

博士論文

研究開発における能動的探索と受動的探索

貴志奈央子

目次

1. はじめに-----	1
1-1. 本論文の目的	
1-2. 既存研究に対する本研究の位置づけ	
1-3. 本研究の流れ	
2. 探索とは何か-----	10
2-1. 探索の定義	
2-2. イノベーション・プロセスにおける探索	
2-3. 探索の範囲を限定する要因	
2-4. 外部環境の特性と探索	
2-5. 現代組織の直面する探索の課題	
3. 探索のパターン-----	26
3-1. 技術と市場	
3-2. 探索と活用	
3-3. その他の探索のパターン	
3-4. 受動的探索と能動的探索	
3-5. 能動的探索を推進する意義	
4. 受動的探索への偏重の打開：ロードポートのケース-----	44
4-1. ロードポートとは何か	
4-2. ウェーハの運搬の全自動化とロードポート市場の確立	
4-3. ロードポートの標準化	
4-4. T社によるロードポート市場への参入経緯	
4-5. 最終顧客から提供された情報の活用	
4-6. 受動的探索への偏重の打開	
4-7. 本章の小括	
5. 能動的探索の推進：スパッタリング装置のケース-----	66
5-1. スパッタリング装置と市場の特性	
5-2. 基礎研究と応用研究のテーマの設定	
5-3. LCD向けスパッタリング装置の製品開発プロセス	
5-4. 能動的探索の製品開発に対する有効性	
5-5. 第五世代向け装置の開発における能動的探索の有効性	

5-6. 能動的探索と知識の蓄積	
5-7. 本章の小括	
6. 結論-----	91
6-1. 本研究の結論	
6-2. 本研究の課題と今後の研究の方向性	
参考文献-----	96

1. はじめに

1-1. 本論文の目的

本研究では、企業の研究開発プロセスにおける探索に焦点をあて、組織の探索活動が直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の要因と帰結、およびその克服方法について、理論的考察を加え、マネジメントに示唆を提供する。ここで言う、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」とは、具体的には、次のような関係を意味している。

まず、問題解決とは、組織の直面している喫緊の問題を解決することを意味している。この場合、喫緊の問題の解決策を効率的に探索することが重視される。探索を効率的に進めようとする、可能な限り少数の代替案から解決策を決定することが望ましいことになる。そして、知識蓄積とは、組織にとって解決を急ぐわけではない問題を開発担当者が自ら認識し、その代替案を探索する過程で、将来、活用できそうな知識を蓄積しておこうとする行動のことである。

組織の存続のためには、問題解決と知識蓄積のバランスをとる必要があるが、組織の活用できる資源には制約がある。このため、喫緊の問題を解決することと、将来活用できそうな知識を蓄積しておくことのバランスを見極めなければならない (Duncan, 1967; March, 1991; Tushman and O'Reilly, 1996)。ここに、問題解決と知識蓄積のトレードオフが生じる。直近の問題を解決することに注力すれば、効率的な探索が求められる。しかし、その結果として、蓄積される知識は、同質化していく。組織において、同質化した知識の蓄積が続くと、環境の変化を吸収する柔軟性が低下していく (Christensen, 1999)。この問題を回避するために、多様な知識が蓄積される仕組みを設けていく必要がある。

こうしたトレードオフは、従来から存在する根源的な組織の問題である。しかし、このトレードオフは、競争環境が不確実あるいは変動的であったり、研究開発にスピードや短期的成果を要求される場合に、より先鋭化する。実際、グローバル競争の激化や、技術進歩の加速による不確実性の増大など、企業を取り巻く環境の変化によって、現代の研究開発に対する加速の要求は強まっており、近年、このトレードオフは先鋭化していると考えられる。すなわち、競争環境が安定的であった時期にはあまり重視されてこなかったが、外部環境の変化の速度が増した現代においては、環境に素早く適応することが、企業の成功を左右している (Brown and Eisenhardt, 1997)。企業は、問題解決プロセスを加速することによって、競合企業よりも早く市場に新製品を導入し、より多くの利益を獲得できるようになる (Davis, Eisenhardt, and Bingham, 2009; Schoonhoven, Eisenhardt, and Lyman, 1990)。このような状況において、マネジメントは、研究開発プロセスに対して、製品開発で活用するための技術を開発するようという、短期的な成果を求める要請を強め、探索のより一層の効率化をはかることになる。しかし、それは知識の蓄積がより困難な状況に至ることを意味している。

企業の直面しているこの課題に対し、本研究では、「問題解決と知識蓄積のトレード

オフ」が、コストと時間のプレッシャーの下では、どのような問題を持つことになるのか。そして、それを克服するにはどのようなマネジメントが有効かという観点から解明していく。

本研究のケーススタディで分析の対象となるのは、半導体製造装置業界と液晶製造装置業界である。それぞれの業界において、分析対象となった企業は、次のような状況で、コストと時間のプレッシャーに直面することになった。一つめの半導体製造装置関連メーカーの場合、顧客である半導体メーカーが、より厳しい価格競争に直面する中で、生産設備の新規投資額の引き下げを目的として、製造装置の業界標準を決定した。その結果、装置関連メーカーは、より強いコスト制約の中で、競合企業との製品差別化のポイントを模索する必要が生じた。二つめの液晶向け製造装置メーカーは、ガラス基板の拡大が加速していったことで、イノベーションをより迅速に達成する必要が生じた。これが、時間のプレッシャーである。そして、顧客となる液晶製造装置のユーザーとして、台湾の液晶メーカーが台頭してきた。その結果、価格の引き下げの要求が強まり、コストを抑制する必要が高まっていった。しかし、いずれの状況においても、ケースで取り上げる二つの装置関連メーカーは、粘り強い研究開発を武器に市場シェアを維持してきた。これを可能とした、彼らの強さはどのように説明されるのか。これが、本研究の問題意識である。

そして、この問題意識に対し、ケースで取り上げる二つのメーカーが、コストと時間のプレッシャーの下で、問題解決と知識蓄積のトレードオフを克服したことが、市場シェアの維持につながったという論理を明らかにしていく。

ここで、特に本研究が着目する問題は、十分な資金や人材が研究開発に配分されない状況では、エンジニアが、成果の目途の立ちづらい研究開発に対してモチベーションを維持することが困難となっている点である。分析の対象となる企業の聞き取り調査では、開発現場のエンジニアから、以下のような意見の出ていることが明らかとなった。

「(見通しの立たない研究を続ける場合) 苦しいことはわかっているんだから、やめたい人ばかりになってくるよね。むしろ、やめろって言われた方がね (開発担当者にとっては、苦しきから解放されることになるだろう)。」

こうした厳しい状況の中で、知識の蓄積を粘り強く継続していくことのできる組織には、何が備わっているのか。この点を明らかにするために、本研究では、問題解決プロセスにおいて、解決策の発見に至る過程で知識の獲得という機能を担う、「探索」に焦点をあてて、理論的に考察を進める。また、本研究で焦点をあてる問題解決プロセスは、研究開発であることを確認しておく。研究開発には、本来、短期的な事業性よりも、将来の糧となる技術シーズの創出が期待されている。しかし、コストと時間の強いプレッシャーの下で、研究開発の本来の役割を維持することは、上記の証言のように容易であ

るとは言えない。したがって、研究開発のマネジメントが直面しているこの問題を克服する方法について明らかにすることが、本研究の目的となる。

以下、本研究で扱う概念とアプローチを整理し、説明を追加しながら、本研究の意義について述べる。

まず、問題解決における「探索 (search)」は、代替案を発見するために行われると定義され、その定義が、現在の研究に至るまで引き継がれてきた (Cyert and March, 1963; March and Simon, 1958)。一方で、Gupta, Smith, and Shalley (2006) は、March (1991) を嚆矢とした探索の範囲に関する一連の研究において、探索とは新しい知識の獲得を目的とした学習とイノベーションを意味するという点について見解の一致が見られることを指摘している。したがって、March (1991) による探索 (exploration) と活用 (exploitation) の議論を境として、探索 (search) に関する既存研究の議論の焦点は、代替案の発見だけでなく、知識の獲得にまで広がりを見せてきたと言える¹。

ここで、Cyert and March (1963) と March and Simon (1958) による探索の定義と、March (1991) による探索と活用の位置づけを確認する。Cyert and March (1963) と March and Simon (1958) における探索 (search) は、代替案の発見のために行われる。そして、March (1991) における探索 (exploration) も、代替案の発見のために行われる。ただし、探索 (exploration) の場合、既存の方法では、うまく解決策を発見できないため、異なる分野にまで範囲を拡大して代替案を探索しようという意味を含んでいる。つまり、Cyert and March (1963) と March and Simon (1958) による探索の定義が、March (1991) によって、より細分化されたと見ることができる。したがって、Cyert and March (1963) と March and Simon (1958) による探索 (search) は、代替案の発見を意味し、March (1991) による探索 (exploration) は、知識獲得を意味しているというように、明確に切り分けができるわけではない。あくまで、March (1991) の登場によって、既存研究における探索 (search) の議論が、より深まっていったという認識である。

¹ 本研究において「探索」という用語を使用する場合のルールについて、整理しておく。経営学の研究では、Cyert and March (1963) と March and Simon (1958) によって定義された「search」と、March (1991) が「活用 (exploitation)」との対比において使用した「exploration」が、日本語ではともに「探索」と訳されている。そこで、本研究で「探索」という用語を使用する場合、どちらを意味しているのかについて、混乱が生じる可能性がある。この混乱を回避するために、本研究では、次のルールに従って、二つの探索を使い分ける。「exploration」の意味で、「探索」という用語を使用する場合は、次の三つのうちのいずれかによって、その旨を明記する。① March (1991) という引用が示されている場合、②「探索と活用」という具合に、「活用」という用語との対比で記載している場合、③「探索」の後ろに「(exploration)」と記載している場合である。この三つの目印がない箇所では、「探索」という用語を使用する場合、「探索」とは、基本的に「search」を意味しているものとする。

次に、探索 (search) による知識の獲得と蓄積については、プロジェクトレベルの議論と、組織レベルの議論がある。この点に関する本研究のアプローチは、次のように整理される。プロジェクトの問題解決プロセスにおいて、探索を通じた知識の獲得が行われる。獲得された知識は、組織レベルでの知識の蓄積に貢献していることになる。蓄積された知識は、再び、他のプロジェクトの探索で活用される機会を見出されるまで保持されることになる。

また、本研究では、上述のように蓄積された知識の影響をダイナミックに捉えていると言える。これは、ある問題解決プロセスでの探索を通じて獲得された知識が、長期的に他の問題の解決に活用されるケースが存在するというように、一時点ではなく、長期的な観点で探索の影響を議論していくという意味である。そして、本研究では、研究開発のプロジェクトにおける知識の獲得に焦点をあてる。もちろん、製品開発においても、知識の獲得は行われる。しかし、上述したように、本研究の問題意識は、研究開発にあるため、研究開発プロジェクトの探索に焦点をあてる。

さらに、既存研究では、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に対処する施策として、探索 (exploration) と活用の両刀使いの組織 (ambidextrous organization) を構築するための示唆を提供してきた (Duncan, 1967; Gibson and Birkinshaw, 2004 ;Tushman and O'Reilly, 1996)。そして、イノベーションに焦点をあてて、両刀使いを可能にする組織の仕組みについて議論を展開した Tushman and O'Reilly (1996) は、「組織構造」による対応、つまり、新たな知識を取り込む組織を別につくることを示唆している。しかし、基礎研究機関を独立して設置さえすれば、そこでは、自然と知識の蓄積が重視されていくとは限らない。たとえば、研究開発プロジェクトに対して、定期的な評価が行われると、エンジニアは、やはり高い評価を受けることに動機づけられ、長期的な観点を見失う可能性がある。香山 (2006) は、半導体業界を対象とした分析において、研究開発の成果に対し組織内部で事業としての可能性を評価する方法が検討され、実施され続けてきたと指摘している。実施された評価方法の多くは、キャッシュフローの創出可能性を判断するものであり、評価の結果は研究開発の継続性を見極めるためにも使用されていた。つまり、評価時点における判断基準で、利益を生む可能性が低いプロジェクトの継続には、論理的な説明が必要とされることになる。そして、説得的な説明が難しい研究開発プロジェクトは、停止されてしまう。結果として、プロジェクトの評価が行われる時点で、事業性を評価することのできないプロジェクトは、淘汰されてしまう。これが、研究開発において、長期的な観点のプロジェクトが減少するという指摘の意味である。

そこで、問題解決プロセスにおいて知識の獲得を担う探索に焦点をあてて、コストと時間の制約の下でも、基礎研究の本来の機能である「知識の蓄積」を維持する組織的な仕組みについて明らかにする必要がある。

本研究では、問題解決プロセスの起点となる「問題の認識」が、「受動的」か「能動的」かによって、その後の探索パターンを二つに分類する。そして、この探索の分類を

用いて、「知識の蓄積」を維持する組織的な仕組みを明らかにする。探索は、次のように分類される。顧客の要求などによって、受動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「受動的探索」、エンジニアの純粋な学問的興味に基づいて、能動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「能動的探索」となる。能動的探索の方が、開発担当者の裁量の余地は大きいので、より多くの知識が組織に取り込まれる。しかし、コストと時間のプレッシャーが強まると、研究開発においても受動的探索への偏重が生じる。上述のようなプロジェクト評価によって、短期的志向に陥ることなども、受動的探索への偏重を促す要因となる。その結果、組織レベルでの知識の蓄積が滞ってしまう。そこで、コストと時間の強い制約の下で、「能動的探索を推進するマネジメント」を明らかにすることが必要となる。

「能動的探索を推進するマネジメント」は、二つのケーススタディに関する議論を通じて示されていく。そして、本研究の問題意識は、半導体・液晶の製造装置関連メーカーが、なぜ、市場シェアを維持できたのかを説明することにある。彼らは、厳しさを増すコストと時間の制約の下でも、能動的探索を推進し、多様な知識を蓄積していたことで、顧客からの要求に迅速に応え続けることができた。これが、顧客との信頼関係を構築することにつながり、市場シェアを維持できたことの要因となる。したがって、問題意識への回答は、製造装置関連メーカーの競争優位性が、コストと時間の強い制約の下でも、研究開発において能動的探索を推進してきたこととなる。そして、問題意識に対するこの回答は、外部環境の変化の加速によって先鋭化した「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が、どのように克服されるのかについて、現代企業に具体的な示唆を提供することとなる。

1-2. 本研究の既存研究に対する位置づけ

本節では、既存研究の潮流の中で、本研究が、どのような位置づけにあるのかについて述べる。「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」という、組織にとっての短期と長期のパフォーマンスにおけるジレンマについて、既存研究は、どのような議論を展開してきたのか。そして、既存研究の示唆に対して、本研究の目的を達成することには、どのような意義があるのかを示す。

組織が抱える短期と長期のパフォーマンスのジレンマについて、既存研究では、「なぜ既存市場で成功した組織が、新たな需要に対応できないのか」というリサーチ・クエスチョンに答えることで、その解決策に関する知見を蓄積させてきた。そして、かつての成功企業が新たな需要に対応できず凋落していく要因として、組織的な慣性が働いて、既存製品の設計思想が支持されていたことや、既存顧客の需要を重視しすぎて、新たな技術への移行がスムーズに進められなかったことを明らかにしてきた(Christensen and Bower, 1996; Henderson and Clark, 1990)。

しかし、既存研究からは、コストと時間のプレッシャーが、組織の抱える長期と短期

のジレンマにより強い制約を加えることになる点について、十分な示唆を得ることは困難である。具体的には、コスト削減やアウトプットの創出にかかる時間の短縮に対するプレッシャーが組織に加わると、研究開発プロセスにどのような影響を与えるのか。また、その結果として、研究開発の短期と長期のパフォーマンスはどう変わっていくのか。そして、研究開発のマネジメントにおいて、コストと時間のプレッシャーに対処する適切な方法としては、どのような選択肢があるのかについて、既存研究の関心はそれほど強いものではなかった。

既存研究においても、問題解決プロセスの「速度」が競争優位の源泉となることは既に指摘されていた。たとえば、自動車産業の製品開発プロセスを対象とした分析において、開発期間の短縮が、日本メーカーの競争優位の源泉となっていたことは明らかにされていた (Clark and Fujimoto, 1991)。また、研究開発を分析の対象とした研究でも、開発の速度という変数が、競争優位性の源泉として重要性を増していることが指摘されるようになっていた (Eisenhardt and Tabrizi, 1995; Brown and Eisenhardt, 1997)。しかし、外部環境から「組織のオペレーションに対するスピードのプレッシャー」が非常に強くかかるという条件の下で、研究開発をいかにマネジメントすべきかという観点から議論が行われていたわけではない。既存研究において明らかにされてきた「速度」の有効性は、「競合企業よりも短い時間でオペレーションを達成する」ことに起因していたと言える。

その後、コストや時間のプレッシャーの下で、短期と長期のパフォーマンスのジレンマを解決する具体的な対処策が議論されるようになる。中でも、「外部組織の知識を活用する」というオープン・イノベーションの論理は、当時、米国経済の成長を牽引していた IT 産業で売り上げを伸ばしていた企業について、競争優位性の源泉を説明できる論理として注目を集めた (Chesbrough, 2003)。オープン・イノベーションの論理において、組織は、製品の供給にあたって必要な技術が組織内部に存在しない場合、外部の組織の技術を活用することができる。つまり、自社製品にとって重要性の低い技術は、外部組織の供給に依存することが可能となる。その結果、周辺技術の開発に対する資源の投入量を節約できるため、研究開発は効率化していく。

だが、オープン・イノベーションの実行にあたって発生するコストに焦点をあてると、その有効性には疑問が生じる。必要な技術を外部組織の供給に依存する場合、その技術を保有している組織を探し出してこななければならない。ただし、外部組織の技術的な知識を活用するためには、どの組織にどのような知識が存在するのかを認識していることが前提となる。したがって、オープン・イノベーションの論理を適用する場合でも、単純に研究開発の効率化が進むわけではなく、周辺技術に関する研究開発を行う必要はある。これは、組織内部にある程度の関連知識が存在しなければ、外部組織の保有する技術の価値を理解できないし、そもそもどの組織に必要とする技術が存在するのかを見きわめることができなくなってしまうからである。したがって、オープン・イノベーションを追及する場合でも、「研究開発において、周辺技術も含めた多様な知識を蓄積して

いく体制を整えておく必要がある」ことになる。

さらに、Duncan (1967) と Tushman and O'Reilly (1996) を嚆矢として、探索と活用の両刀使いの組織に関して、知見が蓄積されるようになる。このテーマに関する一連の研究の中で、イノベーションを扱った研究の指摘と、本研究の位置づけは、次の通りである。既存研究では、両刀使いであるために、別組織を構築して対応すべきだと指摘する。しかし、研究開発のための組織が独立して設置されても、プロジェクト評価のような費用対効果を求める仕組みや、コストの制約が強く、研究開発に十分な資金が配分されない場合、本来、研究開発に期待されている知識の蓄積という機能が、期待通りに全うされない可能性は依然として残る。この問題をどう克服するのかを示すことが、本研究の意義となる。

こうした経緯を踏まえ、本研究では、問題解決プロセスにおいて知識を獲得する機能を持ち、組織の長期的な存続可能性に影響を与える探索に着目する。既存研究では、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」という問題に対して、それほど強い関心が向けられてきたわけではない。それは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が、新興国の台頭といった、近年、懸念となってきた現象によって先鋭化してきたことによると考えられる。そこで、本研究では、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させている事象から、強い影響を受けてきたと見られる半導体製造装置業界と液晶製造装置業界のケースを取り上げて、トレードオフの克服方法を明らかにする。

1-3. 本研究の流れ

本節では、各章の概要を述べて、本研究の流れを説明する。

第1章では、企業の研究開発プロセスにおける探索に焦点をあて、組織の探索活動が直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の要因と帰結、およびその克服方法について、理論的考察を加え、マネジメントに示唆を提供するという、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に対する切り口となる、探索について、大きく二つの観点から既存研究のレビューを行う。一つめとして、経営学において、探索はどのように定義されてきたのかに着目して、既存研究のレビューを行う。そして、既存研究では、探索を「代替案の発見」と定義してきたが、「知識の獲得」という機能についても議論を深めてきたことを指摘する。これは、トレードオフを克服するために、知識蓄積を推進するにあたって、探索の知識獲得の機能を強化する必要があることを指摘するためである。二つめとしては、探索に影響を与える要因に着目し、探索の範囲の議論と、探索と外部環境の関係に関する議論について、既存研究のレビューを行う。探索の範囲に関する議論では、その範囲を限定していく要因について議論を整理する。探索の範囲が限定されていくと、プロジェクトレベルでの問題解決は効率化するが、組織レベルでの知識の蓄積は進まないことになる。つまり、その要因

を明らかにすることは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の要因を明らかにすることになる。また、探索と外部環境の関係については、外部環境の不確実性と、変化の速度が、探索行動に影響を与えていることを明らかにする。そして、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、外部環境の不確実性と変化の速度によって、先鋭化していくことを指摘する。

第3章では、企業が研究開発において直面している「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの方法を導出していくために、まず、探索がどのようなパターンで捉えられてきたのかについて、既存研究のレビューを行う。そして、一定の知見の蓄積が確認されているテクノロジー・プッシュとマーケット・インと、March (1991) による探索と活用の分類、および、その他の既存研究において示された探索のパターンからは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの示唆を得られないのかという点について考察する。そして、既存研究における探索の議論では、問題解決の効率化を進めるマネジメントには十分な知見が確認されるが、知識の蓄積を促すための組織的な仕組みについては、さらなる考察の余地があることを指摘する。

そして、知識の蓄積を促す仕組みを論理的に導出するために、新しい探索のパターンを示す。本研究では、問題解決プロセスの起点となる問題の認識が、「受動的」か「能動的」かによって、その後の探索パターンを次のように二つに分類する。顧客の要求などによって、受動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「受動的探索」、エンジニアの発想などから、能動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「能動的探索」となる。そして、受動的探索に注力すると、問題解決が進み、能動的探索が推進された場合、知識の蓄積が進む。ここで、外部環境の変化の速度が速いといった条件が加わると、問題解決を重視する必要性が生じるため、受動的探索が優先される。しかし、受動的探索に集中すると、プロジェクトレベルでの問題解決は進むが、組織レベルでの知識の獲得が進まず、同質的な知識ばかりが組織に蓄積されてしまう。このため、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するためには、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索の推進が必要になる。

こうして、第3章で示されたトレードオフの克服に適した探索のマネジメントを受けて、第4章と第5章では、二つのケーススタディを用い、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索を推進するためには、どのような仕組みが有効かを示す。

第4章のケースでは、半導体製造装置に組み込まれているロードポートという製品のケースを取り上げる。ロードポート市場では、製品の標準化によって、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が先鋭化していた。ロードポートメーカーは、この問題に対し、最終顧客から将来の製品に求める仕様を把握し、喫緊の問題だけでなく、将来の製品が抱える問題を認識する機会を獲得した。これが、受動的探索への偏重を打開する一つの方法として、有効であったことを示す。

ロードポートメーカーは、製造装置メーカーを直接の顧客、半導体デバイスメーカーを最終顧客としている。最終顧客から将来の製品に関する要求が示されることで、直近で解決すべき問題だけでなく、今後、必要とされる技術の探索へと組織メンバーの関心がむけられる。その結果、受動的探索への偏重が克服されていくことになる。また、最終顧客から提示された将来的な製品への要求に基づいて、能動的に問題が認識されると、直接の顧客から製品が発注される前に、必要とされる技術の開発が開始されることになる。そして、直接の顧客からの指示で受動的に問題が認識された時点で、既に組織内部に必要な技術が用意されている可能性も高まり、直接的な顧客への対応の速度は増すこととなる。

さらに、第5章のケースでは、LCD (Liquid Crystal Display) 業界にスパッタリング装置を供給しているアルバック社のケースを取り上げる。LCD 向けスパッタリング装置の市場では、ガラス基板の拡大の加速と、取引先が台湾メーカーにシフトしたことによるコスト制約の強化によって、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が先鋭化していた。そして、アルバック社は、次のようなプロセスを経て、このトレードオフの問題を克服していた。

まず、時間的な制約とコスト削減の強いプレッシャーを受ける中で、能動的探索を推進する組織的な仕組みを導入していた。具体的には、基礎研究に従事するエンジニアに裁量権を持たせること。基礎研究に対しては、可能な限り短期的な観点に基づく成果主義を適用しないこと。組織全体に多様な代替案を蓄積しておく重要性を徹底して認識させることである。こうして能動的探索が推進されると、多様な知識が組織に蓄積され、製品開発において受動的探索が行われた場合に、技術シーズを活用できる可能性が高まっていくというプロセスである。

最後に、結論として、二つのケーススタディを通じて明らかになった、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法についてまとめる。

2. 探索とは何か

第1章では、企業の研究開発プロセスにおける探索に焦点をあて、組織の探索活動が直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の要因と帰結、およびその克服方法について、理論的考察を加え、マネジメントに示唆を提供するという、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、トレードオフの克服への切り口となる探索について、二つの観点から既存研究のレビューを行う。

一つめの観点は、経営学における探索の定義である。探索は、現在に至るまで「代替案の発見」と定義されてきたことを明らかにする。ただし、探索に関する議論は、「代替案の発見」だけでなく、「知識の獲得」という機能へと深まりを見せるようになったことを指摘する。これは、トレードオフの克服にあたって、知識蓄積を推進するために、探索の知識獲得の機能を強化する必要があると示すための指摘である。

二つめの観点は、探索行動に影響を与える要因である。一定の知見の蓄積が確認される探索の範囲の議論と、探索と外部環境の関係に関する議論について、既存研究のレビューを行う。

探索の範囲に関する議論では、その範囲を限定していく要因について議論を整理する。探索の範囲が限定されていくと、プロジェクトレベルでの問題解決は効率化するが、組織レベルでの知識の蓄積は進まないことになる。つまり、その要因について既存研究をレビューすることは、問題解決と知識蓄積のトレードオフの要因を明らかにすることになる。

また、探索と外部環境の関係については、外部環境の不確実性と、変化の速度が、探索行動に影響を与えてきた点に着目する。外部環境の不確実性が高い場合は、探索の範囲を拡大して獲得する情報量を増加させ、不確実性を低減していくべきである。一方で、獲得する情報量を増加させると、情報処理に時間がかかるため、問題解決プロセスのスピードは落ちる。したがって、環境の変化のスピードが速い場合は、探索の範囲を可能な限り絞り込んで、迅速に代替案を発見することが求められる。したがって、外部環境の不確実性が高い場合や、環境の変化の速度が速い場合は、問題解決と知識蓄積のトレードオフがより先鋭化することになる。

2-1. 探索の定義

経営学の既存研究において探索という概念が使用される場合、多くのケースでは、「特定の問題の解決策になりうる代替案を発見すること」という定義が使用されてきた。本節では、経営学において使用される「探索」の定義の論拠となってきた研究に注目し、次の点について整理していく。探索のこうした基本的な概念は、どのような研究の潮流の中で、どのような研究の目的の下で、定義されるに至ったのか。そして、その後の研

究において、探索の論理はどう発展していったのかという点についてである。

経営学において探索という概念が使用される場合、多くの既存研究が March and Simon (1958) と Cyert and March (1963) を論拠としてきた。そこで、まず、この二つの研究に焦点をあて、March and Simon (1958) と Cyert and March (1963) が、どのような研究の潮流を受けて発表されるに至ったのか。そして、この二つの研究において、探索という概念は、どのような目的を持って定義されたのかについて述べる。

March and Simon (1958) および Cyert and March (1963) における探索の概念は、「限定合理性という条件の下、個別企業の行動を明らかにする」という目的の下、理論を構築していく過程で、定義されている。

Simon (1955) によって限定合理性が指摘される以前、経済学のモデルにおいて探索は以下の論理で捉えられていた。まず、意思決定は、利潤や効用といった目的関数を最大化するために行われる。そして、目的関数の最大化にあたって、探索の対象となる代替案はすべて所与であり、それぞれの代替案がもたらす利益や効用も探索を通じて把握することが可能である。これに対し、Simon (1955) は、人間の情報処理能力には限界があり、すべての代替案がもたらす利潤や効用を把握することはできないため、意思決定は目的関数の最大化よりも、意思決定者の満足を達成するために行われると指摘した。そして、探索についても、すべての代替案によってもたらされる結果を把握するというわけではなく、意思決定者が満足を得た時点で、終了するとされた。

つまり、経済学における完全に合理的な経済人を想定した探索の定義に対し、March and Simon (1958) および Cyert and March (1963) は、限定合理性に基づく個別企業の行動を明らかにする過程において、探索を定義した。伝統的な経済学のモデルには組み込まれていなかった、限定合理性に基づく個別企業の行動を体系化することで、現実の経済に対してより説明力のあるモデルが構築されるようになると考えたためである。

合理的な経済人が完全情報の下で意思決定を行う場合、解決策の代替案は所与であり、ある代替案を選択した場合にもたらされる結果についても、完全に把握することができる。しかし、現実の組織において、すべての代替案が所与ということはなく、代替案が見出されない場合には、自ら創出する必要がある。また、探索の結果として発見された代替案のもたらす満足度が、完全に把握されるわけでもない (March and Simon, 1958)。こうした条件の下、実際の組織で行われる探索は、意思決定者が、不完全情報の下で行う問題解決プロセスの一つの構成要素であり、特定の問題を解決するための代替案の発見を目的として行われると定義された (March and Simon, 1958; Cyert and March, 1963)。

次に、このように定義された探索の概念は、その後の研究において、どのような理論的發展をたどったのかを述べる。

先ほど述べたように、探索は、限定合理的な意思決定者が問題解決を行う場合に、行為の代替案や行為の結果を発見することを目的として行われる (March and Simon,

1958, p.140)。既存研究では、まず、こうした目的を持った探索が、どのような刺激をきっかけとして開始されるのか。組織において、代替案を発見する必要があると判断されるのは、どのようなケースなのかという点について、考察が行われている。

限定合理性の下での意思決定プロセスというコンテキストにおいて、Cyert and March (1963) は、現状に対する不満や問題の認識が探索を刺激すると定義してきた。特に、Cyert and March (1963, p.121) における探索は、問題によって刺激を受ける「問題中心的探索」であると明確に定義されており、特定の問題に対する解決策を発見するために行われる探索を想定して議論が展開されてきた。ここでいう問題中心的探索には、偶発的な好奇心から始まる探索や、ある事象を理解するために行われる探索は、モデルに含まれないとも指摘されている。

また、この場合の探索を刺激する問題としては、組織が供給している製品の価格や生産量の決定、従来の方法では収益のレベルを維持することが困難になった場合といった事例が挙げられている (Miles and Snow, 1978, p.56)。また、ある問題の解決策を探索する組織は、すべての代替案を検討していくわけではない。いくつかの代替案が発見されると、それらが問題解決に適しているかどうかを評価する。そして、これまでの探索で発見された代替案が満足いく水準に達していない場合、新たな探索活動が開始されることになる (March and Simon, 1958, p.180)。

