

千葉工業大学
博士学位論文

リチウムイオン電池産業における
経営戦略の研究

平成 27 年 3 月

山崎 信雄

アブストラクト

本研究の目的は、アーキテクチャ・ベースの戦略論を基にリチウムイオン電池産業における戦略課題を明らかにし、今後市場の拡大が期待される日本の車載用リチウムイオン電池産業への、経営戦略を提案することである。

アーキテクチャとは、簡単に言えば「設計思想」のことである。アーキテクチャ・ベースの戦略論は、経営戦略論における分析型戦略論を念頭に置き、アーキテクチャの概念に組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）を加えた3つの鍵概念を基にして論理展開されたものである。先行研究によれば、1990年代から見られた日本のエレクトロニクス産業のシェアが低下する現象は、製品アーキテクチャがインテグラル型からモジュラー型へと転換し、新興国が急速にキャッチ・アップを達成したことが大きな原因であるとされる。リチウムイオン電池についても、2000年以降、日本のメーカーのシェアが年々低下し、韓国・中国のメーカーのシェアが増大してきている。その理由はエレクトロニクス産業と同様であるとされるが、リチウムイオン電池のアーキテクチャはモジュラー型に転換したようには見えない。また、リチウムイオン電池のアーキテクチャや、それに基づきリチウムイオン電池産業の戦略を詳細に分析した研究事例は見当たらない。

一方、経営戦略論にはプロセス重視型戦略論も存在する。アーキテクチャ・ベースの戦略論は経営戦略論の分析型戦略論を念頭に置いており、新たな戦略を提案しようとする「プロセス」に注目する点が不足していることが示唆される。青島らは、分析型戦略論とプロセス重視型戦略論も含め、これら経営戦略論を競争戦略論の4つのアプローチに分類している。「プロセス」の視点が不足しているかどうかを明らかにするには、この分類による分析が有効であると考えられる。

以上のことから、まず、アーキテクチャ論に基づきリチウムイオン電池のアーキテクチャを分析する。次に、アーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論の両面から、韓国・中国のリチウムイオン電池メーカーの採ってきた戦略を分析し、リチウムイオン電池産業の経営課題を明らかにする。最後に、これらの結果を元に、今後市場の拡大が期待される日本の車載用リチウムイオン電池産業への、経営戦略の提案を行う。

第1章では、リチウムイオン電池産業とアーキテクチャ・ベースの戦略論に関する先行研究をレビューし、本研究の課題について論じている。

第2章では、リチウムイオン電池の技術と市場動向の調査を行い、リチウムイオン電池の特徴、市場規模や参入企業の現状をまとめている。

第3章では、アーキテクチャ論におけるアーキテクチャの概念と、その有用性、長所・短所、アーキテクチャの表現手法について説明し、アーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論の歴史や考え方、それらの関係についてまとめている。

第4章では、アーキテクチャ論に基づき、リチウムイオン電池のアーキテクチャを分析した結果を報告している。分析の結果、製品アーキテクチャはインテグラル型に留まるものの、工程アーキテクチャはモジュラー型であり、両方のアーキテクチャを同時に見れば、必ずし

も日本企業の組織能力と相性が良いとされるアーキテクチャではないことを示した。この結果から、ある製品のアーキテクチャの型を総合的に表現するための一手法を提案している。

第5章では、アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づき、韓国・中国のリチウムイオン電池メーカーを成功へと導いた要因の分析をしている。考察の結果、韓国・中国のリチウムイオン電池メーカーが採っていた戦略は、「アーキテクチャの両面戦略」であったことを明らかにした。すなわち、苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに適合する為の組織能力の獲得と、モジュラー型工程アーキテクチャとは相性の良い組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を、同時に進めていたということである。

第6章では、第5章のアーキテクチャ・ベースの戦略論による分析結果を、競争戦略論の4つのアプローチに照らし合わせて再分析している。この結果、アーキテクチャ・ベースの戦略論には「プロセス」に注目する点が不足していることが明らかになった。また、「アーキテクチャの両面戦略」を競争戦略論の視点から見ると、4つのアプローチを効果的に活用した「統合アプローチ」であることも明らかにした。これらの結果から、「統合アプローチ」の視点を加えてアーキテクチャ・ベースの戦略論を拡張し、また、4つのアプローチから優先する2つのアプローチを選ぶ「複合アプローチ」の考え方を導入した戦略の立案手法を提案している。さらに、この「複合アプローチ」の視点から日本と韓国・中国の電池メーカーの戦略を比較することにより、その違いがより明確となることを示した。

第7章では、第4章から第6章までの研究結果を基に日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにし、2つの戦略を提案している。一つは、製品アーキテクチャをインテグラル型に留めたまま事業領域を拡大する戦略であり、他方は、製品アーキテクチャを「内インテグラル・外モジュラー」の位置取りに変え、部材の領域に特化する事業領域の集中化戦略である。提案した2つの戦略の中身は異なるが、共通する点は、自ら外部環境を変え産業構造を変えていくということである。さらに、これらの戦略立案の過程を通して得られた、「統合アプローチ」の考え方に関する知見を述べている。

第8章では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の研究の展望について述べている。

Abstract

The purpose of this research is to propose the management strategies to the Japanese lithium-ion battery industry for automobile use that is expected by the future market expansion, through clarifying the strategy subject in the lithium-ion battery industry based on architecture-based strategies.

Architecture is a "design concept" if it says simply. Architecture-based strategies are the strategies that have three key concepts of having added the organizational capability and the environment of capability construction (industrial geography) to the concept of the architecture. It is the strategy theory that was developed based on analytical strategies in strategic management.

In Chapter 1, the precedence research on the lithium-ion battery industry and architecture-based strategies are reviewed, and the research tasks are discussed.

In Chapter 2, the technology and the market trend of the the lithium-ion battery are investigated, and the feature of the lithium-ion battery, the present status of market size, and entry companies are summarized.

In Chapter 3, the concept of the architecture, its usefulness, the merits and demerits, and the expression technique of the architecture are explained. Furthermore, both histories and views of architecture-based strategies and strategic management are summarized.

Chapter 4 has reported the result of having analyzed the architecture of the lithium-ion battery, based on architecture concept. As the result of analysis, although the product architecture remained at the integral-type, the process architecture was the modular-type. When the product and process architecture were seen simultaneously, it was shown that the architecture of the lithium-ion battery was not necessarily the architecture congenial to Japanese manufacturers. From this result, a method for expressing the type of the architecture of a certain product comprehensively is proposed.

Chapter 5 has reported the result of having analyzed the factors that led the South Korean and Chinese battery manufacturers to the success in the lithium-ion battery, based on architecture-based strategies. As the result of consideration, it became clear that the South Korean and Chinese battery manufacturers had adopted "the double-sided strategy of the architecture." In other words, the South Korean and Chinese battery manufacturers had utilized their organizational capability in line with elated modular-type process architecture that was congenial to its company, and had studied to acquire corresponding organizational capability for weak integral-type product architecture simultaneously.

Chapter 6 has reported the result of having reconsidered architecture-based strategies from the perspective of strategic management. The result of reconsideration shows that architecture-based strategies are insufficient to the perspective that focuses on a "process" in strategic management. Moreover, it became clear that "the double-sided strategy of the architecture" is the "integrated approach" that utilized effectively all four approaches of competitive strategies that are classified by Aoshima et al. in strategic management. From these results, the view of the "integrated approach" was combined into architecture-based strategies, and a technique of the "composite approach" that chooses

two approaches with priority from four approaches is proposed.

In Chapter 7, based on the research findings from Chapter 4 to Chapter 6, the strategy subjects of Japanese lithium-ion battery industry for automobile use are summarized, and two strategies are proposed. Common feature of these strategies is to change the industrial structure itself. Furthermore, the knowledge about the view of the "integrated approach" acquired through the process of these strategy planning is expressed.

In Chapter 8, the knowledge acquired by this research is summarized and the view of future research is described.

目次

第1章 序論	1
1-1 本研究の背景	1
1-2 本研究の目的	2
1-3 先行研究のレビューと課題	3
1-4 全体の構成	7
参考文献	8
第2章 リチウムイオン電池の技術と市場動向	10
2-1 リチウムイオン電池とは	10
2-2 電池発展の歴史	11
2-3 リチウムイオン電池の基本	14
2-3-1 リチウムイオン電池の動作原理	14
2-3-2 リチウムイオン電池の基本特性と周辺回路	16
2-4 リチウムイオン電池の主要四部材，構造，製造工程	21
2-4-1 リチウムイオン電池の主要四部材	21
2-4-2 リチウムイオン電池の構造	22
2-4-3 リチウムイオン電池の製造工程	24
2-5 安全性評価ガイドラインと安全性評価試験	24
2-6 市場推移と参入企業	26
2-6-1 市場推移	26
2-6-2 主な参入企業	27
2-6-3 車載用リチウムイオン電池の提携・出資関係	29
2-7 小括	30
参考文献	31
第3章 アーキテクチャ論と経営戦略論	33
3-1 アーキテクチャ論	33
3-1-1 アーキテクチャ論の歴史	33
3-1-2 アーキテクチャの概念	36
3-1-3 モジュラー化	38
3-1-4 オープン化とクローズ化	42
3-1-5 アーキテクチャの表現形式と類型化	43
3-1-6 アーキテクチャの測定問題	46
3-1-7 アーキテクチャ・ベースの戦略論	46
3-2 経営戦略論	47
3-2-1 経営戦略論の歴史	48
3-2-2 競争戦略論の4つのアプローチ	52

3-4 小括.....	54
参考文献.....	55
第4章 リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析.....	59
4-1 アーキテクチャの分析方法.....	59
4-2 民生用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析.....	60
4-2-1 製品アーキテクチャの分析.....	60
4-2-2 工程アーキテクチャの分析.....	62
4-2-3 民生用リチウムイオン電池セルのアーキテクチャの分析結果のまとめ.....	64
4-3 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析.....	65
4-3-1 車載用リチウムイオン電池の特徴.....	65
4-3-2 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析手法.....	66
4-3-3 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果.....	66
4-4 リチウムイオン電池のアーキテクチャの分類と位置取りの考察.....	68
4-5 小括.....	70
参考文献.....	71
第5章 韓国・中国の電池メーカーの戦略分析.....	73
5-1 分析における仮説.....	73
5-2 分析方法.....	74
5-3 民生用リチウムイオン電池における韓国・中国の電池メーカーの戦略分析.....	76
5-3-1 成長した企業の2つのタイプ.....	76
5-3-2 韓国電池メーカーの発展の過程.....	77
5-3-3 中国電池メーカーの発展の過程.....	78
5-3-4 成功要因の抽出と分類.....	80
5-3-5 戦略の考察.....	81
5-4 車載用リチウムイオン電池における電池メーカーの現状分析.....	85
5-5 小括.....	87
参考文献.....	88
第6章 アーキテクチャ・ベースの戦略論の経営戦略論からの考察.....	90
6-1 仮説と研究方法.....	90
6-2 分析の視点を変えた韓国・中国の電池メーカーの戦略の再分析.....	92
6-3 統合アプローチとアーキテクチャ・ベースの戦略論の拡張.....	96
6-4 複合アプローチの視点.....	99
6-5 小括.....	101
参考文献.....	102
第7章 日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略提案とその考察.....	104
7-1 日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題.....	104
7-2 事業領域の拡大化戦略.....	108

7-3 事業領域の集中化戦略.....	112
7-4 統合アプローチとアーキテクチャのマネジメント.....	118
7-5 小括.....	120
参考文献.....	122
第8章 結論.....	123
8-1 リチウムイオン電池のアーキテクチャ.....	123
8-2 韓国・中国のリチウムイオン電池メーカーの戦略.....	123
8-3 アーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論との関係.....	124
8-4 日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略提案.....	124
8-5 おわりに.....	125
参考文献（アルファベット，アイウエオ順）.....	127
付録.....	134
業績リスト.....	134
面談記録.....	135
謝辞.....	137

第 1 章 序論

第1章 序論

1-1 本研究の背景

リチウムイオン電池 (Lithium-Ion Battery) は、高容量・高エネルギー密度を特徴とする、充電して繰り返し使える二次電池の一つである。このリチウムイオン電池は、1991年にソニー・エナジーテックが世界に先駆けて実用化した。これをきっかけにリチウムイオン電池の商品化が盛んに行われるようになり、日本では三洋電機 (現パナソニック)、東芝、日立、NEC などのメーカーからもリチウムイオン電池が発売されている。また、携帯電話やノートブック PC などの携帯機器の発展と共に、その市場が拡大してきた。2010年には、リチウムイオン電池の世界市場での売り上げ規模は1兆円を超えるまでになっている。

また近年は、CO₂排出による地球温暖化、環境汚染、石油資源枯渇等の問題から、ガソリン自動車に代わって電池を搭載してモーターで駆動する電気自動車 (EV: Electrical Vehicle) への転換が期待されている。この電気自動車に搭載する電池としては、ニッケル水素 (Ni-MH) 電池より高いエネルギー密度を持つリチウムイオン電池が搭載され始め、市場の伸びに期待がかかる。今後はさらに、太陽光発電や風力発電、あるいは地熱発電などの自然エネルギーを用いた電力が増大するため、送電網の電力系統安定化用の大規模蓄電システム (ESS: Energy Storage System) への展開も期待されている。このような電気自動車や大規模蓄電システム向けの電池には大型の電池セルが必要とされ、その使用量も民生用に比べて格段に多く、産業としての発展に大いに期待がかかる。それと同時に、CO₂排出量を減らすことに貢献することで、地球環境問題に対する一つの解にもなり得る可能性を秘めている。

さて、民生用を中心に発展して来たリチウムイオン電池であるが、1990年代には日本の電池メーカーがリチウムイオン電池の世界市場を席巻していた。しかしながら、2000年代に入り、これまで世界をリードしてきた日本の電池メーカーのシェアが年々低下してきている。ここ数年は、韓国・中国の電池メーカーの躍進が目覚ましく、2012年には Samsung SDI がトップシェアを獲得し、日韓のリチウムイオン電池の総合シェアも逆転を許している状況にある。

このような日本の産業のシェアが低下する現象は、1990年代からエレクトロニクス産業を中心に見られるようになり、「失われた20年」「電子立国の凋落」などの言葉によって語られている。日本の産業が低迷している原因については様々な視点から分析がなされ、それらの結果を基に「日本のものづくり戦略」などの提言がなされてきている。しかしながら、日本の産業の復活は未だその途上にある。これまで世界をリードして来た日本の産業の衰退は、社会の発展への貢献という面でも大きな損失である。リチウムイオン電池についても、日本のお家芸といえる産業であり、その復活が待たれる。

本研究は、このような背景から実施されたものであり、リチウムイオン電池という日本の産業を再び活性化させることを通じて、より豊かで持続的な社会の発展に貢献していくことを目指して行われたものである。

1-2 本研究の目的

1990年代から見られたエレクトロニクス産業を中心とした日本の産業のシェアが低下する現象については、製品アーキテクチャ論に基づき研究が行われてきている [1] [2] [3] [4] [5] [6]. これらの先行研究によれば、このような現象は、製品アーキテクチャがインテグラル型からモジュラー型へと転換し、新興国が急速にキャッチ・アップを達成したことが大きな原因であるとされる。さらに、製品アーキテクチャ論に基づくこれらの研究の結果から、日本のエレクトロニクス産業を中心とした日本企業再生への「ものづくり」戦略提言もなされている [7].

ここで、アーキテクチャとは「設計思想」のことであり、人工物からビジネス・システムまで拡張できる概念である。これをビジネス・アーキテクチャと呼ぶが、ビジネス・アーキテクチャはビジネス・プロセスを構成するシステムの活動要素間の相互作用のあり方のパターンで規定される [8]. 製品・工程アーキテクチャは、ビジネス・アーキテクチャを構成する主要サブシステムの一つとして捉えることができる。藤本は、製品アーキテクチャの概念に「組織能力」の視点を加えた分析枠をもとに、製造業を中心とした企業の競争力・収益力に結び付く戦略の研究を展開してきている [6] [9] [10] [11]. これらの研究においては、工程アーキテクチャも必要に応じて分析している。上記のエレクトロニクス産業を中心とした研究も、この理論をもとにしている。

藤本らはこれを、「アーキテクチャ戦略」「ものづくり戦略」「ものづくりの国際経営戦略」などと呼んできているが、アーキテクチャの概念を基にした戦略論という意味で、本研究では「アーキテクチャ・ベースの戦略論」と統一して呼ぶことにする。

さて、アーキテクチャ・ベースの戦略論からは、日本のリチウムイオン電池のシェアについても、同様の理由によって低下してきているとされる [7] [12]. しかしながら、リチウムイオン電池は一般的には擦り合わせ要素の多い製品と考えられ、モジュラー化したようには見えない。また、リチウムイオン電池に関するアーキテクチャの詳細な研究事例は見当たらず、シェア低下の真の原因が明らかにされているとは言い難い。今後、電気自動車 (EV : Electrical Vehicle) や大規模蓄電システム (ESS : Energy Storage System) 用のリチウムイオン電池市場の拡大が期待されているが、これらの市場で日本のリチウムイオン電池産業が採るべき戦略を考える上では、民生用リチウムイオン電池での韓国・中国の電池メーカーのシェアが増大した理由を明らかにし、日本のリチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにする必要がある。

以上のことから本研究では、民生用リチウムイオン電池で採られてきた韓国・中国の電池メーカーの戦略の分析を通じて日本のリチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにし、今後市場の拡大が期待されている日本の車載用リチウムイオン電池産業への、経営戦略を提案することを目的とする。

1-3 先行研究のレビューと課題

日本におけるアーキテクチャ論をベースにした産業研究は、特に2000年以降、東京大学ものづくり経営研究センターの藤本らを中心に進められてきた。また、その研究対象は、自動車、光ディスク、半導体、液晶パネル、液晶テレビ、デジタル・スチル・カメラ、携帯電話、ソフトウェア、パチンコ産業、金融業、食品業など幅広い。ここでは、欧米におけるモジュラー型のアーキテクチャの優位性を主張する研究に対して、日本の研究は個別産業ごとに最適な製品アーキテクチャを選択する必要性を主張する。この中で、自動車産業については、構成要素間の相互依存性が高く、日本企業の組織能力に適合的であり、現場の組織能力を鍛え、統合型擦り合わせアーキテクチャを採ることによって十分に国際競争力を持ちうることを示している [11] [13] [14]。

一方、光ディスク、液晶パネル、液晶テレビ、携帯電話などのエレクトロニクス産業では、1990年代後半から日本企業のシェアが低下する傾向が見られ始め、2000年以降はその低下傾向がさらに激しくなっている [15]。アーキテクチャ論に基づくこれらの研究によれば、これらエレクトロニクス産業のシェア低下の主な原因は、製品アーキテクチャがインテグラル型からモジュラー型へと転換し、オープンな市場の中で知識の移転が加速し、新興国が急速にキャッチ・アップを実現してきたことであるとされる [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [12] [15] [16]。アーキテクチャの位置取り戦略については、日本企業の組織能力と相性が良い（適合的）とされる「内インテグラル・外インテグラル」のアーキテクチャの位置取りでは収益性が悪く、従い、自動車産業とは異なりエレクトロニクス産業では、モジュラー化による産業構造の変化を前提とした、標準化や知財戦略を伴う、ビジネス・モデルイノベーションや経営イノベーションが重要とされてきている [12] [15]。

さて、リチウムイオン電池はどうなのであろうか。リチウムイオン電池は日本が1991年に世界に先駆けて実用化して以来、技術的にもビジネス的にも世界をリードしてきた。しかしながら、2000年以降、日本のリチウムイオン電池メーカーのシェアが年々低下し、韓国・中国の電池メーカーのシェアが増大してきている。表1-1は2000年から5年毎の企業別のシェア推移を示しているが、特にこの数年は韓国の電池メーカーの躍進が目覚ましく、2012年には韓国の電池メーカーが日本の電池メーカーを逆転している [17]。

小川は文献 [15]の資料に、リチウムイオン電池の日本企業のシェア推移を加え、経済産業省 [20]や講演会等で発表の後、最終的に文献 ([12] p.40) にまとめている。ここでは、リチウムイオン電池も衰退パターンは同じであるとする。すなわち、モジュラー化が進展する中での日本企業のビジネス・モデルの問題とする。

それでは、リチウムイオン電池のアーキテクチャもモジュラー型なのであろうか。一般的には、リチウムイオン電池は部材の占める割合が多く、設計における擦り合わせ要素の多い製品と考えられる。したがって、リチウムイオン電池全体としての製品アーキテクチャは未だインテグラル型に留まっているように見える。インテグラル型に留まっているのであれば、日本企業の組織能力と相性が良いとされるアーキテクチャである [9] [10] [11]。

表 1-1 リチウムイオン電池の企業別シェア推移 [18][19]をもとに作成

年度 順位	2000年			2005年			2010年		
	国名	企業名	シェア	国名	企業名	シェア	国名	企業名	シェア
1	日	三洋電機	33%	日	三洋電機	28%	日	三洋電機	23%
2	日	ソニー	21%	日	ソニー	13%	韓	Samsung SDI	22%
3	日	松下電池工業	19%	韓	Samsung SDI	11%	韓	LG Chemical	14%
4	日	東芝	11%	日	松下電池工業	10%	日	ソニー	7.9%
5	日	NECトーキン	6.4%	中	比亞迪[BYD]	7.5%	日	パナソニック	5.6%
6	日	日立マクセル	3.4%	韓	LG Chemical	6.5%	香	新能源[ATL]	3.6%
7	中	比亞迪[BYD]	2.9%	中	天津力神[Lishen]	4.5%	中	天津力神[Lishen]	3.9%
8	韓	LG Chemical	1.3%	日	NECトーキン	3.6%	中	比亞迪[BYD]	4.4%
9	韓	Samsung SDI	0.4%	日	日立マクセル	3.3%	中	比克[BAK]	3.5%

日 日本メーカー

韓 韓国メーカー

中 中国メーカー

※三洋電機はパナソニックにより 2011 年 4 月に吸収合併

※松下電池工業は旧松下電器産業により 2008 年 10 月に吸収合併され、同時に社名をパナソニックに改称

一方、先行研究を見てみれば、リチウムイオン電池のアーキテクチャ論に基づいた分析はほとんど見当たらない。電気自動車（EV：Electrical Vehicle）の研究の中で、電気自動車用のリチウムイオン電池の製品アーキテクチャに言及しているものがあるが [21]、下記に引用するように、その分析の詳細は記されていない。

「第 2 に、EV の基幹部品である二次電池のアーキテクチャの位置取り戦略についてである。前節で紹介した、藤本 [2003] が示した枠組みから分析すると、同部品は単純に構成要素だけを見ると『中モジュラー・外インテグラル』に分類される。二次電池自体は、大きく分けて正極材、負極材、電解液、セパレータといった汎用品の組み合わせで構成されており、したがって内的にはモジュラー型である。また、顧客側では二次電池の仕様が各社各様であるため、外的にはインテグラル型である。

しかしながら、これはもう少し詳しく見ていく必要がある。なぜなら、二次電池の構成要素間の関係性は、単純な組み合わせとは言い難い側面があるからである。これらの構成要素は、電気製品でありながら化学分野の性質に規定されているため、単に材料同士を組み合わせただけでは、要求される性能を満たすことはできない。これら化学分野の材料・素材の微妙な配合やその条件の調整といった作業には、厩大なコストが必要になる。つまり、これは組立型のものでつくりの論理で言うところの「組み合わせ」とはほど遠い、むしろインテグラル型に近い特徴ということになる。そうすると、二次電池の位置取りは、実質的には『中（準）インテグラル・外インテグラル』ということになり、これは最も収益性の面で劣るポジションである。」 [注 1]

この記述からは、リチウムイオン電池の製品アーキテクチャがインテグラル型なのかどうかは確定できない。また、リチウムイオン電池の製品アーキテクチャに対する認識には、小川の文献と相違がある。したがって、リチウムイオン電池で韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を解明するには、まずは、リチウムイオン電池のアーキテクチャの特性と

位置取りを明らかにしなければならない。これが本研究の第一の課題である。

また、アーキテクチャ・ベースの戦略論によれば、アーキテクチャと組織能力は相互に適合的で（相性が）あり、組織能力は能力構築の環境（産業地理学）との関連が重要であるとする [6][9][10][11]。したがって、アーキテクチャ・ベースの戦略論の枠組みに沿って韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を明らかにするには、アーキテクチャに加えて、各企業の組織能力に関連する活動、アーキテクチャや組織活動に影響を与えたと考えられる能力構築の環境（産業地理学）がどのようなもので、どのように、どこに作用していたのかなどを明らかにすることが必要である。

これらのことから、本研究の第二の課題は、アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づき、リチウムイオン電池において韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた要因の分析をし、その戦略を明らかにすることである。

次に、アーキテクチャ・ベースの戦略論の視点から戦略を考える手順は次のようになる。まず、製品アーキテクチャの特性から自社の製品がその組織能力と相性のよい分野であるかどうかを確認し、必要な修正を加え、現場の競争力を確保する。次に、現場の競争力を収益に結び付けるための工夫、特に位置取り（ポジショニング）の戦略を考える [11]。

