り立つことを見出した。

$$\text{後発企業の市場シェア} \div \text{先発企業の市場シェア} = 1 \div \sqrt{\text{市場参入順位}}$$

この式によれば、2位の後発企業のシェアは、1位の先発企業のシェアの約70%と見積もられ、先発企業の優位性が示されている。さらには、最近では、新製品で自社の既存製品を置換するといったカニバリゼーションという現象まで散見されるようになってきている⁶⁾。

そして、新製品開発の必要性が高まってきている第三の理由として、社会的要請が挙げられる。すなわち、近年、企業は、法令遵守や利益貢献のみならず、持続可能な未来社会の実現のための社会貢献(CSR)活動の一環として、例えば、省資源や省エネといった環境配慮型の新製品を開発する社会的意義が高まり始めている。

図表1-1. 業界別ライフサイクル短縮率

業界	ライフサイクル短縮率*(%)
鉄鋼	100.8
自動車	93.3
非鉄・金属	93.0
化学	90.6
機械	90.6
窯業	89.4
情報通信機器	88.0
電子デバイス	87.4
精密機器	83.3
その他電機	82.7
繊維	76.5
食品	72.6
家電	59.9

*ライフサイクル短縮率 = {(主力製品の現在のライフサイクル年数平均値) / (主力製品の5年前のライフサイクル年数平均値)} x 100
出所: 経済産業省(2007)を基に筆者作成

図表1-2. 家庭用LED電球の国内参入企業数と価格帯の推移

時期	参入企業数(社)	価格帯(円/個)
2009年以前	約5	7,000 ~ 8,000
2009年7月	約10	3,000 ~ 4,000
2011年3月	20以上	1,000 ~ 2,000

出所: ジーエフケーマーケティングジャパン発表資料等を基に筆者作成

1-2. 新製品開発の実態

新製品開発の必要性の高まりに応じて、多くの企業が継続的に毎年多額の研究費を費やしている。総務省(2009)の調査によると、2009年における日本の科学技術研究費の総額は約18兆8千億円であり、国民総生産(GDP)に占める割合は3.78%と過去最高を記録した。企業における研究費に目を向けると、研究費全体に対して約74%が開発研究費⁷⁾であり、新製品開発に重点的に資本が継続投下されていることがわかる(図表1-3)。

図表1-3. 企業の開発研究費推移

年度	開発研究費(億円)	研究費全体*に占める割合(%)
1998	78,389	72.6
1999	78,321	73.7
2000	79,236	73.0
2001	84,385	73.9
2002	86,144	74.6
2003	87,625	74.7
2004	88,376	74.6
2005	94,285	74.1
2006	99,509	74.8
2007	101,407	73.5
2008	100,110	73.7

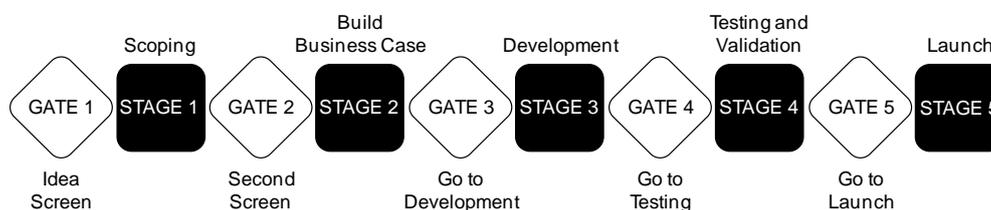
*研究費全体とは、基礎研究費、応用研究費、開発研究費の総額
出所: 総務省(2009)を基に筆者作成

新製品開発とはプロセスである。そのプロセスを管理する最も普及している手法はステージゲート法であろう。ステージゲート法は Cooper(1990)が提唱した手法であり、アイデア創出から上市までの新製品開発プロセスを5つのステージに分割し、各ステージ間にゲートを設け、当該ステージが完了し、次のステージに進むか否かの意思決定を行うためのツールである(図表1-4)。米国の The Product Development and Management Association の調べによると、ステージゲート法の北米における採用率は1995年で44%、2005年で73%に上ると見積もられている⁸⁾。化学メーカーの採用実績を見ても、BASF、ダウケミカル、エクソンモービル、デュポン、3M、三菱化学、三井化学、旭化成、東レ等多くの大手企業がステージゲート法あるいはそれに類似した手法を採用していることが知られている。

それでは、多くの企業が毎年新製品開発に多額の資金を投下し、ステージゲート法等の手法で新製品開発プロセスを進めているが、その成功率はどの程度であろうか。松井(2005)は日本のIT

分野及び機械分野のベンチャー企業 150 社を分析し、成功率は 40%であったと指摘している。一方、日経デジタル・エンジニアリング(2004)の日本企業に対する 139 件のアンケート調査では、成功率は 60%程度と見積もられている。成功率は、その定義や新製品の属性により解釈が異なるため、定量的な数値には議論の余地が多分に残るが、多くの研究で、40～70%程度と算出されており、いずれも決して高い値とは言えない⁹⁾ [Crawford(1977, 1979), Peckham(1981), Cooper(1982), Booz et al.(1982), Edgett et al.(1992), Page(1993), Boulding et al.(1997), Griffin(1997), Kleinschmidt and Cooper(1997), McMath and Forbes(1998), Goldenberg et al.(2001)].

図表1-4. ステージゲート法におけるプロセス



出所: 米国Stage Gate Internationalのホームページを基に筆者作成

1-3. 新製品開発のマネジメント

上述の通り、企業は必要性に迫られ、多額の費用を投下し、ステージゲート法等のプロセス管理手法を活用して新製品開発を推進するにもかかわらず、十分な成功率が得られていない。従って、新製品開発を成功させたためのマネジメントは極めて重要な経営課題と換言できる。

ところで、新製品開発の成功とは、新製品の上市を実現する開発行為としての成功と上市後の経済的な成功の 2 つの成功の両立、すなわち、製品化の成功と事業化の成功の両立をもって定義することができる¹⁰⁾。従って、企業にとっての新製品開発のマネジメントには、製品化マネジメントと事業化マネジメントの 2 種類のマネジメントがあると言えるであろう。製品化マネジメントは、主に企業内部の製品化プロセスに関わるのに対して、事業化マネジメントは、上市後の新製品の市場における競合他社品に対する競争優位性や顧客の価値観といった企業外部の環境因子の影響を多分に受ける事業化プロセスに関わる。

さて、新製品開発に関する研究は、経営学において学際的とも言える性質のため[延岡(2002)], 企業の実務家の多くが興味を示す戦略論の一部に包含された形態で形式的に論じられることが多かった。特に、事業化プロセスに注目し、事業化の成功事例や失敗事例を取り上げ、それらの表面的な分析から成功の必要条件や失敗の原因を抽出する研究がほとんどであったといっても過

言ではない[Rosenzweig(2007)]. 一方、企業内部の製品化プロセスに注目した新製品開発に関する研究は、大別すると、これまで、3つのアプローチで行われてきた。

第一のアプローチは、組織論的アプローチである。例えば、Clark and Fujimoto(1991)は、自動車産業を対象として、日米欧の自動車メーカーの29件の新車開発プロジェクトを詳細に調査し、開発組織タイプが開発パフォーマンスに与える影響を考察した。その結果、総合商品力、開発スピード、開発効率といった開発パフォーマンスは、重量級プロダクトマネージャータイプの開発組織パターンの場合に高いことを示した¹¹⁾。それでは、企業経営者は、新製品開発に際し、重量級プロダクトマネージャーを配置するだけで良いのであろうか。確かに、重量級プロダクトマネージャーは社内の部門間調整や部品サプライヤーといった社外との関係構築の一助になるであろう。しかし、組織改正といった表面的な人事施策のみが新製品開発に有効であるとは到底考えられない。

第二のアプローチは、能力論的アプローチである。例えば、Hamel and Prahalad(1994)は、顧客に対して、競合他社が模倣できない自社特有の価値を提供する、自社の中核的な力をコアコンピタンスと定義し、その重要性を主張している。このコンセプトの知名度が上がるにつれ、企業は自社の強みを系統的に考えるようになった一方で、同時に多くの誤解をした。すなわち、自社の既存の花形事業を選定し、その該当製品に関連する原料、サプライチェーンあるいは市場といった分類を行い、表面的な分析から自社のコアコンピタンスを個別のスキルや技術に帰結させる例が多く見られたと推察される¹²⁾。このような誤解の主原因は、このコンセプトが抽象的すぎる上、その定義が競合他社との相対的な関係をベースにしており、コアコンピタンスを特定するのがそもそも難しかったためと思われる。実際、Hamel and Prahalad(1994)は、コアコンピタンスを見極める難しさを自ら指摘した上で、コアコンピタンスの具体例として、本田技研工業のエンジン技術やソニーの小型化技術といったようなものを例示し、極めて表面的な議論に留まっている。

第三のアプローチは、プロセス論的アプローチである。その代表例は前述のステージゲート法である。しかし、この手法は、新製品開発の継続あるいは中止を判断する、言わば意思決定のためのツールに過ぎない。また、ステージゲート法の拡張的議論として、例えば、Smith and Reinertsen(1991)は、新製品のアイデアやコンセプトの創造を行う不確実性の高い段階をファジーフロントエンド(Fuzzy Front End, 以下 FFE)と呼び¹³⁾、行為としての新製品開発プロセスを区別した上で、最も重要な段階であると主張している¹⁴⁾。その後、いくつかの事例で FFE 段階での振る舞いが事業化の成功率に関係があると報告されている[Cooper and Kleinschmidt(1990), Cooper(1994), Khurana and Rosenthal(1997, 1998)]. しかし、この FFE 段階の議論も新製品開発戦略立案のため

の指針を提示しているに過ぎない。

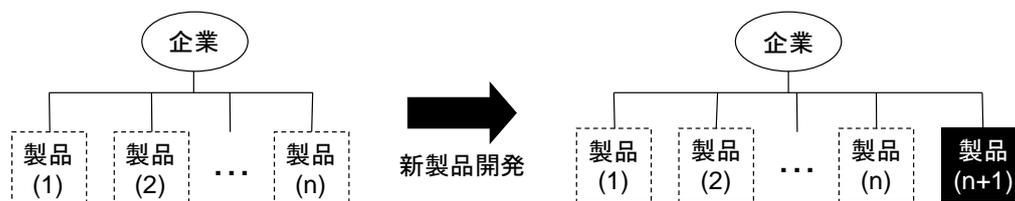
新製品開発は、本質的にはモノづくりであるということを考慮すると、目標とする製品固有の物性を企業固有の技術で具現化するプロセス、と捉えることができる。しかし、従来の組織論的アプローチ、能力論的アプローチやプロセス論的アプローチといった表面的な企業内部の製品化マネジメントに関する研究では、新製品開発に本質的に付随する企業固有の技術についてほとんど言及されてこなかった。あるいは、たとえ技術について触れられていても、技術があたかも一つのパッケージのように取り扱われ、その技術の中味について詳細に分析した上で新製品開発について論じている研究は極めて少ない。

2. 本研究の目的

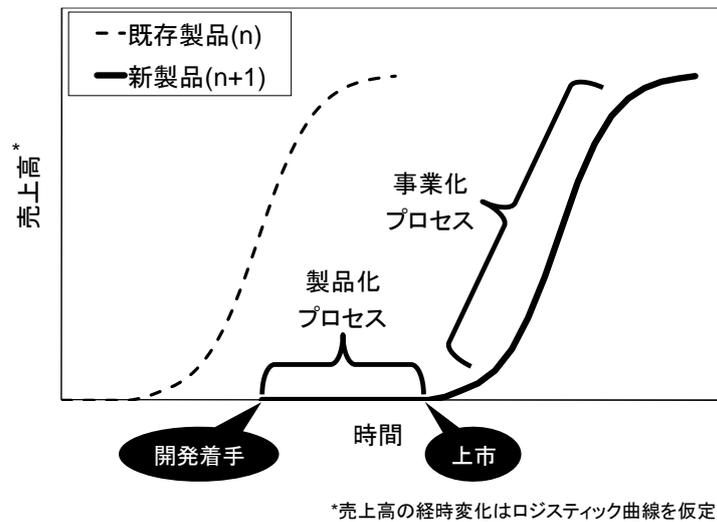
こうした問題意識のもと、本研究では、企業内部の行為としての新製品の製品化プロセスに焦点を当て、詳細な技術レベルまで掘り下げ精査し、従来のアプローチでは見落とされてきた深層の製品化プロセスの構造を明らかにすることを目的とした。

さて、ある企業における新製品開発とは、既存製品群(n)に、物性及び/または技術の異なる新製品(n+1)を製品ラインナップに加えるプロセスと定義できる(図表 1-5)¹⁵⁾。また、時間軸で展開すると図表 1-6 のように表現することも可能である。新製品(n+1)の売上高がゼロでなくなるタイミングを新製品(n+1)の上市と呼ぶことができるが¹⁶⁾、開発着手から上市までの行為を製品化プロセスと、上市後の行為を事業化プロセスと、それぞれ呼ぶことができる。

図表1-5. 新製品開発(製品軸の視点)



図表1-6. 新製品開発(時間軸の視点)



企業は、新製品の製品化プロセスにおいて、過去に実施した既存製品の開発あるいは改良の際に蓄積した既存技術を活用すると同時に、未知の新規技術を何らかの方法で獲得していると仮定することができる。既存技術の活用あるいは新規技術の獲得という観点は、新製品開発を実施する企業の立場から見た観点である。この現象そのものを客観的に捉えた場合、新製品開発における技術の伝播と換言することができるであろう。そこで、移動元から移動先への技術の移動を、本研究では技術伝播と表現する。技術伝播という表現に厳密な定義はないが、新規参入企業による技術のキャッチアップ¹⁷⁾を指すもの[新宅他(2008), 立本(2008)]や、国際貿易や外国直接投資等を通じた発展途上国の技術進歩を指すもの[戸堂(2008), 藤森・佐藤(2011)]等がある。一方、技術伝播と類似の意味を有する表現として技術移転がある。技術移転と技術伝播との使い分けについても様々な見解がある。齊藤(2010)は、技術移転を企業間もしくは企業内の組織間での技術の移動を表し、技術伝播を専門技術者個人間もしくはその集団間での技術の移動を表す、と解釈している。また、技術の移動に際し、技術の供与者が受容者を認識しているか否かで区別する解釈もある[Stewart(1987), Nichols(2009)]。しかし、新製品開発における技術伝播に焦点を当てた本研究では、移動元である既存製品から移動先である新製品へ技術が移動する現象を、技術伝播と解釈する。そして、技術の移動元と移動先をそれぞれ技術供与体と技術受容体と呼び、この移動を促進する媒体を伝播媒体と呼ぶ。さらに、伝播媒体が、新製品開発を実施する企業にとって、同一企業内の組織・個人である場合の技術伝播を内部伝播と表現し、異なる企業の組織・個人である場合の技術伝播を外部伝播と表現する。

ところで、古くから、新製品開発の属性として、テクノロジープッシュ(Technology Push)型とニーズプル(Needs Pull)型の2つがあるとされてきた[Burgelman and Sayles(1987)]. 前者はシーズ(Seeds)型やサイエンスプッシュ(Science Push)型、後者はニーズ(Needs)型やマーケットプル(Market Pull)型とも呼ばれ、二項対立として議論されることも少なくなかった。織畑(2001)は、テクノロジープッシュ型とニーズプル型の融合の視点で捉え、技術革新と市場ニーズの程度で、技術主導型、コンセプト主導型、類似品開発型、ニーズ主導型の4つに細分類した。一方、藤本(2001)は、テクノロジープッシュ型とニーズプル型とを製品化プロセスの違いによるものとして捉え、実際の新製品開発においては、技術機会に関する情報と市場ニーズに関する情報とが相互に影響し合いながら並行的に明確化・具体化(Articulation)していくことが多いことを指摘した。しかし、企業が新製品開発を着手すると意思決定する際、適用する技術が既存であろうと新規であろうと、ターゲットとする用途や顧客が想定されているか否かで新製品開発の属性を大別することは可能と思われる。すなわち、顧客志向(Customer Orientation)か否かで新製品開発を特徴付けることは可能と思われる。そこで、本研究では、ターゲットとする用途や顧客が想定されて実施される新製品開発を「顧客志向の新製品開発」と呼ぶ。

本研究では、顧客志向の代表的な製品とも言える機能性化学品の新製品開発事例を取り上げ、世界市場において圧倒的なシェアを有している特定の日本の機能性化学品メーカーにおける新製品の製品化プロセスを技術レベルで精査することで、企業が、自社にとっての既存技術や新規技術をどのように活用あるいは獲得したかを分析し、顧客志向の新製品開発における技術伝播の構造を明らかにすることを目的とした。

3. 本論文の構成

上記目的のため、以下の各章では次のような展開で顧客志向の新製品開発における技術伝播の構造について論述する。その全体像を図表 1-7 に示す。

まず、第1章である本章では、本研究の研究背景である問題意識及び本研究の目的について説明した。

第2章では、新製品開発に関する先行研究を概観する。これまで新製品開発に関する研究は、戦略論の一部として取り扱われてきた。そこで、まず、戦略論を2つの視点(製品視点・企業視点)と

3つの視野(マクロ視野・メゾ視野・マイクロ視野)の観点で分類した上で、新製品開発に関する先行研究を視点・視野別に概観する。そして、本研究を、先行研究で十分に議論されていない観点である企業視点・マイクロ視野の研究に位置付けていることを示す。

第3章では、通説となっている半導体－液晶産業間における技術伝播について批判的考察を加えることで、マイクロ視野の研究の重要性について強調する。

本論文では、機能性化学品の新製品開発事例を中心に技術伝播の構造を考察している。そこで、第4章では、本研究の方法としての事例研究について述べる。続いて、研究対象として選定した事例及び各事例が関連する産業や技術を簡単に説明する。

第5章では、筆者が開発に直接的に関わった三井化学¹⁸⁾のダイアタッチフィルムの開発を取り上げ、筆者の経験的事実を基に、新製品の製品化プロセスにおいて既存技術や新規技術をどのように活用あるいは獲得したかを史的に分析する。そして、この経験的事実から技術伝播に関する仮説を導出し、さらに、技術伝播の概念的フレームワークを考案する。具体的には、部材調達に関わる能力を部材調達能力と、製造に関わる能力を製造能力と、製品評価に関わる能力を製品評価能力と、それぞれ定義し、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』という技術伝播に関する仮説を導出する。そして、技術供与体である既存製品と技術受容体である新製品との間で3つの能力が伝播する構造を図式化した技術伝播の概念的フレームワークを考案する。

第6章では、第5章で導出した仮説を検証するために、三井化学の半導体用表面保護テープ開発の事例とJSR¹⁹⁾のフォトレジスト開発の事例を取り上げ、その技術伝播の構造を概念的フレームワークを用いて考察する。

第7章では、本研究で取り上げた新製品開発事例の技術伝播の構造をまとめ、そこに含意される新製品開発の製品化マネジメントに対する実践的示唆について議論する。また、将来の研究課題についても言及する。

図表1-7. 本論文の構成

章	章題	内容
第1章	序論	研究背景である問題意識及び本研究の目的を説明する。
第2章	先行研究	新製品開発に関する先行研究を概観し、本研究の位置付けを示す。
第3章	マイクロ視野の研究の重要性	通説となっている半導体－液晶産業間における技術伝播について批判的考察を加えることで、マイクロ視野の研究の重要性について強調する。
第4章	研究方法	事例研究の方法について述べた後、本論文で取り扱う事例の選定背景を説明する。
第5章	技術伝播の概念的フレームワークの考案	筆者が開発に直接的に関わった三井化学のダイアタッチフィルム開発を史的に分析するとともに、その経験的事実を基に、機能性化学品の新製品開発における技術伝播に関する仮説を導出し、技術伝播の概念的フレームワークを考案する。
第6章	新製品開発における技術伝播の構造考察	第5章で導出した仮説を検証するために、三井化学の半導体用表面保護テープ開発の事例とJSRのフォトレジスト開発の事例を分析し技術伝播の構造を考察する。
第7章	結論	本研究のまとめを行い、そこに含意される新製品開発のマネジメントに対する実践的示唆について議論を行う。また、今後の研究課題についても言及する。

【注】

- 1) 本研究では、新しい製品の開発行為を、新製品開発という単語で統一する。第一の理由は、新製品開発と製品開発は通常同義で用いられるが、既存製品の開発というものが原則ないためである。なお、英語では、通常、New Product Developmentと表現され、NPDと略されたりもする。第二の理由に、新商品開発という表現もあるが、企業-消費者間取引(Business-to-Consumer, B2C)向けの開発をイメージするため、企業間取引(Business-to-Business, B2B)向けの開発を主に扱った本研究では新製品開発という単語が適当と考えたためである。
- 2) 「ジリジリと貧しくなる」の略語。もともとは第一次世界大戦後、不況のため業績が悪化していく企業の様子を指して使われた俗語。
- 3) Drucker(1993)は、ポスト資本主義社会として、知識が最大の資源となる知識社会が到来しつつあることを指摘した。
- 4) 頻繁にバージョンアップする製品として、米国 Apple が開発する iPhone や iPad を例示することができる。
- 5) 例えば、新宅他(2008)は、製品アーキテクチャや工程アーキテクチャのモジュラー化が、先発国から後発国への技術伝播を促し、後発国のキャッチアップを加速させたと主張している。
- 6) 例えば、ビールメーカーによる発泡酒の開発は、自社のビール市場を脅かすカニバリゼーショ

現象の典型例である。

7) 開発研究とは、基礎研究、応用研究、及び実際の経験から得た知識の利用であり、新しい材料、装置、製品、システム、工程等の導入または既存のこれらのものの改良をねらいとする研究、と定義されている[総務省(2009)].

8) Stage-Gate International の 2007 年 3 月 13 日ニュース内に記載されている採用率。

9) 40～70%の成功率を高いか低いかという解釈は、企業経営者にとって、企業規模や研究開発費に応じて、様々かもしれない。しかし、企業経営者が新製品開発に着手する際、失敗を前提にせず成功(成功率 100%)を目標とすることを考慮すると、40～70%の成功率は決して高い値とは言えないと思われる。例えば、第 6 章で取り上げる JSR の 1977 年に開発着手されたフォトレジスト新製品(JSR 製品シリーズ名 CIR)の研究開発費用は、開発着手時に 3 億 4000 万円と設定されたが、1977 年度の JSR におけるフォトレジストの売上高がわずか 480 万円であったことを勘案すると、チャレンジングな意思決定であったと言える[JSR(2008)/pp.208~209]。このような投資において、企業経営者は、40～70%の成功率を事前的に目指すとは考えにくく、また、事後的にも決して高い値とは言えないと考えられると思われる。

10) 例えば、Marsh and Stock(2003)は、新製品開発の成果として、製品化が実現されるプロジェクトレベルの成果、当該製品が売れ業績に貢献する製品レベルの成果、当該製品の開発が企業の持続的競争優位につながる企業レベルの成果、の 3 つのレベルに分類しているが、本研究では、プロジェクトレベルの成果が得られるプロセスに注目する。

11) 彼らは開発組織パターンとして、機能別組織、軽量級プロダクトマネージャー、重量級プロダクトマネージャー、プロジェクト実行チームの 4 タイプに分類した[Clark and Fujimoto(1991)].

12) 例えば、Central Penn Business Journal の 2010 年 5 月 21 日記事の Randall, R. Core competence - a powerful but misunderstood business tool を参照。

13) FFE 段階に相当する行為を、Cooper(1988)は Pre-development activities と、Verganti(1997)は Pre-project activities と、それぞれ呼んでいるが、その本質に大きな違いはない。

14) FFE 段階はステージゲート法におけるステージ 2 以前のステージに相当するとみなせる。

15) 新製品の定義・解釈は様々ある[米谷(1997)]. Wasson(1960)は、新製品を買い手が新しいと知覚する製品と解釈したが、本研究では、売り手が新しいと知覚する製品と定義する。すなわち、既存製品との違いは、物性及び/または技術の違いと解釈し、売り手視点の見方で新製品を捉える。

16) 新製品開発期間内に開発品を顧客に有償で供試する場合、上市前に売上高がゼロでなくなるが、ここでは無視する。

17) キャッチアップ(Catch Up)とは、遅れを取り戻し、追いつき、追い上げることと定義されている[湯(2006)]。

18) 三井化学は、1997年に三井東圧化学と三井石油化学工業とが合併して設立された総合化学メーカーである。本研究で取り上げる事例において、1997年以前の内容について記述し分析する場合、正確には合併前の前身会社名を使用すべきであるが、その使い分けに本質的な意味がないと見なせる場合に限り、本研究では、便宜上、三井化学という会社名を統一して使用する。

19) JSRは、1997年に日本合成ゴムが社名変更した化学メーカーである。上記と同理由により、本研究では、JSRという会社名を統一して使用する。

第 2 章 先行研究

Schumpeter(1926)は、生産を、我々が利用しうる色々な物や力を結合すること、と定義した上で、新結合の遂行が経済発展を促進すると述べ、そして、新結合の遂行こそが企業の本質的な機能と位置付けた。また、Forrester(1958)は、製品には 4 つのステージから構成されるライフサイクルが存在し、導入期(Introduction)、成長期(Growth)、成熟期(Maturity)に続き、衰退期(Decline)があると主張し、どんな製品も衰退が避けられないことを示した。これらは、新製品開発が企業にとって経済的な意義を持つと同時に不可欠な行為であることを暗に示している。そして、近年、利益重視型の企業経営が強く求められ、利益の源泉として[延岡(2002)]、また、同時に、市場での競争優位性確保のため[恩蔵(1991)]、企業にとって新製品開発の重要性がますます高まってきている。

しかし、新製品開発に関する学問体系は十分に構築されていないのが現状である[延岡(2002)]。その背景には、新製品開発が企業経営戦略上の一つの方策にすぎないと見られていることが挙げられよう。例えば、Porter(1980)は、競争優位性確保のための基本戦略(Generic Strategies)として、市場細分化(Segmentation)戦略、コストリーダーシップ(Cost Leadership)戦略、差別化(Differentiation)戦略の 3 つの戦略を提唱したが、いずれの戦略を遂行するにしても、新製品開発は一つの方策となり得るのである。そのため、経営学という学問上のみならず企業の実務家にとっても、ともすれば、新製品開発に関する研究は、企業経営戦略論に比べて重要度の低いテーマと見なされてきた観がある。しかし、市場における売り手間のバランスは新製品導入というストレスに敏感であるため、実のところ、企業にとって、企業経営戦略と同等、あるいはそれ以上に重要なのである。もし、自社、競合他社ともに自身の製品を全く変えなければ、顧客にとっての価値は不変となり、その市場は静的なものになろう。しかし、実際の市場は動的である。なぜなら、競合他社がより効用の高い新製品を市場に導入することにより顧客にとっての自社の価値が相対的に低下するかもしれないし、顧客が現製品の市場に属さない代替製品を見出すことにより市場そのものが縮小するかもしれないからである。さらに、そのようなゲーム理論的環境では、自社はなかば盲目的に新たな価値を付与した新製品を開発する動機を持つことになり、それがさらに市場を動的なものに誘導する。従って、新製品開発に関する研究は、経営学の実践的意味において、実は重要度の高いテーマであると思われる。

しかし、新製品開発に関する研究は、経営学において学際的とも言える性質のため[延岡(2002)]、

企業の実務家の多くが興味を示す戦略論の一部に包含された形態で形式的に論じられるか、あるいは、経営学者や経営コンサルタントによりプロセスや行為に関する記述からなる個別研究対象として取り扱われ、いずれにせよ、企業が有する技術や知識に言及した本質的な議論はほとんどされてこなかった。

第1章で述べたように、本研究は、企業内部の行為としての新製品の製品化プロセスに焦点を当て、詳細な技術レベルまで掘り下げ精査し、従来の組織論、能力論、プロセス論等では見落とされてきた深層の製品化プロセスの構造を考察することを特徴としている。

そこで、本章では、まず、この特徴を明示するために、先行研究を、視点・視野別に分類する。製品と企業とに分ける視点別の分類法は、従来からポジショニングアプローチと資源ベース論¹⁾とに分けられてきた最も支配的な分類法であり、いわば、現在最も一般的な分類と言える。この視点別分類法に加え、本章では、先行研究をより詳細に整理するために、3つの視野(マクロ視野・メゾ視野・マイクロ視野)からなる視野別分類法と呼ぶ新たな分類軸を導入する。そして、新製品開発に関する先行研究に、マイクロ視野の研究が少ないことを指摘した上で、本研究が、企業視点・マイクロ視野の研究に位置付けられる研究であることを示す。

1. 新製品開発に関する研究における視点と視野

新製品開発に関する研究を包含する戦略論は、分析型戦略論とプロセス型戦略論の大きく2つに分類されてきた[奥村(1989), Rumelt et al.(1994)]. 分析型戦略論は、戦略立案に際して、環境が分析可能であることを前提とした戦略論であるのに対して、プロセス型戦略論は、戦略を一連の意思決定や行為のパターンとして捉え、そのプロセスに焦点を当てていることを特徴とする戦略論である。分析型戦略論の基本パラダイムが、静的な内・外部環境に対する合理的適合であり、動的な環境変化に対する創造的行為が無視されている点を取り上げると、プロセス型戦略論と分析型戦略論とは異なるとする分類法にも一理あると考えられる。さらに、戦略とは「何」を「どのように」するかを規定するものであるため、戦略論にコンテンツ的アプローチといえる分析型戦略論とプロセス的アプローチといえるプロセス型戦略論があるとするのは不自然ではない。しかし、実のところ、戦略コンテンツと戦略プロセスとは不可分の関係にある。すなわち、プロセスを考慮せずにコンテンツを決定することはできず、また、コンテンツを無視したプロセスもあり得ないのである。従って、コンテ

ントとプロセスを分離することで分類する分析型戦略論とプロセス型戦略論の二分法は現実的ではない[Schendel(1992)].

近年、最も支配的な戦略論の分類法は、外部環境に視点を置いたポジショニングアプローチと、内部環境に視点を置いた資源ベース論の2つのアプローチに分類するものである[井本(2006), 丹羽(2006)]. ポジショニングアプローチは、外的要因アプローチ(External Approach)とも呼ばれ、企業の競争優位性の決定要因は外部環境(市場)にあるとするものとされる。すなわち、市場における自社製品のポジションが良いから企業の競争優位性を獲得あるいは維持できるという視点である。一方、企業を資源の集合体とみなした戦略論が資源ベース論である。資源ベース論は、内的要因アプローチ(Internal Approach)とも呼ばれ、企業の競争優位性の決定要因は内部環境(企業)にあるとするものとされる。すなわち、企業が有する資源や能力が優れているから企業の競争優位性を獲得あるいは維持できるという視点である。この分類法が注目されたきっかけは、Wernerfelt(1984)が「A Resource-based View of the Firm」というタイトルの論文を発表してからであり、次のような記述がある。

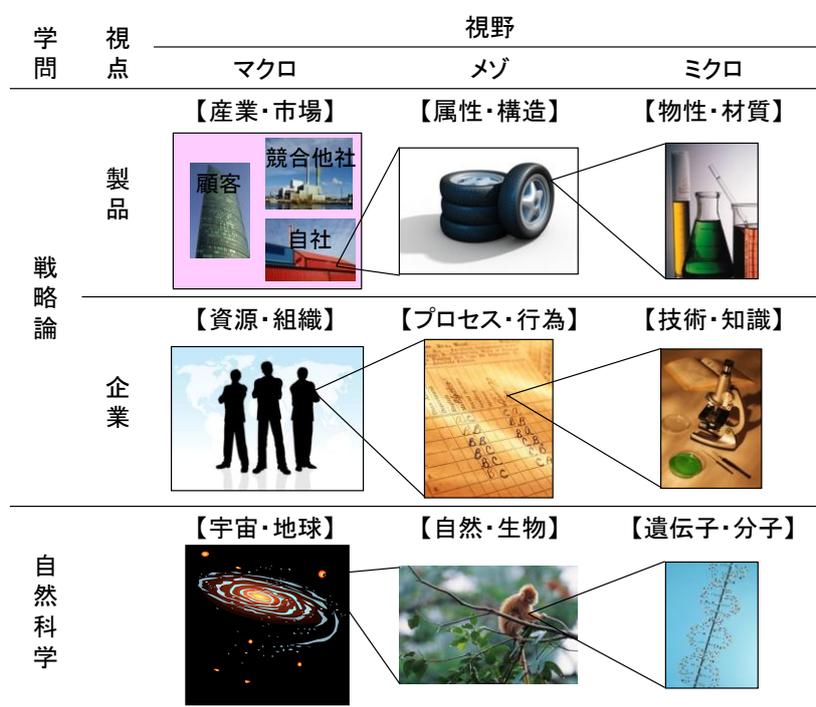
企業にとって、資源と製品は同一コインの裏と表である。多くの製品は諸資源を必要とし、多くの資源は諸製品で利用される²⁾。

この記述において、「製品」はポジショニングアプローチにおける自社製品の外面的優位性を、「資源」は資源ベース論における企業の内面的能力を、それぞれ彷彿させ、そして、それらは不可分な関係であることが含意されている。すなわち、自社製品の外面的優位性が企業の内面的能力を基盤にしていることを暗示している。従って、外部環境に視点を置いたポジショニングアプローチと、内部環境に視点を置いた資源ベース論は、それぞれ、製品視点と、企業視点といった視点別の分類と換言することができる。

ところで、自然科学は、自然現象を研究対象とした学問体系であり、研究対象の視野の違いにより、マクロな宇宙科学から、地学、生物学、化学、ミクロな素粒子物理学といった具合に分類可能である。そこで、新製品開発を含む戦略論を、製品視点と企業視点の視点別分類の他に、視野別分類を加えて、改めて見直したものを**図表2-1**に示す³⁾。便宜上、マクロ視野(Macroscopic)、メゾ視野(Mesoscopic)、ミクロ視野(Microscopic)の3つに視野を考えると、製品視点において、産業・市場内における自社製品の相対的立場に着目する研究はマクロ視野、自社製品の属性・構造に言及す

る研究はメゾ視野、自社製品の物性・材質にまで掘り下げて議論する研究はマイクロ視野、とそれぞれ分類可能であろう。また、同様に、企業視点において、企業内部の資源・組織に着目する研究はマクロ視野、組織が実行するプロセス・行為に言及する研究はメゾ視野、組織が保有する技術や知識にまで掘り下げて議論する研究はマイクロ視野、とそれぞれ分類可能であろう。研究の視点と視野で分類する方法を、視点・視野別分類法と呼び、既存の代表的な理論やコンセプトをこの分類法で分類した結果を図表 2-2 に例示する。以下、新製品開発に関する先行研究を視点・視野別に概観する。

図表2-1. 視点・視野別分類法



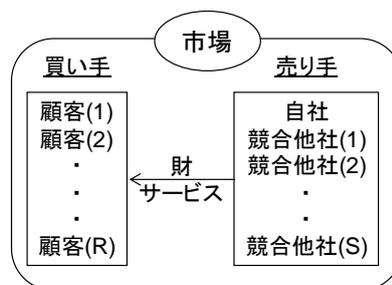
図表2-2. 視点・視野別分類法による既存理論・コンセプトの分類例

視点	視野		
	マクロ	メゾ	マイクロ
製品	【産業・市場】 - ポジショニングアップ ローチ - 製品ライフサイクル理論 - ドミナントデザイン	【属性・構造】 - 製品アーキテクチャ論 - プラットフォームリーダーシップ	【物性・材質】 - 技術限界
	企業	【資源・組織】 - 資源ベース論 - コアコンピタンス - ダイナミックケイパビリティ	【プロセス・行為】 - 創発戦略 - ステージゲート法

1-1. 製品視点・マクロ視野の研究

市場とは、特定の製品を扱う買い手と売り手の集まり、と定義することができる⁴⁾。売り手の1社である自社から見ると、市場は、自社、自社以外の売り手である複数の競合他社、買い手である複数の顧客の、3種類の行為者の集合体と言える(図表2-3)。市場において、自社及び競合他社は、製品を通じて、顧客に価値(効用)を提供する。顧客にとっての価値は多様である。ある顧客は製品の品質に価値を見出すかもしれないし、ある顧客はそのデザインあるいは利便性に、ある顧客は短納期を可能にする売り手との地理的距離に、またある顧客は売り手との社会的関係や人的関係に価値を見出すかもしれない。しかし、いずれにせよ、顧客にとっての価値は、絶対的な指標に基づくものではなく、複数の売り手間での比較で見出される相対的なものである⁵⁾。すなわち、買い手である顧客にとっての自社の価値は、他の売り手である競合他社との関係で決まる。従って、直接的であろうと間接的であろうと、あるいは、顕在的であろうと潜在的であろうと、製品を通じて、競合他社よりも多くの価値を顧客に提供する売り手が、結果として、その市場における高いシェアを獲得することになる。そして、顧客にとっての自社の価値は、競合他社に対する自社の競争優位性と換言でき、その競争優位性とは、市場における自社製品の競合他社製品に対する相対的価値の順位と見ることができる。

図表2-3. 市場のプレイヤー



*R, S: 1以上の整数
ただし、競合他社が存在しない場合もある

市場における自社製品の競争優位性を獲得あるいは維持するための戦略として、Smith(1956)は、戦略には、自社製品に注目した製品差別化(Product Differentiation)と、ターゲットとする市場に注目した市場細分化(Market Segmentation)の、2つの基本戦略があると主張した。Ansoff(1957)は、製品と市場をそれぞれ既存(Existing)と新規(New)に分類した概念的フレームワークを考案し、分類に応じた4つの成長戦略(Growth Strategies)を提唱した。すなわち、既存製品の既存市場での

市場浸透(Market Penetration)戦略, 既存製品の市場での市場開発(Market Development)戦略, 新製品の既存市場での製品開発(Product Development)戦略, 新製品の市場での多角化(Diversification)戦略, の4つの戦略を示した。また, 同時期に, Borden(1957)がマーケティングミックス(Marketing Mix)という概念を発表し, その後, McCarthy(1964)は, このマーケティングミックスの要素は4つのPに分類できると主張した。4つのPとは, Product(製品), Price(価格), Promotion(宣伝), Place(流通)を指し, これら4つの要素の組み合わせで売れる仕組みが作れるとした。Henderson(1970)は, PPM(Product Portfolio Management)分析と呼ぶ概念的フレームワークを考案した。この分析手法は, 自社の製品を, 市場成長率の高低と市場シェアの高低の2軸で4つの領域に分類し, 主に経営資源の配分が最も効率的かつ効果的となる製品の組み合わせを決定するために現在でも多くの企業で利用されている。市場成長率も市場シェアも高い事業を花形(Star), 市場成長率が高く市場シェアの低い事業を問題児(Problem Child), 市場成長率が低く市場シェアの高い事業を金のなる木(Cash Cow), 市場成長率も市場シェアも低い事業を負け犬(Dog)と呼び, 経営資源配分決定の際の指標を与える。しかし, この分析手法は, 企業の既存製品を分類することはできても, 製品ライフサイクルが始まっていないような未知の新製品を分類することができないという欠点を有している。ところで, Hofer and Schendel(1978)は, 戦略を, 全社戦略(Corporate Strategy), 事業戦略(Business Strategy), 機能別戦略(Functional Strategy)の3つの階層に分けたが, その階層の中の事業戦略に注目し, Porter(1980)は, 製品を低コスト(Low Cost)と差別化(Product Uniqueness)とに, 市場を広範囲(Broad)と狭範囲(Narrow)とに, それぞれ分類し, その分類に応じた基本戦略を提唱した。すなわち, 狭範囲市場における市場細分化戦略, 低コスト製品の広範囲市場におけるコストリーダーシップ戦略, 差別化製品の広範囲市場における差別化戦略, の3つの戦略を示した。また, 外部環境に存在する5つの競争要因が企業の競争優位性に影響を与えるとした。すなわち, 新規参入の脅威(Threat of New Entrants), 既存企業間の敵対関係の強さ(Intensity of Rivalry Among Existing Firms), 売り手の交渉力(Bargaining Power of Suppliers), 買い手の交渉力(Bargaining Power of Customers), 代替品の脅威(Threat of Substitute Products), の5つの競争要因分析の必要性を主張した。しかし, この概念的フレームワークは, 産業構造と収益性との関係が不確実であること, また, 企業・製品を質点として取り扱っているため, 同一産業・市場内の企業間の収益性の差異を説明できないという批判を受けた [Jacobson(1988), Barney(1991), Rumelt(1984, 1991), Nelson(1991)].

以上のように, 製品と市場という2つの軸を基盤にしたポジショニングアプローチと総称される研

究はこれまで数多く発表されてきた。一方、製品の市場におけるポジションを時間軸で議論した研究もある。その代表例として、製品ライフサイクル理論が挙げられる。製品には4つのステージから構成されるライフサイクルが存在し、導入期、成長期、成熟期に続き、衰退期があるとされ、製品のライフステージに対応した戦略が必要とされた[Forrester(1958), Patton(1959), Levitt(1965)]。伝統的な製品ライフサイクルカーブは釣鐘型曲線と仮定されたが、後の多くの実証研究から、カーブの形状は釣鐘型ばかりでなく多岐にわたること[Cox(1967), Tellis and Crawford(1981)],あるいはライフサイクルそのものを否定する研究も発表された[Dhalla and Yuspeh(1976), Wood(1990)]。しかし、現在、製品ライフサイクル理論は、ライフサイクルの長さや挙動がその製品が属する産業によって違いがあることを踏まえた上で、企業における戦略分析ツールとして広く活用されている。また、成熟期や衰退期においてさえも、価値のある戦略を策定できることが示されている[Kim and Mauborgne(2005), Moore(2005), 恩蔵(2007)]。

製品ライフサイクル理論と同様に時間軸に重点を置いた製品視点・マクロ視野の戦略論に分類できるコンセプトとして、ドミナントデザイン(Dominant Product Design)がある[Abernathy and Utterback(1978), Utterback(1994)]。製品ライフサイクル理論が製品の売上の経時変化をベースに議論していたのに対して、ドミナントデザインでは、製品デザインの標準化に至るまでの経過に着目している[上田(2006), Yoo(2010)]。Utterback(1994)は、様々な産業における企業数の経時推移を分析し、プロダクトイノベーションの結果としてのドミナントデザインが市場を支配するのを機に、プロセスイノベーションが盛んになり、その後、市場のプレーヤーが減少すると主張した。

製品視点・マクロ視野の研究は、産業・市場内での企業間競争やイノベーションの原理について記述した経営学の中でも最も伝統的な研究と言え、企業が開発した新製品あるいはそのアイデアの産業・市場内での相対的立場を把握する一助となる。しかし、これら研究では、新製品は、あくまでも単なる質点として取り扱われる傾向があり、具体的に新製品開発をどのように進めるべきかといった実践的示唆を実務家に与えるものではなかった。

1-2. 製品視点・メゾ視野の研究

すべての製品には、固有の製品属性や構造がある。このような製品固有の性質に焦点を置いた研究を、製品視点・メゾ視野の研究と呼ぶと、その代表的な研究として、製品アーキテクチャ論を挙げることができる。経営学における製品アーキテクチャ論の源泉は、Henderson and Clark(1990)にあるとされる[佐伯(2008)]。イノベーションのタイプには、インクリメンタルイノベーション、ラディカル

イノベーションとその中間のセミラディカルに分類できるとされてきたが[Meyer and Roberts(1986), Tushman and Anderson(1986)], Henderson and Clark(1990)は、そのような分類では説明できない事例の存在を指摘した。すなわち、既存技術の延長上のインクリメンタルな競争にもかかわらず、競争力が著しく低下するラディカルな現象が、1970年代半ばの Xerox と 1980年代半ばの RCA に見られたことを取り上げ、製品デザインのコアコンセプト(Core Concepts)を横軸に、そのコアコンセプトを具現化する部品とコアコンセプトの関係性(Linkages between Core Concepts and Components)を縦軸としたマトリックスを図示し、アーキテクチャルイノベーション(Architectural Innovation)とモジュラーイノベーション(Modular Innovation)というコンセプトを新たに提唱した。そして、例えば、市場で支配的な立場にある競合他社に対して、競合他社が有する構成部品の強い競争力に正面から立ち向かわなくとも、構成部品のアーキテクチャを変化させるアーキテクチャルイノベーションで十分に競争が可能であることを示した。Ulrich(1995)は、製品アーキテクチャを、製品の機能を製品の構造部分に配分する基本設計思想と定義し、機能と構造部分との対応関係が、一対一の場合をモジュラー型(Modular)、多対多の場合をインテグラル型(Integral)のアーキテクチャと呼んだ。Sanchez and Mahoney(1996)は、モジュラー型の製品アーキテクチャが新製品開発の効率化や柔軟性を生み出すと主張した。また、Baldwin and Clark(2000)は、IBM システム 360 の開発におけるモジュラー化のメカニズムとそれが産業構造に与える影響について研究し、モジュラー化の進展により、分権的な意思決定が可能になり、ある特定の構成要素に特化した企業群からなる産業クラスターの形成が誘因されると論じた。新宅他(2008)は、半導体、液晶パネルといった先端技術が求められる産業で、先行した日本が、韓国、台湾、中国等の新興国企業に急速にキャッチアップされたのに対して、自動車等の成熟した技術の産業、液晶用の部材や製造装置では、そのような動きが見られないことに注目し、製品アーキテクチャ論の観点で分析した。そして、技術伝播の速度とモジュラー化との関係を論じた。製品アーキテクチャ論の発展的考察として、Gawer and Cusumano(2002)は、製品アーキテクチャのプラットフォームとなる部分を自社の事業範囲とし、補完製品を生産する補完企業に対してリーダーシップを発揮し、自社の競争優位性を高めるプラットフォームリーダーシップ(Platform Leadership)戦略を提唱した。一方、武石・青島(2002)は、それまでモジュラー型であった自転車設計において、シマノがインテグラル型製品の開発を行うことで競争優位性を構築したと主張した。また、藤本(2002)は、モジュラー型かインテグラル型かを区別する概念的指標をモジュラー/インテグラルアーキテクチャ度と呼び、自社製品のモジュラー/インテグラルアーキテクチャ度と顧客製品のモジュラー/インテグラルアーキテクチャ度の 2 軸のマトリク

スからなる分類法を基に、アーキテクチャ度の違いで戦略を立案するアーキテクチャのポートフォリオ戦略を提唱した。しかし、実際の製品において、純粋なモジュラー型製品やインテグラル型製品は存在せず、モジュラー/インテグラルアーキテクチャ度という概念的指標を定量化するのは極めて困難である。そのため、藤本・延岡(2004)は、インテグラル型の製品アーキテクチャには統合能力が、モジュラー型の製品アーキテクチャには選択能力が、それぞれ相性が良く、日本の競争力の源泉となる能力は統合能力である、と主張したものの、これらの主張をサポートする学術的論理性は強固とは言えない。また、大鹿・藤本(2006)は、33社の254品目のモジュラー/インテグラルアーキテクチャ度の定量化を試みているが、定量化のベースとなるデータは、アンケート調査結果から取得しており、製品間で客観的に比較可能な真に定量的な結果が得られるとは考えにくい。実際、この研究では、炭酸飲料がモジュラー型製品で、炭素繊維がインテグラル型製品とされており、機能と構造部分との対応関係である製品アーキテクチャという定義を正しく理解し、考察した結果とは到底思えない。このようなこともあり、ある製品をモジュラー型製品と見るかインテグラル型製品と見るかについて議論に混乱が生じることは少なくなった[金井(2010)]。製品アーキテクチャの正確な分析及びそれを基にした戦略立案には、製品の物性や材質といった基本構成要素まで掘り下げたよりミクロな視野の議論が必要と考えられる。

1-3. 製品視点・ミクロ視野の研究

経営学において、製品の物性や材質といった自然科学的知見にまで掘り下げ議論している製品視点・ミクロ視野の研究は、極めて少ない。

藤村(2000, 2002)は、技術限界というコンセプトを提唱し、技術には、科学知見の有効性の限界である物理限界、技術の限界である装置限界、その技術を実践する際の限界である実行限界の3つの階層があるとした。そして、この技術限界からなるパフォーマンス分布図を概念的フレームワークとして、半導体製品の性質まで掘り下げた考察を行い、日本の半導体産業の競争力低下について論じた[藤村(2000)]。また、中馬は、半導体製造プロセスの1つであるフォトリソグラフィ工程で使用される装置の製品仕様を詳細に調査し、製品アーキテクチャ論にミクロ視野を導入した議論を展開した[Chuma(2005, 2006)]。同じく、中馬は、1990年代に日本の半導体メーカーが半導体技術の複雑性に追従できなかった理由を、半導体製品の詳細な性質まで掘り下げて論じた[Chuma(2008)]。

ところで、製品の物性・材質は、物理限界で規定されるのではなく、装置限界や実行限界を含む

技術限界が反映されたものになるはずである。なぜなら、製品は、自然物ではなく、人工物であり、開発に関わった組織や開発者の技術や知識と究極的には不可分と考えられるからである。Orlikowski(1992)は、技術と組織とが相互依存の関係にあることを論じたが、製品の物性と企業の技術も相互依存の関係にあるものと思われる。従って、製品の物性・材質まで掘り下げた製品視点・マイクロ視野の研究は、自ずと企業の技術・知識まで掘り下げた企業視点・マイクロ視野の研究と同質化していくものと推察される。

1-4. 企業視点・マクロ視野の研究

製品、市場、時間といった軸を基盤にした製品視点・マクロ視野の代表的な研究であるポジショニングアプローチに対して、製品を製造するのは企業である点に着目し、企業内部の資源や組織に焦点を当てた企業視点・マクロ視野の研究も数多くある。最も伝統的な概念的フレームワークはSWOT分析であろう。SWOT分析の特徴は、自社が有する強み(Strengths)と弱み(Weakness)といった内部の能力に関わる分析と、自社が置かれている機会(Opportunities)と脅威(Threats)といった外部の環境に関わる分析とから構成され、内・外両面から自社を分析することにある。SWOT分析の起源は、次のような記述のある Learned et al.(1965)の研究まで遡るとされる [Shaw and Goodrich(2005)].