さらに、既存研究では、何を探索するのかという探索の対象そのもの、および、どこまで探索の対象を拡大するのかという探索を行う範囲に関する議論も行われてきた。

一つめの探索の対象について、探索の定義では「代替案を発見する」ことが目的となっている。ただし、解決すべき問題によって、探索すべき代替案は異なる。そして、既存研究では、解決策そのものから、解決策を把握している人物や、現状を打破する事業機会にまで議論を発展させてきた。

まず、組織における「日々のオペレーションに何らかの不具合が生じた」といった問題の場合、探索の対象となる代替案はルーチンと総称される。つまり、より効率的に組織を機能させるルーチンが、探索の対象となる。企業は、規則的かつ予測可能な行動パターンであるルーチンに基づいてオペレーションの特性を修正し、進化していく存在であり、より優れたパフォーマンスをもたらすルーチンを探索している (Nelson and Winter, 1982)。ここで探索されるルーチンには、モノを生産するための技術的なルーチン、雇用および解雇、在庫の発注、需要に牽引された増産、投資・研究開発・広告に関する政策、製品の多角化や海外投資についての事業戦略に関する手続きなどが含まれる (Nelson and Winter, 1982, p.14)。進化論の「進化」とは、基本的な概念を生物学に依拠していることによるが、ルーチンは、生物において遺伝子が果たす役割を持つ。自然淘汰を経て生き残ることができる生物は、あるタイプの遺伝子を持っている。つまり、あるタイプのルーチンを持つ企業は、他の企業よりも市場における淘汰をうまく切り抜けることができる。このような企業に有利な結果をもたらすルーチンが、探索の対象となる。

そして、探索の結果として、ルーチンの修正が行われたり、新しいルーチンが発見されたりすることになる。

一方、特定の問題の解決策そのものを探索するだけでなく、解決策に関連した情報を有している人物を発見することで、問題解決プロセスが迅速に進むというケースもある (March and Simon, 1958, p.180)。通常、組織の中で誰がどのような情報を有しているのかは、組織構造によって示されているが、組織構造からの把握が困難な場合、解決方法を把握している人物を探索する必要性が生じる。また、解決策に関連した情報を把握する組織外部の人物が、探索の対象となる可能性もある。たとえば、von Hippel (1976; 1988; 2009)は、将来的に市場で需要を喚起する製品の特性について情報を収集するには、リードユーザーという先駆的な消費性向を持つ顧客を発見することが、有効であると指摘している。

そして、Miles and Snow (1978) において、探索型 (prospector) の組織は、新たな市場を探索していると定義された。Miles and Snow (1978) は、環境に適応するために、組織における戦略・構造・マネジメントのプロセスを適合させる場合の四つのパターンとして、「防衛型」「探索型」「分析型」「受身型」を提示した。この中で「探索型」のパターンに分類されるのは、絶えず「市場機会」を探索し続ける組織であり、新たな事業機会を発見し続けることで、継続的な成長を達成することになる。

また、その他の探索の対象として、Simon (1996, p.127) は、一般的に探索の目的が、問題の解決策そのものの発見というよりも、むしろ問題がどのような構造をしているのかを把握することにあると指摘している。問題の構造とは、問題解決に至るプロセス、つまり、問題解決に至る複数の経路がそれぞれどのような行為の連続から構成されているのかを意味する。したがって、どの行為を連続させていくと満足のいく解決策に到達するのかを見きわめて、最適なツリーを発見することが探索の目的となる。

こうした探索の対象に次いで、二つめに挙げた探索の範囲については、探索される範囲の決定に影響を与える組織的な要因と、探索の範囲が組織のパフォーマンスに与える影響に関して議論が行われてきた。この二つめの点については、後節、および、次章において詳述するが、概要を以下に述べる。

March and Simon (1958) および Cyert and March (1963) において、探索は問題に関連した範囲、つまり、比較的狭い範囲で行われる探索を想定して議論が進められている。たとえば、Cyert and March (1963, p.271) において、探索は、企業の直面している問題に反応して生じ、学習されたルールによって、特定の問題に対する探索行動の方向性が決定される。その後、次章で「探索のパターン」の一つとして取り上げる March (1991) において、「探索 (exploration) と活用」という組織の探索範囲に基づく分類が提示されて以降、探索範囲と組織のパフォーマンスの関係について知見が蓄積されることになる。「探索 (exploration) と活用」の議論に基づいて蓄積された既存研究の知見に関しては、次章で整理するが、主旨は次の通りである。探索 (search) の範囲を拡大すると、多様

な知識を組織に取り込むことが可能となり、外部環境の変化を吸収する柔軟性を身につけることができる。これに対し、探索 (search) の範囲を狭くとると、特定の分野について深い知識を蓄積することが可能となる。また、特定の分野で発生した問題に対しては、迅速な対応が可能となる。したがって、組織は、直面する外部環境の特性から、変化に対する柔軟性と問題解決の速度について、達成すべき水準を見きわめ、事業にとって最適な探索の幅を判断する必要がある。こうした探索の範囲の議論では、探索(search)が単なる「代替案の発見」とどまらず、「知識の獲得」という機能を担っていると捉えるようになってきたという特徴が見出される (Gupta, Smith, and Shalley, 2006)。

最後に、表 2-1 には、これまで取り上げてきた主要な既存研究における探索の定義が、示されている。これらの定義から、既存研究における探索とは、基本的に、収益の低下や現在のオペレーションに関する不具合といった、現状の改善を求められる組織的な問題が表面化した場合、その問題を解決するための代替案の発見を目的として行われる組織行動と捉えることができる。そして、既存研究のレビューから、探索の議論は、その後、基本的な定義に沿いながらも、探索の対象や範囲へと議論を深めていったことが明らかとなった。また、議論を深めていく過程において、探索とは、「代替案の発見」だけにとどまらず、「知識の獲得」という機能を持つことが指摘されるようになっていったことがわかる。

<表 2-1. 探索の定義>

2-2. イノベーション・プロセスにおける探索

それでは、本研究で分析の対象としているイノベーション・プロセスについて、探索はどのように定義されてきたのだろうか。本節では、次の二点を示す。まず、イノベーションを創出するプロセスでは、探索がどのような目的を果たすと捉えられてきたのかについて、既存研究の知見を整理していく。そして、前項で取り上げた「知識の獲得」という探索の機能は、イノベーション・プロセスにおいてどのように議論されてきたのかについて説明する。

まず、イノベーション・プロセスにおける、探索の定義に着目する。イノベーション・プロセスの議論においても、探索の定義に変化はない。そして、探索とは、問題解決プロセスにおいて代替案を発見するために行われると定義されている。たとえば、Wheelwright and Clark (1992) による製品開発プロセスの分析において、探索は、次のような目的を果たすとされている。製品開発プロセスは、設計、プロトタイプ組立、テストという三つのステップから構成される。設計段階では、開発者が解決すべき問題を特定し、問題解決プロセスの目標を設定する。この場合の問題とは、製品の設計における理想と現実のギャップを意味している。そして、解決すべき問題が把握されると、解決策となりうる代替案の探索が行われる。その後、代替案として挙げられた設計に基づ

いて実際にプロトタイプが作成され、テストを経て、代替案の中から量産化する製品が決定される。このように、イノベーション研究においても、探索の定義は、March and Simon (1958) や Cyert and March (1963) によって示された定義を踏襲している。

そして、イノベーション・プロセスにおいても、代替案の発見という定義を踏襲しながら、探索の議論は、「知識獲得」の機能へと深まりを見せている。イノベーション・プロセスでは、特に、製品システムの統合性という観点から知識獲得の機能について、議論を深めている。

通常、ある程度の複雑性を超えた製品システムであれば、いくつかの構成要素に分解して、要素ごとに開発が検討される。つまり、製品システムとしてのイノベーションを達成するにあたって、複数の構成要素のイノベーション・プロセスが並行して進められていることになる。その結果、他の構成要素への影響を検討しながら、代替案を探索する必要があることになる。しかし、製品システムとしての統合性が、構成要素間の相互作用に依存していないケースもある。この場合、構成要素間でみると発見される代替案に冗長性の生じる可能性もあるが、探索の方向性に制約が加わることはない。その結果、構成要素ごとによりバラエティに富んだイノベーションが創出される可能性は高い。「知識獲得」という探索の機能から見ると、開発にあたって構成要素間の調整を必要とする場合、探索の範囲は制約を受けて、獲得される知識も限定的となる。これに対し、他の構成要素からの干渉を受けずに開発を進めることができる場合、探索に制約はなく、獲得される知識は多様化していくことになる。

こうした論理は、Alexander (1966) や Simon (1969) によって議論された製品システムの複雑性への対処から、Ulrich (1995) による製品アーキテクチャの概念の提示に至る一連の研究において、発展を遂げてきた。以下、これらの研究において明らかにされてきた点を整理していく。

製品システムの複雑性が高い場合、問題解決にあたる担当者には、情報処理の強い負荷がかかる。さまざまな情報を一度に処理する必要性が生じてしまうためである。そこで、こうした負荷を軽減するために、Simon (1962; 1969) や Alexander (1966) は、製品システムを構成要素に分解することによって、一人の担当者の直面する複雑性を低減させることができると指摘した。しかし、探索を通じて構成要素ごとに創出された代替案は、製品システムに組み込まれた時に他の構成要素と統合性を有している必要がある。つまり、それぞれの構成要素における探索は、製品システムの統合性を損なわないという制約の下で進められる必要がある。

Alexander (1966) は、サブシステム間の制約について、次のような事例を用いて説明している。あるセット S がサブセット $(S_1, S_2, \dots, S_\alpha, \dots, S_\mu)$ に分解されているとする。 S_1 に適した設計図を考案すると、 S_α のために独立して考案された設計図との間に整合性をとることは困難となる。これは、サブセットどうしを連結させるために、互いの設計図を調整する必要があることによる。 S_1 という変数の値を固定すると、他の S_α と

いう変数のとる価値は S_1 との結合のためにある程度制約を受けることになる。こうした制約を回避するためには、分解されたサブセットどうしができる限り互いに制約を与えないように 最初の S_0 を選択する必要がある。こうして、他のサブセットからの制約が緩和されると、あるサブセットの問題解決プロセスにおける意思決定の自由度は高まることになる (Alexander, 1966)。

サブセット間の制約を低減するには、他にどのような方法があるのだろうか。既存研究では、機能に対応して製品システムを分解することによって、サブセット間の制約を緩和することができる指摘されている。

Simon (1969) によると、人工物を機能に対応した半独立の構成要素に分解することは、複雑な人工物を設計するための有力な方法の一つとなる。そして、分解された構成要素が、機能を遂行するメカニズムではなく、機能そのものを通じて他の構成要素に影響を与える場合、設計におけるサブシステム間の制約がなくなる。その結果、独立したそれぞれの構成要素において、自由に設計を進めることができるようになる。つまり、構成要素ごとにイノベーションの多様化は進み、製品システムとしてのイノベーションの達成は加速することになる。

Ulrich (1995) は、こうした構成要素の分解のパターンに着目し、製品システムを機能に対応した構成要素に分解した場合、要素間の独立性が探索行動に影響を与えることを指摘した。製品システムを独立性の高い構成要素に分解できる場合、要素ごとに探索を進めることができる。つまり、構成要素ごとに行われる探索が互いに制約を受けないため、製品システムとしてのイノベーションは迅速に達成されることになる。一方、分解された構成要素どうしの独立性が低く、相互依存性が高い場合、設計において互いの調整を必要とするため、探索の推進にも時間を要することになる。その結果、製品システムとしてのイノベーションを達成するには、時間がかかることになる。Ulrich (1995) によって製品アーキテクチャとして概念化されたこの論理に基づくと、分解された構成要素間の独立性が高まると、探索の範囲や対象の選択にかかる制約が緩和されていくことになる。

製品アーキテクチャは、製品の機能を構成要素と関連づけるスキーマと定義され、製品機能の特定、製品機能と構成要素の間の対応関係、構成要素間のインタフェースの特性という三つのステップを経て定義される (Ulrich, 1995)。そして、機能と構成要素の関係が一对一の製品のアーキテクチャをモジュラー・アーキテクチャ、双方の関係が複雑な製品のアーキテクチャをインテグラル・アーキテクチャと分類する。

モジュラー・アーキテクチャの製品は、構成要素間のインタフェースが標準化されているため、構成要素ごとに切り離し、異なる組織で開発を担当することが可能となる。つまり、それぞれの組織は、製品システムとしての統合性から制約を受けることなく、互いに独立して構成要素の開発を進めることができる (Baldwin and Clark, 2000)。これに対し、インテグラル・アーキテクチャの製品の場合、サブシステム間の相互依存性が

高いため、互いの制約条件をうまく調整しなければ製品システムとしてのイノベーションを達成することは難しい (藤本 2002; Ulrich, 1995)。

つまり、製品がモジュラー・アーキテクチャの傾向を強く持つ場合、構成要素ごとの分解は容易である。したがって、構成要素ごとに独立して研究開発を行うことが可能となり、それぞれの要素について開発担当者が自由に探索を進めることができる。これに対し、製品がインテグラル・アーキテクチャの傾向を強く持つ場合、構成要素間の相互依存性が高まるため、ある構成要素の設計変更において、他の構成要素への影響を検討する必要が生じる (Ulrich, 1995)。したがって、探索の範囲や対象の選択についても、他の構成要素から制約を受けることになる。

以上の文献レビューに基づくと、イノベーション・プロセスにおける探索の議論は、次の二点にまとめられる。まず、探索は、イノベーション・プロセスの議論においても、March and Simon (1958) と Cyert and March (1963) を論拠とし、代替案の発見と定義された。そして、Ulrich (1995) の製品アーキテクチャ論へとつながる、製品システムの議論において、探索の議論は、知識獲得の機能へと深まりを見せていくこととなる。

2-3. 探索の範囲を限定する要因

次に、探索の範囲について、既存研究をレビューする。そして、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」と探索の範囲の関係について、既存研究の論旨をまとめる。

探索という概念が詳細に検討されるにあたり、既存研究の主要な論点となってきたのが、探索の範囲である。特に、探索の範囲を限定する要因について明らかにしていくことが、研究の主要な関心とされてきた。探索の範囲が広いと、その分、探索費用がかかるため、いかに効率的に探索を行うか。無駄な探索をいかに減らすことができるか。つまり、探索の範囲をどうすれば限定していくことができるのかが、組織にとっての課題の一つとなってきたためである。組織はあらゆる代替案を検討してから意思決定を行うわけではなく、探索も無限に行われるわけではない (Cyert and March, 1963)。探索の範囲を拡大すると、多様な情報を獲得する機会に恵まれ、より優れた代替案を発見する可能性も高まる。しかし、探索範囲の拡大には、より多くの経営資源を必要とするため、組織として満足のいく代替案を確保できた時点で、探索を停止することになる。

既存研究は、中でも過去の経験に基づく組織学習が、探索範囲に与える影響に関心を寄せてきた。これまでの問題解決プロセスにおいて学習された知識を活用し、解決策を発見できる確率の高い範囲を限定していくことになる。以下、組織学習と探索の範囲の関係について、既存研究の論旨を整理していく。

Cyert and March (1963, p.121-122) は、「探索は単純思考的である」という表現によって、一般的に、探索が解決すべき問題の周囲で開始されることを指摘している。たとえば、販売目標を達成できなかったという問題が発生した場合、この問題に対する解決策の探索は、販売部門が立てた販売計画を対象として開始される。かなりのプレッシャー

がかかれば、最初から探索範囲が拡大されることはなく、問題の発生した周辺から探索が行われることになる。そして、こうした問題周辺の探索によって適切な解決策が発見されない場合、問題から離れた (distant) 対象の探索も行うようになる。この段階に至ると、組織として得意ではない分野についても探索が行われる。

こうした組織における単純思考的な探索、つまり、問題の発生した周囲で探索が行われるという傾向は、これまでの経験や訓練に基づく組織学習によって助長される。

Cyert and March (1963, p.124) によると、問題中心的探索が行われる場合、探索のルールは時間の経過とともに変化していく。ある方法で探索を行った時に問題に対する適切な解決策が発見された場合、将来的に同じ問題が発生すると、同様の方法で探索が行われるだろう。一方、ある方法で探索を行っても、問題の解決策が発見されなかった場合、将来的に同じ問題が発生しても、同様の方法で探索が行われる可能性は低下する。このように、組織は特定の問題を解決するために行われた探索の成功と失敗から学習し、将来発生する問題の解決において実施される探索の方法を決定していくことになる。つまり、特定の問題を解決するために行われる探索が、過去の体験に基づく組織学習によって、一定の方向に進むよう制約を受ける可能性は強まっていく。

学習が進むと関連した情報の獲得が推進されるようになり、関連性の低い情報の実験的な獲得が抑制される傾向は強まる (March, 1991)。つまり、経験を通じて学習が行われると、組織メンバーが問題解決にあたって代替案を探索する場合、過去に体験した成功パターンに基づいて代替案を認識するようになる。その結果、探索は、成功体験に関連した範囲の中で行われるようになり、組織に蓄積される代替案の同質化は進む。そして、こうした組織は、環境の変化に対応する能力を低下させていくことになる (Levinthal and March, 1993)。

探索の範囲と学習の関係には、二つのアプローチがある。

一つめは、ある一つの問題解決プロセスにおいて、学習が探索の範囲に与える影響を考察するというアプローチである。このアプローチは、探索の範囲を限定しながら問題解決を進めていくため、逐次戦略と呼ばれる (Thomke, von Hippel, and Franke, 1998)。逐次戦略の場合、一つの問題を解決するために、反復的に探索と代替案の検証が行われる。探索によって代替案を発見し、その代替案を検証し、検証において代替案の不満な点が明らかになると、その点を踏まえて次の探索が行われるというケースである。こうしたプロセスでは、探索ごとに関連知識の学習が進み、その対象は徐々に絞り込まれていく (Fujimoto, 1999; Simon, 1969; Wheelwright and Clark, 1992 etc.)。

そして、もう一つは、複数の問題解決プロセスの間で起こる、学習と探索の関係に焦点をあてたアプローチである。ある問題解決において学習された内容が、異なる問題解決プロセスで行われる探索の範囲を限定していくケースである。学習に基づく探索範囲の限定が、複数の問題解決の間で進められていくと、組織にはどのような影響が及ぶのだろうか。学習が進むに従い、複数の問題解決で行われる探索の範囲は、収斂していく

ことになる。その結果、組織にとって新規性の高い代替案が発見される可能性は、低下していくことになるだろう。

この二つめのアプローチの論理を本研究の分析対象であるイノベーション・プロセスに適用すると、どのような示唆が得られるだろうか。イノベーションの創出を目的とした複数の問題解決の間で、学習に基づく探索範囲の限定が進んでいくとする。すると、組織において、既存技術と関連性の高い技術の開発ばかりが、追及されていくことになるだろう。その結果、既存技術から乖離したラディカルなイノベーションが達成される可能性は、低下していくことになるだろう。

また、Benner and Tushman (2002) も、イノベーション・プロセスの分析において、学習と探索の関係に言及している。効率性を重視するプロセス・マネジメントを新製品開発プロセスに適用している組織では、インクリメンタルな学習が推進され、探索範囲が狭まることになる。この場合、探索の効率性は高まる。しかし、蓄積された知識は、外部からの関連した技術能力の吸収を助長する機能も持つ。したがって、探索の範囲が限定され、類似した知識ばかりが組織に蓄積されるようになると、新たな知識を学習する機会が消失していくことになる (Benner and Tushman, 2002)。

以上の議論をまとめると、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」と探索の範囲の関係について、既存研究の論旨を次のように整理できる。組織学習が進むことによって、探索の範囲を効率的に限定していくことが可能となる。そして、問題解決が効率的に進むことになる。ただし、限定的な範囲において、探索が行われる傾向は強まる。その結果、問題解決プロセスは効率化され、円滑に進むようになるが、組織内部に蓄積される知識は同質化していくため、新規性の高い技術を生み出すことが困難になる。つまり、知識蓄積が進まないという問題を抱えることになる。そして、組織は、環境の変化に対応する能力が低下するという問題を抱えることになる。このように、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、組織の根源的な問題として存在してきたことがわかる。

2-4. 外部環境の特性と探索

前節では、探索の範囲について既存研究をレビューし、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」と探索の範囲の関係について、既存研究の論旨をまとめた。本節では、一定の研究の蓄積が見られるもう一つのテーマとして、環境の不確実性と環境の変化の速度に焦点をあて、外部環境の特性が、探索に与える影響に焦点をあてる。そして、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が、外部環境の特性によっては、先鋭化していくことを示す。外部環境の特性と探索の関係について、既存研究の論旨は、次の通りである。

外部環境の不確実性が高い場合は、探索の範囲を拡大して獲得する情報量を増加させ、不確実性を低減していくべきである。この場合、知識蓄積に対する要求が、強まる。一方で、獲得する情報量を増加させると、情報処理に時間がかかるため、問題解決プロセスのスピードは落ちる。したがって、環境の変化のスピードが速い場合は、探索の範囲

を可能な限り絞り込んで、迅速に代替案を発見することが求められる。この場合、問題解決を迅速に進めることへの要求が強まる。したがって、外部環境の不確実性が高い場合や、環境の変化の速度が速い場合は、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」がより先鋭化することになる。

環境が組織の活動とパフォーマンスの関係に与える影響は、経営学において一貫して主要な分析の対象とされてきた。そして、既存研究では、外部環境の特性に応じて最適な探索の範囲を選択し、組織において処理すべき情報量を調整していく必要があると指摘されてきた。

まず、既存研究では、外部環境の不確実性の程度に応じて、内部に取り込むべき情報の量を判断し、組織構造を設計すべきだと指摘された。外部環境の不確実性が高ければ、より多くの情報を獲得して、不確実性を低下させる必要がある。しかし、不確実性が低ければ、多くの情報を取り込んで、組織に情報処理の負荷をかける必要はない。そして、当初は、外部環境の特性に反応して、受動的に組織構造を設計していくべきだとの見解が主流であった。Cyert and March (1963) においても、組織は、外部環境の不確実性に適応する合理的なシステムであると定義されている。

その後、Takeuchi and Nonaka (1986) は、外部環境の不確実性が低い場合でも、意図的に不確実性の高いタスク環境を創出することの意義を明らかにした。環境に対し受動的に反応するだけでなく、組織のパフォーマンスを向上させるために有効な環境を能動的に創出することの意義である。あえて高い目標を設定し、組織メンバーが不確実な環境に直面する状況を創り出すことで、開発された製品のパフォーマンスは向上している事例を挙げ、環境に対する積極的な組織設計の有効性を指摘した。このように、環境と組織の関係に対する知見は、有機的組織と機械的組織や (Burns and Stalker, 1961)、組織の分化と統合に見られるような環境に対する受動的な組織設計から (Lawrence and Lorsch, 1967)、安定的な環境においてもあえて曖昧性を創出するという積極的な組織設計の有効性へと論点を発展させていったのである (野中, 1974; Takeuchi and Nonaka, 1986)。

こうした研究の潮流において、外部環境の不確実性が探索に与える影響に関して、次のような示唆を得ることができる。Miles and Snow (1978) は、探索に影響を与える「外部環境の不確実性」を「環境条件の予測可能生」と定義している。つまり、市場における顧客からの要求や将来的な技術進化の方向性が、予測を超えて変化する程度である。そして、外部環境の不確実性が高い場合、顧客の要求や技術の進歩に関する情報をより正確に把握するために、情報を取り込みやすい組織の設計が求められる。したがって、外部環境の不確実性が高ければ、探索の範囲を拡大して、より積極的に外部の情報を取り込むことが推進されるようになる。これに対し、外部環境の不確実性が低ければ、不必要な情報処理の負荷を軽減するため、探索の範囲は限定されていくことになるだろう。したがって、組織は、環境の不確実性に応じて内部に取り入れる情報量をコントロール

するために、探索の範囲を調整していく必要があることになる。

その後、既存研究では、外部環境の変化の速度が探索に与える影響に焦点をあてるようになる。顧客の嗜好の変化や技術進歩が速い業界では、競合企業よりも先に変化に対応したり、新たな製品を供給したりすることで、競争を制していくことができる。こうした行動の速度を重視した組織の創造を目指す場合、探索にはどのような影響が生じるのだろうか。組織行動の速度を上げるため、可能な限り無駄な探索を回避すること、つまり、探索の範囲をできるだけ限定することによって代替案を効率的に発見していくことが重視されるようになると考えられる。

Davis, Eisenhardt, and Bingham (2009) は、「環境の変化の速さ」を「新しい機会が出現する速さ」と定義している。そして、組織の構造化に対しパフォーマンスが逆 U 字型を描くという関係を示した上で、シミュレーションによって次のような比較を行った。組織の構造化とは、その程度が強いほど、組織構造の形式的な関係性に制約を受け、柔軟性を欠くことになるという組織的特性である。そして、環境の変化のスピードが速い場合と遅い場合のそれぞれにおいて、組織の構造化の程度とパフォーマンスの逆 U 字型の形状を比較したのである。この比較において、環境の変化のスピードが速い場合のパフォーマンスは、スピードが遅い場合のパフォーマンスを常に上回っていることが示された。変化の速い業界の場合、より豊富な事業機会を得られるため、組織の構造化の程度に関わらず、常に高いパフォーマンスを達成できるというのが、Davis らの解釈である。

ただし、そうした産業においても、環境の変化の速さにキャッチアップする必要はある。また、ゼロサムゲームが展開されている場合、新たな事業機会を獲得するためには、競合企業よりも早く市場に対応する必要がある。そのためには、問題解決プロセスを加速する必要があり、結果として、探索にかかる時間も短縮する必要がある。探索の時間を短縮するためには、可能な限り探索が行われる範囲を限定して、代替案の発見にかかるまでの時間を削減していくという方法がある。この場合、不必要な探索の行われる割合をいかに低下させるかが、組織としての課題となる。

そして、Schoonhoven, Eisenhardt, and Lyman (1990) は、製品を迅速に市場化したい場合、新規性の高い製品を手がけるべきではないと指摘している。革新性の高い製品を市場化するには時間がかかるためである (Roberts and Hauptman, 1987)。

しかし、既存製品に関連した開発ばかりが行われていると、探索の範囲は既存技術に関連した分野に限定されることになる。そして、探索の範囲が限定されると、組織には、同質的な知識が蓄積されていくことになる。Benner and Tushman (2002) によると、特定の範囲に限定して探索を行うと、問題解決プロセスは加速し、市場への対応が速いことによって競争優位性を構築できる。しかし、探索が長期的に効率化され続けると、代替案の発見プロセスはルーチン化されていく。つまり、これまでと同じ範囲の中で探索が行われることになり、組織に新たな技術が蓄積される可能性は低下していく (Benner

and Tushman, 2002)。

以上の議論をまとめると、環境の変化の速度が速い場合は、問題解決を迅速に進めるための負荷が高まることになる。しかし、問題解決を迅速に進めるためには、探索を効率的に進める必要があるため、知識蓄積は困難となる。したがって、環境の変化の速度が速い場合、組織の根源的な問題として存在する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、より先鋭化することになる。

2-5. 現代組織の直面する探索の課題

情報技術の発達やグローバル競争の激化を受けて、外部環境の不確実性や変化の速度は増すばかりである今日、現代組織は、より先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」という課題に直面している。本節では、これまでの既存研究のレビューから明らかとなった、このトレードオフに関する既存研究の論旨をまとめる。そして、このトレードオフの解消に焦点をあてた既存研究と、本研究の位置づけについて述べる。

まず、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に関する既存研究の論旨をまとめる。

問題解決を効率化するため、探索の範囲を限定することによる長所と短所は、次の通りである。探索の範囲を限定することによる長所は、代替案の発見にかかる時間を短縮できるため、問題解決プロセスのスピードは加速し、市場の変化に素早く対応することが可能となる点である。しかし、その結果として、組織に蓄積される知識は同質化していくため、長期的な変化を吸収する組織の柔軟性は低下していく。

一方、知識を蓄積するため、探索の範囲を拡大することによる長所と短所は、次の通りである。探索の範囲を拡大することの長所は、多様な知識が組織に蓄積されていくため、長期的な組織の存続可能性が高まることである。そして、その短所は、直近の問題の解決に配分する経営資源が減少することと、さまざまな知識が組織に蓄積されていくので、情報処理の負荷が高まることである。その結果、問題解決のスピードも、低下していく。

そして、組織の根源的な課題である「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、外部環境の不確実性や変動性によって、先鋭化していく。

既存研究においても、組織の直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」については、Duncan (1967) と Tushman and O'Reilly (1996) を嚆矢として、両刀使いの組織 (ambidextrous organization) という概念を用いた考察が進められてきた。

たとえば、Tushman and O'Reilly (1996) は、自立性の高い小規模なユニットで組織を構成することの有効性を示唆している。小規模なユニットであれば、従業員に権限を持たせて高いモチベーションを維持し、リスクテイクを促進することができるからである。そもそも、Tushman and O'Reilly (1996) は、組織が革命的な変化に対応できない要因として、過去の成功体験に基づいて形成された組織的慣性を挙げている。小規模なユニットの導入で、こうした慣性を打破できるため、両刀使いの組織が成立するというのが、

Tushman and O'Reilly (1996) の論旨である。つまり、Duncan (1967) や Tushman and O'Reilly (1996) は、組織構造によって、インクリメンタルな変化にもラディカルな変化にも対応可能な両刀使いの組織を形成できるとした。これに対し、Gibson and Birkinshaw (2004) は、短期的な問題解決への対応 (alignment) と長期的な大きな変化への対応 (adaptability) について、組織メンバーが状況に応じてバランスのとれた資源配分を判断できるような仕組みの必要性を示唆した。そして、自己規律 (discipline)、求められる以上の仕事をこなそうとするメンバーの意識 (stretch)、信頼関係、および、それらを支援する体制という四つの要素が組織風土に存在する場合、両刀使いの組織が成立すること。および、両刀使いの組織が成立した場合、事業部のパフォーマンスは向上することを明らかにした。