この手順に従えば、リチウムイオン電池のアーキテクチャが明らかになり、日本の電池メーカーの自社の組織能力がどうであるのか、韓国・中国の電池メーカーがどのような組織能力を持っているのか、これらをどう活用してきたのかが明らかになれば、自社の組織能力との適合性（相性）を考慮し、自社が採るべきアーキテクチャの位置取りを考える、ということになる。しかしながら、自社が採るべきアーキテクチャの位置取りが分かっても、具体的に「どのように」その位置取りにいけばよいのかについては、あるいは「どうやったら」その位置取りにたどり着けるのかについては、明確な指針を提供してくれない。オープン化を目指してインターフェースの標準化を主導するのがよい方法であると判断したとしても、どうしたら標準化を主導できるのか、あるいは、他社に対して差別化する自社の独自技術開発を進め、クローズ・インテグラル型のアーキテクチャを保持し強化していくのがよいと判断した場合、開発の不透明さ・不確実さに起因する事業リスクにどのように対処していくのがよいのか、など、企業の戦略立案者が、実際に戦略を立案する際にぶつかると思われる困難さがここにある。

この原因は、アーキテクチャ・ベースの戦略論が、経営戦略論の二大潮流と考えられてきた「組織の能力重視」（リソース）と「環境の魅力重視」（ポジショニング）の双方を視野に入れて論理展開されてきたことにあると思われる[9][10][11]。これら2つの経営戦略論は、特定の目標を設定してそれを実現するための方策を事前に計画するという、「分析型戦略論」に分類されるものである。分析の主眼が「要因」に置かれており、「どのように」という「プロセス」には主眼が置かれていない。一方、経営戦略論には、分析の主眼が「プロセス」に置かれた「プロセス重視型戦略論」と呼ばれるものがある。ここには、アーキテクチャの概念と組織能力の視点を基にした分析枠では希薄であった、「どのように」という要素が含まれている。

青島らは、これら多くの経営戦略論を非常にシンプルで分かりやすく、競争戦略論の4つのアプローチとして分類している [22][注2]。戦略論に関する考え方は、利益の源泉（目標達成）の要因が「内」にあるのか「外」にあるのかという区分と、分析の主眼が「要因」にあるのか「プロセス」にあるのかという2つの区分に従って、4つのアプローチに分類される。

ここで再度、アーキテクチャの概念を振り返ってみる。まず、アーキテクチャには統合化（インテグラル化）とモジュラー化という分類がある。次に、自社（内部）と応用製品（外部）との階層間の関係による分類と、それが一企業内に留まるものなのか業界標準になっているのかどうかによるオープン化とクローズ化による分類がある。階層間の関係による分類には目標達成のための「内」と「外」の要因がある。オープン化とクローズ化は、外部に対して情報を公開し標準化を主導するなどの外部環境を変えようとする作用がある。組織能力は企業にとっての資源の一部と捉えることができる。さらに、成功（失敗）に至った時間的な経過を見ると、他社との競争の中で、自社を優位に（他社を劣位に）導いた手法や経験から学習し、知識や経験を蓄積し能力を向上させていったプロセス的な事実を見ることができる。つまり、アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づいて分析したリチウムイオン電池における韓国・中国の電池メーカーの成功要因を、経営戦略論の視点から再分析することにより「プロセス」に関連する企業活動も明らかにでき、これら2つの戦略論の関係が明らかになると考えられる。またこの結果から、「プロセス」の視点も考慮した、より明確で優れた戦略を立案することが可能になると考えられる。

以上のことから、アーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論の視点から再考し、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「プロセス」の視点も考慮した戦略アプローチを検討すること、これが本研究の第三の課題である。

最後に、本研究の第一から第三までの課題に対する研究結果をもとに、今後市場の拡大が期待される日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにすること、これが本研究の第四の課題である。

以上、本研究の課題をまとめると、次のようになる。

- 第一の課題：リチウムイオン電池のアーキテクチャとその特徴を明らかにすること
- 第二の課題：アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づき、民生用リチウムイオン電池において韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を明らかにすること
- 第三の課題：アーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論の視点から再考し、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「プロセス」の視点も考慮した戦略アプローチを検討すること
- 第四の課題：日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略課題を明らかにすること

そして、これらの課題を解決した結果を基に、日本の車載用リチウムイオン電池産業への経営戦略を提案する。

1-4 全体の構成

本論文は、次の全8章から構成されている。(図1-1参照)

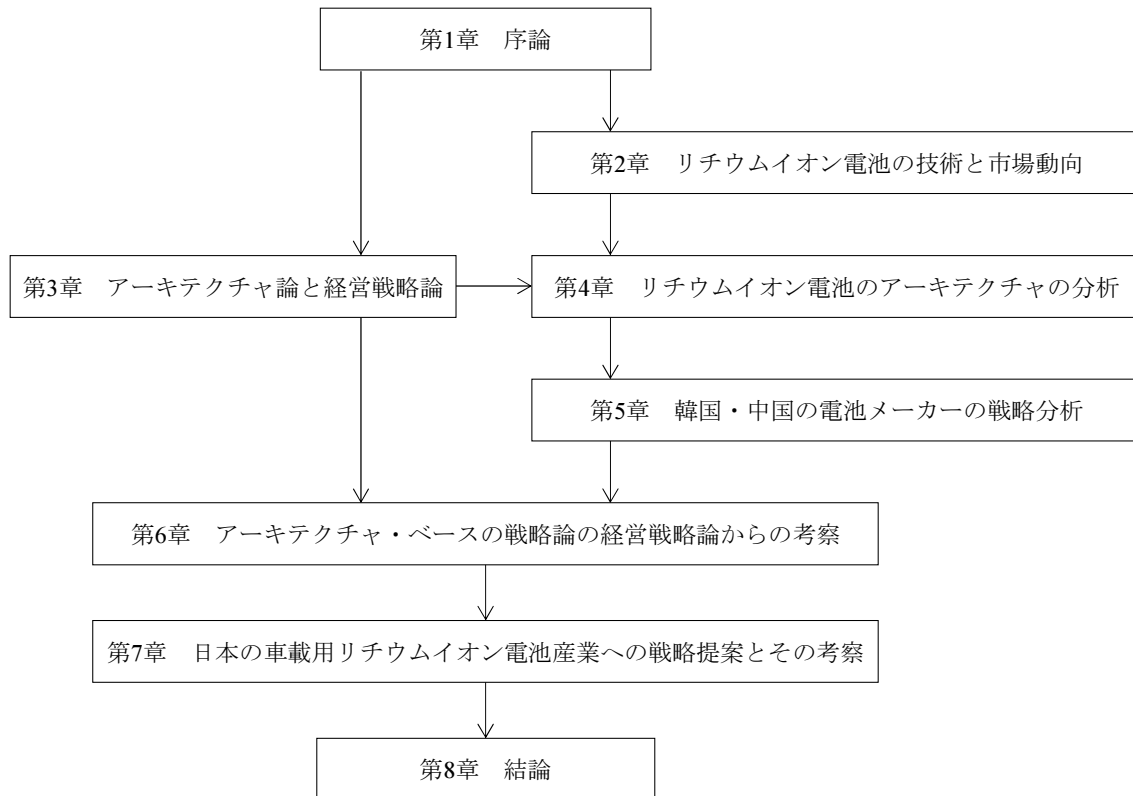


図 1-1 本論文の全体の構成

第1章では、まず、本研究の背景と目的について述べている。次に、リチウムイオン電池産業とアーキテクチャ・ベースの戦略論に関する先行研究をレビューし、本研究の課題について論じている。

第2章では、研究対象となるリチウムイオン電池の技術と市場動向の調査を行い、リチウムイオン電池の特徴や市場規模、参入企業等の現状をまとめている。

第3章では、本研究における分析の基礎となるアーキテクチャ論と、その有用性、長所・短所、アーキテクチャの表現手法について説明している。また、アーキテクチャの概念を用いたアーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論について、それらの歴史や考え方、あるいは両戦略論の関係についてまとめている。

第4章では、アーキテクチャ論に基づいて、民生用および車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの特性とその位置取りを分析した結果を報告している。

第5章では、アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づき、リチウムイオン電池において韓国・中国の電池メーカーを成功へと導いた要因の分析をし、その戦略を考察した結果を報告

している。

第6章では、アーキテクチャ・ベースの戦略論を、経営戦略論の視点から再考した結果を報告している。具体的には、第5章の分析結果を経営戦略論における競争戦略論の4つのアプローチに照らし合わせて再分析している。さらに、その結果に考察を加えてアーキテクチャ・ベースの戦略論を拡張し、具体的な戦略立案に生かすための手法を提案している。

第7章では、第6章の研究結果を基に日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにし、具体的に2つの戦略を提案している。また、第6章で提案した戦略立案手法について得られた知見を述べている。

第8章では、本研究で得られた知見を整理し、今後の研究の展望について述べている。

[注]

1. 本文献では自社のアーキテクチャを「中」と表現しているが、文献 [6]でも見られるように「内」という言葉を使用して表現している場合もある。本論文では、「外」に対する言葉としては「内」の方が適切と考え「内」という言葉を使用しているが、意味は同じである。
2. 英語では、戦略経営は「strategic management」、競争戦略は「competitive strategy」である。しかしながら、文献 [22]では、日本語で「競争戦略論」、英語では「Strategic Management」となっている。本研究では、経営戦略論を上位の概念と考え、文献 [22]の分類による4つの戦略アプローチのことを指す場合に「競争戦略論の4つのアプローチ」と表現することにする。

参考文献

- [1] 善本哲夫, 新宅純二郎:「製品アーキテクチャ論に基づく技術移転の分析 - 光ディスク産業における国際分業-」, MMRC Discussion Paper, No.37, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター (2005).
- [2] 新宅純二郎:「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」, MMRC Discussion Paper, No.54, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-8 (2005).
- [3] 新宅純二郎, 善本哲夫, 立本博文, 許経明, 蘇世庭:「液晶テレビのアーキテクチャと中国企業の実態」, 赤門マネジメント・レビュー, 6 巻 11 号, pp. 543-587 (2007).
- [4] 小川紘一:「我が国エレクトロニクス産業にみるモジュラー化の進化メカニズム—マイコンとファームウェアがもたらす経営環境の歴史的転換—」, 赤門マネジメント・レビュー, 7 巻 2 号, pp. 83-128 (2008).
- [5] 小川紘一:「我が国エレクトロニクス産業にみるプラットフォーム形成メカニズム」, 赤門マネジメント・レビュー, 7 巻 6 号, pp. 339-667 (2008).
- [6] 新宅純二郎, 天野倫文:『ものづくりの国際経営戦略 アジアの産業地理学』, 有斐閣

(2009).

- [7] 経済産業省：「情報政策の要諦 - 新成長戦略における IT・エレクトロニクス政策の方向性-」(2010.10).
- [8] 藤本隆宏, 青島矢一, 武石彰：「第2章 アーキテクチャという考え方」, 『ビジネス・アーキテクチャ 製品・組織・プロセスの戦略的設計』, 有斐閣 (2001).
- [9] 藤本隆宏：「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI Discussion Paper, 02-J-008, pp.0-58 (2002).
- [10] 藤本隆宏：「組織能力とアーキテクチャ - 下から見上げる戦略論 -」, *組織科学*, Vol.36, No.4, pp. 11-22 (2003).
- [11] 藤本隆宏：『日本のもの造り哲学』, 日本経済新聞社 (2004).
- [12] 小川紘一：『オープン&クローズ戦略』, 翔泳社 (2014).
- [13] 延岡健太郎, 藤本隆宏：「製品開発の組織能力 - 日本自動車企業の国際競争力-」, MMRC Discussion Paper, No.9, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-29 (2004).
- [14] 藤本隆宏：「製品開発の組織能力:自動車の設計思想と製品開発能力」, MMRC Discussion Paper, No.74, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-29 (2006).
- [15] 小川紘一：「プロダクト・イノベーションからビジネス・モデルイノベーションへ - 日本型イノベーション・システムの再構築に向けて(1) -」, IAM Discussion Paper Series #001 (2008).
- [16] 丸山知雄, 安本雅典, 今井健一, 許経明：「プラットフォーム化と企業間分業の展開 - 中国の携帯電話端末開発の事例-」, MMRC Discussion Paper, No.143, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-37 (2007).
- [17] 日本経済新聞：「リチウムイオン電池, サムスン初の首位 12 年シェアは 25%」, (2013.2.27, 電子版).
- [18] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：「蓄電技術開発室 2010-2011」, <http://www.nedo.go.jp/content/100079686.pdf> (2012.7.12 閲覧).
- [19] 株式会社富士経済：『2012 電池関連市場実態総調査 上巻』(2012).
- [20] [19] 日本の産業を巡る現状と課題, 経済産業省 産業競争力部会, 第 1 回 <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100225a06j.pdf> (2010.3.11 閲覧).
- [21] 佐伯靖男：「製品アーキテクチャ論から見た EV (電気自動車) 市場の技術的特性と部品取引関係」, *立命館ビジネスジャーナル*, Vol.5, pp. 25-50 (2011).
- [22] 青島矢一, 加藤俊彦：「第 1 章 経営戦略の理論とは」, 『競争戦略論』, 東洋経済新聞社 (2012).

第2章 リチウムイオン電池の技術と市場動向

第2章 リチウムイオン電池の技術と市場動向

アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づいてリチウムイオン電池のアーキテクチャを明らかにし、韓国・中国の電池メーカーが躍進し日本の電池メーカーのシェアが低下した真の原因を明らかにするには、分析対象となるリチウムイオン電池の技術や製造工程の知識、市場動向や参入企業などの情報が必要となる。本章では、研究を進める上で必要となる、これらの知識や情報について調査した結果を述べる。

2-1 リチウムイオン電池とは

電池 (batteries) は、光、熱、化学エネルギーなどを直接電気エネルギーに変換する装置である。図 2.1 に示すように、電池には数多くの種類がある。

電池の種類は大きく分けると、化学反応を利用した化学電池と物理作用を利用した物理電池に分けられる。近年、物理電池の一つである太陽電池が普及してきているが、これまで一般的に使用されてきたのは化学電池である。化学電池はさらに、使い切りの一次電池と、充電して繰り返し使える二次電池に分けられる。その他、今後の実用化が期待されている燃料電池がある。

本研究の対象であるリチウムイオン電池は、高容量・高エネルギー密度を特徴とする、二次電池に分類される電池の一つである。二次電池の性能において重要なのは、エネルギー密度と出力密度である。エネルギー密度は電気をどれだけ貯蔵できるかを示すものである。通常、重量当たりどれだけのエネルギーを貯蔵できるかという重量エネルギー密度と、体積当たりどれだけのエネルギーを貯蔵できるのかという体積エネルギー密度で表される。重量エネルギー密度が高ければ、同じ重量でも使用できる時間が長くでき、同じ時間で比較すれば軽量化することができる。体積エネルギー密度が高ければ、同じ体積でも使用できる時間を長くすることができ、同じ時間で比較すれば小型化することができる。リチウムイオン電池のエネルギー密度は、ニッケル・カドミウム (Ni-Cd) 電池やニッケル水素 (Ni-MH) 電池に比べて大きく、小型・軽量化を実現することができる。各二次電池のエネルギー密度の理論値を表 2-1 に示す。実際の製品では、理論値に比べてその値は低くなるものの年々向上してきており、現状では理論値に対して、ニッケル・カドミウム電池で 30%程度、ニッケル水素電池で 40%程度、リチウムイオン電池では 40~50%程度の値となっている [4]。

用途としては、これまでは主に、携帯型ビデオカメラ、デジタル・スチル・カメラ、携帯電話、ノートブック型 PC などの民生用の電気製品を中心に使用されてきた。近年は、ハイブリッド自動車 (HEV : Hybrid Electrical Vehicle, PHEV : Plug-in Hybrid Vehicle) や電気自動車 (EV : Electrical Vehicle) 用の車載用、送電網の電力系統安定化用の蓄電池システム (ESS : Energy Storage System) などへの応用が期待されている [3] [4] [5] [6] [7]。

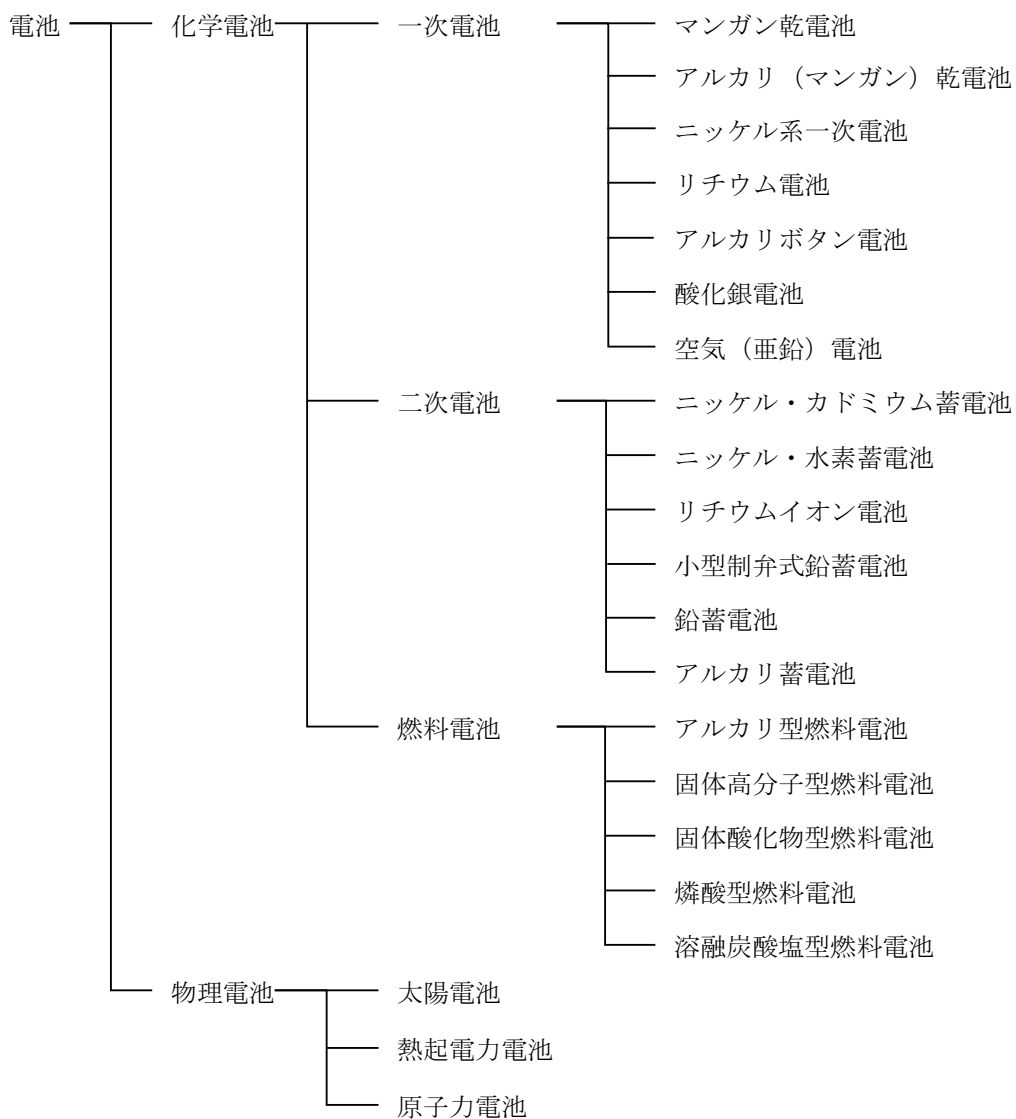


図 2.1 電池の種類 [1] [2] [3]より

表 2-1 主な二次電池のエネルギー密度理論値 [4]より

	重量エネルギー密度 [Wh/Kg]	体積エネルギー密度 [Wh/L]
ニッケル・カドミウム電池	209	751
ニッケル水素電池	217	1,134
リチウムイオン電池	360	1,365

2-2 電池発展の歴史

ここでは、主に文献 [3] [5]を参照し、電池発展の歴史を簡単にまとめる。情報として不足する部分は他の文献も参照しているが、それらについては文中に参照文献を明示している。

科学史における最初の電池は、1800年にボルタが発表したボルタ電池であるとされてい

る。このボルタの電池は、一つの極に亜鉛 (Zn)、もう一つの極には銅 (Cu)、電解液としては塩水を使用したものであった。

1860年には、ブランデが鉛蓄電池の原型になる鉛を用いた最初の二次電池を、1868年にはルクランシェが乾電池の先駆となる正極に二酸化マンガン、負極に亜鉛を用いたルクランシェ電池を発表している。その後、ルクランシェ電池の電解液を非流動化させ、日常使いやすい乾電池の開発が世界で行われた。日本では1887年に屋井千蔵が乾電池を発明しているが、海外では1888年にデンマークのヘレセンス、ドイツのガスナーが乾電池を発明したとされている。マンガンを用いる乾電池は、現代まで大量に生産され使用されていた。

1960年代になると、マンガンに比べて高性能・高出力が可能なアルカリ電池が米国で開発され、1985年頃からマンガン乾電池はアルカリ電池にとって代られるようになってきた。この電池は、正極活物質 [注 1] に二酸化マンガン、負極活物質に亜鉛、電解液に水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウムが使用されていた。その他、正極活物質に酸化水銀や酸化銀を用いた高出力・高エネルギー密度の電池が開発され、小型ボタン電池として実用化された。

一方、負極活物質にリチウム (Li) を用いると、さらに高エネルギー密度を得ることが可能であり、日米欧で1960年頃から研究開発が行われていた。日本では、1973年に松下電器 (現パナソニック) が正極にフッ化黒鉛、電解液には γ -ブチロラクトンに LiBF_4 を溶解させたリチウム電池 (一次電池) を、また1975年に三洋電機 (現パナソニック) が、正極に二酸化マンガン、電解液にはプロピレンカーボネートに LiClO_4 を溶解させたリチウム電池を、世界に先駆けて開発している。これらの電池は、LCD表示のデジタルウォッチ、電子カメラなどの小型高機能電子機器の電源に採用された。米国では SO_2 を活物質とする電池、欧州では CuO 、 SOCl_2 などの電池が開発され実用化された。これらのものも含め、高活性・高エネルギー密度の正負活物質と可燃性の有機溶媒が共存するリチウム電池は、小型であっても危険性があり、セパレータの機能化、温度上昇によって抵抗値が増大するPTC (Positive Thermal Coefficient of resistance) などの部品開発、製法による安全性確立の技術開発が並行して行われた。

二次電池に関しては、前述のブランデによって開発された鉛蓄電池が自動車用を中心に幅広く使用されてきている。ニッケル・カドミウム蓄電池は、1899年にスウェーデンのユングナーが発明したものが最初と言われている。1940年にはノイマンが充電時に正極で発生する酸素を負極活物質と反応させる方式を見出し、ニッケル・カドミウム電池を密閉化させる方法が確立された。1960年初頭に米国で商品化され、日本でも1963年から1964年にかけて、三洋電機、松下電器産業が民生用として相次いで量産化した。この電池は、負極活物質にカドミウム (Cd)、正極活物質にオキシ水酸化ニッケル (NiOOH)、電解液にアルカリ溶液を用いた、電圧が乾電池とほぼ同じ約1.2Vの電池で、1980年代には電動工具、玩具、ビデオカメラ、ノートブックパソコンなどに使用された。ニッケル・水素蓄電池は、1970年頃からフィリップス社などで水素吸蔵合金の電池への適用が研究されていた。この研究開発に先行していたのは日本の東芝で、1984年の電池討論会で世界に先駆けその成果が報告された。1990年に、負極に MmNi_5 (Mm: ミッシュメタル) 水素吸蔵合金を用い、正極に

ニッケルを用いたニッケル・水素蓄電池が日本で開発され、松下電子工業、三洋電機から相次いで量産化された。この電池は、ニッケル・カドミウム蓄電池の負極を「水素吸蔵合金」に置き換えた構成をしており、電圧もほぼ同じ約 1.2V である。カドミウムを使用しないこの電池は、環境にやさしい電池として、ニッケル・カドミウム蓄電池を置き換えていく一方、電気自動車 (EV) やハイブリッド自動車 (HEV) の駆動用電力として使用されてきている。

ニッケル・水素蓄電池は現在でも使用されているが、電子機器の更なる高性能化、多機能化の流れの中で、さらに大きなエネルギー密度を持つ電池として、1965 年頃からリチウムイオン電池が日米欧で研究が進められていた。先に述べたリチウム電池は負極活物質に金属リチウムを用いる一次電池であったが、負極側で金属リチウムが不均一に析出し、デンドライトと呼ばれる樹木の枝状の結晶が成長してセパレータを貫通し、短絡するという問題があった。また、電圧が 3V と従来の電池の 1.5V に比べて電圧が高く、可燃性の電解液を用いる必要があることから、発火の危険性など安全性の面で普及に障害があった。このため金属リチウムに代わる材料の探索が進められ、J.B.Goodenough と水島公一 (現、東芝) がリチウムイオンを吸蔵するリチウム遷移金属酸化物を電池の陽極に使用することを提案し、1981 年に特許を取得している。