戦略立案における主要行為は、(1) 自社が置かれている環境の機会と脅威の認識と、(2) 自社の強みと弱みの評価、である⁶⁾。

SWOT分析は、その起源が古いことから現在では古典的な分析手法と見られているが、自社の競争優位性を決定する内・外両面の基本的要素を明示したという点で、先駆的な手法と評価することができる。すなわち、この分析手法は、自社の競争優位性が外面的優位性と内面的能力の2つの大きな基本的要素で決定されることを含意している。しかし、このSWOT分析で使われる企業の内面的能力は、競合他社に対する強さと弱さという漠然とした指標であり、実際には厳密な分類が困難、あるいは分析者恣意的になる、という批判を受けている [Valentin(2005), Grant(2007)].

企業視点・マクロ視野の研究で最も代表的な理論は、資源ベース論である [Barney(1991), Mahoney and Pandian(1992), Peteraf(1993), Collis and Montgomery(1995, 1997)]. 産業・市場内の製品の立場を議論するポジショニングアプローチを代表とする製品視点・マクロ視野の研究で

は、企業は単なる質点として扱われる傾向があったが、資源ベース論では、企業を資源の集合体とみなして議論することが特徴である。資源ベース論の源泉は Penrose(1959)にあるとされ、従来の経済学では単なる生産量と見なされていた企業像を大きく変えた[岩谷(2002), Kor and Mahoney(2004)]. 特に、企業の内側にある資源について強調し、企業を管理組織であると同時に生産的リソースの集合体であるというダイナミックな企業像を提唱した[岩谷(2008)]. Burns and Stalker(1961)は、英国のエレクトロニクス企業 15 社の事例研究から、安定的で予測可能な環境では、機械的な組織形態(官僚制)が適合的であり、不安定で予測不可能な環境では、有機的な組織形態(非官僚制)が適合的であることを示した。Chandler(1962)は、1920 年代の GM, デュポン等の経営の変遷を史的に考察し、垂直統合戦略のもとでは必然ともいえた職能別組織(Unitary form, U form)が、当時の戦略的なニーズから、多角化戦略に適合した事業部制(Multidivisional form, M form)が採用されていく過程を示し、「組織は戦略に従う(Structure follows strategy.)」という結論に達した[安部(2004)]. Myers and Marquis(1969)は、様々な産業の多くのイノベーションを統計的に分析し、アイデア創出には外部情報が、問題解決には内部情報が、それぞれ貢献することを示した。Allen(1979)は、研究開発組織内には、組織内の誰とでも接触している人間がいることを見出し、これをゲートキーパー(Gatekeeper)と呼んだ。そして、ゲートキーパーが開発パフォーマンスに影響することが示された[Katz and Tushman(1981), Klobas and McGill(1995)]. また、プロジェクト SAPPHO(Scientific Activity Predictor from Patterns of Heuristic Origins)[Rothwell et al.(1974), 佐藤(1985)], プロジェクト NewProd[Cooper(1979)], スタンフォードイノベーションプロジェクト[Maidique and Zirger(1984)]といった大規模な研究からは、新製品開発の一般的な成功要因が抽出された。しかし、新製品開発の成否の尺度がまちまちであり、研究間での比較ができないという問題が指摘されている[Griffin and Page(1993), 米谷(2002), 湯沢(2009)]. Hippel(1977, 1988)は、ユーザー主導のイノベーションがあることを示した上で、将来のニーズにいち早く直面し解決することで利益を得ることが見込まれるユーザーをリードユーザー(Lead Users)と定義し、新製品開発を進める際にこのリードユーザーを特定し分析することが重要であることを指摘した。ユーザーの役割について論じた研究[Parkinson(1982), Voss(1985), Luthje et al.(2005), Baldwin et al.(2006)]の他に、サプライヤーとの関係の重要性に注目した研究も多数ある[Clark(1989), Brown and Eisenhardt(1995), Eisenhardt and Tabrizi(1995), Hartley et al.(1997), Ragatz et al.(1997), Gupta and Souder(1998), McGinnis and Vallopra(1999), Wasti and Liker(1999), Corswant and Fredriksson(2002), Primo and Amundson(2002), Sobrero and Roberts(2002), Wagner(2003),

Gerwin(2006), Wagner and Hoegl(2006)]. Clark and Fujimoto(1991)は、自動車産業を対象として、日米欧の自動車メーカーの 29 件の新車開発プロジェクトを詳細に調査し、開発組織タイプが開発パフォーマンスに与える影響を考察した。その結果、総合商品力、開発スピード、開発効率といった開発パフォーマンスは、重量級プロダクトマネージャータイプの開発組織パターンの場合に高いことを示した。しかし、ここでの重量級プロダクトマネージャーの役割は、広範囲の意思決定権であり、組織能力との関係については、不明瞭であった。長沢・木野(2001)は、プロダクトマネージャーの役割について、延岡・藤本(2004)はプロダクトマネージャーの権限範囲について、それぞれ議論しているものの、それらの具体的なプロセスや行為の内容についての考察は十分とは言えない。

先述したように、ポジショニングアプローチの代表的論者である Porter(1980)は、外部環境に存在する 5 つの競争要因が企業の収益性に影響を及ぼすと主張したが、同一産業・市場内において、さらには同一戦略下においてさえも、企業間に収益格差が存在するという経験的な事実は、ポジショニングアプローチでは取り扱われなかった企業内部の資源に視点が向けられる動機となった[石川(2006)]。Wernerfelt(1984)は、企業にとって内部資源と製品はコインの裏と表であり、従って、企業内部の資源を特定することによって企業の活動する最適な製品市場を発見していくことができると主張した[石川(2005)]。Rumelt(1984)は、高いコスト効率性を有する企業の経済的レントは、企業内部の資源の模倣可能性(Imitability)によってもたらされるとし、このメカニズムを隔離メカニズム(Isolating Mechanism)と呼んだ。同様に、Dierickx and Cool(1989)は、市場において取引不可能な資産の模倣困難性を保持することが企業の持続的競争優位性を構築すると述べた。Barney(1986)は、戦略的要素市場(Strategic Factor Market)というコンセプトを提唱し、企業が有する内部資源について言及した。例えば、企業の M&A を、買収する側の企業が買収される側の企業の内部資源を購入する行為とみなすことができ、そこには戦略的要素の市場が存在すると考えることができるとした。そして、この戦略的要素市場における競争優位性は、外部環境分析からは不可能であり、企業のスキルや能力といった内部資源の分析によってのみ把握できると主張した。さらに、持続的な競争優位性を可能にする内部資源の性質として、稀少性(Rareness)、模倣困難性(Inimitability)、代替可能性(Non-substitutability)等を挙げている[Barney(1991)]。Peteraf(1993)も、類似した主張として、持続的な競争優位性を可能にする条件として、資源の異質性(Resource Heterogeneity)、競争への事前的制限(Ex Ante Limits to Competition)、資源の不完全な移動可能性(Imperfect Resource Mobility)、競争への事後的制限(Ex Post Limits to Competition)を挙げた。Collis and Montgomery(1995)も、ほぼ同様に、企業が保有する資源の競争優位性有無を評価項

目として、模倣不可能性(Inimitability)、耐久性(Durability)、充当可能性(Appropriability)、代替可能性(Substitutability)、競争優位性(Competitive Superiority)を挙げた。Henderson and Cockburn(1994)は、欧米の製薬企業 10 社のプロジェクトを対象に、日々の問題解決のスキルや知識をコンポーネント能力(Component Competence)と定義し、また、そのコンポーネント能力を統合・活用するアーキテクチャ能力(Architectural Competence)を定義し、研究生産性としての取得特許数との関係を統計的に分析した。Aoshima(1996)は、日本の自動車産業における 25 社の 229 プロジェクトを取り上げ、知識伝承と企業パフォーマンスとの関係について考察した。Kusunoki et al.(1998)は、様々な産業に属する企業を対象に大規模なアンケート調査を実施した。そして、知識を、知識が個人にのみあるレベル、それらの知識が連結しているレベル、知識間に動的相互作用が起きているレベルの 3 つの階層に分け、それぞれを、組織的能力を構成するローカル能力(Local Capability)、アーキテクチャ能力(Architectural Capability)、プロセス能力(Process Capability)と定義したフレームワークで分析した。その結果、日本が比較的競争力を有している産業に属する企業において、プロセス能力が重要な役割を演じていることを見出した。

Wernerfelt(1995)によると、企業の実務家が資源ベース論に注目するようになったのは、Prahalad and Hamel(1990)の論文が発表されてからとされる。彼らは、顧客に対して、競合他社にはまねのできない自社ならではの価値を提供する企業の中核的な力を、コアコンピタンスと呼んだ[Hamel and Prahalad(1994)]。コアコンピタンスというコンセプトは、その定義が極めて曖昧であったが、組織内における集団的学習(Collective Learning)をする力とし、企業が有する能力を動的な資源として位置付けた。Leonard-Barton(1992)は、新製品開発において、企業のコア能力(Core Capability)が逆にイノベーションの妨げになる場合があり、これをコア硬直性(Core Rigidity)と呼んだ。Cohen and Levinthal(1990)は、企業が新規の外部情報の価値を認識し、それを吸収同化し、商品化に応用する能力を、吸収能力(Absorptive Capacity)と呼んだ。また、Kogut and Zander(1992)は、内・外の学習結果として得られる知識を移転し、統合し、適用する能力を統合能力(Combinative Capabilities)と呼び、動的な側面の分析が企業のパフォーマンスを理解するには重要であると主張した。Teece et al.(1997)は、このような動的な能力をダイナミックケイパビリティ(Dynamic Capability)と総称し、内・外のコンピタンスを結合・構築・再配置を実行し、急速な環境変化に対応する能力と定義した。後に、この定義は、組織が意図的に資源ベースを創造・拡大・修正する能力、と拡張されている[Helfat et al.(2007)]。

以上のように、企業視点・マクロ視野の先行研究は、組織論や能力論と呼ばれる多数のコンセプト

トを生み出したものの、いずれも実務上で管理することが困難なものばかりである。

1-5. 企業視点・メゾ視野の研究

De Wit and Meyer(1994)は、製品視点・マクロ視野のポジショニングアプローチや企業視点・マクロ視野の資源ベース論をコンテンツアプローチと呼んだ。コンテンツアプローチに対して、Mintzberg et al.(1998)は、戦略は組織プロセスであり、組織の構造・行為・文化とは不可分であるとし、企業が行う意思決定のプロセスの重要性を主張した。Adner and Helfat(2003)は、石油産業に属する米国企業が、同じ外部環境に直面していたにもかかわらず、異なった意思決定を行い、その意思決定の差異が企業の財務パフォーマンスの差異と関連していたことを示した。戦略形成プロセス形成のモデルは古くから数多く提示されてきたが[Mintzberg(1973, 1978), Burgelman(1983a, 1983b), Chaffee(1985), Hart(1992)], Mintzberg(1990)は、戦略的思考と戦略的計画とを区別し、戦略的思考を、意思決定と実行の一連のプロセスとして理解した。そして、戦略的思考が、経営者の直感や創造性に依存するとした創発戦略(Emergent Strategy)を提唱した。しかし、近年の大企業において、一人の経営者がすべての戦略に対して自身の直感や創造性を発揮しているとは到底考えられず、競争優位性の理由を経営者の人間性や思考法に関連付けるのは、単一事業を手掛ける比較的小規模な企業においてはその可能性があるが、大企業においては、論理が飛躍していると言わざるを得ない[Rosenzweig(2007)]。

Abernathy and Rosenbloom(1968, 1969)は、新製品開発には連続的(Sequential)プロセスと並行的(Parallel)プロセスの 2 つのモデルを提示している。Cooper(1990)は、新製品開発における意思決定のプロセスを 5 つのステージに分割したステージゲート法と呼ぶ連続的プロセスに対応したツールを提唱した。アイデア創出から上市までの各ステージ間にゲートを設け、当該ステージが完了し、次のステージに進むか否かの意思決定を行うためのツールである。このツールの目的は、新製品開発の不確実性をゲート毎に低減することであるため、一般的に不確実性が高いと考えられている革新的製品アイデアが初期ステージで不採用になる可能性が高いという問題があるものの、数多くの企業で採用されている。新製品開発プロジェクトの成功は、経営者や従業員のコミットメントに依存する[Balachandra(1984)]が、ゲートにおける意思決定者を適宜変えることの重要性も指摘されている[Boulding et al.(1997)]。一方、辻本(2005)は、日本の電気機器産業に属する企業を対象にした研究で、ゲートにおける意思決定には、プロジェクトに直接的に関わった研究担当者が参加する方が実効性のあるプロジェクト評価が可能であることを示した。

さて、Ulrich and Eppinger(2008)は、連続的プロセスを大きく3つに分類し、製品属性に適したプロセスがあると主張した。例えば、ソフトウェアや電子製品といった新製品開発には、設計(Design)-試作(Build)-評価(Test)サイクルを数多く繰り返すプロトタイプ(Prototype)⁷⁾開発の重要性を指摘している。評価や実験の重要性は多くの研究者が主張するものであるが[Clark and Fujimoto(1989), Wheelwright and Clark(1992), Thomke(1998)], 古くは、Simon(1969)が、次のように述べている。

デザイン過程をまず代替案の生成を含む過程と考え、つぎにそれら代替案を一連の諸要求や諸制約に照らして検証するというように考えることである。この場合、必ずしもたんに1つの生成(generate)・検証(test)サイクルが存在するというものではなく、そのようなサイクルの絡みあった連鎖も存在しうる。

Rosenbloom and Cusumano(1987)は、日米におけるビデオカセットレコーダーの事例研究から、新製品開発初期段階におけるメーカーとユーザーとの間で繰り返された試行錯誤的学習(Learning by Trying)が重要であることを指摘した。また、米国のマイクロソフトはソフトウェア産業でリーダー企業として知られているが[MacCormack and Iansiti(2009)], Cusumano and Selby(1997)は、その理由として、プロトタイプの試作と評価を頻繁に繰り返す同期安定化(Synch-and-stabilize)プロセスの存在と考察した。また、プロトタイプを通じた新製品開発の経済的側面も理論的に研究された[Loch et al.(2001), Thomke and Bell(2001), Terwiesch and Loch(2004)]. 富田(2007)は、日本の化学メーカーの新製品開発事例から、プロトタイプを通じた開発の存在を推察し、評価能力の重要性を指摘した。また、Barnett(1990)は、装置産業における新製品開発は、逐次的な連続的プロセスではなく、生産プロセス開発と運転プロセスがフィードバックループで入り組んだモデルであることを主張した[赤瀬(2000)]. 一方、新製品開発の各工程を同時並行的に行う並行的プロセスとして、コンカレントエンジニアリング(Concurrent Engineering)というコンセプトが知られ[Carter and Baker(1992)], 開発の時間短縮やコスト低減に有効とされている[Imai et al.(1985), Clark and Fujimoto(1991), Krishnan et al.(1997)].

一方、Smith and Reinertsen(1991)は、新製品のアイデアやコンセプトの創造を行う不確実性の高い段階をファジーフロントエンド(Fuzzy Front End)と呼び、行為としての新製品開発プロセスを区別した上で、最も重要な段階であると主張した。しかし、実のところ、研究費や時間を要するのでは、ブレーンストーミングを中心とするFFE段階ではなく、実験行為を実施する新製品開発プロセスな

のである。Allen(1979)は、研究開発チームは、実に平均 77.3%の時間を実験行為や分析行為に割いていることを示した。従って、新製品の製品化マネジメントにおいては、FFE 段階以上に行為に関わる製品化プロセスに注目する必要があると思われる。

以上のように、企業内の新製品開発のプロセスに注目したプロセスアプローチと呼ぶことのできる研究は、実務上のツールとして応用しやすく実務家に好評であり、数多く発表された。しかし、ツールとして広く活用される半面、管理的色彩が強く、各ゲートの審査が形式的すぎたり、厳しすぎたり、あるいは正当化するための儀式になってしまうといった実務上での弊害が多くあると思われる。

1-6. 企業視点・マイクロ視野の研究

企業視点・マクロ視野の研究では、ある特定の企業、その企業の経営者や従業員に注目し、企業組織全体の能力について議論され、企業視点・メゾ視野の研究では、企業内のプロセスや行為に注目し、新製品開発のツールが提唱されたり、知識マネジメントの重要性が主張されたりしてきた。しかし、近年、大企業と呼ばれる企業のほとんどが多角化をし、多くの事業を推進している。そして、一企業内で、ある事業は競争優位性を持っていても、他の事業は競争優位性がないという経験的事実が存在し、マクロ視野やメゾ視野の研究で包括的に説明するのは困難である。そのため、よりミクロな視点、すなわち、技術や知識のレベルでの分析が必要であろう。

人間には、言葉で表現できる知識の他に、暗黙的に存在する暗黙知がある[Polanyi(1967)]。多くの研究者が、企業従業員に内在している暗黙知に競争優位性の源泉がある、としている[Leonard-Barton(1995)]。野中は、企業内における知識が、暗黙知と形式知の社会的相互作用を通じて創造されることを前提とした知識創造理論⁸⁾を提唱した[野中(1990), Nonaka and Takeuchi(1995), Nonaka and Toyama(2003), Erden et al.(2008)]。さらに、次のように述べ、個人の知識創造能力から生み出された知識の組織的な体系化の重要性を説いている[野中(1990)]。

知識創造の基礎となるこの暗黙知は、基本的に個人レベルで生み出される。情報の「組織的」創造といっても、その源泉は組織の成員に帰するものであり、決して組織という集合体にあるのではない。組織は知識を自ら創ることはできない。知識は組織を構成する個人が主体的に創り出すのであり、組織は個人の知識創造を支援する状況ないし文脈(コンテキスト)を創造ないし演出するのである。組織的な知識創造にとって重要なことは、個人レベルでの暗黙知の創造・蓄積に基づい

て、組織的にそれを一つの知識体系へと結びつけていくことである。

しかし、野中の知識創造理論は、実務家の経験的感覚と一致することに加え、個人の暗黙知を組織の形式知へと転換するプロセスに注目した点で学術的に評価されているものの、暗黙知と形式知との線引き⁹⁾や知識創造能力なるものの定量化が困難な直感的な主張であり、実務家に対する経営上の実践的示唆は皆無に等しい。また、暗黙知と類似のコンセプトとして、見えざる資産 [Hall(1992)]や信頼[Zaheer et al.(1998), Schumacher(2006), Bidault and Castello(2009)]に、競争優位性の源泉や新製品開発の成功要因があるとする研究もあるが、いずれも測定・定量化が困難であり、定量化できないものは管理できないため、やはり、実務家に経営上の実践的示唆を与えることはない。

一方、新製品開発において、測定・定量化が容易な内・外の形式知の活用の重要性については、数多くの研究で実証されている[Badaracco(1991), Rosenbloom and Spencer(1996), Dyer and Nobeoka(2000), Dyer et al.(2001), Sobrero and Roberts(2001), Chesbrough(2003), Macher and Mowery(2003), Berends et al.(2007), Spithoven et al.(2010), Zahay et al.(2011)]. また、企業の事業多角化と知識伝播との関連についても研究されている[Gemba and Kodama(2001), Breschi et al.(2003)]. しかし、いずれも大規模データを統計的に分析した研究か、あるいは、表面的な事例研究に留まり、詳細な技術や知識にほとんど言及していない。

Nelson(2009)は、組換え DNA という特定のイノベーションを取り上げ、特許引用分析、論文分析、ライセンス分析のそれぞれから得られる知識伝播に関する結果には、過不足があることを指摘し、マクロ視野でイノベーションを考察することの難しさを明らかにした。従って、個別の事例の技術レベルまで深く掘り下げたマイクロ視野の研究が、新製品開発における技術伝播の構造を理解する上で、あるいは、実務家に対する経営上の実践的示唆を得るために、必要になる。

Hargadon and Sutton(1997)は、米国の製品設計コンサルタント会社である IDEO のデザイナーを対象とした詳細なインタビュー調査から、過去に経験した他産業での解決策(アナロジー)を類推的に活用して現在の問題を解決していることを突き止め、技術や知識の移転の重要性について主張した。さらに、Kalogerakis et al.(2010)は、技術や知識の移転元と移転先の関係から移転距離を定義し、新製品開発プロジェクトの特性に応じたアナロジーの活用方法について議論している。

Iansiti(1998)は、半導体産業における新製品開発事例を、技術レベルまで掘り下げた上で、新製品開発における技術統合(Technology Integration)の重要性を示した。また、外部技術統合

(External Technology Integration)の重要性を特に強調した研究もある[Stock and Tatikonda(2004, 2008)]. 沼上(1999)は、日米欧の液晶ディスプレイ技術の変遷を、その技術に携わる人々の行為の連鎖の観点から精密に記述し、日本の技術革新システムについて考察している。化学史学会(2004)では、日本の化学技術の歴史的変遷が詳述されるとともに、研究開発組織についても触れられている。桑嶋(2006)は、新日鐵化学の事業展開を、技術レベルで史的に考察し、一見無関係に見える事業間に技術的関連性があることを示した。中馬(2006, 2007)は、日本の半導体メーカーの半導体生産システムを、技術レベルで考察し、統合的な知識やノウハウの累積的かつ速やかな仕組みの欠如が、日本の半導体産業の低迷の原因と指摘している。平井(2008)は、綿糸紡績企業の技術的発展と工場建物の変化に密接な関係を有していることを指摘した。金城他(2008)は、ポリイミドやチタン系触媒といった機能性化学品に注目し、日立グループによる開発の経緯を技術レベルで記述し、構成材料の基礎研究から最終製品のシステム評価といった、言わば垂直統合的な研究開発の推進が、技術革新を可能にしたと考察した。

以上のように、技術レベルまで掘り下げた企業視点・マイクロ視野の先行研究は、限定的ながらあるものの、新製品開発における技術の移動現象である技術伝播の構造的側面について議論されているもの、あるいは、技術の中味について触れられたものはほとんどなかった。

2. 本研究の位置付け

上述したように、既存の代表的な理論やコンセプトは、製品視点、企業視点いずれにおいても、マクロ視野あるいはメゾ視野のものが多く、マイクロ視野のものはほとんどないと言える。すなわち、自社製品の物性あるいは組織が保有する技術にまで掘り下げて議論する研究は、新製品開発に関する学問体系内にほとんど見られない。その理由は、マイクロ視野の研究は経営学とは異なる学問の学会の範疇になることが多いためであろう。すなわち、製品物性についての研究は物理学会や化学学会で、技術についての研究は科学史学会や技術史学会で、多く発表され、経営学会で主テーマとして取り上げられることは少ないと考えられる。その結果、製品化マネジメントを念頭に置いたマイクロ視野の研究が少なくなっているものと思われる。

本研究は、企業視点・マイクロ視野の研究に位置付けることができる。本研究では、筆者の経験的事実から、新製品開発における技術伝播に関する仮説を導出し、技術伝播の概念的フレームワー

クを考案し、その概念的フレームワークを用いて他事例を考察するとともに、仮説の検証を行う。その際の裏付けデータとして、インタビューの他に、社史や当時の出願特許・技術文献等を活用した。社史は、一般に、歴史的事実としての特定の企業内の技術や知識に言及した文献として捉えることができる。すなわち、社史から得られる情報は、企業やその経営者の主観的見解が入る可能性があるものの、特定の企業の歴史的事実が企業内部の視点から記述されている点でマイクロ視野の研究の裏付けデータになり得る。また、同様に、特許は、その目的が発明の保護にあり、製品化マネジメントの観点が入るものではないが、出願された当時の技術や知識水準が反映されたものであり、企業内の技術や知識に言及した文献として捉えることができる。すなわち、特許から得られる情報は、発明者がその当時に保有する技術や知識の水準に強く依存する文脈であるものの、特定の企業の技術や知識について掘り下げて議論するための裏付けデータになり得る。

本研究は、企業視点・マイクロ視野の研究に位置付けて実施した。特定の企業内の新製品の製品化のプロセスを技術レベルまで掘り下げて精査し、その新製品開発における技術伝播の構造を明らかにすることを目的とした。そして、その構造から、資源ベース論等の組織論、能力論やステージゲート法等のプロセス論等では見落とされてきたか、あるいは、詳細に論じられてこなかった新製品開発に必要な能力について言及する。

【注】

- 1) 資源ベース論は、RBV(Resource-based View)の邦訳として用いる。資源ベースアプローチ、リソースベース理論、資源ベースパースペクティブ等、様々な呼称が存在するが、その基本的な定義は同等であるため、本研究では、資源ベース論という用語で統一する。
- 2) 筆者による邦訳。原文は、*For the firm, resources and products are two sides of the same coin. Most products require the services of several resources and most resources can be used in several products.*である。
- 3) 図表 2-1 内の画像は、視点と視野をイメージするために視覚的に示したものであり、具体的な意味があるわけではない。
- 4) Mankiw(2003)は、市場を特定の財・サービスを扱う買い手と売り手の集まりと定義しているが、新製品開発を取り扱う本研究では、財・サービスの 1 つである製品で市場を狭義に再定義した。
- 5) 競合他社の存在しない独占市場においてさえも、相対的な指標に基づいて価値が見出される。

なぜなら、独占的な財・サービスは、その財・サービスがないという場合と、比較されるからである。

6) 筆者による邦訳。原文は、*In deciding what strategy should be...its principal subactivities include (1) identifying opportunities and threats in the company's environment...and (2) appraising the company's strengths and weaknesses.*である。

7) プロトタイプ(Prototype)とは、上市前の試作品あるいは開発品を意味する。

8) 知識創造理論は、知識創造プロセスを構成する共同化(Socialization), 表出化(Externalization), 連結化(Combination), 内面(Internalization)の4単語の頭文字をとって、SECIモデルとも呼ばれている。

9) 形式知と暗黙知との境界は厳密には不明瞭である。暗黙知と考えられている知識も、非常に多くの言葉を利用すれば、形式知化できる可能性があるからである。

第3章 ミクロ視野の研究の重要性

第2章で記述したように、既存の代表的な理論やコンセプトは、製品視点、企業視点いずれにおいても、マクロ視野あるいはメゾ視野のものが多く、ミクロ視野のものはほとんどないと言える。すなわち、製品の物性あるいは組織が保有する技術にまで掘り下げて議論している研究はほとんどない。

マクロ視野あるいはメゾ視野の研究の利点は、大量データの分析から帰結される統計的に有意な傾向を明らかにできる点や事象の大局的な把握から汎用性の高い考察ができる点であろう。しかし、その反面、表面的な考察や誤った結論を招きやすいという欠点が内在している。例えば、第2章で触れた企業視点・マクロ視野の研究で提唱されているダイナミックケイパビリティというコンセプトを再び考えてみよう。このコンセプトは、資源ベース論を基盤にしている。Wernerfelt(1984)は、同一業界内においても、さらには同一戦略下においても、企業間に収益格差が存在する経験的事実に注目し、Porter(1980)が展開したポジショニングアプローチを批判し、資源ベース論を提唱した。すなわち、企業間の収益格差はむしろ企業内部の資源に依拠するものと主張した。その後、Rumelt(1984)、Barney(1986)やDierickx and Cool(1989)等で議論を深められ、企業の持続的競争優位性は模倣困難な内部資源にあるとされた。1980年代の資源ベース論では、内部資源は静的なものとして扱われたのに対して、Prahalad and Hamel(1990)はコアコンピタンスというコンセプトを提唱し、それを集団的学習という動的な能力として位置付けた。さらに、同時期に、Cohen and Levinthal(1990)の吸収能力やKogut and Zander(1992)の統合能力とった資源ベース論を基盤とした能力論が積極的に展開された。しかし、Leonard-Barton(1992)は、このような能力で構築された技術や知識の体系が、逆に企業の競争優位性を喪失させる場合があることを指摘し、このような逆機能現象をコア硬直性と呼んだ。その後、同時進行する競争優位性の構築と喪失の矛盾問題への一つの解として、ダイナミックケイパビリティというコンセプトが Teece et al.(1997)によって提唱された。すなわち、外部環境変化に対応した内部資源の戦略的变化が重要であることが主張された [Helfat et al.(2007)]。ダイナミックケイパビリティというコンセプトは資源ベース論に立脚しながらもポジショニングアプローチ的な観点が加味されている点で評価できる。しかし、その定義は、組織が意図的に資源ベースを創造・拡大・修正する能力、という極めて抽象的なものであり、他の能力論と同様に、表面的な考察に留まっている、という問題点を有している。その第一の理由は、組織や

資源を企業属性から切り離して十把一絡げで取り扱い導出したコンセプトであるためと思われる。また、第二の理由は、能力を企業内部の具体的活動から切り離し、学習能力あるいは潜在能力として位置付けたためであると思われる¹⁾。しかし、實際上、能力は企業固有の活動や技術と密接に関係がある。従って、特定の具体的活動を対象に詳細な技術レベルまで掘り下げたマイクロ視野の研究を実施しない限り、能力の実質的な中身についての考察は困難であろう。

本研究は、技術伝播に関する研究である。技術伝播の構造を正確に議論するためにも、やはりマイクロ視野の分析が必要である。マイクロ視野の分析なしに、表面的な技術的類似性のみで技術伝播の構造を考察しようとする、場合によっては、誤った結論を招くことすらある。本章では、誤った結論の具体例として、半導体－液晶産業間における技術伝播についての通説を取り上げ、マイクロ視野での批判的考察を加えることで、マイクロ視野の研究の重要性を論じる[児玉(2009a)]。

1. 通説としての半導体－液晶産業間における技術伝播

半導体産業で蓄積された半導体技術は、半導体産業以外の他産業を支える基盤技術として広く活用されていることが知られている。半導体技術は、フラットパネルディスプレイ産業、太陽電池産業、医療産業等多くの他産業に波及したとされ、1970～2007年における技術波及効果金額は約399兆円と見積もられている[半導体産業研究所(2009)]。

以下、半導体技術が波及したとされる他産業の中で最も代表的な産業例であるフラットパネルディスプレイ産業、特に、液晶ディスプレイ産業(以下、液晶産業)を取り上げ、半導体－液晶産業間における技術伝播について考察する²⁾。

液晶産業に焦点を当てる第一の理由は、日本の半導体産業が活況だった1980年代に続く1990年代に、「第2の産業のコメ」と称され、日本のメーカーが市場シェアを独占していたという歴史的事実があるためである。例えば、1997年における日本の液晶生産能力シェアは約80%あったとされ[中田(2008)]、液晶産業は、半導体産業と並び、日本の経済発展を支えた基幹産業の一つであったと言える。第二の理由は、後述するように、液晶ディスプレイ製造技術(以下、液晶技術)を確立したのは日本のメーカーであったためである。もし技術確立が海外のメーカーであったならば、その海外のメーカーを調査対象にする必要があり、日本国内で十分な資料やデータを収集することが難しくなるものと想定される。第三の理由は、これも後述するが、その日本のメーカーの多くが、

当時すでに半導体メーカーとしても存在感があったためである。すなわち、半導体メーカーが、ある時期、半導体産業と液晶産業に同時に属しており、産業間の技術伝播を考察する上で好適な研究対象であると考えられるためである。

さて、確証データがないにもかかわらず、通説として、半導体産業で培われた技術が液晶産業に応用されたと考えられている。高い競争力、あるいは、製造プロセスに類似点がある、という外見上の理由だけで、これら2つの産業に技術的関連性があると短絡的に考えられていることが多い。例えば、Choung and Hwang(2003)は、半導体製品である DRAM³⁾と液晶ディスプレイ製品である TFT-LCD⁴⁾との技術的類似性を指摘し、半導体産業で蓄積された DRAM 技術が液晶産業の TFT-LCD 技術として技術伝播したと主張した。また、Park et al.(2008)は、同様に、DRAM 製造技術と TFT-LCD 製造技術とを比較し、フォトリソグラフィ(露光・現像パターンニング)工程を各技術間の類似点として注目し、韓国の Samsung と LG の半導体－液晶事業間の人事異動の存在を明らかにし、液晶事業のキーパーソンが半導体事業部門出身であることを理由に半導体産業と液晶産業との間に技術伝播が存在したと結論付けた。Samsung は、1984 年に TFT-LCD の研究開発を始め、1995 年に量産を開始し、また、LG は、1987 年に TFT-LCD の研究開発を始め、1995 年に量産を開始した。すなわち、両社における液晶技術は、1995 年には確立していたことが窺える。しかし、Park et al.(2008)が示している半導体－液晶事業間の人事異動は 1998 年以降におけるものであり、1995 年以前に行われていたと考えられる初期の研究開発中におけるものではない。従って、この人事異動を技術伝播の存在の理由にする論理展開には無理がある。また、詳細な技術に言及することなく、半導体－液晶技術間の技術的関連性を論じており、論理の飛躍があると言わざるを得ない。液晶ディスプレイ製造に関連する量産レベルでの技術確立を推し進めたのが 1970 年代の日本のメーカーであったことを考慮すると、後発の韓国のメーカー内で本質的な技術伝播があったとは考えにくい。

1-1. 液晶産業概観

液晶材料の発見は、半導体の発明よりもずっと前であった。液晶とは、固体と液体との中間的な状態である物質を指すが、その存在は、1888 年のオーストリアの植物学者であった Friedrich R. Reinitzer がコレステロールの誘導体を調べていた時に偶然発見された。その後、欧州を中心に液晶研究は続けられたが、そのほとんどが大学における基礎研究であった。産業界で実用を目指した液晶の研究が活発になるのは、1968 年に、当時すでにカラーテレビ産業に参入していた米国の

RCA⁵⁾の David Sarnoff Research Center のグループが液晶ディスプレイへの応用の可能性を新聞で発表してからである[佐々木(1972), 沼上(1999)]. RCA による液晶に関する最初の米国特許 3322485 号が出願されたのは 1962 年であり, 1960 年代前半には研究が開始されていたものと推定される. RCA には, 液晶ディスプレイの父として知られる George H. Heilmeier が 1958 年に, 後に世界初の投影型液晶テレビを試作することになる John A. van Raalte が 1964 年に, それぞれ入社している.

RCA の新聞発表以来, 米国, 欧州, 日本等で開発が活発となり, 腕時計, 電卓, ディスプレイとその用途が拡大していった[野中(2006)]. 初期の液晶材料の研究は欧州で行われ, 初めての液晶ディスプレイは米国で発明されたが, 量産実用化を目指した実質的な技術開発は, 日本で精力的に行われた[中田(2007)]. 液晶ディスプレイの実用化に成功した日本のメーカーは, 1990 年代, 一躍市場シェアの大半を占めるようになった. しかし, 1990 年代後半から 2000 年代において, まず韓国に, そして台湾に, 追いつかれ, 追い越され, そのシェアは著しく低下することとなった[朴(2010)]. 例えば, 2006 年の日本の液晶生産能力シェアは約 13%と, 1997 年の約 80%の 5 分の 1 以下になったとされる[中田(2008)].

佐藤・藤村(2010)は, 日本のメーカーのシェア低下の原因を, 液晶技術の不確実性に重点を置き分析し, 日本のメーカーの技術力の低下ではなく, また, 韓国あるいは台湾のメーカーによる技術革新でもなかったことを明確にするとともに, 日本のメーカーが財務的要因で 2000 年付近の第 4 世代液晶技術に投資ができなかったためであることを示した.

一方, 日本のメーカーで蓄積された技術は, 韓国や台湾のメーカーへと波及した, とされる. 中田(2007, 2008)は, 日本人技術者の転職による技術流出の他に, 製造装置(メーカー)を通じた意図せぬ技術流出の存在を指摘している. また, 日本のメーカーから台湾のメーカーへの技術移転[赤羽(2004, 2005), 新宅他(2006)], 韓国のメーカーから台湾のメーカーへの技術移転[新宅(2008)]についても論じられている.

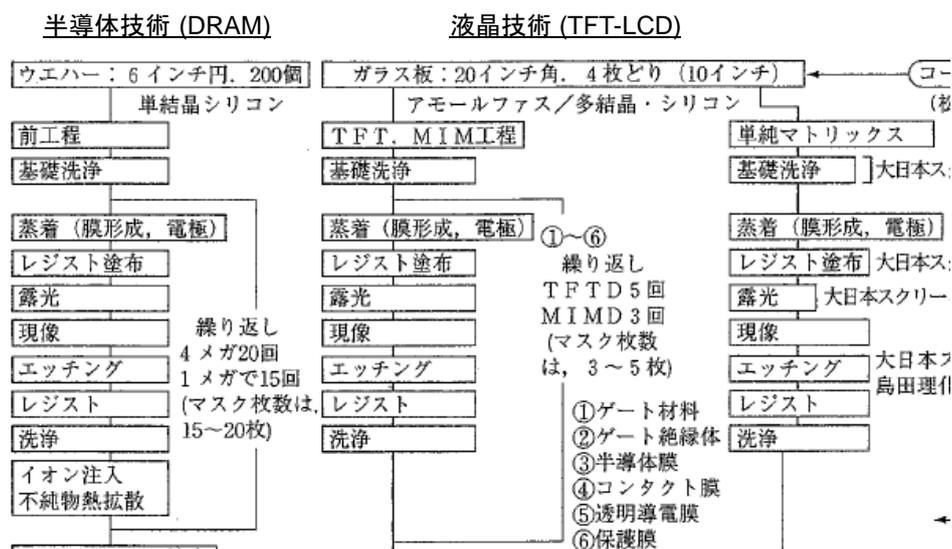
しかし, そもそも日本の液晶ディスプレイメーカー内で, 半導体技術が伝播したか否かについて, 技術レベルで議論したものはない. それにもかかわらず, 半導体-液晶産業間での技術伝播の存在は, 通説として広く取り扱われている.

1-2. 半導体技術と液晶技術との類似性と非関連性

半導体製造工程と液晶ディスプレイ製造工程を比較すると, 多くの類似点があることがわかる[沼

上(1999), Park et al.(2008)]. 沼上(1999)は, 半導体製造工程と液晶製造工程を並べて図示し, フォトリソグラフィ工程において類似点があることを示した(図表 3-1). すなわち, 蒸着(膜形成・電極)→レジスト塗布→露光→現像→エッチング→レジスト洗浄というフォトリソグラフィ技術特有の一連のフローに類似性があるとした.

図表3-1. 半導体製造工程と液晶ディスプレイ製造工程の類似点

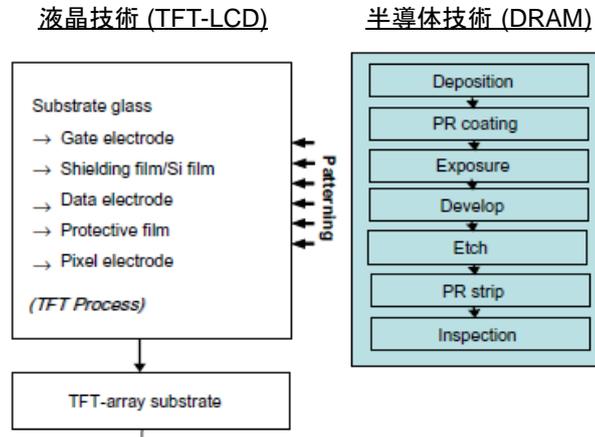


出所: 沼上(1999)

同様に, Park et al.(2008)も, 半導体製造工程における Deposition(膜形成・電極)→PR coating(フォトリソレジスト塗布)→Exposure(露光)→Develop(現像)→Etch(エッチング)→PR strip(フォトリソレジスト剥離)が半導体技術と液晶技術の共通のフローであることを図示した(図表 3-2). フォトリソグラフィ技術の個別プロセスは確かに類似している. しかし, 図表 3-3 に示すように, 加工対象, 蒸着薄膜の材質, エッチングガスの種類等は全く別物であり, それぞれの個別プロセスにおける物理的・化学的現象は全く異なるのである. 従って, 半導体技術と液晶技術との間には, 個別プロセスの技術的類似性はあるものの, 技術的関連性は少ないと推察される. 沼上(1999)も次のように述べ, 液晶技術が半導体技術の応用で確立できるものでないことを示唆している.

DRAM と LCD とでは, 使用している基板の材質も大きさも異なる故に, DRAM の生産技術をそのまま応用すれば TFT-LCD が生産できるというわけではない.