そして、Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman (2009) は、両刀使いの組織を成立させる条件を扱った研究には、大きく四つの特徴があると整理している。一つめは、組織の分化と統合は、どちらが両刀使いの組織に適しているかを議論した一連の研究が存在していることである。分化の場合、異なる組織で探索と活用を追求し、統合の場合は、同じ組織内で両方が追及される。ただし、これまでの研究では、どちらが適しているのかについて、見解の一致をみていない。二つめは、探索と活用を追求する主体として、個人レベルと組織レベル、それぞれの観点からアプローチした研究が存在していることである。個人の能力として、探索と活用を追求できると捉える研究と、組織的な仕組みが整っているから、個人で探索と活用を追求できるようになると捉える研究がある。三つめは、探索と活用の追及を動的と静的、それぞれの立場を取る研究が混在していることである。静的とは、探索と活用を同時に追求するパターンを取り上げる研究である。そして、動的とは、短期的には活用を追求しているが、長期的に見ると、探索を追求しなければならない時期があるというパターンを取り上げる研究である。最後の四つめは、探索と活用の追及の議論が、組織の内部で完結している研究と、組織外部との連携を視野に入れている研究が存在していることである。組織論の観点から、両刀使いの組織が成立する条件を議論している研究では、組織の内部で完結した議論が行われている。これに対し、ナレッジ・マネジメントやイノベーションを分析の対象とした場合、探索を追求するためには、組織外部の新しい知識を取り入れることの重要性を強調する傾向にある。

また、近年も、いくつかの研究の進展がみられる。たとえば、研究開発組織で両刀使いを成立させるための条件については、McCarthy and Gordon (2011) が、バイオテクノロジー企業への質的調査に基づいて、次の点を明らかにしている。まず、研究開発の目標を組織の成長への貢献、イノベーションの達成、実施している研究開発に対する信頼を得る、効率的に研究開発を達成するという四つの点にあると捉える。そして、四つの目標達成を管理するシステムには、組織の目的に向かって仕事に従事するよう従業員を動機づけること。組織の向かうべき方向性を調整するために、従業員とコミュニケーション

ョンをとること。望ましくない活動や結果に戦略的な制限をかけること。従業員の行動が、組織に沿った目標であるかどうかを確認することという四つの要素があるとする。このうち、前半の二つの要素である動機づけとコミュニケーションは、探索範囲の拡大 (exploration) を後押しするための条件となり、後半の二つの要素である戦略的な制限と従業員の行動と組織の目標の方向性の確認は、活用 (exploitation) を促す機能を果たすことが明らかにされた。

さらに、直近の研究として、Jansen, Simsek, and Cao (2012) は、商業銀行をサンプルとした分析において、組織の構造的な要因である意思決定の集中度、資源のスラックの程度、および、ユニット間の資源の相互依存性が、両刀使いの組織の成立に影響していることを明らかにしている。意思決定権については、組織の上部に集中しているほど、変化に対し硬直的になり、両刀使いになることは難しくなる。そして、資源については、組織内部にスラックがあるほど、不確実性の高いプロジェクトにも資源を配分することができるようになるため、両刀使いが成立しやすく、結果として、業績は向上する。しかし、ユニット間で資源の相互依存性が強いと、他のユニットからの制約が大きくなるため、変化に対する新しい適用の方法を創出しにくくなり、両刀使いを維持することは難しくなる。

Raisch et al. (2009) の整理に従うと、両刀使いの組織を扱った研究の一連の流れにおいて、本研究は、イノベーション・プロセスを扱う研究として、研究開発を動的に観察し、その過程で組織外部の知識の取り込むことの重要性を強調する。また、両刀使いの組織を扱った研究の中でも、本研究と同様に、イノベーション・プロセスに焦点をあてて議論を展開した Duncan (1967) や Tushman and O'Reilly (1996) は、「組織構造」による対応、つまり、新たな知識を取り込む組織を別につくることを示唆している。しかし、第1章で述べたように、基礎研究機関が設置されれば、そこでは、自然と探索範囲が拡大されていき、現代組織の課題が解消されるという保証はない。そこで、問題解決プロセスにおいて「知識獲得」を担う「探索」に焦点をあてて、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服する仕組みについて明らかにすることが必要となる。特に、近年は、技術進歩の加速、技術進歩による製品の複雑化、新興国の台頭といった要因によって、外部環境の不確実性が増し、変化の速度が速まっている。つまり、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が先鋭化しており、基礎研究を組織的に独立させるだけで、果たして知識蓄積が進むのかどうかには、懸念が生じる。さらに、基礎研究を応用研究や製品開発から、完全に独立させられるほどの余裕を持たない組織が、先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」にどう対処していくべきかについても、示唆を提供する必要がある。こうした観点から、本研究では、二つのケースを通じて、先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に対処する方法について、示唆を導出する。

表 2-1. 探索の定義

研究	探索の定義
March and Simon (1958)	探索の目的は、行為の代替案や行為の結果を発見することである。(p.140)
Cyert and March (1963)	<p>現在の意思決定が不適切と知覚された場合、探索が行われることになる。(p.78)</p> <p>探索は、問題（通常、かなり特定された問題となる）によって刺激を受け、その問題に対する解決策を発見するために行われる。(p.121)</p> <p>探索は、企業の直面している問題に反応して生じ、特定の問題と探索行動を関連づける学習されたルールによって方向づけられる。(p.271)</p>
Miles and Snow (1978)	探索型の組織は、新しい製品や市場機会を発見し、開拓することにその主要な能力を発揮する。(p.55)
Nelson and Winter (1982)	企業は、目標とする収益を達成できない場合にのみ探索を行う。(p.248)
Simon (1996)	探索とは、解決策の発見において重要な問題構造についての情報を収集するプロセスである。(p.127)

3. 探索のパターン

第2章では、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に対する切り口となる、探索について、大きく二つの観点から既存研究のレビューを行った。一つめは、経営学における探索の定義についてのレビュー、二つめは、探索に影響を与える要因についてのレビューで、探索の範囲の議論と、探索と外部環境の関係に焦点をあててレビューを行った。そして、既存研究のレビューから、探索の議論が、代替の発見から知識の獲得へと深まりを見せていったことを指摘した。これは、トレードオフを克服するために、知識蓄積を推進するにあたって、探索の知識獲得の機能を強化する必要があることを指摘するためである。また、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、外部環境の不確実性と変化の速度によって、先鋭化していくことを指摘した。

第3章では、企業が研究開発において直面している「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの方法を導出していくために、まず、探索がどのようなパターンで捉えられてきたのかについて、既存研究のレビューを行う。そして、一定の知見の蓄積が確認されているテクノロジー・プッシュとマーケット・プルと、March (1991) による探索と活用の分類、および、その他の既存研究において示された探索のパターンでは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの示唆を得られないのかという点について考察する。そして、既存研究における探索の議論では、問題解決の効率化を進めるマネジメントには十分な知見の存在が確認されるが、知識の蓄積を促すための組織的な仕組みについては、さらなる考察の余地があることを指摘する。

そして、知識の蓄積を促す仕組みを論理的に導出するために、新しい探索のパターンを示す。本研究では、問題解決プロセスの起点となる問題の認識が、「受動的」か「能動的」かによって、その後の探索パターンを次のように二つに分類する。顧客の要求などによって、受動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「受動的探索」、エンジニアの発想などから、能動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は、「能動的探索」となる。そして、受動的探索に注力すると、問題解決が進み、能動的探索が推進された場合、知識の蓄積が進む。ここで、外部環境の変化の速度が速いといった条件が加わると、問題解決を重視する必要性が生じるため、受動的探索が優先される。しかし、受動的探索に集中すると、プロジェクトレベルでの問題解決は進むが、組織レベルでの知識の獲得が進まず、同質的な知識ばかりが組織に蓄積されてしまう。このため、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するためには、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索の推進が必要になるという結論に至る。

3-1. 技術と市場

一つめの探索のパターンとして、既存研究では、技術と市場のどちらの問題を解決するために、探索が行われるのかという点について、一定の知見が蓄積されてきた。問題解決をスタートさせる要因が、技術と市場のどちらに関係しているのかという既存研究の議論は、そもそもイノベーションの源泉はどこにあるのかという問題意識に立脚している。イノベーションが創出されやすいのは、エンジニアがある技術の潜在性を確認した場合と、市場において顧客の要求が確認された場合のどちらなのか。そして、それぞれの要因によってスタートした問題解決プロセスにおいて、探索は、どのように進むのか。既存研究では、主として、市場からの要求に応じるためにイノベーションが創出されるケースに焦点をあてて知見が蓄積されてきた。

イノベーションの源泉について、技術と市場という二つの要因を対比した議論が行われるようになったのは、**Schon (1967)** 以降のことである。ただし、イノベーションの源泉として重視すべき要因は、技術と市場のどちらかという議論に対し、**Schon (1967)** 自身は中立の立場を示している。そして、技術と市場の情報を相互に依存させながら、イノベーション・プロセスを推進していく必要があると指摘してきた。技術的な要因によって、イノベーション・プロセスがスタートした場合、市場に新しい製品を供給するまで、消費者の反応を確認できないという不確実性が発生する。これに対し、イノベーション・プロセスにおいて、市場の要因が先行した場合、市場での問題を解決するために必要な技術が組織に存在するのかが、把握できないことになる。したがって、研究開発とマーケティングの機能を分断させるのではなく、双方の間に相互作用が発生しうる仕組みを用意しておく必要がある。

それでは、イノベーションの源泉に関する技術と市場の議論において、探索はどのように捉えられているのだろうか。**Burgelman and Sayles (1986)** は、テクノロジー・プッシュとニーズ・プルという表現を用い、技術と市場の議論において探索に関する知見を追加している。イノベーション・プロセスがテクノロジー・プッシュによって進められる場合、探索の方向性を決定するのは、エンジニアである。エンジニアによって探索が進められる場合、組織内部で研究や評価を行いやすい技術を代替案として選択し、開発を行う傾向にある。また、技術的解決にこだわって探索を進めた結果、市場で十分な支持を確立できない製品の供給に至るというリスクがある。一方、ニーズ・プルの場合、市場で大勢を占める嗜好を充足させることが、イノベーション・プロセスの目標となる。その結果、探索される代替案が、自社製品の価値を本当に理解してくれているターゲット層の嗜好と乖離してしまうというリスクが生じる。こうした見解から、**Burgelman and Sayles (1986)** もまた、**Schon (1967)** と同様に、エンジニアからの技術的な解決策の提案と、マーケターによる市場ニーズの把握をリンクさせていく必要性を指摘している。また、探索については、いずれの場合も、市場でのパフォーマンスとリンクしない方向に進んでいくリスクを指摘している。

イノベーションの源泉に関する技術と市場の議論では、その後、マーケット・プル

について知見の蓄積が進むことになる。マーケット・プルの有効性を指摘する既存研究の基本的な論理は、次の通りである。市場の需要を認識したことによって、イノベーション・プロセスがスタートする場合、供給された新しい製品が市場で支持を受ける確率は高まるという論理である。また、マーケット・プルに関する研究の成果は、市場調査や営業部隊を通じて市場ニーズを把握すべきであるという指摘にとどまらない。ユーザーがイノベーション・プロセスを牽引することで、市場においてより支持の高い製品を供給できるという概念の導出へと発展していくことになる (von Hippel, 1976 etc.)。

しかし、こうした論理の導出に至るプロセスについて、Mowery and Rosenberg (1979) は、Carter and Williams (1958) を始めとした既存研究に対して懸念を示している。Mowery and Rosenberg (1979) の懸念は、次の点にある。成功した製品のみを分析の対象としていること。市場でのマーケティング努力が、製品の成功に貢献している可能性を考慮していないこと。製品の成功を導いた要因が、市場の需要に的確に応えたことによるのか、組織内部のオペレーションの努力によるのかは明確に切り分けられないことである。

さらに、Dosi (1982) も、Mowery and Rosenberg (1979) の指摘を支持し、ダイヤモンド・プルに対する批判を次の三点に集約した。まず、技術的な変化が、市場の条件に対する受動的な反応と認識されてしまっていること。また、市場ニーズを把握することと、そのニーズを満たすイノベーションがある時期に発生することは同義ではなく、イノベーションの発生をダイヤモンド・プルの論理ですべて説明することは不可能であること。そして、技術能力が、市場のニーズの変化とは独立して変化していく事実を考慮していないことである。

テクノロジー・プッシュとマーケット・プルに関する既存研究は、問題解決プロセスにおける探索行動について、次の点を明らかにしている。市場に新製品を導入するという問題に対して、テクノロジー・プッシュという、技術ありきの能動的な問題解決プロセスの存在が確認されているという点である。Dosi (1982) が指摘するように、技術能力は、市場での問題に反応して受動的に問題解決を進めていく中でのみ、育成されていくわけではない。しかし、問題認識の起点が、技術か市場かという議論について、既存研究の主要な関心はマーケット・プルの議論に注がれてきた。このため、テクノロジー・プッシュの有効性に対する既存研究の認識は弱く、能動的な問題の認識に対する知見の蓄積が進んでこなかったと言える。したがって、技術か市場かの議論において示唆されている探索の知見から、知識蓄積を推進するマネジメントの示唆を導出することは、難しいと考えられる。

3-2. 探索と活用

二つめに取り上げる探索のパターンは、後続の研究に強い影響を与えた、March (1991) による「探索 (exploration)」と「活用 (exploitation)」というパターンである。「探索

(exploration)」とは、既存技術から見て遠い距離にある分野にまで範囲を広げて代替案の発見に努めるケース。「活用」とは、既存技術と関連性の高い分野に範囲を限定して代替案を発見しようとするケースである。「探索 (exploration)」が行われると、より新規性の高い情報が組織に取り込まれることになる。これに対し、「活用」では、既存技術の知識が強化されていくことになる。また、代替案の発見プロセスが既存研究の周辺で実行されることから、「活用」をローカルサーチと呼ぶこともある。

March (1991) の提示した探索パターンは、二つの研究の流れを生み出していくことになる。タスク環境との適合性という観点から最適な探索 (exploration) の程度が議論される研究と、組織学習の論理に基づいて活用の有効性が指摘される研究である。

一点目のタスク環境との適合性について見ると、所属している業界の変化の速度や、目標の達成に必要な部門間の相互依存性の程度といった、タスク環境の特性に応じて、最適な探索 (exploration) を実行できる組織を設計する必要性が指摘されている (Lazer and Friedman, 2007; Rivkin and Siggelkow, 2003; Siggelkow and Levinthal, 2003; Siggelkow and Rivkin, 2005; 2009)。たとえば、部門間の相互依存性が高い場合、意思決定の複雑性は高まることになる。つまり、さまざまな意見が、意思決定のプロセスで提示されることになり、組織メンバーそれぞれの納得する解決策を見出すことも困難となる。こうした場合、探索 (exploration) を推進して多様な代替案を発見していくことで、組織メンバーが妥協点を見出しやすくなる。こうした研究結果からは、タスク環境における意思決定の複雑性が高い場合、探索 (exploration) を追求すべきであるとの示唆が提示されている (Siggelkow and Rivkin, 2005)。

一方、二点目の組織学習の論理に基づく研究の流れでは、探索 (search) の範囲が局所化されていく原因と、活用の合理性が明らかにされてきた。まず、探索 (search) の範囲が局所化されていく要因については、Fleming and Sorenson (2001) によって次のように整理されている。組織において探索 (search) の範囲を限定していく要因としては、認知的 (March and Simon, 1958)、組織的 (Cohen and Levinthal, 1990; March, 1991)、技術的という三つの要因が挙げられる (Nelson and Winter, 1982; Stuart and Podolny, 1996)。認知的とは、探索 (search) の方向性を決定するにあたって、個人の認識では想起される方向性のバラエティに限界があること。組織的とは、内部の関連知識の存在が、探索 (search) の方向性に制約を与えていること。そして、技術的とは、イノベーションに前提技術が必要とされる場合、過去の開発の経緯によって、探索 (search) の方向性に制約が加わることを意味している。こうした要因から、組織における探索 (search) の範囲は、通常、限定されていく傾向にある。さらに、前章で指摘したように、組織学習が進むと、関連技術の習得が正当化されてしまうため、ますます探索 (search) の範囲は限定されていくことになる (Benner and Tushman, 2002)。

以上のように、March (1991) の明らかにした探索 (search) のパターンは、タスク環境との適合性と、組織学習との関係性において、後続の研究に影響を与えてきた。し

かし、活用が正当化されやすい組織において、探索 (exploration) を推進するためには、どのような仕組みが必要かという点については、さらなる議論の余地がある。とりわけ、現代組織が先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に直面していることを考慮すると、探索(exploration)を推進するための仕組みを明らかにすることは、組織にとって有益であろう。

3-3. その他の探索のパターン

組織の探索行動については、探索が技術と市場のどちらの問題に起因して開始したのか。また、探索 (exploration) と活用の分類に見られるように、探索 (search) の範囲をどこまで拡大していくのかという観点に基づくパターン以外にも、いくつかの分類が行われている。本節では、既存研究におけるその他の探索 (search) のパターンも概観し、現代組織の直面している先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服する方法について、十分な示唆が得られるかどうかを考察する。

経営学において、探索は、代替案の発見プロセスと定義されてきた。前章で指摘したように、この定義は、March and Simon (1958) や Cyert and March (1963) が、個別企業の意味決定プロセスを明らかにするというコンテキストにおいて示した定義を論拠としている。本節では、この定義に対し、二つの点に精緻化の余地があると指摘する。そして、既存研究においても、二つの精緻化の余地を埋める探索パターンが示されてきた。そこで、本節では、二つの点について精緻化をはかった探索パターンを順番に概観し、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服する方法について、十分な示唆が得られるかどうかを考察する。

一つめは、March らが、整然とした意思決定プロセスを議論の前提としていることで、経路依存的な事象や不確実な事象が探索行動に与える影響について、検証が進んでいないという点である。この点については、既存研究においても指摘がなされ、精緻化された探索パターンが提示されてきた。

たとえば、Cyert and March (1963) も、重工業会社において発生したクレーンの事故に対し、新しいコントローラの導入という意思決定が行われた事象を対象としたケーススタディにおいて、探索が、意思決定プロセスのモデルの通りに行われているわけではないことを示している。分析の対象となった組織では、クレーンの事故にあたって、旧型のコントローラをマグネティック・コントローラに取り換えるという意思決定が行われた。しかし、マグネティック・コントローラへの切り替えは、事故の解決策を組織的に探索した結果として、発見された代替案であったとは限らない。事故が発生する前に、組織内部ではクレーンのコントローラについて、安全性への懸念が生じていた。こうした折にクレーンの事故が発生し、事故の解決策の探索が組織的に行われることになった。その結果、従来から検討されていた新しいコントローラへの交換が、プロジェクトとして成立することになった可能性がある。つまり、問題の発生と解決策の偶発的なマッチ

ングが、あたかも探索を通じて最適な代替案が発見されたかのように解釈されている可能性が示唆されている。

Nelson and Winter (1982) も、探索が不確実性や経路依存性という特性を持ち、問題解決プロセスは予想外の方向に展開していく可能性を指摘している。不確実性とは、知覚される代替案を探索していくプロセスにおいて、検討もされていなかった新たな方向性が見出されるといった、予想外の事態が生じうることを意味する。そして、経路依存性とは、探索が特定の歴史的なコンテキストにおいて進められているため、問題解決のプロセスで偶然発見された情報が、その後のプロセスに影響を与える可能性があることを意味している。

また、Simon (1996) を始めとした既存研究では、意思決定プロセスを問題の認識、代替案の発見と選択といった一連の円滑な流れとして捉え、議論を進めた。Langley, Mintzberg, Pitcher, Posada, and Saint-Macary (1995) は、こうした円滑な流れの意思決定プロセスについて、厳密化しすぎていると批判した。これに対し、Simon (1996) は、次のように反論している。提示された一連の流れが、順序通りに発生するという含意はない。そして、ある意思決定のプロセスで発見された代替案が、まったく異なる意思決定のプロセスにおいて選択され、活用される可能性はある (Simon, 1996, p.127)。

さらに、Mintzberg, Raisinghai, and Theoret (1976) は、Cyert and March (1963) によって提示された意思決定プロセスが「構造化 (structured)」されていると指摘した。「構造化」とは、意思決定プロセスが整然と進んでいくことを意味している。そして、経路依存的な事象の影響を考慮した「非構造的 (unstructured)」な意思決定のパスがあることを示した。Mintzberg et al. (1976) の言う「非構造的」とは、再現可能性の低い意思決定プロセス、つまり、事前に決定されている順序づけられた明確な反応が組織内部に存在しないプロセスを意味する。

Mintzberg et al. (1976) の分析では、25 の戦略的な意思決定プロセスに関するフィールドスタディに基づいて、「非構造的」な意思決定のパスがあることを示している。探索は、非構造的なプロセスを構成する支援的なルーチンとなる。そして、探索のルーチンは、次の4つのタイプに分類される。記憶の探索 (memory search)、受け身の探索 (passive search)、戦略的な探索 (trap search)、積極的な探索 (active search) である。それぞれのタイプは、次のような意味を持つ。記憶の探索とは、組織内部に存在している記憶、ヒト、文書を探索すること。受け身の探索とは、代替案が現れるのを待っているだけの状態のことであり、「探す」という活動は行われぬ。戦略的な探索とは、探索を引き起こすきっかけを意図的に創出し、代替案の生成を引き起こすこと。たとえば、組織メンバーにある特性を持つ装置を欲しがっている組織の存在に気づかせるケースが、これにあたる。そして、最後に、積極的な探索とは、代替案を直接探しに行く活動を意味し、探索の範囲が広い場合も、狭い場合も含めて考える。こうした探索は、階層的かつ段階的な活動である。つまり、意思決定プロセスの初期の段階では、記憶の探索と受け身の

探索が行われ、問題の解決に至らなかった場合、積極的な探索が行われるといったケースもある (Mintzberg, Raisinghai, and Theoret, 1976)。

以上のように、問題解決プロセスが整然と進められていくという前提に対しては、Cyert and March (1963) を始めとした研究においても、組織の実態にそぐわない部分があることを認識し、こうした前提を克服する探索のパターンについて、知見が蓄積されてきた。しかし、現代組織の直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服に貢献する示唆が、提供されてきたわけではない。

そして、二つめは、March らが、探索範囲は問題解決に必要であれば、自然に拡大していくと捉えている点である。March らの探索の捉え方は、問題が発生すると、その周辺で解決策の探索が行われる。そして、満足のいく解決策が発見されない場合、探索の範囲が拡大されていくことになる。しかし、情報技術の発達やグローバル競争の激化を受けて、外部環境の不確実性や変化の速度は増すばかりである今日、現代組織は、より先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」という課題に直面している。こうした状況では、満足のいく解決策が発見されるまで、探索範囲が拡大されていくという指摘に、疑問が生じる。

また、探索範囲の議論としては、上述のように探索の範囲が限定されていく要因や、その弊害が既存研究でも指摘されている。しかし、その弊害を克服するためには、探索をどのようにマネジメントすればよいのか。どのように探索行動を整理すると、その弊害を克服する方法が論理的に導出できるのか。こうした点について、既存研究の探索パターンが示唆を提供しているかどうかについて確認する。

まず、探索範囲を拡大するための具体的な取り組みを示した Miles and Snow (1978) の探索パターンを概観する。Miles and Snow (1978) は、Cyert and March (1963) における探索の対象が、既存の情報や技術に係りの深い分野であるとし、探索範囲の拡大に関する議論が必要であることを指摘した。そして、March and Simon (1958) および Cyert and March (1963) の議論に基づくと、組織において「限定された探索 (limited search) 」が常態化し、効率的に製品を生産することには長けているが、新製品開発などの新しいモノを生み出す能力は低下していく可能性があると推察している (Miles and Snow, 1978, p.8)。元来、限定合理性しか持たないマネジメントによって意思決定が行われる組織では、不確実性を低下させるために組織の構造とオペレーションを発達させる必要があった。このため、複雑な問題は、ルールやプログラムによって意思決定者の管理できる単位にまで細分化され、合理的な意思決定の可能な領域が、決定されていくことになる。つまり、組織は、問題解決における不確実性を減少させていくために、意思決定者の知覚と責任の範囲を狭めていくことになる (Miles and Snow, 1978)。その結果、マネジャーは、組織の直面する問題の解決策を考案する場合、慣れ親しんだ代替案の「近辺 (neighborhood)」のみを探索するようになる (Cyert and March, 1963)。

Miles and Snow (1978) は、探索が限定されていくことによる長所と短所を次のよう

に整理している。探索の範囲が限定される場合、広範囲の探索に必要な資源の獲得を目的として、他の組織メンバーと競合するコストを削減できる。また、特定の分野に関する知識の蓄積が進むため、当該分野において、独自の能力を育成できる可能性は高い。しかし、長期的に特定の範囲でのみ探索が行われていると、外部環境において異なった分野に関連した問題が発生し、組織にショックを与えた場合、適切な解決策を発見できない可能性は高まる。

Miles and Snow (1978) は、こうした短所を克服する方法として、新たな情報の学習機会を確保すること、そして、そのためには「拡大した探索 (expanded search)」を推進する必要があることを指摘している。Miles and Snow (1978, p.157) は、意識的に焦点を絞ったメカニズム (deliberately focused mechanism) が組織であると捉えている。つまり、組織には、ある限定されたことをうまくこなすための機能が、備えられている。その結果、何らかの予防策を打たなければ、異なる領域に関連して発生したショックに対処する能力は低い傾向にある。Miles and Snow (1978) は、そうした能力の強化策として、「拡大した探索」を実現する仕組みを組織に組み込んでおくよう示唆したのである。探索の範囲を拡大することによって、新たな製品や市場の情報が組織に流入し、現時点での強みと弱みを認識する機会を得られる。そして、探索の範囲を拡大させるためには、組織と環境の適合性について、現在のパターン以外の有効性や効率性を認識する機会や、代替的な市場戦略、組織構造、管理のプロセスを学習するための場が必要となる。Miles and Snow (1978) は、「拡大した探索」を推進する具体的な方法として、外部のコンサルタントから異なる観点を学習する、外部取締役を採用する、ベンチャー・キャピタルから情報を収集するという方法を挙げている。

一方、Nelson (1982) も、盲目的な探索 (blind search) という表現を用いて、研究開発に焦点を絞って、探索の範囲は、限定されていくことを示している。Nelson (1982) において、研究開発は探索そのものと捉えられると、明確に定義されている。そして、研究開発の効率性を高めるために獲得すべき知識は、盲目的な探索の焦点を絞っていくための知識を意味している。

Nelson (1962) の指摘は次の通りである。まず、研究開発の候補となる技術の特性は、把握されている。しかし、それぞれの技術を開発することによって、組織にどの程度の利益がもたらされるのかは不明であるとする。この場合、研究開発の対象となる技術の数は、開発に必要とされるコストによって決まる。つまり、開発コストのかさむ技術が多い場合、開発の対象となる技術の数は減少する。ここで、探索の目的は、研究開発の対象とすべき技術を発見してくることとする。すると、探索の効率性を高めるには、研究開発の対象となる技術に関する知識を増強させていく必要がある。たとえば、労働力や材料の入手にかかるコストが明らかになれば、よりコストが安くなる方向に探索は進んでいく。また、特定の製品属性に対する消費者の需要が高まれば、研究開発の対象とすべき技術の探索は、やはりその方向に進められていく。つまり、探索の焦点を絞るた

めの知識によって、研究開発は効率化していく。しかし、Nelson (1982) では、探索の範囲が限定されていくことの弊害と、それを克服する方法については、議論の対象となっていない。

さらに、Gavetti and Levinthal (2000) は、認知的探索 (cognitive search) と経験的探索 (experiential search) という探索のパターンを提示している。認知的探索は、行為と結果の関係に対する推測に基づいて、前向き (forward-looking) に進められていく探索である。探索の対象は現在の行動から遠い距離にあり、探索の範囲は広いという特性を持つ。代替案の評価は、結果に対する推測に基づいて行われる。これに対し、経験的探索は、過去の経験に基づいて (backward-looking) 進められていく探索である。探索の対象は現在の行動と近い距離にあり、探索の範囲は狭いという特性を持つ。Gavetti and Levinthal (2000) によると、経済学において前提とされている古典的な合理的意思決定のモデルでは、認知的探索と経験的探索を区別せずに議論が行われている。一方、March and Simon (1958) や Cyert and March (1963) といった限定合理性を前提とした研究においては、経験的探索について議論が行われている。Gavetti and Levinthal (2000) は、限定合理性を前提としながらも、議論において認知的探索の存在に言及し、認知と経験の相互作用について次のような示唆を提供している。認知的探索の進め方に変化が生じると、組織メンバーが経験的探索を行う問題空間の次元も変化することになる。ただし、認知的探索によって引き起こされた組織の変化には、過去の経験が生かされていないことから、無駄なコストを発生させる可能性はあるという示唆である。しかし、Gavetti and Levinthal (2000) においても、認知的探索に着目する意義は指摘されているが、組織では、経験的探索に陥りがちである点や、その克服方法については、言及されていない。

以上に挙げた既存研究で共通の見解として確認されたのは、探索の範囲を拡大させることによって、組織に新しい情報が流入する。しかし、探索の範囲の拡大には、コストがかかること。そして、探索の範囲を限定すると、組織活動は効率化されるが、長期的にみて外部環境の変化に対し脆弱となることである。したがって、既存研究では、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の存在を支持しており、トレードオフが発生する要因を浮き彫りにするための探索のパターンの提示が試みられてきたと言える。特に、Miles and Snow (1978) は、探索の範囲を拡大させる仕組みを取り入れるべきだと指摘し、外部コンサルタントとの議論や外部取締役の導入といった具体策を提示した。しかし、Miles and Snow (1978) を除く既存研究では、知識蓄積を促す仕組みが提示されていない。また、Miles and Snow (1978) の議論には、外部環境の不確実性や変動性といった現代組織の直面するプレッシャーが考慮されていない。こうした理由から、先鋭化されたトレードオフの克服方法を探索の観点から明らかにするには、既存研究からの示唆だけでは不十分であり、議論の余地があると考えられる。

<表 3-1. 既存研究における探索のパターン>

3-4. 受動的探索と能動的探索

短期的な組織のパフォーマンスを優先すると、探索の範囲を限定し、代替案の発見に注力して、「問題解決」に集中するべきである。しかし、長期的な組織の存続を目指すには、探索の範囲を拡大し、多様な知識を獲得し、「知識の獲得」に努める必要がある。ただし、外部環境の不確実性や変動性が高まっていることにより、現代組織は、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に直面している。また、既存研究から、その解決策の示唆を得ることも難しい。こうした条件の下、現代組織がトレードオフを解消できる仕組みについて示唆を導出していくには、知識の獲得という機能を担う「探索」をどのように捉え直す必要があるのだろうか。

既存研究では、Cyert and March (1963) において、以下で説明するように、「認識される問題の特性」という観点から「探索」のパターンを捉え直す試みを確認できる。本節では、ここに「問題がどのように認識されるのか」という観点を加えることで、問題解決プロセスにおいて問題解決が重視されるケースと、知識蓄積が重視されるケースの切り分けが可能となることを示す。そして、こうした切り分けが可能となることによって、知識蓄積よりも問題解決が優先されていく組織的な傾向を回避する方法について、論理的に示唆を導出できるようになることを示す。