その後、正極に LiCoO_2 、負極にグラファイト、電解質溶媒として炭酸エチレンなどの有機電解液を組み合わせることにより、電圧が金属リチウムに近く、しかも安全な二次電池が得られることが分かった。この二次電池は、日本の旭化成の吉野彰らによって特許化されている [5][8]。当時、吉野らはソニー・エナジーテックと共同開発を行っていた。これらの材料を用いて、1991 年にソニー・エナジーテックが世界に先駆けてリチウムイオン電池を実用化した。また、この「リチウムイオン電池」という呼び名は、ソニー・エナジーテックの戸沢、永浦両氏が命名したものである。当初は、円筒型の 14500 および 20500 型のもので、ソニーの携帯電話に搭載された [5]。1992 年には円筒型の 18650 型が開発されており、このサイズは円筒型としてはデファクトスタンダードとなっている。1995 年には三洋電機から、角型のリチウムイオン電池が開発され、現在まで携帯電話などに広く採用されている。また、リチウムイオン電池には、熱可塑性ポリマーからなるゲル状にした電解液を用いるリチウムイオン・ポリマー電池も開発されている。

このように実用化されたリチウムイオン電池であるが、 LiCoO_2 はその層状の結晶構造が安全面でも問題を抱えているという指摘があった。過充電などによって 100 数十 °C 以上に加熱されることによって結晶構造が壊れて酸素が発生して、有機系の電解液と反応して発火や発煙を起こすというのである [6][9][10]。実際、2006 年 8 月、米国 Dell 社はソニー製リチウムイオン電池を搭載したノートブック PC 向け電池パックを、発火事故を理由として自主回収を行っている。これを発端に、リチウムイオン電池における安全性の問題が浮上し、その後も、三洋電機製など他の電池メーカー製のリチウムイオン電池でも発熱・発火事故が発生している [6][9]。これを機に、リチウムイオン電池の発火のメカニズムを明らかにする研究が行われ、リチウムイオン電池の安全性評価ガイドラインや安全性評価試験方法等が策定されて来ている [6][9][11]。車載用や電力系統安定化用の蓄電池システムではさらに

厳しい安全性能が要求され、それに加えて劣化特性、すなわち寿命も大きな課題となっている。このため、未だ継続的に、より安全な材料の探索が続けられている。

この新たな正極材料として、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) のニッケル (Ni) をコバルト (Co)、アルミニウム (Al) と置換した複合化合物、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) のマンガン (Mn) をマグネシウム (Mg)、アルミニウム (Al) に部分置換したもの、3 元系材料と呼ばれる $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 、あるいはオリビン酸鉄 (LiFeO_4) を用いた電池などが開発され、実用化されている。また、負極には、開発当初は炭素材料 (ハードカーボン) が用いられていたが、コストの面から次第に天然産や人造黒鉛系の材料も用いられるようになっていく。一方で、容量の増加と寿命を延ばすため、合金系の材料も研究が進められ、Sn, Si, Ti 系合金の負極材料も開発されている。有名なものとして、負極にチタン酸リチウム ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) を用いた東芝の SCiB™ がある [12]。

2-3 リチウムイオン電池の基本

この節では、文献 [3][4][5][6][13]を参照し、リチウムイオン電池の基本についてまとめた結果を説明する。

2-3-1 リチウムイオン電池の動作原理

リチウムイオン電池は、図 2-2 に示したように、正極にリチウム (Li) の酸化物材料を、負極にカーボン材料を使用し、電極間をリチウムイオンのみを通すセパレータで絶縁し、それらの間にリチウムイオンの導電性電解液を満たしたものである。

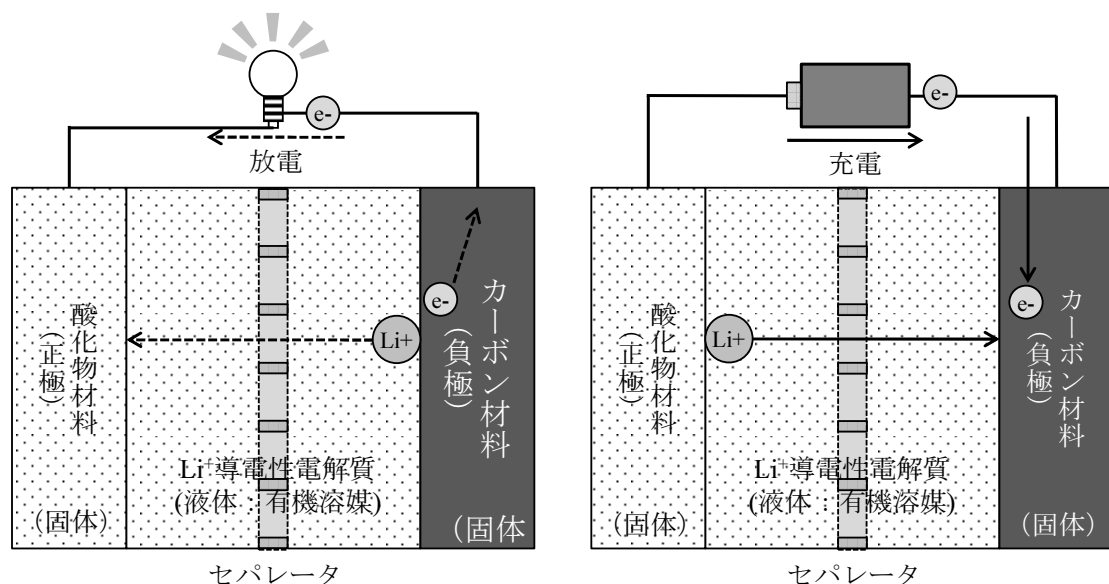


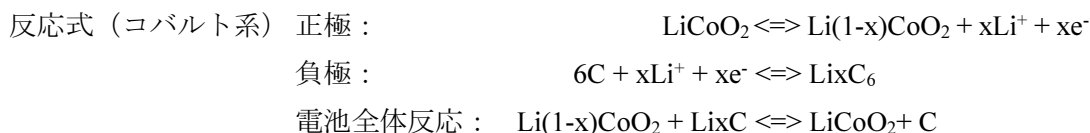
図 2-2 リチウムイオン電池の動作原理

放電では、正極と負極の間に負荷が接続されると、負極からリチウム (Li) が電子を放出してリチウムイオン (Li⁺) となり、セパレータを通り正極に達する。正極ではリチウムイオン (Li⁺) が負荷を通じて流れてきた電子を受け、リチウム (Li) に戻る。

充電では、正極に正の、負極には負の電圧を与えると、正極のリチウムイオン (Li⁺) が電子を放出し、セパレータを通して負極に戻り、電子を受けリチウム (Li) に戻る。

これを反応式で表すと次のようになる。

充電 <=> 放電



ここで、従来のボルタの電池やダニエル電池と比較してみると、リチウムイオン電池の動作はこれらの電池と異なる。ボルタの電池やダニエル電池は、電極を構成する金属電極が電解液中に金属がイオンとなって溶解し、反対側の電極に到達して金属として析出する (溶解析出型電池)。これを繰り返すと、金属が溶解したり析出したりするうちに電極の表面に凹凸が出来、析出した金属が樹状のデンドライトに成長し内部短絡の原因になる。また、充放電時には電解液の濃度が変化するため、電解液はイオンを蓄えるだけの量が必要となる。

一方、図 2-3 は、正極に LiCoO₂、負極にグラファイトを使用した場合の電極構造を模式的に記したものであるが、リチウムイオン電池の正負電極は共に層状の構造をした結晶からなっている。

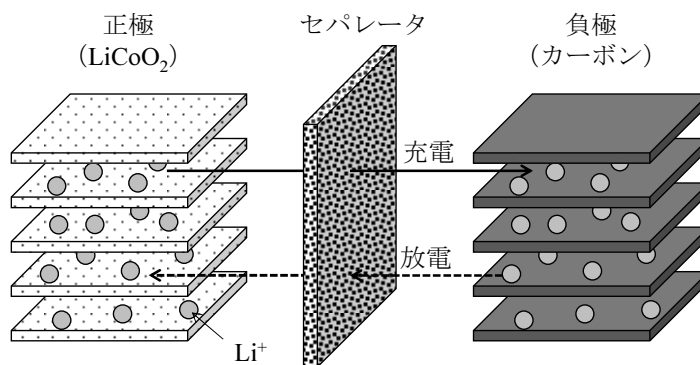


図 2-3 リチウムイオン電池の電極での動作

リチウムイオン (Li⁺) は、放電時には負極では電子を放出し、充電時は正極で電子を受け、この層状構造の間に挟み込まれた形でリチウム (Li) となって存在する。このような、分子または分子集団が他の分子または分子集団の間に入り込む反応のことをインターカレーションと呼ぶ。またこの充放電反応において、リチウムイオン (Li⁺) は正極と負極の間を行ったり来たりする反応であり、電池トータルでのリチウムイオンの量は変わらない。こ

のような電池は、ロッキングチェア型電池とも呼ばれる。したがって、充放電時にイオンが移動するだけであり、溶解析出型の電池とは異なり電解液の濃度が変化しない。つまり、電解液は最小限の量で済む。このような特徴を持つリチウムイオン電池では、金属 Li が析出して、樹状のデンドライトが発生することを防ぐことができる。これが、リチウムイオン電池の大きな長所の一つである。

2-3-2 リチウムイオン電池の基本特性と周辺回路

さて、2-3-1 で説明したのは、1 本あるいは 1 個の電池についてのものであるが、これをセルあるいは単電池と呼ぶ。一般的にはセル単体で使用されることはなく、安全を確保するためにセルの外部に保護回路（電気回路）を接続し、パック化されたものが供給される。ノートブック PC のように複数個を接続したものが使われる場合もあり、また、保護回路の他にリチウムイオン電池の各セルの電圧・電流・温度などを監視する監視回路や残量計測回路が接続される場合もある。その他、電池パックの外部には充放電制御回路などが必要とされる。以下では、これらの概略を説明する。

リチウムイオン電池の充放電特性

図 2-4 にリチウムイオン電池の放電特性を示す。放電を開始する時点を時間の起点として、一定電流で放電を行うと、図 2-4 のように電圧は低下していく。

電圧がある定めた値に達すると、過放電を防ぐため、充放電制御回路により放電が停止される。これを放電停止電圧（カット・オフ電圧）と呼ぶ。この時、放電電流値を一定としたので、放電開始から放電を停止した時間に電流値を掛けると電池の「容量値」となる。このことから、横軸には時間ではなく容量値を採ることもある。また、放電開始時点の電圧は、過充電による危険性を排除するために設けられた、充電停止電圧である。充電時には、充放電制御回路によりこの充電停止電圧に達すると充電が停止される。LiCoO₄ を正極に、カーボンを負極に使用したリチウムイオン電池の場合、一般的には充電停止電圧は約 4.2V、放電停止電圧は約 3.0V である。これらの電圧値は、放電特性を見ると分かるように、電池の充電上限電圧付近、放電終止電圧付近で電圧が急激に変化する。すなわち、充電停止電圧が 50mV 高くなるだけでも過充電によるデンドライト発生危険性が高まり、逆に低い場合は充電容量が想定よりも少なくなってしまうという課題がある。放電停止電圧も、わずかの電圧低下で過放電の危険性が高まり、負極の集電体に使われている銅が析出し、リチウム (Li) 同様にデンドライトの発生危険性が発生する。したがって、これらの電圧の管理は mV 単位での厳しい管理が必要とされる。

図 2-4 の特性は、温度や電池に接続される負荷によって変化し、また、経年変化によっても特性は変化する。その他、充電した状態で保存した場合、電池内部の自己放電により容量は減っていく。

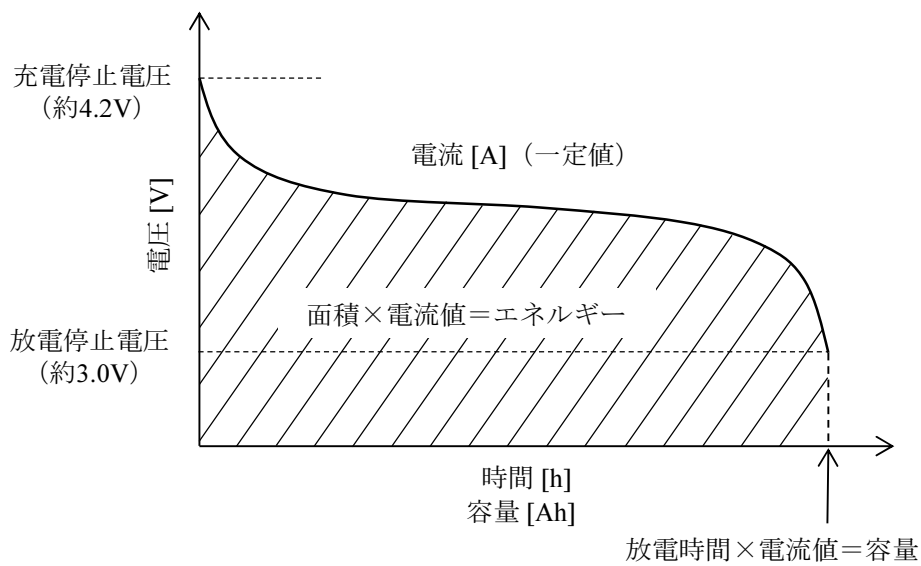


図 2-4 リチウムイオン電池の放電曲線
(電池から一定電流を流し続けたときの電圧変化)

リチウムイオン電池の充電制御

リチウムイオン電池の充電は、図 2-5 に示すような「定電流・定電圧 (CC-CV : Constant Current - Constant Voltage)」方式で行うのが一般的である。

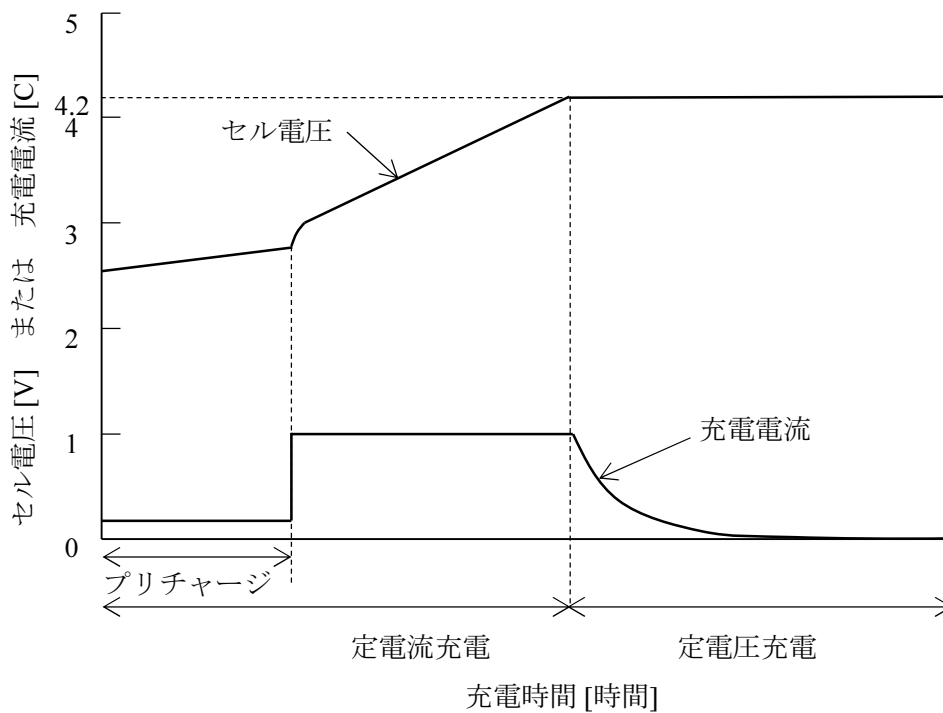


図 2-5 リチウムイオン電池の充電方法 (CC-CV 方法)

この方式を採用するのは、次のような理由による。充電する場合、外部から充電するためにかかる電圧と電池内部に残っている電圧との差と、電池の内部抵抗値で決まる電流が一気に流れてしまう。電池の内部抵抗値は小さいため (mΩ 単位)、この電圧の差が 1V でもあると瞬間的に 10A 程度の電流が流れ、発熱の危険性がある。このため、充電は定電流で開始する。また、電池の放電の度合いが高い場合、電池の電圧が低くなっているため、定電流であっても大きな電流を流すと電池にダメージを与える恐れがある。これを防ぐため、定電流で充電を始める前に、プリチャージと呼ばれる小電流で事前充電 (プリチャージ) を行い、電池の電圧がある程度高くなったら本充電に切り替える方法が採られる。定電流による充電が進み、電池の電圧が既定の電圧に達すると定電流から定電圧に切り替え、充電電流が設定した電流よりも小さくなったら満充電と判断し、充電を停止する。なお、リチウムイオン電池の基本特性でも述べたが、充電に際する電圧の管理は mV 単位での厳しい管理が必要とされる。

充電回路には、急速充電回路と呼ばれるものがある。これは、図 2-5 の定電圧充電での動作を見ると分かるように、定電圧に切り替えてから満充電に至るまでには時間がかかる。これを改善するために考え出された手法が「パルス充電方法」である。この方法は、図 2-6 に示したように、その名の通り、充電電流を定電圧領域に達した後に、電流をパルス状に電池に流す方法である。この方法により充電時間を短縮することができるが、短時間とはいえ電池に規定の電圧よりも高い電圧が印加されことになるため、発熱の危険性と電池寿命へ影響を与える恐れがあることから、電池メーカーは推奨しない傾向にある。

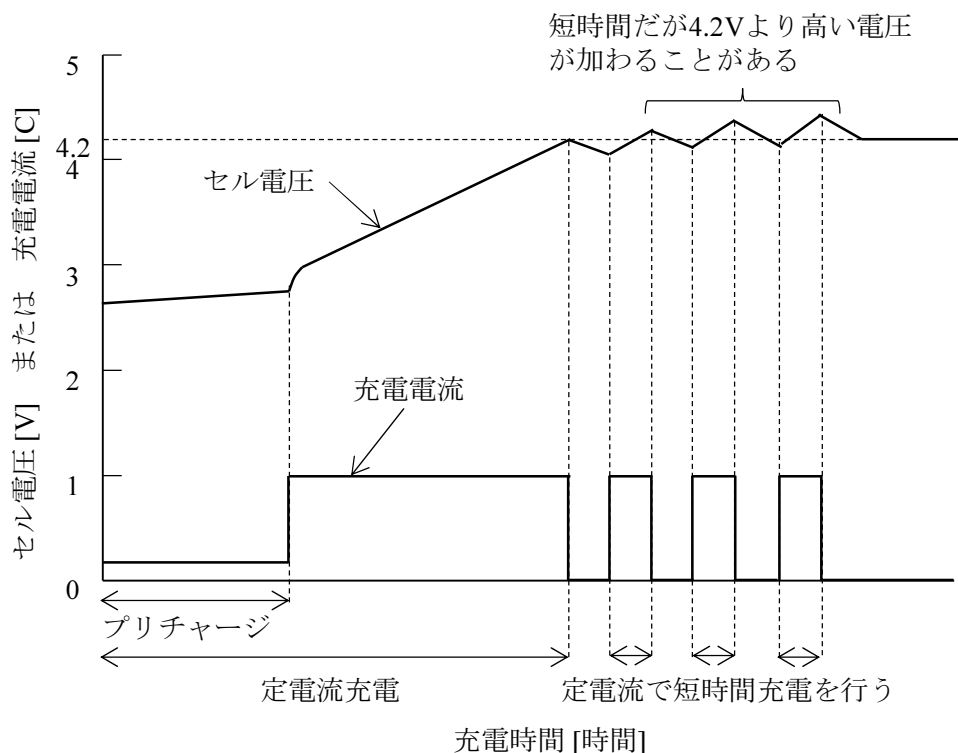


図 2-6 パルス充電方法

このように、リチウムイオン電池の充電に際しては、電池の発熱の危険性や寿命への影響があり、リチウムイオン電池メーカーとセットメーカーとの間で事前に確認が必要な項目である。

電池監視&保護回路

上記のように、リチウムイオン電池はエネルギー密度が高く優れた電池性能を有しているが、逆にそれが危険性ともなるため、これらを考慮してどのようにして使うかが重要になっている。このため、リチウムイオン電池には、材料や部材そのものの安全性の確保に加え、セルの外部に保護回路や制御システムを設け、2重3重に安全を確保する仕組みが取り入れられている。

2-2、2-3 節で述べたように、リチウムイオン電池の充電に際して過充電を防止する、あるいは放電時に過放電を防止するためには、リチウムイオン電池セルの電圧・電流を常時監視する必要がある。また、異常発生時には電池を保護するために電流を遮断する必要がある。これらを担うのが、電池セルの外部に取り付けられる電池監視&保護回路である。これらの回路は IC 化されており、電圧検出回路、電流検出回路、スイッチから構成されている。IC は、半導体メーカーが供給している。

残量計測回路（ガス・ゲージ回路）

残量計測回路はその名の通り電池の残量を計測する回路であり、ガス・ゲージ回路とも呼ばれる。

この計測の方式には、電圧テーブル方式や電流積算方式などがあり、民生用で使用されていることが多い。電圧テーブル方式は、あらかじめ複数の電池サンプルを測定してテーブルを作成し、電圧計測の結果をテーブルと参照し残量を推定する方式である。電流積算方式は、電流検出抵抗を回路に挿入して放電開始からの電流を検出して積算していき、残量を推定する方式である。電流積算方式の方が電圧テーブル方式よりも精度が高いが、電流値をデジタル化するための AD コンバーターや積算回路（マイコンが使われる）が追加となり、コストが高くなる。しかしながら、リチウムイオン電池の基本特性を見ると分かるように、リチウムイオン電池は放電の初期と終わりに電圧が急激に変化し、その間はなだらかな変化をするため、残量を正確に計測することが難しい。それに加えて、電池から流れる電流値によって電圧が変化したり、温度が変わると特性が変化したり、あるいはまた、経年変化によって特性が変化する。このようなことから、従来の民生用リチウムイオン電池では正確な残量計測が課題であり、どちらかという目安程度に使用していることもあった。

車載用では、残走行距離が大きな課題であることもあり、残量計測はより正確なものが要求される。このため自動車メーカーも含め、各社が独自でより正確な残量計測方式を開発している。また、車載用や電力系統安定化用の蓄電システムでは、リチウムイオン電池の充電状態（SOC：State of Charge）に加えて劣化状態（SOH：State of Health）などを推定する機能も求められ、これらの機能を実現するための IC やシステムが開発されている。

残量計測回路も保護回路同様に IC 化されており、半導体メーカーが供給している。

電池保護回路と電池モジュール／電池パック

実際にリチウムイオン電池が製品に使用される場合は、電池セルに安全保護回路を取り付けた電池パックの形で使用される。また、残量計測回路も搭載されている場合もある。電池パックは、電池メーカーが製造する場合と、電池パックを専門に製造する電池パックメーカーで製造される場合がある。

車載用リチウムイオン電池では、リチウムイオン電池セルを複数個接続したものを一つの電池モジュールとし、さらにその電池モジュールを複数個接続した電池パックの形で使用される。電池モジュールに用いられるリチウムイオン電池セルには、民生用の円筒型（18650 型）セルを転用したものと、専用の大型セルを開発してモジュール化したものがある。後者のセル形状は、民生用と同様に、円筒型、角型、ラミネート型の 3 種類があるが、規格化はされていない。民生用のセルと車載用の大型セルの違いは、後者の容量、出力密度、サイクル寿命等の性能が格段に高く、かつ厳しい安全性基準が要求される点にある。

電池モジュールは、電池セルアレイに加えて、電池監視 IC やマイコン、保護回路、温度センサーなどから構成される。電圧・電流・温度の各計測データは、電池監視 IC で常時監視され、内蔵 AD コンバーターでデジタルデータに変換された後、絶縁分離された通信インターフェース (I/F) 経由で電池監視マイコンに送られる。送られてきたデータは、CAN (Controller Area Network) などの BUS を介して電池パック側の BMU (Battery Management Unit) マイコンに出力される。

電池パックは、電池モジュールをさらに複数個接続し、BMU マイコンと一体化された構造をもつ。なお、電気自動車 (EV) やハイブリッド自動車 (HEV) においては、自動車が衝突した時の火災や感電から人命を守るための安全設計が非常に重要である。そのため、電池パックには漏電検出回路が搭載され、電池が危険な状態になった時にシステムから切り離すための開閉器 (コンタクター) を有する [14]。

電力系統安定化用の大規模蓄電システム (ESS) に使用されるリチウムイオン電池に関しても、車載用と同じように電池モジュールを複数個接続して使用される。車載用との違いは、パックではなく専用のラックに収めること、システム制御の方法が異なることなどである。

セル・バランス回路

車載用の電池では、要求される容量が民生用に比べてはるかに大きくなるため、電池モジュールをさらに複数個接続して電池パックの形にして使用することになり、電池のセル数も格段に多くなる。この場合、各電池セルのバランスが取れていないと特定のセルに充放電が集中して行われ寿命が短くなってしまうので、電池モジュールではセル・バランス回路が不可欠の機能となる [14]。