図表3-2. 半導体製造工程と液晶ディスプレイ製造工程の類似点



出所: Park et al.(2008)

図表3-3. 半導体製造工程と液晶ディスプレイ製造工程の相違点

項目	液晶技術 (TFT-LCD)	半導体技術 (DRAM)
加工対象	ガラス (絶縁体)	シリコン (半導体)
薄膜材質	ITO, アルミ合金, 銀合金等	二酸化シリコン, アルミニウム, タングステン等
エッチングガス種	CF ₄ , C ₄ F ₈ +O ₂ +Ar, C ₅ F ₈ +O ₂ +Ar, C ₃ F ₆ +O ₂ +Ar, C ₄ F ₈ +CO, CHF ₃ +O ₂ , CF ₄ +H ₂ 等	SF ₆ , C ₄ F ₈ , CBrF ₃ , CF ₄ +O ₂ , Cl ₂ , SiCl ₄ +Cl ₂ , SF ₆ +N ₂ +Ar, BCl ₂ +Cl ₂ +Ar等

2. 通説に対する批判的考察

半導体－液晶産業間に技術伝播があったとする通説は、半導体技術と液晶技術との間に技術的類似性があることを根拠としていた。しかし、技術的類似性と技術的関連性とは似て非なるものである。結果としての技術的類似性は、半導体技術と液晶技術が単に似ていることを意味するのであり、それらの技術間に何らかの関係があることを意味しているわけではない。

技術伝播とは、移動元から移動先へ技術が移動する現象を指す。そのため、技術伝播が存在するのであれば、移動元の技術と移動先の技術との間には何らかの関係があるはずである。従って、半導体－液晶産業間に技術伝播が存在しているのであれば、半導体技術と液晶技術との間には技術的関連性が見られるはずであり、共通の伝播媒体が存在するはずである。

そこで、以下、沼上(1999)や Park et al.(2008)が、半導体技術と液晶技術との間の技術的類似点として示しているフォトリソグラフィ技術を、改めて技術レベルで分析した。フォトリソグラフィ工程で使用される必須材料はフォトレジストである。フォトレジスト(あるいは、単にレジスト)という名称は、フォトリソグラフィ工程の主目的であるパターンニングを可能にする機能性化学品の一般名であり、特許文献や技術文献で広く使用されている。そこで、「レジスト」というキーワードを用いて、半導体－液晶産業間の技術伝播の可能性を分析した。

2-1. 技術伝播の時期の推定

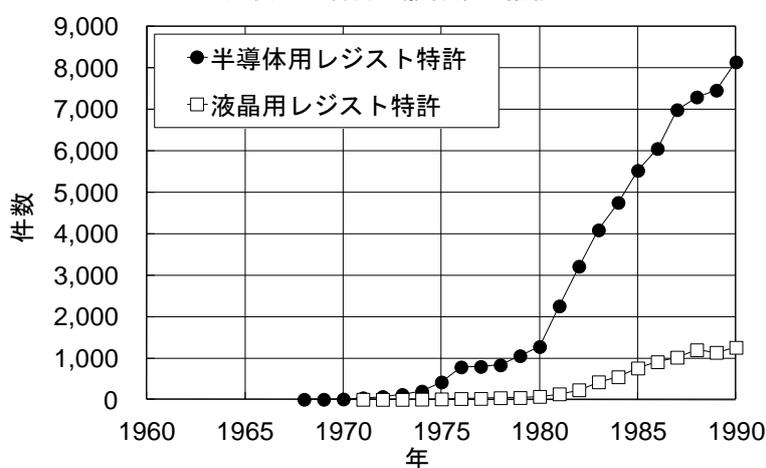
技術伝播の時期を推定するために、まず、パトリス⁹⁾の特許データベース PATOLIS-IV を用いて日本国特許を検索した。1960～1990年までに登録された「レジスト」というキーワードを含む特許は113,206件あり、また、その中で、「液晶」というキーワードを含む特許(以下、液晶用レジスト特許)は7,818件、「半導体」というキーワードを含む特許(以下、半導体用レジスト特許)は61,371件であった。

液晶用レジスト特許と半導体用レジスト特許の出願件数の推移を図表 3-4 に示す。液晶用レジスト特許が最初に出願されたのが1971年であるのに対して、半導体用レジスト特許が最初に出願されたのは1968年であり、それぞれの出願時期の差は、わずか3年であった。

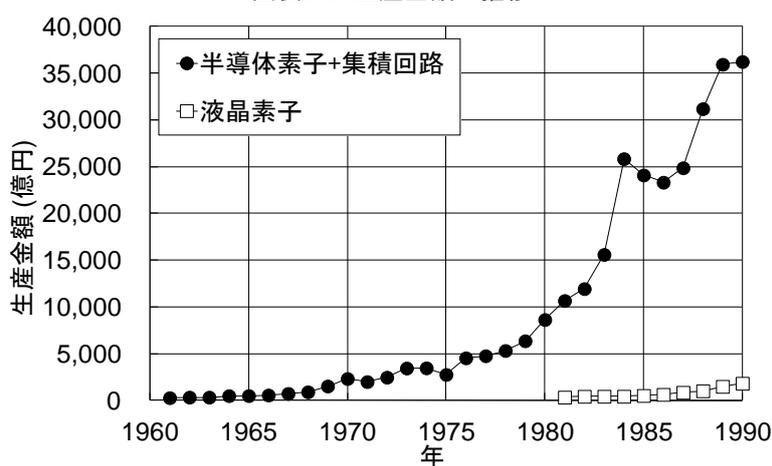
次に、経済産業省が毎年発表している機械統計年報から液晶産業と半導体産業の産業規模を把握した。液晶産業の規模は、「液晶素子」というカテゴリーに分類されている生産金額を、半導体

産業の規模は、「半導体素子」というカテゴリーと「集積回路」というカテゴリーに分類されている生産金額の和を、それぞれ指標にした。液晶産業と半導体産業の規模の年次推移を図表 3-5 に示す。半導体用レジスト特許が最初に出願された 1968 年における半導体産業の規模は約 908 億円であり、液晶素子が同規模になった年を見積もったところ、1987年(約 857 億円)であったことがわかった。すなわち、産業規模から捉えた液晶産業と半導体産業の立ち上がり時期の差は、およそ 19 年であったと言える⁷⁾。

図表3-4. 特許出願件数の推移



図表3-5. 生産金額の推移



出所: 経済産業省『機械統計年報』を基に筆者作成

以上をまとめると、次の 3 点を指摘できる。第一に、液晶用レジスト特許が半導体用レジスト特許よりも遅れて出願され、また、液晶産業が半導体産業よりも遅れて形成されたという事実から、もし半導体－液晶産業間で技術伝播があったのであれば、技術供与体は半導体技術で技術受容体は液晶技術であり、その逆ではないことがわかった。そして、第二に、もし液晶技術に半導体技術が伝播しているのであれば、経済的な産業間の立ち上がり遅延 19 年に対して、3 年という極めて短期間に進行したものと見るができる。さらに、第三に、液晶ディスプレイメーカー内で技術伝播が起きていたのであれば、その時期は、1960 年代後半から 1970 年代にかけてと推定された。

2-2. 液晶ディスプレイメーカー内での技術伝播の可能性

液晶用レジスト特許と半導体用レジスト特許の出願人(メーカー)別ランキングを図表 3-6 に示す。上位 10 社のうち 6 社は、液晶用レジスト特許も半導体用レジスト特許も出願している共通のメーカーであることがわかった。一般に、特許出願件数の多いメーカーほどその技術開発に積極的な傾向であると考えられるため、共通のメーカーである NEC、富士通、日立、東芝、松下電器、キヤノン(以下、共通メーカー)は半導体技術を積極的に開発していたメーカーであると同時に液晶技術も積極的に開発していたメーカーであった、と言える。また、これら共通メーカーが出願した液晶用レジスト特許と半導体用レジスト特許の初出願年を図表 3-7 にまとめた。日本で初めて出願された液晶用レジスト特許は、1971 年出願のキヤノンの特許特願昭 47-1945 であった。また、同一メーカー内での液晶用レジスト特許の初出願年と半導体用レジスト特許の初出願年とを比較した結果、遅延年数が全くないキヤノンを除くメーカーでは液晶用レジスト特許が半導体用レジスト特許よりも 4 年以上経過した後に出願されていたことが明らかとなった。

図表3-6. 1960~1990年積算出願件数上位10社とその件数

ランキング	液晶用レジスト特許 (件数)	半導体用レジスト特許 (件数)
1	キヤノン (1,303)	NEC (7,420)
2	東芝 (601)	富士通 (7,054)
3	リコー (543)	日立 (6,140)
4	松下電器 (463)	東芝 (5,892)
5	セイコーエプソン (441)	三菱電機 (3,741)
6	日立 (381)	松下電器 (2,944)
7	富士通 (333)	キヤノン (2,760)
8	シャープ (265)	沖電気 (1,726)
9	富士ゼロックス (265)	ソニー (1,604)
10	NEC (189)	松下電子 (1,370)

図表3-7. 共通メーカーによる特許初出願年

メーカー	液晶用レジスト特許 初出願年(a)	半導体用レジスト特許 初出願年(b)	遅延年数 (a)-(b)
キヤノン	1971	1971	0
東芝	1974	1970	4
松下電器	1975	1971	4
日立	1975	1968	7
富士通	1980	1971	9
NEC	1976	1968	8

次に、共通メーカー各社で初めて出願された液晶用レジスト特許の発明者を各社の液晶技術のキーパーソンとして特定した(図表 3-8)。そして、各社のキーパーソンが液晶用レジスト特許を出願する以前に出願してきた特許を精査したところ、いずれも半導体とは無関係の特許であった。すなわち、各社の液晶技術のキーパーソンは、半導体技術に関連した技術開発に従事していた可能性は低く、日本の液晶ディスプレイメーカーが、自社内の技術者を介してフォトリソグラフィ工程に関連する技術を獲得したことを裏付ける直接的な証拠は見当たらなかった。

図表3-8. 共通メーカー各社の液晶用レジスト特許の初期出願特許一例と液晶技術キーパーソン

出願人	出願番号	出願年月日	名称	発明者
キヤノン	昭47-1945	1971年12月25日	液晶セル	綾田直樹, 大久保幸俊
東芝	昭49-61061	1974年5月30日	透明導電膜のエッチング方法	我妻弘雄, 加来英一
松下電器	昭50-147585	1975年12月10日	液晶表示装置の製造方法	今村光男, 森幸四郎, 深井正一
日立	昭51-777	1976年1月7日	液晶表示素子の電極形成方法	石谷静夫, 伊東良雄, 衣川清重
富士通	昭55-151570	1980年10月29日	薄膜回路素子の製造方法	佐藤万寿治, 山田文明, 川井悟
NEC	昭51-61986	1976年5月27日	光学的位相板の製造方法	近藤充和, 浅川潔

この結果は、沼上(1999)が、RCA で 1960 年代後半に液晶ディスプレイの研究開発に従事していた John A. van Raalte へのインタビューで得られた下記発言と整合的である。

(液晶ディスプレイの父として知られる) George H. Heilmeier は傑出した科学者でした。彼のバックグラウンドが何かは知りませんが、彼は非常に知識が豊富で、無機化学と有機化学に秀でていまし

たし、電気工学についてもよく知っていました。しかも彼は幅の広い優秀な物性科学者でもありました。・・・67年か68年に、彼はグループ・リーダーになりました。液晶プログラムの責任者になったのです。そのグループの中には化学者がいて、電気工学の技術者やデバイスの専門家、フォトレジストの専門家、工程の分かる専門家、物質を合成し生成する方法の専門家などがいました。

1967年か1968年において、液晶ディスプレイを開発するために、フォトレジストの専門家が配置されていたということは、少なくとも1968年以前にフォトレジストを使用する方法が知られていたことが示唆される。

また、同じく沼上(1999)によると、日立製作所で1970年前後に液晶の技術開発に従事していた鳥山和久はインタビューで、次のような発言をしている。

当時、あのRCAというのと日立とは、いわゆる、情報交換、というよりは、むしろ向こうから情報ももらって、向こうは先生だったんですね。向こうのインターナル・レポートが入って来るんですよ。その中に液晶の研究があった。そういうことから液晶をやろうと。

当時、日立製作所の研究所と米国の研究機関とは交流があり、RCAの液晶に関する研究報告書が定期的に送られてきていたとされる[鳥山(1998)]。さらに、日本初⁸⁾の液晶ディスプレイに関する単行本[小林(1970)]は、当時、理化学研究所に所属していた小林駿介により執筆され、1970年に出版された。この本は、小林が、1969年に米国でコレステリック液晶を購入する際に、DSM(Dynamic Scattering Mode)-LCDのデモンストレーションを見たことが発端とされている[沼上(1999)]。この著書の第5章において、KodakのKPRやKMERといったフォトレジストを使用した方法が記載されており[小林(1970)]、液晶用レジスト特許が日本で初めて出願された1971年時点で、フォトレジストを使用した方法は、公知であったと思われる。実際、1969年からNECにて液晶の研究に着手していた谷千束は小林の単行本を頻繁に参考にしたとされる[谷(1998)]。

また、東京応化工業の社史によると、カラーテレビ用シャドーマスク製造用エッチングレジストとして、1960年前後にすでにKodakのKPRが知られていたとされる[東京応化工業(2000)/p.48]。従って、1960年代後半から1970年代にかけてフォトリソグラフィ技術が半導体産業から液晶産業に伝播したとは考えにくい。

以上、半導体製造工程と液晶ディスプレイ製造工程のいずれにおいても必須材料として使用さ

れるフォトレジストに注目して、半導体－液晶産業間での技術伝播の存在の確認を試みたが、日本の液晶ディスプレイメーカー内で、半導体産業で培われた技術が応用されたとする通説を裏付ける証拠は見出せず、むしろ、日本の液晶技術は、日本の半導体技術とは無関係に、米国の液晶技術を手本としたものであったと考える方が合理的と思われる結果が得られた⁹⁾。

2-3. フォトレジストメーカー内での技術伝播

上述の通り、日本の液晶ディスプレイメーカー内に、液晶用レジスト特許の発明者であると同時に半導体用レジスト特許の発明者である事実は確認されなかった。しかし、一方で、その特許明細書の内容を詳細に精査した結果、明細書内に記載されているフォトレジストのメーカーに共通点があることを見出した。一例を図表 3-9 に示すが、すでに半導体用途で実績のあったフォトレジストが、液晶用フォトレジストとして適用されていたことがわかる。半導体用レジスト特許の 1968～1971 年に出願された 240 件の内、フォトレジストのメーカー名あるいは銘柄名が明記された特許は 57 件あり、その内の 50 件(約 90%)が米国の Shipley あるいは Kodak の材料を使用したものであった。また、1971 年以降に出願された液晶用レジスト特許の初期 100 件の内、フォトレジストのメーカー名あるいは銘柄名が明記された特許は 17 件あり、その内の 15 件(約 90%)が米国の Shipley あるいは Kodak の材料を使用したものであった。この結果は、日本の液晶ディスプレイメーカーがフォトリソグラフィ技術の開発を始めた 1970 年前後においてすでに、米国のフォトレジストメーカーは、半導体産業と液晶産業の両産業で事業を展開していたことを示唆している。

図表3-9. フォトレジストが明記された特許例

出願番号	出願日	名称	出願人	フォトレジストメーカー(銘柄)
半導体用レジスト特許				
昭45-15753	1970年2月25日	半導体装置の電極形成方法	沖電気	Kodak(KMER), Shipley(AZ)
昭45-51914	1970年6月17日	導電被膜の製造方法	東芝	Shipley(AZ1350H)
昭45-76919	1970年9月1日	半導体装置の製造方法	シャープ	Shipley(AZ1350), Kodak(KPR)
昭45-115828	1970年12月23日	半導体素子の製造方法	東芝	Kodak(KPR, KMER)
昭45-127979	1970年12月28日	フォト・マスク	富士通	Kodak(KPR), Shipley(AZ1350), 東京応化(SY-TPR)
昭46-6145	1971年2月15日	半導体素子の製法	日立	Kodak(KPR)
昭46-80010	1971年10月11日	高解像性高接着性フォトマスク	キヤノン	Kodak(KPR, KMER), Shipley(AZ1350), 東京応化(TPR)
液晶用レジスト特許				
昭47-1945	1971年12月25日	液晶セル	キヤノン	Kodak(KPR), Shipley(AZ1350)
昭48-48696	1973年4月28日	パターン化された透明電極の形成方法	シャープ	Kodak(KMER)
昭49-46244	1974年4月24日	透明導電膜精密パターン形成法	セイコーエプソン	Shipley(AZ1350)
昭49-108097	1974年9月18日	酸化インジウム透明導電膜のエッチング方法	シャープ	Kodak(KMER)
昭49-136081	1974年11月25日	透明電極基板の製造法	シャープ	Kodak(KMER, KTFR), Shipley(AZ1350), Kalle(PK13)
昭50-3853	1974年12月25日	透明電極の製法	シャープ	Kodak(KMER), 東京応化(OMR), Kalle(KP03)
昭50-118130	1975年9月30日	液晶表示器の製造方法	東芝	Kodak(KPR, KMER)
昭51-61986	1976年5月27日	光学的位相板の製造方法	NEC	Shipley(AZ1350)
昭52-58246	1977年5月19日	液晶表示装置の電極製造方法	シャープ	Shipley(AZ1350)

それでは、日本のフォトレジストメーカーは、どうであったろうか。富士カメラ総研(2007)によると、世界の液晶用フォトレジスト市場のシェアは、AZ エレクトロニックマテリアルズ(51%)、東京応化工業(26%)、Dongjin Semichem(12%)、その他(11%)である。東京応化工業は、世界の半導体用フォトレジスト市場でも第2位(21%、図表 4-6)であり、液晶用途、半導体用途いずれの市場においても高シェアを有するフォトレジストメーカーである。そこで、以下、東京応化工業を取り上げ、液晶用フォトレジスト開発を分析することで、半導体—液晶産業間におけるフォトレジストメーカー内での技術伝播の可能性を分析する。

東京応化工業(東京応化研究所が前身)は、1936年に設立された企業であり、半導体産業や液晶産業における機能性化学品メーカーである。東京応化工業のフォトレジスト事業は、プリント基板用に TPR という製品名でポリ桂皮酸ビニル系のフォトレジストを1962年に上市したことから始まる

[東京応化工業(2000)/p.50]. この新製品開発において、自社の既存製品であった桂皮酸を原料として利用したとされる。一方、桂皮酸から感光性を有するポリ桂皮酸ビニルを製造する方法は、工業技術院東京工業試験所(現在の産業技術総合研究所の母体)との1961年5月からの共同研究を通じて獲得した[中根(1971)]. 当時すでに、工業技術院の津田穰はポリ桂皮酸ビニル新規合成法[津田(1962)]を發明していたためである。一方、ポリ桂皮酸ビニルの感光特性評価に関する技術は、津田が感光特性評価に関する知識を保有していた[津田(1964)]と推察されるものの、東京応化工業が1961年5月の高分子学会でポリ桂皮酸ビニルの露光量とゲル化量の関係について発表したという事実[東京応化工業(2000)/p.49]を踏まえると、工業技術院との共同研究を通じて獲得したは考えにくい。むしろ、東京応化工業は、1957年からNHK技研、大日本印刷、大日本塗料と共にカラーテレビ用シャドーマスク開発を目的とした蛍光体委員会のメンバーとなり、シャドーマスク製造用エッチングレジストとしてKodakのポリ桂皮酸ビニル系のフォトレジストKPRを認知したことがきっかけで感光性樹脂分野に展開したという事実[東京応化工業(2000)/p.48]を踏まえると、自社内で感光特性評価に関する技術を構築したものと思われる。

東京応化工業は、TPRのプリント基板産業での成功をきっかけに、TPRのネームプレート用途等の印刷産業への市場開拓を積極的に展開した。プリント基板のように微細加工を必要としないネームプレート用途では、当時すでに米国製の天然環化ゴム系フォトレジストが使用されており、ユーザーからは東京応化工業に対して同種のフォトレジストの開発要請があった。これを受け、自社内で保有していなかった天然ゴムを外部から調達することで、プリント基板産業から印刷産業への多角化を伴う新製品開発を成功させ、1965年にオーカレジストという製品名で上市した[東京応化工業(2000)/p.59].

東京応化工業のフォトレジスト事業の半導体産業への参入は、KodakのKMERの代替品として、OMR-81という製品名で上市した1968年である[中根(2005)]. この印刷産業から半導体産業への多角化を伴う新製品開発においては、製造に関するキー技術として、超遠心分離機を外部から導入することで、天然ゴム系のフォトレジストの精製という技術課題を克服した[東京応化工業(2000)/pp.61~63].

さて、次に、様々な用途でフォトレジスト開発を続けてきた東京応化工業が、液晶用途をターゲットとしたフォトレジスト開発に際し、どのように技術を構築したかを分析した。まず、パトリスの特許データベースPATOLIS-IVを用いて、東京応化工業が日本国内で出願したフォトレジスト関連の特許を抽出した。その結果を、半導体関連と液晶関連とに分けて、それぞれの初期出願特許例を

表3-10に示す。半導体関連特許と液晶関連特許のいずれにも共通して見られた発明者として、中根久(後に社長, 会長を歴任)と中山宗雄がいることがわかった。すなわち, 東京応化工業内で, 特定の技術者を介した半導体－液晶産業間技術伝播があったことが示唆された。

図表3-10. 東京応化工業出願特許例

出願番号	出願日	名称	発明者
半導体関連			
昭45-116680	1970年12月24日	プラズマ灰化装置	中根久, 植原晃
昭46-1802	1971年1月23日	スクリーン用フォトレジスト組成物	中根久, 小松原幸雄, 田上央, 野島節男
昭46-1803	1971年1月23日	スクリーン印刷用版面の製法	中根久, 青山俊身, 小松原幸雄, 田上央, 野島節男
昭48-1299	1972年12月29日	ポジ型フォトレジスト用現像液	中根久, 横田晃, 中山寿昌, 浅海慎五, 小峰孝
昭49-34285	1974年3月27日	光分解型フォトレジスト組成物	横田晃, 縫野一則, 中山寿昌, 浅海慎五, 中根久, 小峰孝
昭51-69445	1976年6月14日	水溶性レジストパターンの硬化処理方法	宮沢祥三, 佐藤善美, 土方勇, 中山宗雄, 中根久
昭51-69444	1976年6月14日	エッチングによるレリーフの製造方法	宮沢祥三, 佐藤善美, 土方勇, 中山宗雄, 中根久
昭52-14124	1977年2月14日	レジストパターン硬化用処理剤	宮沢祥三, 中山宗雄, 中根久
液晶関連			
昭46-101773	1971年12月15日	液晶微小カプセル化物の印刷方法	植田正也, 堀文一
昭53-58920	1978年5月19日	透明導電膜作成用溶液の製造方法	石谷静男, 衣川清重, 花田良雄, 石橋正, 荻原覚(以上, 日立製作所), 中山宗雄, 西村俊博, 橋本晃, 中根久
昭55-168110	1980年12月1日	金属酸化物被膜のパターン形成法	猪又敏, 中山宗雄, 橋本晃
昭55-187653	1980年12月29日	金属酸化物被膜のパターン形成法	猪又敏, 橋本晃, 中山宗雄

2-4. 半導体－液晶産業間における技術伝播

本章では, 通説となっている半導体－液晶産業間における技術伝播に対してマイクロ視野で批判的に考察した。技術的類似性が指摘されているフォトリソグラフィ技術に注目し, 液晶ディスプレイの量産プロセスを確立したとされる日本のメーカー内での技術伝播の可能性を技術レベルで精査した結果, 内部の技術者を介した積極的な技術伝播は全く見出すことができなかった。むしろ, 当時のディスプレイ周辺の技術背景から, 日本の液晶ディスプレイ製造におけるフォトリソグラフィ技術は, 当時すでに米国で広く知られていた技術を手本にしたものであったと推察された。一方,

日本のフォトレジストメーカーである東京応化工業において、内部の技術者を介した技術伝播が確認され、フォトレジストメーカー内においては、半導体－液晶産業間における技術伝播が存在していたことが示唆された。

Park et al.(2008)や半導体産業研究所(2009)では、マクロ視野あるいはメゾ視野で議論が進められ、外見上の技術的類似性を根拠に、半導体－液晶産業間において技術伝播があったものとして取り扱われた。しかし、本章での技術レベルまで掘り下げたマイクロ視野での分析の結果、半導体－液晶産業間における技術伝播を確認する事実は全く得られず、むしろ、日本の液晶ディスプレイメーカーは、フォトリソグラフィ技術を、半導体技術としてではなく、当時すでに米国で確立されていた液晶技術をそのまま転用していたことが示唆された。

以上に見てきたように、マイクロ視野の研究から得られる結果は、マクロ視野やメゾ視野の研究での表面的な分析から得られる結果とは全く異なり、正確な考察を行う上で極めて重要であることが示された。

【注】

- 1) 坂本(2009)は、組織が有する能力は、活動別と内容別に大きく分けられるとしている。その上で、例えば、新製品開発のための組織能力の構成要素として、①新製品開発に必須の要素と②それを引き出す下地となる要素があることを指摘し、①は活動別能力に、②は内容別能力に分類できることを暗に示している。
- 2) 単一産業内での技術伝播に関してはいくつか報告されている。例えば、半導体産業内での技術伝播[Chang et al.(1994), Appleyard and Kalsow(1999), Deng(2008)]や液晶産業内での技術伝播[Stolpe(2002), 大西(2006), Hu(2008)]に関する研究がある。
- 3) DRAM とは、Dynamic Random Access Memory, の略称で、コンデンサに電荷を蓄積することで記憶を保持する半導体メモリの一種。
- 4) TFT-LCD とは、Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, の略称で、薄膜状に加工されたトランジスタを使用した液晶ディスプレイ。
- 5) RCA は、GE から 1919 年に分離独立し創立され、1986 年に再び GE に買収されるまで存在した米国の民間企業。
- 6) パトリスは、特許情報の提供を事業内容とする日本の民間企業。

- 7) 液晶産業形成開始時期を厳密に確定することはできない。ここで、重要なのは、液晶産業の形成開始時期が半導体産業のそれよりも遅かったという前後関係である。
- 8) 日本語の本ではあるが、世界初の専門単行本とも考えられている[小林(2000, 2006)]。
- 9) 米国の液晶技術が半導体技術を基盤にしているか否か、すなわち、米国の液晶ディスプレイメーカー内で、半導体－液晶産業間での技術伝播があった否かは、別途、調査が必要である。

第4章 研究方法

本研究は、顧客志向の代表的な製品とも言える機能性化学品の新製品開発事例を中心とした事例研究である。機能性化学品の範囲や分類に関する厳密な定義はないが¹⁾、本研究では、半導体産業や液晶産業に代表されるIT産業²⁾において使用される化学製品と定義し、半導体産業で広く普及しているダイアタッチフィルム、半導体用表面保護テープ、フォトレジストといった機能性化学品の新製品開発事例を取り上げる。

本章では、まず、本研究の研究方法としての事例研究について記述する。続いて、本研究の研究対象である機能性化学品に関連する半導体産業を概観するとともに、半導体技術を簡単に説明する。

1. 事例研究について

沼上(2000)は、経営学における研究アプローチを大きく2つに分類できることを示した。すなわち、少数の事例を詳細に分析する事例研究法と大量データを基にした統計的研究法である。その上で、前者を行為システム記述、後者を変数システム記述とそれぞれ呼び、入念に比較し、事例研究法は行為の背景にあるメカニズムを解明するのに適していると主張している。

事例研究法とは、特定の事例を研究対象として取り上げ、その事例に関する詳細な事実を収集し、それらの特徴や因果関係を分析することで、科学的法則の抽出を試みる方法である[石川(1969a)]。この方法は、医者が患者に対して行う臨床に類似している。すなわち、臨床医は、特定の患者を診断し、どんな病気に罹っているかを分析し、過去の事例と照らし合わせて、最終的に治療法を提案する。

一方、統計的研究法は、科学的か否かの線引きの指標として挙げられる再現性に適合的であろう。また、大量データを使用しているため、未来の現象を予想することも可能かもしれない。しかし、実践的な意味で経営学を捉えた場合、実のところ、統計的研究で得られた数値や傾向は、実務家にとってほとんど意思決定の役に立たない。もし、あなたが病院に行き、医者から「あなたの罹っている病気は、今流行している病気と同一である可能性が高い」などと統計的に診断されたら、きっとあきれるに違いない。実務家にとって最も重要な視点は、統計上の自らの立ち位置ではなく、現実

としての自らの立ち位置なのである。

もちろん、事例研究法にも欠点がある。第一に、特定の事例を取り扱うため、そこから導出される結果が特異的になる可能性がある点である。第二に、1 回限りの事象であるため、再現実験ができず、結果の信頼性や妥当性を検証するのが困難であるという点である。そして、第三に、インタビューのような定性的なデータを基に議論するため、研究結果に研究従事者の主観というバイアスが入りやすいという点である。この欠点は、社会科学という学問全体に潜む問題であり、事実とその評価による価値の分離の難しさと必要性が古くから指摘されている[Weber(1904, 1913), Schumpeter(1915), Carr(1961)].

本研究は、上記欠点を踏まえた上で事例研究法により研究を進めた。特に、本研究では、技術伝播に関する仮説を導出し概念的フレームワークを考案するために、筆者が開発に直接的に関わったダイアタッチフィルム開発の事例を取り上げている(第 5 章)が、この経験的事実の分析において、第三の欠点を可能な限り排除するよう努めた。具体的には、筆者自身の主観が入らないよう、当時の特許情報等を分析データとして用いた。

ところで、特許制度は、発明の保護と利用を促すための制度であり、特許成立の要件は、技術情報の新規性と進歩性である[岡田(1998)]. すなわち、特許は、新たな発明であり、技術の変化分とみなすことができる。そのため、特許情報は、イノベーションの指標として広く活用されている[Archibugi(1992), 玉田他(2004)]. さて、特許の明細書内で氏名が明記されている発明者は、単独発明者であろうと共同発明者であろうと、真に発明した者に限られるため[下田(2009)], その技術の変化分に直接的に寄与した者と見なせる。逆に、特許の発明者でなく、かつその特許が引用している特許の発明者でもない者は、技術の変化分に直接的に寄与したとは考えられない。従って、ある特定の発明者が出願した特許の明細書内容を時系列的に精査すれば、時系列的に後に出願された特許の明細書内容と前に出願された特許の明細書内容との比較から、変化分としての新規技術を明らかにでき、また同時に、未変化分としての既存技術を明らかにすることができる。つまり、本研究で多く展開している発明者名をキーワードとした出願特許の抽出とこれらの明細書の全文³⁾内容比較による共通キーワードの特定は、企業内の既存技術と新規技術との技術関連性を議論でき、さらに新製品開発における技術伝播の構造を技術レベルで考察するのに有効な手法と言える。ただし、本研究では、特許情報を中心的な分析データとして用いているが、それに加えて、開発に関わったキーパーソンへのインタビューにより把握した事実、技術雑誌・書籍情報、社史情報等を補完的な分析データとして活用し、可能な限り、分析の精度を高めた。

さて、事例研究からの仮説の導出に関しては、様々な方法論が展開されている[宝月(2010)]. 中でも、Znaniecki(1934)が提唱した分析的帰納法 (Analytic Induction) は、枚挙的帰納法 (Enumerative Induction) と対比されて定義されている[石川(1969b)]. 枚挙的帰納法は数多くの事例に同様の特徴を求め、それらが各特殊事例にとって本質的あると考え、それらを一般性のゆえに概念的に抽象するの対して、分析的帰納法は所与の事例からそれにとって本質的な特性を抽象し、本質的である限り数多くの事例においても同様であると考え、一般化する. すなわち、分析的帰納法は、具体的な事例から、同じ種類の他の事例全体に共通した本質的な特性を抽出し、一般化する方法と言える. もちろん、分析的帰納法にも批判がある. 代表的なものとして、例えば、分析的帰納法から得られた仮説は必要条件であるものの十分条件ではないといった批判があるが、逆に、必要条件が何かを明確にできるという点で意義のある方法とも言える[宝月(2010)].

また、本研究では、分析的帰納法から導出された仮説を、他の事例で検証するが、仮説・検証における問題点として、Popper(1959)は反証主義を主張した. すなわち、検証された仮説は、あくまでも、反証が見つかっていない仮説にすぎず、いわば強められた仮説と呼ぶべきと指摘している[戸田山(2005)].

本研究では、筆者の経験的事実から仮説を導出する分析的帰納法のアプローチを採用する. そして、他の事例研究による検証で、その仮説を強める. すなわち、まず、第 5 章において、筆者が開発に直接的に関わったダイアタッチフィルム開発を分析することで仮説を導出し、その仮説に基づいた概念的フレームワークを考案し、第 6 章においてその概念的フレームワークで特定の新製品開発事例の技術伝播の構造を考察するとともに、仮説を強める検証を行う.

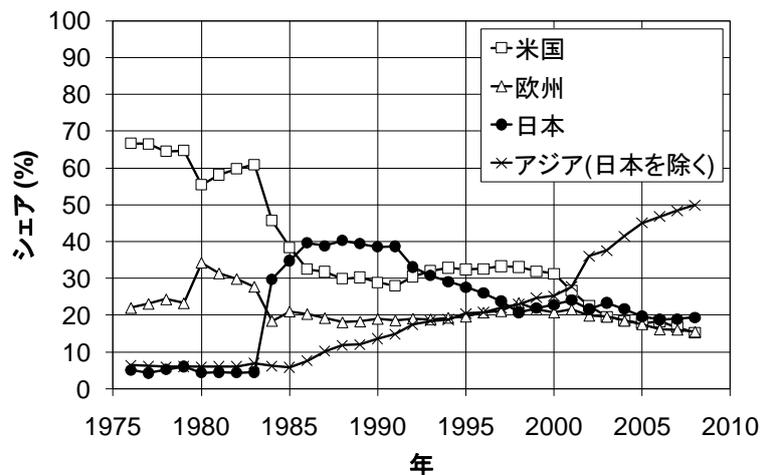
2. 事例の選定

本研究では、特定企業の機能性化学品の新製品の製品化プロセスを技術レベルで分析する. 特に、IT 産業の代表例である半導体産業で使用される化学製品を事例として取り上げる. そこで、以下、日本の半導体産業の競争力について概観した後、半導体プロセスとそこで使用される機能性化学品について簡単に説明する.

2-1. 半導体産業概観

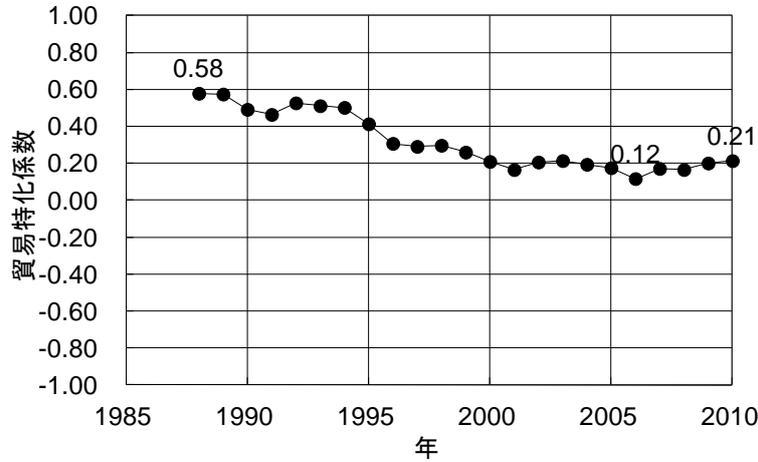
半導体の歴史は、1947年に米国のベル研究所で発明されたトランジスタまで遡る[西村(2008)].
 そして現在では、半導体集積回路(IC)へと高度化し、様々な産業で活用されている[牧本(2006)].
図表 4-1に、世界及び日本の半導体生産シェアの推移を示す。日本の半導体メーカーのシェアは、品質を武器としていた1980年代後半は40%と高かったが、低コストを武器とした韓国の半導体メーカーやファウンドリービジネスを確立した台湾の半導体メーカーの台頭に伴い、1992年以降低調に転じ、近年では、その世界シェアは20%以下になっている。また、**図表 4-2**に財務省貿易統計がICという分類で発表している輸出入額から年別に貿易特化係数⁴⁾を計算した結果を示す。1988年に0.58あった貿易特化係数が、2010年には0.21まで低下しており、国際競争力が低下していると言える。実際、**図表 4-3**に半導体シェアランキングを示すが、1991年にはトップ10のうち5社程度が日本のメーカーであったが、2010年には2社に減少している。このような日本の半導体産業における競争力の低下については、例えば、谷光(2002)は米国、韓国、台湾と比較することで、投資の意思決定が遅い等の日本式経営に問題があると指摘している。また、中馬(2010)は全部原価計算方式という会計方式により半導体メーカーの経営陣に短期的戦略に走らせたと論述している。一方、藤村(2000)は、技術限界というコンセプトを提唱し、半導体の技術進歩とともに、実行限界→装置限界→物理限界と技術の階層が変遷したことを示し、日本の半導体メーカーの競争力の低下は、物理限界のシステム化に対応した研究開発の効率の低下にあると指摘した。

図表4-1. 半導体生産地域別シェア



出所: 世界半導体協会(Semiconductor Industry Association)発表の統計(WORLDWIDE MARKET BILLINGS (THREE-MONTH MOVING AVERAGES))を基に筆者作成

図表4-2. 貿易特化係数*の推移



*算出には、概況品目: IC, を使用
 (輸出概況品コード: 7032305, 輸入概況品コード; 7031103)
 出所: 財務省発表の貿易統計を基に筆者作成

図表4-3. 半導体の世界トップ10メーカーの推移

順位	1971	1981	1991	2001	2010
1	TI	TI	NEC(日)	Intel	Intel
2	Motorola	Motorola	東芝(日)	東芝(日)	Samsung
3	Fairchild	NEC(日)	Intel	ST	東芝(日)
4	IR	Philips	Motorola	Samsung	TI
5	NS	日立(日)	日立(日)	TI	ST
6	Signetics	東芝(日)	TI	NEC(日)	ルネサス(日)
7	AMI	NS	富士通(日)	Motorola	Hynix
8	Unirode	Intel	三菱(日)	日立(日)	Micron
9	VARO	松下(日)	松下(日)	Infineon	Qualcomm
10	Siliconix	Fairchild	Philips	Philips	Broadcom

出所: Gartner発表資料を基に筆者作成

ところで、IC は多くの個別プロセスを経て製造され、一般に、それらは前工程と後工程の 2 つに大きく分けられる[菊池(1998)]. 前工程では原料であるシリコンウェハ上に多数の IC が作り込まれ、後工程では IC が個片化され半導体デバイスとしてパッケージングされる。

代表的な個別プロセスとして、次の 6 つを例示することができる(図表 4-4).

(1) フォトリソグラフィ(Photolithography)工程: シリコンウェハ上にフォトレジスト(Photoresist)⁵⁾を塗布し、露光装置を用いてレチクル(Reticle)と呼ばれるフォトマスク(Photomask)に描かれた回路パターンを焼き付け、複数の IC からなる半導体ウェハとする工程。

(2) バックグラインディング(Back-grinding)工程: 半導体ウェハの表面(IC 面)に半導体用表面保護テープを貼り付け、バックグラインディング装置(グラインダー)で裏面(非 IC 面)から研削することで半導体ウェハの厚みを薄くする工程。

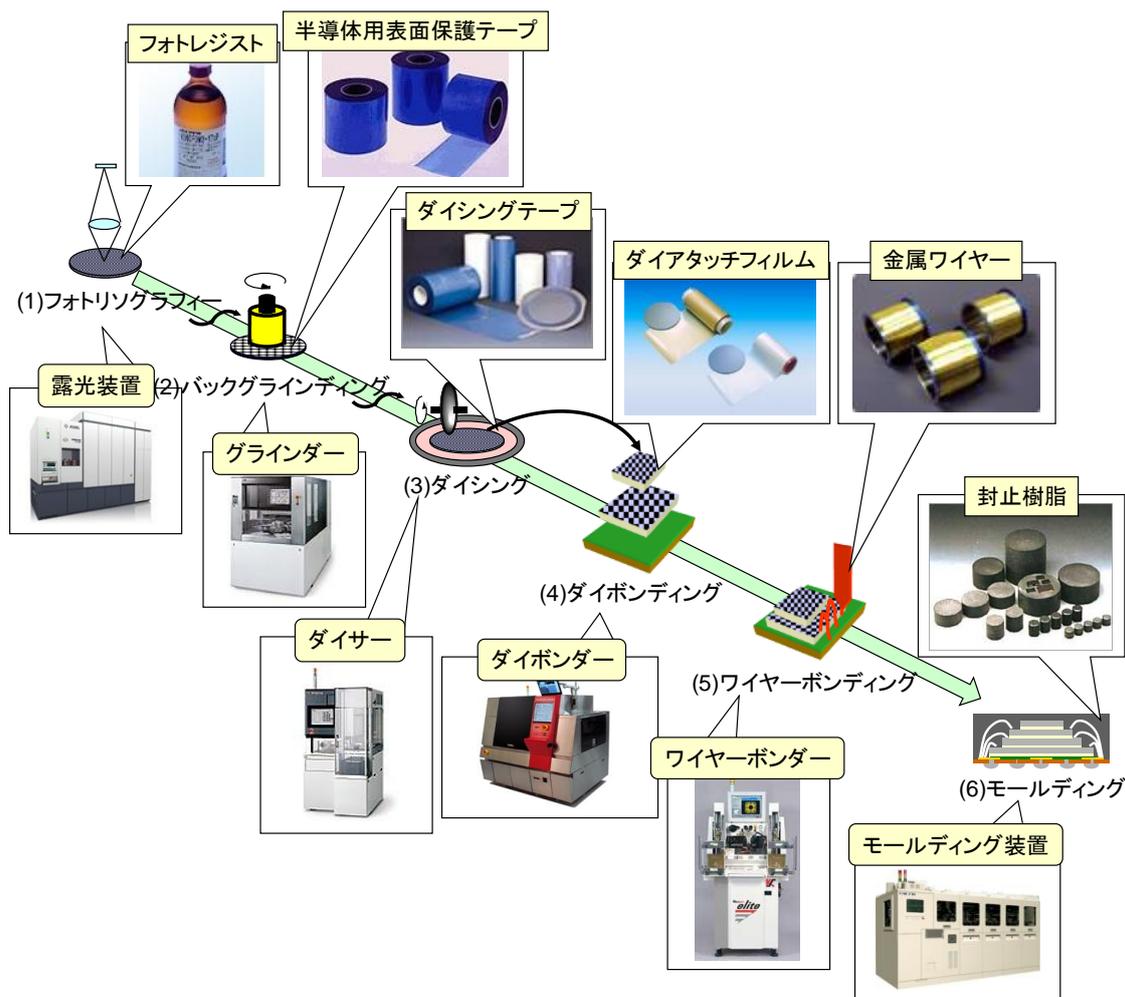
(3) ダイシング(Dicing)工程: 薄厚化された円形の半導体ウェハの裏面にダイシングテープ(Dicing Tape)を貼り付け仮固定し, 金属製ブレード等からなるダイシング装置(ダイサー)で IC 毎に四角形の半導体チップ(Chip)に個片化する工程.

(4) ダイボンディング(Die Bonding)工程: 半導体チップを樹脂製や金属製の基板上にダイアタッチフィルム(Die Attach Film)⁶⁾と呼ばれる接着フィルムを介して, ダイボンディング装置(ダイボンダー)で固着する工程.

(5) ワイヤーボンディング(Wire Bonding)工程: 半導体チップと基板との間の電氣的接合を得るためにワイヤーボンディング装置(ワイヤーボンダー)で金属ワイヤーによる配線を形成する工程.

(6) モールディング(Molding)工程: 外的環境の影響から半導体チップを保護するための封止樹脂⁷⁾をモールディング装置で成型する工程.