まず、Cyert and March (1963) が、「認識される問題の特性」という観点から「探索」を捉え直しているという点について述べる。Cyert and March (1963, p.99) は、個別企業の意味決定プロセスに関する議論において、組織が外部環境の変化に受け身な適応的システムであることと、経験から学習することによって組織の意味決定が効率化することを前提としている。そして、こうした前提の下で行われた Cyert and March (1963, p.121) の議論において、探索は、問題志向的であると定義された。つまり、探索は、問題を認識し、その解決策を発見する必要性によって刺激され、開始される組織行動である。Cyert and March (1963) は、こうした問題志向的なプロセスを議論の前提とする一方で、スラックに余裕がある場合に行われる問題解決プロセスについても考察を加えている。

Cyert and March (1963, p.278-279) は、次のような論理で、スラック型の問題解決プロセスに関する論理を導出している。いま、失敗した組織では、その対応策を生み出すために、イノベーションの創出がより積極的に追及されるとする。さらに、パフォーマンスの低い企業の方が、より多くの失敗を経験していると考えられる。すると、失敗した回数が多い組織の方が、対応策を講じるために、より頻繁にイノベーションを達成しようとするので、パフォーマンスの低い企業の方が、より多くのイノベーションを創出するという仮説が導出される。しかし、実際には、重要な技術的改善を達成しているのは、パフォーマンスの高い企業である。

Cyert and March (1963) は、上記の仮説が支持されない理由として、「組織が現在直面している問題に対する新しい解決策」を「イノベーション」と捉えていることにあると

考えた。つまり、パフォーマンスの低い組織と、パフォーマンスの高い組織の解決している問題は、部分的に異なると考えたのである。パフォーマンスの低い組織は、直近で解決しなければならない問題を対象としたイノベーションのみを追及している。これに対し、パフォーマンスの高い組織は、成功している分、豊富なスラックを有しているため、直近の問題に加えて、現時点で直面している問題とは関連性の低いイノベーションの追求にも経営資源が配分されることになる。こうした直近の問題とは関連性の低いイノベーションが蓄積された結果、重要な技術的改善が、成功している企業によって達成されることになる。

Cyert and March (1963) は、こうした論理において、直近の問題を対象としたイノベーションを問題志向型、豊富なスラックの存在によって可能となる直近の問題とは関連性の低いイノベーションをスラック型と呼んだ。問題志向型のイノベーションとは、組織の直面している問題を解決するために短期間で達成されるイノベーションである。そして、スラック型とは、主要な組織の問題とは距離間のある問題を解決するために行われ、短期間でその正当性を認識することは困難なタイプのイノベーションである。スラック型は、組織内部に存在するスラックに余裕が出てきた場合、資源が配分されることになるイノベーション・プロセスであるため、「スラック型」と呼ばれる。スラックに余裕がない場合、緊急性の低いイノベーションには、資源が配分されなくなる。したがって、スラックが豊富に存在することで資源配分の対象として考慮されるようになるイノベーションは、問題志向型のイノベーションとは異なっている。

ただし、こうした二つのイノベーションに関する仮説は、組織におけるスラックの配分を論拠とした分類である。そして、配分されたスラックと配分されていないスラックを明らかにすることは実証的に困難であるという理由で、Cyert and March (1963) によっても、仮説に対する立証は行われていない。

いま、Cyert and March (1963) によって提示された二つのタイプのイノベーションと探索の関係に対し、それぞれのタイプのイノベーションにおいて、問題がどのように認識されてきたのかという観点からもう一度焦点をあててみたい。

問題志向型のイノベーションでは、その名の通り、組織が直面している解決の緊急性の高い問題に刺激され、探索が開始されるパターンである。つまり、短期的に問題を解決する必要に迫られ、代替案の発見と解決策の決定が推進されていく。そして、本研究では、このように喫緊で解決の必要がある、明確な問題を受動的に認識したことによって刺激を受け、スタートした問題解決プロセスにおいて行われた探索を「受動的探索」と呼ぶこととする。「受動的」とは、「組織の直面している問題の緊急性が高いため、やむを得ずスタートさせなければならない」という意味を含んでいる。つまり、受け身で問題を認識し、スタートせざるを得なかった探索ということになる。この場合、直近の問題に対する解決策が、可能な限り迅速に提示されることが求められる。したがって、問題解決プロセスに対する時間的制約が強まる可能性は高く、探索の範囲は限定され、

「代替案の発見」に集中することになる。その結果、多様な「知識を獲得」する余裕はなくなり、探索を通じて発見される代替案の異質性は、低いものとなる。

これに対し、スラック型のイノベーションでは、組織にとって解決を急ぐわけではない問題が、問題解決プロセスの対象とされている。この場合、そもそも解決策を必要とする問題はどのように認識されるのだろうか。喫緊の問題ではないため、トップ・マネジメントや顧客から迅速な解決策の提示が求められるという形で、受動的に問題が認識されているわけではない。本研究では、このように解決の緊急性が低い問題に対し、エンジニアなどの担当者が、能動的にその解決の必要性を認識し、スタートする問題解決プロセスにおいて行われる探索を「能動的探索」と呼ぶこととする。能動的探索の場合、問題解決の緊急性は低いため、判断いかんによってはスタートさせる必要がない。また、解決を目指す問題そのものは受動的に認識される問題ほど焦点が絞りこまれておらず、曖昧性や多義性を多分に内包している。このため、探索の範囲は広く、探索を通じて発見される代替案の異質性は高くなる。また、解決策の決定が急務というわけではないため、探索された代替案に対して絞り込みの評価が行われないうまま長期間にわたって放置されるというケースも存在するだろう

能動的探索が開始されるパターンには、さまざまなケースが想定される。たとえば、次のようなケースが、能動的探索のパターンに当てはまる。いま、顧客とのやりとりにおいて、将来的に顧客が求める製品の機能について、情報を獲得することができたとする。そして、こうして得られた情報に基づいて、エンジニアが基礎研究のテーマを決定したとする。この場合、問題の認識には、将来的に要求される製品機能に関する顧客とのやりとりから刺激を受けてはいるが、研究テーマの設定は、エンジニアが能動的に行ったと捉える。一方、エンジニアの発想に基づいて、市場化の見込みがまったく未知の技術について、基礎的な研究が進められているとする。この場合、エンジニアが能動的に基礎研究のテーマを設定し、問題解決プロセスをスタートさせているため、こうしたプロセスで行われる探索も、能動的探索と捉えることができる。に示されているのは、Cyert and March (1963) や March and Simon (1958) における探索と、本研究で提示する受動的・能動的探索について、これまで述べてきたそれぞれの特性を整理した表である。

以下に、Cyert and March (1963) や March and Simon (1958) によって示されてきた探索と、本研究で提示した受動的と能動的という探索について、論旨をまとめる。

Cyert and March (1963, p.100) の場合、その主眼は、短期的かつ環境に対し適応的な組織の行動を説明しようとすることに置かれている。こうした目的の下、探索は、特定の問題を認識することで動機づけられ、問題の発生した周辺からスタートし、解決策の代替案を発見するにあたって、必要があればその範囲を拡大させるというコンテキストで議論されている。その結果、March and Simon (1958) や Cyert and March (1963) の定義では、現状に不満を感じることで問題解決プロセスがスタートする。そして、問題周辺を探索した結果、満足のいく代替案を発見できない場合、探索の範囲が拡大される。ある

いは、スラックに余裕が見られる場合、組織において緊急性の低い問題に対しても、問題解決プロセスがスタートすることになる。

これに対し、本研究では、喫緊の問題を受動的に認識する場合だけでなく、開発担当者が能動的に問題を認識するケースにも焦点をあてて、探索を捉えた。受動的探索に注力すると、問題解決が進み、能動的探索が推進された場合、知識の蓄積が進む。ここで、外部環境の変化の速度が速いといった条件が加わると、問題解決を重視する必要性が生じるため、受動的探索が優先されることになる。しかし、受動的探索に集中すると、プロジェクトレベルでの問題解決は進むが、組織レベルでの知識の獲得が進まず、同質的な知識ばかりが組織に蓄積されてしまう。このため、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するためには、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索の推進が必要になるという論理が導出される。

<表 3-2. 探索のパターンの比較>

3-5. 能動的探索を推進する意義

Simon (1955) や Cyert and March (1963) は、不完全な情報の下で個別の企業が行う意思決定プロセスのモデルを構築してきた。Simon (1955) らの研究の目的は、個別企業の意思決定が経済に与える影響をモデルに組み込むことで、現実の経済をより正確に説明することであった。こうした試みがなされたのは、古典的な経済学が、完全情報という条件において意思決定を行う合理的な経済人を前提としたモデルを構築してきたためである。

こうした目的の下で明らかにされた Simon (1955) らの意思決定プロセスのモデルは、その後の経営学の研究に大きな影響を与えた。本研究で分析の対象としているイノベーション・プロセスについて見ても、既存研究で定義されてきた「問題認識から代替案の選択とその決定に至る」という流れは、Simon (1955) らのモデルを論拠としている。しかし、コスト削減や問題解決プロセスの加速に対するプレッシャーが強まる現代において、Cyert and March (1963) らを論拠としたイノベーション・プロセスは、さらに精緻化をはかる余地があると思われる。

情報があふれる現代の組織において、組織メンバーは、受け身の状態にあっても常に処理能力を超えた情報に接している。また、技術の変化の速度や市場における需要の変化の速度が増していることから、多くの組織は、顧客からの要求により迅速に応える必要がある。さらに、人件費の安価な諸国からのコスト競争にさらされ、プロセス・マネジメントに注力することも求められる。その結果、問題解決プロセスの効率化と短縮が強く要求されている。

こうした状況において、探索という組織行動はどのような特性を持つようになるのだろうか。一般的に見ても、組織では経験に基づく探索の効率化が推進されるため、探索

の範囲は絞りこまれていく傾向にある。ここに、コスト削減のプレッシャーと問題解決プロセスの加速という条件が加わると、その傾向はさらに強まっていくだろう。つまり、直近で解決の必要がある問題の認識によって、問題解決プロセスが開始される割合が高まる。したがって、組織の探索行動で見た場合、受動的探索の行われる傾向が強まることになる。

一方、コスト削減と問題解決プロセスの加速というプレッシャーの中にあっても、現実の組織は、直面している問題の対処だけに資源を配分しているわけではない。多くの企業は、どのような状況においても長期的な視点に立つ研究開発の継続に努めている。ただし、時間とコストの制約が強まると、受動的探索に資源が重く配分される可能性は高まるだろう。こうした組織では、長期的に見ると、同質的な代替案が蓄積されていくことになる。したがって、時間をかけて取り組むべき問題を組織メンバーに自ら認識させるための、能動的探索を推進する仕組みが必要となる。能動的探索を通じて、異質性の高い代替案を組織に蓄積することによって、組織の長期的な存続可能性を高めていくためである。

最後に、図 3-1 では、能動的探索を推進する意義を受動的探索との関係において示している。グレーのボックスで示された問題解決プロセスが、能動的探索が行われるフローであり、ホワイトのボックスで示されたプロセスが、受動的探索が行われるフローである。問題解決プロセスにおいて能動的探索が行われる場合、探索範囲が拡大するため、発見される代替案は多様化し、結果として、楕円の内部に見られるように、組織に多様な知識が蓄積される可能性は高まる。ただし、能動的に認識された問題に対しては、解決策を決定すべき時期に対するプレッシャーがない。このため、能動的探索が長期間にわたって継続しており、代替案の評価を受けないまま、探索のプロセスで発見された多様な代替案が組織の知識として蓄積するというプロセスも存在する。たとえば、喫緊の問題に人的資源を投入する必要がある場合などには、能動的に認識された問題の解決プロセスが一時的に中断されることもあり、探索された代替案がそのまま評価を受けずに蓄積された状態となる。したがって、グレーのボックスで示されたプロセスでは、代替案の評価が点線で囲まれている。また、既存研究で示されてきた問題解決プロセスとは異なり、探索の後、代替案の評価を受けずにそのまま蓄積されていくというパスが存在することにもなる。したがって、能動的探索の後、代替案の評価を受ける場合と受けないケースがある。どちらのケースを経て蓄積された代替案も、多様な技術シーズの蓄積に貢献していくことになる。そして、喫緊の問題に対し、受動的探索が行われると、組織内部に蓄積された技術シーズのプールから、必要な代替案を発見できる確率は高まることになる。

そして、能動的探索を推進し、図 3-1 に示されているような経路を経て、知識の蓄積を維持する仕組みが明らかになることは、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法が明らかになることを意味している。

<図 3-1. 能動的探索を推進する意義>

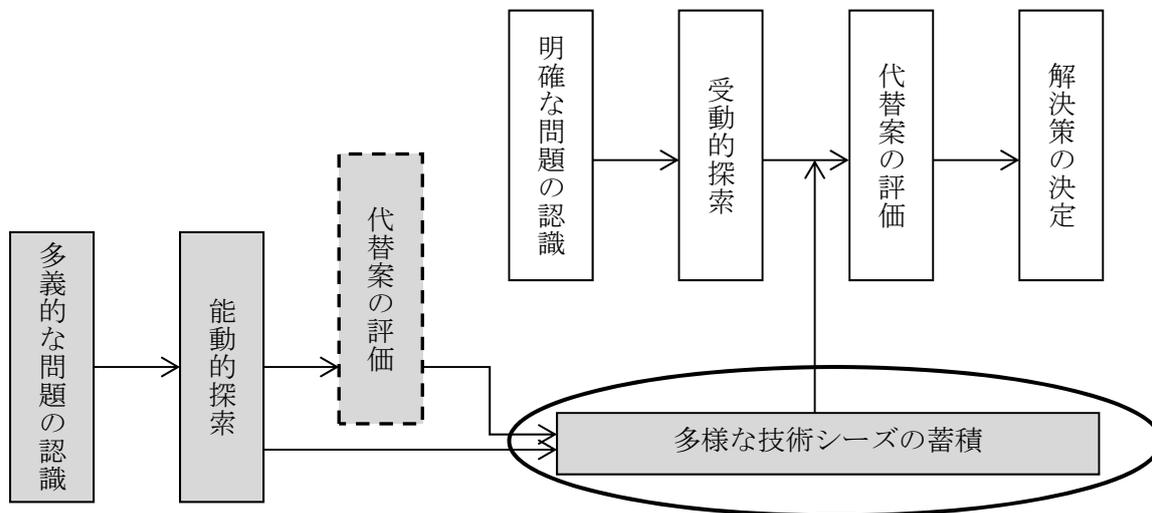
表 3-1. 既存研究における探索のパターン

研究	探索のパターン
Schon (1967) ・ Burgelman and Sayles (1986)	技術的な問題を解決するために行われる探索 (technology push) ・市場の問題を解決するために行われる探索 (demand pull/market pull/needs pull)
March (1991)	活用 (exploitation) ・探索 (exploration)
Mintzberg, Raisinghai, and Theoret (1976)	記憶の探索 (memory search) ・受け身の探索 (passive search) ・戦略的な探索 (trap search) ・積極的な探索 (active search)
Miles and Snow (1978, p.155)	限定された探索 (limited search) ・拡大した探索 (expanded search)
Nelson (1982)	盲目的な探索 (blind search)
Gavetti and Levinthal (2000)	認知的探索 (cognitive search) ・経験的探索 (experiential search)

表 3-2. 探索のパターンの比較

	March and Simon (1958) ・ Cyert and March (1963) に おける探索	受動的探索	能動的探索
認識される問題の特性	明確	明確	多義的・曖昧
探索の制約条件		多い	少ない
探索の範囲	限定的	限定的	広範囲
探索される代替案の異質性		同質	異質

図 3-1. 能動的探索を推進する意義



4. 受動的探索への偏重の打開：ロードポートのケース

第3章では、企業が研究開発において直面している、先鋭化した「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの方法を導出していくために、受動的と能動的という探索のパターンを提示した。顧客の要求などによって、受動的に問題を認識した場合の問題解決プロセスで行われる探索は「受動的探索」、エンジニアの発想などから、能動的に問題を認識した場合に行われる探索は、「能動的探索」となる。そして、受動的探索に注力すると、問題解決が進み、能動的探索が推進された場合、知識の蓄積が進む。ここで、外部環境の変化の速度が速いといった条件が加わると、問題解決を重視する必要が生じるため、受動的探索が優先される。しかし、受動的探索に集中すると、問題解決は進むが、知識の獲得が進まず、同質的な知識ばかりが組織に蓄積されてしまう。このため、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するためには、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索の推進が必要になる。

第3章で示されたトレードオフの克服に適した探索のマネジメントを受けて、第4章では、最終顧客からの情報を活用して、受動的探索への偏重を打破するという仕組みを示す。

本章では、半導体製造装置に組み込まれている「ロードポート」というウェーハを搬出入する装置のケースを取り上げる。そして、最終顧客から将来の製品に求める仕様を把握し、喫緊の問題だけでなく、エンジニアが将来の製品の抱える問題を能動的に認識する機会を獲得した。これが、受動的探索への偏重を打開する一つの方法として、有効であったことを示す。

ロードポートメーカーは、製造装置メーカーを直接の顧客、半導体デバイスメーカーを最終顧客としている。最終顧客から将来の製品に関する要求が示されることで、直近で解決すべき問題だけでなく、今後、必要とされる技術の探索へと組織メンバーの関心がむけられる。その結果、受動的探索への偏重が克服されていくことになる。また、最終顧客から提示された将来的な製品への要求に基づいて、能動的に問題が認識されると、直接の顧客から製品が発注される前に、必要とされる技術の開発が開始されることになる。そして、直接の顧客からの指示で受動的に問題が認識された時点で、既に組織内部に必要な技術が用意されている可能性も高まり、直接的な顧客への対応の速度は増すことを示す。

4-1. ロードポートとは何か

本節では、分析の対象とするロードポートに関し、次の二点について述べる。まず、ロードポートとは、どのような機能を持つ製品なのか。そして、ロードポートとは、どのように取引される製品なのかという二点である。

一点めの製品機能について、ロードポートは、半導体製造装置のひとつの構成要素と

して、ウェーハを装置に搬出入する機能を持つ製品である（図 4-1 参照）。ウェーハとは、インゴットと呼ばれる単結晶シリコンからできた円柱をスライスして作成される半導体デバイスの基板である。半導体デバイスは、このウェーハの上に回路を焼き付け、配線を施して生産される。そして、ウェーハの表面への回路の焼き付け、配線、チップへの切断などは、それぞれ異なる製造装置において処理される。このため、ひとつの生産工程が終わるたびに、処理を施した装置の中からウェーハをいったん取り出して、次の処理を施す装置の前にウェーハを移動させて、装置の中にウェーハを搬入するというプロセスが繰り返されることになる。こうしたウェーハの搬出入に関わる一連のオペレーションを担っているのが、ロードポートである。通常、ひとつの製造装置につき、平均で 2.5~2.7 台使用されるため、一つの工場で見ると 400~500 台のロードポートが作動していることになる。

図 4-2 に示されているのは、ロードポートが搬送機器からウェーハを受け取って製造装置にウェーハを搬入するまでの模式図である。ウェーハを装置から装置へと搬送するときには、図に示されているようにフープ (FOUP: Front Opening Unified Pod) と呼ばれる容器に格納して運搬する。ウェーハを格納する容器には、フロントが開閉するフープ以外のタイプも存在し、総称をキャリアと言う。キャリアを使用するのは、ウェーハの表面にパーティクル (particle) と呼ばれるゴミやほこりが付着するのを防ぐためである。空気中に存在するパーティクルの量はクリーンレベルと呼ばれ、パーティクルの減少は、クリーンレベルの向上を意味している。蓋のついたフープを使用することで、フープ内部のクリーンレベルを局所的に外部よりも高めることができる。つまり、工場全体のクリーンレベルを必要な水準にまで高める場合に比べて、コストをかけずに高いクリーンレベルの環境下でウェーハを搬送できることになる。

ロードポートを介したウェーハの搬出入は、次のような流れで行われる。ウェーハを格納したキャリアは製造工程において、天井に設置された軌道レールを走行する OHT (Overhead Hoist Transport) や床を走行する AGV (Automatic Guided Vehicle) などによって搬送されてくる。ウェーハを格納したフープは、製造装置の前に搬送されてくると、搬送機器からロードポートのテーブルの上に移される。次に、フープが前進して製造装置の開口部とドッキングする。そして、フープのドアと製造装置のドアが開かれて、フープから装置にウェーハが搬入される。フープから製造装置に搬入されるまでの間、ウェーハが外気にさらされることはない。その後、製造装置内部で処理が施されたウェーハは、再びロードポートを経由して製造装置の開口部からフープに戻される。

次に、二点めとして、こうした機能を持つロードポートが、どのようなタイプの企業によって供給され、半導体デバイスメーカーへはどのような形で納入されるのかについて述べる。

ロードポートを取引する市場には、ロードポートのサプライヤー、半導体製造装置のサプライヤー、半導体デバイスメーカーが存在する。そして、ロードポートのサプライ

ヤーには、三つのタイプがある（図 4-3 参照）。一つめは、ロードポートのみを生産し、半導体製造装置のサプライヤーに納入するというタイプである。このタイプの場合、ロードポートを単体で納入するというケースに加え、EFEM (Equipment Front End Module) と呼ばれるモジュールに組み込んで製造装置メーカーに納入する場合もある。EFEM とは、ウェーハを製造装置に搬出入する機能だけでなく、製造装置の開口部から内部の処理工程までの搬送も担う機能を備えたモジュールである。そして、二つめは、製造装置のサプライヤーが、ロードポートを外注せずに自社で内製し、自社製品に装備するというケースである。二つめのタイプの企業には、自社向けのロードポートを内製する一方で、外部の製造装置のサプライヤーにも同時にロードポートを供給しているというケースがある。最後のタイプは、半導体製造装置のサプライヤーが、自社製品向けにのみロードポートを内製しているというケースである。

したがって、ロードポートの取引は、ロードポートのサプライヤーと製造装置のサプライヤーの間で行われるか、あるいは、製造装置のサプライヤーどうしの間で行われる。また、いずれのパターンの取引が選択された場合でも、半導体デバイスメーカーは、半導体製造装置メーカーから、既にロードポートが組み付けられた装置を購入することになる。つまり、一つめの取引のパターンに見られるように、ロードポートのみを生産し、市場に供給しているサプライヤーには、半導体デバイスメーカーとの間に取引を通じた接触の機会がない。本研究で分析の対象とする T 社は、半導体製造装置の生産を手掛けていない。このため、T 社は、一つめのケースにあたる方法でロードポートを供給しており、最終顧客である半導体デバイスメーカーから製品についての要求を把握する情報ルートは、通常であれば有していないことになる。

<図 4-1. ロードポート>

<図 4-2. ロードポートの機能>

<図 4-3. ロードポートの取引パターン>

4-2. ウェーハの運搬の自動化とロードポート市場の確立

上述のような機能を持つロードポートだが、ロードポートのメーカーが、半導体製造装置市場の草創期から存在したというわけではない。ロードポートのメーカーが事業を成立するに至ったのは、半導体製造工程でウェーハの搬送が自動化されたためである。自動化以前は、ヒトによってウェーハの搬出入が行われていたが、自動化によって、搬送機器と製造装置のインタフェースにおいてウェーハを自動で搬出入する機能を担う製品が必要となったのである。

半導体製造工程においてウェーハの運搬が自動化されたのは、二つの要因による。一つは、ウェーハのサイズが拡大を続け、ヒトによって運搬するのが困難となったこと。もう一つは、半導体デバイスの微細化が進み、より高いクリーンレベルが要求されるよ

うになり、ヒトを介在したウェーハの運搬が困難になったことである。

一つめのウェーハの運搬については、拡大したウェーハを格納したキャリアの重さが、ヒトの運搬可能な重量を超えたことが、全自動化を推進した。

半導体の製造に使用されるシリコンウェーハは、インゴットと呼ばれる単結晶シリコンからできている。インゴットは円柱形をしており、これをスライスしたディスクのような円形の製品がシリコンウェーハである。単結晶シリコンを厚くして直径の大きな円柱を作れば、スライスされたウェーハの表面積が大きくなるので、一枚あたりのウェーハに製造される半導体デバイスの数は増加する。つまり、半導体デバイスの単位当たりの生産コストは、低下する。こうした理由から、半導体業界の発展とともに、ウェーハの直径のサイズは、100mm、150mm、200mm、300mm と拡大してきた。そして、ウェーハのサイズが 200mm から 300mm へと拡大した際に、半導体の生産工程は全自動化された。ウェーハのサイズが 200mm の時代までは、半導体の製造工程にオペレーターと呼ばれるヒトが入り込んでいた。そして、製造装置間のウェーハの移動は、多くの部分がヒトによってまかなわれ、部分的に AGV を使用することで対応していた。しかし、ウェーハのサイズが 300mm に達すると、フープに 25 枚のウェーハを入れた場合、重さは約 8 キロに達するため、オペレーターによる運搬は困難となった。このため、ウェーハの運搬を全自動化する必要が生じた。

二つめのクリーンレベルについては、半導体デバイスの線幅の極小化によって、生産現場により高いクリーンレベルが要求されるようになり、全自動化が推進された。生産現場にヒトが入ると、ヒトを原因としたパーティクルが発生するためである。生産工程にオペレーターが介在すると、ヒト自体も生産工程にパーティクルを持ちこむ。また、オペレーターの動作は風を生じさせるため、床に落ちていたパーティクルが舞い上がり、ウェーハに付着する可能性が高まる。パーティクルがウェーハの表面に付着すると、付着した部分のデバイスの機能が損なわれ、不良品率が上がってしまう。線幅が微細化したことで、より少量のパーティクルの付着でも製品の機能が損なわれるようになった。その結果、生産工程に要求されるクリーンレベルの水準は、上がっていった。

こうした二つの理由から、ウェーハの運搬の自動化が始まり、ロードポートの市場が誕生したのは、ウェーハのサイズが 200mm に拡大されたタイミングであった。その後、ウェーハが 300mm に拡大するタイミングで、ウェーハの運搬は全自動化された。ウェーハのサイズが拡大するタイミングと、自動化の進行が重なるのは、デバイスメーカーが、ウェーハの拡大するタイミングで、生産設備に新規投資を行うためである。

4-3. ロードポートの標準化

本節では、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させた要因として、ロードポートの標準化を取り上げる。ロードポートがカスタマイズ製品から標準品となったことで、サプライヤーは、価格競争に直面することとなった。そして、かつてよりも厳

しいコスト削減のプレッシャーを受けることになり、競合企業との差別化のポイントを模索する必要も生じた。すなわち、ロードポートの場合、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させていたのは、製品の標準化であった。ここに焦点をあてて、ロードポートの標準化について述べる。

ロードポートが標準化されたことは、ウェーハの搬送が全自動化されたことに関係がある。製造工程を自動化するにあたって、半導体業界では、製造装置と搬送機器のインタフェースにあたる、ウェーハの搬送システムについて、標準が決定された。その結果、ロードポートも業界で決定した規格に基づいて標準化され、市場において標準品が取引されることとなった。本節では、半導体の製造工程において自動搬送システムの標準が決定されるに至った経緯、ロードポートについてはどのような点が標準化されたのか、そして、標準品となったロードポートにおいて差別化の余地はどの部分にあるのかについて述べる。

まず、ウェーハの搬送システムが標準化された経緯について見ると、設備投資額の引き下げがその目的となっている。前節で述べたように、拡大したウェーハの重量とヒトによる汚染の問題があるため、半導体の製造工程は自動化の必要があった。ただし、製造工程の自動化は、ウェーハのサイズが 200mm の時代にも検討されていた事項である。200mm の時代に全自動化が達成されなかったのは、製造装置と搬送機器のインタフェースが標準化されていなかったことによる。200mm 向けに生産された製造装置は、それぞれフェースの開口部の仕様が異なっていた。標準化が達成される以前、半導体製造装置は、デバイスメーカーごとにカスタマイズして供給するという取引が常態化していたためである。その結果、たとえばロードポートであれば、製造工程を自動化するためには、各装置のフェースに合わせてロードポートの設置位置や外形、キャリアを受け取る台の高さをカスタマイズして供給しなければならない状態であった。これでは、規模の経済性を達成することができず、製造コストを引き下げることができない。つまり、デバイスメーカーの設備投資額が、高まってしまうことになる。

結果として、生産工程にヒトが介在すれば汚染が生じ、自動化を進めれば多額の投資が必要になるというジレンマを抱えたまま 200mm ウェーハの時代に全自動化は達成されず、300mm 世代に向けて行われる新規の設備投資時期に期待をつなぐこととなった。当時、将来的に、単位当たりの生産コストの低下を目的として、ウェーハが大口径化していくことは明白であった。つまり、生産工程で使用されるウェーハが 300mm に拡大し、それに伴う設備投資が行われることは確実であった。300mm ウェーハを処理する装置は新たに設計・製造されるため、このタイミングで製造装置と搬送機器のインタフェースの標準化を決定すると、生産工程の全自動化を低コストで達成することが可能となる。

こうした背景を受け、300mm に拡大したウェーハ向けに製造装置が新たに開発されるタイミングで、自動搬送システムの標準化が実行されることになった。そして、

1994~99年にかけて、SEMI (Semiconductor Equipment and Material International) のスタンダードとしてまとめあげられていった(小宮, 2003)。標準化によって競争構造に直接影響を受けたのは、製造装置間のインタフェースにおいて、ウェーハの搬送に関わっていた製品である。たとえば、キャリアと総称されるウェーハを格納するボックス、キャリアを工程内で搬送する OHT や工程間で搬送する OHS (Overhead Hoist Shuttle) などの機器、そして、本章で取り上げるロードポートなどが影響を受けたことになる。200mm ウェーハ向けの装置までは、デバイスメーカーの詳細な要求に対応することで、発注先がカスタマイズした製品を確実に購入してくれる状況にあった。また、ウェーハの搬送に関係する製品は、200mm 時代まで統合された搬送システムとして半導体デバイスメーカーに提供されてきた。しかし、製品の標準規格が決定されて以降、どの搬送機器も基本性能を満たしている状態にあることから、搬送システムとしてではなく、それぞれの搬送機器ごとに市場での取引が行われるようになった。

また、自動搬送システムが標準化されると、これまでデバイスメーカーごとにカスタマイズされていた部品のバラエティが減少することとなり、搬送機器のサプライヤーは、量産効果によって生産コストを削減できるようになった。ただし、その一方で、コスト競争を回避するために、競合製品に対し差別化をはかる必要性にも直面することとなったのである。