また、電池セルにはバラツキがあり、容量の大きいものと小さいものが存在する。このような容量に差があるセルを直列に接続すると、一方のセルの電圧が高くなり早期に充電が

終了したり、あるいは過充電により発熱したりする危険性が生じる。放電の場合も、他方のセルの電圧が低くなり、早期に放電を終了したり過放電によりセルの劣化を早めたりする恐れがある。電池セルは温度によっても特性が変化するため、大型の電池システムの場合は、場所による温度の差が大きくなること考慮する必要が生じる。このような課題を解決するため、大型の蓄電システムではセル・バランス回路と呼ばれる回路を導入し、特定の電池セルに充放電が集中しないようにする機能が必要となっている。このセル・バランス回路には、パッシブ方式とアクティブ方式と呼ばれる2つの方式がある。パッシブ方式は、充電時には充電が早く終了する容量の小さいセルへの充電電流を熱として抵抗器を介して捨て、容量の大きいセルを満充電させ、放電時には容量の小さいセルに合わせてすべての電池セルの放電を停止する。アクティブ方式は、充電時にはパッシブ方式では抵抗器で熱として捨てていたエネルギーを、満充電に達していないセルの充電に用い、放電の場合には、容量が大きいセルから小さいセルへ電力を移して使用する。このセル・バランス回路もIC化されており、保護回路同様に半導体メーカーが供給している。また、これらの機能を実現するためには、すべての電池セルの電圧・電流・温度を計測し、これらを監視及び制御するためのマイコンが必要となる。残量計測回路やこのような回路と制御システムを合わせて、バッテリー・マネジメント・システム (BMS)と呼んでいる [14]。

電力系統安定化用の大規模蓄電システム (ESS) に使用されるリチウムイオン電池に関しても、セル・バランス回路は同様に必須の機能である。

2-4 リチウムイオン電池の主要四部材、構造、製造工程

この節では、[3] [4] [5] [6]を参照し、リチウムイオン電池の主要四部材、構造、製造工程についてまとめた結果を説明する。

2-4-1 リチウムイオン電池の主要四部材

2-2, 2-3 節でリチウムイオン電池の開発の歴史と基本動作原理を示したように、電池の基本的な性能や安全性は、正極材料と負極材料の組み合わせに依存する部分が多い。これらの材料は、製造時には電池として組み上げるために粉末状にされ、バインダーと呼ばれる接着剤の役割を果たす材料や、導電助剤と呼ばれる電気導電度を高める材料とともに、溶剤と混ぜられ、ペースト状にされる。このペースト状にされたものは、集電体と呼ばれる電子を集める金属の箔に塗布し、プレスされ電極となる。バインダーには、主にポリフッ化ビニリデン (PVDF) が使用されている。導電助剤は主に、活性炭や炭素繊維などの炭素系材料が使用されている。また、正極の集電体にはアルミニウム (Al) が、負極の集電体には銅 (Cu) が使われている。正極の集電体としての材料はアルミニウム箔が唯一無二であり、他に代替できる材料は存在しない [15]。正極の集電体としてアルミニウム箔が使用できること、この発見がリチウムイオン電池の実用化を実現した一つの要因ともなっている。

しかしながら、正極と負極だけでは電池として機能しない。この他、セパレータと電解液

も電池のための基本的な部材であり、安全性や寿命の面でも重要な役割を担っている。正極材、負極材にセパレータ及び電解液を合わせて、リチウムイオン電池の主要四部材と呼んでいる。

セパレータは、正極と負極の短絡を防ぐ重要な役割を担う。図 2-7 に示すように、一般的に、ポリエチレン (PE) をポリプロピレン (PP) で挟んだ構造をしており、Li イオンだけを通すように表面に多数の孔が開いている。正極と負極が内部短絡を起こした場合、発生する熱で溶けて Li イオンが透過するのを防ぎ、電流を遮断する働きがある。しかしながら、高温での収縮や強度不足が課題であり、ファイバー不織布をした複合セパレータなどが開発されている。

電解液は、ポリエチレンカーボネート (PC)、エチレンカーボネート (EC) などの環状炭酸エステルとディメチルカーボネート (DMC)、メチルエチルカーボネート (MEC)、ディエチルカーボネート (DEC) などの鎖状炭酸エステルの混合物に LiPF_6 を溶解しているものである。黒鉛炭素系負極材料を負極に使用した場合、ポリエチレンカーボネート (PC) 系非水電解液は充電時に電解液の分解が起こり、電池特性や寿命に影響を与える。このため、これを改良するために、電解液には微量の化合物が添加されているのが一般的である。

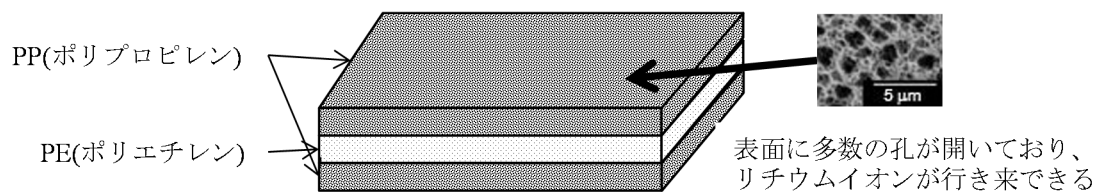


図 2-7 セパレータの構造

2-4-2 リチウムイオン電池の構造

実際の電池セルは、図 2-8 のような正極材、セパレータ、負極材が層状にして巻き上げられたような構造をしている。

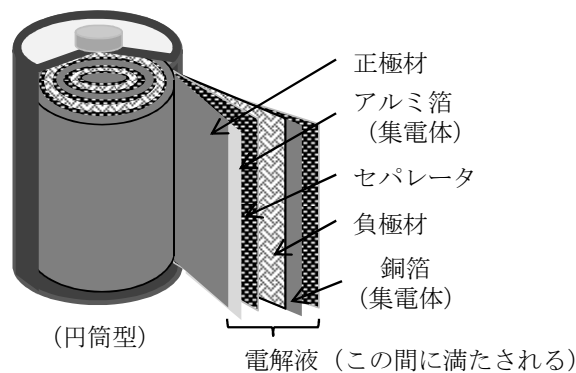


図 2-8 リチウムイオン電池セルの構造 (円筒型)

このような構造を「巻回型構造」と呼ぶ。円筒型と角型は、巻回型構造をしている。その他、正極材、セパレータ、負極材を一定の大きさにカットして、交互に積層した構造のものもある。これは「積層型構造」と呼ばれ、ラミネート型リチウムイオン電池に用いられている。

リチウムイオン電池セルには、安全性を確保するため、外部短絡でセル内部の温度上昇を防ぐための温度上昇に伴い内部抵抗が増大する PTC (Positive Thermal Coefficient of resistance) 素子を内蔵したり、過充電時に炭酸リチウムを少量正極活物質中に残存させ、電圧が高くなると炭酸ガスを放出し正極リードを切断したりするための、メカニカル・リンクと呼ばれる安全保護機構が取り付けられている。

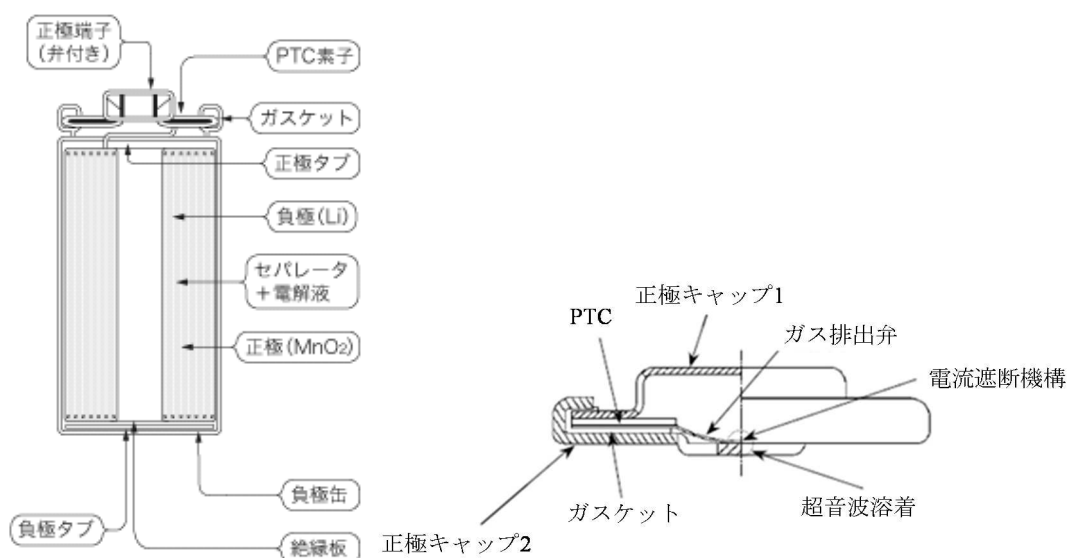


図 2-9 リチウムイオン電池セルの安全保護機能

現在市場で流通しているリチウムイオン電池セルの形状には 3 つのタイプがある。円筒型は「直径×長さ」で表記され、代表的なものに 14500 型、16650 型、17500 型、18500 型、18650 型などがある。近年は、18mm×65mm の 18650 型がほぼ業界標準として扱われてきている。円筒型はノートブック PC や電動工具などに使用されている。角型は「幅×高さ×高さ」で表記され、30mm×48mm、34mm×50mm のものが多いがカスタマイズ品が多く、円筒型に比べると種類も多く自由度も高い。主に、従来型携帯電話 (フィーチャーフォン) に使用されてきている [16]。ラミネート型は外装がアルミラミネートフィルムのものであり、形の自由度が高く、カスタマイズが多い。主にスマートフォンやタブレット PC に使用されている。近年は、スマートフォンやタブレット PC の需要が増大するにつれて、ラミネート型の比率が年々高まってきている。すなわち、リチウムイオン電池は、顧客の応用製品の変化に応じて、円筒型→角型→ラミネート型へと変化をしてきている。

2-4-3 リチウムイオン電池の製造工程

次に、リチウムイオン電池セルの製造工程を図 2-10 に示す。

円筒型、角型、ラミネート型ともほぼ同様の構造と製造工程となる。異なるのは、円筒型・角型では正極材、セパレータ、負極材が円筒形あるいは角形に巻き取られるのに対して、ラミネート型では、正極材、セパレータ、負極材が交互に層状に積み重ねられる（スタッキングされる）点である。なお、各工程を担うリチウムイオン電池セルの製造装置は、その殆どが電池メーカー自身で開発・設計し、外注もしくは内作した特殊機械（特機）[注 2] である。また、これらの工程はほぼ自動化されている。

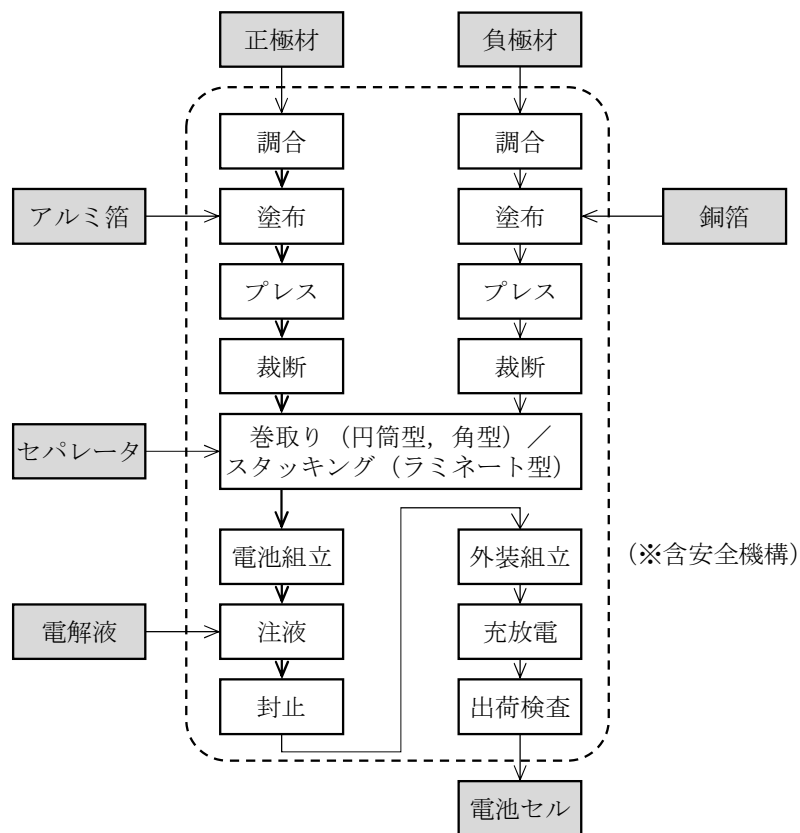


図 2-10 リチウムイオン電池の製造工程

2-5 安全性評価ガイドラインと安全性評価試験

リチウムイオン電池が通常使用範囲で発火に至るのは、内部短絡（ショート）が主な原因である。内部短絡を起こす原因はさらに、下記に示すように製造上の問題と使用上の問題に分けられる。実際には、リチウムイオン電池の事故は使用上の問題がほとんどであり、製造上の問題は 1ppm 以下であると言われている。しかしながら、1ppm 以下とはいえ人命にかかわることもあるため、製造上の問題をどう防ぐか、どう減らすかは重要な課題になっている [9]。

- 製造上の問題 1) セパレータに傷がつく
2) セパレータに異物が混入する
- 使用上の問題 3) 過充電により負極に金属リチウムが析出（デンドライト）
4) 過放電により集電体の金属が析出
5) 機械的ダメージ（落下など）
6) 高温状態での放置（車のダッシュボードへの置きっ放し）

製造上の問題は、各電池メーカーの製造工程における発生の回避、製造後のエージングによる確認が有効である。

使用上の問題に対しては、セパレータの融解によるリチウムイオン（Li⁺）の遮断などの基本的な対策が採られているのであるが、2-2 節で述べたように、ノートブック PC や携帯電話の発煙・発火事故等をきっかけに、日本をはじめ各国で民生用リチウムイオン電池に関する安全性評価ガイドラインや規格が策定されている。

日本では、日本工業規格（JIS）によりリチウムイオン電池の安全性基準「携帯電子機器用リチウムイオン蓄電池の単電池及び組電池の安全性試験」（JIS C8714, 2007 年 11 月 12 日制定）があり、この安全性基準を満たさないとリチウムイオン電池は日本国内で販売できないことになった。また、社団法人電子情報産業協会（JEITA）と電池工業会（BAJ）が共同で提案した業界自主基準「ノート型 PC におけるリチウムイオン二次電池の安全利用に関する手引書」（2007 年 4 月 20 日）が提案されている。

米国では、UL（Underwriters Laboratories Inc.）により UL 規格（UL1642, 2007 年 8 月改訂）が策定され、UL 部品認定マークの表示が義務付けられている。

欧州では、国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission : IEC）により電池の安全性規格（IEC62133）が策定されている。

代表的な試験項目には、下記のようなものがあるが、IEC 規格と JIS 規格では同様の内容が多い。

- 釘刺し試験による強制短絡
- 圧迫強制変形による強制短絡
- 落下
- 外部短絡
- 加熱
- 過充電
- 過放電
- 真空引き
- 塩水噴霧
- など、50 項目以上

今後市場の拡大が期待される車載用リチウムイオン電池では、国際電気標準会議（IEC：International Electrotechnical Commission）及び国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）において国際標準化が進められてきている。標準化は、(1) 性能・安全性の評価などの電池の標準化 (2) 国際規模の電池輸送 (3) コネクタの規格・方式、の3つのワーキング・グループ（WG）に分かれて進められてきた。日本では、日本自動車研究所（JARI）が中心となり、IECとISOの各ワーキング・グループに参加し、審議を担当している。現状は、ほぼすべての規格／規格案が初版であり、国際規格の整備はまだ始まったばかりである [6] [17].

電力系統安定化用の大規模蓄電システム（ESS）に関しては、リチウムイオン電池の標準化、規制はまだ確立されていない。現状は安全性評価方法などの検討をしている段階であり、一般公開ワークショップや学会で研究成果が発表されている [6].

2-6 市場推移と参入企業

2-6-1 市場推移

図 2-11 に、数量ベース及び金額ベースの用途別リチウムイオン電池世界市場推移・予測を示す。2011年の見込みで1兆794億円であり、今後も市場の拡大が続くと予想されている。なおこの図で、各用途に含まれる製品は下記のようなものである。

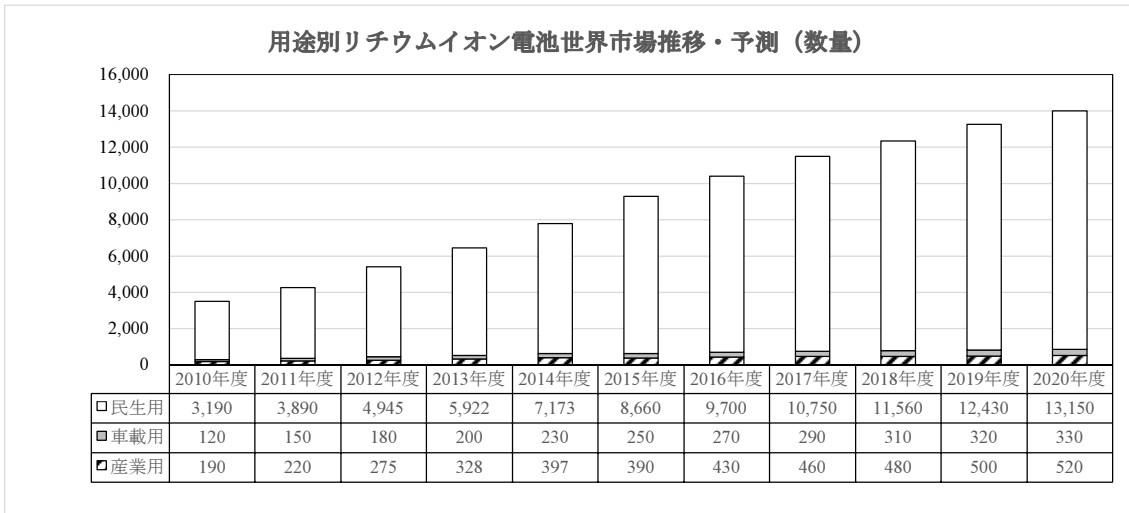
民生用：フィーチャーフォン、スマートフォン、ノートブック PC、タブレット PC、デジタルカメラなど

車載用：電気自動車（EV）、プラグイン・ハイブリッド自動車（PHEV）、ハイブリッド自動車（HEV）など

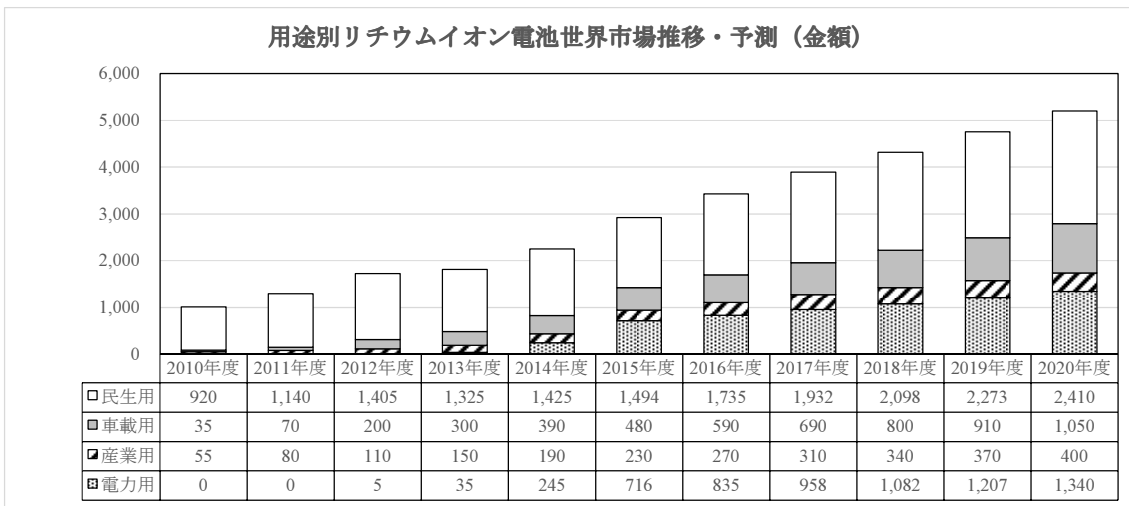
産業用：バックアップ用、住宅用など

電力用：電力負荷平準化用など

数量ベースでは民生用が大半を占めるが、金額ベースでは車載用と電力用の伸びが期待されている。



(a) 数量ベース



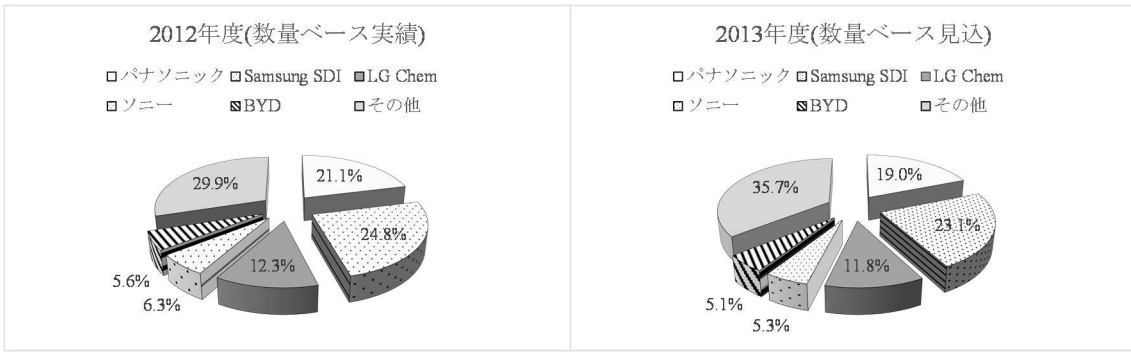
(b) 金額ベース

図 2-11 用途別リチウムイオン電池世界市場推移・予測 [18]を元に作成

2-6-2 主な参入企業

リチウムイオン電池に参入している主な企業は、日本・韓国・中国に偏在しており、日本では、パナソニック・エナジー社（三洋電機）、ソニー、GSユアサコーポレーション、新神戸電機、日立マクセルエナジー、NEC エナジーデバイスなどがある。韓国では、Samsung SDI、LG Chem、中国では、BYD、Tianjin Lishen Battery（Lishen）、Amperex Technology（ATL）、BAK Battery、B&K Li-Ion Battery などがある [7] [18] [19]。

2012年度、2013年度の主な電池メーカーのシェアを図 2-12 に示す。



(a) 数量ベースシェア



(b) 金額ベースシェア

図 2-12 主な電池メーカーのリチウムイオン電池世界シェア [18]を元に作成

また、材料を供給しているメーカーは数多くあるが、代表的な企業には次のようなものがある。日本の材料メーカーのシェアが総じて高いが、近年は、韓国・中国の材料メーカーの台頭も著しい [7] [18] [20].

- 正極材 : 日亜化学工業 (日本), L&F 新素材 (韓国), Umicore (ベルギー) など
- 負極材 : 日立化成工業 (日本), BTR (中国), JFE ケミカル (日本) など
- セパレータ : 旭化成イーマテリアルズ (日本), 東レバッテリーセパレータフィルム (日本), セルガード (米国) など
- 電解液 : 宇部興産 (日本), 三菱化学 (日本), Panax (韓国) など

保護回路, 残量計測, セル・バランス回路, 制御用マイコンなどの LSI は, セイコーインスツル (SII), ミツミ電機, ルネサス・エレクトロニクス, Texas Instruments (TI), Maxim Integrated Products, Analog Devices などの半導体メーカーが供給している。

また、電池パックに関しては、電池セルを扱う電池メーカーの系列企業の他に、電池パックの組み立てを専業とするパックメーカーが存在する。新普 (SINPLO TECHNOLOGY), 順達 (Dynapack), 加百裕 (Celxpert) の台湾系が上位を占めている [19].