図表4-4. 半導体パッケージ製造プロセス

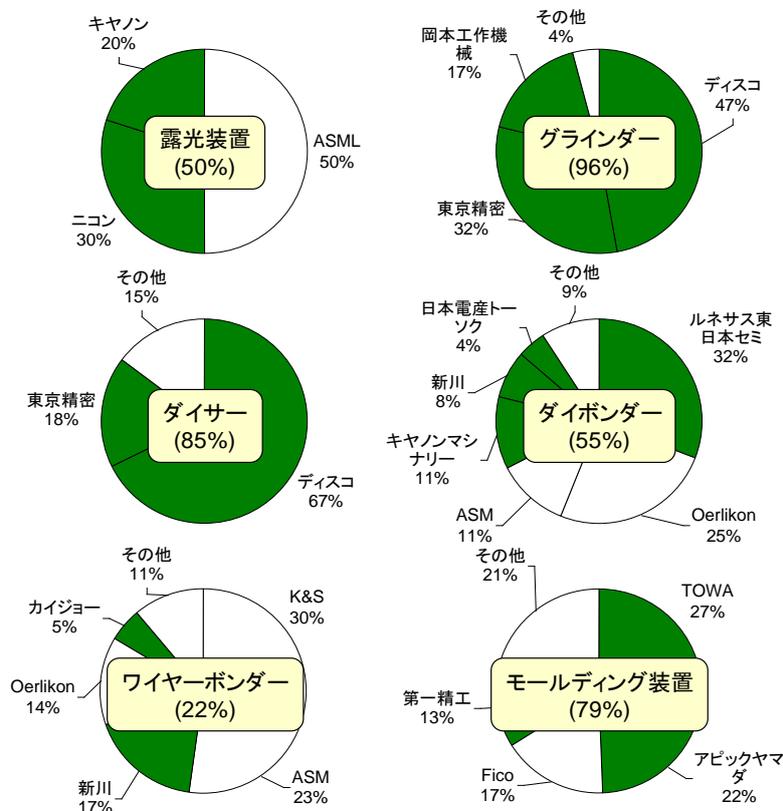


出所(写真): 日本の該当製品メーカーのホームページ

これら6つの個別プロセスで使用される装置及び材料の2007年時点での市場におけるメーカー別シェア内訳を、それぞれ図表4-5及び図表4-6に示す。装置市場、材料市場、いずれにおいても日本のメーカーが大きな存在感を有しており、半導体市場での国際競争力とは対照的である。

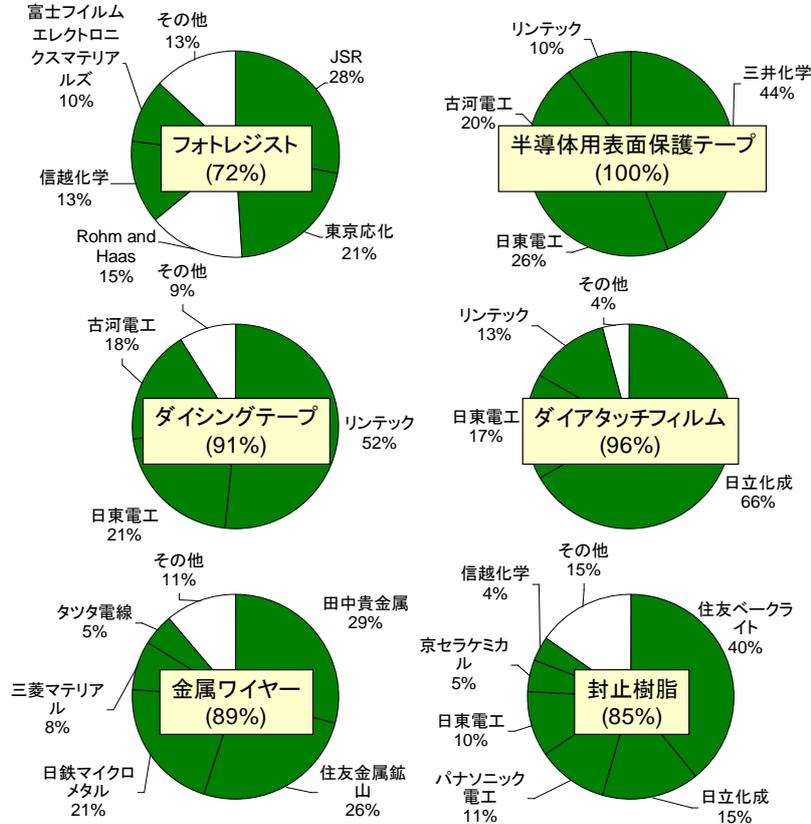
圧倒的な競争力を発揮している材料市場に注目すると、興味深いことに各材料のトップメーカーの創業年は、JSR: 1957年、三井化学: 1892年、リンテック: 1927年、日立化成工業: 1912年、田中貴金属: 1885年、住友ベークライト: 1911年と、多くのメーカーがトランジスタ発明の1947年よりも前に創業していることがわかる⁸⁾。すなわち、これら老舗の日本の化学メーカーは、1947年以降新たに形成された半導体産業に多角化参入したと換言できる。多角化は垂直型多角化と水平型多角化に大きく分類することができる[Ansoff(1957)]。垂直型は現産業と同産業内での川上または川下方向の事業拡大であるのに対して、水平型は異産業への事業展開と定義される。1947年以前は半導体産業そのものが形成されていなかったことを考慮すると、それ以前に創業していた日本の化学メーカーの半導体事業への多角化は水平型多角化であったと言える。

図表4-5. 装置の世界シェア



*()内は日本のメーカーのトータルシェア
出所: プレスジャーナル(2008)

図表4-6. 材料の世界シェア



*()内は日本のメーカーのトータルシェア

出所: Gartner(2008), 富士キメラ総研(2007), プレスジャーナル(2008)

2-2. 仮説導出のための事例の選定

第5章では、新製品開発における技術伝播に関する仮説の導出と概念的フレームワークの考案を目的に、筆者が三井化学で開発に直接的に関わったダイアタッチフィルム開発を取り上げる。この事例を選定した理由は、第一に、三井化学のダイアタッチフィルム事業は事業化に失敗し、後に事業撤退することになるが、製品化(上市)には成功した事例であり、製品化プロセスの分析対象として問題がない事例であるためである。第二の理由は、筆者自身が開発着手当初から技術開発に関わっており、開発背景や材料設計に関連する当時の資料やデータを豊富に有しているためである。そして、第三の理由は、筆者は本開発テーマにおいて、材料設計や合成実験といった社内活動のみならず、顧客訪問を中心とした社外活動も実務ベースで並行して経験したため、本開発の製品化プロセスを経験的事実として網羅的に分析できる好例と考えられるためである。

しかし、自分自身が関わった事例の研究は、事実をより詳細に記述できる半面、その解釈は主観的になりやすいという欠点が懸念される。また、Carr(1961)が主張した歴史的被制約性が入る恐れもある。歴史的被制約性とは、歴史学者が、過去の歴史を評価する際の価値判断に影響を及ぼす評価時点での内・外環境的なバイアスを指す。この歴史的被制約性は、たとえ、評価対象が自分自身の過去(歴史学では同時代とみなせる過去)であったとしても、生じる恐れがあると思われる。そのため、記憶に頼った過去の事実の掘り起こしに際し、ある解釈に都合の良い事実のみを取り上げてしまうことが懸念される。そこで、当時に出願された特許情報等をベースに客観的に分析することで、そのような懸念点を可能な限り避けることを心がけた。

2-3. 仮説検証のための事例の選定

本研究では、第5章で導出した技術伝播に関する仮説を、第6章の大きく2件に分類できる新製品開発事例で検証する。

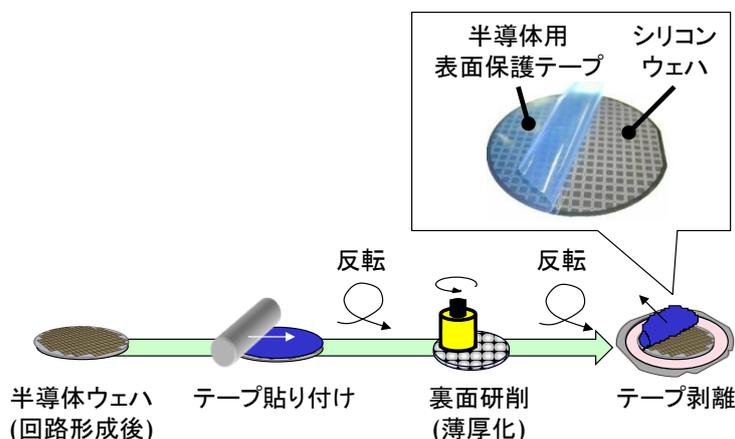
1件目の事例は、三井化学の半導体用表面保護テープ開発の事例で、2件目の事例は、JSRのフォトレジスト開発である。この2つの材料に注目した理由は、半導体産業での技術革新の代名詞とも言える半導体の高密度化に最も貢献した機能性化学品であるためである。

携帯電話やパーソナルコンピューターに代表される電子機器の高機能化と小型化の流れの中で、半導体は年々高密度化している。最も広く知られている高密度化に関する経験則は、ムーアの法則であろう。この法則は、米国のIntelの共同創業者であるムーアが、1965年に発表した半導体の高密度化の長期予想である[Moore(1965)]。半導体の高密度化は、ムーアの予想通り、あるいはムーアの予想を目標に研究開発が行われ、年々進んでいる。半導体の高密度化に最も寄与する工程は、フォトリソグラフィ工程[高橋(2006)、望月(2009)]とバックグラインディング工程[赤沢(2005)、鈴木(2009)]である。すなわち、シリコンウェハ上にいかに微細な回路を形成させるか、半導体ウェハをいかに薄く削るかが高密度化を実現するために最も重要な技術課題である。この技術課題を解決するために、フォトリソグラフィ工程とバックグラインディング工程に関わる装置メーカーや材料メーカーは継続的に新製品開発を進めてきた。

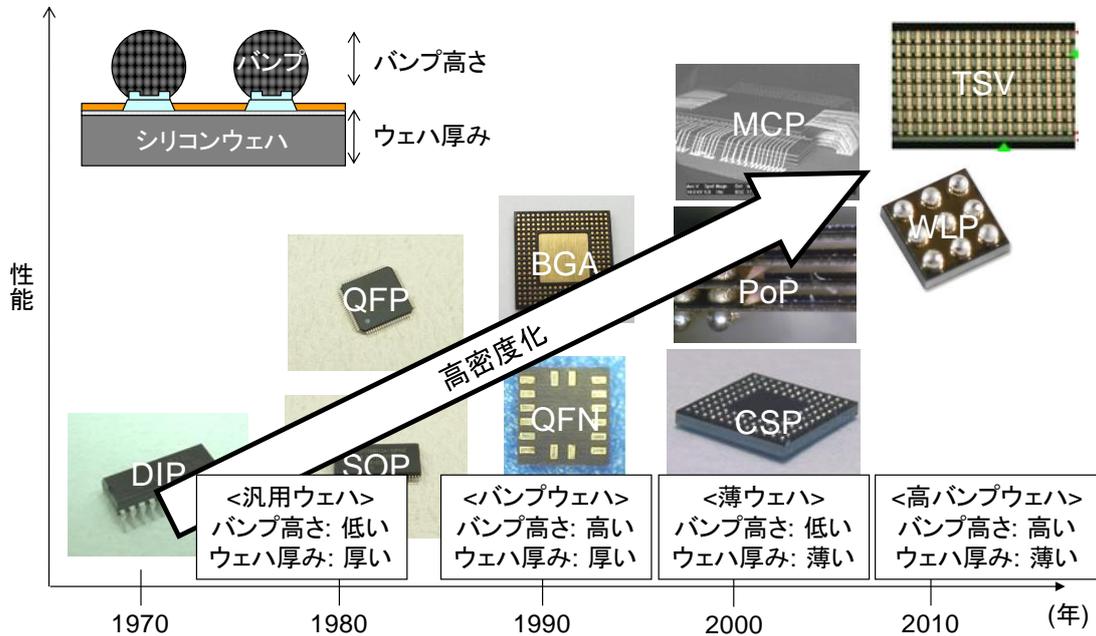
そこで、第6章で分析する事例の1件目として、半導体の高密度化に貢献したバックグラインディング工程(図表4-7)で使用される半導体用表面保護テープに注目し、その材料市場で世界第1位のシェアを有する三井化学における新製品開発を事例として選定した。

先述したように、半導体は高密度化という技術トレンドのため、その技術は日進月歩で進歩している[赤沢(2005)]. 半導体の高密度化は、新型の半導体パッケージの開発を促した[Fjelstad(2009)]. 例えば、DIP(Dual In-line Package), BGA(Ball Grid Array), MCP(Multi Chip Package)やWLP(Wafer Level Package)等が開発されてきた. この半導体パッケージの変遷に伴い、半導体ウェハの形態も大きく変化し続けている. その変遷を図表 4-8 に示す. すなわち、一般に、半導体ウェハの形態を表わすパラメータとして、ウェハ厚みとバンプ⁹⁾高さがあるが、これらパラメータが変化し続けている. 従来のウェハ厚みが厚く、バンプ高さが低いウェハを汎用ウェハと呼び分類すると、半導体パッケージの変遷に伴い、バンプウェハ、薄ウェハ、高バンプウェハと分類できる形態のウェハが使用されるようになった. この半導体ウェハ形態の変化に対して、三井化学は半導体用表面保護テープの新製品開発を継続的に推進することで対応した. 図表 4-9 に、三井化学の半導体用表面保護テープの新製品開発の一例を示す¹⁰⁾. 第 6 章の 1 件目の事例では、1980 年代に半導体産業への多角化のきっかけとなった最初の半導体用表面保護テープ開発(製品名: SB)と、2010 年に製品化に成功した最新の高バンプウェハ向け新規テープ開発(製品名: MY)を取り上げ、それぞれの技術伝播の構造を考察する.

図表4-7. バックグラインディング工程



図表4-8. 半導体パッケージの高密度化と半導体ウェハ形態の変遷



DIP: Dual In-line Package, SOP: Small Outline Package, QFP: Quad Flat Package,
 QFN: Quad Flat Non-leaded Package, BGA: Ball Grid Array, CSP: Chip Scale Package, PoP: Package -on-Package,
 MCP: Multi Chip Package, WLP: Wafer Level Package, TSV: Through Silicon Via

出所(写真): 日本の該当製品メーカーのホームページ

図表4-9. 三井化学の半導体用表面保護テープ新製品開発

半導体ウェハ形態	汎用ウェハ	バンプウェハ	薄ウェハ	高バンプウェハ	
製品名*	SB	HT	SV	HR	MY
上市年	1987	1995	2002	2003	2010

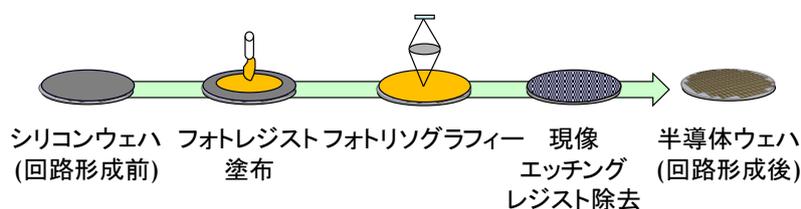
*製品名は略称

2 件目の事例として、フォトリソグラフィ工程(図表 4-10)で使用されるフォトレジストに注目し、その材料市場で世界第 1 位のシェアを有する JSR における新製品開発を事例として選定した。

フォトレジストは、半導体用表面保護テープと同様、半導体の高密度化に貢献している機能性化学品である。半導体は、回路パターンの線幅が狭いほど高速化し、高機能化する。そのため、回路線幅をどのくらい微細にできるかという解像性能が露光技術の性能となる。この解像性能は、原理的に、露光装置の光源波長が短ければ短いほど上昇することが知られている。一方、露光装置の光源として、単一波長の光を発振するレーザーが適用されたため、露光技術の革新は不連続なものであった。すなわち、露光波長は、g 線(436 nm)、i 線(365 nm)、KrF エキシマレーザー(248 nm)、ArF エキシマレーザー(193 nm)と不連続に変化していった¹¹⁾。このような不連続な露光波長の変化に対して、JSR では継続的にフォトレジストの新製品開発が進められている。図表 4-11 に、JSR のフォトレジストの新製品開発の一例を示す¹²⁾。JSR が発行している社史[JSR(2008)]や特許情報を基に、各新製品の技術伝播の構造を 2 件目の他事例として考察した。

以上の 2 件の事例に対して、第 5 章で考案した概念的フレームワークを使用して技術伝播の構造に関する考察を加え、第 4 章の代表事例から導出した仮説を強める検証を行う。

図表4-10. フォトリソグラフィ工程



図表4-11. JSRのフォトレジスト新製品開発

リソグラフィ方式	密着露光		g線	i線	KrF	ArF
製品名*	CBR	CIR	PFR	IX	KRF	ARF
上市年	1977	1979	1982	1988	1995	2000

*製品名は略称
出所: JSR(2008)を基に筆者作成

【注】

- 1) 機能性化学品の定義、範囲や分類は、国や企業によって異なる。石油化学品(ペトロ, Petro)の対比として考えられる場合もあれば、汎用化学品(コモディティ, Commodity)の対比として考えられる場合もある。企業によっては、スペシャリティ化学品(Speciality)やファイン化学品(Fine)と同義に考えられる場合もある。機能性化学産業研究会(2002)は、機能性化学品が属する産業を機能性化学産業と呼び、この産業の定義として、「化学技術を基盤においた物質・材料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提案するという産業形態」と提案しているが、このような特徴は、製品ライフサイクルの段階により変化してしまう定義なので、適切とは思えない。
- 2) IT(Information Technology)産業とは、情報・通信技術に関連する産業を総括した名称。
- 3) 玉田他(2002)は、バイオテクノロジー分野の日本特許を中心に、その明細書内に記載された引用文献の調査から、科学的・技術的関連性を把握するためには、全文の分析が必要であることを明らかにした。
- 4) 一般に、ある製品の国際競争力を見る場合、貿易特化係数を使用することが多い。貿易特化係数は、ある貿易品目の輸出入額から、 $(輸出 - 輸入) / (輸出 + 輸入)$ として計算され、マイナス 1 からプラス1の値となる。プラス 1 に近いほど国際競争力が高い製品とみなされる。
- 5) フォトレジスト(Photoresist)は、光や電子線等によって溶解性等の物性が変化する感光性化合物の総称。
- 6) ダイアタッチフィルム(Die Attach Film)は、ダイボンディングフィルム(Die Bonding Film)とも呼ばれることがあるが、Die Attach Film という名称から DAF という略称で知られる接着フィルム。Die とは、慣例的に半導体チップ(Chip)を指す。Attach は接着を意味し、DAF とは、半導体チップを基板に接着させるためのフィルムのことである。
- 7) 封止材料は、一般に、エポキシ(Epoxy)樹脂を主成分として、シリカ(Silica)充填剤等を添加した混合物である。また、加熱すると鎖状分子同士が結合する架橋反応が進行する、いわゆる熱硬化性を有する。
- 8) 泉谷(2006)は、創業 100 年以上の老舗の材料メーカーが世界材料市場で圧倒的なシェアを有していることを強調し、100 年に及ぶ技術の蓄積と不屈の魂がその強さの背景にあると述べている。しかし、技術レベルの調査に基づいた考察ではないため、短絡的で非論理的な主張である。
- 9) バンプとは、半導体ウェハ表面に形成された突起物で、半導体パッケージと回路基板とを電気的に接続するための電極の機能を有する。半導体の高密度化が進む近年、従来のワイヤボンダ接

続に代わり増加しているフェースダウン型のフリップチップ実装で必須の技術となっている。

10) 半導体用表面保護テープは半導体ウェハ表面に貼られるテープなので、パッシベーション膜の種類といった半導体ウェハの表面状態によっても、その要求特性が大きく変わる。従って、極端に言えば、半導体ウェハの種類毎にテープ設計の微調整が必要であるため、テープ銘柄数は自ずと多くなる。図表 4-9 には、テープ銘柄の一部を例示している。

11) g 線と i 線は、高圧水銀灯の輝線の呼称である。KrF エキシマレーザーや ArF エキシマレーザーのレーザー光は、波長 300 nm 以下の紫外線であり、一般に、DUV(Deep UV, 遠紫外線)と呼ばれる。これらレーザーを使用したフォトリソグラフィは、DUV フォトリソグラフィと総称され、そこで使用されるフォトレジストは、DUV フォトレジストと呼ばれる。

12) フォトレジストも、半導体用表面保護テープと同様に、カスタマイズ製品となる場合が多く、その結果として多銘柄が存在する。図表 4-11 には、リソグラフィ方式(露光光源)に応じた代表的な銘柄シリーズ名を例示している。

第5章 技術伝播の概念的フレームワークの考案

本章では、筆者が三井化学にて開発に直接的に関わったダイアタッチフィルム(以下、DAF)開発を取り上げ、新製品の製品化プロセスの経緯を記述し、分析する。本章での最終目標は、技術伝播に関する仮説の導出と概念的フレームワークの考案であるが、それに先立ち、新製品の製品化プロセスに内在する技術の中味について議論する。

技術という用語は、多義的に用いられることが多いが、Drucker(2005)は、英国の Alfred R. Wallace の洞察を引き合いに出し、技術を「ものづくり方」と定義した。この定義に従えば、技術とは、部材¹⁾を調達(準備)し、製造(加工)し、新たに付加価値を付与した製品を得る一連のフローに関連する能力と換言できるであろう。すなわち、製品化プロセスに内在する技術は、製品化に関わるいくつかの能力から構成されるものと仮定できる。本章の前半では、筆者の経験的事実の分析から、その能力がいかなる類のものかを考察し、新製品開発における技術伝播に関する仮説を導出する。そして、本章の後半では、技術供与体と技術受容体との間の能力の関連性を図式化した技術伝播の概念的フレームワークを考案し、さらに、DAF 開発事例における技術伝播の構造を考察する。

1. 三井化学のダイアタッチフィルム開発

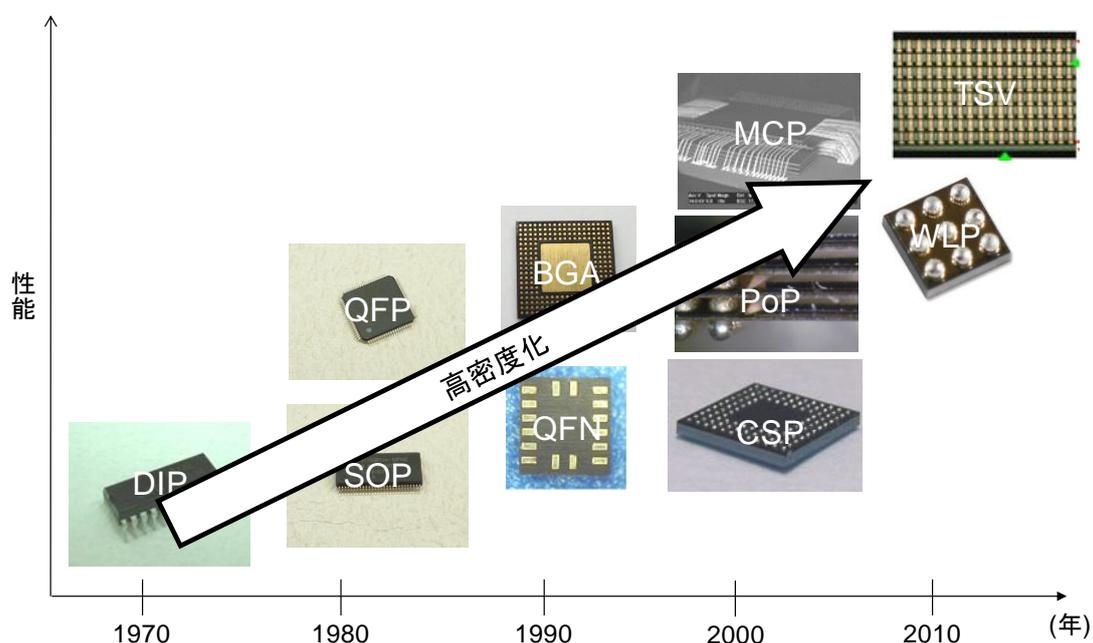
1-1. ダイアタッチフィルム開発背景

半導体は高密度化という技術トレンドの下、その技術は日進月歩で進歩している[赤沢(2005)]。そして、半導体の高密度化は、新型の半導体パッケージの開発を促した[Fjelstad(2009)]。半導体パッケージの動向を図表 5-1 に示す。

1970 年代後半に、端子を基板に挿入する DIP(Dual In-line Package)から端子を L 字形状にした SOP(Small Outline Package)や QFP(Quad Flat Package)等の表面実装型パッケージへの変革があった。この変革は多端子化・高密度化や実装プロセスの容易化において画期的であったが、狭ピッチになると実装技術は極端に困難さを増し、また、端子も変形しやすい等の問題もあり、1990 年代に入ると、パッケージの裏面にバンプと呼ばれるはんだボールを端子とする格子端子(エアアレイ型)の BGA(Ball Grid Array)が開発された。これにより、QFP より小型にもかかわらず 400 ピン以上

の多端子化が実現された。また一方、比較的少端子の分野では、搭載された半導体素子と同等のサイズの CSP(Chip Size Package)が開発された。さらに近年では、半導体パッケージの多機能化と低コスト化を目的に、半導体素子積層型の MCP(Multi Chip Package)や半導体パッケージ積層型の PoP(Package on Package)が開発された。そして最近では、WLP(Wafer Level Package)や TSV(Through Silicon Via)といった超小型パッケージが実現されるようになった。このような半導体パッケージの変遷により、単位面積当たりの実装密度が飛躍的に上げられるようになった。

図表5-1. 半導体パッケージの高密度化



DIP: Dual In-line Package, SOP: Small Outline Package, QFP: Quad Flat Package, QFN: Quad Flat Non-leaded Package, BGA: Ball Grid Array, CSP: Chip Scale Package, PoP: Package-on-Package, MCP: Multi Chip Package, WLP: Wafer Level Package, TSV: Through Silicon Via

出所(写真): 日本の該当製品メーカーのホームページ

古くから、半導体素子を樹脂基板やリードフレーム材等の被着体に固定する、いわゆるダイアタッチ材にはエポキシ系ペーストが広く使用されてきたが、半導体素子積層型の MCP においては、ワイヤボンドエリアの狭ピッチ化に伴い、半導体素子と半導体素子との間で使用されるペーストがはみ出し(ブリードアウト)ワイヤボンドエリアを汚染するといった問題が頻発するようになり、新たに DAFと呼ばれるフィルム状接着剤のニーズが高まった。このニーズを先駆的に把握し、開発を進めたのは日立化成工業であった。日立化成工業は、この製品を重要製品と位置付け、早くから特許

網の構築を行い[日立化成工業(2008)], 競合他社の新規参入を防ぐことで, 長く世界第1位のシェアを維持し続けてきた。

さて, 三井化学は, 携帯電話, USB メモリ, SD カードといった用途でのフラッシュメモリのニーズの高まりを受け, 2002年にDAF開発に着手した。フラッシュメモリに対する基本的技術要求は高容量化であり, そのため半導体素子積層型のMCPの需要増加が期待できたからであった。しかし, 当時, DAF市場はすでに日立化成工業が独占的地位を固めていたため, 三井化学は後発参入メーカーとして製品特性上の差別化が必要であった。フラッシュメモリの高容量化のための主な手段は, MCP内で使用する半導体素子枚数の増加である。すなわち, 同じ容量を有する半導体素子を2枚積層すれば, その容量は当然ながら, 1枚のときに比べて2倍にできる。一方, MCPの高さは, 携帯電話, USB メモリ, SD カードといった最終製品で決められており, 高容量化したとしても, 半導体パッケージの高さを上げることは通常許容されなかった。従って, フラッシュメモリメーカーは, 半導体素子(半導体ウェハ)の薄厚化を進めていた。当時の日立化成工業品の接着温度は180°C以上を要し, ウェハの薄厚化に伴い, 反りや割れといった問題が顕在化してきていた。また, 当時, 欧州連合のWEEE/RoHS指令²⁾により, 2006年には鉛はんだの全廃が義務付けられていた。これを受け, 半導体パッケージと基板との接合に用いられるはんだの鉛フリー化が進みつつある。鉛フリーはんだの有効候補としてSn-Ag-Cu系はんだが挙げられており, その融点は約220°Cであり, 現行のSn-Pb系はんだの融点約180°Cに比べて約40°Cも高く, 鉛フリーはんだを用いた実装時の半導体パッケージの表面温度は250~260°Cに達すると言われていた。そのため, 260°Cのリフローにも耐える耐リフロー性に優れたDAFのニーズが徐々に高まっていた。

以上の顧客からのニーズと日立化成工業品との差別化を踏まえ, 三井化学は, 低温接着性と耐リフロー性を有する熱可塑性ポリイミドを主成分とするDAF開発を, 2002年に着手した。

1-2. 熱可塑性ポリイミドの歴史と用途

以下, 熱可塑性ポリイミドの歴史と用途について簡単に紹介する[児玉(2010a)]. 熱可塑性ポリイミド(Thermoplastic Polyimide)とは, 可逆的に, 加熱により軟化し, 冷却により固化するポリイミドの総称である。熱可塑性ポリイミドは, ポリイミドの代名詞とも言える1965年に上市されたDuPontのKapton[®]が, 熱可塑性を有さない, いわゆる非熱可塑性であるため, ポリイミドへの射出・押出成形加工性の付与を目的とした開発が各社で進められた, と一般には思われている[井上(1990), 吉田(1997)]. しかし, DuPontのWalter M. Edwardsらによる特許に注目すると, 技術史的観点からは逆

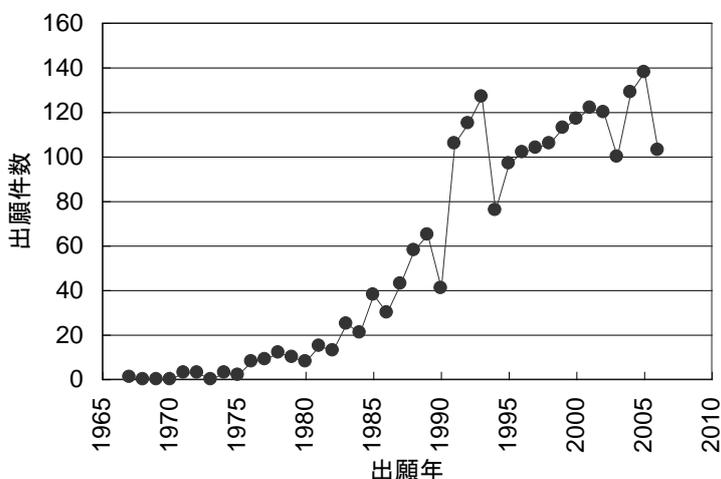
であったことが示唆される[Sroog(1996)]. すなわち, Kapton[®]の分子構造を包含する米国特許 3179634 は 1965 年に登録されたのに対して, 成形加工性に言及した米国特許 2710853 はそれよりずっと前の 1955 年に登録されており, 熱可塑性ポリイミドの方が非熱可塑性ポリイミドよりも古くから開発が進められていたと言える[金城他(2008)].

熱可塑性樹脂は, 一般に, 耐熱性の違いにより, ポリエチレンやポリスチレンのような汎用プラスチック, ポリエチレンテレフタレートやポリカーボネートのような汎用エンジニアリングプラスチック, ポリエーテルスルホンやポリエーテルエーテルケトンのようなスーパーエンジニアリングプラスチック, の大きく 3 つに分類される. そして, スーパーエンジニアリングプラスチックの中で最も耐熱性に優れた材料として熱可塑性ポリイミドが位置付けられている.

エンジニアリングプラスチックという言葉は, 工業用に使用されるプラスチックという意味で, 1956 年, DuPont の Delrin[®](ポリオキシメチレン)が発表された際に使用された. それまで工業用に使用されていた金属に代替可能な画期的なプラスチックとして注目された. そのため, スーパーエンジニアリングプラスチックに分類される熱可塑性ポリイミドに関する技術文献はこれまで数多く報告されているが, そのほとんどが成形加工性を強調しており, 耐熱性が要求される工業用成形部品を主な用途として想定してきた[江崎(1990), 長広(1990), 山谷(1994), 太田(1996), 吉村・森田(1999), 安田(2001), 吉村(2004)]. そこでは, 例えば, ベアリングリテーナー, 軸受, ポンプギアといった産業機器用途, ピストンリングやシールリングのような自動車用途が紹介されてきた. しかし, 実用的観点での熱可塑性ポリイミドの用途の実態を把握するには, 技術文献よりも出願特許を調査した方が好ましいと考えられる.

そこで, パトリスの特許データベース PATOLIS-IV を使用して出願特許調査を実施した. 検索キーワードは「熱可塑性ポリイミド」とし, 検索対象期間は 1965~2006 年とした. 全出願件数 2,183 件の年次推移を図表 5-2 に示す. 熱可塑性ポリイミドというキーワードを含む特許の出願は年々増加傾向にあることがわかった. また, その出願特許の想定用途を把握するために, IPC メイングループ分類³⁾のランキングを集計したところ, 成形部品に関する IPC 分類は頻出上位 10 分類に入らず, 印刷回路(IPC 分類: H05K1/00)や半導体装置(同: H01L21/00)といったエレクトロニクス用途が主な想定用途であることが明らかとなった(図表 5-3). すなわち, 熱可塑性ポリイミドは, 技術文献で強調されている工業用成形部品の原材料としてよりも, 実用的にはエレクトロニクス用途の一構成材料として広く活用されてきたという実態が示された.

図表5-2. 熱可塑性ポリイミド関連特許出願件数の年次推移



図表5-3. IPCメイングループ分類の頻出上位10分類

順位	IPC分類	内容
1	C08L79/00	主鎖のみに酸素または炭素を含みまたは含まずに窒素を含む結合を形成する反応によって得られる高分子化合物の組成物
2	B32B15/00	金属からなる積層体
3	H05K3/00	印刷回路を製造するための装置または方法
4	H05K1/00	印刷回路
5	C08G73/00	炭素-炭素不飽和結合のみが関与する反応以外の反応によって得られる高分子化合物
6	C08J5/00	その他の高分子化合物
7	H01L21/00	半導体装置または固体装置またはそれらの部品の製造または処理に特に適用される方法または装置
8	B32B27/00	合成樹脂からなる積層体
9	H01L23/00	半導体または他の固体装置の細部
10	C09J7/00	フィルム状または箔状の接着剤

1-3. 三井化学の熱可塑性ポリイミド事業と筆者の関わり

三井化学の熱可塑性ポリイミド事業は、エレクトロニクス用途向けのフレキシブル銅張積層板 (Flexible Copper Clad Laminates) 事業と、工業用成形部品用途向けの材料スーパーエンジニアリングプラスチック事業の2つがある。

フレキシブル銅張積層板とは、フレキシブル配線板 (Flexible Printed Circuits) 用途で使用される多層基板であり、配線層として加工される銅箔と絶縁層として機能するポリイミドの2つの部材から構成される。一般に、フレキシブル銅張積層板は、銅箔1層とポリイミド1層からなる片面板と、2層の銅箔の間にポリイミド1層を挟んだ両面板の2種類に分類される。三井化学でのフレキシブル銅

張積層板事業は、1984年に米国航空宇宙局(NASA)から熱可塑性ポリイミドのライセンスを受け、1988年に片面板の製造・販売を開始したことで始まった。その後、1995年にポリイミドを銅箔上に塗布するコーティング方式で製造することを特徴としたネオフレックス[®]NEX シリーズを、2004年にポリイミドと銅箔とを加熱して貼り合わせるラミネート方式で製造することを特徴としたネオフレックス[®]NFX シリーズを、それぞれ本格的に製造・販売を開始した。一方、スーパーエンジニアリングプラスチック事業は、主に産業機器用途向けに、1990年に熱可塑性ポリイミド成形樹脂材料であるオーラム[®]の製造・販売を開始することで開始した。

筆者は、1999年から2000年前半までの間、コーティング方式を主な製造技術として有するフレキシブル銅張積層板事業の製造部門に在籍し、続いて、2000年後半から2002年前半までの間、同事業の研究開発部門に在籍した。研究開発部門ではNFXシリーズに使用されることとなるポリイミドの開発を担当していた。NFXシリーズは、ポリイミドと銅箔とを加熱接着させることが必要であり、製造に関わる用役コストの低減や製造の簡便化を目的に、この開発では、より低温で接着が可能な熱可塑性ポリイミドの材料設計を行っており、2002年前半にはその設計を完成させていた[児玉他(2002)]。

1-4. ダイアタッチフィルム開発経緯

2002年9月、筆者は熱可塑性ポリイミドの材料設計経験を有していたことから、同じ研究開発部門内でDAF開発を着手したばかりのチームに異動することになった。そこでは、低温接着性と耐リフロー性を有する熱可塑性ポリイミドの材料設計[児玉(2005)]を担当することになった。

三井化学のDAFは、最終的に、ポリエステル系セパレータの上に熱可塑性ポリイミドをコーティング方式で形成させることで製造することになるが、コーティング方式での製造を前提とした材料設計を進めた。これは、フレキシブル銅張積層板事業でコーティング方式といった製造装置をすでに保有していたためであった。筆者は、フレキシブル銅張積層板事業の研究開発部門で完成させていた低温で接着が可能な熱可塑性ポリイミドの材料設計の知識をそのままDAF開発に注入した。従って、三井化学のDAF開発では、開発着手前にすでに保有していた熱可塑性ポリイミドという材料に関する知識とコーティング方式といった製造に関する知識を活用した。

しかし、当時、これらの技術を活用し、フィルム状接着剤を作製してみたところで、それがDAFとして機能を果たすかどうかを自社内で評価することはできなかった。なぜなら、社内には、物理的・化学的な特性や接着性を測定する固体粘弾性測定機や高温剪断強度測定機といった製品特

性を評価する検査装置は保有していたものの、フィルム状接着剤を DAF として半導体パッケージ内で使用したことを想定したような実用上の評価を行える環境は皆無であったからである。そこで、実用上の評価は、実際に顧客へサンプル供試し、顧客から評価結果を詳細に聴取することで代替した。顧客との共同開発という手段も考えられたが、限定顧客との共同開発契約締結により他顧客へ拡販ができなくなるという懸念点があったため、あくまでも無契約でのサンプル供試と評価結果聴取の形態で実用上の評価を実現した。

以上のように、2002 年から始まった DAF 開発は、サンプル供試と顧客評価のトライ&エラー⁴⁾を繰り返すことで、最終材料設計を完成させ、2007 年の顧客認定⁵⁾に結実した。

1-5. ダイアタッチフィルム開発に対するマイクロ視野の分析

三井化学は、2002 年から DAF 開発を着手したが、その技術は、筆者らを通じてフレキシブル銅張積層板事業における材料設計で蓄積された技術が活用されたことを先述した。当時の技術情報をベースに詳細かつ客観的な分析を行うため、三井化学が出願した DAF 関連の初期の出願特許を抽出した。結果を図表 5-4 に示す。これらの特許の共通の発明者である西原邦夫、森田守次、木下仁、成瀬功、筆者らを DAF 開発初期におけるキーパーソンと捉えることができる。そこで、各氏が 2002 年以前に出願した特許を抽出した。結果を図表 5-5 に示す。図表 5-5 では発明の名称のみをリストアップしているが、その特許明細書内容を詳細に分析したところ、ほとんどの特許が、フレキシブル銅張積層板を含むプリント配線板とそれらを用いた半導体パッケージを想定用途として出願されたものであった。

図表5-4. 三井化学出願のダイアタッチフィルム関連初期特許一例

出願番号	出願年月日	名称	発明者
2000-139662	2000年5月12日	半導体チップをプリント配線基板に装着する方法及びその方法の実施に用いる接着シート	西原邦夫
2001-310898	2001年10月9日	接着材料およびそれらを用いたスタックパッケージ	西原邦夫, 続山浩二, 木下仁, 成瀬功
2002-170216	2002年6月11日	接着性樹脂組成物及びそれを用いたフィルム状接着剤	木下仁, 森田守次, 森峰寛, 児玉洋一
2002-177112	2002年6月18日	半導体装置用接着剤組成物	木下仁, 前田直, 森田守次, 西原邦夫
2002-349636	2002年12月2日	接着性樹脂組成物及びそれよりなるフィルム状接着剤	児玉洋一, 丸山浩, 成瀬功, 木下仁, 藤枝信彦, 森田守次

図表5-5. 西原, 森田, 木下, 成瀬, 筆者が発明者として関与した出願特許一例(2002年以前)

出願番号	出願年月日	発明の名称
平3-302037	1991年11月18日	フレキシブル配線基板
平4-177715	1992年6月12日	感光性樹脂組成物、感光液組成物及び感光性フィルム
平4-91435	1992年3月18日	ソルダーレジスト用色素及びソルダーレジストインキ
平4-74179	1992年3月30日	フレキシブル金属箔積層板の製造方法および製造装置
平4-195525	1992年7月22日	配線基板
平5-259	1993年1月5日	耐熱性接着シート
平5-134728	1993年6月4日	立体印刷基板, これを用いた電子回路パッケージ及び印刷基板の製造方法
平4-246706	1992年9月16日	配線基板およびその製造方法
平5-271539	1993年10月29日	ポリイミドフィルム・金属箔積層体およびその製造方法
平5-303708	1993年12月3日	接着性絶縁テープおよびそれを用いた半導体装置
平5-335510	1994年12月28日	耐熱性接着剤溶液
平6-322905	1994年12月26日	放熱板付リードフレーム及びそれを用いた半導体装置
平8-184422	1996年7月15日	抵抗内蔵半導体回路基板
平8-273343	1996年10月16日	プリント配線基板などのエッチング方法
平9-11496	1997年1月24日	感光性樹脂組成物
平9-178570	1997年7月3日	半導体搭載用基板
平10-37653	1998年2月19日	金属ベース半導体回路基板
平10-70769	1998年3月19日	プリント回路基板のエッチング方法
平10-75855	1998年3月24日	回路基板の製造方法
平10-175839	1998年6月23日	BGAパッケージ
平10-182669	1998年6月29日	BGAパッケージ及びその製造方法
平10-249833	1998年9月3日	メタルベース半導体パッケージとそれに用いる樹脂組成物
平10-260051	1998年9月14日	半導体パッケージ
平10-263376	1998年9月17日	感光性樹脂組成物
平10-294986	1998年10月16日	メタルベースBGAパッケージとその製造方法
平10-314909	1998年11月5日	硬化性樹脂組成物
平10-351443	1998年12月10日	半導体パッケージおよび製造方法
平11-125767	1999年5月6日	半導体パッケージ
2000-45966	2000年2月23日	クロメート系防錆膜の除去方法および配線基板の製造方法
2000-58833	2000年3月3日	金属ベース配線板の製造方法
2000-144425	2000年5月17日	半導体パッケージ及びその製造方法
2000-192834	2000年6月27日	プリント回路板の製造方法
2000-223652	2000年7月25日	低インダクタンス型電子部品パッケージおよびその製造方法
2000-257511	2000年8月28日	プリント配線基板及びそれを用いて成る電子部品パッケージ
2000-393503	2000年12月5日	ポリイミド系感光性樹脂をベースフィルムとする回路基板
2001-201309	2001年7月2日	バンプ付き薄膜シートの製造方法及びバンプ付き薄膜シート
2001-26775	2001年9月4日	導電性ペースト組成物及びプリント配線板
2001-369566	2001年12月4日	低温接着性とはんだ耐熱性に優れた金属積層体
2002-28244	2002年2月5日	熱可塑性ポリイミド樹脂層を有する金属積層体
2002-58103	2002年3月5日	バンプの形成方法

次に、発明者の一人が筆者であるフレキシブル銅張積層板用途で出願された特許特願 2002-28244(2002年)とDAF関連の初期の特許特願 2002-170216(2002年)との特許明細書の記述内容を比較し、技術に関わる共通キーワードを抽出した結果を**図表 5-6**に示す。いずれの特許も熱可塑性ポリイミドを主成分として材料設計されており、ポリイミドの原料として特定のジアミンを使用しているという部材上の共通点があると同時に、塗布や乾燥という製造上の共通点を見出すことができた。

図表5-6. フレキシブル銅張積層板関連特許とダイアタッチフィルム関連特許での共通キーワード

開発	フレキシブル銅張積層板開発	ダイアタッチフィルム開発
出願番号	特願2002-28244	特願2002-170216
出願年月日	2002年2月5日	2002年6月11日
発明の名称	熱可塑性ポリイミド樹脂層を有する金属積層体	接着性ポリイミド樹脂組成物及びそれを用いたフィルム状接着剤
発明者	児玉洋一, 森峰寛	木下仁, 森田守次, 森峰寛, 児玉洋一
共通キーワード	材料関連	1,3-ビス(3-(3-アミノフェノキシ)フェノキシ)ベンゼン, ジアミノシロキサン化合物
	製造関連	塗布, 乾燥

一方、実用上の評価は、実際に顧客へサンプル供試し、顧客から評価結果を詳細に聴取することで代替した。**図表 5-7**に、ある特定の顧客とのトライ&エラーの経緯をまとめた。2006年5月26日に顧客からある不具合を指摘されてから、三井化学において改良検討がはじまり、2006年12月18日に新銘柄が開発完了するまでの経緯をまとめている。顧客から3回にわたる実用上の評価結果を入手していることがわかる。また、この開発中の文書のやりとりの一例として、**図表 5-8**に三井化学から顧客に対するサンプルに関する報告書を、**図表 5-9**に顧客がそれらサンプルを評価後、三井化学に対して提供した評価結果報告書を、それぞれ示す。三井化学からのサンプルに関する報告書は、具体的な化学構造こそ書かれていないものの、ジアミン3と書かれたジアミン成分の添加量とG'(フィルム弾性率)や η (ワニス粘度)と書かれた材料物性との関係が記されており、改良に向けての材料設計コンセプトが詳細に開示されていることがわかる。一方、顧客から三井化学に対して提供された評価結果報告書には、評価結果のみならず、評価で使用した半導体パッケージの製品タイプや評価条件等が詳細に開示されていることがわかる。つまり、三井化学は、詳細技術の開示を通じたサンプル供試と顧客評価のトライ&エラーを繰り返すことで、自社で実施不可能であった実用上の評価を顧客との協業で実現することができた、と言える。

図表5-7. ある顧客に対する三井化学のトライ&エラー

日付	三井化学から顧客への報告	顧客から三井化学への報告
2006年5月26日		製品不具合指摘
2006年6月29日	改良検討進捗報告(1)	
2006年7月11日	改良検討進捗報告(2)	
2006年7月28日	改良検討進捗報告(3)	
2006年9月1日	改良検討進捗報告(4)	
2006年9月19日		改良サンプル評価結果(1)
2006年9月29日		改良サンプル評価結果(2)
2006年10月19日	改良検討進捗報告(5)	
2006年12月18日	改良検討進捗報告(6)	改良サンプル評価結果(3)

図表5-8. 三井化学からの報告書例(2006年7月28日)

		ジアミン3 (mol%)					
		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
最終仕込みモル比	0.97	アミン過剰					
	0.98				0.69MPa 0.68dl/g	1.08MPa 0.80dl/g	
	0.99				0.40MPa 0.59dl/g	0.76MPa 0.77dl/g	1.03MPa 0.80dl/g
	1.00	→ 当量		0.2-0.5MPa 0.7-0.9dl/g	0.44MPa 0.68dl/g	0.74MPa 0.73dl/g	
	1.01	酸過剰		0.41MPa 0.48dl/g			
	1.02			0.80MPa 0.40dl/g		1.25MPa 0.44dl/g	
	1.03						

: 重合困難
 : フィルム強度不足懸念
 : バランス良好
 : 貴社向けサンプル(案)

上段: G'@250°C
下段: η

出所: 三井化学作成の顧客向け資料

図表5-9. 顧客からの報告書例(2006年9月19日)

<p><評価パッケージ仕様> PKGサイズ: 15mm口(BGA) チップサイズ: 5.95×5.86mm チップ厚: 280um (単チップ)</p> <p><過加熱条件> DB過加熱: 160℃×120min WB過加熱: 170℃×70min</p> <p><評価条件> 吸湿条件: Level2(85℃/65%RH/168hours) 30℃/70%RH/168hours リフロー条件: 260℃MAX×3回(新JEDEC) (30/70は1回のみ)</p>	<p><投入フロー> DC DB: 150℃ DB過加熱1: 150℃×20min(熱盤) DB後キュア: 150℃×20min(Oven) DB過加熱2: 150℃×100min (積層DB対応) WB過加熱: 170℃×70min Mold Moldキュア: 180℃×4hours Ball付け 個片Cut</p>	<p><改良サンプル仕様></p> <div style="border: 1px solid red; padding: 10px; text-align: center; color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">削除</div> <p><考察> ・Level2では、全てのサンプルでクラックが発生。対象PKG元々の構造によりクラック耐性が低いと推測。30℃/70%RH/168hoursでは問題なし</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; color: red; font-weight: bold;">削除</div>
---	---	--

<評価結果>

サンプルNo.	品名	Level2(85℃/65%RH/168hours)結果		30℃/70%RH/168hours結果	
		SAT観察	断面観察	平面観察	SAT観察
01	削除	剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し
02		剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し
03		剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し
04		剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展 チップ表面剥離有り	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し
05		剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展 チップ表面剥離有り	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し
06		剥離有り	DAFダメージ小 DAFから基材レジストにクラックが進展 チップ表面剥離有り	DAFダメージ無し DAF小発泡あり	剥離無し
07		剥離有り	DAFダメージ無し DAFから基材/レジスト界面にクラックが進展 チップ表面剥離有り	DAFダメージ無し 剥離の可能性あり	剥離無し
08		剥離有り	DAFダメージ有り DAFから基材レジストにクラックが進展	DAFダメージ有り DAF発泡あり	剥離無し