それでは、標準化された製品であるロードポートのどのような部分に差別化の余地が残されていたのだろうか。

ロードポートについて決定された標準は、製造装置の開口部の規格であり、間口の寸法、蓋を開閉するさいの鍵となるラッチの位置、吸着パッドの位置、開閉する蓋の大きさ、ロードポートの製造装置側の寸法すべて、OHT から下降してくるキャリアを置くテーブルの高さと位置、製造装置とキャリアの距離、キャリアを固定するキネマティックピン²の位置である。ロードポートメーカーは、これらの標準規格を達成した製品を供給しなければならない。たとえば、図 4-4 に示されているのは、製造装置とキャリアの距離に関する標準規格に対応した例である。標準規格では、キャリアが製造装置の間口とドッキングするさいに前進する距離を 70mm と規定している。デバイスメーカーは、製品が納入される際に 100 分の 1 ミリ単位でこうした標準規格が達成されているかどうかを評価しており、ロードポートメーカーには標準規格への緻密な合わせこみが要求されている。ただし、標準を達成する方法については、各社に委ねられており、より精度の高い達成方法を有している場合、競合他社に対して製品の優位性を訴求することができることになる。

² ロードポートの台の上でキャリアの位置を正確に固定するために用いられる。この方法は、キネマティックカップリングと呼ばれる。キネマティックカップリングは、100 年以上前から使用されていた古典的な技術で、三角形を描くように配された三つのボールとそれに対応した平面に設けられた「みぞ」とのカップリングによって緻密な位置合わせを行う方法であり、キネマティックピンとは上記の三つのボールの代わりに使用される突起のことを指す(林 2003)。

以上から、本節では、ロードポートについて「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させた要因として、標準化の影響を取り上げた。ロードポートは、カスタマイズ製品から標準品となり、さらなるコスト削減や、競合製品との差別化の必要が生じた。コストを削減するためには、問題解決を効率的に進める必要がある。一方で、製品差別化を達成するためには、技術力が必要となるので、知識蓄積を進めておく必要がある。ここで、ロードポートメーカーは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に直面する。また、標準化によって、コスト削減の要求はかつてよりも強まり、製品差別化も、より困難となる。このため、ロードポートメーカーの直面しているトレードオフは、先鋭化した。

<図 4-4. ロードポートの標準規格への対応例>

4-4. T 社によるロードポート市場への参入経緯

ここからは、ロードポートメーカーである T 社に焦点をあて、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が克服されるプロセスを説明していく。本節では、T 社が、ロードポート市場に参入した経緯を述べる。そして、次節で、T 社がトレードオフをどのように克服したのかについて説明する。

そもそも、ロードポートに対する初期の需要は、線幅の微細化に伴い、クリーンルームのクラス（クリーンレベル）を向上させる必要が生じたことで創出された。製造現場では、もともとウェーハをボックスなどに入れることなくオープンな状態で搬送していた。このため、歩留まりの向上には、製造エリア全体のクリーンレベルを引き上げ、ウェーハに付着するパーティクルを減少させる必要があった。線幅の微細化が進むにつれ、必要とされるクリーンレベルはきわめて高い水準となった。その結果、製造現場全体のクリーンレベルを引き上げていたのでは、コストが嵩みすぎるという事態に陥った。そこで、ウェーハのサイズが 200mm に拡大された時点で、必要な部分だけクリーンレベルを高めることができる方法が考案された。搬送されるウェーハをキャリアに格納し、キャリアの内部だけクリーンレベルを必要な水準にまで引き上げるという方法である。キャリアの内部だけクリーンレベルを高めれば、製造現場全体としてはクリーンレベルを緩和できるため、設備投資コストを削減できる。ただし、ウェーハは、キャリアと製造装置の間で搬出入される際に、外気にさらされる可能性がある。そこで、ウェーハを外気にさらすことなく、キャリアと製造装置の間で搬出入する仕組みも必要となった。この機能を持つ製品が、ロードポートであった。

T 社がこうしたロードポート市場に参入を果たしたのは、ディスクを市場に供給し、その製造装置を内製していたことに起因する。ロードポートの供給に携わる以前、T 社には半導体業界に製品を供給した経験はなかった。ただし、主力製品をテープからディスクへと移行させたことで、ウェーハに類似した形状のディスクを扱う技術を蓄積する

機会を得た。そして、T社にはウェーハを扱うために必要とされる関連技術が蓄積されていると見た半導体デバイスメーカーが、同社に対しロードポートの生産を打診した。T社はこの打診を受け、ロードポート市場に参入を果たすこととなったのである。つまり、潜在的な顧客の要求によって認識された「ウェーハを外気にさらすことなくキャリアと製造装置の間で搬出入する」という問題を受動的に認識し、組織として解決策を探索する必要が生じた（受動的探索）。そして、受動的探索の結果、ディスクの製造を通じて組織に蓄積されていた技術が、ロードポートの供給のために活用されることとなったのである。

ロードポートを供給するにあたって活用されることとなった技術とは、キャリアの内部だけクリーンレベルを引き上げるといふ、局所クリーン化を達成する技術である。T社が局所クリーン化の技術を蓄積していたのは、次のような経緯による。T社では、テープからディスクへと主力製品を移行させたが、テープと異なりディスクにはクリーンルームが必要であった。ただし、ディスク業界は、半導体業界のように製造装置を多額の投資によって買い揃えて生産するというタイプの業界ではない。すなわち、T社には、ディスクの生産ラインに対する設備投資額を最小限に抑えたいという動機があった。そこで、製造現場全体のクリーンレベルを引き上げるとコストが嵩むため、ディスクの周囲のみ局所的にクリーンレベルを引き上げるミニエンバイロメント方式と呼ばれるシステムを自ら考案し、その機械を内製することとなった（図 4-5 参照）。このミニエンバイロメント方式を供給するための技術が、300mm ウェーハ向けのロードポートにおいて、局所クリーン化の達成に活用されたのである。つまり、T社の場合、ディスクの生産を目的として蓄積されていた組織内部の技術が、ロードポートの製品開発における受動的探索によって活用の機会を見出されたことになる。

最後に、T社の参入時点における業界の動向として、二つの点を指摘しておく。一つめは、T社が、ロードポート市場において後発企業であったことである。T社は、300mm ウェーハ向けの設備投資が行われるタイミングでロードポート市場に参入している。T社が市場に参入した当時、ロードポートは米国のA社とB社の2社によって独占的に供給されていた。しかし、200mm ウェーハの製造では装置のフェースが標準化されていなかったため、A社とB社は自動化を重視していた台湾の半導体メーカーにのみカスタマイズした製品を供給しており、半導体業界全体において強力な独占力を持つというわけではなかった。ただし、累積生産量の増加による単位あたりのコストの低減については後塵を拝しており、参入時点では、生産コストにおいて不利な立場にあったと考えられる。二つめは、ロードポートが、生産工程において付加価値を生まない製品であったため、デバイスメーカーは、ロードポートに低価格の実現を強く求めていたことである。すなわち、局所クリーン化技術を活用して市場への参入を果たした後、T社は、後発でありながら生産コストで競合企業を凌ぐ必要があったことや、デバイスメーカーからの低価格化の要求により、コスト削減のプレッシャーを強く受けていたことになる。

次節では、こうした中でも、T社が知識蓄積に努め、価格以外での差別化を達成していたプロセスについて述べる。

<図 4-5. 局所クリーン化への対応>

4-5. 最終顧客から提供された情報の活用

前節では、半導体業界に製品を供給した経験のないT社が、ロードポート市場に参入した経緯を説明した。本節では、さらに、同社が、最終顧客の将来の製品に対する要求を把握し、この情報に基づいて、エンジニアの能動的な問題認識を促し、知識の蓄積を推進していた点に着目する。ロードポートが標準化されたことで、T社は、コスト削減のプレッシャーをかつてより強く受けていた。すなわち、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が先鋭化されていた中で、同社は、知識の蓄積を達成していた。そして、蓄積した知識を活用して、直接の顧客からの要求に迅速に対応していた。これが、T社のトップシェアの維持につながった。本節では、このプロセスについて説明する。

まず、T社が、どのように最終顧客との関係を形成したのかについて説明する。本章第1節で示したように、T社のようなロードポートのみを供給しているメーカーと、最終顧客であるデバイスメーカーとの間に取引関係はない。こうした中で、T社とデバイスメーカーが強固な関係を形成したきっかけは、両社が、業界関係者の集まるコンソーシアムに参加したことにある。既述のように、半導体業界では、300mm ウェーハ向けの設備投資のタイミングに合わせて、ウェーハの搬送システムの標準化を目指していた。そこで、どのように標準を設定するかを決定しなければならなかったため、業界関係者から成るコンソーシアムを結成した。T社と、ロードポートの最終顧客であるデバイスメーカーは、ともにこのコンソーシアムに組織メンバーを派遣していたのである。そして、コンソーシアムにおいて、標準化を達成するための共同作業を通じ、T社とデバイスメーカーの組織メンバーは互いの関係を強化させていくことになった。その後、ここで形成された関係を通じて、T社は、ロードポートに対する最終顧客の率直な要求について、デバイスメーカーから直接情報を獲得していくようになる。

また、T社とデバイスメーカーの関係は、ロードポートのアフターケアを通じて、より強化されていった。T社は、メンテナンスなどの対応にあたらせるため、デバイスメーカーの製造現場へサービスマンと呼ばれる人員を派遣していた。サービスマンは、標準化の知識を活用して、デバイスメーカーとの関係の強化に貢献していた。SEMIによってウェーハの搬送システムに関する業界標準が決定されたといっても、これまでカスタマイズ製品を使用していたデバイスメーカーが、標準化のメリットを理解しているとは限らない。そこで、T社は、サービスマンに標準化の内容を熟知してもらうようにトレーニングした。これによって、サービスマンが、現場で生じた標準規格に対するデバイスメーカーの疑問に適切な対応を重ねていくことができるようになり、標準品のサブ

ライヤーでありながら、最終顧客との関係を強化していく一助となった。

次に、T社が、デバイスメーカーとの間に形成した関係を活用して、ロードポートの製品開発プロセスにおいて、具体的にどのような最終顧客の要求を達成していったのかについて述べる。

300mm ウェーハ向けのロードポートについて見ると、デバイスメーカーは、キャリアの互換性という課題に直面していた。キャリアについても、標準規格は決定されているが、樹脂で形成されているキャリアには金属ほどの精度を期待できない。そして、キャリアの精度に誤差が生じると、次のような問題が生じることになる。まず、図 4-4 に示されているように、ロードポートの場合、ウェーハの中心からキャリアの先端までの距離は標準において 166.5mm と規格されており、70mm キャリアを前進させて製造装置とドッキングすることになっている。しかし、キャリアの精度に誤差が生じると、70mm キャリアを前進させても、製造装置側のドアを開閉する鍵となるラッチに到達しない、あるいは、キャリアと製造装置がぶつかりラッチにうまくかみあわないという問題が生じる。つまり、標準を達成しているロードポートであっても、生産工程で使用すると問題が生じることになる。

そして、競合企業は、モーター駆動を使用して、ロードポート上のキャリアを正確に 70mm 前進させる方法をとっていた。しかし、キャリアと製造装置の距離に誤差が生じる場合、上記のような問題が生じてしまう。T社は、デバイスメーカーからの情報により、この問題を認識していた。そこで、T社は、エアー駆動という方法を開発した。エアー駆動とは、空気圧を利用してキャリアを前進させ、あえて製造装置の蓋にキャリアをぶつけてその反動でラッチとキャリアの適切な距離を創出する方法である。エアー駆動を用いると、キャリアの精度に誤差が生じて問題とならないため、どのサプライヤーのキャリアを用いても生産ラインを停止させる可能性は低下する。これによって、最終顧客がどのサプライヤーのキャリアを使用しても、キャリアと製造装置がかみ合わないという問題を回避できることとなった。

また、450mm ウェーハ向けの窒素封止ポッドは、デバイスメーカーから将来的な需要が示唆されたことで、開発を手掛けていた製品である³。ポッドとはウェーハを格納するキャリアを意味しており、ポッドの内部を大気から窒素に置換することで、プロセスが終了したウェーハから発生する微量の有機物が、ウェーハに再付着してしまうこと、自然酸化膜の形成、デバイスの酸化・吸水を回避できる。そもそも、局所クリーン化技術がT社のディスク生産に活用されていた当時、ポッドの内部は、窒素に置換されていたわけではなく、真空が引かれていた。それが、この技術を半導体製造に活用することを検討していた段階で、デバイスメーカーの研究所で評価を受けたところ、「ポッド内部を窒素に置換したい」との要求が提示された。そして、この要求に応えるために、窒素置換技術の開発が進められることとなった。

³ T社および SEMI のホームページより。

さらに、将来的なロードポートへの要求という点については、調査時点において、T社は、デバイスメーカーからさらに微細化が進む中で、パーティクル・酸化物・有機物に加えて、無機物を排除できるようにしたいという将来的な要求を受けていた。これに対し、T社は、デバイスメーカーの組織に自社のエンジニアを派遣し、次世代製品に向けた共同開発を開始していた。

以上から、本節の見解をまとめると、T社のロードポートの開発では、最終顧客であるデバイスメーカーから、将来的にどのような製品機能を求めるようになるのかについて、情報がもたらされていた。そして、直接の顧客である製造装置メーカーから発注がかかり、製品開発がスタートする以前に、最終顧客からの情報によって将来的に発生する可能性の高い問題が能動的に認識され、その解決策を発見するために探索（能動的探索）が行われていたことになる。その結果、将来的に活用される可能性の高い代替案が、組織に蓄積されていた。したがって、製品開発プロセスにおいて認識された問題の解決策を求めて探索（受動的探索）を行うと、問題解決に適した代替案が組織内部に既に用意されているという確率は高く、開発が加速するため、受注から製品を納入するまでにかかる時間も短縮される。実際にT社では、製造装置メーカーが欲しい製品のボタンを押せば、ゴロンとロードポートが出てくるイメージで製品を供給しようという意味で「自動販売機作戦」と呼ばれる戦略を追求していた。最終顧客の情報に基づいて、将来の問題を能動的に認識し、知識を蓄積していくことも、この戦略の遂行に貢献していたことになる。

ロードポートの標準規格では、製造装置や搬送機器とのインタフェースに関する寸法や位置関係について規定されている。しかし、標準化された規格を達成するための方法については、ロードポートメーカーの意思決定に委ねられている。インタフェースの標準化は製品設計上の制約になると考えられるが、規格への緻密な合わせこみを達成することができれば競争優位性を確立する機会にもなる。また、標準規格はロードポートの外形に関する取り決めであり、その他の部分に製品差別化の余地は残されている。T社は、最終顧客との関係性を活用し、標準規格への緻密な合わせこみを競合企業よりも優れた方法で達成し、標準規格への対応以外でも最終顧客の要求に応えていくことで、トップシェアを維持し続けているという論理が、本章の見解である。

以上から、まず、ロードポートは、外形について標準規格の決定された製品だが、標準規格への合わせこみの方法や、その他の性能において製品差別化の余地を残していることがわかる。そして、T社は、最終顧客との強固な関係性を活用して製品に対する要求を把握し、将来的に必要とされる技術を組織内部に研究開発を経て蓄積していくことで、製造装置からの発注に迅速に対応するという差別化を達成してきたと考えられる。

ただし、最終顧客との関係性を構築するためのきっかけとなった標準化活動への参加や、製造現場へのサービスマンの派遣は、T社のみにも与えられた特権的な機会というわけではない。つまり、ロードポートを供給していた競合他社にとっても、活用可能な

機会である。そこで最後に、T社が、最終顧客との強固な関係性を構築できた要因として、経路依存的に形成されてきた同社の組織的な体質について言及しておく。

最終顧客との関係性を強化するという点について、T社は、組織として特別な意識改革を行ったわけではない。T社が事業を展開してきた電子部品業界は半導体のような装置産業と異なり、製造装置は内製でしか入手できない。コンデンサを製造する装置は、コンデンサがどういう製品かをすべて理解した上で作り手の立場を考慮して内製される。また、そもそもT社は、自社の生産技術開発センターにおいて主力製品であるディスクを製造する装置を開発していた。つまり、製造装置ありきではなく、T社自身が装置の最終顧客であるという経緯をもつ。したがって、ディスク生産において自社でロードポートを使用し、製造工程の停止につながる製品の信頼性やパーティクルへの懸念について、最終顧客であるデバイスメーカーと同じ問題に直面するというプロセスを経験している。

また、半導体業界と同様に、製造工程の全自動化において、社内のディスク生産について、投資額が歩留向上によって相殺されるのかどうかを疑問視する声があった。このため、「自動化によるコストの引き下げには、標準化の達成が不可欠である」との統一見解が構築されるまでのプロセスを経験している。したがって、T社の組織メンバーは、ロードポートを含めたミニエンバイロメント方式の導入が巨額の投資を伴い、デバイスメーカーの購買担当者は、社内にその妥当性を説明する責任を負っているという立場を理解していた。この事態において、T社が自らの経験に基づき最終顧客の抱える緊張感を理解し、信頼に応えようとする姿勢を示したことも良好な取引関係が構築される一端を担っていたと考えられる。

4-6. 受動的探索への偏重の打開

本節では、前節で示した最終顧客からの情報が、T社における受動的探索への偏重の打開に貢献し、知識蓄積に貢献していたことを示す。

本研究で提示した受動的探索と能動的探索という概念を用いて、本章第4節と第5節で示した二つの探索活動を解釈していく。一つめは、T社が、ロードポート市場に参入したプロセスにおいて行われた探索活動である。二つめは、T社が、市場参入後、最終顧客からの情報を活用して知識の蓄積を進め、直接の顧客からの要求に対応していったプロセスにおける探索活動である。本章の主張となる二つめの探索活動の解釈では、次の点を示す。標準化された製品であり、半導体デバイスの付加価値の創出に寄与することのない製品として、ロードポートにはコスト削減の強いプレッシャーがかかっていた。したがって、通常であれば、研究開発における探索活動では効率性が追及され、その範囲は限定されていく可能性が高い。こうした状況において、最終顧客との強固な関係性から、将来的な要求について情報を得られることは、T社にとって、受動的探索への偏重を打破し、能動的探索を推進していたと解釈する。

まず、市場参入のためのプロセスから取り上げる。図 4-6 に示されているフローチャートは、左側がロードポートの製品開発の流れ、右側がディスク向け製造装置の製品開発の流れである。T 社では、ディスクの生産に必要なとされる製造装置を開発するにあたって、生産設備に対する投資額を最小限に抑制したいという動機から、局所クリーン化技術を開発した。したがって、T 社で局所クリーン化に関する知識が蓄積されたのは、「ディスクの生産に必要なクリーンレベルを最小限の設備投資コストで実現する」という受動的に認識された問題への解決策を探索した結果である。

その後、既述のように半導体デバイスメーカーから、ロードポートの製造を依頼され、「設備投資額の削減が可能な局所クリーン化の環境において、ウェーハを製造装置に搬出入する」という問題が受動的に認識されることになる。そして、この問題に対する解決策の代替案が、探索された（受動的探索）。この受動的探索が行われた段階で、T 社の内部には既に局所クリーン化の知識と、製造装置にディスクの形状をした製品を搬出入する技術は蓄積されていた。その結果、T 社は、局所クリーン化技術を採用したロードポートを開発し、市場へ導入できることとなった。

一方、図 4-7 のフローチャートには、標準化されたロードポートの製品開発プロセスと、研究開発プロセスが示されている。左側が製品開発の流れ、右側が研究開発の流れである。製品開発プロセスでは、直接の顧客である製造装置メーカーから提示された問題が受動的に認識され、その解決策が探索されている（受動的探索）。そして、研究開発プロセスでは、最終顧客から将来の製品に要求する性能が示されると、その情報に基づいて、能動的に問題が認識され、その解決策が探索されている（能動的探索）。

たとえば、前節で述べたように、将来の製品について、「ポッドの内部を窒素に置換しい」「パーティクル・酸化物・有機物・無機物を排除できるようにしたい」という要求が最終顧客から示されたとする。すると、この情報に基づいて、T 社の担当者が、研究開発のテーマとすべき問題を能動的に認識し、ポッドの内部の空気を窒素に置換する技術や、酸化物・有機物・無機物を排除するための関連技術が、組織内部に蓄積されていくことになる。その結果、将来、実際に製造装置メーカーから、これらを排除できるロードポートを供給して欲しいとの要求がきた時点で、直近の問題に対する解決策を求めて受動的探索を行うと、既に組織内部に必要なとされる技術が用意されていることになる。このため、製造装置メーカーの要求に対し、迅速に要求水準を満たした製品を供給することが可能となる。すなわち、本来の取引関係では、製造装置メーカーが、デバイスメーカーから仕様の指定を受け、その内容をロードポートメーカーに説明し、対応を依頼する。これに対し、T 社は、デバイスメーカーとの関係性を活用して、仕様の内容を既に把握し、必要な知識の蓄積も進められているため、装置メーカーと詳細を詰めることなく製品を供給することができる。このプロセスを示しているのが、図 4-7 である。

さらに、半導体製造装置業界が、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」という課題に直面していた点を加味して、最終顧客からの情報を活用できたことの意義

について考察する。T社は、ロードポートの供給にあたって、生産コスト引き下げの強いプレッシャーに直面していた。これは、標準品であるため価格低下を実現しなければならなかったことと、後発メーカーであるため、先発メーカーよりも学習曲線の降下が遅かったためである。また、T社の場合、製品開発と研究開発は、同じ現場で、同じメンバーによって進められていた。こうした状況から、喫緊の課題として、受動的に認識される「生産コストの低下」という問題の解決を優先する必要があった。しかし、T社は、生産コストの低下を重要な課題に据えつつも、将来の製品に向けた問題を能動的に認識し、知識の蓄積を進めていた。そして、これを可能にしていたのが、最終顧客からもたらされる将来の製品への要求であった。最終顧客から情報を得ることで、受動的に認識される喫緊の問題だけに注力せず、将来の製品に向けた問題を能動的に認識し、知識を蓄積することが可能となった。つまり、最終顧客から将来の製品への要求を把握できることは、受動的探索に偏重しがちな傾向を打破する機能を果たしていたと解釈できる。

そして、図4-7に示されているとおり、受動的探索への偏重を回避し、能動的な問題の認識を通じて蓄積された知識は、製品開発で活用される機会を得る。図4-7において、製品開発では、製造装置メーカーの発注によって受動的に問題を認識している。ただし、製品開発においても、特に、一般消費者を顧客としている場合、顧客から適切な要求が示されるわけではなく、能動的探索の必要はあるだろう。この点に、テクノロジー・プッシュの意義が存在する。しかし、ロードポートは、産業財であり、最終顧客（デバイスメーカー）や直接の顧客（製造装置メーカー）は、ともに最先端の技術知識を有している。このため、最終顧客や直接の顧客の求める製品仕様の達成に注力するといった、製品開発が行われていた。そこで、本研究の主張である「能動的探索の推進は、知識蓄積を促し、問題解決と知識蓄積のトレードオフの克服に貢献する」ことを訴求していくにあたり、次の点を確認しておく。製品開発においても、能動的に問題を認識するケースはある。ただし、本研究は、これまで当然だと思われてきた「研究開発における能動的な問題の認識」が、研究開発プロジェクトの費用対効果の評価などによって、当然ではなくなっていることに着目している。そして、研究開発において能動的な問題の認識が推進され、蓄積された知識が、製品開発において受動的に認識された問題の解決策として活用されるプロセスを取り上げている。このため、図4-7に示されている製品開発のフローでは、受動的な問題の認識のみが記載されている。

最後に、T社が、ロードポートの市場参入後に一定の顧客を獲得できた要因として、Selete (Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.)⁴が、T社の製品の信頼性を高く評価した点についても言及しておく⁵。300mm ウェーハ向けの新規投資においてロードポ

⁴ 300mm ウェーハ向けの装置に用いる生産技術の開発を目的として設立されたコンソーシアム。半導体の製造装置および材料の評価を行う。

⁵ ここでいう製品の信頼性とは、ロードポートが生産工程において停止しないという意味である。

ートを初めて購入することになるデバイスメーカーは、信頼性の保証された製品を求めている。さらに、ウェーハの搬出入はデバイスに付加価値を提供できるステップではないことから、デバイスメーカーは、特定のメーカーに一括で外部委託することによる単位あたりのコストの低下を期待していた。こうした状況の中、日本企業による 300mm 製造ラインへの新規投資が拡大した時点で、T 社がロードポートを供給できる国内メーカーとして Selete に評価されたことで、同社は、顧客獲得の好機を得た。しかし、T 社が、その後もトップシェアを維持してきた要因としては、最終顧客から得た情報に基づいて、能動的に問題を認識し、直接の顧客に対し迅速に製品を供給し続けてきたことが挙げられる。

<図 4-6. T 社における初期のロードポートの開発>

<図 4-7. デバイスメーカーの牽引による能動的な問題の認識>

4-7. 本章の小括

本章では、T 社のロードポートのケースを取り上げ、受動的探索への偏重を打開する方法を明らかにした。同社のロードポートは、Selete からの信頼性の評価を追い風として初期の需要を獲得し、その後も、トップシェアを維持し続けてきた。トップシェアが維持された理由として、同社が、コスト削減という喫緊の問題だけに囚われることなく、知識の蓄積を行ってきた結果、直接の顧客への迅速な製品の供給が達成されていたことを挙げた。これは、次のような論理による。ロードポートメーカーは、製造装置メーカーを直接の顧客、半導体デバイスメーカーを最終顧客としている。最終顧客から将来の製品に関する要求が示されると、喫緊の問題だけでなく、将来の問題の認識へとエンジニアの関心が向けられる。その結果、受動的探索への偏重が克服されていくことになる。また、最終顧客から提示された将来の製品への要求に基づいて、能動的に問題が認識されると、直接の顧客から製品が発注される前に、必要とされる技術の開発が開始されることになる。そして、直接の顧客からの発注により受動的に問題が認識された時点で、組織内部に必要な技術が用意されている可能性も高まり、発注に迅速に対応できるようになる。

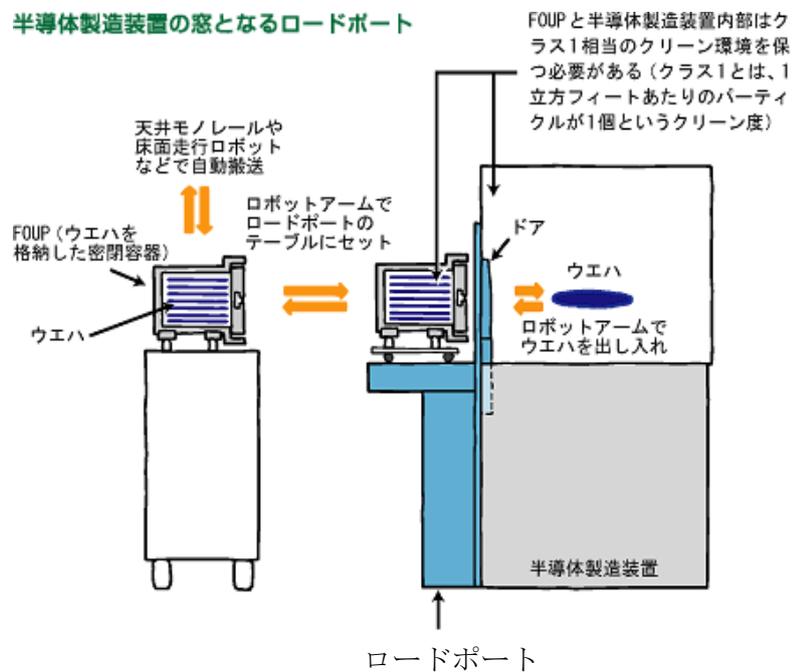
ロードポートは、デバイスに付加価値を与えるわけではないため、デバイスメーカーは、製品の信頼性を重視していた。

図 4-1. ロードポート



出所) T社の製品カタログより。

図 4-2. ロードポートの機能

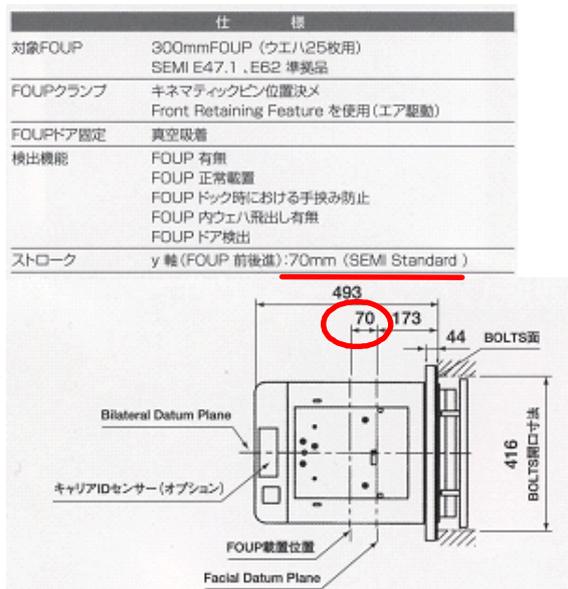


出所) T社のホームページより。

図 4-3. ロードポートの取引パターン

1	ロードポートメーカー	⇒	製造装置メーカー	⇒	デバイスメーカー
2	ロードポートの内製・外販を両方手がける 製造装置メーカーが自社製品に装備			⇒	デバイスメーカー
3	製造装置メーカーが自社用にのみ内製して装備			⇒	デバイスメーカー

図 4-4. ロードポートの標準規格への対応例



出所) T 社の製品カタログより。

図 4-5. 局所クリーン化への対応の流れ

1986年	ミニエンバイロメントシステム発案
1990年	真空ポッドシステムの開発
1991年	ミニエンバイロメントシステムをディスクの生産ラインに技術展開
1999年	300mm ウェーハ向けロードポートを開発