2-6-3 車載用リチウムイオン電池の提携・出資関係

車載用リチウムイオン電池では、図 2-13 に示すように、電池メーカーと自動車メーカーの提携・出資関係が見られる。

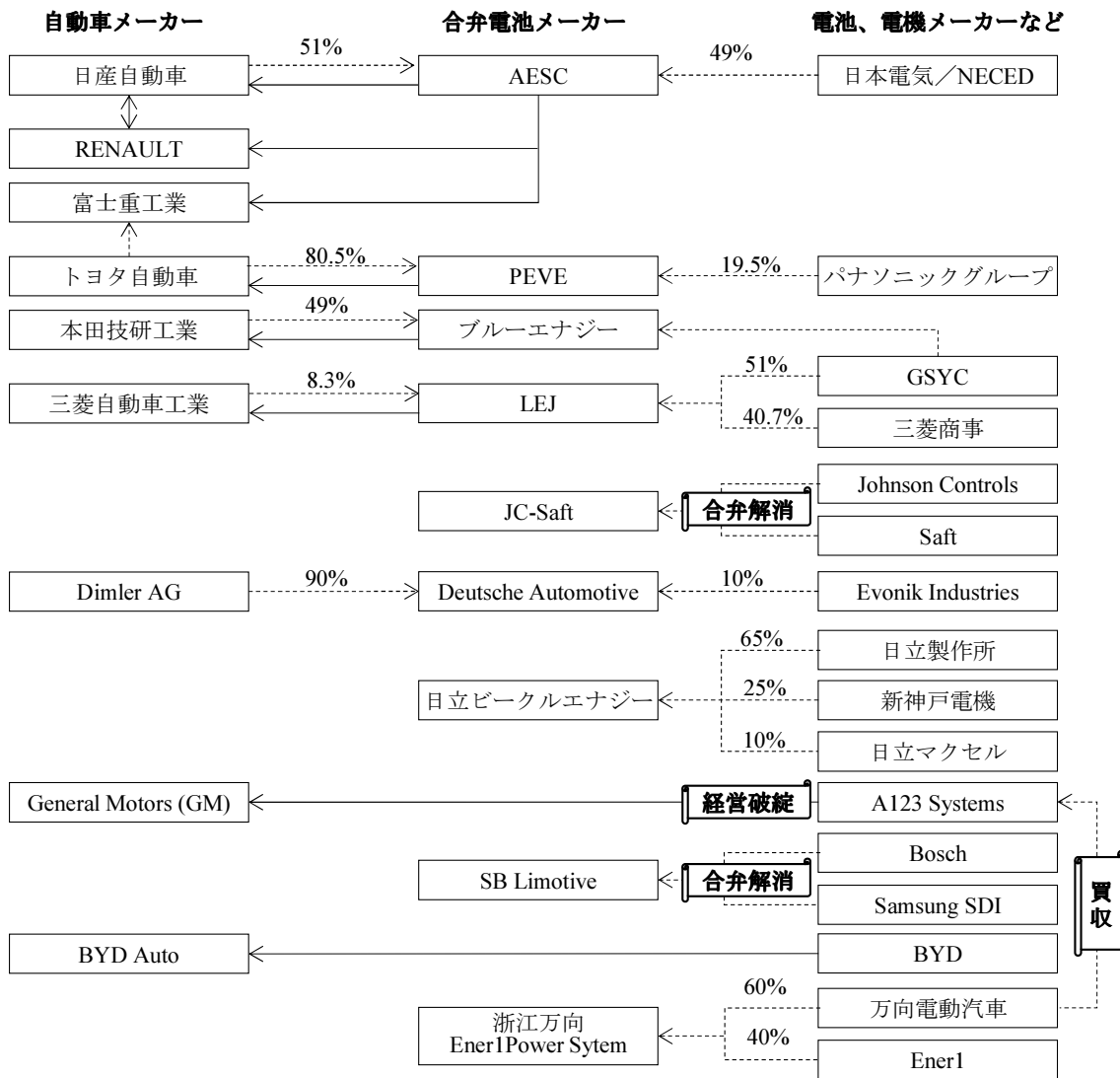


図 2-13 車載用リチウムイオン電池の主な提携・出資関係 [19]を元に作成

AESC: オートモーティブエネルギーサプライ

NECED: NEC エネルギーデバイス

PEVE: プライムアース EV エネルギー

GSYC: GS ユアサコーポレーション

LEJ: リチウムエネルギージャパン

また、図 2-14 に示すように、自動車メーカーへの電池の供給は、日本では自動車メーカーと電池メーカーの合弁会社から調達するケースが多く、国内製電池の調達にこだわる自

自動車メーカーが多い。これに対し、海外では国境を越えた供給関係となっている。また、自動車メーカーはすでに複数社からの調達を決定している。電池メーカーも複数の自動車メーカーからの受注を獲得しており、供給関係は非常に複雑である [19]。

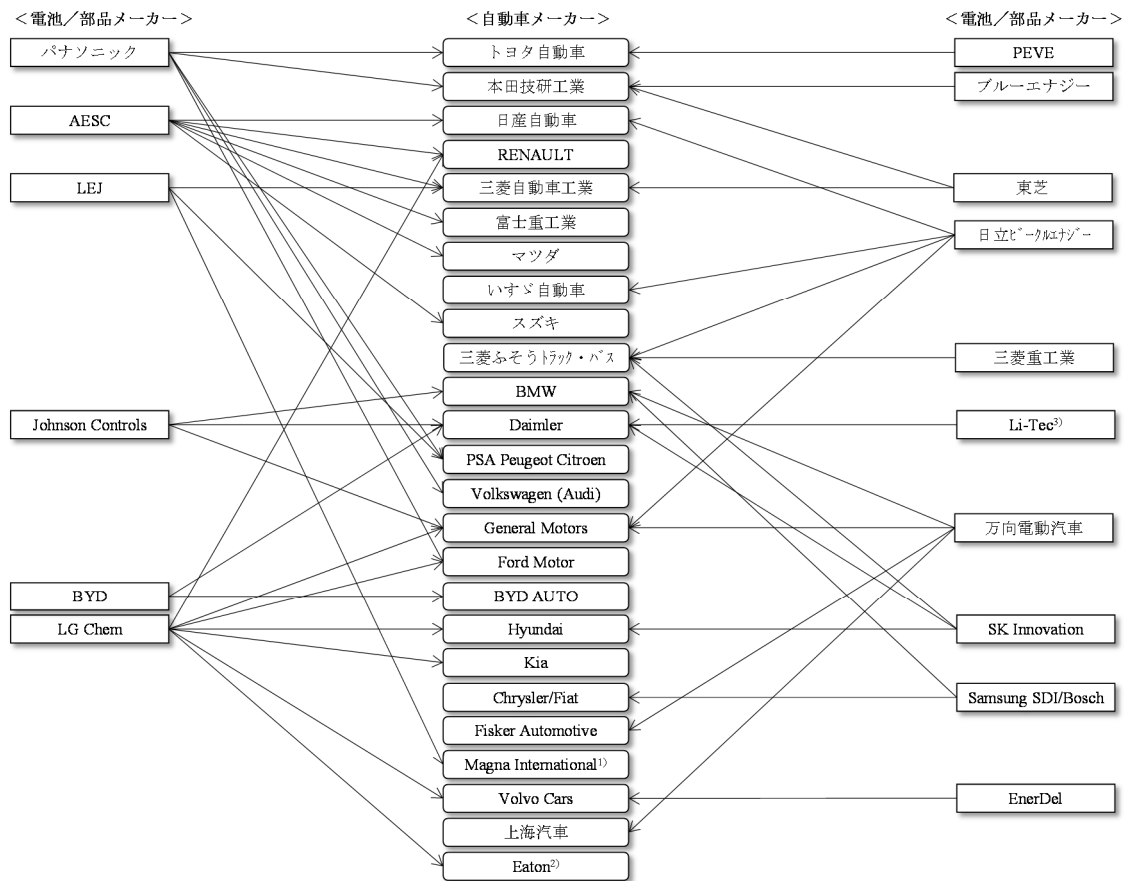


図 2-14 車載用リチウムイオン電池の供給関係 [19]を元に作成

AESC: オートモーティブエネルギーサプライ

PEVE: プライムアース EV エネルギー

LEJ: リチウムエネルギージャパン

1) Magna International は部品メーカー

2) Eaton は部品メーカー

3) 電池パックは Deutsche Automotive

2-7 小括

リチウムイオン電池はエネルギー密度が高く小さく軽くできるのであるが、発熱や発火の危険性のある、見た目以上に取扱いの難しい電池である。電池セルそのものと保護回路、充放電制御回路まで含めた、トータルの電池システムとして考える必要のある製品である。

また、電池の発展の歴史を見ればわかるように、電池産業はリチウムイオン電池も含めて

日本のメーカーが得意としてきた分野である。材料メーカー、装置メーカーなども含めてその産業の裾野は広く、日本では今後も期待される産業であることが分かる。一方で、参入企業も多く、取引関係も複雑で、難しいビジネスでもある。車載用や電力系統安定化用などのリチウムイオン電池は未だ発展途上であり、現在も新たな電極材料や部材の研究開発が続けられている。

[注]

1. 活物質とは、電子の受け渡しに直接関与する物質のことである。
2. 「特殊機械」とは、元来は放送局用の機械に対する用語であるが、ここでは同じような形態での受注を意味している。

参考文献

- [1] 一般財団法人 電池工業会：「電池の種類」, <http://www.baj.or.jp/knowledge/chronology.html> (2014.5.5 閲覧)。
- [2] 一般財団法人 日本電機工業会：「燃料電池発電の原理及び種類と特徴」, <http://www.jema-net.or.jp/Japanese/res/fuel/about.html> (2014.5.5 閲覧)。
- [3] 小林哲彦, 宮崎義憲, 太田璋：『図解でナットク！ 二次電池 基礎と応用技術の最前線』, 日刊工業新聞社 (2011)。
- [4] 小久見善八, 安倍武志, 稲葉稔, 内本喜晴：『リチウムイオン二次電池』, 株式会社オーム社 (2010)。
- [5] 芳尾真幸, 小沢昭弥：『リチウムイオン二次電池第二版 ー材料と応用ー』, 日刊工業新聞社 (2010)。
- [6] 鳶島真一：『次世代自動車用リチウムイオン電池の設計法』, 科学技術出版株式会社 (2013)。
- [7] 産業タイムズ社：『2次電池・電気二重層キャパシタ産業総覧 2013』 (2012)。
- [8] 旭化成株式会社：「リチウムイオン二次電池における吉野彰博士の業績」, http://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/jp/r_and_d/interview/yoshino/pdf/outlin_lithium.pdf (2012.12.12 閲覧)。
- [9] 蓬田宏樹, 狩集浩志：「燃えない電池」, *日経エレクトロニクス*, 2007年2月26日号, pp.83-107, 日経BP社 (2007)。
- [10] 北野真也, 上坊泰史, 和田弘, 青木卓, 村田利雄：「LiCoO₂正極を用いたリチウムイオン電池の過充電状態における発熱挙動」, *GS Yuasa Technical Report*, 第2巻, 第2号, pp.18-24 (2005.2)。
- [11] 竹野和彦, 金井康通, 野村直児：「安全・快適な移動端末利用のためのリチウムイオン電池と新電池試験方法」, *NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル*, Vol.17, No.3, pp.62-

65 (2009.10).

- [12] 小杉伸一郎, 稲垣浩貴, 高見則雄:「安全性に優れた新型二次電池 SCiB™」, *東芝レビュー*, Vol.63, No.2, pp.54-57 (2008).
- [13] 弥田英昭:「リチウムイオン2次電池の充電制御技術」, *トランジスタ技術*, 2007年11月号, pp.163-175, CQ出版株式会社 (2007年).
- [14] 日経BP社:『カーエレクトロニクスの最前線 HEV/EV 要素部品技術 2012-2013 - 車載電池, キャパシタ, 補機, 充電システム』(2012).
- [15] 芦澤公一, 山本謙滋:「リチウムイオン電池用アルミニウム箔」, *Furukawa-Sky Review*, No.5, pp.1-6 (2009).
- [16] 一般財団法人 電池工業会:「電池の規格について」, <http://www.baj.or.jp/knowledge/spec.html> (2014.5.5 閲覧).
- [17] 高橋雅子:「電動車両用電池・充電に関する国際標準化の進捗」, http://www.jari.or.jp/Portals/0/resource/JRJ_q/JRJ20130705_q.pdf (2014.5.5 閲覧).
- [18] 日本エコノミックセンター:『2014 リチウムイオン電池市場・技術の実態と将来展望』(2014).
- [19] 株式会社富士経済:『2014 電池関連市場実態総調査 上巻』(2014).

第3章 アーキテクチャ論と経営戦略論

第3章 アーキテクチャ論と経営戦略論

第1章で、本研究ではアーキテクチャ論をもとにしたアーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論をベースに研究を進めて来たことを述べた。アーキテクチャの概念やアーキテクチャ論をもとにした戦略論などは、企業における戦略の中にも取り入れられたりしているが、アーキテクチャの概念は見た目以上に複雑である。また、本研究では「戦略」という言葉を使用しているが戦略論にも様々なものがあり、これらの全体像を正しく把握して戦略を立案していることは稀であるように思われる。

以上のような背景も鑑み、本章では、本研究の基礎となるアーキテクチャの概念と、その概念を基にしたアーキテクチャ・ベースの戦略論、そして経営戦略論の詳細について調査し、2つの関係を考察した内容を述べる。

3-1 アーキテクチャ論

3-1-1 アーキテクチャ論の歴史

アーキテクチャ論は、製品アーキテクチャを中心として、イノベーション研究の歴史の中で提唱され発展して来た。これに関しては、佐伯 [1]が詳しいが、概略を整理すると次のようになる。

製品ライフサイクル論に基づくイノベーション研究

製品ライフサイクル理論 (Product Life Cycle) とは、製品が、導入期、成長期、成熟期、衰退期の4つの段階を経るという理論を指す。イノベーション研究の中では、技術進歩のありようが製品ライフサイクルによって変化するとされてきた [1][2][3][4]。すなわち、製品が市場に投入された当初は、様々な製品上の改良が試みられて製品イノベーションが加速するが、いったん支配的デザイン (dominant design) が確立すると、徐々に製品のイノベーション余地が少なくなり、それに替わって生産コスト上のメリットを追求するため工程イノベーションが主となるというものである。この製品ライフサイクル理論の中では、支配的地位にある企業が、継続的に生産性改善の投資を行うことでその地位をより堅固なものにすればするほど、新しい製品に対してのイノベーションに着手することが益々困難になってしまう、「生産性のジレンマ (productivity dilemma)」という事象が観測されたり [2]、支配的デザインの発生前後において、企業組織に求められる能力が変質することが指摘されたりした [4]。

製品のコモディティ化と新たなイノベーション理論への取り組み

組織の変質を伴いつつ、製品そして工程双方のイノベーションの余地が限界に近づくとすることは、製品がコモディティ化することを意味する。そのため、製品がコモディティ化した後に新たなイノベーションを起こすことの必要性が主張されてきた。

この中では、もっぱら技術の進歩とは、「漸進的 (incremental)」か「急進的 (radical)」か [5], 「持続的 (sustaining)」か「破壊的 (disruptive)」か [6], という二分法によって議論されてきた。その過程で、イノベーションとそれを創出する主体である企業組織 (及び個人) とをいかに効果的に結びつけるかという知識のマネジメントに関する研究 [7], よりテクニカルな視点として基礎研究と製品開発との相互作用のありようを論じた研究 [8] [9], あるいはまた、イノベーションを具象化する段階, すなわち事業化における最大の関門たる製品開発の実証的研究などが行われてきた [10] [11] [12].

しかし、これらイノベーション研究が取り上げてきた技術の変化とは製品全体の付加価値の総和のことであり、複雑化した人工物の共通の特性である、準分解可能性 [13] [14] を十分には反映していなかった。

製品アーキテクチャの概念の登場

一般的に、人工物は複雑化して人間の認識能力の限界に行きあたると、その複雑性を解消するために階層化される [15]. そして設計タスクは、より小さい単位へと分割されていくことになる [16]. これによって、より小さい単位へと分割される設計タスクによって生じる個々の構成要素ごとにイノベーションのありようは異なってくる。このような流れの中で、構成要素同士の関係性の相違によっても、総体としての製品の差別化が可能であることが示唆された。

Henderson と Clark [17] は、従来の急進的・漸進的の二分法以外に、イノベーションが構成要素そのものの技術イノベーションのみならず、既存の構成要素間のつなぎ方の変化 (アーキテクチャル・イノベーション) によっても起こりうることを指摘した。(図 3-1 参照)

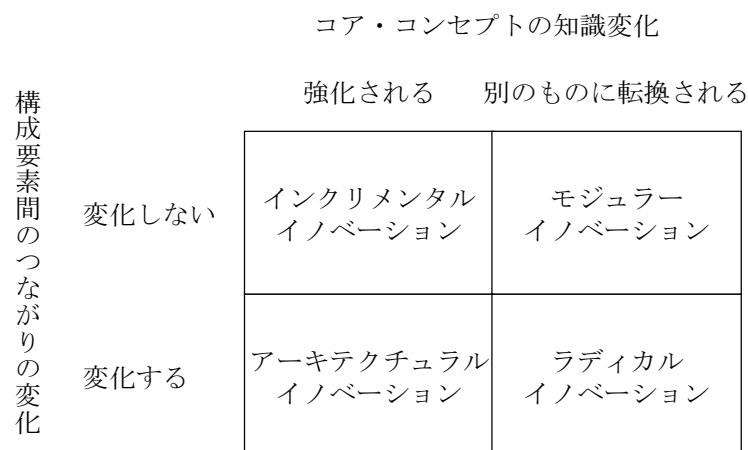


図 3-1 イノベーションのフレームワーク [17]

ここで大事な点は、このアーキテクチャという概念自体は決して新しいものではないのであるが、Henderson らの研究以前のアーキテクチャの研究では、製品や工程の構造に関する記述に留まっており、明示的に企業組織や産業構造へ与えるインパクトまでは言及され

ていなかったということである。Henderson らによって、製品の構造のみならず、より拡張的概念として経済活動を説明するという応用可能性が提起されたことから、製品アーキテクチャが本格的に議論されるようになった。

製品アーキテクチャの概念の精緻化、類型化

その後、製品アーキテクチャの概念は精緻化され、製品内部構造における構造と機能の対応関係及びインターフェースの集約化とルール化の程度として類型化されるようになる。

類型化の方法としては、構造要素と機能要素との対応関係とそのインターフェースの粗密さによって、インテグラル型かモジュラー型か、インターフェースの一般化の開放度においてクローズド型かオープン型かといった分類が行われるようになった[18] [19] [20] [21] [22] [23]。また、製品アーキテクチャのみならず製品からサービス開発、生産、販売に至る一連のビジネス・プロセスからなるシステムへと概念が拡張され、製品アーキテクチャは、ビジネス・アーキテクチャを構成する主要サブシステムの一つ考えられるようになった[24]。

欧米におけるモジュラー化の諸研究

主として欧米の諸研究では、インテグラル型のアーキテクチャよりもモジュラー型のアーキテクチャをより高次に捉え、モジュラー化の必要性やインパクトについて主張することが多い。製品コストと取引コストの関係といった、組織の経済学の視点からモジュラー化と産業の水平ネットワーク化の利点を説いた研究 [25]、モジュラー化が内包する製品世代間を跨ぐ知識の継承・移転の可能性を活かし、企業が素早い新製品のリリースを継続し利益を得ている実態を明らかにした研究 [26]などがある。特に、Baldwin と Clark はモジュラー化の体系化に大きな貢献を果たしている [27] [28]。Baldwin らは、モジュラー化のメカニズムを「分離」「交換」「追加」「削除」「抽出」「転用」という 6 つのモジュラー・オペレーション (modular operation) の概念によって論理的に説明した。更に、Gawer と Cusumano は、オープン・モジュラーを標準化と結び付け、産業内のプラットフォーム・リーダーになることの重要性を説いている [29]。

日本における製品アーキテクチャの産業分析

欧米の諸研究がモジュラー化を相対的に高次に捉え、モジュラー化の必要性やインパクトを主張しているのとは対照的に、日本では一方的なモジュラー化を志向するのではなく、個別産業に最適な製品アーキテクチャを選択することの必要性が主張されている。この背景にあるのは、米国は情報技術や PC 等のハイテク機器を、日本は自動車や高付加価値型ハイテク機器 (高密度記録型 DVD, デジタル・スチル・カメラ等) を分析対象としていたことがある。つまり、日本では必然的にインテグラル型アーキテクチャに優位性を求めるようになったのである [1]。

藤本らは、自動車や電機といった組立加工産業のみならず、ソフトウェアなどの無形文化

財、ビールや医薬品などのプロセス産業や金融にまで広げて検討を進めてきた。産業ごとの最適アーキテクチャを検討することによって、自動車産業のように構成要素間の相互依存性が高い産業においても、その擦り合わせを巧みに実現していただくだけの組織能力を獲得していれば、インテグラル型製品の産業においても十分国際競争力を持ちうることを明らかにした [24][30]。一方、日本ではモジュラー型アーキテクチャでグローバル競争を戦い抜く要件が整っていないことも明らかになり、日本ではモジュラー化がもたらすコモディティ化に対する問題意識が高くなっている [31]。

また、製品アーキテクチャと組織アーキテクチャが適合的だという点は、欧米の研究同様に日本でも広く認知されている [24][32][33][34][35]。さらに、製品アーキテクチャが静態的なものではなく、製品アーキテクチャがダイナミックに移行することを所与とし、それに迅速に対応する組織の能力を高める必要があるとする [24][36][37]。

ここまで整理した論点は、製品アーキテクチャとそれに対応する組織能力を中心にしたものであるが、ビジネス・アーキテクチャの観点からは、製品を製造する工程アーキテクチャ、製品を構成する部品を調達する調達のアーキテクチャも議論の対象に含める必要がある。このような観点からの研究では、製品・工程・調達のアーキテクチャが相互に対応しあうことを明らかにされている [24]。

以上のように、日本の諸研究では、産業によって製品アーキテクチャの優位性が異なることを主に実証面から論じてきたという歴史がある。

3-1-2 アーキテクチャの概念

3-1-1 項ではアーキテクチャ論の歴史の概要を述べたが、この項では、上記の中で精緻化・類型化されてきたアーキテクチャの概念について述べる。

3-1-1 でも述べたように、アーキテクチャの概念は、製品アーキテクチャのみならず、製品からサービス開発、生産、販売に至る一連のビジネス・プロセスからなるシステムへと概念が拡張されている [24]。ここでは、製品・工程アーキテクチャのより上位の概念であるビジネス・アーキテクチャについて、その規定の方法と類型化について述べる。

まず、アーキテクチャ論におけるこれらの言葉は次のように定義されている [24]。

- (1) ビジネス・プロセス：製品やサービスが開発され、生産され、必要とするユーザーに販売され、ユーザーの使用をサポートするまでの一連のプロセス。
- (2) ビジネスの構造：ビジネス・プロセスの中のどこで付加価値が生み出されているかという、付加価値創造活動の配分パターン。
- (3) ビジネス・モデル：ビジネスの構造を前提とした、自社独自の付加価値創出のパターン。

また、アーキテクチャの概念は、製品やサービスの開発、生産、販売、サポートに至るまでの一連の「プロセス」を対象にしたものである。このプロセスは、最終顧客が求める価値

を創造する人々の協業のプロセスである。企業が戦略を考える上では、まず、ビジネス・プロセスの中のどこで付加価値が生み出されているのか、顧客にとっての価値を創造する活動がどこに配分されているのかという「ビジネス構造」を把握することが必要である。次に、企業が余剰利益を得るためには、自らが参加しているビジネスの構造を理解することによって、付加価値を生み出せるような仕組み、つまり「ビジネス・モデル」を作り上げる必要がある。具体的な例を挙げれば、インテルがMPUに特化し、設計と半導体プロセスの両方を同時に革新し、設計と半導体プロセスとの間の継続的な擦り合わせを行い、一方ではインターフェースを標準化しオープンにすることによって、MPUの領域で長年に渡って市場を独占し利益を上げている。また、デル・コンピュータは、新製品が3か月で陳腐化してしまうようなパソコン市場において、受注、部品生産、最終アッセンブリー、物流の間の密接な関係を管理することによって、他社よりも早く、自由な組み合わせで顧客へ届けることを実現している。

では、ビジネスの構造をいかに理解すればよいのか。ビジネス・プロセスを構成する諸活動のある組み合わせがなぜ利益をもたらすのかを理解する視点の一つが「ビジネス・アーキテクチャ」という視点である（図3-2）。

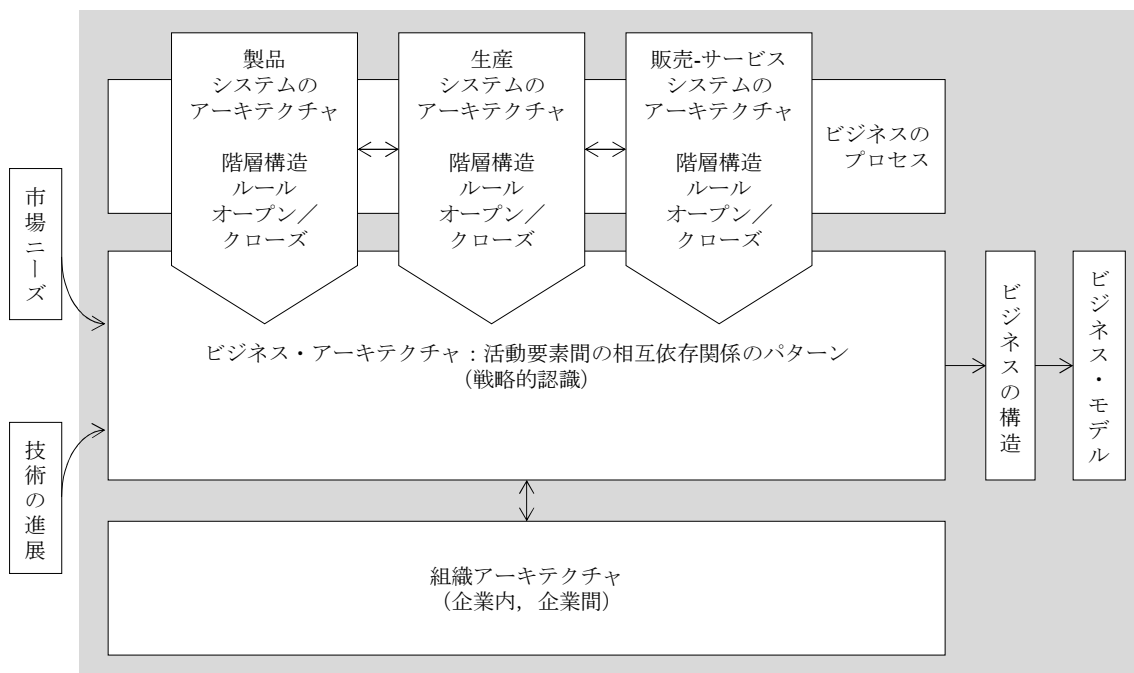


図3-2 ビジネス・アーキテクチャという視点 [24]