<今後の進め方>

- ①追加で、30℃/70%RH・5日+5日(9/25判明予定)、7日+6日(9/20判明予定)、6日+7日(9/27判明予定)のサイクルリフローを実施し、DAFの実力を見極める。
 ② 削除を軸に今後の評価を進める予定。(①の結果を確認のうえで)

出所: 顧客作成の三井化学向け資料(一部、筆者削除)

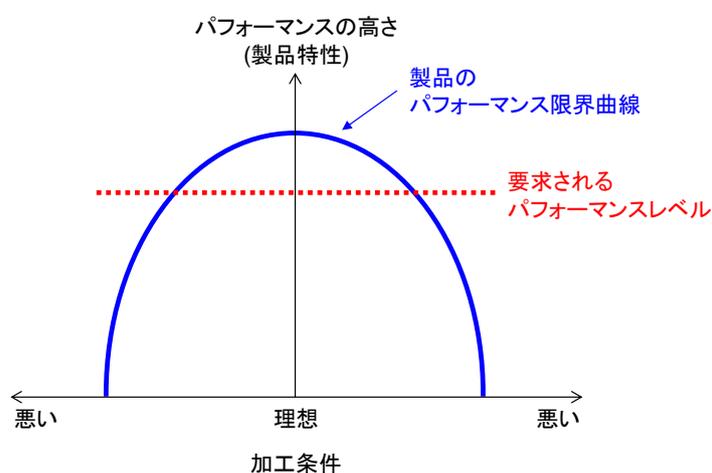
1-6. 新製品開発における3つの能力

製品化プロセスに内在する技術は、製品化に関わるいくつかの能力から構成されるものと仮定できる。そこで、上述した筆者の経験的事実から、その能力がいかなる類のものかを整理し、顧客志向の新製品開発における技術伝播に関する仮説を導出する。

三井化学は、2002年から着手したDAF開発における製品化プロセスにおいて、フレキシブル銅張積層板を含むプリント配線板や半導体パッケージ用途向け製品開発で自社内に保有していた部材や製造装置を転用するとともに、当時、社内では実施不可能であった製品(開発品)の実用上の評価を外部の顧客(半導体メーカー)に依存していた。すなわち、三井化学はDAF開発において、部材に関わる能力、製造に関わる能力、製品評価に関わる能力を揃えたと言える。これを技術伝播という観点で見直すと、三井化学のDAF開発において、これら3つの能力の伝播が存在した、と換言できる。さらに、ここで、3つ能力をそれぞれ部材調達能力、製造能力、製品評価能力と呼ぶと、三井化学のDAF開発において、部材調達能力及び製造能力は内部伝播し、製品評価能力は外部伝播した、と言える。

さて、この3つの能力を、藤村(2000)が提唱している技術のパフォーマンス分布図を参照して、もう少しわかりやすく定義したい。図5-10にパフォーマンス分布図を示す。縦軸は製品特性といった価値基準に対応したパフォーマンスの程度を表す。一方、横軸は加工条件といったその技術が適用される状況を表し、原点が理想の状況、原点から遠ざかる程制限の度合いが強くなる。製品のパフォーマンス限界曲線とは製品特性の加工条件依存性であり、要求されるパフォーマンスレベルとは顧客が認める実用上の製品価値である。すなわち、前者はメーカーから見たパフォーマンスであり、後者はユーザーから見たパフォーマンスと捉えることができる。

図表5-10. パフォーマンス分布図



出所: 藤村(2000)を基に筆者作成

身近な例として、飲み物としての茶を作る場合を考えてみる。茶は、茶葉に湯を注いで作るため、部材は茶葉と水、加工条件は水(湯)の温度、製品は茶、メーカーから見たパフォーマンスはカテキンやテアニンの量、ユーザーから見たパフォーマンスはおいしさで見なせる。一般に、渋み成分であるカテキンは80℃以上の高温で、旨み成分のテアニンは50℃程度の低温で溶出しやすいとされ⁶⁾、茶葉の種類により、最適な水(湯)の温度が異なることが知られている[池田他(1972)]。この例において、目標とする茶の特性(カテキンやテアニンの量)を実現するための適切な茶葉や水を準備できる能力を部材調達能力、水(湯)の温度で茶の特性を制御できる能力を製造能力、茶のおいしさを把握できる能力を製品評価能力、とそれぞれ表現することができる。この例から類推できるように、本研究では、3つの能力を次のように定義する。

部材調達能力: 目標とする製品特性を実現するための部材を準備できる能力

製造能力: 製品特性(パフォーマンス限界曲線)を加工条件で制御できる能力

製品評価能力: 要求されるパフォーマンスレベルを把握できる能力

この定義を踏まえた上で、三井化学の DAF 開発における筆者の経験的事実から導出した、顧客志向の新製品開発における技術伝播に関する仮説を下に示す。

<仮説>

『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』

2. 技術伝播の概念的フレームワーク

前節では、筆者が開発に直接的に関わった三井化学の DAF 開発を技術レベルで史的に分析し、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』という仮説を導出した。本節では、技術伝播、すなわち、この 3 つ能力の伝播、の存在を図式化するための概念的フレームワークを考案する。

2-1. メーカー内における新製品開発のフローと能力

メーカーは製品を製造する企業である。製品を人工的な構造物と捉えると、構造物を構成することになる部材をインプットとして、加工というプロセスで、製品というアウトプットを得ることがメーカーの本質的な定義と言える。すなわち、メーカーは、部材を調達(準備)し、製造(加工)し、新たに付加価値を付与した製品を得る。

新製品開発の場合は、既存製品と異なり、アウトプットである新製品の製造により付与される付加価値が顧客の認める価値と一致しているか否かわからないため、実用上の製品評価という行為が必要になる。この製品評価で付加価値が不十分と判定された場合には、再度、部材の調達からやり直すことになる。従って、新製品開発の場合、部材、加工、製品は、一方向のフローで結ばれているだけでなく、フィードバックを含むループで結ばれていると考える必要がある。

ここで、部材、加工、製品を、行為として取り扱い、さらに、これら行為を可能にする能力を抽出すると、それぞれ前節で定義した部材調達能力、製造能力、製品評価能力、となる。

次に、3つの能力の必要性について理論的に考えてみたい。出発点として、まず、Suh(2001)の公理的設計論⁷⁾について簡単に紹介する。公理的設計論は、人工物に共通する一般的な設計プロセスを線形写像で定式化しようとする試みで、設計の世界は4つの領域で構成されているとする(図表5-11)。すなわち、顧客領域(Customer Domain)、機能領域(Functional Domain)、実体領域(Physical Domain)、工程領域(Process Domain)である。設計は、上位の領域の要素を所与として下位の領域の要素を特定していくことを意味する。中でも、顧客が要求する機能を表す機能領域内の要素である要求機能(Functional Requirement, FR)からメーカーが設計する実体領域内の要素である設計パラメータ(Design Parameters, DP)を特定するプロセスは、設計の中心と言える。要求機能と設計パラメータの関係は、次の設計方程式(Design Equation)で表すことができる。

$$[FR] = [A][DP]$$

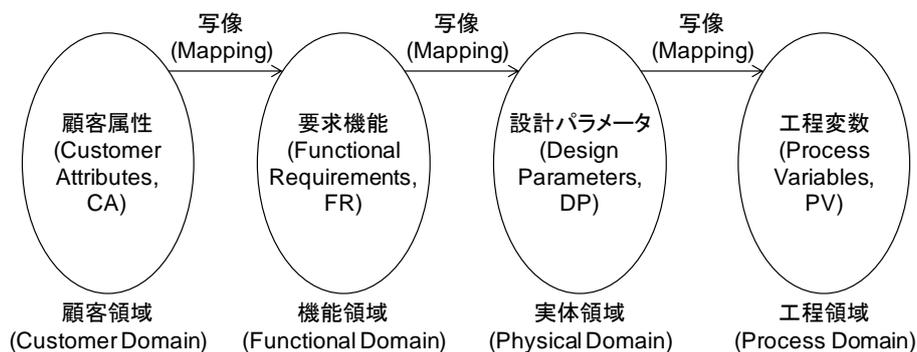
ここで、[A]は、製品設計を特徴づける定数群からなる設計行列(Design Matrix)である。

例えば、要求機能が2個ある場合は、設計方程式は次式で表すことができる。

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{bmatrix}$$

設計行列[A]が対角行列である場合は独立設計(Uncoupled Design)、三角行列である場合は準独立設計(Decoupled Design)、それ以外の行列である場合は干渉設計(Coupled Design)と呼ばれる。

図表5-11. 公理的設計論における4つの領域



出所: Suh(2001)を基に筆者作成

以下、公理的設計論をベースとした藤村(2010a, 2010b)の考察を参考にし、メーカーの新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の3つの能力の必要性について考える。こ

ここでは、製造(加工)を、部材と製品の間で物理的あるいは化学的な構造変化を規定する写像、と見る。まず、物理的あるいは化学的な構造を表すパラメータの集合を $S(\text{Structure})$ と書くことにする。このとき、 i 番目の加工工程を、加工前の構造 S_i から加工後の構造 S_{i+1} への写像と考え、行列 $[UP_i]$ (写像 Unit Process)と書くことにすると、

$$S_{i+1} = [UP_i]S_i$$

となる。 i 番目の加工工程での構造の変化を $SC_i(\text{Structure Change})$ と表すことにすると、

$$S_{i+1} = S_i + SC_i$$

となる。製品製造のための全加工工程(TP: Total Process)が n 個の加工工程からなるとき、

$$[TP] = [UP_n][UP_{n-1}] \cdots [UP_1]$$

であるから、

$$S_n = [TP]S_0$$

ただし、 S_n, S_0 はそれぞれ、(最終的な)製品の構造と部材(出発原料)の構造である。

従って、

$$S_n = [TP]S_0 = [UP_n][UP_{n-1}] \cdots [UP_1]S_0 = \sum SC_i + S_0$$

となる。

ところで、新製品開発を進めるメーカーにとって、最も把握したいことは、最終的な製品の構造と顧客が価値としてみなす製品属性(CA: Customer Attributes)の関係であろう。メーカーが部材に十分な付加価値を付与したと自負していても、顧客が価値としてみなさなければ、無意味であろうからである。従って、製品の構造の顧客が価値としてみなす製品属性への写像を $[Q]$ とすると⁸⁾、新製品開発を進めるメーカーにとって、最も把握したいのは、この写像 $[Q]$ と考えることができる。しかし、メーカーは自分自身で製品の物理的あるいは化学的な構造を分析することはできても、その構造と顧客が評価する製品属性との関係を事前的に定式化するのは困難である。

さて、定義上、

$$CA = [Q]S_n$$

であるので、

$$CA = [Q]S_n = [Q][TP]S_0 = [Q][UP_n][UP_{n-1}] \cdots [UP_1]S_0 = [Q](\sum SC_i + S_0)$$

となる。

この式内の S_0 は部材調達能力で、 $\sum SC_i$ は製造能力で、 CA は製品評価能力で、それぞれ導出できると考えられるため、新製品開発を進める上で最も重要な $[Q]$ を把握するための必要条件は、

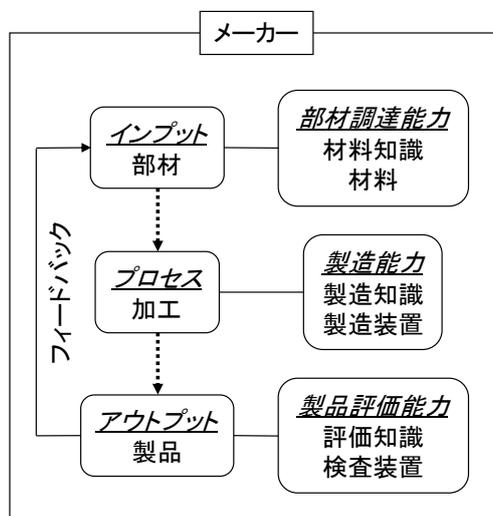
この 3 つの能力を揃えることと換言できる。従って、メーカーは新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の 3 つの能力が必要であることは、理論的に正しいと考えられる。

さて、能力とは曖昧な概念であり、定量的な定義は困難であるが、定性的には、ある知識をある行為に具現化する力と定義できるため、その最低限の必要要素を抽出するならば、それは、関連する知識(Intangible Knowledge)とその知識を具現化するための手段(Tangible Substance), と考えることができる。従って、部材調達能力には、部材に関連する材料知識と実体としての材料が必要要素と考えることができる。同様に、製造能力には、製造に関連する製造知識とその知識を具現化するための製造装置が必要要素であり、製品評価能力には、製品評価に関連する評価知識と検査装置が、それぞれ最低限の必要要素として考えることができる。

ところで、知識の中には、様々な水準が存在する。人間には、言葉で表現できる形式知の他に暗黙的に存在する暗黙知があるとされる[Polanyi(1967), 野中(1990)]. 暗黙知は、言葉で表現できない以上、定量化は原理的にできない。しかし、実は、形式知も定量化が困難である。すなわち、ある限定した知識の水準を議論する場合ですら、その水準を定量化するのは難しい。例えば、製造知識を例に挙げると、その知識を具現化する製造装置をマニュアル通りに動かし、マニュアル通りに結果を解釈できる水準とその製造装置の加工条件設定パラメータと結果との関係性を理解できている水準とは大きく異なることは直感的にわかるであろう。また、後者の水準の中には、更に様々な水準が存在すると思われる。そのため、知識と手段からなる能力にも、様々な水準が存在することになり、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の有効性には閾値があるであろう。しかし、特許情報やインタビューを分析データとした本研究では、その各能力の閾値について詳細に議論する段階には至っておらず、能力の有無のみに注目した⁹⁾。

以上、メーカー内における新製品開発のフィードバックループを含むフローと関連する能力を図式化すると、**図表 5-12** のようになる。なお、新製品開発が完了した後においては、製品から部材へのフィードバックはなく、部材、プロセス、製品の一方のフローが確立しているものと想定される。

図表5-12. メーカー内における新製品開発のフローと能力



2-2. メーカー間における新製品開発のフロー

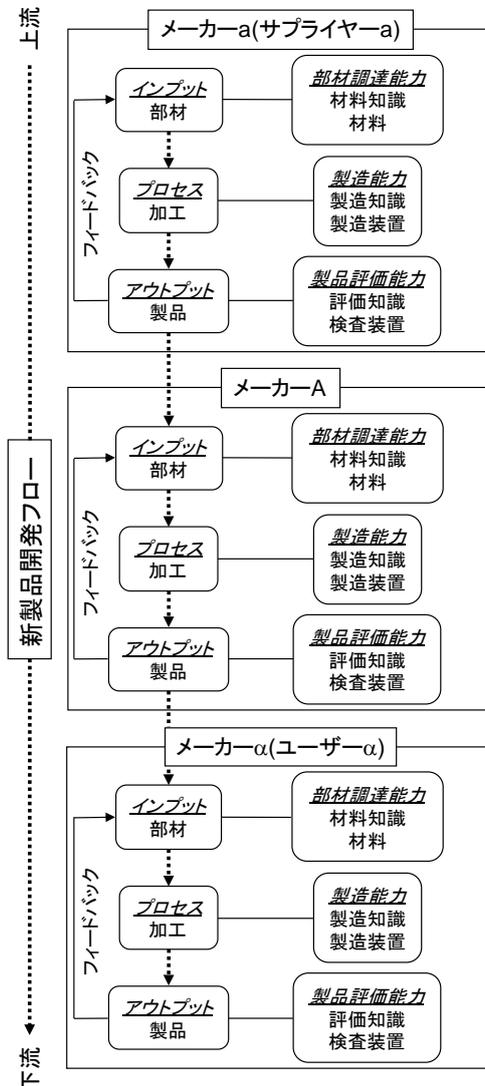
さて、上述したメーカー内における新製品開発のフローと能力の概念を、次にメーカー間に拡張して考える。

今、あるメーカーA にとっての部材が、他のメーカーa から供給されているとする。すなわち、メーカーa はメーカーA にとってのサプライヤーとしての立場になる。この場合、その部材はやはり人工物であろうから、メーカーa(サプライヤーa)内においても、メーカーA と同様に、新製品開発のフローと能力が存在すると考えることができる。

また、同様に、メーカーA の製品が、他のメーカーαへ供給されているとすると、メーカーαはメーカーA にとってはユーザー(顧客)としての立場となる。この場合、メーカーαは、メーカーA の製品を部材として使用して、さらに付加価値を付与した製品を作る。従って、メーカーα(ユーザーα)内においても、新製品開発のフローと能力が存在すると考えることができる。

以上から、メーカー間における新製品開発のフローは、図表 5-13 のように、図式化できる。なお、このフローの最上流に位置するメーカーにとっての部材は、人工物ではなく自然物であると想定できる。また、このフローの最下流に位置するメーカーにとっての製品は、一般に最終製品と呼ばれ、消費者の手に渡ることになるであろう。つまり、このフローの全体像は、メーカーを介して、自然物から人工物が開発される様子を表現していることになる。

図表5-13. メーカー間における新製品開発のフローと能力



2-3. 技術伝播の概念的フレームワーク

上述のメーカー間のフローは、メーカーa(サプライヤーa)、メーカー(メーカーA)、メーカーα(ユーザーα)で構成され、ある特定の製品に限定したフローである。この製品を製品 X と呼ぶことにする。フレームワークの汎用性を高めるため、製品 X には、1社以上のサプライヤー、メーカー、ユーザーが存在すると仮定すると、それぞれ、サプライヤー a_n ($n = 1, 2, \dots$), メーカー A_N ($N = 1, 2, \dots$), ユーザー α_v ($v = 1, 2, \dots$)と表せ、これら全体を製品 X に関連するプレーヤーの集合体と考えることができる。

次に、製品 X と異なる他の製品 Y を考える。製品 X の場合と全く同様に、製品 Y にも関連する

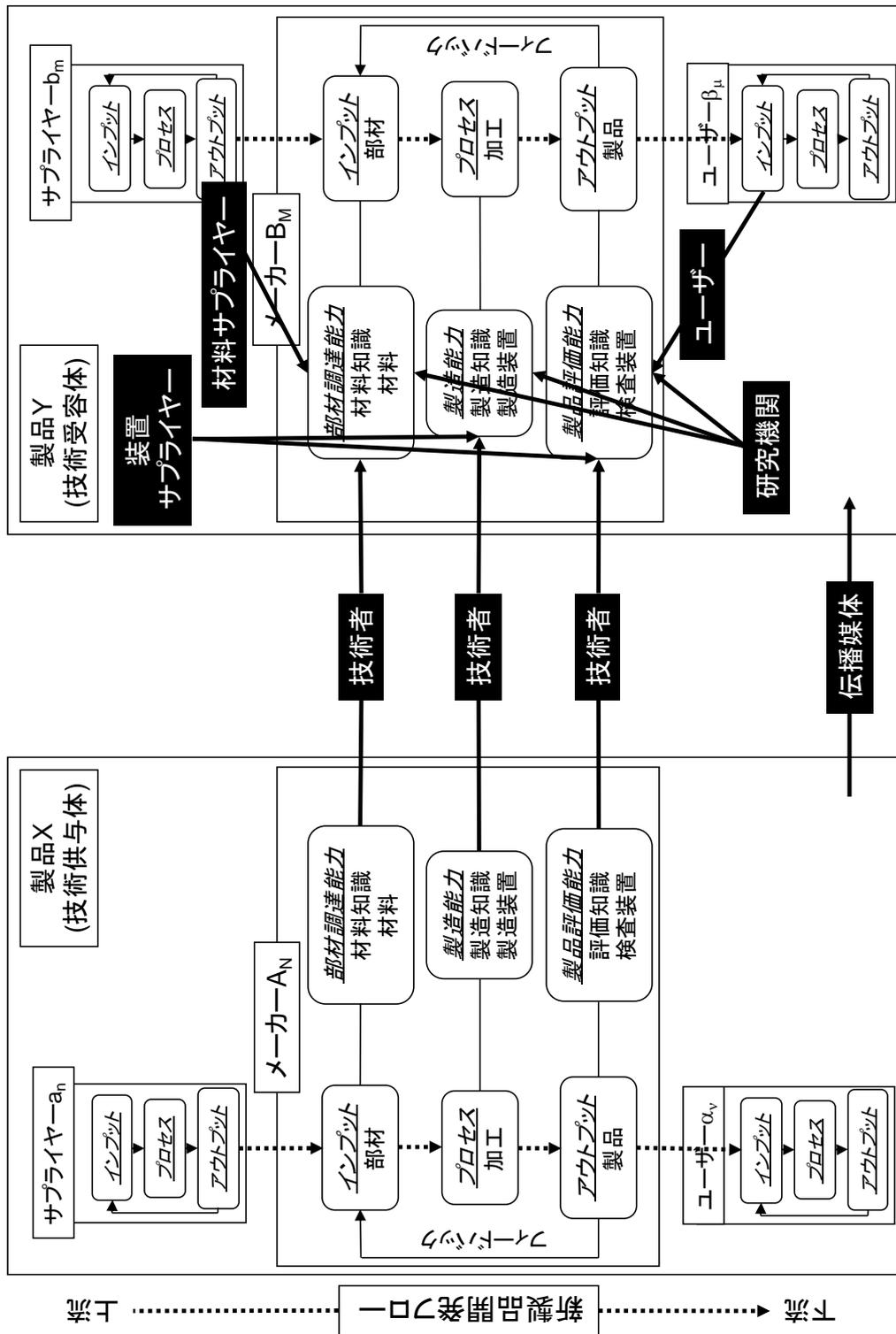
サプライヤー、メーカー、ユーザーが存在し、それぞれ、サプライヤー b_m ($m = 1, 2, \dots$), メーカー B_M ($M = 1, 2, \dots$), ユーザー β_μ ($\mu = 1, 2, \dots$)と表すことにする.

すべてのプレーヤー内には、新製品開発フローと能力が存在すると考えることができる. すなわち、すべてのプレーヤーが部材調達能力、製造能力、製品評価能力の3つの能力が保有していると考えられるので、もし、製品 X から製品 Y へ技術伝播が存在するのであれば、3つの能力のいずれかにおいて、伝播の結果としての共通点が見出されるはずである. 逆に、製品 X に関わる能力と製品 Y に関わる能力との間に何ら共通点がないのであれば、製品 X と製品 Y との間に技術伝播はないと言える. なお、製品 X から製品 Y へ技術伝播が存在する場合、製品 X は技術供与体としての役割を、製品 Y は技術受容体としての役割を有すると言える.

図表 5-14 に、製品 X から製品 Y への間の技術伝播の概念的フレームワークを示す. このフレームワークでは、能力の共通点と伝播媒体の明示を目的に、製品 X と製品 Y のそれぞれのメーカー間における関連する新製品開発フローと能力を並べて図示化している. メーカー B_M を伝播先の技術受容の主体として図示し、メーカー B_M の部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播元としての伝播媒体候補を白抜き文字で示す. 技術伝播は、製品 X に関連するメーカー A_N の技術者を介して起こる場合もあるだろうし、製品 Y に関連する材料サプライヤー、装置サプライヤー、製品ユーザーから伝播する場合もあるだろうし、外部の研究機関から伝播する場合もあると想定できる.

ところで、本研究では、もし、技術受容の主体であるメーカー B_M にとって、能力の伝播元が同じくメーカー B_M である場合、すなわち、メーカー A_N とメーカー B_M とが同一企業であり、能力の伝播が共通の技術者もしくは組織を介している場合、その能力は社内(In-house)で揃え、活用されたと言えるため、このような形態の伝播を内部伝播と呼ぶ. また、メーカー B_M にとって、能力の伝播元がメーカー B_M 以外である場合、その能力は社外にアウトソーシング(Outsourcing)して揃え、蓄積されたと言えるため、そのような形態の伝播を、内部伝播の対義語として、外部伝播と呼ぶ. すなわち、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の各能力は、それぞれ複数の特徴的な知識的要素と手段的要素から構成されるが、その要素すべてが社内で揃えられた場合を内部伝播と呼び、一つ以上あるいはすべてが社外から揃えられた場合を外部伝播と呼ぶ¹⁰⁾. 例えば、製品化プロセスにおけるプロトタイプサンプルの試作時に外部機関の製造知識や製造装置が必須であり、それを活用し、製造能力が社内に蓄積された場合、その新製品開発において、製造能力は外部伝播したと表現する.

図表5-14. 技術伝播の概念的フレームワーク



3. 三井化学のダイアタッチフィルム開発における技術伝播の構造

次に、先述した三井化学の DAF 開発における技術伝播の構造を、**図表 5-14** に示した技術伝播の概念的フレームワークを用いて図式化する。

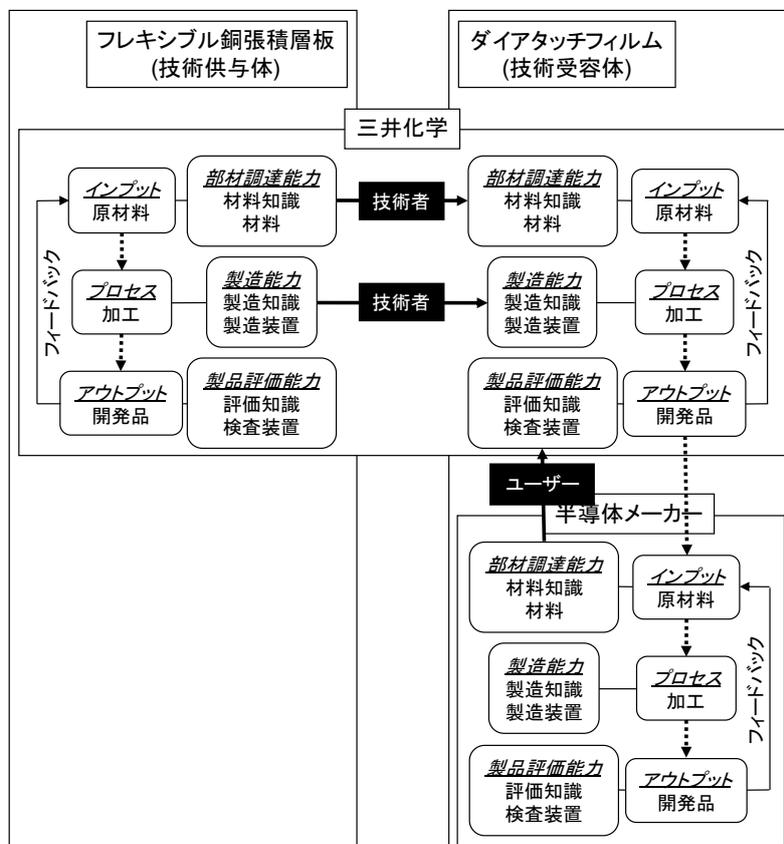
図表 5-14 の技術伝播の概念的フレームワークは、技術供与体としての製品と技術受容体である製品とを対比させ、技術伝播媒体を図式化するためのツールである。このフレームワークでは、製品に関連するサプライヤー、メーカー、ユーザーが保有する部材調達能力、製造能力、製品評価能力の3つの能力を製品間で比較することで、どの能力がどのように伝播したかが視覚的にわかるようになっている。

三井化学の DAF 開発において、その技術は、筆者らを通じてフレキシブル銅張積層板の新製品開発で獲得した技術を転用したことを先述した。また、詳細な技術の中味の比較を行うために、筆者が発明者として出願しているフレキシブル銅張積層板関連特許と DAF 関連特許とを比較した結果、いずれの特許も熱可塑性ポリアミドを主成分として材料設計されており、ポリアミドの原料として特定のジアミンを使用しているという部材調達能力上の共通点があると同時に、塗布・乾燥という製造能力上の共通点を見出すことができた。従って、部材調達能力と製造能力は、当時技術者であった筆者らを介して伝播したと換言できる。

一方、実用上の評価は、半導体メーカーであるユーザーとの協業によるプロトタイプとしての開発品のトライ&エラーを通じて可能になったことを明らかにした。すなわち、製品評価能力は、ユーザーを介して伝播したと換言できる。

以上、三井化学の DAF 開発を技術伝播の観点からまとめると、**図表 5-15** のような構造になる。すなわち、三井化学の DAF を技術受容体である新製品として考えると、概念的フレームワーク内におけるメーカー B_M = 三井化学、製品 Y = DAF、となる。そして、この新製品開発における技術供与体としての製品は、同じく三井化学のフレキシブル銅張積層板事業で開発された低温接着性を有する金属積層板であるので、メーカー A_N = 三井化学、製品 X = フレキシブル銅張積層板、となる。さらに、部材調達能力と製造能力の伝播媒体は筆者ら技術者と図示できる。また、部材調達能力と製造能力は三井化学内で内部伝播したのに対して、製品評価能力はユーザーである半導体メーカーを伝播媒体として外部伝播したと図示できる。

図表5-15. 三井化学のダイアタッチフィルム 開発における技術伝播の構造



【注】

- 1) 部材とは、製品構造の一部となる材料を意味するが、本研究では、組立製品の部分品だけでなく、原材料を包含する広義の意味で用いる。例えば、タイヤ(製品)を製造する際のゴム(原料)やエチレン(製品)を製造する際のナフサ(原料)等、出発原料も含む。
- 2) WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)は、埋め立て処理される電気・電子機器の廃棄物を最小限に抑えるための指令。RoHS(Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment)は、電気・電子製品における特定有害物質の使用を制限するための指令。
- 3) IPC 分類とは、特許文献の技術内容を分類する国際的統一分類である。
- 4) トライ&エラー(Trial and Error)は、試行錯誤と邦訳可能であるが、本研究では、プロトタイプサンプル(開発品)の供試と顧客評価の繰り返しを通じた反復学習と同義で捉える。すなわち、試作と評

価のサイクルによる材料設計コンセプトの検証行為とも言える。

5) 顧客認定とは、主に企業間取引(Business-to-Business, B2B)業界で使用される専門用語で、顧客における製品採用のための資格を指す。買い手(顧客, ユーザー)にとっては製品登録を意味し、売り手(メーカー)にとっては製品化の成功を意味する。

6) 例えば, http://ocha.tv/how_to_serve/water_and_temperature/temperature_taste_scent/, を参照。

7) Suh(2001)が提唱したAxiomatic Design Theoryは、日本語では公理的設計論, 公理系設計論, 公理設計理論等様々な呼称があるが、本研究では、日本語訳書に従い公理的設計論と表現する。

8) 公理的設計論に従えば、製品属性(Customer Attributes)と設計パラメータ(Design Parameters)との間には要求機能(Functional Requirements)があり、製品属性と設計パラメータとの間の写像[Q]は、製品属性と要求機能とを特徴づける設計行列と要求機能と設計パラメータとを特徴づける設計行列の積になる。

9) 例えば、製造能力は、製造に関連する知識とその知識を具現化するために製造装置が必要要素であるが、もし、製造装置を保有しているのであれば、その製造装置をマニュアル通り動かし、マニュアル通りに結果を解釈する水準の知識があることは自明と思われる。従って、本研究において、手段を保有する場合の能力の有無の判定は、その手段のマニュアル以上の水準の知識を保有しているか否かの議論に帰着する。

10) 3つの各能力を構成する複数の知識的要素と手段的要素の伝播経路は、厳密には内部伝播の要素と外部伝播の要素とが混在しているものと思われる。しかし、本研究では、その要素の中でも能力の有無を左右する特徴的な要素に注目して伝播の内部/外部を判定した。

第6章 新製品開発における技術伝播の構造考察

第5章において、筆者が開発に直接的に関わった三井化学のDAF開発を史的に分析し、その経験的事実を基に、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』という技術伝播に関する仮説を導出するとともに、この3つの能力からなる技術伝播の概念的フレームワークを考案した。

本章では、仮説を検証するために、大きく2件の新製品開発事例における技術伝播の構造を技術レベルで分析する。

1件目の事例として、三井化学の半導体用表面保護テープ開発の事例を取り上げる。特に、三井化学にとって半導体産業への多角化のきっかけとなった初期の新製品開発と、高バンプウェハのバックグラインディング用途向けに実施された新製品開発について、史的記述を行うとともに、技術伝播の構造を考察する[児玉(2009b), 児玉・藤村(2011)]。

2件目の事例として、JSRのフォトレジスト開発を取り上げる。JSRは長期にわたり新製品開発を継続し、現在、半導体用フォトレジスト市場でリーダー的地位にある。JSRはこれまで多くの新製品を市場に導入したが、その中でもフォトリソグラフィ技術革新に際し上市された代表的な新製品に注目し、その技術伝播の構造を考察する[児玉(2010b), Kodama and Fujimura(2011)]。

1. 三井化学の半導体用表面保護テープ開発

1-1. バックグラインディング技術出現時の技術状況

バックグラインディング技術出現時の技術状況を把握するため、まず、パトリスの特許データベースPATOLIS-IVで日本国特許を検索した。検索キーワードを**図表 6-1**に示す。バックグラインディング技術に直接的に関係する情報のみならず、そのプロセス及び材料機能に間接的に関係する情報も抽出するため、プロセスに関するキーワード(研磨, 研削, ダイシング)と材料機能に関するキーワード(保護, 粘着)を勘案し、検索式を綿密に設計した。

特許検索結果を**図表 6-2**に示す。検索対象期間を1986年出願分までに限定すると、該当する特許件数は、プロセスに関するキーワードで1,198件、材料機能に関するキーワードで957件であった。これらを足し合わせ、重複特許を差し引いた計1,668件のフロントページ¹⁾を入手し、プロセ

ス及び材料に関する記載がある重要特許 565 件を抽出した。さらに、565 件の特許公報全文を手し詳細内容を調べた。バックグラインディング技術、ダイシング技術、その他、に技術別に集計したところ、それぞれ、97 件、355 件、113 件であり、60%以上がダイシング技術に関連する特許であった。

図表6-1. 特許検索キーワード

特許分類キーワード(A)

【IC:国際特許分類】

H01L21/301?(半導体装置またはその部品の製造または処理>少なくとも一つの電位障壁または表面障壁を有する装置>半導体本体を別個の部分に細分割するため)

H01L21/302?(半導体装置またはその部品の製造または処理>少なくとも一つの電位障壁または表面障壁を有する装置>表面の物理的性質または形状を変換するため)

H01L21/304?(半導体装置またはその部品の製造または処理>少なくとも一つの電位障壁または表面障壁を有する装置>機械的処理、例、研磨、ポリシング、切断)

【FI:ファイルインデックス(庁内分類)】

H01L21/304(半導体装置またはその部品の製造または処理>少なくとも一つの電位障壁または表面障壁を有する装置>機械的処理、例、研磨、ポリシング、切断)

H01L21/68N(半導体装置または固体装置>製造中の構成部品の支持または位置決め用装置>保持〔ウエハを処理するとき止めておく治具、ウエハ面保護テープ貼りとはがし〕)

H01L21/68P(半導体装置または固体装置>製造中の構成部品の支持または位置決め用装置>保持〔ウエハを処理するとき止めておく治具、ウエハ面保護テープ貼りとはがし〕>吸着によるもの)

H01L21/68R(半導体装置または固体装置>製造中の構成部品の支持または位置決め用装置>保持〔ウエハを処理するとき止めておく治具、ウエハ面保護テープ貼りとはがし〕>静電チャック)

H01L21/78(半導体装置または固体装置>複数の個々の構成部品に基板を分割することによるもの)

【FT:Fターム(庁内分類)】

5F031HA?(ウエハ等の容器、移送、固着、位置決め等>処理時の固着・保持)

プロセスキーワード(B)

【FK:パトリス独自のフリーキーワード(統制語)、AB:パトリス作成の抄録を部分一致検索、AAB:出願人抄録を部分一致検索、CLM:請求の範囲を部分一致検索】

「グラインド」or「研削」or「研磨」or「ダイシング」

材料機能キーワード(C)

【FK:パトリス独自のフリーキーワード(統制語)、AB:パトリス作成の抄録を部分一致検索、AAB:出願人抄録を部分一致検索、CLM:請求の範囲を部分一致検索】

(保護?+カバー?+粘着?)*(フィルム+?シート+コート+コーティング)

「保護層」or「保護膜」or「粘着層」or「粘着膜」

図表6-2. 特許検索結果

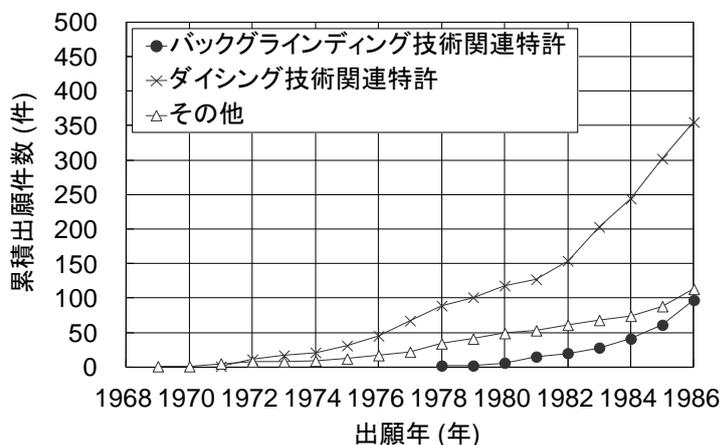
特許検索キーワード*	全特許件数	1986年までの出願特許件数
(A)	63,210	15,717
(A) and (B)	15,796	1,198
(A) and (C)	5,145	957
(A) and (B) and (C)	-	1,668

*キーワード詳細は図表6-1参照

また、図表 6-3 に、技術別累積出願件数の年次推移を示す。出願件数はバックグラインディング技術関連特許よりダイシング技術関連特許が多く、初出願特許の出願年は、バックグラインディン

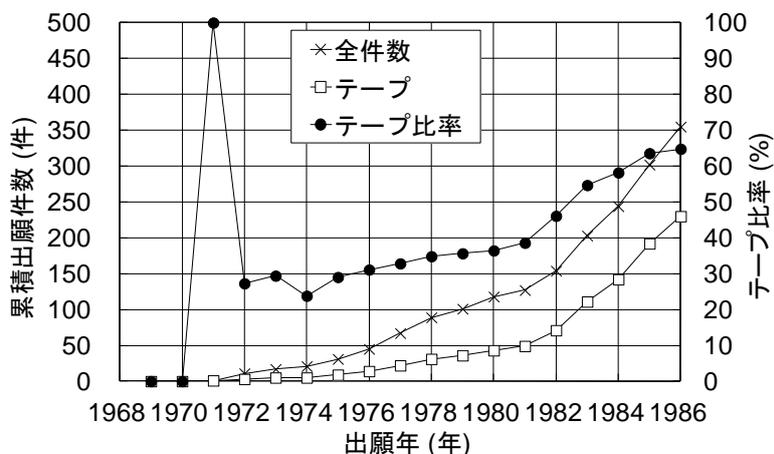
グ技術関連特許が1978年、ダイシング技術関連特許が1971年であった。すなわち、ダイシング技術はバックグラインディング技術に比べて古くから存在した技術と言える。

図表6-3.技術別累積出願特許件数の推移



ダイシング技術関連特許の詳細内容を調べたところ、多くの特許でテープの利用について記載されていた。ダイシング技術関連全特許の内、テープ利用が明確な特許件数を抽出した結果を**表6-4**に示す。1971年にすでにテープを利用したダイシング技術関連特許が出願されていることに加え、テープ利用率は、バックグラインディング技術関連特許が初めて出願された1978年時点で、35%を占めていることがわかった。すなわち、バックグラインディング技術が出現する時点でダイシング工程ではダイシングテープの使用がすでに一般的になっていたと推察された。

図表6-4.ダイシング技術関連特許に占めるテープ使用比率推移



バックグラインディング技術関連の初期特許を**図表 6-5**に例示する。バックグラインディング技術関連特許を初めて出願したのは日立製作所であり、バックグラインディング工程でテープの使用を初めて明記した特許を出願したのは日本電気(NEC)であった。特願昭 55-114184(1980年)の発明者である日本電気の松倉巧の1986年出願までの特許を**図表 6-6**に示す。バックグラインディング技術関連の他にダイシング技術関連、ダイアタッチ技術関連、ワイヤボンド技術関連と半導体製造の後工程全般の幅広いプロセス開発に貢献したことが窺えた。

以上のように、バックグラインディング技術に関する初期特許の出願人は半導体メーカーであり、化学メーカーではなかった。すなわち、半導体用表面保護テープの市場形成というイノベーションはユーザーにその源泉を見出せる。

ところで、伝統的な考え方では、イノベーションの初期アイデアはメーカーが立案することを前提として取り扱われたが、いくつかのイノベーションの源泉に関する研究から、科学機器の場合で77%[Hippel(1976)]、半導体と電子サブアッセンブリー製造の場合で67%[Hippel(1977)]、医療機器の場合で53%[Shaw(1985)]が、ユーザー発のイノベーション、すなわちユーザーイノベーションであることが明らかにされ、イノベーションの初期アイデアは必ずしもメーカー発でなくユーザー発である場合が証明された。半導体用表面保護テープの市場形成もユーザーイノベーションであったと言える。

図表6-5. バックグラインディング技術関連初期特許一例

出願番号	出願年月日	名称	出願人	発明者	材料関連記載事項
昭53-18260	1978年2月20日	半導体基板とその製造方法	日立製作所	高野幸男, 小切間正彦, 青木茂, 牧道義, 加藤重雄	記載なし
昭53-144200	1978年11月24日	ウエハ研削方法および装置	日立製作所	高橋延秋, 佐藤昭彦, 中村総一郎	可撓性薄膜(接着材)
昭55-114184	1980年8月20日	半導体装置の製造方法	日本電気	松倉巧	接着剤+日本加工製紙製エレクトロンテープTR-7
昭55-121510	1980年9月2日	半導体ウエーハの研削方法	日本電気	松倉巧	日本加工製紙製エレクトロンテープTR-9
昭55-161677	1980年11月17日	サファイヤウエハの研削加工方法	東芝	加藤一郎, 鈴木成和	記載なし
昭55-171614	1980年12月5日	半導体装置の製造方法	日本電気	木下勝行	保護膜

図表6-6. NECの松倉出願特許一例

出願番号	出願日	名称	発明者	関連技術
昭54-138325	1979年10月26日	半導体装置の製造方法	松倉巧, 山道信行	ダイシング
昭55-114184	1980年8月20日	半導体装置の製造方法	松倉巧	裏面研削
昭55-121510	1980年9月2日	半導体ウエーハの研削方法	松倉巧	裏面研削
昭56-123302	1981年8月6日	半導体装置の補助吸着治具	松倉巧	裏面研削
昭56-197825	1981年12月9日	半導体素子取出し装置	松倉巧, 中嶋寿人	ダイシング
昭57-16913	1982年2月4日	半導体素子取出し装置	松倉巧	ダイシング
昭57-25702	1982年2月19日	半導体素子取出し装置	松倉巧	ダイシング
昭57-80925	1982年5月14日	硝子封止半導体装置の製造方法	久保田茂, 松倉巧	リードフレーム加工
昭57-210955	1982年12月1日	半導体装置の製造方法	松倉巧	裏面研削
昭59-8810	1984年1月20日	半導体ウエーハの分割方法	高林聡, 松倉巧	ダイシング
昭59-203159	1984年9月28日	ダイボンディング装置	松倉巧	ダイアタッチ
昭59-217705	1984年10月17日	半導体ウエーハ分割装置	松倉巧, 高林聡	ダイシング
昭60-82757	1985年4月18日	半導体装置	松倉巧	ワイヤボンド
昭60-114918	1985年5月28日	ワイヤボンディング装置	松倉巧	ワイヤボンド
昭60-188847	1985年8月28日	ワイヤボンディング方法	松倉巧	ワイヤボンド
昭61-116989	1986年5月21日	ペレットマウント装置	松倉巧	ダイアタッチ
昭61-218381	1986年9月16日	ワイヤボンディング装置	松倉巧	ワイヤボンド
昭61-300774	1986年12月16日	半導体ウエーハの切断方法	松倉巧	ダイシング

また、バックグラインディング工程で初めて半導体用表面保護テープを使用した日本電気は、1978年以前からダイシング工程においてダイシングテープを使用していたことがわかった。例えば、日本電気出願のダイシング関連特許である特願昭 52-128015(1977年)や特願昭 53-81318(1978年)には日本加工製紙製エレクトロンテープをダイシングテープとして使用していることが明記されていた。

日本電気のバックグラインディング技術関連特許，特願昭 55-114184(1980 年)では半導体用表面保護テープとしてエレクトロンテープが適用されているのも，ダイシングテープとしての実績があったためと推察される。

エレクトロンテープは結果的には半導体用表面保護テープとして半導体産業において広く普及することはなかったが，当時，技術系雑誌で次のように紹介されている[藤波・澤木(1983)]。

回路の形成を終えたウェハをできるだけ薄く均一にする研削工程でのウェハの固定用としてエレクトロンテープは用いられている。回路面に直接接触れる工程であるためエレクトロンテープの非汚染性は非常に有効である。また，この工程ではエレクトロンテープは，クッションあるいはダンパとしても有効に働くものと思われる。

一方，同記事に，次のような記載があり，「低汚染性」が技術課題であったことが窺えた。

もう 1 つはクリーン化への要請である。どんどん集積度を高め，パターンを微細化を推し進める VLSI 生産工程では，極端にいえばきのう何の問題でもなかったゴミとも呼べないようなゴミが，今日は悪の元凶ごとく扱われる。このような厳しい要求に応えるため，当社でも現状でできる限りの範囲は，ゴミの発生源をしらみつぶしに潰し，将来的にも業界の要請に応えるよう無塵化をさらに推し進めている。

1-2. 三井化学の半導体用表面保護テープ開発の経緯

三井化学は，1978 年から電子材料分野の開発を着手し，1981 年に電子材料事業部を新設し本格的な半導体事業への多角化を開始した[大島(1981)，三井東圧化学(1994)]。また，当時は通商産業省により，1976 年に超 LSI 共同研究所が発足し[垂井(2008)]，1981 年には次世代産業基盤技術研究開発推進制度が実施され[通商産業省(1992)]，日本全体が半導体産業に注目した時期であった。