出所) T社のホームページに基づき筆者作成。

図 4-6. T 社における初期のロードポートの開発

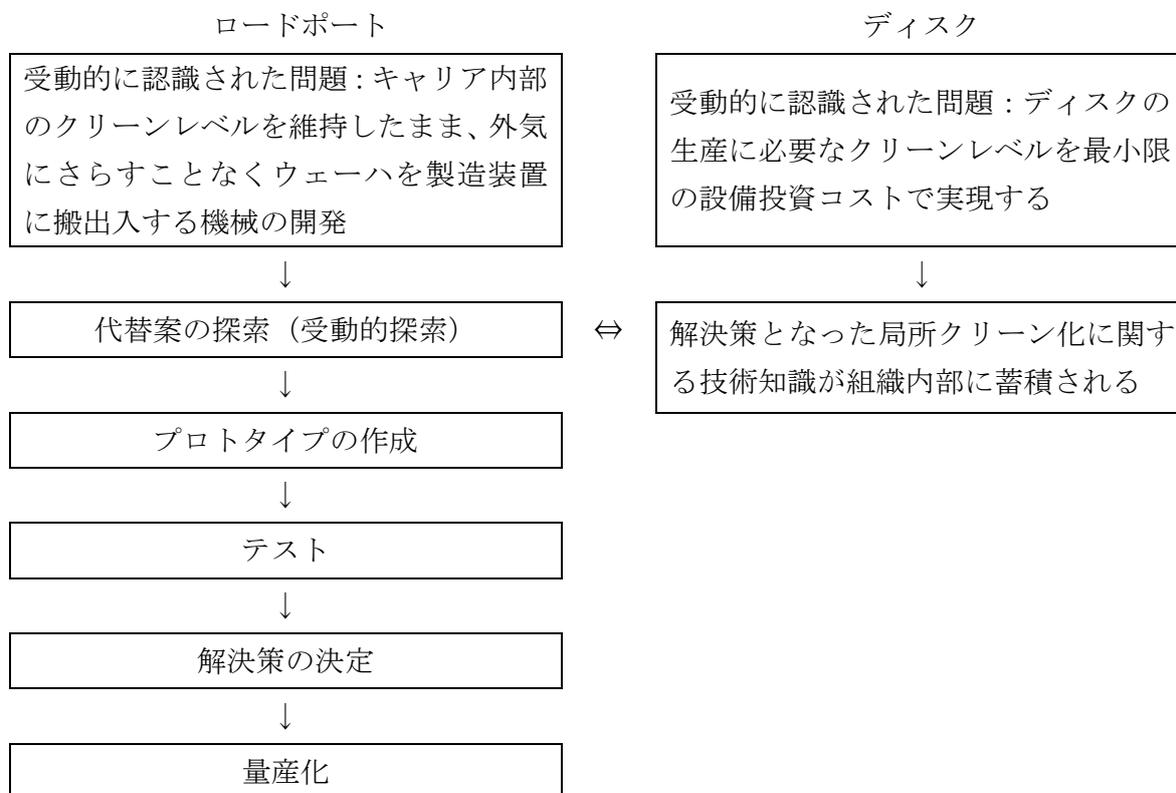
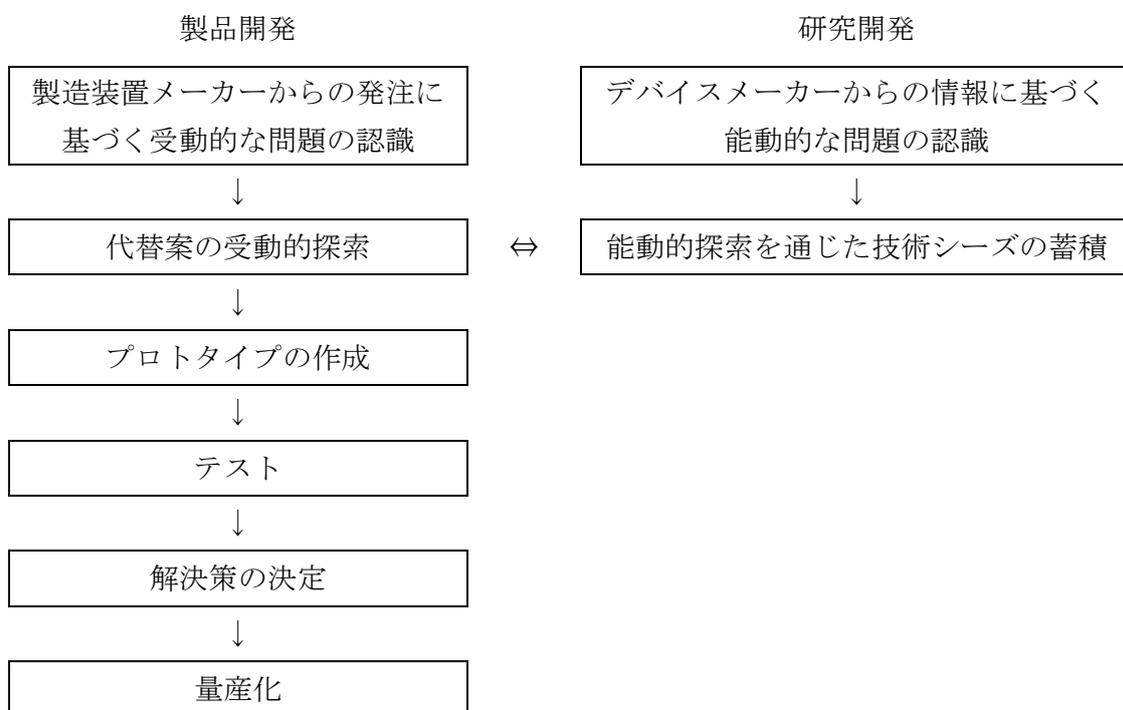


図 4-7. デバイスメーカーの牽引による能動的な問題の認識



5. 能動的探索の推進：スパッタリング装置のケース⁶

第3章では、企業が研究開発において直面している先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するマネジメントの方法を導出していくために、受動的と能動的という探索のパターンを提示した。そして、このトレードオフを克服するためには、受動的探索への偏重を回避し、能動的探索の推進が必要になることを指摘した。

この指摘を受けて、第4章では、受動的探索への偏重を打破する仕組みを示した。これに続き、第5章では、能動的探索を推進する仕組みを示す。

本章では、アルバック社のケースを取り上げ、次の二つの点について示す。

第一に、時間的な制約とコスト削減の強いプレッシャーを受ける中で、能動的探索を推進する組織的な仕組みについて、LCD (Liquid Crystal Display) 向けスパッタリング装置のケースを用いて明らかにしていく。具体的には、基礎研究に従事するエンジニアに裁量権を持たせること。基礎研究に対しては、可能な限り短期的な観点に基づく成果主義を適用しないこと。組織全体に多様な代替案を蓄積しておくことの重要性を徹底して認識させることの有効性を示す。そして、第二に、能動的探索が推進されると、多様な知識が組織に蓄積され、製品開発において受動的探索が行われた場合に、組織内部の技術シーズを活用し、迅速に製品開発を進められる可能性が高まることを示す。

5-1. スパッタリング装置と市場の特性

本節では、本章で分析の対象とするスパッタリング装置について次の三点を述べる。まず、スパッタリング装置とはどのような機能を持ち、なぜLCDの生産において使用されるのか。また、LCD向けのスパッタリング装置の市場には、どのような供給業者が存在し、どの程度の市場シェアを獲得してきたのか。そして、スパッタリング装置の市場の成長に伴い、アルバック社は製品の供給に際してどのような問題に直面するようになってきたのかという三点である。

本章で分析の対象とする装置によって提供される「スパッタ (sputter)」とは、図 5-1 に示されているように、アルゴンガスの中でプラズマ放電し、発生させたプラスイオンをターゲットと呼ばれる金属からできた材料に衝突させ、表面の原子をたたきだすことである。アルゴンガスを真空容器に導入した状態で、ターゲットを載せたカソード電極 (陰極) にマイナス 400~500 ボルト程度の負の直流高圧電圧をかけて放電させる。すると、プラズマが発生し、アルゴン原子はプラスイオンとなり、電場で加速されて、カソ

⁶本研究は、株式会社アルバック・専務取締役・技術企画室室長・山川洋幸様、および同社生産技術開発センター・生産技術課・主管・坪井秀夫様へのインタビュー、質問票による追加調査、公開資料、業界関係者との公式・非公式な議論に基づいて構成されている (役職は2009年のインタビュー当時)。

ード電極上のターゲットに衝突していくことになる⁷。本来、スパッタリングとは「飛び散ること」を意味するため、金属の原子を飛び散らせるプロセスの名称となっている。

スパッタリングによって金属の原子を飛散させる目的は、薄膜の形成にある。プラスイオンがターゲットにぶつかり、それによってたたき出された金属は反対側に設置されたガラス基板の上に堆積され、薄膜を形成する。こうした一連のプロセスを実行しているのが、スパッタリング装置である。主にアルゴンガスが使用されるのは、ターゲットとなる金属と反応しないという性質を持つためである。スパッタリング法を用いることによって、複雑な形状をした微細な場所にも質の高い成膜を施すことが可能となる。

LCD の場合、スパッタリング法はガラス基板の上に薄膜トランジスタや透明電導膜を形成するために使用される。そして、こうしたスパッタリングのプロセスは、大気中の余分な分子が減少し、薄膜の精度が高まる真空状態で行われるため、真空技術の能力を持つアルバック社が当該市場に製品を供給することになった。

薄膜の形成には、図 5-2 に示されているとおり複数の方法がある。まず、大きな分類として薄膜の形成時に溶液を使用するウェット法と、真空やガス雰囲気の中で成膜を行うドライ法がある。ドライ法はさらに、膜の材料となる金属や酸化物を加熱したり、ガスイオンによりスパッタリングを行うといった物理的な方法で成膜を行う物理的成膜法 (PVD: Physical Vapor Deposition) と、原料となるガスを化学反応させて成膜を行う化学的成膜法 (CVD: Chemical Vapor Deposition) に分類される。

これらの方法の中で、LCD の生産工程においてスパッタリング法が用いられる理由は、次の通りである。スパッタリング法は、既述のように細部まで緻密な薄膜を形成することができるという長所を持つ反面、壁にもイオンが叩きつけられることで、壁に付着した水分や不純物が膜に混入しやすいという短所も持つ。しかし、真空蒸着法と比較して基板と薄膜の密着性が良く、結晶性においてよりすぐれた膜質を達成することができるため、断線の確率が低下するといったベネフィットももたらされる。

こうしたスパッタリング処理を提供する装置の中で、LCD 向けのスパッタリング装置の市場は、2000 年以降、液晶テレビやデスクトップパソコンのモニタを始めとする最終製品の伸びに牽引されて、着実に市場を拡大させてきた (図 5-3 参照)。また、この時期に LCD 向けのスパッタリング市場に参入している主要な企業の市場シェアを見ると、2003 年時点において既に、アルバック社が 6 割を超えるシェアを獲得している。アルバック社の他には、アプライド・フィルム社が 18%、アネルバ社が 9% の市場シェアを獲得している。2007 年時点になると、アルバック社が当該市場において 8 割超の市場シェアを獲得しており、2003 年時点と比較して同社は当該市場におけるシェアを 20 ポイント以上拡大させていることがわかる。

一方、図 5-4 に示されているのは、アルバック社が供給するスパッタリング装置の中

⁷ 株式会社アルバック (2007) 『よくわかる真空技術』 日本実業出版社。

で、LCD 向けに生産された枚葉式の装置となる SMD (Sputter Multi Display) シリーズの新しいモデルが、ガラス基板の拡大にともなって、市場に導入された時期を表したグラフである。図 5-4 からわかるように、LCD 業界では、2000 年前後からガラス基板の拡大スピードが加速している。第一世代から第五世代までのガラス基板は、約十年をかけてゆるやかにサイズを拡大してきている。しかし、第五世代から第八世代になると、ガラス基板の表面積は、わずか四年ほどのうちに倍以上に拡大していたことになる。LCD の生産については、大まかに見て液晶テレビやパソコンモニタなど向けの大型のガラス基板を扱う工程と、携帯電話のような小型の基板を扱う工程がある⁸。第五世代から第八世代へと市場に要求されるガラス基板が急速に拡大した背景には、大型の液晶テレビへの需要の伸びがある。

また、LCD 向けスパッタリング装置の場合、調査時点で中国市場に供給される製品の中心は中古品であった。しかし、将来的には中国の LCD メーカー向けに新しい製品を供給することも想定された。さらに、約三メートル四方にまで拡大したガラス基板の輸送規制や、薄型テレビの大型化に対する市場の飽和感から、今後はガラス基板の拡大が速度をゆるめることも予測される。その結果、LCD 向け装置市場における競争の焦点はコストへと収斂していく可能性が高まっていった。

したがって、ガラス基板の拡大が速度を増したこと。装置の供給先が台湾から中国へとシフトしていく可能性が高まっていること。そして、需要を牽引する液晶テレビの価格が低下していること。こうした市場の状況を受けて、アルバック社は、生産設備の受注から納期までの期間を短縮させるための開発スピードの加速と、コスト削減について同時に強いプレッシャーを受けるという問題に直面することとなった。また、LCD の生産拠点が台湾から中国へと移行していく中で、低価格で市場の要求を満たせる装置が求められる傾向はさらに強まっていくと推測された。このため、追従のきわめて困難な技術が使用されている場合をのぞけば、スパッタリング装置のパフォーマンスによる差別化は容易ではなかった。

本章では、こうした厳しい状況の中で、アルバック社の市場シェアが拡大した事実を説明する一つの論理として、能動的探索の推進による代替案の多様化に着目した。本章では、同社が市場シェアを拡大した要因が、次のような論理にあると解釈する。基礎研究に従事するエンジニアに可能な限り裁量権を持たせること。基礎研究のパフォーマンスに対しては、可能な限り短期的な観点に基づく成果主義を適用しないこと。組織全体に多様な代替案を蓄積しておくことの重要性を徹底して認識させること。こうした方策によって、受動的な問題の認識と、それに続く効率的な探索に偏重しがちな組織行動を是正したこと。そして、能動的な問題の認識と、それに続く多様な代替案の探索を促進した結果として蓄積された知識を用い、顧客の多様な要求に迅速に応え続け、市場シェアを拡大させることが可能になったという論理である。

⁸電子ジャーナル別冊 (2007)『LCD 向上・装置・設備』電子ジャーナル社 237 ページ。

<図 5-1. スパッタリングの仕組み>

<図 5-2. 薄膜の形成方法>

<図 5-3. スパッタリング装置市場について>

<図 5-4. ガラス基板の拡大とスパッタリング装置>

5-2. 基礎研究と応用研究のテーマの設定

本章で分析の対象とする株式会社アルバックは、松下幸之助を始めとする財界人からの出資を受け、1952年に日本真空技術株式会社として創立された。創立当初は、米国の真空機器メーカーの製品を輸入し、販売することに従事していた。その後、1955年に真空機器の国産化を目指して大森工場を設立、1956年に株式会社東洋精機真空研究所と合併して尼崎工場を設立し、以降、真空技術をコアとした総合メーカーとして事業を拡大していく。2001年には、商標である ULVAC (Ultimate in Vacuum の頭文字) を新しい社名とし、FPD (Flat Panel Display)・電子部品・半導体向けの製造装置、一般産業用真空機器、ポンプやバルブといった真空コンポーネント、成膜材料を始めとした先端材料、分析・表面処理サービスなどを供給している。

同社の場合、研究開発のテーマの決定方法は、基礎研究と応用研究において異なっている。

基礎研究の場合、開発担当者による研究対象の選択が推進されているため、基本的にボトムアップで決定されている。また、5年単位での計画は立てるが、状況に応じて変更されるという事態は頻繁に発生している。そして、基礎研究において開発が開始されたテーマに対しては、「継続性」が重視される。一度開始された研究は、予算の制約が厳しい場合でも、断続的にでも長期的に継続していくことが促されている。将来的な事業性などに基づいて定期的な評価を行うことは、基礎研究の継続性を損なうため可能な限り回避されている。評価制度を徹底させて成果のあがっていないテーマを切り捨てることは、一時点での生産性を高めるかもしれないが、過去に蓄積された知識がまったくの無に帰するという意味では損失を生むためである。さらに、組織全体で基礎研究のすべてのテーマについて「継続」を促すことの重要性について認識するために、トップ・マネジメントは「選択と集中をしない」というポリシーを頻繁にアナウンスしている。

諏訪秀則社長は、2007年3月に発行されたアルバックグループのコミュニティ誌『ULVAC』に掲載されたシャープ株式会社の太田賢司専務との対談において、アルバック社の研究開発の取り組みについて次のようなコメントを残している。

「研究開発については、当社（アルバック社）は失敗したからといって責任は問わないという方針で、自由闊達に開発をやってもらおうという考えです。」(p.4)

「(研究開発の対象が、失敗だったか成功だったかという評価は) うちには基本的に自由というか、確認しないことが多いですね。(中略) もうやめたはずなのに密かに研究を続けている研究者がいて、あるとき、その研究テーマが必要になり、そういう研究者がいることに驚かされる場合があります。」(p.5)

このように、研究開発の対象の選択に裁量権を持たせるというアプローチが採用されてきたのは、製造装置の特性に依存する部分もある。製造装置に求められる技術は多岐の分野に渡っている。このため、技術シーズの多様性を確保し続けることが、競争優位性の源泉として機能してきたことは、組織全体としても認識されている。

一方、アルバック社における応用研究のテーマは、顧客からの要求を考慮してトップダウンで決定されている。応用研究のテーマとしては、生産ラインが停止した場合にどのように仕掛品を無駄にせず復旧するか。スパッタリングにおいて使用するターゲットと呼ばれる金属の使用時間をいかに長期化するか。パーティクルを排除するにはどうすべきか。生産性向上のために装置の処理速度を向上しつつ、その精度を高めていくにはどうすべきかといった問題が選択されてきた。

以上の基礎研究と応用研究のテーマの設定方法から、アルバック社では、基礎研究のプロジェクトにおいて、能動的探索を進める余地のあることがわかる。したがって、以降、能動的探索の推進に関する議論は、基礎研究のプロジェクトを対象としているものとする。

5-3. LCD 向けスパッタリング装置の製品開発プロセス

LCD 向けスパッタリング装置の製品開発は、ガラス基板の世代が代わるタイミングで行われる。つまり、ガラス基板の世代交代の時期に、LCD メーカーは新たに設備投資を行うため、製造装置のサプライヤーを変更する可能性がある。しかし、こうした世代交代による新規投資のタイミングを経てもなお、アルバック社は市場シェアを維持してきた。本研究では、アルバック社が顧客からの詳細な要求に対応し続けてきたことが、市場シェアの維持を可能にした一因であるとみる。そして、顧客の要求に対応し続けることが可能となったのは、能動的探索が推進され、組織内部に多様な技術シーズが蓄積されてきたからであると解釈する。

本節では、1994年にLCD向けの枚葉式スパッタリング装置として発売されたSMDシリーズの製品開発プロセスに焦点をあて、次の二点を示す。第一に、枚葉式スパッタリング装置が、開発されることとなった経緯について述べる。そして、第二に、装置開発のための製品開発プロセスは、どのようなステップを経て進められていたのかについて示す。さらに、次節において、能動的探索を経て蓄積された技術シーズが、本節で明らかにされた製品開発プロセスでどのように活用されていくのかを示す。図5-5に示されている左側の製品開発プロセスのフローは、本節の説明に対応している。

まず、SMD シリーズと呼ばれる装置が、アルバック社で開発に至った経緯を述べる。

本節で取り上げる SMD シリーズは、1994 年に LCD 業界で初めての枚葉式のスパッタリング装置として市場に投入された。SMD シリーズが市場に投入される以前は、インライン式が採用されていた。インライン式では、複数の LCD を同時に処理できるので、生産性が高まるためである。これに対し、東芝生産技術部の小林部長からアルバック社の第 5 事業部第 2 技術部長であった諏訪氏に「TFT (Thin-film Transistor) -LCD 用のスパッタ装置は、枚様式を検討して欲しい」との連絡があった⁹。当時、半導体の製造においてもウェハの拡大にともなって枚葉化が進んでいたことから、LCD 業界も同様の道をたどる可能性が高いと判断した同社は、競合関係にあったアネルバ社との差別化も考慮して枚葉式の開発に着手することとした。結果として、アルバック社は、アネルバ社よりも早く枚葉式の製造装置を市場に導入している。

枚葉式を開発するにあたっては、将来的なガラス基板の拡大にも対応できる制御性の高い成膜方法と真空槽接続、基板搬送方式などの解決すべき問題点があった。こうした問題の対処に活用された技術は、アルバック社が、半導体製造装置のために開発した技術であった。同社は、LSI や VLSI 基板の製造に使用された枚葉式のスパッタリング技術を TFT-LCD 向けの装置に採用して、問題の解決をはかった。そして、まず、組織内部で実験機として 300×400 ミリ基板用のプロトタイプを作成した。この実験機をベースに第二世代向けの「SMD-450」を完成させ、東芝やシャープなどからの受注を獲得することとなった。

そして、こうして市場に投入された SMD シリーズは、ガラス基板の拡大に合わせて新たなモデルが開発され、市場に投入されていくことになった。スパッタリング装置の製品開発プロセスは、マーケティング、製品コンセプトの決定、設計・試作・テスト、量産化という四つの段階を経て行われる。

製品開発プロセスの最初のステップである「マーケティング」では、顧客の要求から、解決すべき問題が特定される。通常、顧客からは、形成される膜の質や生産性について、装置に求めるパフォーマンスの水準が指定される。顧客が装置のパフォーマンスについて重視する順番としては、拡大した基板サイズへの対応、形成される膜の種類や質、そして、生産性となる。形成される膜の質ではどの程度の均一性を達成したいのか、生産性では一分間に何枚のガラスを処理したいのか、メンテナンスの頻度をどの程度におさえたいのかという点について、顧客の求める水準が明らかにされる。ガラス基板のサイズが拡大した場合、装置をつくるにあたって大きな課題の一つとなるのは、膜質の均一性を達成することである。均一性には、一枚のガラス基板において膜質が均一であるという面内の均一性を意味する場合と、一枚目と千枚目のガラス基板に施された成膜の質が均一であるという基板間の均一性を意味する場合がある。

⁹ 株式会社アルバック 50 年史編集委員会 (2002) 『真空に生きるⅢ—真空技術とともに歩んだ 50 年 1952~2002—』 ULVAC 335~337 ページ。

また、基本的にガラス基板のサイズは、マーケティングの段階で顧客によって要求が提示される。しかし、最終製品を購入する消費者の嗜好は、速いスピードで変化していく。その結果、顧客も将来的な売れ筋商品を把握しきれない状態での発注を余儀なくされるため、設計の後に再び基板サイズの変更が提示されるケースもある。たとえば、テレビであれば新しい世代のガラス基板が量産ラインに流れる頃、40インチが売れ筋となるのか、二台目需要の20インチが売れ筋となるのかを一年前に予測することは困難である。ガラス基板のサイズ変更を予期して装置のサイズに柔軟性をもたせておくことも、コストがかさむため容易ではない。そのため、マーケティングの段階で決定される装置のサイズが、設計以降の段階で変更されるケースも発生することになる。

上述した要求を達成する方法について、顧客から具体的に使用して欲しいスパッタリングの方法などが指定されるわけではない。したがって、提示された顧客の要求を達成するための方法については、アルバック社が決定することになる。その際、顧客の要求を達成する解決策として、従来技術を活用することが可能であれば使用し、不可能であれば新たな解決策の探索を行う。次に、「製品コンセプトの決定」とは、顧客によって示された要求を具体的に実現していく方法を選択する段階である。顧客の要求どおりに膜の均一性を達成するには、どのスパッタリング法を選択するべきか。要求を満たす生産性を達成するためには、どのような方法でガラス基板一枚あたりの処理時間を短縮するべきか。拡大したガラス基板をどのように搬送するのか。どのように製造コストを引き下げるのか。こうした課題への対処法を決定し、顧客の要求を達成するために、全体としてどのような機種に仕上げていくのかを決めていくことが、製品コンセプトの決定である。

「設計」については、ガラス基板が成膜に向けた処理のために通過していくスパッタ室・加熱室・搬入/取出室といった基板に対する処理ごとに分担して行われる。つまり、図5-6の「(1) マルチチャンバ」に示されているように、円形に配備されている構成要素の一つ一つにおいて、それぞれ異なる処理が行われており、設計も構成要素ごとに分担されているということである。設計の後、試作とテストを経たモデルは、「量産化」されていくことになる。こうした一連の製品開発プロセスでは、新たな機種の開発であっても、前世代向けの装置に使用されていた技術を継続して活用できる場合もある。前世代と共有可能な部分は機種によって異なるが、前世代との間で共有可能な部分の割合が高まると、世代交代は比較的容易となる。

<図5-5. 製品開発と研究開発の関係>

<図5-6. スパッタリング装置のタイプ>

5-4. 能動的探索の製品開発に対する有効性

図5-5は、研究開発の成果が製品開発に活用されるプロセスを示したフローチャート

である。右側が研究開発のフロー、左側が製品開発のフローを表している。通常、研究開発では、基礎研究と応用研究が実施され、それぞれの研究を通じて技術シーズが組織に蓄積されていくことになる。基礎研究では、エンジニアが自らテーマを発見することが推進されているため、直近での事業性や顧客の要求から受ける制約が小さく、能動的探索が行われる確率は高いと考えられる。これに対し、応用研究では、アルバック社の場合、トップダウンで開発の課題が示されるため、受動的探索が行われる確率が高いと解釈する。

また、製品開発では、「ガラス基板の拡大に対応した装置を製造する」という明確な課題が存在するため、受動的探索が行われることになる。この場合、研究開発を通じて組織内部に蓄積される技術シーズを多様化しておくことで、製品開発プロセスにおいて代替案を探索した場合、活用可能な技術が既に組織内部に存在している確率は高まっていくことになる。その結果、製品開発期間が短縮されることになり、顧客の要求に迅速に対応することが可能となる。

現代組織が直面している環境にも、さまざまな状況がある。能動的探索の推進が必要とされるのは、何らかの組織的な仕組みが導入されなければ、組織として受動的探索を追及する傾向が強まってしまう場合である。環境の変化のスピードが速い、あるいは、コスト削減の要求が強といった制約の厳しい環境に直面している組織では、「知識の蓄積」に配分する経営資源や時間の余裕を見出すことが困難となるため、「問題解決」を目的とした「代替案の発見」のみを追及する傾向が、組織において強まると考えられる。つまり、研究開発において、コストや時間に関する環境からの要求が厳しい場合、能動的探索を推進する仕組みが必要とされるようになる。LCD 向けのスパッタリング装置市場では、最終製品の価格低下によって装置メーカーに対するコスト削減の要求が強まっていた。また、ガラス基板の拡大のスピードが速まっていることによって、基板の世代ごとに新たな装置を市場に導入する必要がある装置メーカーでは、製品開発の期間を短縮する必要に迫られていた。したがって、アルバック社では、直近の問題を解決することに重点が置かれる傾向は強く、能動的探索を推進する仕組みが組織に組み込まれていなければ、技術シーズの多様化は困難であったと考えられる。

能動的探索が推進されると、技術シーズが多様化される可能性は高まる。その結果、製品開発プロセスにおいて、組織内部に必要な代替案が存在する確率は高まることとなり、開発期間が短縮される可能性も高まる。一方で、情報技術の発達にともない、現状でも組織における情報過多が懸念されている。こうした中で、基礎研究において能動的探索が推進され、多様な代替案が蓄積されていくと、組織における情報処理の負荷はますます高まり、現場に混乱が引き起こされる可能性はないのだろうか。

この点については、まず、通信インフラの発達によって組織にもたらされる情報が、基礎研究を通じて得られる情報と同じ水準の価値を持つわけではないことを指摘できる。上述したアルバックグループのコミュニティ誌『ULVAC』に掲載された諏訪社長

と太田専務の対談において、太田専務は次のように述べている。

「(中略) 当社でも、マスターや博士を修了した研究者を採用していますが、今の若い人は情報過多で、小手先のことは簡単に処理してしまいがちですが、原点に戻って基礎研究からやるとなると苦手なようです。」(p.8)

太田専務の指摘から、通信インフラの発達によって組織にもたらされる情報は、当面をやり過ごす水準の価値しかもたらさないケースが多いと推察される。したがって、基礎研究を通じて蓄積される情報と、情報技術の高度化によってもたらされる情報が、同じ水準で組織メンバーに取り扱われ、現場に混乱をもたらすという議論には、懸念が生じる。

ただし、組織メンバーが活用できる時間やコストは、組織に流入してくる価値のない情報を処理することにも費やされる。したがって、情報技術の発達によって、組織メンバーがアクセスできる情報量が増加することは、「知識の蓄積」に配分される経営資源が損なわれていく可能性を意味する。そして、情報処理の負荷が高まる組織において、外部環境からのコストや時間の制約という厳しい条件が追加された場合、「知識の蓄積」に対する組織メンバーの意欲は低下することになるだろう。つまり、直近の問題の解決に重点が置かれ、受動的探索を追及する組織的な傾向は、さらに強まると考えられる。したがって、情報過多という状況に直面する現代組織においても、能動的探索の推進は、技術シーズを多様化させるために重要な仕組みであると考えられる。

5-5. 第五世代向け装置の開発における能動的探索の有効性

前節では、能動的探索を経て蓄積された技術シーズが、製品開発に活用されるまでの流れを示した。これを受けて、本節では、具体的にどのような技術シーズが、スパッタリング装置の製品開発に活用されてきたのかを示す。

LCD 向けスパッタリング装置の新製品開発は、ガラス基板のサイズの拡大に伴って行われてきた。図 5-4 に示されているように、ガラス基板のサイズは直線的に拡大してきたわけではなく、世代と呼ばれる段階ごとに階段状に拡大を続けてきた。

ガラス基板のサイズと製造装置の構造についてみると、第四世代までは一つの部屋で一工程ずつ処理が行われていく方法を採用していた。これに対し、第五世代以降は、一つの部屋で複数の工程が達成されるようになった。さらに、第七世代に向けて大型化された装置は生産現場において占有するスペースが拡大したことに加え、道路交通法において一般道路を搬送できる限界に至ってしまった。そこで、第八世代以降はマルチチャンバと呼ばれる横型の装置から、設置スペースの狭小化を目的とした縦型の装置が開発されることとなった(図 5-6 参照)。

基板サイズが拡大したことによる装置の大型化は、すべて困難であったというわけ

ではない。しかし、たとえば、均一な膜の形成において従来の技術では対応が不可能となった第四世代から第五世代への転換は、新たな手法の導入が必要とされたため困難な開発となった。一方で、第五世代向けの装置の開発に関する調査では、次の点が明らかとなった。調査では、まず、第五世代向けの装置の開発にあたって、最も重視されていた四つの製品機能を優先順位の高い順番に回答してもらった。そして、それぞれの製品機能を達成する技術が、開発を開始した時点で、組織内部に存在していたかどうか。また、その技術が組織内部に存在していたのは、「先行開発が行われていた結果であるかどうか」を回答してもらった。調査の結果、第五世代向けの装置の開発では、最も重視されていた四つの製品機能の達成に必要とされた技術は、製品開発が行われた時点で、既に先行開発を経て組織内部に存在していたことが明らかとなった（表 5-1 参照）。以下、調査を行った四つの技術について、達成の重要度が高いと指摘された順番に従って、具体的に述べる。

まず、第五世代の製造装置を市場へ導入するにあたっての製品開発プロセスでは、「多機能化」と「切り替え運用」の達成が重視されていた¹⁰。多機能化とは、スパッタ室・加熱室・仕込み/取り出し室といった構成要素ごとに分かれていたガラス基板への処理を集約するという。つまり、一つの構成要素で複数の処理が行われるようにすることである。そして、切り替え運用とは、動力系の切り替え運用を達成し、ユーティリティの使用量を低減することである。たとえば、一式の加熱電源によって、二つの構成要素の電源を切り替えて運用し、使用される電力の無駄を省くといったケースが当てはまる。そして、以下に挙げる「多機能化」と「切り替え運用」の達成において最終的に使用された技術は、いずれも組織内部で既に先行開発が行われていた技術であった。