ビジネス・プロセスは、プロセス内部にさまざまな活動要素を内包している一つのシステムと考えることができる。このビジネス・プロセスに内包されるさまざまな活動は、ある部分は事前ルールによって規定され、ある部分は人々の間の継続的な相互作用に委ねられている。そのパターンを理解することを通じてビジネス構造を理解しようとするのが、ビジネス・アーキテクチャという視点からものを見るという方法である。

ビジネス・アーキテクチャとは、製品やサービス開発、生産、販売に至る一連のビジネス・プロセスからなるシステムの、「構成要素間の相互依存関係のパターンで記述される性質」のことである。すなわち、ビジネス・プロセスをシステムと考えた場合の活動要素間の相互作用のあり方である。ビジネス・プロセスが製品やサービスの開発、生産、販売・サービスから構成されているため、ビジネス・アーキテクチャは製品アーキテクチャ、生産（工程）アーキテクチャ、流通・サービス・アーキテクチャとそれらの相互作用によって規定される。

そして、アーキテクチャの性質はモジュラー化・統合化という視点と、オープン化・クローズ化という 2 つの視点から把握することができる。以降では、この 2 つの視点について述べる。

3-1-3 モジュラー化

モジュラー化とは、一連のビジネス・プロセスからなるシステムの複雑さを削減しようとするものである。

あらゆるシステムは構成要素間の相互依存性を内包している。相互依存性とは、システムを記述する、あるパラメータの変化が別のパラメータの変化を要請する程度のことである。この相互依存性の高さがシステムの複雑さの源泉であり、システムを構成する要素の数と各要素間の相互関係の強さの掛け合わせで決まる。

構成要素の数は、可能な構成要素間の関係の数を規定する。例えば、構成要素が 3 個からなるシステムであれば、要素間の関係の数は組み合わせの公式から ${}_3C_2=3 \times 2 / 2 = 3$ となるが、構成要素が 10 個のシステムになるとその要素間の関係の数は、 ${}_{10}C_2=10 \times 9 / 2 = 45$ となる。この要素間の関係の多さが複雑性の第一の源泉である。次に、構成要素間の関係の数が一定であれば、要素間の相互関係が強いほど複雑性は高まる。これが複雑性の第二の源泉である。これら二つの複雑性の源泉に対して、システムの複雑性を削減する戦略は、表 3-1 に示すように、「階層化・インターフェースの集約化」と「インターフェースのルール化」である。

表 3-1 モジュラー化の戦略 [22] [24]

システム複雑性の源泉	対応する複雑性の削減戦略
(1) 構成要素間の数＝要素間の関係の数 (2) 各構成要素間の相互依存性	階層化・インターフェースの集約化 インターフェースのルール化

階層化・インターフェースの集約化

システムの複雑性を削減する簡単な方法は、機能を減らして構成要素を減らす、あるいはパフォーマンスを落として構成要素間の相互依存性を低くすることであるが、競争優位性を確保するには、機能やパフォーマンスは維持しながら複雑性を削減する必要がある。そのための一つの手法が「階層化・インターフェースの集約化」である [13]。

システムを構成する要素間の相互依存関係のあり方は、必ずしも一様である必要はない。

求められるパフォーマンスを達成する上で、ある要素 A と要素 B との相互依存関係は強いが、要素 B と要素 C との相互依存関係は比較的弱く無視できることがしばしばある。このような相互依存関係の程度を認識した上で、「システム全体を、相対的に相互依存性の高い構成要素群ごとに複数のグループ (モジュール) に分解して、インターフェースの集約化を図ること」がモジュラー化の第一の側面である。それによって、構成要素間の関係の問題を、モジュール間のインターフェースとモジュール内のインターフェースの階層間の問題に分離して、要素間の関係の数を減らすことができる。

インターフェースのルール化・固定化

インターフェースが集約化され、システムがモジュールに分解されると、各モジュール内の構成要素は他のモジュールの構成要素とは切り離され、集約化されたインターフェースを通じてのみ、相互依存関係を持つことになる。インターフェースが集約化されると、その後はインターフェースの変化だけに対応すればよい。さらにそのインターフェースが長期にわたって固定されれば、モジュール内部の構成要素の独立性はさらに高まる。つまり、モジュラー化の第二の要素は、インターフェースのルール化・固定化である。

なお、インターフェースのルール化は、構成要素の変化の範囲を事前に規定することによって事後的な相互依存性を削減する方法であり、インターフェースの階層化・集約化を進めなくても起こる。例えば、部品の標準化はインターフェースの階層化・集約化は伴わず、インターフェースをルール化したものと捉えることができる。つまり、インターフェースの階層化・集約化とルール化は、二つの独立した概念である。このことから、モジュラー化は図 3-3 に示すように、二つの独立した次元でとらえることができる概念だと考えることができる。

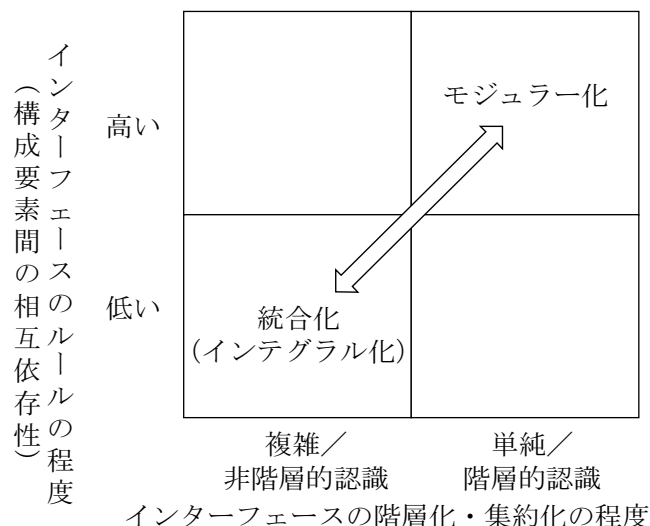


図 3-3 モジュラー化の次元 [19] [22] [24]

モジュラー化のメリット・デメリット

システムの複雑性を削減する戦略の一つとしてモジュラー化があるのであるが、常にモジュラー化が優れた戦略というわけではなく、次のようなメリット・デメリットがある。

まず、モジュラー化のメリットには次のようなものがある。

- (1) 構成要素間の調整や擦り合わせにかかるコストを大幅に削減できる。
- (2) システムに対する変化をモジュール・レベルに局所化することができる。
- (3) モジュール・レベルでの再利用が可能になる。
- (4) 各モジュールが独立に動けることによって、イノベーションを促進することができる。
- (5) 分業を促進する。

このようなモジュラー化のメリットを享受することにより、製品開発の効率と製品システムの進化のスピード（性能向上のスピード）を大幅に高め、システムの多様性を容易に確保し、水平分業によりシステムを空間的・時間的に拡大することが可能となる。3-1 節でも述べたように、欧米におけるアーキテクチャ論の諸研究では、これらのモジュラー化のメリットとその可能性に着目したものが多かった。

一方で、モジュラー化には次のようなデメリットがある。

- (1) モジュール間にまたがる変化は極端に弱い。
- (2) モジュラー化されたシステムにおける各構成要素は原理的に冗長性を持つ。

このようなモジュラー化のデメリットは、モジュール内部での技術進歩がモジュール内で収まらずモジュール間の関係にまで影響を与えるようになったときや、市場要因によってモジュールの範囲を超えてシステム全体の変化が必要になったとき、モジュラー化によるモジュール構造は変化に対応できないという問題を内包している。また、製品のモジュラー化が組織のモジュラー化をもたらす傾向があり、これが問題を深刻化させることがある。さらに、集約化・ルール化されたインターフェースとは相対的に汎用的なインターフェースであり、このようなインターフェースを持つモジュールには常にこの分だけ冗長性を内包せざるを得ない。これが固定化されると、個々の構成要素間の関係に最適なインターフェースを諦めることになり、ある特定時点でみると、モジュラー化されたシステムは最適なパフォーマンスを達成できない。言い換えると、モジュール内の進歩をいくら続けても、これ以上実現できないというシステム・パフォーマンスの限界が存在する。

統合化（インテグラル化）のメリットとデメリットは、モジュラー化のメリットとデメリットと丁度表裏の関係にある。つまり、メリットとしては、システム全体にわたる変化に対応しやすく、システムの最適設計が可能である。したがって、システムの潜在的複雑性がそれほど高くないか、時間と資源が十分に供給されているのであれば、統合化の戦略によって

システム・パフォーマンスの最適化が実現できる。

アーキテクチャのダイナミクス

製品やシステムのアーキテクチャは、時代とともにダイナミックに変化している。技術や市場の変化に伴って、モジュラー化と統合化のメリットとデメリットの相対的優位性が変化するからである。そのどちらが強くなるかによって、システムはモジュラー化に向かったり統合化に向かったりする。これは概念的には、図 3-4 のように説明されている。

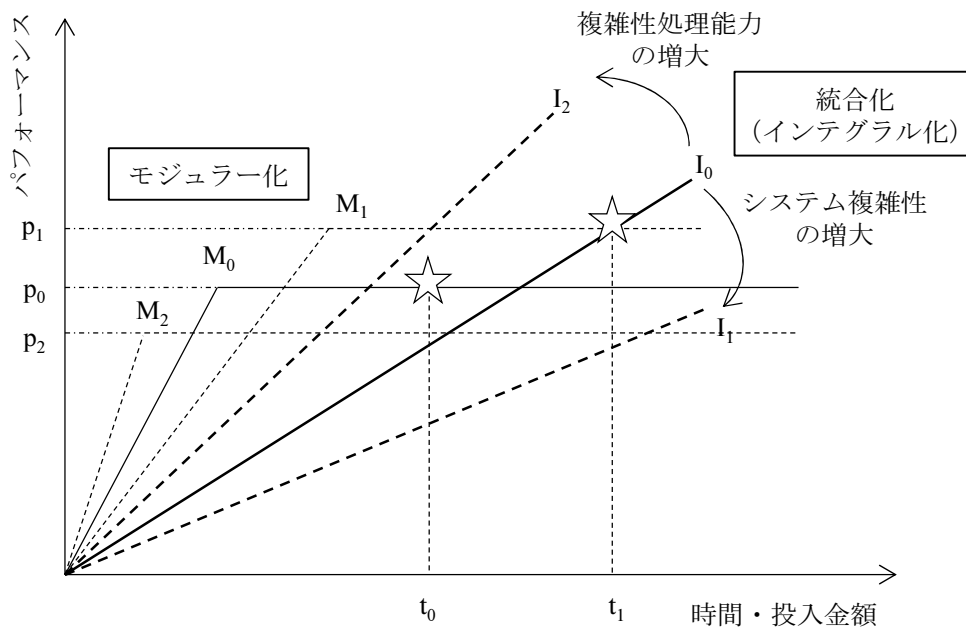


図 3-4 アーキテクチャのモジュラー化と統合化のダイナミクス [24]

この図は、モジュラー化や統合化の動きが製品システムのパフォーマンスとどのような関係にあるのかを図式化したものである。縦軸は、対象となる製品システムのパフォーマンス、横軸は、製品システムを開発したり改善したりする際に必要な時間もしくは投入資源を表している。

モジュラー化はすでに説明したように、各モジュールの独立性が確保され、システム進化のスピードを速める [13]。その代りモジュラー化には、システム・パフォーマンスの限界が存在し、パフォーマンス・レベルに一定の制約を与える。図では、左に位置する勾配が大きい線ほど進化のスピードが速い。統合化は、単純化して屈曲しない直線で表している。

まず、モジュラー化した場合が M_0 、統合化した場合が I_0 の線で表され、モジュラー化のシステム・パフォーマンスが p_0 である場合を考える。モジュラー化することによって性能向上のスピードを高めることができるため、同じ時間とコストをかけた場合、時間・投入金額が t_0 の時点ではモジュラー化の戦略の方が相対的に高いパフォーマンスを実現できる。それに対して、統合化の戦略をとった場合には、十分な時間と資源が供給された t_1 の時点で

は p_0 を上回るパフォーマンスを実現できる。次に、システムの複雑性が増大し、統合化の戦略をとった場合が I_1 の線で表されるようになると、 t_1 の時点でも I_1 は p_0 を上回るパフォーマンスを実現できないため、モジュラー化の方に優位性がある。逆に、統合化による複雑性処理能力が増大し I_2 のようになると、 t_0 の時点でも p_0 を上回るパフォーマンスを実現できるため、統合化の方に優位性があることになる。

同様に、モジュラー化の戦略をとった場合にも、システムの進化のスピードが M_1 や M_2 のように変わったり、システム・パフォーマンスの限界も事前の設計や調整により p_1 や p_2 のように変わったりする。これが、システムがモジュラー化に向かったり統合化に向かったりするものの概念的な説明である。

モジュラー化と統合化の同時進行

モジュラー化と統合化は概念的には排他的な関係にある。しかしながら、システム全体を眺めると、あるレベルではモジュラー化され、別のレベルでは統合化されるということがあり得る。例えばパソコンの例では、パソコンという製品レベルで見れば MPU や周辺機器などがモジュール化してインターフェースが集約化・ルール化され、モジュラー化が進展している。一方、構成要素である MPU をとってみれば、演算装置のみならずインターフェース回路などを次第に取り込んで統合化が進展している。このような例は、自動車産業や半導体の製造プロセスのアーキテクチャの変化にもみられる。

したがって、異なる（製品）システムを比較して、全体としてどちらがモジュラー型でどちらが統合型（インテグラル型）であるのかというのは必ずしも適切ではない。システムの範囲をどこに設定するのか、またシステムのどのレベル、どの部分で比較するのかによってモジュラー的に見えたり統合的に見えたりすることがある。モジュラー化といわれる現象の多くは、システム・レベルでのモジュラー化とサブシステム・レベルでの統合化として把握できるものである。

3-1-4 オープン化とクローズ化

ビジネス・アーキテクチャ論の中でいうオープン化とクローズ化は、「システムの構築、改善、維持に必要とされる情報が社会的に共有・受容される範囲」に関する概念である。オープン化とはこの範囲が拡大する動きを示し、逆にクローズ化とはこの範囲が限定される動きを示している。ここではオープン化の方向を中心に説明するが、システムのオープン化の程度とは、システムに関する情報が社会的に共有される程度のことである。この意味でオープン化とクローズ化は、システムそのものの性質に関する概念というよりは、システムに関する社会的コンセンサスにかかわる概念である。しかし単なる程度だけではなく、誰に対してオープンなのか、またシステムのどの部分もしくほどのレベルがオープンになっているのかによって、アーキテクチャのあり方や経済的なインプリケーションも異なってくる [24].

戦略としてのオープン化

戦略的にオープン化を進めることを「オープン化戦略」とすれば、オープン化戦略の構成要素としては次のものを挙げることができる。

- (1) 情報を社外に公開するかどうかの意思決定
- (2) それらの情報に対する社会の多様な人々のアクセスの容易性
- (3) 公開された情報に対する人々の興味の程度
- (4) 公開された情報の受け手の理解能力
- (5) システムの構築、改善、維持に必要とされる情報量の低減

これらの構成要素のうち、(5) がモジュラー化とオープン化の接点である。モジュラー化は、システムの構築、改善、維持に（部分的に）参加するのに必要な情報を大幅に低減するからである。しかしながら、必ずしもモジュラー化されないとオープン化が進まないというわけではない。Linux のオープン化のように、人々がシステムに関する情報に強く関心を持ち、それを理解する能力が高まれば、必ずしもモジュラー化に頼らずともオープン化が進む可能性がある。モジュラー化は、上述したオープン化戦略の要素の一つであって、他の要素によってオープン化が実現されることもあり得る。逆に、オープン化が統合化を押し進めるという流れもあり得るということである。

オープン化戦略のメリット・デメリット

製品システムをオープン化することにもメリットとデメリットがある。

まず、製品システムのユーザー数の増加が、自社の製品システムの魅力を増大させるような場合、つまり直接のネットワーク外部性が働くような場合には、自社システムをオープン化することのメリットが大きくなる。また、補完材を開発・生産する企業の数が増大することによる間接的なネットワーク外部性が働く場合にも、オープン化戦略は有効である。

次に、オープン化は多様な人々の知識の集結をもたらすことによって、自社システムの向上を果たすことができる。これらがオープン化戦略のメリットである。

一方、オープン化戦略にはデメリットもある。もっとも大きいのが、ただ乗りの問題である。システムの開発にはコストがかかるが、もしシステムに関する情報が競合他社にオープンにされると、競合他社はシステム開発にかかるコストを節約できる分優位に立つことができる。したがって、オープン化戦略を採る場合には、特許戦略なども同時に持つ必要が生じる。次に、モジュラー化と組み合わせさせてインターフェース・ルールがオープン化されると、それが組織内だけで共有されているとき以上に、ルールの変更が難しくなるということが挙げられる。

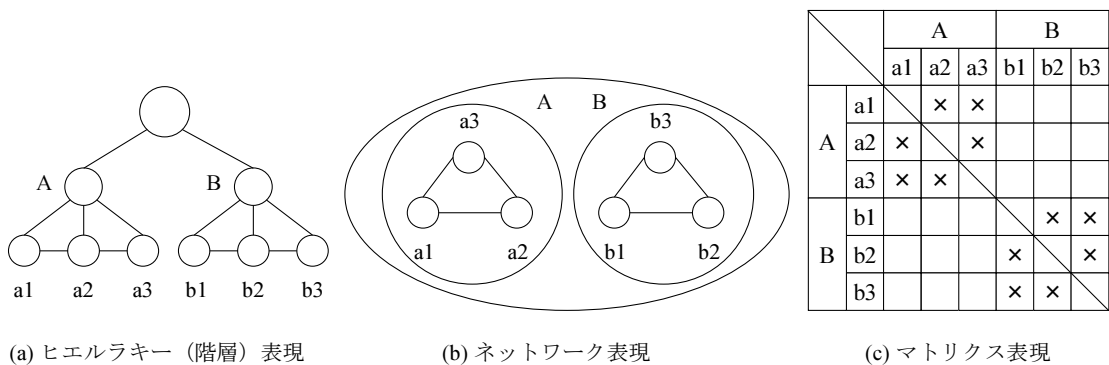
3-1-5 アーキテクチャの表現形式と類型化

アーキテクチャの表現形式

3-1-2, 3-1-3, 3-1-4 においてアーキテクチャの定義, モジュラー化, オープン化とクローズ化について述べたが, アーキテクチャは, 製品, 生産 (工程), 販売・サービスなど, 複数の構成要素からなるシステムにおける機能的・構造的な相互依存性として定義される. そして, アーキテクチャは一般的には, 図 3-5 に示すようなヒエルラキー (階層), ネットワーク, マトリクスといった形式で表現することができる. 図で示したのは, 6つの構成要素 (a1, a2, a3, b1, b2, b3) からなるシステムで, a1, a2, a3 は A というサブシステム, b1, b2, b3 は B というサブシステムを構成し, 多層的な階層構造となっている. また, サブシステム内の構成要素には相互作用が存在するが, サブシステム間は相互依存性が無いものと想定している [34].

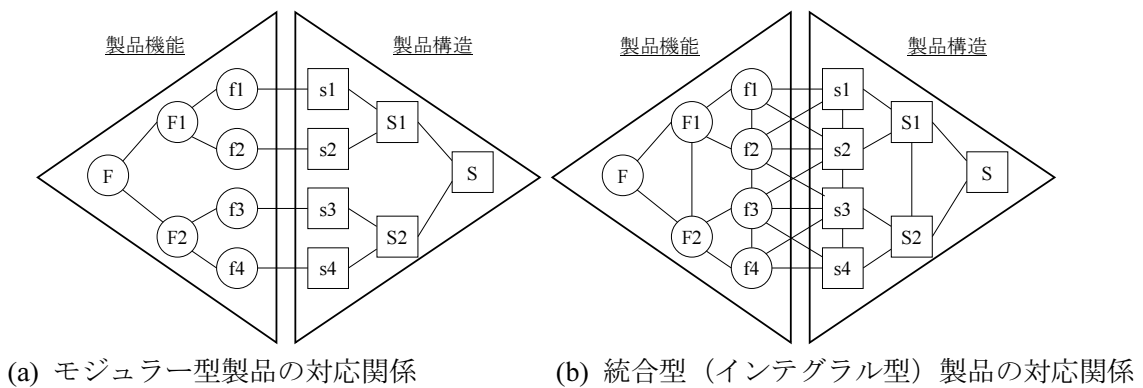
また, アーキテクチャは階層性を持つのであるが, 製品アーキテクチャを例に採れば, 図 3-6 に示すような製品機能の階層と製品構造の階層との対応関係として定義することができる [34].

工程アーキテクチャについても同様に, 生産工程の階層と製品構造の階層との対応関係として定義することができる.



(a) ヒエルラキー (階層) 表現 (b) ネットワーク表現 (c) マトリクス表現
 (a) ヒエルラキー (階層) 表現 (b) ネットワーク表現 (c) マトリクス表現

図 3-5 システムとアーキテクチャの表現形式



(a) モジュラー型製品の対応関係 (b) 統合型 (インテグラル型) 製品の対応関係

図 3-6 製品アーキテクチャと階層性の表現

アーキテクチャの類型化

アーキテクチャはモジュラー化・統合化（インテグラル化）という視点と、オープン化・クローズ化という 2 つの視点からアーキテクチャを類型化することができる。このことから、横軸にアーキテクチャのモジュラー・インテグラルを、縦軸にオープン・クローズを採ると、アーキテクチャは図3-7のような2×2マトリクスで分類することができる [34][35]。なお、ここでは「オープン型」を「モジュラー型」の一種と定義しているため、「オープン・インテグラル型」は論理的には存在しない。しかし、「オープン型」の定義次第では、このタイプもあり得る。

また、アーキテクチャの階層性を考慮すると、自社の製品の内部構造がモジュラー型かインテグラル型か、自社の主要顧客の製品がモジュラー型かインテグラル型かによって、図3-8に示すような2×2マトリクスにより4つの基本ポジションに分類することができる。このマトリクスのどこに自社が位置するかによって、競争力と収益力に影響を与える。このことから、アーキテクチャの位置取り、あるいはアーキテクチャの位置取り戦略と呼ばれる [34][35][38][39]。これは後述するように、藤本により、経営戦略論の環境の魅力重視（ポジショニング）と組織の能力重視（資源）戦略の視点を加え、収益性の高いアーキテクチャの組み合わせを検討して提示されたものである。経営戦略論との関係についてはまた後述する。

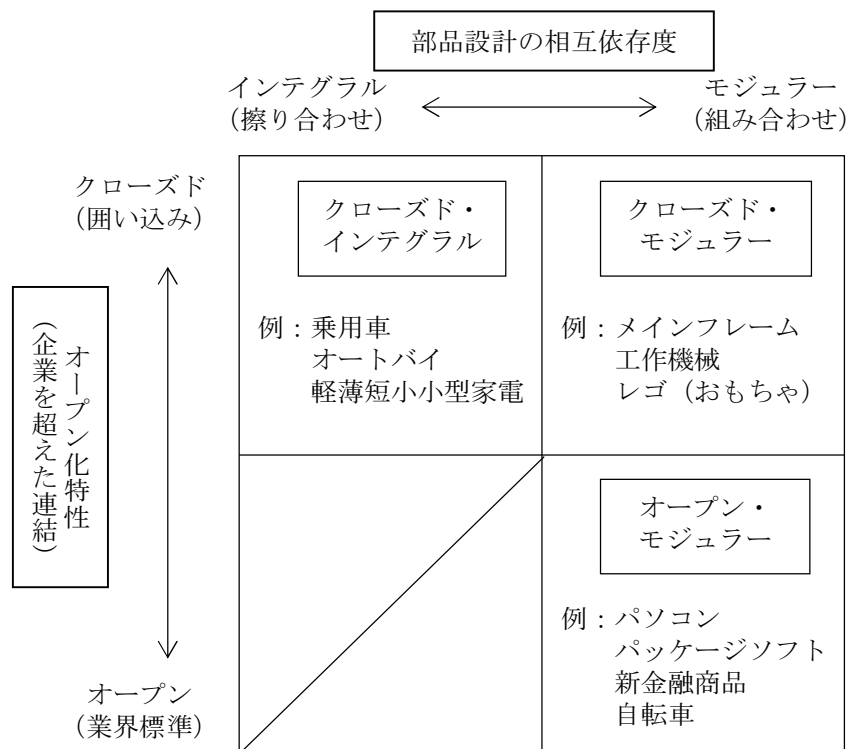


図3-7 製品アーキテクチャの分類と製品類型 [34]