三井化学の半導体用表面保護テープである製品名イクロステープは 1987 年春に上市されたとされるが[三井東圧化学(1994)]，後述するように開発は 1984 年から始められ，同年には東芝からその実用上の製品価値が認められていたことが明らかとなった。

三井化学から出願されたバックグラインディング技術関連の初期特許を図表 6-7 に例示する。初

出願特許は、成松治(以下、成松)、伊藤道康、小松和義、柴田康広の 4 氏が発明者として出願された特願昭 59-107539(1984 年)であった。

特願昭 59-107539(1984 年)内で次のような記載があり、初出願特許からすでに「低汚染性」が解決すべき技術課題として認識されていたことが示唆された。

本発明の目的は、ウェハの研磨加工に際して、その研磨加工時のウェハの破損を防止するとともに、生産性の向上に寄与し、しかもウェハ表面を汚染することのない方法を提供することである。

先述の 4 氏を三井化学における半導体用表面保護テープ開発の開発キーパーソンと判断した。特に、第一発明者である成松を最重要キーパーソンと特定し、特願昭 59-107539(1984 年)以前に該氏が関与した出願特許を抽出した。その結果、14 件あり、それら特許の想定用途は、金属加工用途、農業用途、自動車用途、建築用途等多岐にわたっていることがわかった(図表 6-8)。さらに、成松の初出願特許である特願昭 51-97459(1976 年)の共同発明者である丸山暢、上島保、鈴木博のそれ以前の出願特許を同様に抽出した結果、3 氏の出願特許のほとんどが農業用途に関するものであった(図表 6-8)。

以上より、農業用途を前提とした開発を通じて蓄積された技術が三井化学の半導体事業への多角化を支えた基盤となったことが示唆された(具体的な技術の中味については後述)。

図表6-7. 三井化学出願のバックグラインディング技術関連初期特許一例

出願番号	出願年月日	名称	発明者
昭59-107539	1984年5月29日	ウェハ加工用フィルム	成松治, 伊藤道康, 小松和義, 柴田康広
昭59-164328	1984年8月7日	ICプロセス用フィルム	成松治, 伊藤道康, 小松和義, 柴田康広
昭60-101191	1985年5月15日	ウェハ加工用フィルム	成松治, 伊藤道康, 小松和義, 柴田康広
昭61-113577	1986年5月20日	ウェハ加工用フィルムの貼付け方法	成松治, 小松和義, 柴田康広

図表6-8. 三井化学の成松, 丸山, 上島, 鈴木が関与した出願特許一例(1984年以前)

出願番号	出願年月日	名称	発明者	想定用途
昭43-78494	1968年10月30日	包装用ポリプロピレンフィルムの製造方法	福島清, 福森広次, 三木祥男, 上島保	包装材
昭45-39757	1970年5月12日	コーティング組成物	藤江誠二郎, 上島保, 関戸政次	包装材
昭45-95435	1970年10月29日	袋体の製造法	福島清, 高島良二, 上島保	包装材
昭46-46295	1971年6月28日	透明膜状体の構造的欠陥の検出方法	竹藤安男, 伊藤信大, 丸山暢	記載なし
昭48-95711	1973年8月28日	近赤外線を選択的に吸収する農業用被覆材	阿部武司, 渡辺博夫, 村上尚道, 野田栄一, 上島保	農業
昭48-101233	1973年9月10日	近赤外線を吸収するプラスチックフィルム	野田栄一, 渡辺博夫, 阿部武司, 上島保, 阪野功	農業
昭50-100748	1975年8月20日	近赤外線吸収剤	野田栄一, 渡辺博夫, 阿部武司, 上島保, 阪野功	農業
昭50-149723	1975年12月16日	低毒性塩化ビニル系樹脂組成物	丸山暢, 行富増夫, 長田稔, 花上邦夫, 上島保	農業
昭51-39381	1976年4月9日	農業用ポリ塩化ビニルフィルム	本田俊介, 上島保, 竹藤安男	農業
昭51-72825	1976年6月22日	低毒性塩化ビニル樹脂組成物	中野正巳, 上島保	農業
昭51-92756	1976年8月5日	塩化ビニル系樹脂組成物	鈴木博, 網代和夫	水道管
昭51-97459	1976年8月17日	仮着性マスキングフィルム	成松治, 丸山暢, 上島保, 鈴木博	金属加工
昭52-88802	1977年7月26日	仮着性マスキングフィルム	成松治, 上島保, 竹藤安男, 鈴木博, 丸山暢	金属加工
昭54-122639	1979年9月26日	表面保護シート	成松治, 竹藤安男, 日向寺昭夫, 大喜多泰郎	金属加工, 樹脂加工
昭54-145469	1979年11月12日	表面保護シート	成松治, 竹藤安男	金属加工
昭56-103167	1981年7月3日	表面光沢紙の製造方法	本田俊介, 竹藤安男, 成松治, 柳原壮, 桜井伸二郎	印刷
昭56-160948	1981年10月12日	農業用被覆資材	成松治, 竹藤安男	農業
昭57-16284	1982年2月5日	壁装材料	成松治, 竹藤安男, 伊藤道康, 柴田康広	建築
昭57-19731	1982年2月12日	農業用ポリ塩化ビニルフィルムの製造方法	榎下良祐, 成松治, 梅沢英雄, 上島保, 竹藤安男	農業
昭57-51017	1982年3月31日	農業用被覆資材	成松治, 竹藤安男, 上島保, 榎下良祐, 梅沢英雄	農業
昭57-59720	1982年4月12日	塩化ビニル樹脂不織繊維構造物	成松治, 竹藤安男, 伊藤道康	自動車
昭57-221800	1982年12月20日	表面保護シート	成松治, 伊藤道康, 竹藤安男	金属加工
昭59-87842	1984年5月2日	低粘度樹脂フィルムの製造方法	成松治, 小松和義, 伊藤道康	記載なし
昭59-87843	1984年5月2日	ウェブ状シートの製造方法	成松治, 小松和義, 伊藤道康	記載なし
昭59-89313	1984年5月7日	ホットメルト接着剤	小松和義, 伊藤道康, 成松治	建築

最重要キーパーソンと特定した成松に対してインタビューを実施した²⁾。インタビューでの質問と回答を図表 6-9 に示す。

以下、インタビューにより判明した事実を列挙する。

(1) 成松は 1972 年に宮崎大学農学部を卒業後、三井東圧化学(三井化学の前身、名古屋)に入社し、農業用資材の開発を当初の仕事とした。延べ約 20 年間にわたり研究開発部門に所属した。

(2) 半導体用表面保護テープ開発のきっかけは、1983～1984 年頃、当時の三井東圧化学の研究所長であった高瀬勉から東芝訪問を指示されたことにあった。

(3) 当時、エレクトロンテープの存在は知らなかった(インタビュー時点でも存在事実を知らなかった)。

(4) 当時の東芝の担当者は野田康昌(以下、野田)であり、数ヵ月後の 1984 年 9 月に完成することになる岩手東芝エレクトロニクスで使用するためのバックラインディング工程用材料の選定を行っていた。野田からその材料に対するキーニーズとして「クッション性」と「低汚染性」が成松に開示された。高剛性な材料を使用するとバックラインディング工程中にシリコンウェハが割れ、歩留まりを低下させるため、「クッション性」すなわち低弾性な材料が求められた。また、当時多く使用されていたレジストには使用後の洗浄処理にトリクレン(トリクロロエチレン)が必要であったが、発癌性や環境汚染の懸念からトリクレン使用に対する社会的抵抗感が芽生え始めており[山口他(1987)],トリクレン洗浄が不要になる程度の優れた「低汚染性」が求められた。

(5) 成松は開示されたキーニーズを認識後すぐにプロトタイプを試作にとりかかった。農業用途で使用実績のあったポリ塩化ビニルは塩化物イオンによるシリコンウェハ表面への悪影響が懸念されたため、基材はポリオレフィンを主体とし、さらに、「クッション性」を付与するため、酢酸ビニルを共重合することで得られる EVA(エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂)が成松により選定された。また、粘着層としては三井東圧化学(茂原)で実績のあった水系粘着剤アロマテックスが採用された。粘着剤の合成は水中で行われるため、万一モノマーが残存してしまっても水で洗浄することができ、「低汚染性」という観点で顧客訴求力³⁾の強いものとなった。

(6) 完成したプロトタイプは東芝の野田のもとで評価され、良好な結果が出た。そこで、野田は成松に更なる材料改良を効率良く行ってもらうために、成松をバックラインディング装置メーカーであるディスコに同行訪問させた。

(7) ディスコの担当者は入社したばかりの吉永晃(以下、吉永)であった。

ところで、ディスコは 1937 年に関家三男により創業された第一製砥所を前身とし、1970 年代にダ

イシング装置で半導体市場に参入した会社である[伊丹他(1998), 関家(2004)]. ディスコは1977年にはすでにダイシング装置の市場でトップシェア(36%)を獲得しており[岩渕・宮川(1977)], また, 1984年においては国内シェア95%, 世界シェア70%までになったとされている[伊丹他(1998)].

そのディスコがロータリサーフェスグラインダ 650 シリーズという名称のバックラインディング装置を開発し, 1980年に上市した[横田・小野(1980)].

ディスコのキーパーソンであった吉永に対してインタビューを実施した⁴⁾. インタビューにより判明した事実を以下に示す.

(1) 吉永は1981年入社後すぐに, 1980年に上市されたばかりのバックラインディング装置(ロータリサーフェスグラインダ 650 シリーズ)の担当技術者となった.

(2) ロータリサーフェスグラインダ 650 シリーズは日立製作所の要請を受けて開発された(この事実は, バックラインディング関連特許を初めて出願したのが日立製作所(1978年)であったことと矛盾しない).

(3) 吉永は成松に対して, バックラインディング工程のノウハウを教示するだけでなく, バックラインディング装置デモ機を無償で使用させ, トライ&エラーによる反復学習の機会を提供した.

以上のように, 化学メーカーである三井化学での半導体用表面保護テープの開発においては, 半導体メーカーである東芝(三井化学にとってのユーザー)やバックラインディング装置メーカーであるディスコとの間での強い技術的協業関係が重要な役割を果たしたことが示唆された.

三井化学の半導体用表面保護テープの実用上の製品価値が東芝で認められた事実は, 野田による出願特許である特願昭 59-263576(1984年)の「実施例」に次のような記載があることから窺えた.

例えば三井東圧化学社製の商品名イクロス, 型番SB205なるテープを用いることができる.

その後, 三井化学の半導体用表面保護テープはディスコのバックラインディング装置の普及に伴い, 日本電気, 富士通, 沖電気等といった半導体メーカーに急速に普及し, 市場でトップシェアを獲得するに至った.

図表6-9. 三井化学の成松へのインタビューでの質問と回答

【質問分類①】1976～1984年までの金属加工用マスキングテープ開発背景について	
質問①-1	農業用途以外の用途探索がなぜ必要だったのでしょうか？
回答①-1	稼働率の低い塗工装置を何とか活用しろという指示があったためだったが、個人的には、評価に1年以上を要する農業用途よりも、早く評価結果が出る新しい用途の方に興味があった。
質問①-2	なぜ金属加工用途をターゲットとしたのでしょうか？
回答①-2	現行市場であった農業用途市場はすでに成熟しており、市場拡大は見込めなかったため、関係者で知恵出しして、当時既存の金属加工用途市場をとりあえずのターゲットとした。
【質問分類②】1984年以降の半導体用イクロステープ開発背景について	
質問②-1	半導体用途のニーズをどのように認識しましたか？
回答②-1	当時の研究所長であった高瀬勉さん(後に三井化学専務)から「ダイシングテープという用途があるから東芝に行きなさい」と言われたから。ただ、高瀬さんがどのようなルートでその情報を入手したかは知らない。
質問②-2	想定ユーザーとの協業はありましたか？あった場合、そのユーザーはどこで、また、技術的なアドバイスを受けましたか？
回答②-2	東芝を訪問したところ、当時の担当者であった野田康昌さん(後に東芝ケミカル)から「ちょうど今、裏面研削プロセスを岩手(岩手東芝エレクトロニクス)で構築しようとしており、裏面研削時の表面保護材としてレジストとテープを評価しようとしている」と言われたから。
質問②-3	イクロステープの技術的な対競合優位性(コア技術)は何でしたか？エレクトロンテープを知っていましたか？
回答②-3	エレクトロンテープの存在は知らなかった。東芝からはウェハ歩留まりと関係のあるクッション性、ウェハ表面への低汚染性を要求された。イクロステープの粘着剤は水系なので、水で洗浄できることをセールスポイントとした。当時のレジストはトリクレン(トリクロロエチレン)と呼ばれる有機溶剤洗浄が一般的だったので、水洗は顧客訴求力があつた。
質問②-4	その優位性発現のために行った特別な開発行為はありましたか？
回答②-4	特になかった。ただ、材料設計する際、クッション性を実現するために、農業用途で実績のあつた塩ビとPEが候補に挙がったが、塩ビは可塑剤が表面に移行する恐れがあつたこと、PEそのものではクッション性が十分でないと考え、基材はPE系のEVAを選定した。粘着剤はすでに農業用途で実績のあつた水系粘着剤を適用した。
質問②-5	その優位性発現のために行った特別な投資行為はありましたか？
回答②-5	東芝へはクリーン環境からほど遠い環境で試作したサンプルを供試した。すぐに良好な結果がフィードバックされ、「半年で、クリーン環境で量産可能な状態にしてくれ」と言われた。これを受け、クリーンルームを導入した。導入までの約1年間はクリーンルームを持っていたメーカーに生産委託した。その後の(現行の)クリーンルーム建設は関西NECの監査で当時担当者の富田眞さん(現滋賀県立瀬田工業高校校長)の厳しいご指導の賜物。
質問②-6	裏面研削装置メーカーとの協業はありましたか？あった場合、そのメーカーはどこで、また、技術的なアドバイスを受けましたか？
回答②-6	東芝からの評価結果が出たころ、野田さんとともにディスコを訪問した。当時のディスコの担当者は吉永晃さん(現執行役員)。ディスコは自分達の装置を売りたいので、多くの情報を教えてくれた。ちなみに、NEC、富士通、沖電気などからは、ディスコの紹介で(三井化学に)問い合わせがあつた程。
【質問分類③】イクロステープ事業成功要因について	
質問③-1	イクロステープ事業成功要因についてどのようにお考えですか？
回答③-1	顧客の要求にすぐに応えたことだと思う。(農業用途や金属加工用途での顧客とは全く違つたため、)ディスコの存在も極めて大きかつた。また、事業開始後も多くの改善を行ったことも重要だつた。例えば、さびによる配線ショートを引き起こすイオン性不純物除去には粘着剤の重合方法改良を行つたり、よりクリーン化するために乾着塗工方式を採用したり、厚み精度を向上させるために基材の押出成形工程にヒートボルト方式を採用したり、ブツの原因になる異物を除去するために多層フィルターを導入したり、と多くの改善努力があつてこそ成功だと思う。

1-3. 三井化学の半導体産業への多角化における技術伝播の構造

三井化学は、1984 年から半導体用表面保護テープ開発を着手したが、その技術は、当時の開発キーパーソンである成松らを通じて農業産業で蓄積された技術が活用されたことが明らかとなった。より詳細な技術の中味を把握するために、成松が第一発明者で出願している農業用途関連特許の特願昭 56-160948(1981 年)と半導体用途(バックグラインディング技術)関連特許の特願昭 59-107539(1984 年)とを比較した。

ところで、詳細比較の前に、当時の日本の特許の明細書様式について簡単に触れておく⁵⁾ [橋本(1986)]. 明細書様式については、特許法施行規則により定められており、**図表 6-10** のような項目について記載する必要がある。中でも、明細書には、「発明の名称」、「特許請求の範囲」といった基本情報のみならず、「発明の詳細な説明」の項では、「背景技術」、「発明が解決しようとする課題」、「課題を解決するための手段」、「発明の効果」等の技術思想を記載するとともに、「実施例」において、その思想の成立を裏付ける具体的な証拠を記載する必要がある。「実施例」は、特許出願人が最良の結果をもたらすと思うものをなるべく多種類掲げて記載し、必要に応じて具体的な数字に基づいて事実を記載するものとされている[橋本(1986)]. すなわち、明細書内には、技術思想としての知識(Intangible Knowledge)とその知識を具現化するための実体として手段(Tangible Substance)が記載されており、特に、明細書全文の記述内容から使用された知識を把握できる一方で、使用された実体は具体的な証拠としての「実施例」から把握できる、と言える。

図表6-10. 特許明細書での記載事項

書類名	項目
特許請求の範囲	請求項
明細書	発明の名称 発明の詳細な説明 技術分野 背景技術 発明が解決しようとする課題 課題を解決するための手段 発明を実施するための最良の形態 実施例 産業上の利用可能性 図面の簡単な説明
図面	
要約書	

以上のような特許の明細書様式の特徴を踏まえた上で、農業用途関連特許と半導体用途関連と特許の明細書内容を詳細に分析し、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の3つの能力に分類可能なキーワードを抽出した。具体的には、知識(材料知識、製造知識、評価知識)に関わるキーワードは特許明細書全文の記述内容から、手段(材料、製造装置、検査装置)に関わるキーワードは「実施例」の記述内容から抽出した。結果を図表6-11に示す。材料知識、材料、製造知識、製造装置に共通点が見出され、部材調達能力と製造能力とが両特許に共通の技術者である成松を介して伝播したと言える。一方、評価知識や検査装置に共通点は見られなかった。農業用途関連特許における検査装置は、引裂き強度を測定するためのエルメンドルフ試験機や光線透過率を測定する東洋精機製ヘイズメーターであったのに対して、半導体用途関連特許における検査装置は、ディスコ製ロータリーサーフェイスグラインダー(バックラインディング装置)であり、その評価項目はウェハの破損枚数、ウェハ表面汚染性やウェハ研磨作業時間といったものであった。

図表6-11. 農業用途関連特許と半導体用途関連特許での共通能力

開発		農業用フィルム開発	半導体用表面保護テープ開発
出願番号		昭56-160948	特願昭59-107539
出願年月日		1981年10月12日	1984年5月29日
発明の名称		農業用被覆資材	ウエハ加工用フィルム
発明者		成松治、竹藤安男	成松治、伊藤道康、小松和義、柴田康広
部材調達能力	材料知識	塩化ビニル重合体、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体	エチレン-酢酸ビニル共重合体、ポリブタジエン、ポリウレタン、軟質塩化ビニルシート、アクリル系粘着剤、エステル系粘着剤、ウレタン系粘着剤
	材料	ポリ塩化ビニルシート、アクリル樹脂	エチレン-酢酸ビ共重合樹脂フィルム、ブタジエンゴムシート、アクリル系粘着剤
製造能力	製造知識	ロールコーティング、ナイフコーティング、ロッドコーティング、スプレーコーティング、グラビアコーティング、キスコーティング、バーコーティング	ロールコーター法、グラビアロール法、バーコード法、浸漬法、ハケ塗り法、スプレー法
	製造装置	ロールコーティング方式にて塗布乾燥	ロールコーター機により塗布、乾燥
製品評価能力	評価知識	引裂き強度、光線透過率	破損不良率、汚染性、作業時間
	検査装置	エルメンドルフ試験機、東洋精機製ヘイズメーター	研磨機(ディスコ社製ロータリーサーフェイスグラインダーDFG-83H/6型)

図表 6-12 に、三井化学の半導体用表面保護テープ開発においてキーパーソンであった成松がこの開発に関連する最初の特許特願昭 59-107539(1984 年)を出願する以前に出願した 14 件の全特許の詳細内容を分析し、3 つの能力の観点でキーワードを抽出した結果を示す。

特願昭 59-107539(1984 年)以外の特許において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力に共通点が多くみられることが明らかとなった。一方、特願昭 59-107539(1984 年)の製品評価能力に関連する評価装置は研磨機であり、他の特許での評価装置とは全く違っていたことがわかった。

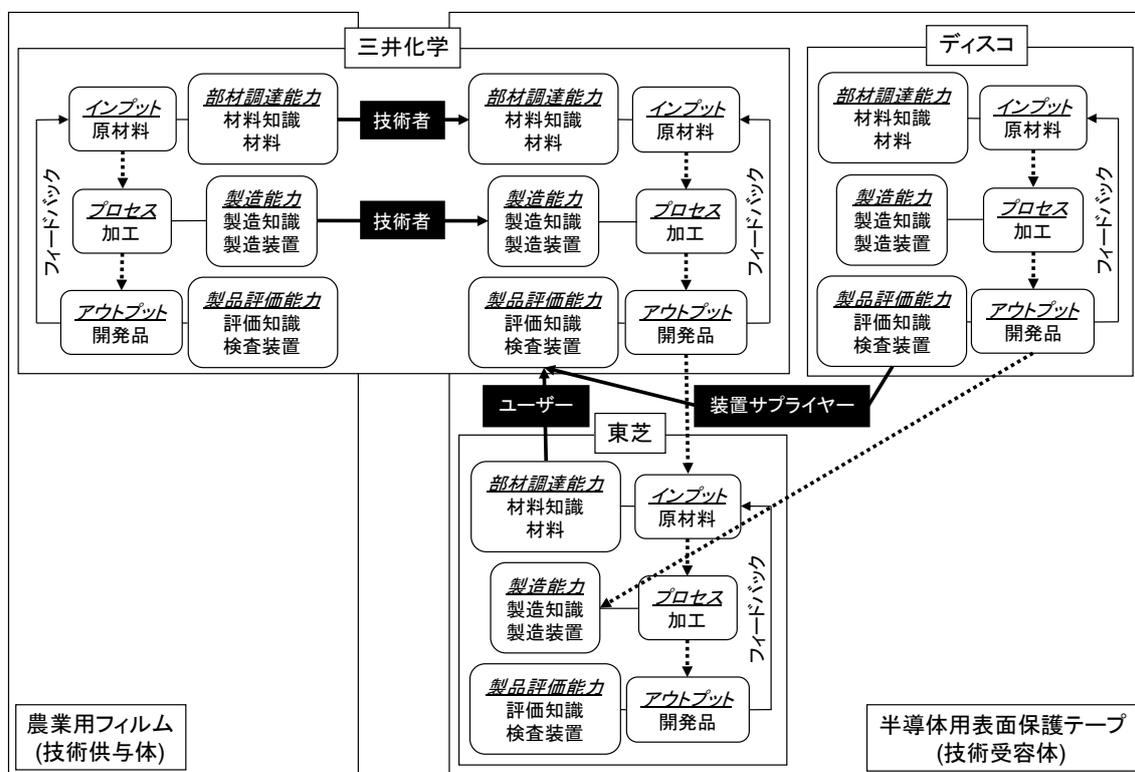
図表6-12. 三井化学の成松出願特許から抽出される3つの能力

出願番号	名称	部材調達能力	製造能力	製品評価能力
昭51-97459	仮着性マスキングフィルム	ポリ塩化ビニル, アクリルゴム, 天然ゴム	ロールコーター法, グラビアコーティング法, カレンダー法	引張試験機, ウエザロメーター, エレクセン試験機
昭52-88802	仮着性マスキングフィルム	ポリ塩化ビニル	グラビアコーティング法, カレンダー法	引張試験機, エレクセン試験機
昭54-122639	表面保護シート	塩化ビニル	リバースコーター, Tダイ押出法	ウエザオメーター, エレクセン試験機
昭54-145469	表面保護シート	塩化ビニール, アクリル	カレンダー法, 押出Tダイ法	エレクセン試験機
昭56-103167	表面光沢紙の製造方法	ポリプロピレン, ポリウレタン, アクリル	バーコーター方式	グロスメーター
昭56-160948	農業用被覆資材	ポリ塩化ビニル, アクリル	ロールコーティング方式	ヘイズメーター, エレクセン試験機
昭57-16284	壁装材料	ポリ塩化ビニル	押出し製膜	耐摩性
昭57-19731	農業用ポリ塩化ビニルフィルムの製造方法	ポリ塩化ビニル	ロッドコーター法	エルメンドルフ試験機, ヘイズメーター
昭57-51017	農業用被覆資材	塩化ビニル, アクリル	ロールコーター方式, カレンダー方式	エルメンドルフ試験機, ヘイズメーター
昭57-59720	塩化ビニル樹脂不織繊維構造物	ポリ塩化ビニル, エチレン-塩化ビニル	押し出し	外観写真
昭57-221800	表面保護シート	塩化ビニル, アクリル	カレンダー法, 塗布	摩擦角測定機, エレクセン試験機
昭59-87842	低粘度樹脂フィルムの製造方法	ポリエチレン, エチレン-酢ビ共重合樹脂, ナイロン	押出機, インフレーション成形装置	外観目視
昭59-87843	ウェブ状シートの製造方法	ポリエチレン, ポリエステル, ナイロン	押出機, インフレーションダイ	外観目視
昭59-89313	ホットメルト接着剤	ポリエステル, ナイロン	熔融押出	引張試験機
昭59-107539	ウエハ加工用フィルム	エチレン-酢ビ共重合樹脂フィルム, ブタジエンゴム, アクリル	ロールコーター機	研磨機

ところで、前述の通り、キーパーソンへのインタビューから、製品評価能力は東芝やディスコといった他社でのトライ&エラーによる反復学習の機会を通じて獲得していった。東芝は三井化学にとってのユーザーであり、ディスコは東芝にとっての製造装置サプライヤーであった。つまり、製品評価能力は、ユーザーや装置サプライヤーを介して伝播したと言える。

以上、三井化学の半導体用表面保護テープ開発を通じた半導体事業への水平型多角化を技術伝播の観点からまとめると、**図表 6-13** のような構造になる。この多角化における技術供与体としての製品は三井化学の農業産業で蓄積された農業用被覆資材であり、技術受容体としての製品は半導体産業に分類される半導体用表面保護テープである。すなわち、**図表 5-14** の概念的フレームワーク内のメーカー A_N = メーカー B_M = 三井化学、製品 X = 農業用被覆資材、製品 Y = 半導体表面保護テープと考えることができる。そして、1984 年以前において農業産業に属していた三井化学は、半導体産業へ参入する際に、農業産業で培われた部材調達能力と製造能力は成松ら技術者を介して三井化学内で内部伝播したのに対して、製品評価能力は当時すでに半導体産業に属していた半導体メーカーである東芝や装置メーカーであるディスコを通じて外部伝播したと図示できる。

図表6-13. 三井化学の水平型多角化における技術伝播の構造



1-4. 高バンプウェハ用テープのニーズ

第4章で紹介したように、半導体の高密度化という技術トレンドを牽引した半導体パッケージの変遷に伴い、ウェハ厚みやバンプ高さといった半導体ウェハ形態も時代とともに変化した(図表 4-8)。この変化に対応すべき、三井化学は、1984年の半導体用表面保護テープ開発を皮切りに、新製品開発を継続的に進め、多くの銘柄を上市してきた(図表 6-14)。

図表6-14. 三井化学の半導体用表面保護テープ新製品開発

半導体ウェハ形態	汎用ウェハ		バンプウェハ	薄ウェハ	高バンプウェハ	
製品名*	SB	HT	SV	HR	MY	
上市年	1987	1995	2002	2003	2010	
基材 (厚み)	エチレン-酢酸ビニル共重合体 (120 μm)	エチレン-酢酸ビニル共重合体 (140 μm)	エチレン-酢酸ビニル共重合体 (160 μm)	ポリエステル (25 μm)	ポリエステル (75 μm)	
原材料*	中間層 (厚み)	なし	なし	ポリオレフィン (200 μm)	エチレン-酢酸ビニル共重合体 (120 μm)	ポリオレフィン (500 μm)
粘着層 (厚み)	アクリル (10 μm)	感光性アクリル (40 μm)	アクリル (10 μm)	アクリル (50 μm)	ポリオレフィン (20 μm)	

*製品名は略称、原材料は主成分、厚みは代表銘柄のもの

最近急速に増加したウェハ形態は高バンプウェハである。ウェハ厚みが 300 μm 以下と薄く、同時にバンプの高さが 200 μm 以上と高い、ウェハである。バンプウェハはフリップチップ(Flip Chip)実装⁶⁾を前提としたウェハである。金属ワイヤーを使用した従来のワイヤーボンディング実装に比べて高速信号伝送に適しており、古くから無線 LAN 用半導体パッケージ等で多用されてきた。1990 年頃から普及し始めた無線 LAN 用半導体パッケージは、従来は主にパーソナルコンピューターに搭載されていたが、近年になり、Bluetooth 用途等でパーソナルコンピューターのみならず携帯電話やスマートフォンといった小型電子機器に搭載されるようになった。そのため、無線 LAN 用半導体パッケージは、小型化要求が強まり、結果として、薄いウェハ厚みが要求されるようになった。

ところで、バンプの材質は金やはんだが古くから使用され、最近ではコスト低減のため、金の代わりに銅が使用されはじめている。ただし、バンプ高さの高いバンプでは主にはんだが使用されている。バンプは、ウェハ表面にある電極パッド⁷⁾上に形成されるが、その仮固定方法には、めっき法、印刷法、ボール法の 3 つが主に知られている(図表 6-15)。めっき法はスループット(Throughput)⁸⁾が低いため高バンプに適さず、印刷法は安価でスループットの高い方法であるものの、バンプ高さ

がばらつきやすいという欠点がある。一方、ボール法は、予め大きさのそろったはんだボールを使用するためバンプ高さのばらつきを抑えられるため、広く普及している。

図表6-15. バンプ仮固定方法

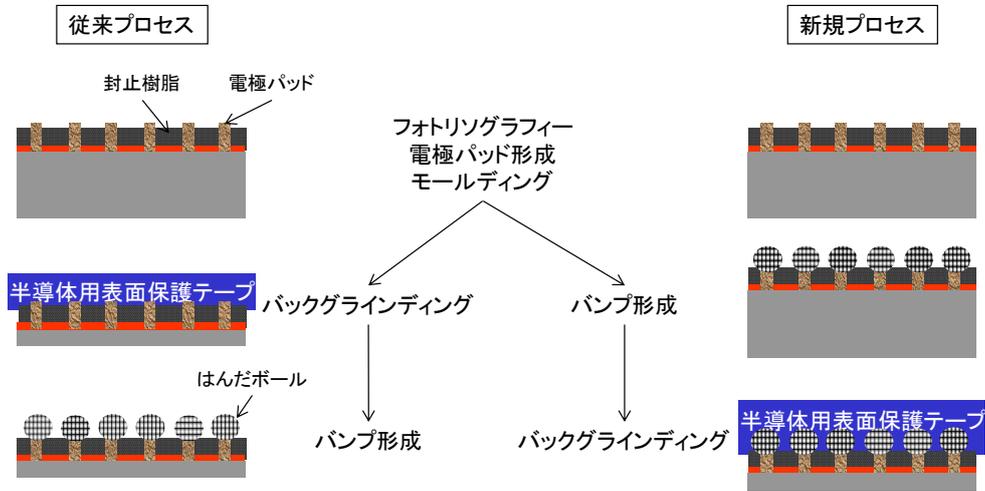
めっき法	印刷法	ボール法
電極パッド上に電解めっきによりバンプを析出させ、フラックスを塗布する	電極パッド上にははんだペーストを印刷する	電極パッド上にフラックスを塗布し、フラックス上にはんだボールを搭載する

ボール法によるバンプ形成は、一般に、次のようなプロセスで行われる。まず、ウェハの電極上にフラックス⁹⁾を塗布する。フラックスは電極パッド表面とはんだボール表面の酸化物の除去により活性化させ、電極パッド上に並べられるはんだボールを仮固定する役割を担う。次に、ウェハ上の電極パッドに対応した位置に貫通穴に設けられたはんだボール配列板にはんだボールを吸引し、フラックスが塗布されたウェハ上にはんだボールが搭載される。続いて、はんだボールが搭載されたウェハを窒素雰囲気下で加熱することで、はんだボールは熱溶融し、バンプ形状となると同時に電極パッドに密着する。この加熱プロセスは、一般に、リフロープロセスと呼ばれ、はんだの溶融温度以上(200℃以上)のプロセスである。このリフロー後、フラックスを洗浄、除去し、バンプウェハが完成する。

一般の多くのバンプウェハでは、バンプ形成は、ウェハ厚みをバックグラインディング工程で薄化した後で行われる。しかし、先述したように、最近、薄いウェハが要求されるようになってきている。ウェハが薄くなると、当然、機械的強度が低下するため、ウェハの反りや割れが大きな問題になる。特に、薄いウェハに対して、リフローのようなバンプ形成時の高温をかけると、ウェハの材質であるシリコンの線膨張係数¹⁰⁾とバンプの材質であるはんだの線膨張係数の違いにより、室温時に比べてウェハが大きく反り、割れが発生する確率が大きく上昇し、ウェハの良品収率が大きく低下する。

そのため、高バンプウェハのバックグラインディングを、バンプをウェハに形成させた後、実施するという新規プロセスが提案された。図表 6-16 に、新規プロセスと従来プロセスの違いを図示する。従来プロセスでは、バンプ形成前に表面が比較的平坦なウェハをバックグラインディングするため、半導体表面保護テープにはウェハ表面凹凸吸収性は要求されないが、新規プロセスでは、高さの高いバンプをウェハ表面に形成させた後、その凹凸の大きいバンプ面に半導体用表面保護テープを貼り、バックグラインディングするため、半導体表面保護テープにはウェハ表面凹凸吸収性が必須要求特性になる。

図表6-16. 新規バンプ形成プロセス



1-5. 高バンプウェハ用テープ開発における技術伝播の構造

新規バンプ形成プロセスには、ウェハ表面凹凸吸収性に優れた高バンプウェハ用テープが必要になる。三井化学がこのような顧客からのニーズを認識したのは2009年8月であった。そしてその1ヶ月後の9月には、最初のプロトタイプサンプルを供試した。この開発は2010年3月に新規テープの顧客認定を受け完了となったが、その開発期間内で、三井化学は20種類以上という大量のサンプルを顧客に供試している。

このテープ開発に直接的に関わった開発担当者は、当時研究開発部門に所属していた2人の技術者であった。2人とも、三井化学の半導体用表面保護テープ事業で10年以上の材料設計経験を有するベテランであった。また、顧客が海外の半導体メーカーであったこともあり、顧客訪問に際して、三井化学の技術者ととも海外支店の技術営業担当者も同行していた。そこで、この開発に直接的に関わった三井化学の技術者の内の1人と海外支店の技術営業担当者1人に対してインタビューを実施した。そのインタビューの中で、三井化学の技術者は下記のように発言した¹¹⁾。

我々は、すべての共同評価で顧客のクリーンルームに入ることができ、毎回、評価後に技術課題について顧客と議論しました。また、その顧客から要請されている技術課題に早急に対応するため、三井化学独自の特殊樹脂を使ったものの、サンプル試作は外部のメーカーに委託しました。このプロジェクトでのバンプウェハは非常に特殊であり、社内での評価は不可能でした。(顧客との共同評価を通じた)トライ&エラーを続ける他ありませんでした。

当時の三井化学には、この高バンプウェハ用テープを半導体用表面保護テープとして実用上使用可能にするための製造装置はなかった。それを実現するためには、クリーン仕様の三層共押出機を保有する外部のフィルムメーカーでのトライ&エラーを通じたサンプル試作が不可欠であったとのことであった。なお、この高バンプウェハ用テープは現在ではすでに製品として他顧客へも販売されているが、その量産はサンプル試作を委託していた外部のフィルムメーカーがそのまま継続して対応しているとのことであった。

また、顧客との共同評価がどのようなものであったかを明らかにするため、海外の技術営業担当者にも話を聞いたところ、次のような発言があった¹²⁾。

顧客は、我々との製品共同評価に積極的でした。我々は、継続的に改良サンプルを供試しました。実際、2009年の9月を皮切りに、その月に5サンプル、10月に5サンプル、11月に3サンプル、12月に3サンプル、2010年1月に2サンプル、そして最後の3月に5サンプルを供試し、その月に顧客から認定を受けました。顧客評価テスト用改良サンプルを迅速かつ継続的に供試したことが成功要因だと思います¹³⁾。

さらに、インタビューから明らかになった三井化学と顧客との間での共同評価の経緯をまとめると、**図表 6-17** のようになる。毎回の共同評価は2日間を要したとのことであった。第1日目は、ダミーウェハを使用したテストであり、そのテストでウェハへのテープ貼り付け条件等のプロセスパラメーターを決定する。そして、第2日目は、実ウェハを用いたテストを行う。実ウェハは極めて高価で入手が困難なウェハであったため、実ウェハを使用する前の評価前に、顧客内において第1日目のテスト結果に基づいた実ウェハ使用承認手続きがあったとのことであった。

図表6-17. 三井化学－顧客間共同評価の経緯

時期	評価用サンプル名
2009年9月上旬	DT-871, DT-872
2009年9月下旬	DT-888, DT-889, DT-890
2009年10月	UT-190-02, UT-190-03, UT-190-06, CR-2688-01, CR-2687-01
2009年11月	DT-906, DT-905, CR-495mod
2009年12月	DT-906-54A, DT-906-54B, DT-939
2010年1月	DT-906-54C, DT-906-54D
2010年3月上旬	DT-906-54E, DT-906-54F, DT-906-54G
2010年3月下旬	DT-906-54E1, DT-906-54E2

図表 6-17 には評価用サンプル名が記載されている。このサンプル名からテープの材質や層構成をどう改良したかを把握することはできないが、2009 年 12 月に DT-906 シリーズが顧客でのスクリーニング結果として残り、2010 年 3 月に DT-906-54E に材料設計が収束していく様子を想像することができる。いずれにせよ、顧客とともにトライ&エラーの評価を実施することで、改良テープの材料設計ができたことがわかる。

高バンプウェハ用テープとして最終的に顧客の認定を受けたサンプルは、DT-906-54E1 であった。このサンプルは、正式な銘柄名として MY-595PT-ATN20-PG2(MY テープ)と名付けられ、2010 年 4 月以降、多くの顧客へ販売されている。このテープを顧客へ紹介する際に使用する資料の一部を図表 6-18 に示す。テープの層構成の内、Absorption layer と書かれた層は、バンプ吸収の役割を担うため、高バンプウェハに使用される本テープにとって最も重要な層と言える。MY テープの Absorption layer は、2010 年 5 月に作成された紹介資料の中で MY テープと並んで記載されている別銘柄の CR-495SHB-T350 の Absorption layer と同じ材質の特殊樹脂(Special resin A)を使用していることがわかる。CR-495SHB-T350 は、2008 年 9 月に発行されている製品カタログに開発品として記載されており(図表 6-19)、MY テープ開発の 1 年以上前に材料設計が完了していた銘柄であった。実際、インタビューの結果、MY テープ開発に関わった 2 人の技術者が研究開発部門に在籍中に開発したものであることがわかり、CR-495SHB-T350 開発での材料設計における知見が MY テープ開発に応用されたと考えることができる。

図表6-18. 高バンプウェハ用テープ紹介資料(2010年5月)

Tape grade	CR-495SHB-T350	HT-440HBA	MY-595PT-ATN20
Tape construction			
Base film	Polyester / Polyolefin	Polyester	Polyester
Absorption layer	Special resin A	Special resin B	Special resin A
Adhesive	-	UV type	Non UV type
Thickness (μm)			
Base film	25 / 120	50	75
Absorption layer	350	350	500
Adhesive	-	40	20
Total	495	440	595

出所: 三井化学作成の顧客向け資料

図表6-19. 高バンプウエハ用テープ紹介カタログ(2008年9月)

P/N	SB-170S-CAN-R2	SB-370SV-CN-R2	CR-495SHB-T350-PE2※1
Base Film	Polyolefin	Polyolefin	Multilayer
Thickness [μm]	120	160	145
Absorption layer	—	Special Resin A	Special Resin B
Thickness [μm]	—	200	350
Adhesive	Acrylic Pressure Sensitive Adhesive Resin	Acrylic Pressure Sensitive Adhesive Resin	—
Thickness [μm]	50	10	—
Thickness of Tape Design [μm]	170	370	495
Adhesibility [N/25mm vs SUS]	2.3	4.0	0.0
Remark	For Gold Bump	For Solder Bump	For Solder Bump (height: 250 μm)

Adhesive Strength: Sample tape is attached on a stainless (SUS-BA) steel plate. Adhesive Strength is measured after leaving it in an environment at 23°C, 55%RH for one hour. Peeling speed is 300mm/min., and peeling angle is 180°.

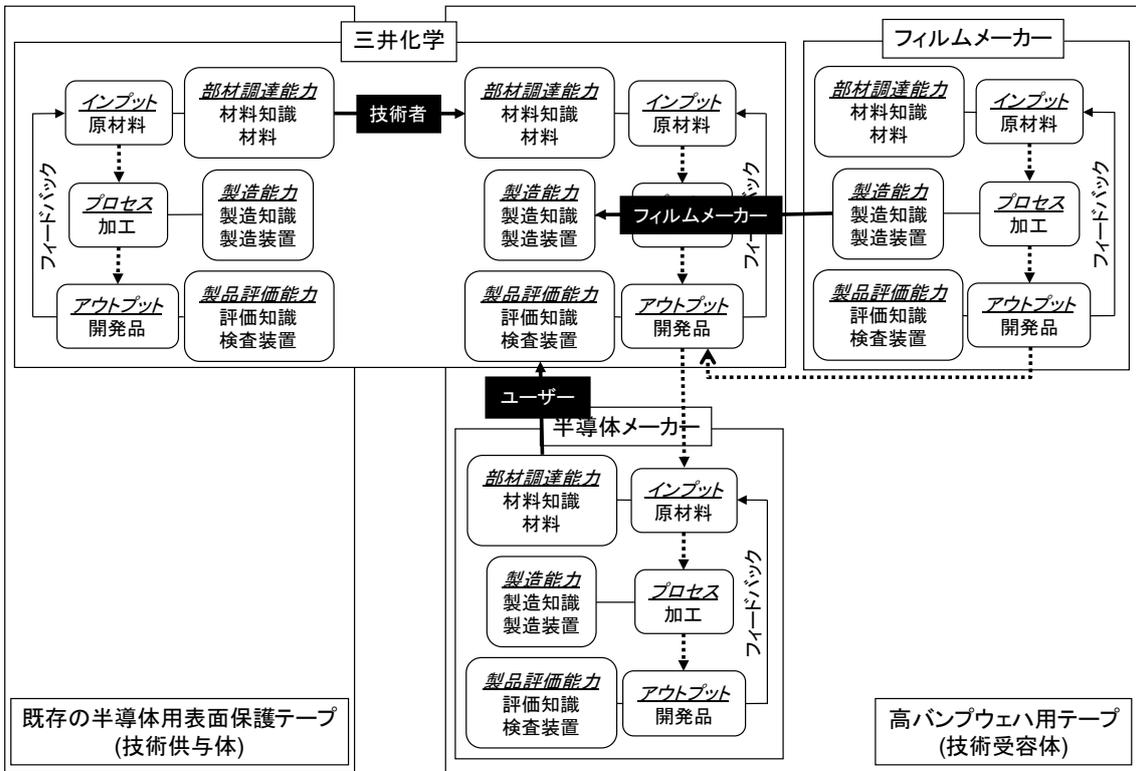
※1: Under Development

出所: 三井化学作成カタログ

以上の結果から、高バンプウエハ用テープ開発における技術伝播の構造を図表 6-20 に図示する。本開発に関わった技術者は、トライ&エラーを通じた材料設計に際し、過去の知見と当時すでに保有していた三井化学独自の特殊樹脂を活用していたことから、部材調達能力は内部伝播したと言える。一方、プロトタイプ試作に際し、製造は外部のフィルムメーカーに委託(アウトソーシング)された。この委託は、単なる製造委託ではなく、トライ&エラーを通じた共同試作と呼べるものであり、外部のフィルムメーカーの製造知識の一部は三井化学に伝播した。すなわち、三井化学は製造装置自体を自社内に導入しなかったが、プロトタイプ試作において、製品化を実現するための製造知識をその共同試作により自社内に蓄積したため、製造能力は外部伝播したと言える。また、製品評価は顧客とのトライ&エラーを通じた共同評価により実施された。三井化学は評価装置自体を自社内に導入しなかったが、製品化を実現するための評価知識をその共同評価により自社内に蓄積したため、製品評価能力は外部伝播したと言える。

従って、三井化学の高バンプウエハ用テープ開発は、一見すると、既存の半導体表面保護テープをベースとした改良的な新規銘柄開発あるいは既存技術の横展開のように見えるが、実際に内部伝播したのは部材調達能力のみであり、製造能力や製品評価能力は外部伝播したものであったことが明らかとなった。

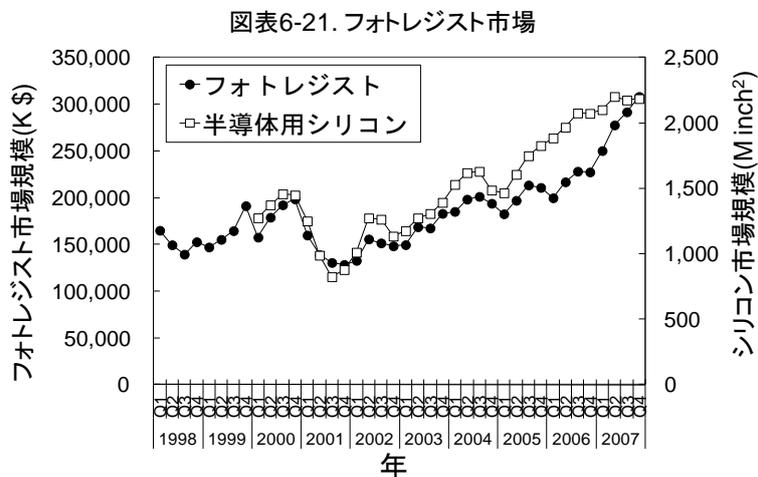
図表6-20. 三井化学の高バンプウェハ用テープ開発における技術伝播の構造



2. JSR のフォトレジスト開発

JSR(日本合成ゴムが前身)は、合成ゴムの国産化を目指して、「合成ゴム製造事業特別措置法」施行に伴い、政府(出資比率 40%)とブリヂストンや協和醗酵等民間企業 180 社が共同出資して 1957 年に設立された国策会社¹⁴⁾である[エコノミスト(1975)]. 現在では、日本最大の合成ゴムメーカーであり[十川他(2005)], 半導体用フォトレジスト等を製造する世界屈指の機能性化学品メーカーである[毛利(1997)].