「多機能化」と「切り替え運用」の達成において、最も重要度が高いと考えられたのは、搬入・取出室においてガラス基板を加熱する機能である。スパッタリングを施すプロセスでは、成膜の質を高めるために、ガラス基板を成膜の前に加熱する必要がある。従来は、加熱室を別に設置していたが、搬入・取出と機能を集約することで、これまで使用していた加熱室を設置する必要がなくなり、製造コストを低減できるようになる。一方、生産性を向上させるために、加熱にかかる時間を短縮する必要があった。そこで、ランプヒーターの最適な配置を達成することによって、均一に加熱していくことと、加熱の速度をあげることが可能となった。さらに、電源の切り替え制御が最適化されたことによって、二つ存在する加熱機構を電源一つで切り替え使用することが可能となり、装置の使用におけるコストを低減することが可能となった。

「多機能化」と「切り替え運用」の達成において、次に重要と考えられた機能は、成膜室の中でガラス基板の位置を変えることによって、一つの成膜室において三層まで成膜を可能にする機能であった。従来は、一つの成膜室で一層の成膜を施していたため、積層の場合は、基板を異なる成膜室に移動させて成膜を行う必要があった。つまり、当

¹⁰ 電子ジャーナル別冊 (2007)『LCD 工場・装置・設備』電子ジャーナル社 238 ページ。

該機能が達成されたことによって、ガラス基板の搬出入や、搬送にかかる時間を短縮できることと、スパッタ室の数を削減することが可能となった。機能の達成にあたっては、一つの成膜室に複数のカソードを取り付ける、基板の位置を変更する、電源の切り替えを行う、ガラス基板を保持する部分に加熱を行うヒーターを設置する技術が必要とされた。

そして、三番目に挙げられた製品開発の課題は、大面積基板における膜質の均一化であった。第五世代に入るとガラス基板が一メートルを超えたため、電力をかけてもプラズマが局所的に偏ってしまい基板全体に広がらないという事態が発生し、基板内の膜質の均一性を維持するため、磁場の改良が必要となった。そこで、面積の拡大したガラス基板においても均一な成膜を達成するために、マルチマグネットカソードと呼ばれる方法を採用することとなった。マグネットカソードとは、金属からできた成膜材料であるターゲットの裏側にマグネットを配置したものである。図5-1に示されているように、スパッタリングとは、基本的に両極の間にプラズマを発生させ、イオンをターゲットにぶつけて、金属を削り出す仕組みとなっている。ただし、両極間にプラズマを発生させただけでは、電子密度が低いため、成膜に時間がかかってしまう。そこで、マグネットカソードを使用し、ターゲットの裏に配置されたマグネットの磁界に電子を囲い込み、両極間にプラズマを発生させた場合と比べて、電子密度を高めた。その結果、イオンがターゲットに衝突する確率が上がり、成膜の速度が増すことになった¹¹（図 5-7 参照）。

従来のガラス基板には、シングルマグネットカソードを採用していたが、ガラス基板の拡大に伴って、シングルでは最適な磁場を形成することが困難となった。そこで、ターゲットの使用効率がよく、基板に均一な成膜を達成することの可能なマルチマグネットカソードが採用されることとなったのである。シングルの場合、ターゲットの裏に配置されるマグネットは一つとなり、それを揺動させることによってターゲットの使用効率を上昇させる（図 5-8 参照）。これに対し、マルチマグネットカソードは、マルチ（多連）のマグネットを使用する。多連の場合も、ターゲットの使用に偏りが生じてしまうことを防ぐため、マグネットを誘動させることによって、使用効率を上昇させる。マルチマグネットカソードの採用にあたって必要とされた、複数のマグネットを使用して磁場を形成し、電子を囲い込む技術については、製品開発プロセスが行われた時点において、組織内部で既に先行開発が行われていた。ただし、第五世代向けの装置の開発にあたっては、多連のマグネットを新規に設計する必要があったことや、成膜の均一性を得るための磁場の最適化をはかる必要があったことなどから、商品化に至るまでの検証は非常に困難なプロセスであった。また、先行開発で扱われていたケースに比べ、マグネットの数をさらに増加させなければならなかったため、パワーの偏りなどを解決するための検証が必要となり、開発プロセスは困難なものとなった。

¹¹ 株式会社アルバック（2007）『よくわかる真空技術』日本実業出版社 114~115 ページ。

さらに、四番目に重視された技術として、ガラス基板を処置室へ搬出入する時間の短縮のために、従来のシングルアームに代わり、ダブルアームによる真空ロボットでの搬送が達成された。当該ロボットによる搬送の達成にあたっては、搬送を最適に制御するプログラム、停止の精度、各処理室での基板の受け渡し機構が、新たな技術を必要とした部分となる。

以上、これら四つの機能を達成するための技術が、製品開発を行った時点で、既に組織内部に存在していたことになる。

2000 年前後以降、開発の開始から納期までの時間が短縮され、コスト削減への要求が強まる中でも、上述のように、アルバック社が顧客からの要求に応え続け、市場シェアを伸ばし続けることができたのはなぜか。この問いへの回答として、本研究では、同社が、スパッタリング装置の製品開発プロセスにおいて、ガラス基板の拡大に伴って発生する新たな技術的課題に応え続けてきたことを挙げた。そして、こうした厳しい環境において、技術的に困難な課題に直面していた中でも、追及する機能が達成されていた具体例として、第四世代から第五世代へのガラス基板の世代交代時期に行われた、製品開発の例を取り上げた。

こうした困難をなぜ克服できたのか。アルバック社では、SMD シリーズの開発の開始時点でも、半導体向けの製品の研究開発で蓄積された技術シーズを活用して、枚様式スパッタ装置の市場に早期の参入を果たしていた。同様に、同社では、ガラス基板の世代間で発生するさまざまな問題に対し、組織内部の多様な技術シーズを活用することで、解決策を発見していたケースが多々存在していた。また、マネジメントも、製造装置の供給において顧客との長期的な関係を維持するために、顧客からの多様な要求に応え続ける必要性を強く認識していた。そして、研究開発の現場では、可能な限りエンジニアの能動的探索を促進する仕組みづくりに努めていた。

以上から、本章では、アルバック社において、多様な技術シーズが蓄積されることを意識し、組織的な仕組みづくりとマネジメントの努力が重ねられてきた点に、競争優位性を維持できた根拠があると結論づける。最後に、次節では、アルバック社のケースに基づいて、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服するために、能動的探索を推進する意義についてまとめる。

<表 5-1. 第五世代向け装置の製品開発において達成が重視された機能>

<図 5-7. マグネットカソード>

<図 5-8. シングルマグネットカソードとマルチマグネットカソード>

5-6. 能動的探索と知識の蓄積

アルバック社の研究開発や製品開発を受動的と能動的という探索パターンで整理すると、次ようになる。研究開発の場合、基礎研究ではテーマ設定の権限がエンジニア

に委譲されているため、問題は能動的に認識され、問題解決プロセスに対する制約は少ない。これに対し、応用研究では顧客からの要求を満たすことを目的として、トップダウンで方向性が示されていくため、問題は受動的に認識される。そして、製品開発では、顧客の要求を迅速に達成することが求められている。つまり、問題は受動的に認識され、問題解決プロセスに対する時間的な制約は厳しい。アルバック社における研究開発と製品開発の探索をこのように分類すると、同社のマネジメントが注力していたのは、能動的探索を推進し、知識蓄積に努めることであったと考えられる。

上述したように、アルバック社がスパッタリング装置を供給している LCD 業界では、近年、ガラス基板の拡大スピードが加速してきた。図 5-4 では、ガラス基板の世代交代の期間が、2000 年前後から短縮されてきている現状を確認できる。さらに、生産拠点が台湾から中国へと移行する傾向も強まり、コスト削減への要求が高まっている。こうした外部環境の制約が強まることは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させる。しかし、ガラス基板の世代交代のタイミングにおいて、アルバック社が市場シェアを低下させることはなかった。そして、同社が市場シェアを拡大してきた一因として、本章では、研究開発において能動的探索を推進する仕組みが機能していたためと説明した。

本節冒頭の探索の整理において示したように、アルバック社の場合、受動的探索は、主に既存顧客の要求に応えるための解決策を発見することが目的となっていた。既存顧客からの要求は、時間やコストの削減に対するプレッシャーが強くとも、対応せざるを得ない課題である。これに対し、能動的探索は、喫緊の問題を解決するために行われるわけではないため、さまざまな理由によって、回避することも可能である。

一方、マネジメントは、研究開発を通じて蓄積される技術シーズの多様化が、業界における高い不確実性を吸収するとの論理に従い、「選択と集中をしない」という見解を共有していた。そして、基礎研究において、エンジニアに研究テーマの決定権を移譲すること。基礎研究では、研究開発の成果に対する責任を可能な限りエンジニアに問わないこと。トップ・マネジメントから組織メンバーに対し、組織内部に多様な技術を確保しておく重要性について、反復的に一貫したメッセージを伝達することが実行されていた。その実行にあたっては、商品化の目途が立たない技術であっても切り捨てない。研究開発における技術の棚卸を行わない。真空技術をコアとしつつも基礎研究の方向性は、ボトムアップにより決定されるといった方法を通じて、能動的探索が推進され、知識を蓄積する機会が確保されてきた。

アルバック社では、製造装置を開発する場合、幅広い技術を有していなければ、顧客の信頼には応えていくことができないため、基礎研究の継続性を重視してきたことが指摘されている。以下は、この点について、同社を対象としたインタビューで得られたコメントである。

「現実問題として忙しいですから、時間がかかったり、ものにならない技術はちょっと置いてあるんですよ。ただ、やめるということはしない。また再開できる格好で置いておけばいいよと。残しておけばいいんじゃないかと。やったことは、いつかは日の目を見erると思って、ちゃんと保存しておくことが重要なんですね。生産装置というのは、すごく広い技術が必要なんです。実験なら何回か成功すればできたと言えるんですよ。でも、生産装置というのは、一万枚ガラス基板が動いてそのうちの一枚が割れたら怒られるわけですからね。いかに、信頼性のある技術、余分な、積み重ねてある、ミスの少ない技術をつくらなければいけないかということですよ。」

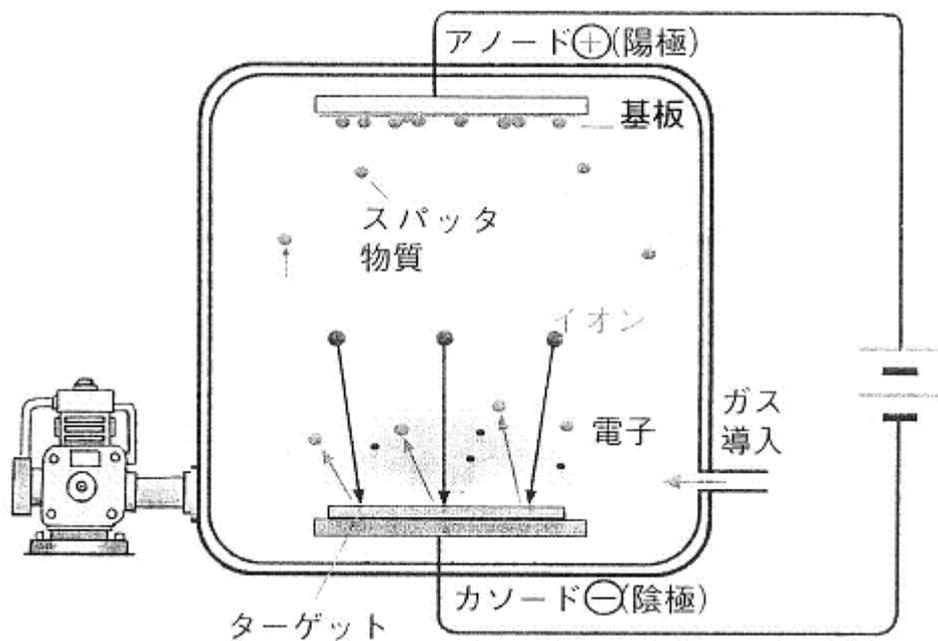
こうした見解から、マネジメントも、一度スタートさせた研究開発のテーマは、利益貢献がない場合でも、当初と研究目的が乖離してしまったとしても、開発の真髄を維持しながら継続させるという姿勢をとってきた。研究内容が基礎的なテーマになるほど、継続を実現するには定期的な評価が障害となる。組織のパフォーマンスに対し、即時的には貢献しない研究テーマをエンジニアに担当させると、喫緊のテーマで人的資源が不足してしまう可能性もある。したがって、同社では、解決の緊急性が高い問題解決プロセスで人的資源が不足してしまう場合、緊急性の低い研究開発プロジェクトを一時的に休止させ、可能なタイミングで再開させるというプロセスが選択されることもある。研究開発プロジェクトが道半ばで完全に終了してしまうと、それまでプロジェクトに投資されてきた費用をまったく回収できずに終わってしまうことになる。したがって、休止期間という選択肢が存在することによって、蓄積されてきた知識を活用する可能性が、存続していくことになる。外部環境からは、コストや時間の強いプレッシャーを受けていたため、このような仕組みがなければ、研究開発においても喫緊の問題の解決が重視され、受動的探索へと偏重していったらう。しかし、アルバック社は、能動的探索を推進していくことで知識が蓄積される機会を確保し、蓄積された知識を用いて顧客ニーズに応え続けることを達成したと結論づける。

5-7. 本章の小括

本章では、アルバック社の LCD 向けスパッタリング装置のケースを取り上げ、能動的探索を推進する方法を明らかにした。液晶製造装置業界で分析対象としたスパッタリング装置に対しては、主要顧客として台湾勢が台頭してきたことや、ガラス基板の拡大が加速したことから、研究開発に対するコスト削減と時間短縮のプレッシャーが強まっていた。その結果、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、先鋭化していた。しかし、アルバック社では、三つの仕組みを通じて能動的探索を推進し、知識の蓄積を怠らず、顧客の要求に迅速に応え続けることで、市場シェアを向上させていった。三つの仕組みとは、具体的には、基礎研究に従事するエンジニアに裁量権を持たせること。基礎研究に対しては、可能な限り短期的な観点に基づく成果主義を適用しないこと。組織全

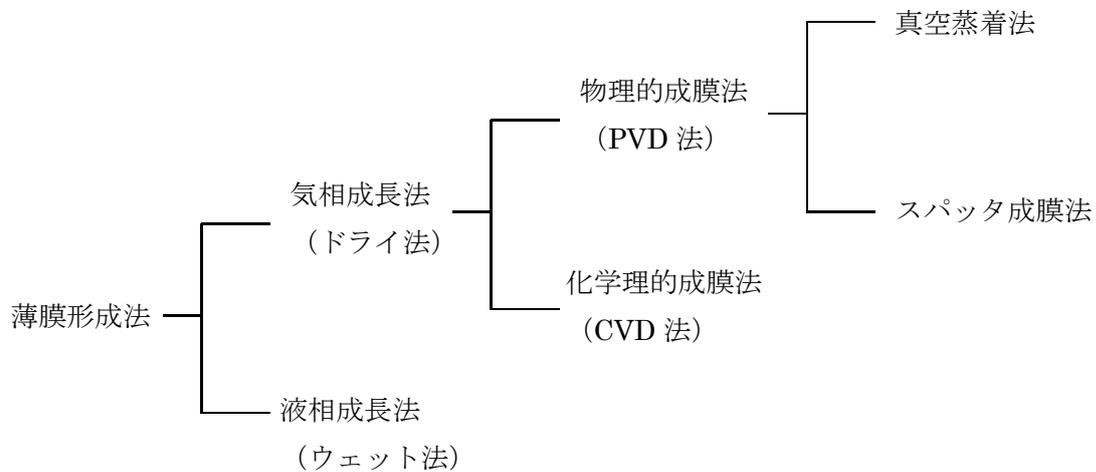
体に多様な代替案を蓄積しておくことの重要性を徹底して認識させることである。こうして能動的探索が推進されると、多様な知識が組織に蓄積され、製品開発において受動的探索が行われた場合に、組織内部の技術シーズを活用し、迅速に製品開発を進められる可能性が高まっていたことを明らかにした。

図 5-1. スパッタリングの仕組み



出所：株式会社アルバック (2007)『よくわかる真空技術』日本実業出版社 115 ページより抜粋。

図 5-2. 薄膜の形成方法

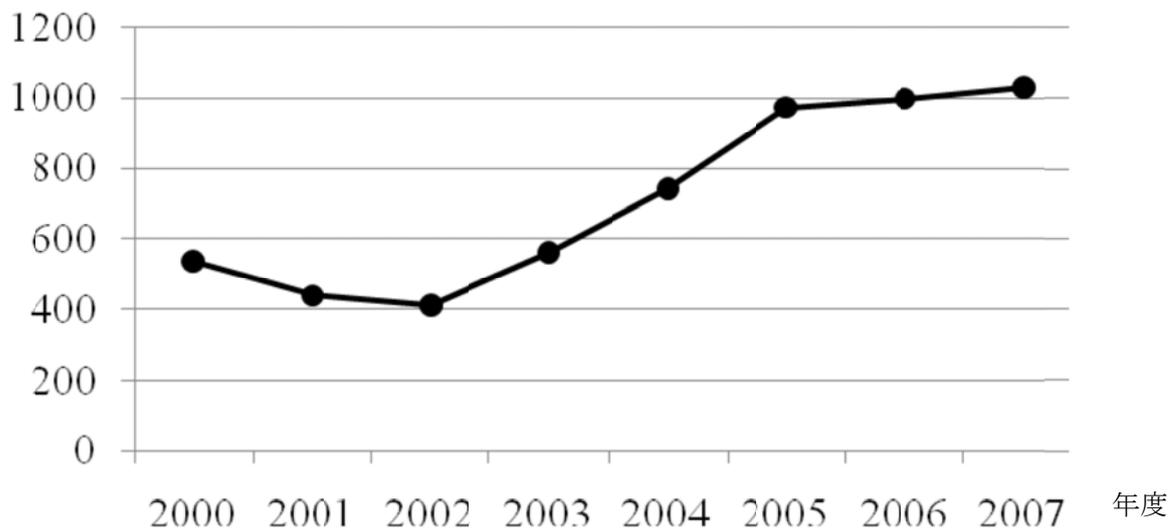


出所：株式会社アルバック (2007)『よくわかる真空技術』日本実業出版社 113 ページに基づいて筆者作成。

図 5-3. スパッタリング装置市場について

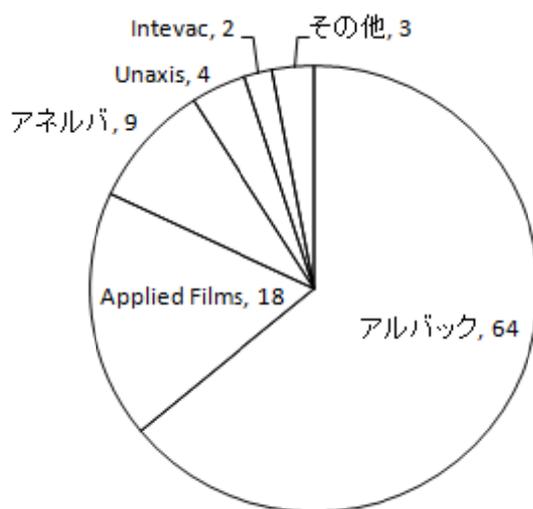
(1) 市場規模の推移

市場規模（億円）

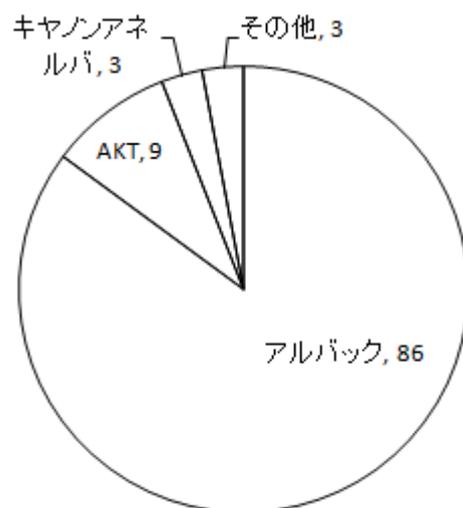


(2) 企業別市場シェア（2003 年度・2007 年度）

2003 年度（%）

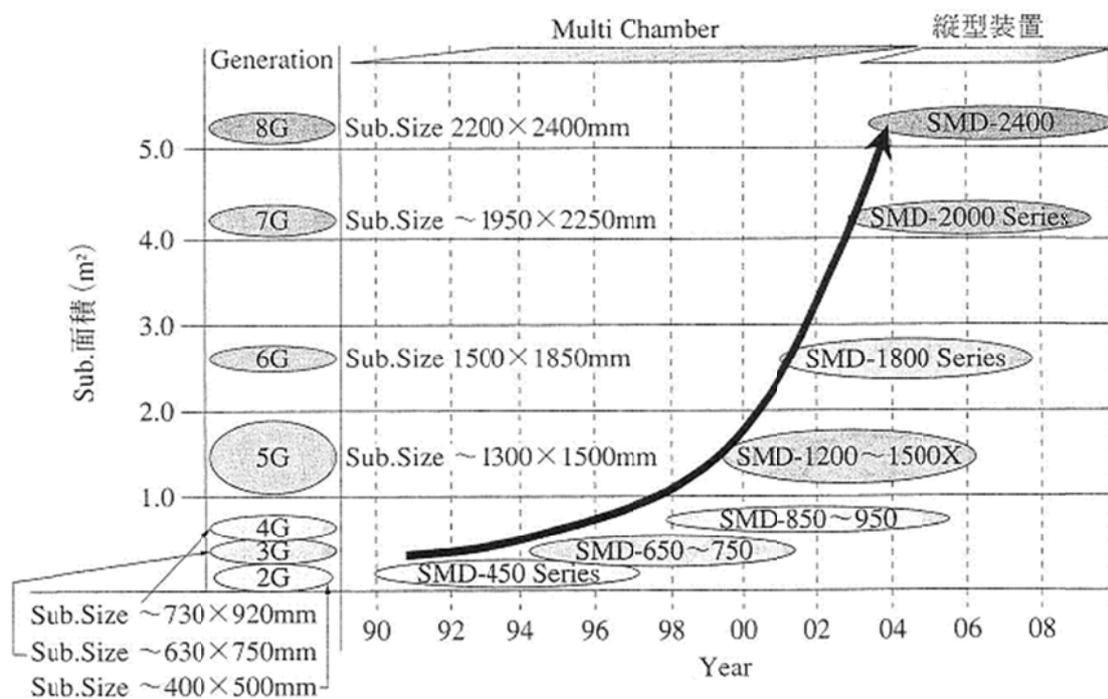


2007年度 (%)



出所：電子ジャーナル(2005)『2005 LCD 製造装置データブック』・(2008)『2009 LCD 製造装置データブック』の資料に基づき筆者作成。

図 5-4. ガラス基板の拡大とスパッタリング装置



出所：電子ジャーナル別冊 (2007) 『LCD 工場・装置・設備』電子ジャーナル社 237 ページ。

図 5-5. 製品開発と研究開発の関係

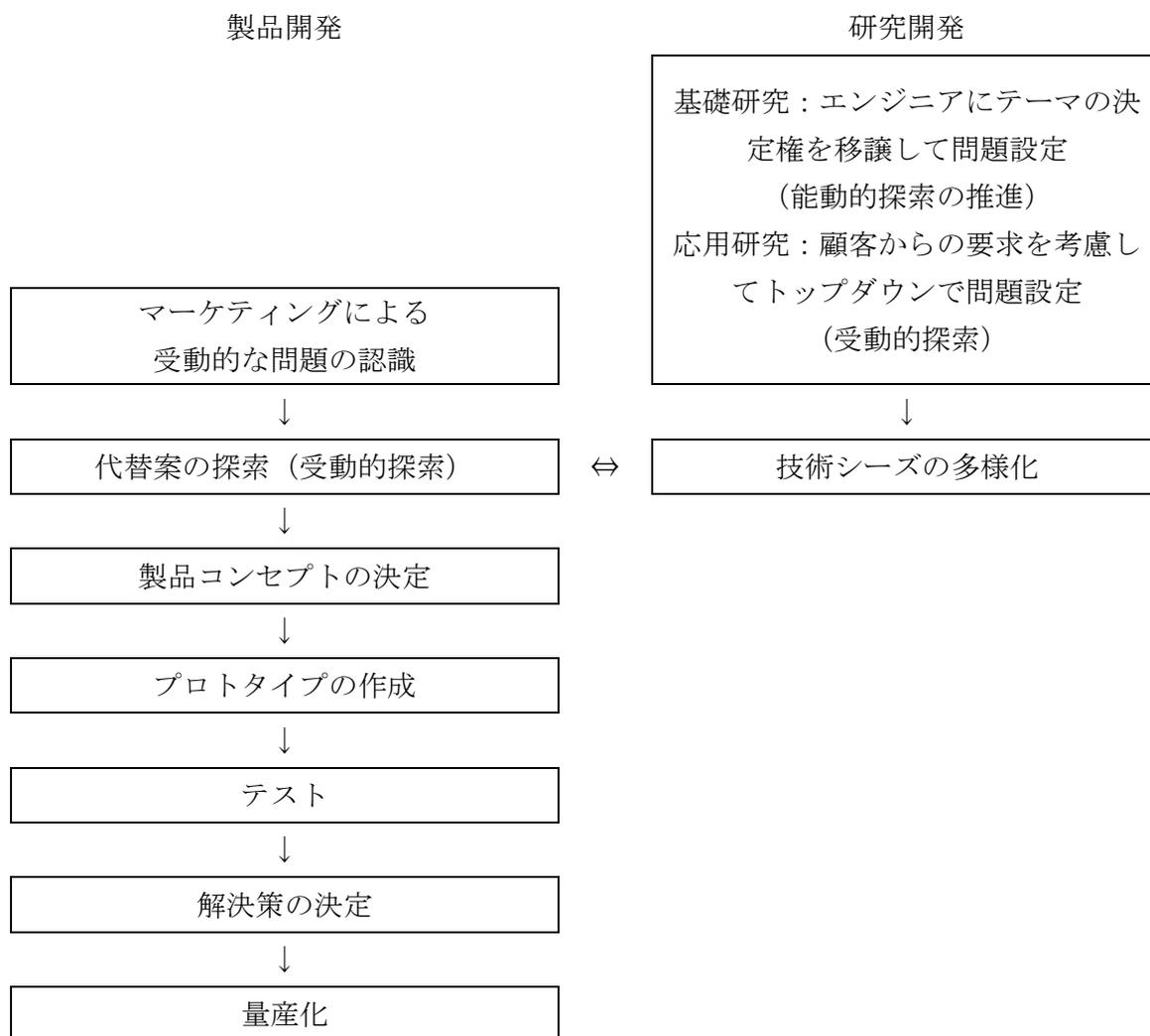
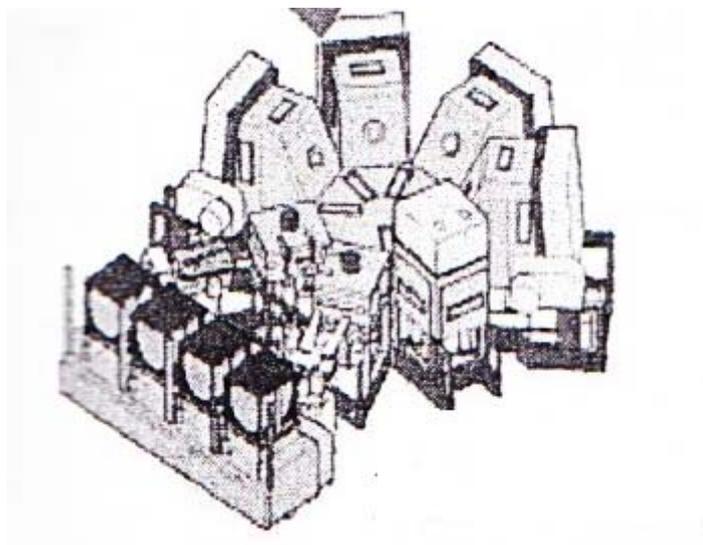


図 5-6. スパッタリング装置のタイプ

(1) マルチチャンバ



出所：電子ジャーナル別冊 (2007) 『LCD 工場・装置・設備』 電子ジャーナル社 238 ページ。

(2) 縦型の枚様式スパッタリング装置



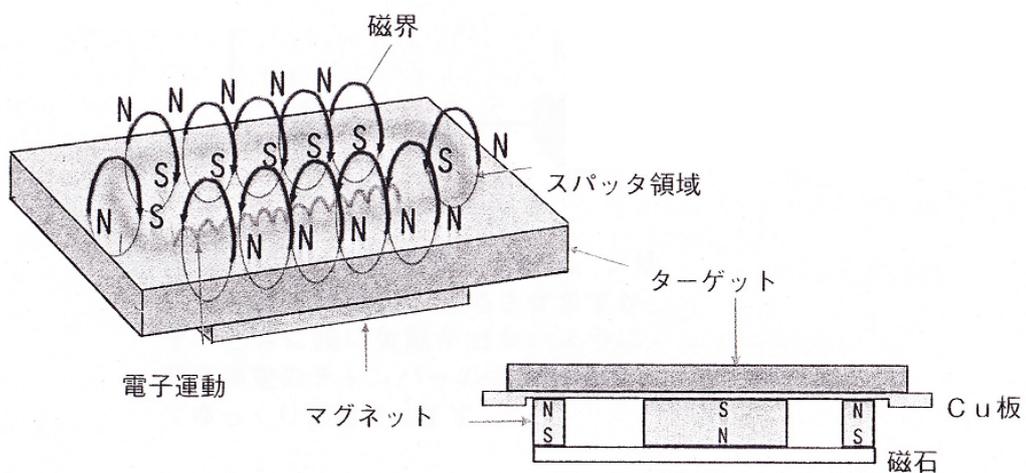
出所：株式会社アルバック・コーポレート・プロフィールより。

表 5-1. 第五世代向け装置の製品開発において達成が重視された機能

	重視された製品機能	重視された製品機能を達成するために必要とされた技術
1	搬出入室において、ガラス基板を過熱	搬出入室に最適な配置でランプヒーターを設置
2	一つの成膜室において、複数の層の成膜を行う	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成膜室にカソードを三つ取り付ける ・ ガラス基板の位置を三方向に変える機構 ・ 電源を切り替える機構
3	大面積のガラス基板における膜質の均一化	<ul style="list-style-type: none"> ・ マルチマグネットを使用した磁場の形成 ・ 膜を均一化するための磁場の最適化 ・ マグネットを揺動させる機構
4	ダブルアームによるガラス基板の搬出入	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガラス基板の搬送を最適化する制御プログラム ・ ダブルアームの動きを停止する場合の精度を上げるプログラム ・ 各処理室において、ダブルアームでガラス基板を受け渡しする機構