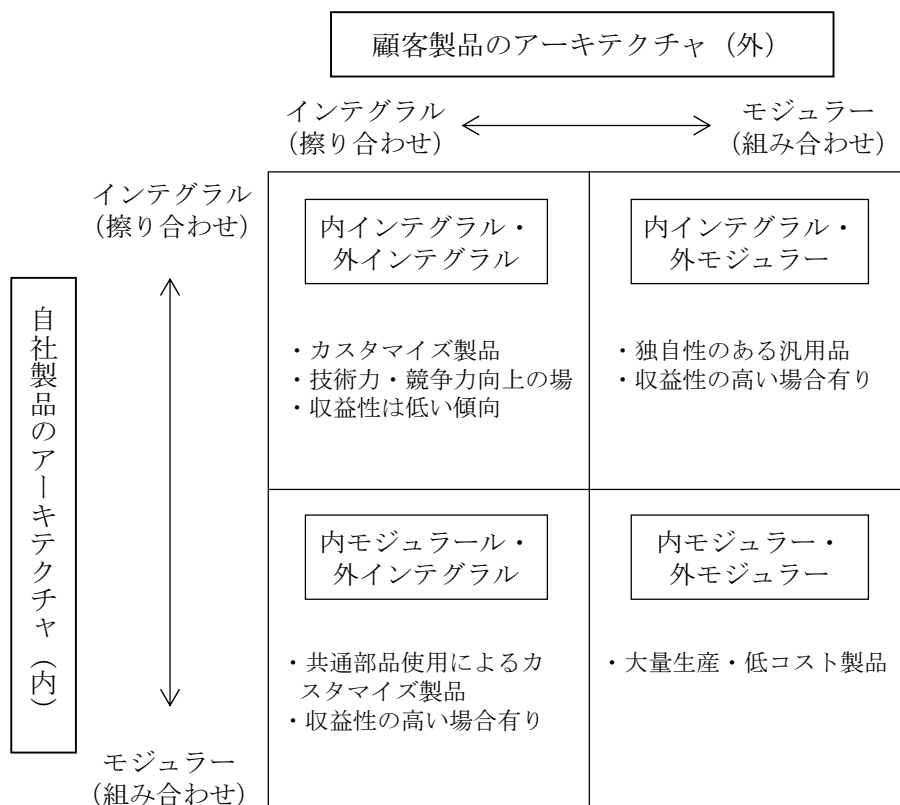


図 3-8 アーキテクチャの位置取りの 4 つの基本ポジション [34] [注 1]

3-1-6 アーキテクチャの測定問題

ある製品の製品・工程アーキテクチャは、モジュラーかインテグラルかといった二分法ではなく連続的なスペクトル上に展開されるものであり、正確にはモジュラー度（インテグラル度）を定量的に測定する必要がある。しかしながら、アーキテクチャの測定は極めて難しいとされる [34]。文献 [40]では、製造業 33 社にアンケート調査を実施し、その結果をもとに相対的によりインテグラルかモジュラーなのかを数値化している。しかしながら、ここでの回答はアンケートを実施した企業の主観的な評価がもとになっており、正確なモジュラー度（インテグラル度）が測定されているわけではない。また、研究の観点からは、企業の製品に関する情報は秘密情報であり、一般的には公開されることはない。このように、アーキテクチャの測定は困難な課題であり、現時点でも測定手法は確立されてはならず課題として残されている。

3-1-7 アーキテクチャ・ベースの戦略論

アーキテクチャ論では、当初からアーキテクチャと組織との相互適応や相性について言及している。特に日本では、「ものづくり」の組織能力とアーキテクチャの間に相性があり、ものづくりの現場の競争力に影響を与えるとされ、また、組織能力はその生い立ちや環境、発展の歴史に影響を受け、国や地域によって異なるとされる。さらに、アーキテクチャの概念は元来、システムの複雑性を削減するための「戦略」として取り扱われてきたという背景

があり、藤本らは「アーキテクチャの概念」と「組織能力」及び「能力構築の環境」（産業地理学）という視点を加えた3つの鍵概念をもとに、製造業を中心とした企業の競争力・収益力及び戦略の研究を展開してきている [24] [32] [33] [34] [35] [38] [39] [41]。これを、「アーキテクチャ戦略」「ものづくり戦略」などと呼んできているが、アーキテクチャの概念を基にした戦略論という意味で、本論文ではこれを「アーキテクチャ・ベースの戦略論」と統一して呼ぶことにする。

なおここで、「組織能力」とは、後述する経営戦略論の中で出てくる資源ベースの戦略論（Resource-Based-View: RBV）にもとづく企業間の競争力や収益性の差をもたらす経営資源のことになるが、狭義には、藤本の言う製品開発や生産の現場で顕現化する組織能力のことである。具体的には、顧客へ向かう設計情報の創造・転写・発信のプロセスを、競合他社よりも正確に（高品質に）、効率よく（低コストで）、迅速に（短いリード・タイムで）遂行する組織全体の實力を指す [35] [38] [41]。「能力構築の環境」については、その国の企業が組織能力を構築する上で重要な役割を果たす環境要因のことで、世界の主要地域ごとに偏りを示す。それぞれの国が固有に持つ市場環境や諸制度、文化、歴史に色濃く影響を受けることから、「能力構築の環境」は自社の組織能力と国・地域との「適合性」を重要視している [33] [41]。この意味で、能力構築の環境は「産業地理学」とも呼ばれる所以である。

このアーキテクチャの型と組織能力及び能力構築の環境との適合については、地域毎に次のような特徴があるとされる [35]。

- 日本：オペレーション重視の擦り合わせ製品
- 欧州：ブランド重視の擦り合わせ製品
- 米国：知識集約的なモジュラー製品
- 韓国：資本集約的なモジュラー製品
- 中国：労働集約的なモジュラー製品
- ASEAN：労働集約的な擦り合わせ製品

本研究では、このアーキテクチャ・ベースの戦略論をもとに研究を進めてきている。

3-2 経営戦略論

3-1 節では、アーキテクチャ論とアーキテクチャ・ベースの戦略論について述べた。ここでは、モジュラー化は複雑性を削減する「戦略」の一つである、という表現を使用していた。この「戦略」(strategy)という言葉の語源は、古代ギリシャ時代から存在していたという程歴史が古い。我々も普段何気なくこの「戦略」という言葉を使用することがあるが、経営戦略、全社戦略、事業戦略、競争戦略、差異化戦略など、「戦略」という名のつく言葉は大変多く存在する。その理論のベースとしては、経営学の分野で発展してきた経営戦略論と考えられる。また、アーキテクチャ論はイノベーション理論の流れの中で影響を受け発展してき

たのであるが、アーキテクチャ・ベースの戦略論はこれらの戦略理論とも相互に影響を及ぼし合ってきている。ここでは、これらの戦略理論の基礎となる経営戦略論について調査した結果を述べる。

3-2-1 経営戦略論の歴史

経営戦略論のこれまでの歴史や流れに関しては、文献 [42]が詳しい。以下では、本文献を参照しつつ概略をまとめる。

3-2-1-1 経営戦略論の萌芽 (1960年代～1970年代)

1960年代は、特にアメリカにおいて経済成長が安定ないしは低下に向かい、企業自身が成長を求め多角化していった時代であった。それ故、新事業（新市場）への進出や、その際意思決定、組織の対応などに関連する研究が盛んに行われた。

このような時代背景の中で経営戦略論が生成されてきたのであるが、元々軍事用語であった「戦略」の概念に、経営学の分野で初めて明確な規定（定義）を与えたのは Chandler であるとされる [43]。Chandler は、戦略とは「企業の基本的な長期目的を決定し、これらの諸目的を遂行するために必要な行動様式を採択し、諸資源を割り当てること」と定義している。また、企業成長のための戦略としての多角化と共に、多角化した事業を管理するための組織の在り方（事業部制組織）を研究し、有名な「組織は戦略に従う」という命題を導き出している。

一方、この時代に Chandler と並び称される、経営戦略論の先駆的研究者として有名なのが Ansoff である。Ansoff の研究の中心的課題は、どのような事業（製品－市場分野）を選択すべきかに関する決定、すなわち事業の拡大化や多角化に関する戦略決定であった [44]。

1970年代に入ると、多角化戦略を積極的に展開した結果、企業は複数の製品や事業を抱えるようになり、それら多様化した事業をいかに調整、管理するかという問題に直面するようになった。このような中で、経営戦略論にはいくつかの流れが発生した。

まず、複数の事業間に経営資源をいかに配分するかという問題が特に重視された。この問題を対処するために開発されたのが、プロダクト・ポートフォリオ・マネジメント (PPM) の手法である [45][46]。

次に、コンティンジェンシー理論 (contingency theory) の影響を受けた研究がある。ここでは、戦略を「企業組織がその目的を達成するような、現在の並びに予定した資源展開と環境との相互作用の基本パターン」として定義している。ここでの戦略の意義は、組織の資源や能力と、環境に含まれる機会やリスク（脅威・危険）、それと組織が達成したい目的とを適合させることと捉えられている [47]。

もう一つの流れは「戦略経営 (strategic management)」の議論で、戦略を組織的脈絡の中で捉え、環境、戦略、組織の相互の適合関係に着目するというものである。この議論では、環境（安定／不安定、予測可能／不可能）、戦略（事業や技術の選択）、組織（構造、過程、能力、風土）がある一貫した関係にあることが、組織の環境適応において重要な条件と考えら

れた。この中で有名なものが、Ansoffが導き出した「戦略は組織に従う」という命題である。組織がどのような戦略を策定するかは、組織の持つ能力や特性によって規定される、というChandlerの命題とは逆ものである [48]。

この後 1980 年代以降の戦略研究は、2つの大きな流れに分化していくこととなる。

3-2-1-2 分析型戦略論の流れ

競争戦略論（1980 年代）

まず、1980 年代以降の戦略研究の一つの流れは、分析型戦略論の流れである。

1980 年代に入ると、多角化により市場が無限に開拓されていくという時代は終わり、多くの市場で成熟に向かう、あるいは成熟し、企業間の競争が激化した。ここでの企業の課題は、いかに競争に打ち勝って生き残り、さらに成長していくかということであった。このような環境の中で台頭してきたのが Porter に代表される「競争戦略論（Competitive Strategy）」である [49]。この中で Porter は競争戦略を、「企業が市場で自社のポジションを強化するためにより有効な競争の方法を探求すること」と捉え、経営戦略に競争という概念が重要であることを説いた。この業界の競争状態を決める要因として、①新規参入業者の脅威 ②業者間の敵対関係の強さ（業界内の競争） ③代替製品・サービスの脅威 ④買い手（顧客）の交渉力 ⑤売り手（供給業者）の交渉力、の 5 つの基本的な要因（競争要因）を挙げている。そして、これら 5 つの競争要因の分析に基づいて、競争に打ち勝っていくための「差別化戦略」、「コスト主導型（コスト・リーダーシップ）戦略」、「集中戦略」という 3 つの基本戦略を提示している。さらに、上記の差別化やコスト優位といった競争優位の源泉を、「価値連鎖（value chain）」という概念で説明している。

この Porter の競争戦略論は、突き詰めて言えば業界分析とそれに基づく「ポジションの選択（ポジショニング）」である。すなわち、一定の枠組みの中での現状分析と自社の相対的なポジションの選択という、どちらかというスタティック（静的）なものである。この戦略枠組みを用いて、可能な限り合理的にポジショニングを繰り返して戦略を策定した結果、同じ業界に位置し、よく似た戦略をとっている企業も少なくない。しかし、それら企業間には厳然とした差異や格差が存在し、Porter の「価値連鎖（value chain）」だけでは説明しきれないことが出てきた。

資源ベースの戦略論（Resource-Based-View: RBV）（1990 年代）

このような背景から、企業の持つ経営資源とそれに基づく企業の能力の視点から研究されてきたのが、「資源ベースの戦略論（Resource-Based-View: RBV）」である [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57]。これらの研究によれば、シェアトップ（上位）の企業に追いつき追い越せと分析や模倣を繰り返すのではなく、自社が競争優位を獲得できる市場そのものをデザインして創り出した企業が競争に勝つ企業であり、その市場で長期間リーダー（トップ）足り得る企業であるとする。このように市場で競争優位を獲得するための経営資源（能力：capability）としては、①顧客価値（value）の創造 ②その価値を創造する資源の稀少性（rarity）

③それら資源の模倣可能性 (imitability) を挙げている [56][57]. また、長期間にわたり市場のリーダーとして勝利するには、さらに未来洞察力を養うことの必要性を説いている. この未来洞察力を養うための必須要素として次の2つを挙げている. 一つは、自社の競争優位の源泉となる資源や、独自の中核能力 (コア・コンピタンス : core competence) とは何かを理解すること. ここで、コンピタンス (competence) は、技術や技能などの能力のことである. そしてもう一つは、現行の製品やサービスだけでなく、それらの根底にある機能性に焦点を当てることである [52][54].

この資源ベースの戦略論は、従来の競争戦略論がスタティック (静態的) であったのに対し、戦略に未来志向をもたらし、コア・コンピタンスや市場を創っていくというダイナミック (動態的) な要素を取り入れたことに違いがある.

3-2-1-3 プロセス型戦略論の流れ

3-2-1-1 で多角化戦略や PPM について述べたが、これらは経営戦略のいわゆる分析的アプローチ、あるいは分析型戦略論に分類されるものであった. しかし、実際の企業においては、大量の詳細な分析を要するモデルや手法に対して、「非現実的で実際には役に立たない」といったような声が聞かれたり、あるいは「戦略の分析への関心が行き過ぎ」「机上の計算の計量分析への過大重視 (評価)」「組織全体の戦略実行力の欠如」といったようなことが目立ったりするようになった. この傾向は、「分析麻痺症候群 (paralysis analysis)」と揶揄されることにもなった.

組織論的アプローチとプロセス型戦略論 (1980 年代)

これに対し、1980 年代初頭から、組織論的アプローチなるものが注目されるようになった. これらのアプローチは、「元来、戦略は不可知なものに対処するものである故、大まかな方向性のみを示し、後は事業単位の自律性に任せておけば、多様な事業のフローの相互関連性が創発され、全体的に威厳展開の形を整えてくる (論理的漸進主義 : logical incrementalism)」[58]、「高業績企業は、トップが資源展開の大まかな方向を示し、その方向に向かって企業内の様々な個人や組織単位が試行錯誤を繰り返し、また積み重ねていくことによって、戦略を実践的、漸進的に形成していくようなプロセスを備えている」[59]というように、共通した特徴が見られる. すなわち、組織に共有された価値観や思考・行動様式などの企業文化を重視していることである.

このような組織論的アプローチから見ると、現実の戦略の策定にはトップやスタッフのみならず多くの人々が関与したり影響を与えたりしており、企業内の人々の様々な相互作用のダイナミクスの中から、戦略が創発的に形成されてくる場合も少なくない. トップは戦略の形成に影響を及ぼす主要なアクターの一人であり、企業における戦略の形成過程 (策定と実行) を、本質的に相互作用しながら漸進的に進化するプロセスとして捉えられる. また、これらの相互作用によって、メンバーや組織の学習の促進、必要に応じたビジョンの再構築、組織の長期的な環境への適応がなされる. こうした観点から、実際の経営戦略を考察してい

こうとするのが、プロセス型戦略論である。ここでは、組織は極めて人間的かつ社会的なシステムであり、また、学習を通じて経験や知識の蓄積の場（学習システム）として捉えられている [60] [61].

学習重視の戦略論（1990年代）

1990年代に入ると、分析的アプローチ（分析型戦略論）に対する批判がさらに高まった。これらの批判は、環境に関して予測可能か否かにかかわらず、明確な戦略を事前に策定することは不可能である。過去のデータに基づきいかに綿密に分析しても、環境の非連続性を予測することは難しく、また形式的な戦略計画が創造や革新をもたらすことはなく、そこから新規な戦略も生まれてくるはずもない、というものである。また、市場におけるポジションの分析とその確立に焦点が当てられた PPM モデルや Porter の競争戦略論に対しては、その思考（策定）と行動（実行）が分離しているということを指摘している。つまり、戦略を形成する際に重要なのは、試行と経験に基づいて創発的戦略を形成していくことであり、またそのプロセスにおいて「学習」が重要な要素であるということである [62] [63].

ここで重要視された「学習」は、情動的資源や知識（能力）の蓄積と展開にかかわる「組織学習」の議論であった。これをさらに発展させたのが知識創造の戦略論である。ここでは、環境にダイナミックに対応する組織を、情報処理（data processing）を効率化するのみならず、情報（information）や知識（knowledge）を創造する組織であるとし、各メンバーの創造性に着目している。環境に創造的に適応していく組織では、組織メンバー各個人の創造性を組織的に発揮させることによって、能動的に常に新しい視点や知識が創造され、このようなプロセスを通じて、個人及び組織に豊富な知識が蓄積され、さらにまた新たな知識創造に結びついていくというものである [7] [64] [65].

3-2-1-4 経営戦略論の新たな視点

ここまでの経営戦略論とはやや趣が異なるが、経営戦略論と組織間関係論との接合を図ったものに「ステークホルダー・アプローチ」がある。当初は、利害関係者を労使関係（労働組合）やマーケティング・チャネル（製造業者、流通業者、消費者等）の側面から捉え、経営戦略論に利害関係者の概念を導入したものであった [66]. これをさらに組織間関係論を適用して発展させ、異業種間を含むアライアンス（提携）やネットワークなど、企業間の合従連衡の関係にも着目した [67]. これらの提携ネットワークでは、互いの自主性を保持した、相互了解によるソフトな統合手段の必要性が指摘され、パートナーは、相互理解と協力のおかげで互いに学習することができ、それによって知識の移動が可能になり、それぞれの成功・発展に結び付くとされる。

この他、企業を取り巻く、経済環境、技術環境、政治環境、社会環境、自然環境などの中で、これまでの経営戦略論で対象とされて来なかった、社会環境や自然環境をその対象に含めて議論する動きが盛んになってきている。社会的責任（CSR : Corporate Social Responsibility）や、社会的責任投資（SRI : Socially Responsible Investment）などである。

3-2-1-5 経営戦略論の歴史まとめ

以上、経営戦略論の歴史の概略を述べたが、これまでの全体の流れを簡単に図示すれば図3-9のようになる。

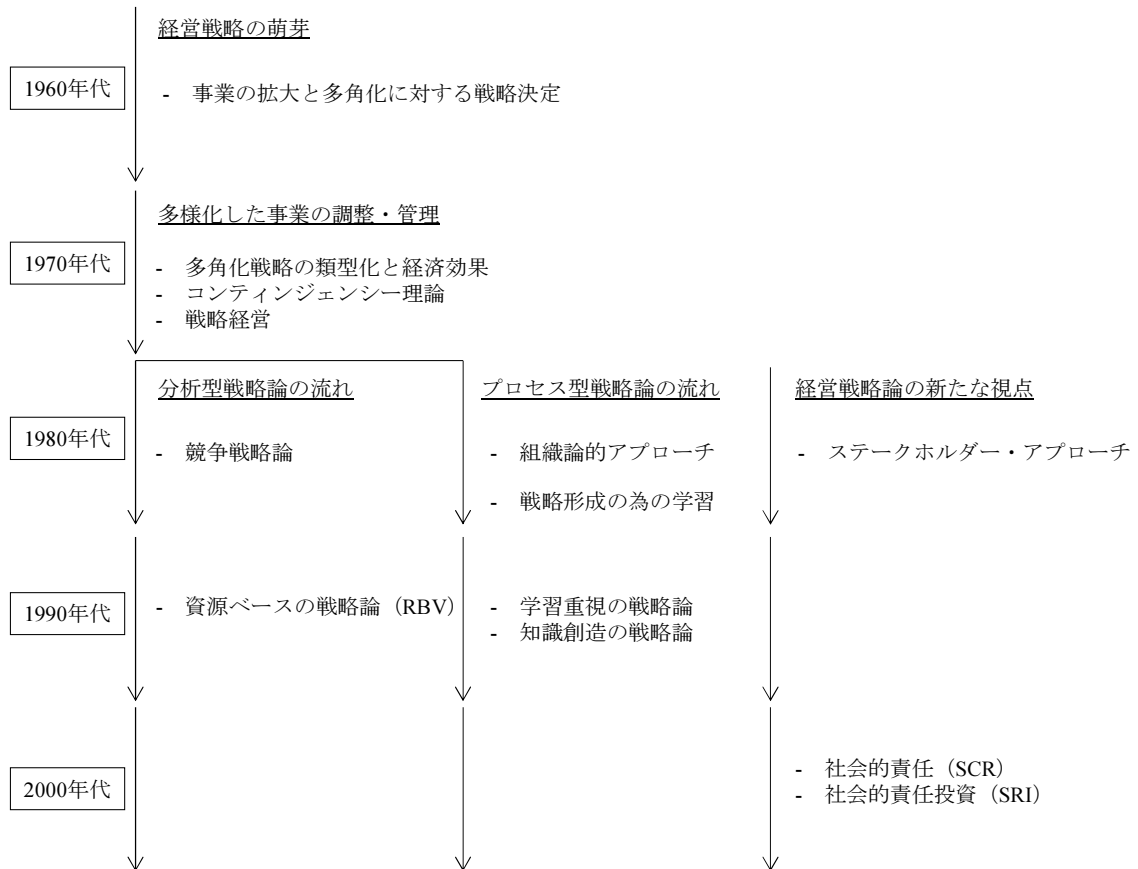


図 3-9 経営戦略論の歴史と潮流

3-2-2 競争戦略論の4つのアプローチ

3-2-1 では経営戦略論の歴史の概要を述べたが、青島らは、これら多くの戦略論を非常にシンプルに分かりやすく、競争戦略論の4つのアプローチとして分類している [68] [注 2]。本研究では、この分類を参照し研究を進めることとした。以下でその概略を述べる。

戦略論に関する考え方は、利益の源泉（目標達成）の要因が「内」にあるのか「外」にあるのかという区分と、分析の主眼が「要因」にあるのか「プロセス」にあるのかという2つの区分に従って、図3-10に示すように、4つのアプローチに分類される。

- 「外—要因に着目」 : ポジショニング・アプローチ
- 「内—要因に着目」 : 資源アプローチ
- 「外—プロセスに着目」 : ゲーム・アプローチ
- 「内—プロセスに着目」 : 学習アプローチ

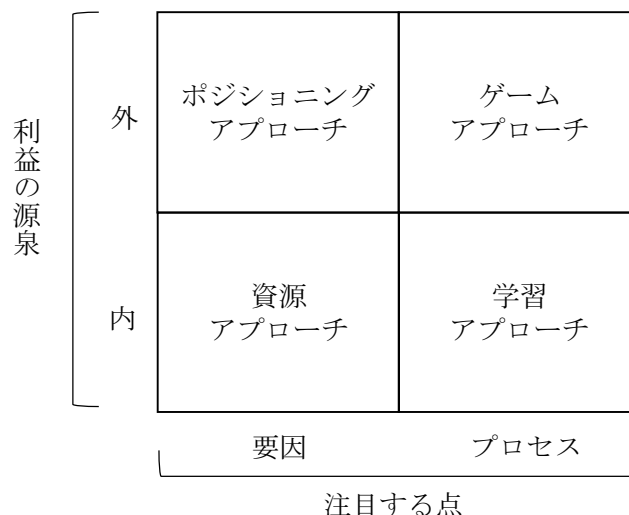


図 3-10 競争戦略論の 4 つのアプローチ [68]

ポジショニング・アプローチ

ポジショニング・アプローチは、企業の成功を促す要因を外部に求め、目標達成にとって都合の良い環境に身を置くことを重要とするものである。都合が良いという環境というのは、企業の目標達成を支持してくれる、もしくは目標達成を邪魔する外部の力が弱いような環境のことである。どんな産業においても、個々の企業の個別努力ではなかなか乗り越えられない構造的な力が働いており、その構造的な力を体系的に理解して、その知識を参考にして自社をどう位置付けるのか考えるための枠組みを提供するのがこのアプローチである。Porter の競争戦略論 [49]がこのポジショニング・アプローチの代表である。

資源アプローチ

資源アプローチは、企業の業績の差異の源泉を、企業内にある経営資源に求め、「成功している企業とは、内部に優れた能力を蓄積している企業である」という考え方である。ポジショニング・アプローチは利益の源泉を「外」に求め、それに必要な資源や能力が不足していたのならば、それを迅速に市場から調達するという考え方である。すなわち、「外」から「内」への考え方である。これに対し、仮に素晴らしい事業機会を見出して自社の事業をそちらへ位置付けようとしても、事業展開に必要とされる資源や能力が市場から手に入らないこともある。資源アプローチは、このような企業の戦略活動に必要な資源を第一に自社に蓄積し、それに合わせてポジショニングを考えるというものである。こちらは、「内」から「外」への考え方である。前述した資源ベースの戦略論（Resource-Based-View: RBV）がこれに対応する。

ゲーム・アプローチ

ゲーム・アプローチは、利益の源泉を外部に求める点ではポジショニング・アプローチと共通しているが、自社に都合の良い環境に身を置くのではなく、自らの行動により都合の良い

い環境を企業行動によって作り出す点に注目するものである。理論的には、実際の現場で見られる駆け引きのような戦略的行動 (strategic behavior) に関する分析で展開されてきた、ゲーム理論 (game theory) のアイデアを一部援用する形で発展したものであるとしているが、前述した「組織間関係論」の概念を経営戦略論に導入した「ステークホルダー・アプローチ」の考え方もこの中に含めて考えられる。

学習アプローチ

学習アプローチは、企業に利益をもたらす独自の経営資源に注目する点は資源アプローチと共通であるが、経営資源の中でも知識や情報といった「見えざる資産」が蓄積されるプロセスそのものに注目するものである。前述した、組織論的アプローチや知識創造の戦略論はこの中に含めて考えることができる。