第 4 章で述べたように、半導体集積回路の高密度化の原動力は、半導体の加工寸法の微細化である。1970 年に 10 μm であった加工寸法は、2009 年で 1/200 の 50 nm 付近まで小さくなった[望月(2009)]. Intel が最近発表した 2013 年完成予定の最先端工場 Fab42 は 14 nm 以下をターゲットにしているとされている。この微細化を支えている主要技術が、フォトリソグラフィ技術である。そして、その技術における必須材料として、フォトレジストがある。フォトレジストは半導体ウェハの表面に塗布されて使用される材料であるため、フォトレジスト市場は、半導体ウェハ市場と関連する(図表 6-21).



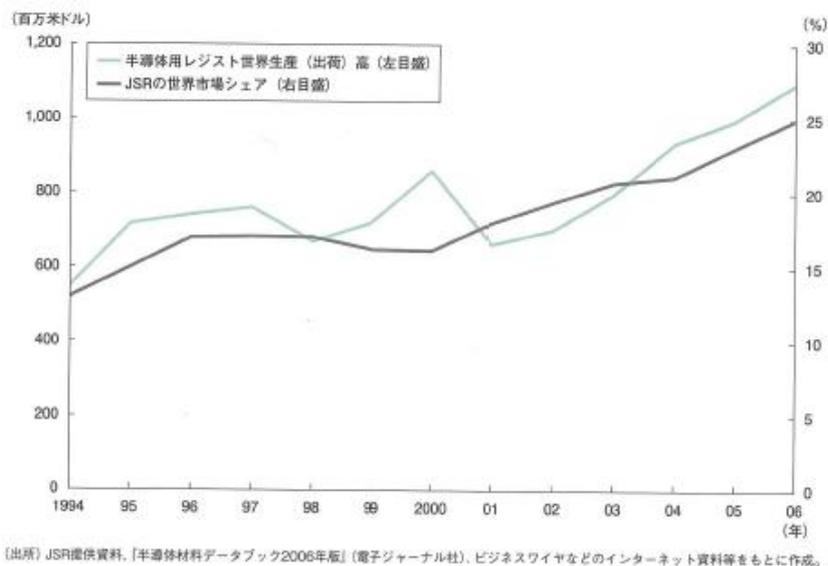
出所: Semi Materials Market Data Subscriptionを基に筆者作成

JSR のフォトレジスト市場におけるシェアの推移に注目すると、2000 年頃の DUV フォトレジスト(JSR 製品シリーズ名 KRF, ARF)の上市をきっかけに、そのシェアが伸長したことが知られている(図表 6-22). 中馬(2008, 2009)は、そのシェア伸長要因の 1 つに、「半導体デバイスメーカー・装置・材料メーカー間での協業」による開発期間の短縮化等を挙げているものの、その協業で獲得し

た技術の詳細な中身には言及していない。一方、JSR の社長・会長を務め、2012 年 7 月現在同社の相談役である吉田(2002)によると、KRF 開発は g 線フォトレジスト(JSR 製品シリーズ名 PFR)で作り上げた製造技術がベースとなったため短い開発期間で製品化が実現できたとしている。しかし、ここで言う製造技術とは具体的どのようなものかについては十分に説明されていない。

そこで、以下、JSR が過去継続的に行ってきた半導体用フォトレジストの新製品開発事例を精査することで、各新製品に特有な技術の詳細な中身を把握し、技術伝播の構造を考察する。

図表6-22. JSRのフォトレジスト市場シェアの推移



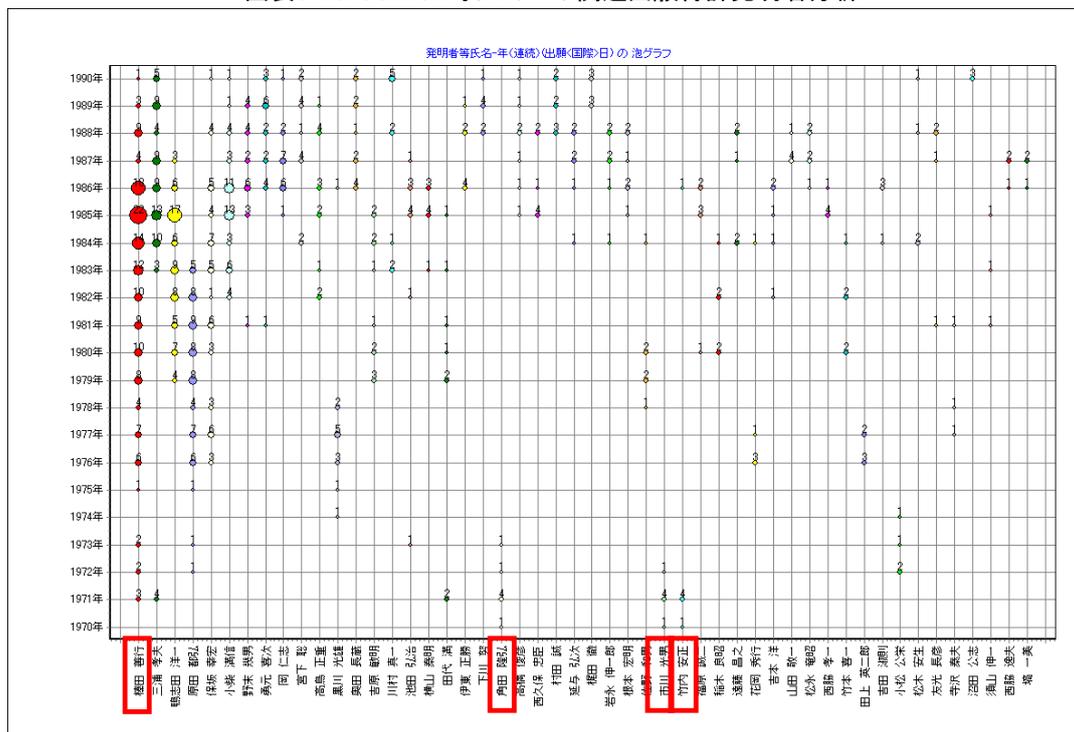
出所: 中馬(2009)

2-1. JSR の半導体産業への多角化

JSR は、1977 年のポリブタジエン系ネガ型レジスト(JSR 製品シリーズ名 CBR)を皮切りにフォトレジスト事業を開始した[高分子(1987)]. JSR の社史によれば、フォトレジスト開発の起源は、1964 年まで遡る[JSR(2008)/p.207]. 当時、JSR の中央研究所に在籍していた市川光男のグループが、ポリブタジエンゴム¹⁵⁾の感光性に注目し、千葉大学工学部の角田隆弘の協力の下、感光性樹脂の研究開発を始めた。その中で、例えば、特願昭 45-55244(1970 年)や特願昭 46-44731(1971 年)にあるように、同グループの榛田善行が環化ポリブタジエンゴムを発明した。そして、1971 年頃から千葉大学を通じて三菱電機や東芝と共同開発し、1976 年にユーザーへのサンプル供試を始め、1977 年 1 月に初めて日立製作所で採用が決定した。

パトリスの特許データベース PATOLIS-IV を用いて JSR により出願された日本国特許を抽出した。出願年次毎に発明者の出願件数をまとめた結果を図表 6-23 に例示する。

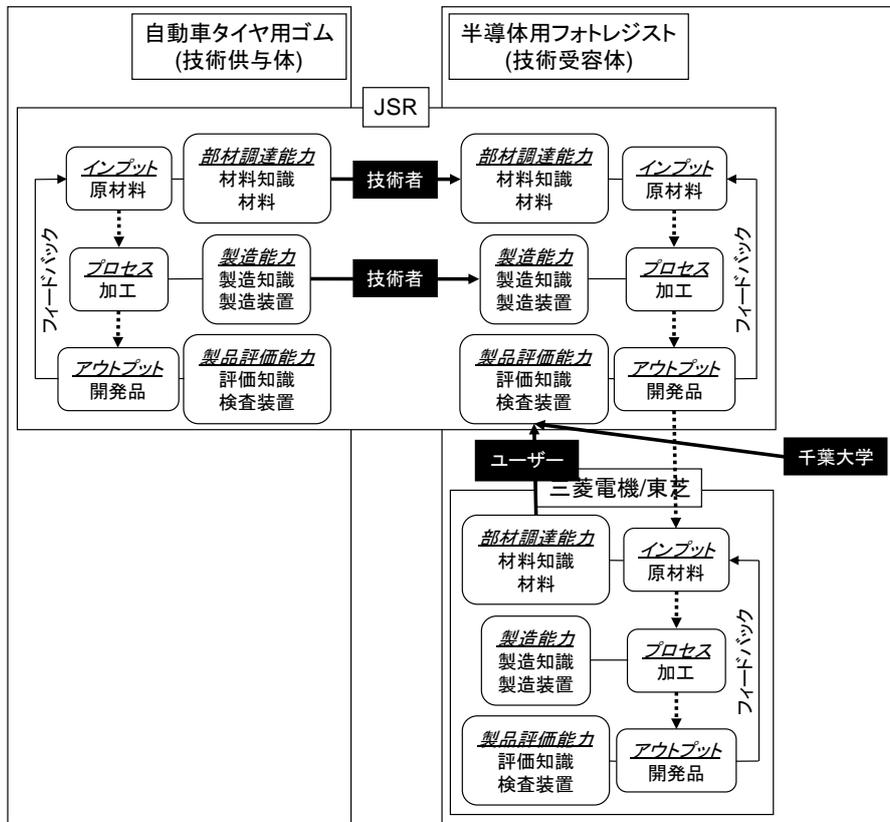
図表6-23. JSRのフォトレジスト関連出願特許発明者分析



図表 6-23 から、1971～1990 年にかけて最も多くの特許に関わった研究者は榎田であったことが明らかになるとともに、初出願特許は、市川らが発明者である特願昭 45-29769(1970 年)であり、角田も共同発明者として名を連ねていたことがわかった。その特許明細書内には、半導体用フォトレジストとして使用できると明記されている。角田は、当時すでに、ポリ桂皮酸ビニル系の感光材料を中心に感光特性を長く研究しており[角田(1957, 1961, 1962, 1966, 1971), Tsunoda(1964, 1965)], 感光特性を評価する能力を有していたと見なせる。そして、その能力が、協力していた JSR に伝播したものと考えられる。一方、市川ら JSR の CBR 開発キーパーソンの 1970 年以前の出願特許を調べたところ、例えば、市川らが発明者である特願昭 41-63159(1966 年)は、自動車タイヤ用途を想定して開発する中での発明であるが、ポリブタジエンの製造方法に関する特許であり、ポリブタジエンゴムの材料知識・材料及び製造知識・製造装置をすでに保有していたことが窺える。また、三菱電機や東芝との共同開発から、金属イオン低減やスカム¹⁶⁾の発生防止といった半導体用途特有の技術課題を把握しており、特別プロジェクトとして短期間で解決したとされている [JSR(2008)/p.207].

以上より、JSR の半導体産業の多角化のきっかけとなった CBR 開発において、部材調達能力と製造能力は JSR 内部で技術伝播したのに対して、製品評価能力は千葉大学やユーザーから技術伝播したと考えることができる(図表 6-24).

図表6-24. JSRの水平型多角化における技術伝播の構造



2-2. JSR の新製品開発における技術伝播の構造

JSR は、CBR 開発を成功させた後、半導体回路の微細化要求に応じたリソグラフィー方式(露光光源)の変遷に伴い、多くの新製品を開発してきた[平(2005)]. 露光装置の光源(波長)は、g 線(436 nm), i 線(365 nm), KrF エキシマレーザー(248 nm), ArF エキシマレーザー(193 nm)と不連続に変化していったが、この変化に対応して、JSR では継続的にフォトレジストの新製品開発が進められてきた. 図表 6-25 に、JSR のフォトレジストの新製品開発の一例を、原材料の主成分(部材)と共に示す. フォトレジストの主成分は、ベース樹脂と添加剤とに大きく分類できるが、これら構成成分がリソグラフィー方式の変遷に従い少しずつ変化していったことがわかる[吉田(2002), 佐藤(2007)].

図表6-25. JSRのフォトレジスト新製品開発

リソグラフィー方式	密着露光		g線	i線	KrF	ArF	
製品名*	CBR	CIR	PFR	IX	KRF	ARF	
開発着手年	1969	1977	1979	1988	1987	1994	
上市年	1977	1979	1982	1988	1995	2000	
原材料*	ベース樹脂	環化ポリブタジエン系	環化ポリイソブレン系	ノボラック系	ノボラック系	ポリヒドロキシシステレン系	アクリル系
	添加剤	ビスアジド系	ビスアジド系	ナフトキノンジアジド系	ナフトキノンジアジド系	トリフェニルスルホニウム塩系	トリフェニルスルホニウム塩系

*製品名は略称、原材料は主成分
出所: JSR(2008)及び吉田(2002)を基に筆者作成

JSR のフォトレジスト市場シェアを急速に高めた DUV フォトレジスト(JSR 製品シリーズ名 KRF, ARF)の技術伝播の構造を把握するために、各新製品に関連する代表的な特許を抽出した。そして、KRF の前世代製品に相当する IX に関連する特願昭 63-182035(1988 年), KRF に関連する特願平 7-314061(1995 年), ARF に関連する特願平 9-329642(1997 年)の、明細書内容を比較した。その結果、IX 開発と KRF 開発では勇元喜次が、KRF 開発と ARF 開発では田辺隆喜が、それぞれ共通の発明者として名を連ねており、JSR 内部の技術者を介した技術伝播の可能性が示唆された。また、特許明細書内容からは把握が困難な外部から伝播した能力は、社史や技術文献の記述内容から把握した。これらの分析の結果、KRF 開発では、IX 開発における製造能力のみが内部伝播し、部材調達能力は IBM が発表した化学増幅型レジスト[Ito and Willson(1983), 田辺他(1997)]に関する技術のライセンスを受けることで獲得し、製品評価能力はユーザーとの共同開発を通じて獲得したことが明らかとなった。また、ARF 開発では、KRF 開発における部材調達能力と製造能力が内部伝播した。一方、製品評価能力は、ARF に関連する特願平 9-329642(1997 年)の共同発明者である岩永伸一郎らの学術論文の謝辞で露光装置メーカーであるニコンに ArF 露光の機会提供を受けていたことが明記されていることから[Suwa et al.(1996)], 外部から伝播したものと推定された。中馬(2008, 2009)は、「半導体デバイスメーカー・装置・材料メーカー間での協業」を DUV フォトレジストによるシェア伸長要因の 1 つと指摘したが¹⁷⁾、以上のように、確かに、協業による技術伝播が確認された。しかし、各新製品開発において、内部伝播した能力や外部組織との協業を通じて獲得した能力には質的差異があったことが明らかとなった。

同様に、CIR 開発や PFR 開発における技術伝播の構造を考察した。

CIR は、1977 年 11 月開発着手、1979 年 2 月マーケティング開始、1979 年 6 月に上市された新製品である[JSR(2008)/pp.208~209]。CIR は、1977 年 1 月に上市された既存製品 CBR の後続銘柄

柄として開発され、CBRと同様、密着露光リソグラフィー方式に対応した製品であった。CIR開発のきっかけは、JSRが、CBRの拡販が進まない理由として環化ポリイソプレン系の他社製品に対するユーザー作業性での劣位点を認識したためであり、CBRは、他社製品に比べて高感度で高接着性である点が長所とJSRは考えていたが、ユーザーからは、光に対する許容度が狭く剥離性が悪いというように短所として受け止められることが多々あったとされる。これを受け、JSRは、当時すでにユーザーにとって使い慣れていた環化ポリイソプレン系の新製品開発に着手した。CIRは、自社生産のLi系触媒を用いたポリイソプレンを原料として、最適な分子量と分子量分布のポリイソプレンを環化するという独自の方法で製造した。また、製品評価能力は、CBR開発において千葉大学から獲得した製品評価能力がそのまま転用された。すなわち、CIR開発では、部材調達能力・製造能力・製品評価能力いずれも内部伝播したと言える。

PFRは、JSRにとって最初のポジ型レジストとして開発された[JSR(2008)/pp.211~215]。1979年に着手されたPFR開発では、当初、自社で保有していたアクリレート系ポリマーをベース樹脂として使用しようとしたが、他社製品と比較して感度が低いという欠点があったため、1981年に、独自の原料は使用せず、市販のノボラック樹脂を用いる方針に転換した。しかし、実際にg線リソグラフィー方式で採用されたのは、1985年になってからである。その間、開発期間短縮を目的に、外部からの技術導入を検討したが、1983年に新規事業部長に就任した鳥越喜一の指揮下、技術基盤の強化が推進された。1983~1985年にかけて、製造装置と検査装置といったインフラを整備し、製造能力と製品評価能力を構築したことが明らかとなった。

製造装置は、1984年に開発研究所内にパイロットプラントが、1985年5月には中規模量産設備(EMパイロットプラント)が、同年6月には四日市工場内に総工費15億円の最新鋭プラントが竣工された。中規模量産設備は、次の記述のように、新製品の量産対応に効果的であった[JSR(2008)/p.214]。

研究部門の所管するパイロットプラントによる試作品が、ユーザーの試験に合格すると直ちに、量産試作に対応する量の試作品の供給が求められる。EMパイロットプラントの設置によって、このようなユーザーの要求に即座に対応できるようになった。このことがユーザーからの信頼感を高め、ひいてはフォトレジスト事業を成長させる大きな要因となったのである。

また、検査装置は、1983年12月に竣工された東京研究所の別館増築工事に伴い、次の記述の

ように、1983～1984年にかけて整備された[JSR(2008)/p.212].

レジストの技術サービスとグレード開発の迅速化のためには、十分な評価人員と適切な評価設備を確保する必要がある。それまで、設置スペースの制約から見送っていた縮小投影型露光装置(ステッパー)、スプレー自動現像装置、膜厚測定装置、プラズマエッチング装置といった、レジスト開発に不可欠な評価装置が導入され、評価能力の増強が実現した。

以上のように、PFR 開発では、部材であるベース樹脂こそ外部から導入したものの、製造能力と製品評価能力は、自社内で構築したことが窺えた。

JSR の各新製品開発において、3つの能力の伝播が自社内部で起きたのか、あるいは社外由来なのかといった技術伝播の源泉をまとめると、**図表 6-26** ようになる。吉田(2002)によると、KRF 開発は PFR 開発で構築した製造技術がベースとなったとされるが、製造能力は、CBR 開発以前、すなわちフォトレジスト開発以前から蓄積されてきたものであったと言える。また、中馬(2008, 2009)は、KRF 開発や ARF 開発における半導体デバイスメーカーや装置メーカーとの協業の重要性を主張したが、このような協業は、それ以前の CBR 開発や IX 開発にも存在していたことがわかった。

JSR のフォトレジスト新製品開発においては、製造能力は一貫して JSR 内部で伝播しているのに対して、部材調達能力や製品評価能力は内部伝播したり外部伝播したりと様々であったことが明らかとなった。

図表6-26. JSRの新製品開発における技術伝播

製品名*	CBR	CIR	PFR	IX	KRF	ARF
部材調達能力	内部	内部	外部 (ノボラック樹脂メーカー, 1981年)	内部	外部 (IBM, 1992年)	内部
技術伝播の源泉	製造能力	内部	内部	内部	内部	内部
製品評価能力	外部 (千葉大学, 1969年)	内部	内部	外部 (ニコン等, 1988年)	外部 (半導体メーカー, 1991年頃)	外部 (ニコン, 1996年頃)

*製品名は略称

【注】

- 1) フロントページとは、特許公報の第1ページを指す。フロントページには、出願日、出願人、発明者、発明の名称、要約等が記載されているため、フロントページを見れば、当該特許のおおよその内容を知ることができる。
- 2) 2008年11月20日に三重県四日市市にて実施。
- 3) 顧客訴求力とは、顧客に訴えかける力であり、顧客が認める製品価値の大きさ。
- 4) 2009年2月13日に東京都大田区にて実施。
- 5) 本事例では1980年代の特許明細書を裏付けデータとして使用した。そのため、念のため、当時の日本の特許の明細書様式について触れた。なお、当時の明細書様式は現在の明細書様式と本質的に違いがないことを確認した。
- 6) フリップチップ(Flip Chip)実装とは、 bumps を介して半導体チップと基板とを電気的接合を得る方法。金属ワイヤーで電気的接合を得るワイヤーボンディング(Wire Bonding)実装と異なり、実装面積を小さくできることができる上、配線距離が短いため電気的特性が良いという特徴がある。
- 7) 電極パッド(Pad)は、IC表面に形成された金属層であり、 bumps 用の土台として機能する。
- 8) スループット(Throughput)とは、単位時間当たりの処理量のこと。
- 9) フラックス(Flux)の邦訳は、融剤。物質を融解しやすくするための添加剤を指す。
- 10) 物質は、温度上昇に伴い膨張するが、線膨張係数とは、温度差1K当たりの伸び率である。熱膨張係数(Coefficient of Thermal Expansion, CTE)とも呼ばれる。
- 11) 2010年3月3日に台湾新竹にて実施。
- 12) 2010年9月13日に東京都港区にて実施。
- 13) 筆者による邦訳。原文は、*The customer was open to co-evaluating the product with us. We continually provided improved samples. In fact, starting in September 2009, we provided five samples that month, five in October, three in November, three in December, two in January 2010, and finally five in March when the customer qualified the tape. I think the key factor for success was the quick and continuous provision of improved samples for the customer's evaluation test.* である。
- 14) JSR は、1969年に完全民営化した。
- 15) JSR におけるポリブタジエンゴムの事業化は1962年である[JSR(2008)/pp.72~76]。
- 16) スカム(Scum)とは、現像後に半導体ウェハ表面に生じるフォトレジスト残渣を指す。
- 17) 中馬(2008, 2009)は、DUVフォトレジストによるシェア伸長要因の1つとして、「半導体デバイス

メーカー・装置・材料メーカー間での協業」以外に、「テクノロジーとマーケットの複雑性に応じた Something New な製品開発力」といったものを挙げている。しかし、フォトレジストの技術と市場は、DUV 時代に入ったからといって複雑になっていない。例えば、フォトリソグラフィの露光装置の光源は、単一波長の光を発振するレーザーが適用されたため、不連続に変遷したものの、そのことが、フォトレジストの材料設計を不連続にしたわけではない。図表 6-25 では、一見、フォトレジストを構成するベース樹脂と添加剤の変遷は不連続に見えるが、それは、シリコンウエハへの接着性、光吸収特性、現像液溶解性等の特性を制御するために材料設計された結果にすぎない。材料設計思想に影響を及ぼす要求特性は、フォトリソグラフィ技術の原理に基づくものであり、DUV 時代に入って大きく変化したわけではなかった。むしろ、藤村(2000)の提唱した技術限界を規定するパフォーマンス限界曲線の範囲が広まったと認識すべきであろう。また、フォトレジスト市場も、DUV 時代前後で大きく変化していない。半導体メーカー、露光装置メーカー、フォトレジストメーカー等は DUV 時代以前から寡占化傾向にあり、固定的な競合企業同士でのシェアの奪い合いはあっても、市場のプレーヤーが大きく入れ替わるような複雑な市場ではないと見なせる。さらに、材料設計における Something New な「ひねり」が強調されているが、そのような「ひねり」は JSR 特有のものとは考えにくい。そもそも、フォトリソグラフィ技術周辺では多数の特許が出願されている[特許庁(2002)]ため、他メーカーも材料設計において新規性と進歩性確保のための「ひねり」を捻出していたと考える方が自然であろう。また、JSR は、KRF 開発において IBM から化学増幅型レジストに関する技術のライセンスを受けていたことを考慮すると、「ひねり」を強調する論調には無理があると思われる。

第7章 結論

本章では、研究結果を総括するとともに、その研究結果が含意する企業での新製品開発に対する実践的示唆について述べる。また、今後の研究課題についても付記する。

1. 研究結果のまとめ

新製品開発に関する従来のマクロ視野やメゾ視野の研究では、技術はあたかも一つのパッケージのように取り扱われ、その技術の中味については詳細に論じられてこなかった。企業視点・マイクロ視野の研究に位置付けた本研究では、技術レベルで機能性化学品の新製品開発事例を中心に分析し、顧客志向の新製品開発における技術伝播の構造を明らかにした。

第5章において、筆者が開発に直接的に関わった三井化学のダイアタッチフィルム開発を取り上げ、筆者の経験的事実を基に技術の構成要素としての3つの能力、部材調達能力、製造能力、製品評価能力を定義した。そして、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』という技術伝播に関する仮説を導出した。さらに、技術供与体である既存製品と技術受容体である新製品との間で3つの能力が伝播する構造を図式化した独自の概念的フレームワークを考案した。

続く第6章では、仮説を検証するために、他の新製品開発事例における技術伝播の構造を考察した。1件目の事例として、三井化学の半導体用表面保護テープ開発を取り上げ、2つの新製品開発の技術伝播の構造を考察した。三井化学にとって半導体産業への多角化のきっかけとなった初期の半導体用表面保護テープ開発では、農業産業で長年培われた部材調達能力と製造能力が三井化学社内の技術者を介して内部伝播したことを明らかにするとともに、製品評価能力は顧客や装置サプライヤーを介して外部伝播したことを明らかにした。また、最近の高バンプウェハ向けの半導体用表面保護テープ開発では、部材調達能力は内部伝播し、製造能力と製品評価能力は外部伝播したことを明らかにした。2件目の事例として、JSRのフォトレジスト開発を取り上げ、新規リソグラフィ方式の出現に応じた6つの新製品開発の技術伝播の構造を考察した。その結果、製造能力は一貫して内部伝播したのに対して、部材調達能力や製品評価能力は内部伝播したり外部伝播したりと一貫性は見られなかった。しかし、これら2件の事例は、能力の伝播が内部であろう

と外部であろうと、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』という仮説を強く支持した。

図表 7-1 に、本研究で取り上げた機能性化学品の新製品開発における技術伝播をまとめた。また、第 3 章で付加的に考察した東京応化工業のフォトレジスト開発における技術伝播についても併せて示した。**図表 7-1** から、第一に、すべての新製品開発事例において、3 つの能力の存在を明らかにした。すなわち、各能力の伝播が内部伝播であろうと外部伝播であろうと、新製品開発において、3 つの能力が揃うことが重要であることが示唆された。例えば、三井化学の高バンプウェハ用テープ開発(新製品名: MY)は、一見すると、既存の半導体表面保護テープをベースとした改良的な新規銘柄開発あるいは既存技術の横展開のように見えるが、実際に内部伝播したのは部材調達能力のみであり、製造能力や製品評価能力は外部伝播であった。逆に言うと、製造能力や製品評価能力が揃ったことで、部材調達能力の内部伝播が可能になったと言え、3 つの能力が揃うことの重要性がわかる。第二に、3 つの新製品開発(新製品名: PFR, KRF, オーカレジスト)で部材調達能力が、2 つの新製品開発(新製品名: MY, TPR, OMR-81)で製造能力が、7 つの新製品開発(新製品名: DAF, SB, MY, CBR, IX, KRF, ARF)で製品評価能力が、それぞれ外部伝播したことを明らかにした。必要性のない能力はわざわざ外部伝播するとは考えられないため、この結果は、顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の 3 つの能力の伝播が必要であることを示唆する。第三に、3 つの能力の揃え方は新製品開発事例毎に多様であり、内部伝播、外部伝播の組み合わせには、様々なパターンが存在することを明らかにした。パターンは、原理的に 8 通りであるが、本研究において、(部材調達能力、製造能力、製品評価能力) = (外部, 外部, 内部)というパターンと(外部, 外部, 外部)というパターンを除く 6 通りのパターンを確認することができた。また、JSR の事例において、上市時期が、1977 年から 2000 年まで長期間にまたがるフォトレジスト新製品開発を分析したが、そのパターンに傾向のようなものは見られず、新製品開発毎の個別要求に対応して、様々なパターンで 3 つの能力が揃えられたことを明らかにした。さらに、技術が一つのパッケージとして伝播する場合の(内部, 内部, 内部)というパターンである完全な内部技術伝播や、その逆の(外部, 外部, 外部)というパターンである完全な外部技術伝播は、新製品開発において多くはないことが推察された。

図表7-1. 本研究で取り上げた新製品開発事例における技術伝播

材料メーカー名	新製品名	上市年 (開発完了年)	部材調達 能力	製造 能力	製品評価 能力
三井化学	DAF	2007	内部	内部	外部
	SB	1987	内部	内部	外部
	MY	2010	内部	外部	外部
JSR	CBR	1977	内部	内部	外部
	CIR	1979	内部	内部	内部
	PFR	1982	外部	内部	内部
	IX	1988	内部	内部	外部
	KRF	1995	外部	内部	外部
	ARF	2000	内部	内部	外部
	TPR	1962	内部	外部	内部
東京応化工業	オーカレジスト	1965	外部	内部	内部
	OMR-81	1968	内部	外部	内部

2. 新製品開発のマネジメントに対する実践的示唆

日本の機能性化学品メーカーは、世界市場において圧倒的なシェアを有している[大石(2006)]. 2011年の東日本大震災で多くのメーカーが被災し、世界の半導体産業や液晶産業のサプライチェーンに一時的に大きな打撃を与えたことは記憶に新しい[日本経済新聞(2011)].

第4章で見たように、日本の機能性化学品メーカーの多くが長い歴史を持つ老舗メーカーであった。この事実は、一見すると、自社内で長い時間をかけて技術を蓄積したことが奏功したような印象を受ける[泉谷(2006)]. しかし、企業視点・マイクロ視野で実施した本研究は、そのような解釈を否定した。本研究では、半導体の高密度化に最も寄与する工程である、フォトリソグラフィ工程とバックラインディング工程においてそれぞれの必須材料であるフォトレジストと半導体用表面保護テープに注目し、それぞれのトップメーカーにおける新製品開発プロセスを、技術レベルで詳細に分析した。もし、自社内で長い時間をかけて技術を蓄積したのであれば、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の3つの能力すべてが内部伝播した事例を多く見出せると予想されたが、実際には、完全な内部技術伝播の事例はむしろ少ないことがわかった。一方、新製品開発毎の個別要求に

対応して、不足していた能力が外部伝播した事例を数多く見出した。また、本研究で取り上げた新製品開発事例すべてにおいて、3つの能力の存在を確認し、さらに、3つの能力の伝播の必要性が示唆された。

本研究の結果は、顧客志向の新製品開発のマネジメントに対する実践的な示唆として、新製品開発において、能力の自社内での蓄積は必須ではなく、新製品開発毎の個別要求に対応して、必要な3能力の内不足している能力を特定し、外部から獲得することの重要性を含意している。

3. 今後の研究課題

最後に、今後の研究課題として4点を挙げておきたい。

本研究では、企業視点・マイクロ視野の立場、すなわち技術レベルで、いくつかの新製品開発プロセスを分析し、技術伝播の構造を考察した。しかし、取り上げた新製品開発事例は、半導体産業や液晶ディスプレイ産業といったIT産業で使用されている機能性化学品のみである。機能性化学品の多くは、顧客志向(ニーズプル)型のカスタマイズ製品であり、少量・「多銘柄」の製品が特徴である。そのため、少ない製品仕様で規定される大量・「少銘柄」の汎用化学品には、機能性化学品の場合とは異なる特有の新製品開発プロセスがあるかもしれない。また、テクノロジープッシュ型製品やB-to-C型開発にも特有の新製品開発プロセスがあるかもしれない。従って、今後の研究課題として、第一に、製品属性の異なる新製品開発に焦点を当てた事例研究が挙げられる。

本研究では、新製品開発における技術伝播のパターンとして8通りを提示し、6パターンの存在を事例にて確認した。今後、事例件数を増やすことで、残りの2パターンを見出すことができるものと思われる。また、技術伝播のパターンと開発期間や開発コストあるいは企業内部の組織構造との関係を明らかにできる可能性もある。しかし、事例件数を増やすことにより期待できる結果は、それだけではない。例えば、適切な事例を選定し、国家間、産業間、企業間等の技術伝播の構造を分析すると、技術伝播のパターンに何らかの傾向や規則性を見出せるかもしれない。特に、企業間の差は、競争優位性の決定要因になる可能性があり、企業の新製品開発のマネジメントに対する実践的な示唆をより多く得られることが期待できる。従って、今後の研究課題として、第二に、企業間比較に重点を置いた事例研究の拡充が挙げられる。

第三の今後の研究課題として、新製品開発事例の更なる精査を挙げるができる。本研究では、

マクロ視野やメゾ視野の研究ではほとんど注目をされてこなかった新製品の製品化プロセスを技術レベルで考察し、『顧客志向の新製品開発において、部材調達能力、製造能力、製品評価能力の伝播が存在する』ことを明らかにした。しかし、本研究で取り上げた新製品開発事例の分析・考察において、これら3つの能力の具体的な源泉・ルートについては深く追究していない。更なる精査で、技術伝播の源泉・ルートと企業内部の組織との関係性を明らかにでき、新製品開発に最適な組織を3能力の観点でデザインするための実践的な示唆が得られる可能性がある。

第四の今後の研究課題として、更なる技術レベルの掘り下げによる能力の定量化を挙げることができる。すなわち、本研究では、3つの能力の必要水準、すなわち、企業にとって必要十分な閾値を定量化するまでには掘り下げられていない。そのため、企業がこれらの能力をすでに保有しているのか、あるいは、今後獲得すべきかを定量的に自社内で判断するための指標を提供できるまでに至っていない。また、企業能力(組織能力)には、活動別と内容別の2つの観点がある[坂本(2009)]と考えたなら、新製品開発のための組織能力には、新製品開発の実行に必須な資源ベースとしての能力と、その能力を創造・拡大・修正するダイナミックケイパビリティとしての能力[Helfat et al.(2007)]の2つがあると想定できる。本研究で論じた3つの能力は、資源ベースとしての能力に分類できるが、その3つの能力の伝播のパターンが、同一企業内の同種の新製品開発においてさえも、新製品開発毎に様々であったという研究結果は、ダイナミックケイパビリティとしての能力の存在や必要性を示唆しているものと思われる。従って、もし、更なる技術レベルの掘り下げにより3つの能力の定量的測定が実現できれば、従来表面的な考察に留まっていたダイナミックケイパビリティを定量化できる可能性があると言える。すなわち、特定企業の新製品開発における3つの能力の伝播のパターンの変化を時系列で観察することで、資源ベースとしての能力の変化量と関係のあるダイナミックケイパビリティとしての能力を定量化でき、当該企業の新製品開発のための組織能力について更に具体的な議論ができるようになることが期待できる。この第三の研究課題は、極めてチャレンジングであろうが、学術的な観点においても、実践的な観点においても、意義深いものになるであろう。

参考文献

【邦文参考文献】

- [1] 赤沢隆(2005)『SiP 技術のすべて』工業調査会.
- [2] 赤瀬英昭(2000)「合成樹脂の製品開発」藤本隆宏・安本雅典編著(2000)『成功する製品開発』有斐閣, 129～150 頁.
- [3] 赤羽淳(2004)「台湾 TFT-LCD 産業－発展過程における日本企業と台湾政府の役割－」『アジア研究』50(4), 1～19 頁.
- [4] 赤羽淳(2005)「台湾 TFT-LCD 産業－発展の系譜－」『赤門マネジメント・レビュー』4(12), 623～633 頁.
- [5] 安部悦生(2004)「経営史におけるチャンドラー理論の意義と問題点」『経営論集』51(3), 57～69 頁.
- [6] 池田重美・中川到之・岩浅潔(1972)「煎茶の浸出条件と可溶成分との関係」『茶業研究報告』37, 69～78 頁.
- [7] 石川伊吹(2005)「RBV の誕生・系譜・展望」『立命館経営学』43(6), 123～140 頁.
- [8] 石川伊吹(2006)「資源ベースの戦略論における競争優位の源泉と企業家の役割」『立命館経営学』45(4), 195～222 頁.
- [9] 石川惇志(1969a)「事例的方法に関する若干の問題」『社会労働研究』15(3), 73～98 頁.
- [10] 石川惇志(1969b)「事例的研究と分析的帰納法」『社会労働研究』16(1), 53～76 頁.
- [11] 泉谷渉(2006)『電子材料王国 ニッポンの逆襲』東洋経済新報社.
- [12] 伊丹敬之・加護野忠男・宮本又郎・米倉誠一郎編(1998)『ケースブック 日本企業の経営行動 3 イノベーションよ技術蓄積』有斐閣, 286～308 頁.
- [13] 井上和夫(1990)「ポリイミド系樹脂(エンジニアリングプラスチック最前線)」『高分子』39(2), 104 頁.
- [14] 井本亨(2006)「企業戦略と持続的競争優位」『立命館経済学』44(5), 121～148 頁.
- [15] 岩谷昌樹(2002)「リソース・ベース理論と企業戦略」『立命館経営学』40(5), 69～82 頁.
- [16] 岩谷昌樹(2008)「ペンローズ理論と企業の進化」『東海大学政治経済学部紀要』40, 209～227 頁.
- [17] 岩淵真三郎・宮川雅文(1977)「自動ホイールソー」『電子材料』5, 67～71 頁.

- [18] 上田智久(2006)「アバナシー・アターバックモデルの一考察」『立命館経営学』45(2), 125～160 頁.
- [19] エコノミスト(1975)「企業の日 日本合成ゴム 期待される技術開発力」『エコノミスト』53, 94～95 頁.
- [20] 江崎定幸(1990)「熱可塑性ポリイミド」『プラスチック』41(3), 39～44 頁.
- [21] 大石基之(2006)「部材メーカーがますます強くなる」『日経エレクトロニクス』2006年5月22日号, 75～95 頁.
- [22] 大鹿隆・藤本隆宏(2006)「製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』06-J-015.
- [23] 大島雅志(1981)「目標は5年後に100億円達成」『電子材料』9, 9 頁.
- [24] 太田正博(1996)「高耐熱性・熱可塑性ポリイミド樹脂の開発と工業化」『化学と工業』49(1), 11～14 頁.
- [25] 大西宏一郎(2006)「液晶ディスプレイ産業における知識スピルオーバーと研究開発生産性」『研究 技術 計画』21(1), 88～104 頁.
- [26] 岡田羊祐(1998)「特許制度の法と経済学」『フィナンシャル・レビュー』46, 110～137 頁.
- [27] 奥村昭博(1989)『経営戦略論』日経文庫.
- [28] 織畑基一(2001)『ラジカル・イノベーション戦略』日本経済新聞社.
- [29] 恩蔵直人(1991)「製品開発の進め方の違いによって生じる競争優位」『早稲田商学』349, 589～612 頁.
- [30] 恩蔵直人(2007)『コモディティ化市場のマーケティング論理』有斐閣.
- [31] 化学史学会(2004)『20世紀の日本の化学技術—21世紀が見えてくる—』ティー・アイ・シー.
- [32] 金井隆雄(2010)「鉄鋼製品の工程アーキテクチャに関する考察」『組織学会研究発表大会報告要旨集』81～84 頁.
- [33] 河野豊広(2010)「新製品開発のインパクト」『創価経営論集』第34(1), 3～8 頁.
- [34] 菊池正典(1998)『半導体のすべて』日本実業出版社.
- [35] 機能性化学産業研究会(2002)「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」機能性化学産業研究会編(2002)『機能性化学—価値提案型産業への挑戦』化学工業日報社, 23～31 頁.

- [36] 金城徳幸・柿本雅明・宮寺博(2008)『日本が先行した機能性材料における技術革新』明文社.
- [37] 桑嶋健一(2006)「新規事業開発と事業構造転換－石炭・石油化学から電子材料へ:新日鐵化学の事例－」『MMRC Discussion Paper Series』MMRC-J-95.
- [38] 経済産業省(2007)『2007年版ものづくり白書』経済産業省.
- [39] 高分子(1987)「日本合成ゴム(株)東京研究所」『高分子』36(10), 746～748頁.
- [40] 児玉洋一・川口勝・森峰寛・永井直(2002)「新規屈曲性ジアミンを用いたポリイミドの接着特性」『高分子学会予稿集』51(4), 842頁.
- [41] 児玉洋一(2005)「ダイアタッチフィルムの低温接着化」『日本化学会講演予稿集』85(1), 548頁.
- [42] 児玉洋一(2009a)「半導体－液晶産業間における技術伝播に関する一考察」『組織学会研究発表大会報告要旨集』133～136頁.
- [43] 児玉洋一(2009b)「化学企業内での技術伝播」『化学史研究』36(2), 59頁.
- [44] 児玉洋一(2010a)「熱可塑性ポリイミド」日本ポリイミド・芳香族系高分子研究会編(2010)『新訂 最新ポリイミド－基礎と応用』187～193頁.
- [45] 児玉洋一(2010b)「新製品開発における技術伝播の構造」『組織学会研究発表大会報告要旨集』17～20頁.
- [46] 児玉洋一・藤村修三(2011)「化学企業内での技術伝播－三井化学における半導体表面保護テープ開発の事例－」『化学史研究』38(1), 18～27頁.
- [47] 小林駿介(1970)『液晶－その性質と応用－』日刊工業新聞社, 105～114頁.
- [48] 小林駿介(2000)「ローマは一日にしてならず」松本正一監修(2002)『液晶紳士随想録－日本の液晶を立ち上げた人達－』テクノタイムズ社, 154～159頁.
- [49] 小林駿介(2006)「液晶ディスプレイ登場事始め,そして今日の普及」『電気技術史』40, 1～2頁.
- [50] 米谷雅之(1997)「新製品の定義と分類」『山口経済学雑誌』45(4), 519～548頁.
- [51] 米谷雅之(2002)「新製品開発成果をめぐる基礎的問題」『山口経済学雑誌』50(4), 483～510頁.
- [52] 齊藤豊(2010)「ソフトウェアにおける技術移転と技術伝播の関係」『大妻女子大学人間関係学部紀要 人間関係学研究』12, 133～144頁.

- [53] 佐伯靖雄(2008)「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」『立命館経営学』47(1), 133～162 頁.
- [54] 坂本義和(2009)「組織能力とは何か？」『三田商学研究』51(6), 145～160 頁.
- [55] 佐々木昭夫(1972)「アモルファス半導体と液晶」『エレクトロニクス』17(9), 1185～1192 頁.
- [56] 佐藤治・藤村修三(2010)「LCD 産業における日本メーカーの地位低下に関する研究」『赤門マネジメント・レビュー』9(10), 693～740 頁.
- [57] 佐藤隆三(1985)『技術の経済学』PHP 研究所, 124～126 頁.
- [58] 佐藤穂積(2007)「半導体用フォトレジスト」『化学工学会エレクトロニクス部会シンポジウム「電子材料王国日本の戦略」要旨集』
- [59] JSR(2008)『JSR 創立 50 周年記念社史 可能にする、化学を。－JSR50 年の歩み』JSR・日本経営史研究所.
- [60] 下田憲雅(2009)「特許法における「発明者(共同発明者)」の意義」『パテント』62(9), 101～109 頁.
- [61] 新宅純一郎(2008)「韓国液晶産業における製造技術戦略」『赤門マネジメント・レビュー』7(1), 55～73 頁.
- [62] 新宅純一郎・許経明・蘇世庭(2006)「台湾液晶産業の発展と企業戦略」『MMRC Discussion Paper Series』MMRC-J-84.
- [63] 新宅純一郎・立本博文・善本哲夫・富田純一・朴英元(2008)「製品アーキテクチャから見る技術伝播と国際分業」『一橋ビジネスレビュー』2008AUT, 42～61 頁.
- [64] 鈴木幹雄(2009)「極薄ウェハの研削と研磨技術」『電子材料』48(5), 39～43 頁.
- [65] 関家一馬(2004)「開発秘話:ダイサ」『SEMI News』20(1), 22～23 頁.
- [66] 総務省(2009)『平成 21 年度 科学技術研究調査結果の概要』総務省.
- [67] 十川廣國・清水馨・山崎秀雄・坂本義和・岡田拓己(2005)「JSR 株式会社社長インタビュー」『三田商学研究』48(2), 177～180 頁.
- [68] 平一夫(2005)「ARF 用フォトレジスト」『JSR テクニカルレビュー』112, 26～28 頁.
- [69] 高橋一雄(2006)「露光装置技術発展の系統化調査」『国立科学博物館 技術の系統化調査報告』6, 119～169 頁.
- [70] 武石彰・青島矢一(2002)「シマノ:部品統合による市場創造」『一橋ビジネスレビュー』50(1), 158～177 頁.