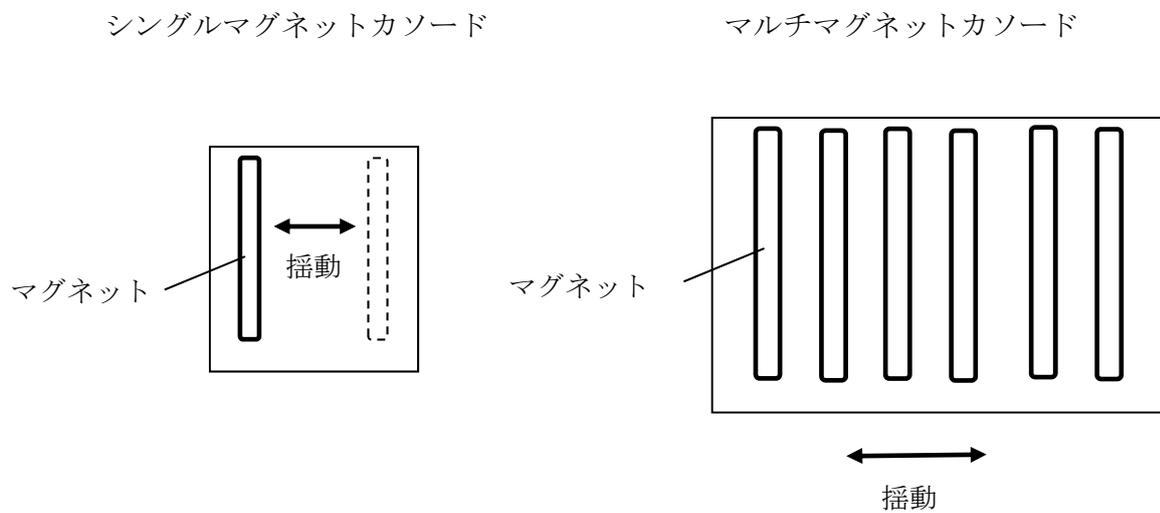
出所：株式会社アルバック提供資料を基に筆者作成。

図 5-7. マグネットカソード



出所：株式会社アルバック (2007)『よくわかる真空技術』日本実業出版社 115 ページより抜粋。

図 5-8. シングルマグネットカソードとマルチマグネットカソード



出所：株式会社アルバック提供資料を基に筆者作成。

6. 結論

本節では、問題意識に対する本研究の結論をまとめる。本研究の問題意識は、ロードポートとスパッタリング装置のメーカーが、顧客との間に構築した信頼関係を武器にして、グローバル競争の激化や技術進歩の加速によって先鋭化した「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」をどのように克服していったのかという点にあった。この点について、ケーススタディから明らかになった本研究の結論をまとめる。そして、本研究の目的であった、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法を明らかにするという点について、本研究の論理をまとめる。また、本研究の結論が、学問的にどのような貢献を果たしたのか、実務家にどのような示唆を提供しうるのかという点について述べる。そして、最後に、本研究の課題と今後の研究の方向性について述べる。

6-1. 本研究の結論

本研究の目的は、企業の研究開発プロセスにおける探索に焦点をあて、企業が探索活動で直面する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の要因と帰結、およびその克服方法について、理論的考察を加え、マネジメントに示唆を提供することであった。「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は、従来から存在する組織の根源的な問題だが、外部環境が不確実あるいは変動的な場合、より先鋭化する。そして、実際に、新興国の台頭や、技術進歩の加速に直面し、この先鋭化したトレードオフの克服を課題としている企業は増加している。このため、先鋭化する下での「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法を明らかにすることは、現代の企業のマネジメントにおいて、重要な課題と言えるだろう。

本研究で分析対象とした、半導体・液晶の製造装置関連業界は、まさにこうした「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の先鋭化に直面している業界である。半導体製造装置業界で分析対象として取り上げたロードポートは、標準品となった。このため、ロードポートメーカーは、市場からの価格引き下げの要求に直面しながら、製品差別化のポイントを模索する必要性が生じた。また、液晶製造装置業界で分析対象としたスパッタリング装置に対しては、主要顧客として台湾勢が台頭してきたことや、ガラス基板の拡大が加速したことから、研究開発に対するコスト削減と時間短縮のプレッシャーが強まっていた。

しかし、ロードポートとスパッタリング装置のメーカーは、こうした状況においても、顧客との間に構築した信頼関係を武器に知識蓄積の機会を創出し、先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服していった。これを可能とした、彼らの強さはどのように説明されるのか。これが、本研究の問題意識であった。そして、この問題意識に対し、本研究では、二つのケースを通じて、トレードオフの克服方法を次のように示していった。

その方法とは、ロードポートメーカーの場合、最終顧客との間に信頼関係を構築し、将来の製品に対する要求を聞き出していたことである。ロードポートメーカーは、製造装置メーカーを直接の顧客、半導体デバイスメーカーを最終顧客としている。最終顧客から将来の製品に関する要求が示されることで、直近で解決すべき問題だけでなく、今後、必要とされる技術の探索へと組織メンバーの関心がむけられる。その結果、受動的探索への偏重が克服されていくことになる。また、最終顧客から提示された将来的な製品への要求に基づいて、能動的に問題が認識されると、直接の顧客から製品が発注される前に、必要とされる技術の開発が開始されることになる。そして、直接の顧客からの指示で受動的に問題が認識された時点で、既に組織内部に必要な技術が用意されている可能性も高まり、直接的な顧客への対応の速度は増すことを示す。つまり、最終顧客から得た情報を活用して、ロードポートメーカーのエンジニアは、能動的かつ効果的に研究開発のテーマを設定することができた。そして、直接の顧客である製造装置メーカーから具体的な発注があった場合、発注された製品を開発するために必要な技術を探ると(受動的探索)、組織内部に技術シーズが蓄積されている可能性が高まっていった。

アルバック社の場合、エンジニアが能動的に問題を認識できる機会を創出するために、三つの仕組みが備わっていた。具体的には、基礎研究に従事するエンジニアに裁量権を持たせること。基礎研究に対しては、可能な限り短期的な観点に基づく成果主義を適用しないこと。組織全体に多様な代替案を蓄積しておくことの重要性を徹底して認識させることである。この三つの仕組みによって、能動的探索が推進されると、多様な知識が組織に蓄積され、製品開発において問題解決のための代替案の探索が行われた場合に(受動的探索)、組織内部の技術シーズを活用し、迅速に製品開発を進められる可能性が高まる。つまり、基礎研究の継続性が保たれ、その結果として、多様な知識の蓄積が促進されていた。そして、多様な知識の蓄積は、顧客の要求に長期にわたって応え続けるという対応を可能にしていた。

以上に示したロードポートメーカーとアルバック社の取り組みから、トレードオフが先鋭化する状況では、知識の蓄積を継続させる仕組みを有することが重要であるとわかる。その仕組みとは、ロードポートの場合、最終顧客からの情報提供によって、受動的探索への偏重を回避したことであり、スパッタリング装置の場合、能動的探索を推進する三つの仕組みであった。これらの仕組みは、喫緊の問題の解決に偏重しがちな傾向を打破し、知識の蓄積を推進していた。先鋭化されていたトレードオフを克服する方法として明らかにした、これらの仕組みが、本研究の問題意識に対する結論である。本研究の問題意識は、先鋭化する「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」に直面しながらも、ロードポートメーカーとアルバック社が、顧客との間に構築した信頼関係を武器に市場シェアを維持できた理由とは何かを明らかにすることにあつた。どちらの企業も、蓄積された知識を活用して、顧客の要求に迅速に対応し続けてきたことによって、それぞれの顧客との間に継続的な取引関係を形成していった。そして、両社が、コスト削減や時

間短縮のプレッシャーの下で、知識の蓄積を達成できたのは、上記の仕組みを有していたためである。これが、本研究の問題意識に対する結論となる。

本研究の問題意識に対して明らかにした上記の結論から、本研究の目的であった、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法については、次のような論理が導出される。すなわち、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服には、知識の蓄積を可能にする能動的探索を推進する仕組みを備えていることが有効であるという論理である。

さらに、本研究の結論は、どのような学問的貢献を果たし、実務家への示唆を提供するのかについて述べる。

まず、一つめの学問的貢献として、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法を明らかにするために、探索という切り口が有効であることを示した点が挙げられる。探索という切り口が有効となるのは、探索が、知識の獲得という機能を備えているためである。探索は、既存研究において「代替案の発見プロセス」と定義されてきた。一方、探索に関する議論は、「知識の獲得」に関する内容へと深まりを見せてきた。本研究では、既存研究のレビューから、探索に関するこうした議論の深まりを明らかにした。そして、本研究では、さらに議論を深めて、能動的と受動的という探索の分類を提示して、企業の探索活動を整理した。研究開発の担当者が、研究テーマとなる問題を自ら発見する場合を能動的と定義した。担当者が能動的に問題を発見した場合、その解決のための代替案を探ることが、能動的探索である。能動的探索が行われると、探索範囲が拡大し、知識の蓄積が進む。しかし、コストや時間のプレッシャーが強まり、問題解決が重視されると、能動的探索の機会が減少し、知識の蓄積が滞る。このため、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法として、能動的探索の推進が有効となる。能動的と受動的という探索の分類が、他の製品にも適用できる概念であるかどうかは、さらなる知見の蓄積が求められる。この点については、次節で本研究の課題として取り上げる。

また、もう一つの学問的貢献として、Duncan (1967) と Tushman and O'Reilly (1996) を嚆矢とした一連の両刀使いの組織の研究に対し、両刀使いの組織の形成に貢献しうる可能性のある条件を提示する。本研究で明らかになった「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法は、コストや時間の制約が厳しい環境下でも、能動的探索を推進する仕組みを持つことで、知識蓄積の機会を確保していくというものであった。これは、両刀使いの組織であるためには、基礎研究の機能を担う独立した部門を設けるべきだと指摘した、Duncan (1967) や Tushman and O'Reilly (1996) の指摘に対する反論ではない。Duncan (1967) や Tushman and O'Reilly (1996) の指摘は、基礎研究所の有効性を論理的に明らかにした。一方で、本研究で分析の対象となった製品の場合、ロードポートのメーカーの場合、製品開発と研究開発は、同じ現場で同じメンバーによって、同時に進められていた。また、スパッタリング装置の場合、応用研究を兼務しながら、基礎研究を

断続的に進めてもらうというケースが確認されている。この点において、基礎研究は、独立した組織で進められていたわけではない。基礎研究に専属で人材を配備できない限り、喫緊の問題の解決を優先させなければならない事態が生じると、基礎研究による知識蓄積は後手に回る。こうした状況下でも、分析対象の企業では、短期的視点に陥らない知識の蓄積を継続してきた。そして、ビジネスでも、結果を出してきた。それを可能にしている、組織的な仕組みとは何か。この問題意識に対する回答が、二つのケースで明らかにしてきた、それぞれの組織の仕組みである。したがって、本研究で明らかにした「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を克服する方法が、両刀使いの組織の形成に貢献する可能性を示したことが、本研究の二つめの学問的貢献である。

最後に、本研究の結論から、実務家に対しては、基礎研究において一つのテーマの研究開発を継続させることの重視性が示唆される。「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」は先鋭化しており、基礎研究に対しても、研究開発費の抑制に対するプレッシャーが強まっている。あるいは、研究開発費に対する費用対効果の検証が、求められている。したがって、基礎研究といえども、成果の目途の立ちにくいプロジェクトを継続させることは困難である。しかし、基礎研究において一度開始したテーマを断念すると、知識の蓄積が停止してしまう。この影響は、将来的な関連知識の蓄積も阻害するという意味で、長期に及ぶ。すなわち、組織に蓄積される知識を多様化するための一つのルートが、閉ざされることになる。その結果、組織は、環境の変化に対し脆弱となる。こうした影響を踏まえると、基礎研究において一つのテーマを継続させることが、現代のマネジメントには、かつてより強く求められることになるだろう。

6-2. 本研究の課題と今後の研究の方向性

本節では、本研究の課題と今後の研究の方向性について述べる。先鋭化されたトレードオフの克服方法について、産業間比較を行う必要があることと、先鋭化された「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」の克服方法に関して、定量分析による立証を行うことが望ましいという点について述べる。

まず、本研究で明らかになった論理を異なる産業の企業についての検証し、比較していくことが必要である点について述べる。本研究で分析の対象となったのは、半導体と液晶の製造装置業界である。これらの業界は、新興国の台頭が目覚ましいことや、技術進歩が加速していくことといった、外部環境の変化が激しいという特性を持つ。それは、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」が先鋭化されていく状況にあることを意味しているため、本研究の問題意識に沿ったサンプルであったと言える。しかし、本研究で取り上げた二つのケースは、ともに製造装置に関連している。したがって、本研究の結論が、製造装置という製品に特有の特性という可能性はある。こうした懸念への今後の対応策として、本研究のケースから明らかにされた示唆が、他の産業の企業にも適用できるかどうかを確認する必要がある。その確認のためには、分析対象を他の業界にまで広

げて、ケーススタディによる知見の蓄積を続けていく必要がある。そして、多様な業界におけるケーススタディの蓄積から、「問題解決と知識蓄積のトレードオフ」を先鋭化させている要因を整理することと、明らかになった要因と、それを克服する方法には、法則性があるのかどうかの考察を積み重ねていく必要があるだろう。

また、本研究では、問題意識に対して、ケーススタディに基づいて結論が導出されている。この結論をより一般化するために、導出された結論を定量分析で立証することが望ましい。ケーススタディから明らかにされた関係は、次のような論理である。能動的探索を推進する仕組みは、知識の蓄積に貢献していること。すなわち、研究開発において、開発担当者が自ら問題設定を行った場合、知識の蓄積が進むこと。そして、知識の蓄積が進むことで、製品開発において顧客の要求に迅速に対応することができる。その結果、顧客との長期的な信頼関係が形成されるため、市場シェアが維持されていくという論理である。ケーススタディからは、能動的探索を推進するそれぞれの組織の仕組みが明らかにされた。しかし、こうした仕組みは、産業や組織ごとに多様であつめ、定量分析にあたっては、さらにフィールド調査を継続して、能動的探索の推進に寄与する要因について、複数の組織に共通する要因を発見し、「仕組み」の定量をどのように行うか精緻な検討が必要であろう。また、蓄積される知識の多様性が、市場の成果に結びつくまでには、かなりのタイムラグが発生するケースを考慮して、分析手法を選択する必要があるだろう。

参考文献

- Albert, Michael B., Daniel Avery, Francis Narin, and Paul McAllister (1991), "Direct Validation of Citation Counts as Indicators of Industrially Important Patents," *Research Policy*, No.20, Vol.3, pp.251-259.
- Alexander, Christopher (1966), *Notes on the Synthesis of Form*, Cambridge: Harvard University Press. (稲葉武司訳 [1978] 『形の合成に関するノート』 鹿島出版会。)
- Baldwin, Carliss Y. and Kim B. Clark (2000), *Design Rules: Volume 1. The Power of Modularity*, Cambridge: The MIT Press. (安藤晴彦訳 [2004] 『デザイン・ルール—モジュール化パワー—』 東洋経済新報社。)
- Benner, Mary J. and Michael Tushman (2002), "Process Management and Technological Innovation: A Longitudinal Study of the Photography and Paint Industries," *Administrative Science Quarterly*, Vol.47, No.4, pp.676-706.
- Brown, Shona L. and Kathleen M. Eisenhardt (1997), "The Art of Continuous Change: Linking Complexity Theory and Time-paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations," *Administrative Science Quarterly*, Vol.42, No.1, pp.1-34.
- Brown, Clair and Greg Linden (2009), *Chips and Change*, Cambridge: The MIT Press.
- Burgelman, Robert A. (1994), "Fading Memories: A Process Theory of Strategic Business Exit in Dynamic Environments," *Administrative Science Quarterly*, Vol.39, No.1, pp.24-56.
- Burgelman, Robert A. and Leonard R. Sayles (1986), *Inside Corporate Innovation: Strategy, Structure, and Managerial Skills*, New York: The Free Press. (小山和伸・海老沢栄一訳 [1987] 『企業内ベンチャー：社内ベンチャー成功への戦略組織化と管理技法』 ソーテック社。)
- Burns, Tom and George M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, London: Tavistock Publication.
- Burt, Ronald (1992), *Structural Holes: the Social Structure of Competition*, Cambridge: Harvard University Press. (安田雪訳 [2006] 『競争の社会的構造：構造的空隙の理論』 新耀社。)
- Caballero, Ricardo J. and Adam B. Jaffe (2002), "How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth," in Adam B. Jaffe and Manuel Trajtenberg (eds.), *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Ecology*, Cambridge: The MIT Press, pp.89-152.
- Carter, Charles F. and Bruce R. Williams (1958), *Investment in Innovation*, London: Oxford University Press. (陸井三郎訳 [1960] 『技術革新と投資』 紀伊国屋書店。)
- Chesbrough, Henry W. (2003), *Open Innovation*, Boston: Harvard Business School Press. (大

- 前惠一朗訳 [2004] 『オープン・イノベーション』 産業能率大学出版部。)
- Christensen, Clayton M. (1999), *Innovation and the General Manager*, Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Clark, Kim B. and Takahiro Fujimoto (1991), *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston: Harvard Business School Press. (田村明比古訳 [1993] 『製品開発力』 ダイヤモンド社。)
- Cohen, Wesley M. and Daniel A. Levinthal (1990), “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, No.1, pp.128-152.
- Coleman, James S. (1988), “Social Capital in the Creation of Human Capital,” *The American Journal of Sociology*, Vol.94, Supplement, pp.95-120.
- Cyert, Richard M. and James G. March (1963), *A Behavioral Theory of the Firm*, Englewood Cliffs: Prentice Hall. (井上恒夫訳 [1967] 『企業の行動理論』 ダイヤモンド社。)
- Davis, Jason P, Kathleen M. Eisenhardt, and Christopher Bingham (2009), “Optimal Structure, Market Dynamism, and the Strategy of Simple Rules,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.54, No.3, pp. 413-452.
- 電子ジャーナル社 (1994) 『半導体データブック 1994』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル社 (1999) 『半導体データブック 1999』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル社 (2000) 『半導体データブック 2000』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル社 (2001) 『半導体データブック 2001』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル (2005) 『2005 LCD 製造装置データブック』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル (2008) 『2009 LCD 製造装置データブック』 電子ジャーナル社。
- 電子ジャーナル別冊 (2007) 『LCD 工場・装置・設備』 電子ジャーナル社。
- Dosi, Giovanni (1982), “Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change,” *Research Policy*, Vol.11, No.3, pp.147-162.
- Duncan, Robert B. (1967), “The Ambidextrous Organization: Designing Dual Structures for Innovation,” Ralph H. Kilmann, Louis R. Pondy, Dennis P. Slevin ed., *The Management of Organization*, New York: North-Holland, pp.167-188.
- Eisenhardt, Kathleen M. and Behnam N. Tabrizi (1995), “Accelerating Adaptive Processes: Product Innovation in the Global Computer Industry,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.40, No.1, pp.84-110.
- Fleming, Lee and Olav Sorenson (2001), “Technology as a Complex Adaptive System: Evidence from Patent Data,” *Research Policy*, Vol.30, No.7, pp. 1019-1039.
- Fujimoto, Takahiro (1999), *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*, New York: Oxford University Press.
- 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」 CIRJE-J-78。

- Gavetti, G. and D. Levinthal (2000) “Looking Forward and Looking Backward: Cognitive and Experiential Search,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.45, No.1, pp.113-137.
- Gibson, Christina B. and Julian Birkinshaw (2004), “The Antecedents, Consequences, and Mediating Role of Organizational Ambidexterity,” *Academy of Management Journal*, Vol. 47, No. 2, pp. 209-226
- Granovetter, Mark (1973), “The Strength of Weak Tie,” *American Journal of Sociology*, Vol.78, No.6, pp.1360-1380.
- Gupta, Anil K., Ken G. Smith, and Christina E. Shalley (2006), “The Interplay between Exploration and Exploitation,” *Academy of Management Journal*, Vol.49, No.4, pp.693-706.
- Hall, Bronwyn H., Adam B. Jaffe, and Manuel Trajtenberg (2002), “The NBER Patent-Citations Data File: Lessons, Insights, and Methodological Tools.” in Adam B. Jaffe and Manuel Trajtenberg (eds.), *Patent, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Ecology*, Cambridge: The MIT Press, pp.403-459.
- Hansen, Morten T. (1999), “The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.44, No.1, pp.82-111.
- Hausman, Jerry, Bronwyn H. Hall, and Zvy Griliches (1984), “Econometric Model for Count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship,” *Econometrica*, Vol.52, No.4, pp.909-938.
- Haveman, Heather A. (1993), “Organizational Size and Change: Diversification in the Savings and Loan Industry after Deregulation,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.38, No.1, pp.20-50.
- 林義宣 (2003) 「第 4 章 SEAJ の活動」小宮啓義 監修『グローバルスタンダードへの挑戦—300mm 半導体工場へ向けた標準化の歴史』SEMI ジャパン 67～79 ページ。
- Henderson, Rebecca M. and Kim B. Clark (1990), “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, No.1, pp.9-30.
- Iansiti, Marco (1998), *Technology Integration - Making Critical Choices in a Dynamic World-*, Harvard Business School Press.
- Jansen, Justin J.P., Zeki Simsek, and Qing Cao (2012), “Ambidexterity and Performance in Multiunit Contexts: Cross-level Moderating Effects of Structural and Resource Attributes,” *Strategic Management Journal*, Vol.33, No.11, pp.1286-1303.
- Jensen, Michael (2003), “The Role of Network Resources in Market Entry: Commercial Banks’ Entry into Investment Banking 1991-1997,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.48, No.3, pp.466-497.

- 株式会社アルバック (2007) 『よくわかる真空技術』 日本実業出版社。
- 株式会社アルバック 50年史編集委員会 (2002) 『真空に生きるⅢ—真空技術とともに歩んだ50年 1952~2002—』 ULVAC。
- 軽部大 (2001) 「資源の内部利用強制メカニズムとしての経済制度」 一橋ビジネスレビュー 第49号 第1号 166~185 ページ。
- Katila, Riitta and Eric L. Chen (2008), “Effects of Search Timing on Innovation: The Value of Not Being in Sync with Rivals,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.53, No.4, pp.593-625.
- 香山晋 (2006) 「半導体産業に見るイノベーションと経営課題」 榊原清則・香山晋編著 『イノベーションと競争優位：コモディティ化するデジタル機器』 NTT 出版 198~237 ページ。
- 小宮啓義 (2003) 「第1章 300mm 標準化の流れ」 小宮啓義監修 『グローバルスタンダードへの挑戦—300mm 半導体工場へ向けた標準化の歴史—』 SEMI ジャパン 1~14 ページ。
- Langley, Ann, Henry Mintzberg, Patricia Pitcher, Elizabeth Posada, and Jan Saint-Macary (1995), “Opening up Decision Making: The View from the Black Stool,” *Organization Science*, Vol.6, No.3, pp.260-279.
- Lawrence, Paul R. and Jay W. Lorsch (1967), *Organization and the Environment: Managing Differentiation and Integration*, Boston: Harvard Business School Press.
- Lazer, David and Allan Friedman (2007), “The Network Structure of Exploration and Exploitation,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.52, No.4, pp.667-694.
- Levin, Richard C., Alvin K. Klevorick, Richard R. Nelson, and Sydney G. Winter (1987), “Appropriating the Returns from Industrial Research and Development,” *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol.3, Special Issue, pp.783-831.
- Levinthal, A. Daniel and James G. March (1993), “The Myopia of Learning,” *Strategic Management Journal*, Vol.14, Special Issue, pp.95-112.
- McCarthy, Ian P. and Brian R. Gordon (2011), “Achieving Contextual Ambidexterity in R&D Organizations: A Management Control System Approach,” *R&D Management*, Vol.41, No.3, pp.240-258.
- March, James G. (1991), “Exploration and Exploitation in Organizational Learning,” *Organization Science*, Vol.2, No.1, pp.71-87.
- March, James G. and Herbert A. Simon (1958), *Organizations*, New York: Wiley. (土屋守章訳 [1977] 『オーガニゼーションズ』 ダイヤモンド社。)
- Miles, Raymond E. and Charles C. Snow (1978), *Organizational Strategy, Structure, and Process*, New York: McGraw-Hill. (土屋守章・内野崇・中野工訳 [1983] 『戦略型経営：戦略選択の実践シナリオ』 ダイヤモンド社。)

- Mintzberg Henry, Duru Raisinghani, and Andre Theoret (1976), "The Structure of 'Unstructured' Decision Processes," *Administrative Science Quarterly*, Vol.21, No.2, pp.246-275.
- Mowery, David and Nathan Rosenberg (1979), "The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies," *Research Policy*, Vol.8, No.2, pp.102-153.
- Nelson, Richard R. (1961), "Uncertainty, Learning, and the Economics of Parallel Research and Development Efforts," *The Review of Economics and Statistics*, Vol.43, No.4, pp.351-364.
- Nelson, Richard R. (1982), "The Role of Knowledge in R&D Efficiency," *Quarterly Journal of Economics*, Vol.97, No.3, pp.453-470.
- Nelson, Richard R. and Sidney G. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: Harvard University Press. (角南篤・田中辰雄・後藤晃訳 [2007]『経済変動の進化理論』慶応義塾大学出版会。)
- 野中郁次郎 (1974)『組織と市場：組織の環境適合理論』千倉書房。
- Obstfeld, David (2005), "Social Networks, the Tertius Iungens Orientation, and Involvement in Innovation," *Administrative Science Quarterly*, Vol.50, No.1, pp.100-130.
- Podolny, Joel M. (1993), "A Status-Based Model of Market Competition," *American Journal of Sociology*, Vol.98, No.4, pp.829-872.
- Podolny, Joel M. (1994), "Market Uncertainty and the Social Character of Economic Exchange," *Administrative Science Quarterly*, Vol.39, No.3, 458-483.
- Podolny, Joel M. and Toby E. Stuart (1995), "A Role-Based Ecology of Technological Change," *American Journal of Sociology*, Vol.100, No.5, pp.1224-1260.
- Podolny, Joel M., Toby E. Stuart, and Michael T. Hannan (1996), "Networks, Knowledge, and Niches: Competition in the Worldwide Semiconductor Industry 1984-1991," *American Journal of Sociology*, Vol.102, No.3, pp.659-689.
- Raisch, Sebastian, Julian Birkinshaw, Gilbert Probst, and Michael L. Tushman (2009), "Organizational Ambidexterity: Balancing Exploitation and Exploration for Sustained Performance," *Organization Science*, Vol.20, No.4, pp.685-695.
- Rivkin, Jan W. and Nicolaj Siggelkow (2003), "Balancing Search and Stability: Interdependencies among Elements of Organizational Design," *Management Science*, Vol.49, No.3, pp.290-311.
- Roberts, Edward B. and Oscar Haputman (1987), "The Financing Threshold Effect on Success and Failure of Biomedical and Pharmaceutical Start-ups," *Management Science*, Vol.33, No.3, pp.381-394.
- Rosenkopf, Lori and Atul Nerkar (2001), "Beyond Local Search: Bournday-Spanning, Exploration, and Impact in the Optical Disk Industry," *Strategic Management Journal*, Vol.22, No.4, pp.287-306.

- Schon, Donald A. (1967), *Technology and Change*, New York: Delacorte Press. (松井好・牧山武・寺崎実訳 [1970]『技術と変化：テクノロジーの波及効果』産業能率短期大学出版部。)
- Schoonhoven, Claudia Bird, Kathleen M. Eisenhardt, and Katherine Lyman (1990), “Speeding Products to Market: Waiting Time to First Product Introduction in New Firms,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, No.1, pp.177-207.
- Siggelkow, Nicolaj and Daniel A. Levinthal (2003), “Temporarily Divide to Conquer: Centralized, Decentralized, and Reintegrated Organizational Approaches to Exploration and Adaptation,” *Organization Science*, Vol.14, No.6, pp.650-669.
- Siggelkow, Nicolaj and Jan W. Rivkin (2005), “Speed and Search: Designing Organizations for Turbulence and Complexity,” *Organization Science*, Vol.16, No.2, pp.101-122.
- Siggelkow, Nicolaj and Jan W. Rivkin (2006), “When Exploration Backfires: Unintended Consequences of Multilevel Organizational Search,” *Academy of Management Journal*, Vol.49, No.4, pp.779-795.
- Siggelkow, Nicolaj and Jan W. Rivkin (2009), “Hiding the Evidence of Valid Theories: How Coupled Search Processes Obscure Performance Differences among Organizations,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.54, No.4, pp.602-634.
- Simon, Herbert A. (1955), “A Behavioral Model of Rational Choice,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol.69, No.1, pp.99-118.
- Simon, Herbert A. (1962), “The Architecture of Complexity,” *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol.106, No.6, pp.467-482.
- Simon, Herbert A. (1969; 1981; 1996), *The Sciences of the Artificial*, Cambridge: The MIT Press. (稲葉元吉・吉原英樹訳 第二版 [1987] 第三版 [1999]『新版システムの科学』パーソナルメディア。)
- Stuart, Toby E. and Joel M. Podolny (1996), “Local Search and the Evolution of Technological Capabilities,” *Strategic Management Journal*, Vol.17, Special Issue, pp.21-38.
- Takeuchi, Hirotaka and Ikujiro Nonaka (1986), “The New New Product Development Game,” *Harvard Business Review*, Vol.64, No.1, pp.137-146.
- Thomke, Stefan H., Eric A. von Hippel, and Ronald R. Franke (1998), “Modes of Experimentation: An Innovation Process and Competitive Variable,” *Research Policy*, Vol.27, No.3, pp.315-322.
- Tushman, Michael L. and Charles A. O’Reilly (1996), “Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change,” *California Management Review*, Vol.38, No.4, pp.8-30.
- Ulrich, Karl T. (1995), “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm,” *Research Policy*, Vol.24, No.3, pp.419~440.

- von Hippel, Eric (1976), "The Dominant Role of Users in the Scientific Instrument Innovation Process," *Research Policy*, Vol.5, No.3, pp.212-239.
- von Hippel, Eric (1988), *The Source of Innovation*, New York: Oxford University Press. (榎原清則訳 [1991] 『イノベーションの源泉—真のイノベーターはだれか』ダイヤモンド社。)
- von Hippel, Eric (2009), "Pyramiding: Efficient Search for Rare Subjects," *Research Policy*, Vol.38, No.9, pp.1397-1406.
- West, Jonathan (2000), "Institutions, Information Processing, and Organization Structure in Research and Development: Evidence from the Semiconductor," *Research Policy*, Vol.29, No.3, pp.349-373.
- West, Jonathan and Marco Iansiti (2003), "Experience, Experimentation, and the Accumulation of Knowledge: the Evolution of R&D in the Semiconductor Industry," *Research Policy*, Vol.32, No.5, pp.809-825.
- Wheelwright, Steven C. and Kim B. Clark (1992), *Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*, New York: The Free Press.