- [71] 立本博文(2008)「制度による技術伝播の促進－1990年代の半導体産業の事例－」『MMRC Discussion Paper Series』MMRC-J-235.
- [72] 田辺隆喜・岩永伸一郎・捫垣和美(1997)「エキシマレーザ用フォトレジスト」『電子材料』36(7), 32～36 頁.
- [73] 谷千束(1998)「私の液晶道中膝栗毛」松本正一監修(2002)『液晶紳士随想録－日本の液晶を立ち上げた人達－』テクノタイムズ社, 48～54 頁.
- [74] 谷光太郎(2002)『日米韓台半導体産業比較』白桃書房.
- [75] 玉田俊平太・児玉文雄・玄場公規(2002)「日本特許におけるサイエンスリンケージの測定－引用文献データベース構築による遺伝子工学技術分野特許の分析」『研究 技術 計画』17(3/4), 222～230 頁.
- [76] 玉田俊平太・児玉文雄・玄場公規(2004)「重点 4 分野におけるサイエンスリンケージの計測 (上)」『情報管理』47(6), 393～400 頁.
- [77] 垂井康夫編著(2008)『世界をリードする半導体共同研究プロジェクト』工業調査会, 13～42 頁.
- [78] 湯進 Tang Jin(2006)「産業発展とキャッチアップ」『専修大学社会科学研究所月報』519, 1～61 頁.
- [79] 中馬宏之(2006)「半導体生産システムの競争力弱化作因を探る:メタ摺り合わせ力の視点から」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』06-J-043.
- [80] 中馬宏之(2007)「日本の半導体生産システムの競争力弱化作因を探る: Papert's Principle の視点から」『Cognitive Studies』14(1), 39～59 頁.
- [81] 中馬宏之(2008)「技術・市場の複雑性に挑む JSR:その変貌要因を探る」『JSR 創立 50 周年記念社史 可能にする、化学を。－JSR50 年の歩み』1～31 頁.
- [82] 中馬宏之(2009)「JSR テクノロジーとマーケットの複雑性に挑む」『一橋ビジネスレビュー』2009AUT, 108～124 頁.
- [83] 中馬宏之(2010)「増大する複雑性と苦闘するサイエンス型産業～半導体産業」青島矢一, 武石彰・マイケル・A・クスマノ編(2010)『メイド・イン・ジャパンは終わるのか』東洋経済新報社, 176～227 頁.
- [84] 通商産業省(1992)『次世代産業技術への挑戦－次世代産業基盤技術研究開発制度 10 年の歩みと成果－』通商産業省, 339～351 頁.

- [85] 辻本将晴(2005)「研究開発プロジェクトの評価と選択における組織能力ー日本の電気機器産業におけるライン参加による評価と全社的研究所のマネジメントの重要性ー」『イノベーション・マネジメント』2, 59～81 頁.
- [86] 津田穰(1962)「感光性樹脂」『化学工業資料』30(5), 25～30 頁.
- [87] 津田穰(1964)「ケイ皮酸ビニル・酢酸ビニル共重合体の感光性」『日本写真学会』27(1), 31～33 頁.
- [88] 角田隆弘(1957)「製版用感光材料」『材料試験』6(50), 694～701 頁.
- [89] 角田隆弘(1961)「写真感光皮膜(フォトレジスト)の理論と応用」『金属表面技術』12(5), 196～201 頁.
- [90] 角田隆弘(1962)「感光性ポリマー」『化学工業』13(11), 1031～1037 頁.
- [91] 角田隆弘(1966)「感光性樹脂」『表面』4(6), 404～408 頁.
- [92] 角田隆弘(1971)「最近のアメリカの感光性樹脂事情」『高分子』20(5), 403～406 頁.
- [93] 東京応化工業(2000)『東京応化 60 年史』東京応化工業.
- [94] 戸田山和久(2005)『科学哲学の冒険』日本放送出版協会.
- [95] 特許庁(2002)「半導体露光技術に関する特許出願技術動向調査」『特許出願技術動向調査報告書 要約版』特許庁.
- [96] 戸堂康之(2008)『技術伝播と経済成長』勁草書房.
- [97] 富田純一(2007)「新製品開発と評価能力ー素材産業の事例ー」『経営力創成研究』3(1), 15～25 頁.
- [98] 鳥山和久(1998)「液晶は謎である」松本正一監修(2002)『液晶紳士随想録ー日本の液晶を立ち上げた人達ー』テクノタイムズ社, 9～18 頁.
- [99] 長沢伸也・木野龍太郎(2001)「自動車企業におけるプロダクト・マネージャーの役割と知識に関する実証研究ー日産自動車の事例ー」『立命館経営学』40(3), 1～22 頁.
- [100] 中田行彦(2007)「液晶産業における日本の競争力」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』07-J-017.
- [101] 中田行彦(2008)「日本はなぜ液晶ディスプレイで韓国, 台湾に追い抜かれたのか?」『イノベーション・マネジメント』5, 141～157 頁.
- [102] 中根久(1971)「フォトレジスト材料」『日本写真学会誌』34(2), 99～107 頁.
- [103] 中根久(2005)「半導体用感光樹脂と関連設備, 開発物語」『Encore』43, 10～12 頁.

- [104] 長広泰蔵(1990)「熱可塑性ポリイミド樹脂と PEEK の加工特性」『工業材料』38(5), 30～37 頁.
- [105] 日経デジタル・エンジニアリング(2004)「製品開発プロジェクトの成功率は約 6 割」『日経デジタル・エンジニアリング』2004 年 1 月号.
- [106] 西村吉雄(2008)「IC 誕生 50 年の歴史 IC 産業化に貢献した人と事象」『日経マイクロデバイス 特別編集版 新デバイス進化論』31～47 頁.
- [107] 日本経済新聞(2011)「新しい日本へ 東北・北関東に先端素材」『日本経済新聞』2011 年 7 月 19 日, 13～23 面.
- [108] 丹羽清(2006)『技術経営論』東京大学出版社, 29～32 頁.
- [109] 沼上幹(1999)『液晶ディスプレイの技術革新史』白桃書房.
- [110] 沼上幹(2000)『行為の経営学』白桃書房.
- [111] 野中郁次郎(1990)『知識創造の経営』日本経済新聞社.
- [112] 野中克彦(2006)「液晶ディスプレイその開発の歴史」『パテント』59(11), 82～95 頁.
- [113] 延岡健太郎(2002)『製品開発の知識』日本経済新聞社.
- [114] 延岡健太郎・藤本隆宏(2004)「製品開発の組織能力: 日本自動車企業の国際競争力」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』04-J-039.
- [115] 橋本良郎(1986)「特許の明細書」『鉄と鋼』72(7), 32～38 頁.
- [116] 朴英元(2010)「液晶産業の製品・工程アーキテクチャと生産立地戦略—韓国液晶企業の事例—」『早稲田大学高等研究所紀要』2, 45～60 頁.
- [117] 半導体産業研究所(2009)『半導体産業が日本の社会・経済・環境に与えるインパクトの社会科学分析 最終報告書』半導体産業研究所.
- [118] 日立化成工業(2008)『知的財産報告書 2008』日立化成工業.
- [119] 平井直樹(2008)「鐘淵紡績洲本支店の工場建物について」『第 4 回国際シンポジウム「日本の技術革新—理工系における技術史研究—」講演集・研究論文発表会論文集』79～84 頁.
- [120] 富士キメラ総研(2007)『2008 年版エレクトロニクス高分子材料の現状と将来展望』富士キメラ総研.
- [121] 藤波和男・澤木雄一(1983)「半導体用粘着テープ」『電子材料』7, 53～55 頁.
- [122] プレスジャーナル(2008)『2008 半導体パッケージング・テスト動向と製造装置・部材

産業』プレスジャーナル.

- [123] 藤村修三(2000)『半導体立国ふたたび』日刊工業新聞社.
- [124] 藤村修三(2002)「モジュール化の有効性とその限界ー技術の階層とモジュール化」青木昌彦・安藤晴彦編著『モジュール化 新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新報社, 247~281 頁.
- [125] 藤村修三(2010a)「製品アーキテクチャと市場競争力に関する理論的考察ー市場適合性向上の条件ー」『組織学会研究発表大会報告要旨集』293~296 頁.
- [126] 藤村修三(2010b)「科学・技術に基づいた製品開発」『未来材料』10(8), 55~57 頁.
- [127] 藤本隆宏(2001)『生産マネジメント入門』日本経済新聞社.
- [128] 藤本隆宏(2002)「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』02-J-008.
- [129] 藤本隆宏・延岡健太郎(2004)「日本の得意産業とは何か: アーキテクチャと組織能力の相性」『経済産業研究所ディスカッションペーパー』04-J-040.
- [130] 藤森梓・佐藤隆広(2011)「インド製造業の生産性と技術伝播ー外国直接投資のスピルオーバー効果の実証分析ー」『INDAS Working Papers』3.
- [131] 宝月誠(2010)「事例研究からの仮説構成の可能性」『立命館産業社会論集』46(3), 39~61 頁.
- [132] 牧本次生(2006)『一国の盛衰は半導体にあり』工業調査会.
- [133] 松井憲一(2005)「研究開発型ベンチャー企業の新製品開発に対する事業性評価法に関する研究」『イノベーション・マネジメント』2, 95~113 頁.
- [134] 三井東圧化学(1994)『三井東圧化学社史』三井東圧化学.
- [135] 毛利靖子(1997)「「成功する多角化」の秘訣 日本合成ゴム 半導体用フォトレジスト」『日経ビジネス』1997年7月7日号, 53~55 頁.
- [136] 望月洋介(2009)「40年にわたり「ムーアの法則」を死守 設計ルールは10 μm から1/200に」『日経エレクトロニクス創刊1000号記念 特別編集版』2009年3月30日号, 82~87 頁.
- [137] 安田武夫(2001)「エンジニアリングプラスチックの基礎知識」『プラスチック成形技術』18(11), 65~73 頁.
- [138] 山口明男・増田武司・野尻喜好・鈴木征(1987)「排水中のトリクロロエチレン等の物性に関する研究」『埼玉県公害センター研究報告』14, 90~94 頁.

- [139] 山谷典正(1994)「熱可塑性ポリイミド」『プラスチック』45(2), 82～86 頁.
- [140] 湯沢雅人(2009)「製品開発の成否を測る尺度」『横浜国際社会科学研究所』13(6), 101～117 頁.
- [141] 横田貞雄・小野喬利(1980)「ウェハ研削技術」『電子材料』11, 91～95 頁.
- [142] 吉田育紀(1997)「熱可塑性ポリイミド(TPI)」『工業材料』45(4), 99～102 頁.
- [143] 吉田淑則(2002)「機能性化学産業の展望と成功への鍵」機能性化学産業研究会編(2002)『機能性化学—価値提案型産業への挑戦』化学工業日報社, 207～226 頁.
- [144] 吉村正司・森田淳(1999)「熱可塑性ポリイミド」『プラスチックエージ』45(4), 123～126 頁.
- [145] 吉村正司(2004)「熱可塑性ポリイミド「オーラム(AURUM)」」『型技術』19(5), 84～87 頁.

【英文参考文献】

- [146] Abernathy, W.J. and Rosenbloom, R.(1968) Parallel and sequential R&D strategies, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 15, pp 2-10.
- [147] Abernathy, W.J. and Rosenbloom, R.(1969) Parallel strategies in development projects, *Management Science*, 15, pp 485-505.
- [148] Abernathy, W.J. and Utterback J.M.(1978) Patterns of industrial innovation, *Technology Review*, 80(7), pp 2-9.
- [149] Adner, R. and Helfat, C.(2003) Corporate effects and dynamic managerial capabilities, *Strategic Management Journal*, 24, pp 1011-1026.
- [150] Allen, T.J.(1979) *Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and the Dissemination of Technological Information within the R&D Organization*, MIT Press. 邦訳, 中村信夫(1984)『技術の流れ管理法』開発社.
- [151] Ansoff, H.I.(1957) Strategies for diversification, *Harvard Business Review*, 35(5), pp 113-127.
- [152] Aoshima, Y.(1996) Knowledge retention and new product development performance, *Hitotsubashi Journal of Commerce and Management*, 31(1), pp 13-58.
- [153] Appleyard M.M. and Kalsow, G.A.(1999) Knowledge diffusion in the semiconductor industry, *Journal of Knowledge Management*, 3(4), pp 288-295.
- [154] Archibugi, D.(1992) Patenting as an indicator of technological innovation: a review. *Science*

and Public Policy, 19(6), pp 357-368.

- [155] Badaracco, J.J.K.(1991) *The Knowledge Link, How firms compete through strategic alliances*, Harvard Business School Press. 邦訳, 中村元一他(1991)『知識の連鎖』ダイヤモンド社.
- [156] Balachandra, R.(1984) Critical signals for making go/no-go decisions in new product development, *Journal of Product Innovation Management*, 1, pp 92-100.
- [157] Barnett, B.D.(1990) Product development in process industries, *Harvard Business School Working Paper*.
- [158] Barney, J.B.(1986) Strategic factor markets: Expectations, luck, and business strategy, *Management Science*, 32(10), pp 1231-1241.
- [159] Barney, J.B.(1991) Firm Resources and sustained competitive advantage, *Journal of Management*, 17, pp 99-120.
- [160] Baldwin, C.Y. and Clark, K.B.(2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, MIT Press. 邦訳, 安藤晴彦(2004)『デザイン・ルール モジュール化パワー』東洋経済新報社.
- [161] Baldwin, C., Hienerth, C. and Hippel, E.v.(2006) How user innovations become commercial products: A theoretical investigation and case study, *Research Policy*, 35, pp 1291-1313.
- [162] Bayus, B.L., Erickson, G. and Jacobson, R.(2003) The financial rewards of new product introductions in the personal computer industry, *Management Science*, 49(2), pp 197-210.
- [163] Berends, H., Vanhaverbeke, W. and Kirschbaum, R.(2007) Knowledge management challenges in new business development: Case study observations, *Journal of Engineering and Technology Management*, 24, pp 314-328.
- [164] Bidault, F. and Castello, A.(2009) Trust and creativity: Understanding the role of trust in creativity-oriented joint developments, *R&D Management*, 39(3), pp 259-270.
- [165] Booz, Allen and Hamilton(1982) *New Products Management for the 1980s*, Booz, Allen and Hamilton, Inc.
- [166] Borden, N.H.(1957) *Note on Concept of the Marketing Mix*, Harvard University Press.
- [167] Boulding, W., Morgan, R. and Staelin, R.(1997) Pulling the plug to stop the new product drain, *Journal of Marketing Research*, 34, pp 164-176.
- [168] Breschi, S., Lissoni, F. and Malerba, F.(2003) Knowledge-relatedness in firm technological diversification, *Research Policy*, 32, pp 69-87.

- [169] Brown, S.L. and Eisenhardt, K.M.(1995) Product development: Past research, present findings, and future directions. *Academy of Management Review*, 20(2), pp 343-378.
- [170] Burgelman, R.A.(1983a) A model of the interaction of strategic behavior, corporate context, and the concept of strategy, *Academy of Management Review*, 8(1), pp 61-70.
- [171] Burgelman, R.A.(1983b) A process model of internal corporate venturing in the diversified major firm. *Administrative Science Quarterly*, 28, pp 223-244.
- [172] Burgelman, R.A. and Sayles, L.R.(1986) *Inside Corporate Innovation*, The Free Press. 邦訳, 海老沢栄一・小山和伸(1995)『企業内イノベーション』ソーテック社.
- [173] Burns, T. and Stalker, G.M.(1961) *The Management of Innovation*. Travistock.
- [174] Carr, E.H.(1961) *What is History?*, Curtis Brown. 邦訳, 清水幾太郎(1962)『歴史とは何か』岩波書店.
- [175] Carter, D.E. and Baker, B.S.(1992) *Concurrent Engineering: The Product Development Environment for the 1990s*, Addison-Wesley.
- [176] Chaffee, E.E.(1985) Three models of strategy, *Academy of Management Review*, 10(1), pp 89-98.
- [177] Chandler, A.J.(1962) *Strategy and Structure*, Doubleday & Company, Inc.
- [178] Chang, P., Shih, C. and Hsu, C.(1994) The formation process of Taiwan's IC industry - method of technology transfer, *Technovation*, 14(3), pp 161-171.
- [179] Chesbrough, H.(2003) *Open Innovation*, Harvard Business School Press. 邦訳, 大前恵一郎 (2004)『Open Innovation』産業能率大学出版社.
- [180] Choung, J. and Hwang, H.(2003) Resurgence of the Asian miracle: Path dependent technology development of Korean information and telecommunication sector, *IAMOT'03*.
- [181] Chuma, H.(2005) Increasing complexity and limits of organization in the microlithography industry: Implications for Japanese science-based industries, *RIETI Discussion Paper Series*, 05-E-007.
- [182] Chuma, H.(2006) Increasing complexity and limits of organization in the microlithography industry: Implications for science-based industries, *Research Policy*, 35, pp 394-411.
- [183] Chuma, H.(2008) Moore's law, increasing complexity, and the limits of organization: The modern significance of Japanese chipmakers' DRAM business, *RIETI Discussion Paper*

Series, 08-E-001.

- [184] Clark, K.B.(1989) Project scope and project performance: The effect of parts strategy and supplier involvement on product development, *Management Science*, 35(10), pp 1247-1263.
- [185] Clark, K.B. and Fujimoto, T.(1989) Lead time in automotive product development: Explaining the Japanese advantage, *Journal of Engineering and Technology Management*, 6, 25-58.
- [186] Clark, K.B. and Fujimoto, T.(1991) *Product Development Performance*, Harvard Business School Press. 邦訳, 田村明比古(1993)『製品開発力』ダイヤモンド社.
- [187] Cohen, W.M. and Levinthal D.A.(1990) Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly*, 35(1), pp 128-152.
- [188] Collis, D.J. and Montgomery, C.A.(1995) Competing on resources: Strategy in the 1990s, *Harvard Business Review*, 73, pp 118-128.
- [189] Collis, D.J. and Montgomery, C.A.(1997) *Corporate Strategy: Resources and the Scope of the Firm*, Irwin. 邦訳, 根来龍之他(2004)『資源ベースの経営戦略』東洋経済新報社.
- [190] Cooper, R.G.(1979) Identifying industrial new product success: Project NewProd, *Industrial Marketing Management*, 8, pp 124-135.
- [191] Cooper, R.G.(1982) New product success in industrial firms, *Industrial Marketing Management*, 11, pp 215-223.
- [192] Cooper, R.G.(1988) Predevelopment activities determine new product success, *Industrial Marketing Management* 17(2), pp 237-248.
- [193] Cooper, R.G.(1990) Stage-Gate Systems: A new tool for managing new products. *Business Horizons*, 33, pp 44-54.
- [194] Cooper, R.G.(1994) Third-generation new product processes, *Journal of Product Innovation Management*, 11, pp 3-14.
- [195] Cooper, R.G. and Kleinschmidt, E.J.(1990) *New Products: The Key Factors in Success*, American Marketing Association.
- [196] Corswant, F.v. and Fredriksson, P.(2002) Sourcing trends in the car industry: A survey of car manufacturers' and suppliers' strategies and relations, *Journal of Operations and Production Management*, 22, pp 741-758.

- [197] Cox, W.E.(1967) Product life cycles as marketing models, *The Journal of Business*, 40, pp 375-384.
- [198] Crawford, C.M.(1977) Marketing research and new product failure rate, *Journal of Marketing*, 41, pp 51-61.
- [199] Crawford, C.M.(1979) New product failure rate - facts and fallacies, *Research Management*, pp 9-13.
- [200] Cusumano, M.A., and Selby, R.W.(1997) How Microsoft builds software. *Communications of the ACM*, 40(6), pp 53-61.
- [201] De Wit, B and Meyer, R.J.H.(1994) *Strategy Process, Content, Context: an international perspective*, West Publishing.
- [202] Deng, Y.(2008) The value of knowledge spillovers in the U.S. semiconductor industry, *International Journal of Industrial Organization*, 26, pp 1044-1058.
- [203] Dhalla, N.K. and Yuspeh, S.(1976) Forget the product life cycle concept, *Harvard Business Review*, 54(1), pp 102-112.
- [204] Dierickx, I. and Cool, K.(1989) Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage, *Management Science*, 35(12), pp 1504-1511.
- [205] Drucker, P.F.(1993) *Post-Capital Society*, HarperCollins Publishers. 邦訳, 上田惇生(2008)『ポスト資本主義社会』ダイヤモンド社.
- [206] Drucker, P.F.(2005) *The Essential Drucker on Technology*. 邦訳, 上田惇生(2005)『テクノロジストの条件』ダイヤモンド社.
- [207] Dyer, J.H., Kale, P. and Singh, H.(2001) How to make strategic alliances work: The role of the alliance function, *MIT Sloan Management Review*, Summer, pp 37-43.
- [208] Dyer, J.H, and Nobeoka, K.(2000) Creating and managing a high performance knowledge sharing network: The Toyota case, *Strategic Management Journal*, 21, pp 345-367.
- [209] Edgett, S., Shipley, D. and Forbes, G.(1992) Japanese and British companies compared: Contributing factors to success and failure in NPD, *Journal of Product Innovation Management*, 9, pp 3-10.
- [210] Eisenhardt, K.M. and Tabrizi, B.N.(1995) Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry, *Administrative Science Quarterly*, 40(1), pp

84-110.

- [211] Erden, Z., Krogh, G.v. and Nonaka, I.(2008) The quality of group tacit knowledge, *Strategic Information Systems*, 17, pp 4-18.
- [212] Fjelstad, J.(2009) A brief history of IC packaging and interconnection technology, *Silicon Valley Engineering Council Journal*, 1, pp 7-17.
- [213] Forrester, J.W.(1958) Industrial dynamics - a major breakthrough for decision makers -. *Harvard Business Review*, 36(4), pp 37-66.
- [214] Gartner(2008) Gartner says worldwide photoresist revenue increased 14.5 percent in 2007, *Gartner Press Releases*, June.
- [215] Gawer, A. and Cusumano, M.A.(2002) *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Harvard Business School Press. 邦訳, 小林敏男(2005)『プラットフォーム・リーダーシップ:イノベーションを導く新しい経営戦略』有斐閣.
- [216] Gemba, K. and Kodama, F.(2001) Diversification dynamics of the Japanese industry, *Research Policy*, 30, pp 1165-1184.
- [217] Gerwin, D.(2006) Buyer-vender relations for components: The extreme example of custom integrated circuits, *Research Policy*, 35, pp 673-690.
- [218] Goldenberg, J., Lehmann, D. and Mazursky, D.(2001) The idea itself and the circumstances of its emergence as predictors of new product success, *Management Science*, 47, pp 69-84.
- [219] Grant, R.M.(2007) *Contemporary Strategy Analysis*, Sixth Edition, Blackwell. 邦訳, 加瀬公夫(2008)『グラント現代戦略分析』中央経済社, 16～17 頁.
- [220] Griffin, A.(1997) PDMA research on new product development practices: Updating trends and benchmarking best practices, *Journal of Product and Innovation Management*, 14, pp 429-458.
- [221] Griffin, A. and Page, A.L.(1993) An interim report on measuring product development success and failure, *Journal of Product Innovation Management*, 10(4), pp 291-308.
- [222] Gupta, A.K. and Souder, W.E.(1998) Key drivers of reduced cycle time, *Research-Technology Management*, 41(4), pp 38-43.
- [223] Gupta, A.K., and Wilemon, D.L.(1990) Accelerating the development of technology-based new products, *California Management Review*, 32, pp 24-44.

- [224] Hall, R.(1992) The strategic analysis of intangible resources, *Strategic Management Journal*, 13, pp 135-142.
- [225] Hamel, G. and Prahalad, C.K.(1994) *Competing for the Future*, Harvard Business School Press. 邦訳, 一條和生(1995)『コア・コンピタンス経営』日本経済新聞社.
- [226] Hargadon, A. and Sutton, R.I.(1997) Technology brokering and innovation in a product development firm, *Administrative Science Quarterly*, 42(4), pp 716-749.
- [227] Hart, S.L.(1992) An integrative-framework for strategy-making process, *Academy of Management Review*, 17(2), pp 327-351.
- [228] Hartley, J.L., Meredith, J.R., McCutcheon, D. and Kamath, R.R.(1997) Suppliers' contribution to product development: An exploratory study, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 44(3), pp 258-267.
- [229] Henderson, B.D.(1970) *The Product Portfolio*, Boston Consulting Group.
- [230] Henderson, R. and Clark, K.B.(1990) Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, *Administrative Science Quarterly*, 35, pp 9-30.
- [231] Henderson, R. and Cockburn, I.(1994) Measuring competence? Exploring firm effects in the pharmaceutical research, *Strategic Management Journal*, 15, pp 63-84.
- [232] Helfat, C.E., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M., Singh, H., Teece, D., and Winter, S.G.(2007) *Dynamic Capabilities: Understanding Strategic Change in Organizations*, Blackwell Publishers Limited. 邦訳, 谷口和弘他(2010)『ダイナミック・ケイパビリティ』勁草書房.
- [233] Hippel, E.v.(1976) The dominant role of users in the scientific instrument innovation process, *Research Policy*, 5(3), pp 212-239.
- [234] Hippel, E.v.(1977) Transferring process equipment innovations from user-innovators to equipment manufacturing firms, *R&D Management*, 8(1), pp 13-22.
- [235] Hippel, E.v.(1988). *The Sources of Innovation*, Oxford University Press.
- [236] Hofer, C.W. and Schendel, D.(1978) *Strategy Formation: Analytical Concepts*, West Publishing Co.
- [237] Hu, M.(2008) Knowledge flows and innovation capability: The patenting trajectory of

- Taiwan's thin film transistor-liquid crystal display industry, *Technological Forecasting & Social Change*, 75, pp 1423-1438.
- [238] Iansiti, M.(1998) *Technology Integration: Making Critical Choices in a Dynamic World*, Harvard Business School Press. 邦訳, NTT コミュニケーションウェア(2000)『技術統合』NTT 出版.
- [239] Imai, K., Nonaka, I. and Takeuchi, H.(1985) Managing the new product development process: How Japanese learn and unlearn. In Clark, K.B., Hayes, H. and Lorenz, C. eds., *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-technology Dilemma*, Harvard Business School Press, pp 331-381.
- [240] Ito, H. and Willson, C.G.(1983) Chemical amplification in the design of dry developing resist materials, *Polymer Engineering & Science*, 23(18), pp 1012-1018.
- [241] Jacobson, R.(1988) The persistence of abnormal returns, *Strategic Management Journal*, 9, pp 415-430.
- [242] Kalayanaram, G., Robinson, W.T. and Urban, G.L.(1995) Order of market entry: Established empirical generalization, emerging empirical generalization and future research, *Marketing Science*, 14, G212-G221.
- [243] Kalogerakis, K., Luthje, C. and Herstatt, C.(2010) Developing innovations based on analogies: Experience from design and engineering consultants, *Journal of Product Innovation Management*, 27, pp 418-436.
- [244] Katz, R. and Tushman, M.(1981) An investigation into the managerial roles and career paths of gatekeepers and project supervisions in a major R&D facility, *R&D Management*, 11, pp 103-110.
- [245] Khurana, A. and Rosenthal, S.R.(1997) Integrating the fuzzy front end of new product development, *Sloan Management Review*, 38, pp 103-120.
- [246] Khurana, A. and Rosenthal, S.R.(1998) Towards holistic “front ends” in new product development, *Journal of Product and Innovation Management*, 15, pp 57-74.
- [247] Kim, W.C. and Mauborgne, R.(2005) *Blue Ocean Strategy*, Harvard Business School Press. 邦訳, 有賀裕子(2005)『ブルー・オーシャン戦略』ランダムハウス講談社.
- [248] Kleinschmidt, E.J. and Cooper, R.G.(1997) The winning formula, *Engineering World*, 7(2), pp

28-35.

- [249] Klobas, E. and McGill, T.(1995) Identification of technological gatekeepers in the information technology profession, *Journal of the American Society for Information Science*, 46(8), pp 581-589.
- [250] Kodama, Y. and Fujimura, S.(2011) Transfer of technological capabilities in new product Development, ISEM 2011 Proceedings, pp 40-1~40-13.
- [251] Kogut, B. and Zander, U.(1992) Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, 3, pp 383-397.
- [252] Kor, Y.Y. and Mahoney, J.T.(2004) Edith Penrose's (1959) contributions to the resourced-based view of strategic management, *Journal of Management Studies*, 41(1), pp 183-191.
- [253] Krishnan, V., Eppinger, S.D. and Whitney, D.E.(1997) A model-based framework to overlap product development activities, *Management Science*, 43, pp 437-451.
- [254] Kusunoki, K., Nonaka, I. and Nagata, A.(1998) Organizational capabilities in product development of Japanese firms: A conceptual framework and empirical findings, *Organizational Science*, 9(6), pp 699-718.
- [255] Learned, E.P., Christensen, C.R., Andrews, K.E. and Guth, W.D.(1965) *Business Policy: Text and Cases*, Irwin.
- [256] Leonard-Barton, D.(1992) Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development, *Strategic Management Journal*, 13, pp 111-125.
- [257] Leonard-Barton, D.(1995) *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*, Harvard Business School Press.
- [258] Levitt, T.(1965) Exploit the product life cycle, *Harvard Business Review*, 43, pp 81-94.
- [259] Loch, C.H., Terwiesch, C., and Thomke, S.(2001) Parallel and sequential testing of design alternatives. *Management Science*, 45, pp 663-678.
- [260] Luthje, C., Herstatt, C. and Hippel, E.v.(2005) User-innovators and "local" information: The case of mountain biking, *Research Policy*, 34, pp 951-965.
- [261] MacCormack, A. and Iansiti, M.(2009) Intellectual property, architecture, and the management of technological transitions: Evidence from Microsoft corporation, *Journal of*

Product Innovation Management, 26, pp 248-263.

- [262] Macher, J.T. and Mowery, D.C.(2003) “Managing” learning by doing: An empirical study in semiconductor manufacturing, *Journal of Product Innovation Management*, 20, pp 391-410.
- [263] Mahoney, J.T. and Pandian, J.R.(1992) The resource-based view within the conversation of strategic management, *Strategic Management Journal*, 13(5), pp 363-380.
- [264] Maidique, M.A. and Zirger, B.J.(1984) A study of success and failure in product innovation: The case of the U.S. electronic industry, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 31(4), pp 192-203.
- [265] Mankiw, N.G.(2003) *Principles of Economics*, Third Edition, Thomson Learning. 邦訳, 足立英之他(2005)『マンキュー経済学 I ミクロ編(第2版)』東洋経済新報社.
- [266] Marsh, S.J. and Stock, G.N.(2003) Building dynamic capabilities in new product development through intertemporal integration, *Journal of Product Innovation Management*, 20(2), pp 136-148.
- [267] McCarthy, E.J.(1964) *Basic Marketing*, Richard D. Irwin.
- [268] McGinnes, M.A. and Vallopra, R.M.(1999) Purchasing and supplier involvement: Issues and insights regarding new product success, *Journal of Supply Chain Management*, 35(3), pp 4-15.
- [269] McMath, R.M. and Forbes, T.(1998) *What Were They Thinking?*, Three River Press.
- [270] Meyer, M.H. and Roberts, E.B.(1986) New product strategy in small technology-based firms: A pilot study, *Management Science*, 32(7), pp 806-822.
- [271] Mintzberg, H.(1973) Strategy-making in three modes, *California Management Review*, 16(2), pp 44-53.
- [272] Mintzberg, H.(1978) Patterns in strategy formation, *Management Science*, 24(9), pp 934-948.
- [273] Mintzberg, H.(1990) The design school: Reconsidering the basic premises of strategic management, *Strategic Management Journal*, 11, pp 171-195.
- [274] Mintzberg, H., Ahlstrand, B. and Lampel, J.(1998) *Strategy Safari: A Guide Tour Through The Wilds of Strategic Management*, The Free Press. 邦訳, 齋藤嘉則他(1999)『戦略サファリ－戦略マネジメントガイドブック』東洋経済新報社.
- [275] Moore, G.A.(2005) *Dealing with Darwin: How Great Companies Innovate at Every Phase of*

Their Evolution, Penguin Group, Inc. 邦訳, 栗原潔(2006)『ライフサイクルイノベーション』翔泳社.

- [276] Moore, G.E.(1965) Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, 38(8).
- [277] Myers, S. and Marquis, D.G.(1969) *Successful Industrial Innovations: A Study of Factors Underlying Innovation in Selected Firms*, National Science Foundation.
- [278] Nelson, A.J.(2009) Measuring knowledge spillovers: what patents, licenses and publications reveal about innovation diffusion. *Research Policy*, 38, pp 994-1005.
- [279] Nelson, R.R.(1991) Why do firms differ, and how does it matter?, *Strategic Management Journal*, 1, pp 261-74.
- [280] Nichols, K.L.(2009) Technology transfer and diffusion, Tummala, K.K. ed. *Public Administration and Public Policy*, 2, pp 156-174.
- [281] Nonaka, I. and Takeuchi H.(1995) *The Knowledge-Creation Company*, Oxford University Press. 邦訳, 梅本勝博(1996)『知識創造企業』東洋経済新報社.
- [282] Nonaka, I. and Toyama, R.(2003) The knowledge creating theory revisited: Knowledge creation as a synthesizing process, *Knowledge Management Research & Practice*, 1, pp 2-10.
- [283] Orlikowski, W.J.(1992) The duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations, *Organization Science*, 3(3), pp 398-427.
- [284] Page, A.L.(1993) Assessing new product development practices and performance: establishing crucial norms. *Journal of Product Innovation Management*, 10, pp 273-290.
- [285] Park, T.-Y., Choung, J.-Y. and Min, H.-G.(2008) The cross-industry spillover of technological capability: Korea's DRAM and TFT-LCD industries, *World Development*, 36(12), pp 2855-2873.
- [286] Parkinson, S.T.(1982) The role of the user in successful new product development, *R&D Management*, 12(3), pp 121-131.
- [287] Patton, A.(1959) Stretch your products' earning years - top management's stake in the product life cycle -. *Management Review*, 48, pp 9-14.
- [288] Peckham, J.O.(1981) *The Wheel of Marketing*, A.C.Nielsen.
- [289] Penrose, E.T.(1959) *The Theory of the Growth of the Firm*. Oxford University Press.
- [290] Peteraf, M.A.(1993) The cornerstone of competitive advantage: A resource-based view,

Strategic Management Journal, 14(3), pp 179-191.

- [291] Polanyi, M.(1967) *The Tacit Dimension*, Routledge and Kegan Paul. 邦訳, 高橋勇夫(2003)『暗黙知の次元』筑摩書房.
- [292] Popper, K.R.(1959) *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson. 邦訳, 大内義一・森博(1971)『科学的発見の論理』恒星社厚生閣.
- [293] Porter, M.(1980) *Competitive Strategy*, Free Press.
- [294] Prahalad, C.K. and Hamel, G.(1990) The core competence of the corporation, *Harvard Business Review*, 68, pp 79-91.
- [295] Primo, M.A.M. and Amundson, S.D.(2002) An exploratory study of the effects of supplier relationships on new product development outcomes, *Journal of Operations Management*, 20, pp 33-52.
- [296] Ragatz, G.L., Handfield, R.B., Scannell, T.V.(1997) Success factors for integrating suppliers into new product development, *Journal of Product Innovation Management*, 14, pp 190-202.
- [297] Rosenbloom, R.S. and Cusumano, M.A.(1987) Technological pioneering and competitive advantage: The birth of the VCR industry, *California Management Review*, 29(4), pp 51-76.
- [298] Rosenbloom, R.S. and Spencer, W.J.(1996) *Engines of Innovation*, Harvard Business School Press. 邦訳, 西村吉雄(1998)『中央研究所の時代の終焉』日経 BP 社.
- [299] Rosenzweig, P.(2007) *The Halo Effect*, Simon & Schusters, Inc. 邦訳, 桃井緑美子(2008)『なぜビジネス書は間違えるのか』日経 BP 社.
- [300] Rothwell, R., Freeman, C., Horlsey, A., Jervis, V.T.P., Robertson, A.B. and Townsend, J.(1974) Sappho updated - Project SAPPHO Phase II, *Research Policy*, 3, pp 258-291.
- [301] Rumelt, R.P.(1984) Toward a strategic theory of the firm, In Lamb, R.B. ed.(1984), *Competitive Strategic Management*, pp 556-570, Prentice-Hall.
- [302] Rumelt, R.P.(1991) How much does industry matter?, *Strategic Management Journal*, 12, pp 167-185.
- [303] Rumelt, R.P., Shendel, D.E. and Teece, D.J.(1994) Afterword, In Rumelt, R.P., Shendel, D.E. and Teece, D.J. eds., *Fundamental Issues in Strategy: A Research Agenda*. pp 527-555, Harvard Business Press.
- [304] Sanchez, R., Mahoney, J.T.(1996) Modularity, flexibility, and knowledge management in

- product and organization design, *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue), pp 63-76.
- [305] Schendel, D.E.(1992) Introduction to the winter 1992 special issue: Fundamental themes in strategy process research, *Strategic Management Journal*, 13(Winter Special Issue), pp 1-3.
- [306] Schoonhoven, C.B., Eisenhardt, K.M. and Lyman, K.(1990) Speeding products to market: waiting time to first product introduction in new firms, *Administrative Science Quarterly*, 35, pp 177-207.
- [307] Schumacher, C.(2006) Trust - a source of success in strategic alliances?, *Schmalenbach Business Review*, 58(3), pp 259-278.
- [308] Schumpeter, J.A.(1915) *Vergangenheit und Zukunft der Sozialwissenschaften*. 邦訳, 谷嶋喬四郎(1980)『社会科学の未来像』講談社.
- [309] Schumpeter, J.A.(1926) *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*. 邦訳, 塩野谷祐一他(1977)『シュムペーター 経済発展の理論(上)』岩波書店.
- [310] Shaw, B.(1985) The role of the interaction between the user and the manufacturer in medical equipment innovation, *R&D Management*, 15(4), pp 283-292.
- [311] Shaw, E.H. and Goodrich, K.(2005) Marketing strategy: From history of a concept to conceptual framework, *Proceedings of the 12th Conference for Historical Analysis and Research in Marketing, Association for Historical Research in Marketing*, Long Beach, CA, 2005, pp 265-274.
- [312] Simon, H.A.(1969) *The Sciences of the Artificial*, 2nd ed.(1981), MIT Press. 邦訳, 稲葉元吉・吉原英樹(1999)『システムの科学 第3版』パーソナルメディア.
- [313] Smith, W.R.(1956) Product differentiation and market segmentation as alternative marketing strategies, *Journal of Marketing*, July, pp 3-8.
- [314] Smith, P.G. and Reinertsen, D.G.(1991) *Developing Products in Half the Time*, Van Nostrand Reinhold.
- [315] Sobrero, M. and Roberts, E.(2001) The trade-off between efficiency and learning in interorganizational relationships for product development, *Management Science*, 47, pp 493-451.
- [316] Sobrero, M. and Roberts, E.(2002) Strategic management of supplier-manufacturer relations in

- new product development, *Research Policy*, 31(1), pp 159-182.
- [317] Spithoven, A., Frantzen, D. and Clarysse, B.(2010) Heterogeneous firm-level effects of knowledge exchanges on product innovation: Differences between dynamics and lagging product innovators, *Journal of Product Innovation Management*, 27, pp 362-381.
- [318] Sroog, C.E.(1996) History of the invention and development of the polyimides, *Polyimides, Fundamentals and Applications*, ed. by M.K.Ghosh and K.L.Mittal, Marcel Dekker, pp 1-6.
- [319] Stewart, Jr, C.T.(1987) Technology transfer vs. diffusion: A conceptual classification, *Journal of Technology Transfer*, 12(1), pp 71-79.
- [320] Stock, G.N. and Tatikonda, M.V.(2004) External technology integration in new product and process development, *International Journal of Operations and Production Management*, 24(7), pp 642-665.
- [321] Stock, G.N. and Tatikonda, M.V.(2008) The joint influence of technology uncertainty and interorganizational interaction on external technology integration success, *Journal of Operations Management*, 26, pp 65-80.
- [322] Stolpe, M.(2002) Determinants of knowledge diffusion as evidenced in patent data: The case of liquid crystal display technology, *Research Policy*, 31, pp 1181-1198.
- [323] Suh, N.P.(2001) *Axiomatic Design: Advances and Applications*. Oxford University Press. 邦訳, 中尾政之他(2004)『公理的設計』森北出版.
- [324] Suwa, M., Kajita, T. and Iwanaga, S.(1996) Effect of additives in ArF single layer chemical amplification photoresist, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, 9(3), pp 489-496.
- [325] Teece, D.J., Pisano, G. and Shuen, A.(1997) Dynamic capabilities and strategic management, *Strategic Management Journal*, 18(7), pp 509-533.
- [326] Tellis, G.J. and Crawford, C.M.(1981) An evolutionary approach to product growth theory, *Journal of Marketing*, 45(4), pp 125-132.
- [327] Terwiesch, C. and Loch, C.H.(2004) Collaborative prototyping and the pricing of custom-designed products, *Management Science*, 50(2), pp 145-158.
- [328] Thomke, S.(1998) Managing experimentation in the design of new products, *Management Science*, 44, pp 743-762.

- [329] Thomke, S., and Bell, D.E.(2001) Sequential testing in product development. *Management Science*, 47, pp 308-323.
- [330] Tsunoda, T.(1964) Study of the crosslinking of polyvinyl alcohol by light-sensitive tetrazonium salts, *Journal of Applied Polymer Science*, 8, pp 1379-1390.
- [331] Tsunoda, T.(1965) Study of the orientation of light-sensitive tetrazonium salt in poly(vinyl alcohol), *Journal of Polymer Science Part A: General Papers*, 3, pp 3691-3698.
- [332] Tushman, M.L. and Anderson, P.(1986) Technological discontinuities and organizational environments, *Administrative Science Quarterly*, 31, pp 439-465.
- [333] Ulrich, K.T.(1995) The role of product architecture in the manufacturing firm, *Research Policy*, 24, pp 419-440.
- [334] Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D.(2008) *Product Design and Development*, 4th Edition, McGraw-Hill.
- [335] Utterback, J.M.(1994) *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press.
邦訳, 大津正和他(1998)『イノベーション・ダイナミクス』有斐閣.
- [336] Valentin, E.(2005) Away with SWOT analysis: Use defensive/offensive evaluation use instead, *The Journal of Applied Business Research*, 21(2), pp 91-104.
- [337] Verganti, R.(1997) Learning on systematic learning to manage the early phases of product innovation project, *R&D Management*, 27(4), pp 377-392.
- [338] Voss, C.A.(1985) The role of users in the development of applications software, *Journal of Product Innovation Management*, 2(2), pp 113-121.
- [339] Wagner, S.M.(2003) Intensity and managerial scope of supplier integration, *Journal of Supply Chain Management*, 39(4), pp 4-15.
- [340] Wagner, S.M. and Hoegl, M.(2006) Involving suppliers in product development: Insights from R&D directors and project managers, *Industrial Marketing Management*, 35, pp 936-943.
- [341] Wasson, C.R.(1960) What is “new” about a new product?, *Journal of Marketing*, 25(1), pp 52-56.
- [342] Wasti, S.N. and Liker, J.K.(1999) Collaborating with suppliers in product development: A US and Japan comparative study, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(4), pp

444-460.

- [343] Weber, M.(1904) *Die "Objektivität" Sozialwissenschaftlicher und Sozialpolitischer Erkenntnis*. 邦訳, 祇園寺信彦・祇園寺則夫(1994)『社会科学の方法』講談社.
- [344] Weber, M.(1913) *Der Sinn der "Wertfreiheit" der soziologischen und ökonomischen Wissenschaften*. 邦訳, 木本幸造(1972)『社会学・経済学の「価値自由」の意味』日本評論社.
- [345] Wernerfelt, B.(1984) A resource-based view of the firm, *Strategic Management Journal*, 5(2), pp 171-180.
- [346] Wernerfelt, B.(1995) A resource-based view of the firm: Ten years after, *Strategic Management Journal*, 16(3), pp 171-174.
- [347] Wheelwright, S.C. and Clark, K.B.(1992) *Revolutionizing Product Development*, The Free Press.
- [348] Wood, L.(1990) The end of the product life cycle? Education says goodbye to an old friend. *Journal of Marketing Management*, 6(2), pp 145-155.
- [349] Yoo, C.S.(2010) Product life cycle theory and the maturation of the internet, *Northwestern University Law Review*, 104(2), pp 641-670.
- [350] Zahay, D., Griffin, A. and Fredricks, E.(2011) Information use in new product development: An initial exploratory empirical investigation in the chemical industry, *Journal of Product Innovation Management*, 28, pp 485-502.
- [351] Zaheer, A., McEvily, B. and Perrone, V.(1998) Does trust matter? Exploring the effects of interorganizational and interpersonal trust on performance, *Organization Science*, 9(2), pp 141-159.
- [352] Znaniecki, F.(1934) *The Method of Sociology*, Farrar and Rinehart. 邦訳, 下田直春(1971)『社会学の方法』新泉社.

謝辞

本研究は、筆者が東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科博士課程(イノベーション専攻)在学中の研究成果をまとめたものです。同研究科の藤村修三先生には指導教員として本研究の実施の機会を与えて頂き、その遂行にあたって終始、丁寧なご指導と暖かい激励を賜りました。深く感謝致します。また、夜間や休日を中心としたゼミでは、「研究とは何か」、「社会科学とは何か」、といった研究を進める上での根本的な問いや方法論について深く考えることの重要性に気付かされました。このような基本姿勢は、研究活動でのみならず、今後の仕事や人生の大切な局面で役に立つものと確信しております。

また、論文審査員をお引き受け頂きました同研究科の田辺孝二先生、日高一義先生、辻本将晴先生、社会理工学研究科の梶雅範先生、豊橋技術科学大学環境・生命工学系の竹市力先生の5名の先生方からは、審査の過程で多面的なご教示と示唆に富んだご助言を頂きました。心より謝意を表します。

本研究は、会社での仕事を続けながら実施したため、会社の理解がなければ到底成し得ませんでした。入学にご賛同頂きました三井化学株式会社の福田伸理事、特許検索でご協力頂きました同社の小林洋子さん、在学中にご支援頂きました亞太三井化学股份有限公司の小松悠二董事長に感謝致します。

最後に、精神的に支えてくれた家族に最大限の感謝を表します。入学に伴い、私の最大の関心事は仕事と研究の両立となりました。この両立は私にとって決して簡単ではありませんでしたが、最も大きな影響は家族に及びました。入学から修了までの4年半の間に、娘の誕生、台湾への転勤、息子の小学校入学、といった家族にとって大きな環境変化がありました。家事と子育てをほとんど一人でこなし、同時に私の仕事と研究の両立にフルサポートをしてくれた妻の栄里子と、いつも家庭に笑いと元気を提供してくれた息子の光洋と娘の悠里に心から感謝します。