3-4 小括

この章では、アーキテクチャの概念やその有用性、長所・短所、アーキテクチャの表現手法について論じ、その概念を基にしたアーキテクチャ・ベースの戦略論について述べた。

アーキテクチャの概念は感覚的には理解しやすいが、実際に測定しようとするときに見た目以上に複雑でかつ困難である。正しい理解が欠かせない。

また、経営戦略論の歴史や考え方を見てみると、アーキテクチャの位置取りとポジショニング・アプローチ、組織能力と資源ベースの戦略論というように、アーキテクチャ・ベースの戦略論は経営戦略論との関係が深く、同じ時代の中で発展してきていることが理解される。

[注]

1. 本文献では自社のアーキテクチャを「中」と表現しているが、文献 [41]でも見られるように「内」という言葉を使用して表現している場合もある。本論文では、「外」に対する言葉としては「内」の方が適切と考え、「内」という言葉を使用しているが意味は同じである。
2. 英語では、戦略経営は「strategic management」、競争戦略は「competitive strategy」である。しかしながら、文献 [68]では、日本語で「競争戦略論」、英語では「Strategic Management」となっている。本研究では、経営戦略論を上位の概念と考え、文献 [68]の分類による4つの戦略アプローチのことを指す場合に「競争戦略論の4つのアプローチ」と表現することにする。

参考文献

- [1] 佐伯靖雄 : 「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」, *立命館経営学*, 第 47 卷, 第 1 号, pp. 133-162 (2008.5).
- [2] Abernathy, W.J.: *Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*, Baltimore: Johns Hopkins University Press (1978).
- [3] Abernathy, W.J., and Utterback, J.M.: "Patterns of Industrial Innovation.," *Technology Review* 80, No.7, pp. 2-9 (1978).
- [4] Utterback, J.M.: *Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technology Change*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1994), 大津正和・小川進監訳, 『イノベーションダイナミクス』有斐閣 (1998).
- [5] Nadler, D. A and Tushman, M. L.: *Desining Organizations That Have Good Fit*, San Franscco: Jossey-Base Inc., (1992).
- [6] Christensen, C.M.: *The innovator's Dilemma: When New Technology cause Firms to Fail*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1997), 玉田俊平太監訳, 『イノベーションのジレンマ』増補改訂版, 翔泳社 (2001).
- [7] Nonaka, I., and Takeuchi, H.: *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation*, New York: Oxford University Press (1995), 梅本勝博訳, 『知識創造企業』東洋経済新報社 (1996).
- [8] 榊原清則 : 『日本企業の研究開発マネジメント』, 千倉書房 (1995).
- [9] Iansiti, M.: *Technology Integration*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1998).
- [10] 河野豊弘 : 『新製品開発戦略』, ダイヤモンド社 (1987).
- [11] Clark, K.B., and Fujimoto, T.: *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1991), 田村明比古訳, 『製品開発力』, ダイヤモンド社 (1993).
- [12] Morgan, J.M., and Liker, J.K.: *The Toyota Product Development System*, New York: Productivity Press (2006), 稲垣公夫訳, 『トヨタ製品開発システム』, 日経 BP 社 (2007).
- [13] Simon, H. A.: *The Architecture of Complexity: Hierarchic Systems*, MA: MIT Press (1969).
- [14] Simon, H. A.: *The Science of the Artificial. Third ed.*, Cambridge, MA: MIT Press (1996).
- [15] Suh, N.P.: *The Principles of Design*, Oxford University Press (1990), 畑村洋太郎訳, 『設計の原理』, 朝倉書店 (1992).
- [16] Hippel, E., V.: "Task Partitioning: An Innovation Process Variable," *Research Policy*, Vol.19, pp. 407-418 (1990).
- [17] Henderson, R., and Clark, K.B.: "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, pp. 9-30 (1990).
- [18] Morris, C.R., and Ferguson, C.H.: "How Architecture Wins Technology Wars," *Harvard Business*

- Review*, March-April, pp. 86-96 (1993).
- [19] Ulrich, K.T.: "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, Vol.24, pp. 419-440 (1995).
- [20] Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D.: *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill (1st 1994, 2003).
- [21] Fine, C.H.: *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*, MA: Perseus Books (1998), 小幡照雄訳, 『サプライチェーン・デザイン』, 日経 BP 社 (1999).
- [22] 青島矢一: 「製品アーキテクチャーと製品開発知識の伝承」, *ビジネス・レビュー*, 第46巻, 第1号, pp. 46-60 (1998) .
- [23] 藤本隆宏: 「アーキテクチャー: 競争力確保の重要要素に」, *日本経済新聞 [経済教室]*, 1998年3月23日.
- [24] 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一: 『ビジネス・アーキテクチャー — 製品・組織・プロセスの戦略的設計 —』, 有斐閣 (2001).
- [25] Langlois, R.N., and Robertson, P.L.: "Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries," *Research Policy*, Vol. 21 pp. 297-313 (1992).
- [26] Garud, R., Kumaraswamy, A., and Langlois, R.N.: *Managing in the Modular Age: Architectures, Networks, and Organizations*, Malden MA: Blackwell Publishing (2003).
- [27] Baldwin, C.Y., and Clark, K.B.: "Managing in an age of Modularity," *Harvard Business Review September-October*, pp. 84-93 (1997).
- [28] Baldwin, C.Y., and Clark, K.B.: *Design Rules : The Power of Modularity*, Cambridge, MA: MIT Press (2000), 安藤晴彦訳, 『デザイン・ルール』, 東洋経済新報社 (2004).
- [29] Gawer, A., and Cusumano, M.A.: *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Boston, Mass.: Harvard Business School Press (2002), 小林俊男監訳, 『プラットフォーム・リーダーシップ』, 有斐閣 (2005).
- [30] 藤本隆宏, 安本雅典: 『成功する製品開発 - 産業間比較の視点 -』, 有斐閣 (2000).
- [31] 延岡健太郎: 『MOT 入門』, 日本経済新聞社 (2006).
- [32] 藤本隆宏, 延岡健太郎: 「日本の得意産業とは何か: アーキテクチャーと組織能力の相性」, *RIETI Discussion Paper Series*, 04-J-040, pp. 1-27 (2003).
- [33] 藤本隆宏: 「アーキテクチャーの比較優位に関する一考察」, *RIETI Discussion Paper Series*, 05-J-013, pp. 0-25 (2005).
- [34] 藤本隆宏: 「製品アーキテクチャーの概念・測定・戦略に関するノート」, *RIETI Discussion Paper*, 02-J-008, pp.0-58 (2002).
- [35] 藤本隆宏: 「組織能力とアーキテクチャー — 下から見上げる戦略論 —」, *組織科学*, Vol.36, No.4, pp.11-22 (2003).
- [36] 奥野正寛, 瀧澤弘和, 渡邊泰典: 「人工物の複雑化と製品アーキテクチャー」, 東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー, *MMRC-J-81*, pp. 1-27 (2006).

- [37] 武石彰, 青島矢一: 「部品としての製品 —製造業におけるアーキテクチャの革新—」, *組織科学*, Vol. 40, No.4, pp. 29-39 (2007).
- [38] 藤本隆宏: 『日本のもの造り哲学』, 日本経済新聞出版社 (2004).
- [39] 新宅純二郎: 「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」, MMRC Discussion Paper, No.54, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-8 (2005).
- [40] 藤本隆宏, 大鹿隆, 貴志奈央子: 「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」, MMRC Discussion Paper, No.26, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-59 (2005).
- [41] 新宅純二郎, 天野論文: 『ものづくりの国際経営戦略 アジアの産業地理学』, 有斐閣 (2009).
- [42] 田中康介: 「経営戦略論再考 —分析的アプローチから社会的アプローチまで—」, *産能大学紀要*, 第 28 巻, 第 2 号, pp. 1-19 (2006).
- [43] Chandler Jr., A. D.: *Strategy and Structure*, MIT Press (1962), 三菱経済研究所訳 『経営戦略と組織』 実業之日本社 (1967).
- [44] Ansoff, H. I.: *Corporate Strategy*, McGraw-Hill (1965), 広田寿亮訳 『企業戦略論』 産能大学出版部 (1969).
- [45] アベグレン, J., ボストン・コンサルティング・グループ編: 『ポートフォリオ戦略』, プレジデント社 (1977).
- [46] Henderson, B. D.: *Henderson on Corporate Strategy*, Abt Books (1979), 土岐坤訳 『経営戦略の核心』, ダイヤモンド社 (1981).
- [47] Hofer, C. W., Schendel, D.: *Strategy Formulation*, West Publishing (1978), 奥村昭博, 榎原清則, 野中郁次郎訳 『戦略策定』, 千倉書房 (1981).
- [48] Ansoff, H. I.: *Strategic Management*, Macmillan Press (1978), 中村元一訳 『戦略経営論』, 産能大学出版部 (1980).
- [49] Porter, M. E.: *Competitive Strategy*, New York Free Press (1980).
- [50] Penrose, E., T.: *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford: Basil (1968)
- [51] Wernerfelt, B.: “A Resourced-Based View of the Firm”, *Strategic Management Journal*, Vol.5, pp.171-180 (1984).
- [52] Hamel, G., Prahalad, C. K.: “Competing for The Future”, *Harvard Business Review*, July-August, pp. 122-128 (1994), 坂本義実訳 「未来創造型企業へのイノベーション」 『ダイヤモンド・ハーバードビジネス』 October.-November, pp. 14-21 (1994).
- [53] Grant, R.: “The Resourced-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategic Formulation”, *California Management Review*, June, pp. 114-135 (1991)
- [54] Hamel, G., Prahalad, C. K.: *Competing for The Future*, Harvard Business School Press (1994), 一條和生訳 『コア・コンピタンス経営』, 日本経済新聞社 (1995).
- [55] Hamel, G.: “Strategy as Revolution”, *Harvard Business Review*, July-August, pp. 69-82 (1996), 萩原貴子訳 「革新の戦略その 10 原則」, 『ダイヤモンド・ハーバードビジネス』, February-

- March, pp. 76-90 (1997).
- [56] Barney, J. B.: “Is Sustained Competitive Advantage Still Possible in the New Economy? Yes.”, *Diamond Harvard Business Review [Japan]*, pp. 78-87 (May, 2001), 岡田正大監訳, 久保恵美子訳「リソース・ベースト・ビュー」, 『ダイヤモンド・ハーバードビジネスレビュー』, pp.78-87 (May, 2001) .
- [57] Barney, J. B.: *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*, Second Edition, Prentice Hall (2002), 岡田正大訳『企業戦略論【競争優位の構築と持続】』 〈上〉基本編, ダイヤモンド社 (2003).
- [58] Quinn, J. B.: *Strategies for Change: Logical Incrementalism*, Richard D.Irwin (1980).
- [59] Peters, T. J., Waterman, R. H.: *In Search of Excellence*, Harper & Row (1982), 大前研一訳, 『エクセレント・カンパニー』, 講談社 (1983).
- [60] Burgelman, R. A., Sayles, L. R.: *Inside Corporate Innovation*, Free Press (1986), 小林肇監訳, 海老沢栄一, 小山和伸訳, 『企業内イノベーション』, ソーテック社 (1987).
- [61] Mintzberg, H., Waters, J. A.: “Of Strategies, Deliberate and Emergent”, *Strategic Management Journal*, Vol.6, pp. 257-272 (1985).
- [62] Mintzberg, H.: “The Design School: Reconsidering the Basic Premises of Strategic Management”, *Strategic Management Journal*, Vol.11, pp. 171-195 (1990).
- [63] Mintzberg, H.: *The Rise and Fall of Strategic Planning*, Prentice-Hall (1994), 中村元一監訳, 黒田哲彦, 崔大龍, 小高照男訳『「戦略計画」創造的破壊の時代』, 産能大学出版部 (1997).
- [64] 野中郁次郎: 『知識創造の経営』, 日本経済新聞社 (1990).
- [65] 野中郁次郎: 「知識創造理論の現状と展望」, *組織科学*, Vol. 29, No. 4, pp.76-85 (1996).
- [66] Freeman, R. E.: *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman (1984).
- [67] 山倉健嗣: 『組織間関係』, 有斐閣 (1993).
- [68] 青島矢一, 加藤俊彦: 『競争戦略論』, 東洋経済新聞社 (2012).

第 4 章 リチウムイオン電池のアーキテクチャ の分析

第4章 リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析

本章では、本研究の第一の課題についての研究結果を述べる。すなわち、第2章で述べたリチウムイオン電池の技術及び市場動向に関する調査結果と、第3章で述べたアーキテクチャ論に基づきリチウムイオン電池のアーキテクチャを分析し、考察を加えた結果を述べる。

4-1 アーキテクチャの分析方法

第3章で、アーキテクチャの概念、モジュラー化、オープン化とクローズ化、その表現形式と類型化、位置取りの4つのポジションについて述べた。ある製品の製品アーキテクチャは、製品機能と製品構造の対応付けを行い、それらの間の相互依存度を明らかにすることにより分析が可能である。すなわち、製品機能と製品構造の各サブモジュール（構成要素）間の対応の相互依存性（関係）が複雑なのか単純なのか、極端に言えば1対1の関係となっているのかどうかと、他の構成要素間での擦り合わせが必要なのか不要なのか（構成要素間のルールの高いか低いか）を明らかにすることである。同様に、工程アーキテクチャについても、製品構造と製造工程の各サブモジュール（構成要素）間の対応付けを行うことによってその特性を明らかにすることができる。また、そのアーキテクチャが一企業内に留まるものなのか、それとも、企業間を超えて業界レベルで標準化されたものなのかを調べることにより、アーキテクチャのオープン化特性、すなわち、アーキテクチャがオープンなのかクローズドなのかに分類できる。さらに、このアーキテクチャがモジュラー型なのかインテグラル型なのか、オープンなのかクローズドなのかの組み合わせにより、ある製品のアーキテクチャは単純には「3つの基本類型」として分類される。

同様に、ある製品の自社製品のアーキテクチャ（内）と搭載される顧客製品のアーキテクチャ（外）との組み合わせにより、「アーキテクチャの位置取り」には4つの基本ポジションがある。この分析には、アーキテクチャの階層表現による階層構造を明らかにすることが、一つの有効な手段となる [1] [2] [3]。

以上のことから、次のような方法と手順により分析を行った。

- (1) 現在市場で流通しているリチウムイオン電池の種類、形状、性能、仕様、動作原理、内部構造、製造方法などを調査する。
- (2) (1)の結果をもとに、製品機能と製品構造との対応関係とインターフェースのルール化の程度、製品構造と製品工程の対応関係とインターフェースのルール化の程度を明らかにする。
- (3) (2)の結果から、製品アーキテクチャ及び工程アーキテクチャの型を判定する。さらに、アーキテクチャの階層構造とその間の対応関係とインターフェースのルール化の程度を明らかにすることによって、顧客製品のアーキテクチャとの組み合わせ

による「アーキテクチャの位置取り」を特定する。

- (4) (1) の調査結果をもとに、製品アーキテクチャ及び工程アーキテクチャが、オープン型かクローズド型かを判定する。この結果と (3) のアーキテクチャの型の判定結果から、オープン化特性との組み合わせによる「3 つの基本類型」のいずれに該当するかを特定する。

なお、(1) の調査は、

- ・ リチウムイオン電池関連書籍、応用製品データ、電池メーカーのホームページやカタログなどの資料
- ・ 電池関連企業や有識者へのヒアリング

をもとに行った。

一方、ある製品の製品・工程アーキテクチャは、モジュラーかインテグラルかといった二分法ではなく連続的なスペクトル上に展開されるものであり、正確にはモジュラ度（インテグラル度）を定量的に測定する必要がある。しかしながら、アーキテクチャの測定は極めて難しいとされる [1]。測定に関する試みもなされているが、測定手法は確立されてはおらず課題として残されている [4]。

以上のことより、本研究でのリチウムイオン電池のアーキテクチャの分析は、定性的な産業全体で平均的に観測されるアーキテクチャの分析を主としているが、できるだけ二分法的分類を避け、連続スペクトラム的な分類をおこなう方針とした。

4-2 民生用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析

4-2-1 製品アーキテクチャの分析

まず、リチウムイオン電池セルの製品機能と製品構造の対応関係を分析する。リチウムイオン電池のセルからみた製品機能としては、第2章の結果をもとに考察し、電圧、容量、最大電流、寿命、安全性を構成要素として抽出した。対応する製品構造としては、リチウムイオン電池の主要四部材である、正極材、負極材、セパレータ、電解液と、安全機構を抽出した。

2-4 節で説明したように、電池の基本的な性能や安全性は、正極材と負極材の組み合わせに依存する部分が多い。正極材や負極材を変えると出力電圧が変わる。また、使用する材料によりエネルギー密度も変わることから、電池容量や出力の最大電流を仕様に合わせるための調整が必要となる。同じ材料を用いる場合でも、電極材の厚みや巻き数を変えたりして調整することもある。さらに、電解液は安全性や寿命などの信頼性に影響を与えるため、正極材や負極材に合わせて組成や調合を変える必要がある。また、過充電時に正極リードを切断するためのメカニカル・リンクと呼ばれる安全保護機構が電池セルには取り付けられる

のであるが、このため、炭酸リチウムを少量正極活物質中に残存させ、電圧が高くなると炭酸ガスを放出するようにしている。このように、リチウムイオン電池を構成する製品機能の各要素は他の要素にも影響を与え、他の部材との擦り合わせが必要となる。つまり、リチウムイオン電池は組立構造的な複雑度は低いが、正極や負極などを構成する材料そのもののプロセス的な擦り合わせが多いという特徴を持つ。

以上のことから、図 3-6 に示した製品アーキテクチャと階層性の表現による、製品機能と製品構造のそれぞれの内部のサブモジュール間の対応を図に表してみると、図 4-1 のようになる。ここで、正極材と集電体（アルミ箔）をまとめて「正極」、負極材と集電体（銅箔）をまとめて「負極」としている。この図からわかるように、製品機能の内部のサブモジュール間の関係、製品構造の内部のサブモジュール間の関係は比較的単純な関係となっているが、製品機能と製品構造との対応関係は多対多の関係となっていて、サブモジュール間で擦り合わせが必要ながわかる。これらのことより、リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャは「インテグラル型」と判定する。また、3章で述べたように、「オープン・インテグラル型」はないとされるため、リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャのオープン化特性との組み合わせによる分類は、「クローズド・インテグラル型」となる。

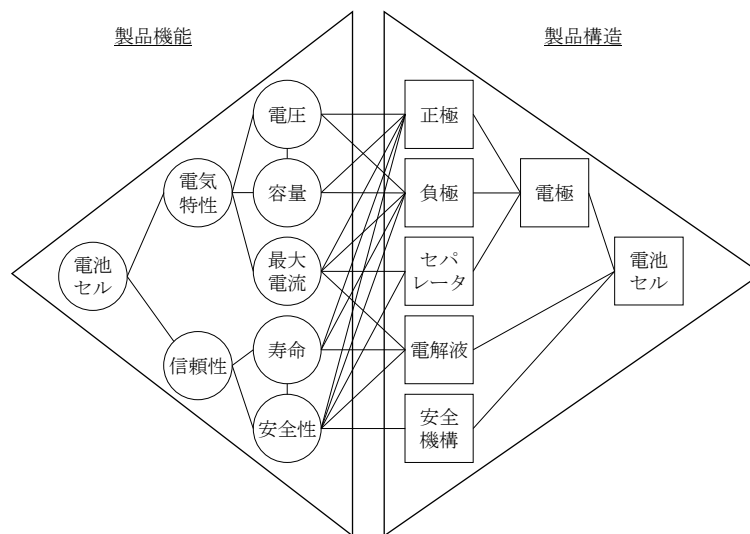


図 4-1 民生用リチウムイオン電池セルの製品機能と製品構造の対応関係

なお、擦り合わせの程度に関しては定量的な測定が困難であるが、有識者へのヒアリングの結果では、否定的なコメントはなかった。[注 1][注 2][注 3]

次に、リチウムイオン電池の電池セルを中心とした階層構造を調査し、製品アーキテクチャについて分析を行った。

第 2 章で述べたように、リチウムイオン電池が実際に製品に搭載される場合は、パック（組電池）の形に組み立てられる。また、電池パックと顧客の応用製品との間ではカスタマイズ製品が多く、形状、充放電方法などの使用方法、（経年変化を含めた）電気特性の擦り合わせ・確認が必要となる。ただし、中には既製のものをそのまま採用する場合もある

など、すべての場合に擦り合わせが必要となるわけではない。さらに、擦り合わせが必要なパラメータも少ない。

また、セルを構成する要素に関しては、例えば正極材では、エネルギー密度、最大電流、セパレータとの組み合わせによる発火に対する安全性、電解液との関係による寿命などを考慮した事前の擦り合わせにより、使用する材料の比率を変えたり、分子レベルでの構造を決定したりする必要がある。負極材でも同様である。

その結果を階層構造とインターフェースの関係を図に表すと、図 4-2 のようになる。同じ階層のブロック間の線による結合は擦り合わせが必要なことを表している。

以上の結果より、リチウムイオン電池セル（あるいはパック）の顧客製品との関係である外部のアーキテクチャは、「準」インテグラル型」と考えるのが妥当であり、リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャの、顧客製品のアーキテクチャとの組み合わせによる「アーキテクチャの位置取り」は、「内インテグラル・外“準”インテグラル」となる。ここで“準”は、程度が低いことを表す。

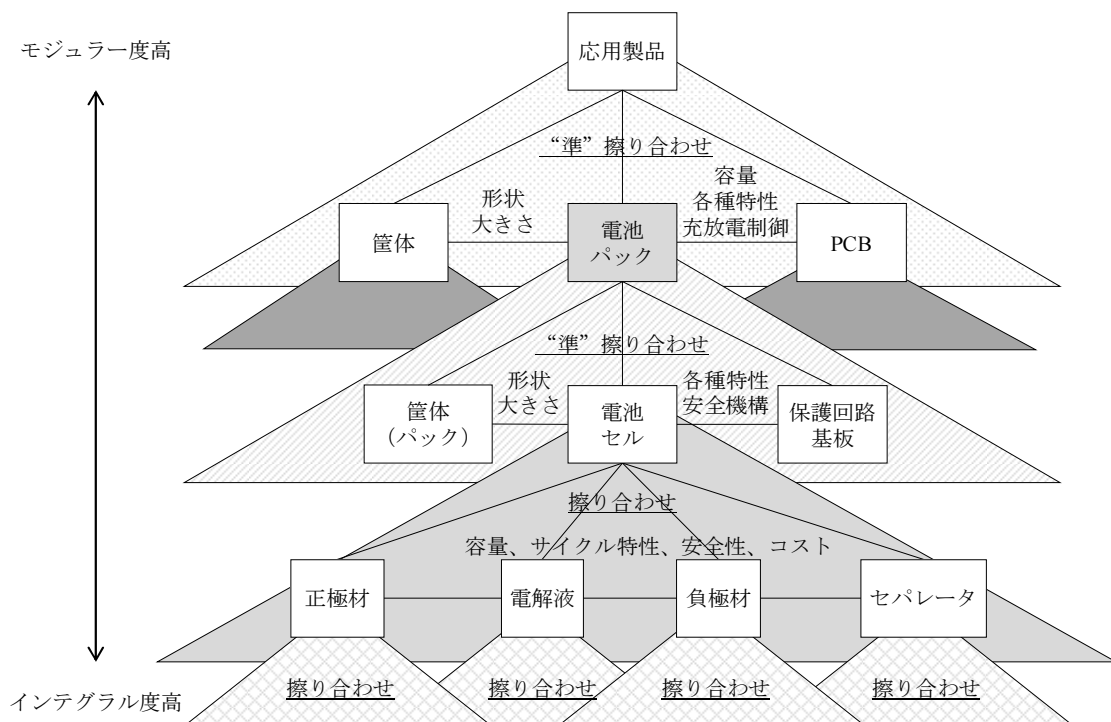


図 4-2 民生用リチウムイオン電池の製品アーキテクチャの階層構造

4-2-2 工程アーキテクチャの分析

次に、民生用リチウムイオン電池の工程アーキテクチャを分析する。製品アーキテクチャの分析と同様の方法により、リチウムイオン電池セルの製品構造と製造工程の対応関係を分析する。製品構造に関しては、製品アーキテクチャの分析で検討したものと同一ものとなる。

製造工程に関しては、図 4-3（図 2-10 再掲）のようになる。この製造工程から、各構成要

素を抽出し製品構造と対応させると、製品構造と製品工程の対応関係においては、事前の製造レシピに沿って製造が行われるため擦り合わせる要素はないため、図 4-4 のようになる。

この図からわかるように、製品構造と製造工程は 1 対 1 の対応関係となっている。さらに、製造工程における各プロセス間での擦り合わせは無く、ほぼ自動化されている。したがって、リチウムイオン電池セルの工程アーキテクチャは「モジュラー型」となる。また、リチウムイオン電池セルの製造装置の殆どが特殊機械（特機）対応あるいは内製（内作）対応となっていることから [注 4]、製造工程が企業を超えて業界標準になっているとはいえ、工程アーキテクチャは「クローズド型」となる。以上のことより、リチウムイオン電池セルの工程アーキテクチャのオープン化特性との組み合わせによる分類は、「クローズド・モジュラー型」となる。

なお、工程アーキテクチャに関しては、リチウムイオン電池メーカーより上位の階層にその顧客が存在しないため、外部アーキテクチャは存在しない。従って、アーキテクチャの 4 つの基本ポジションも存在しない。

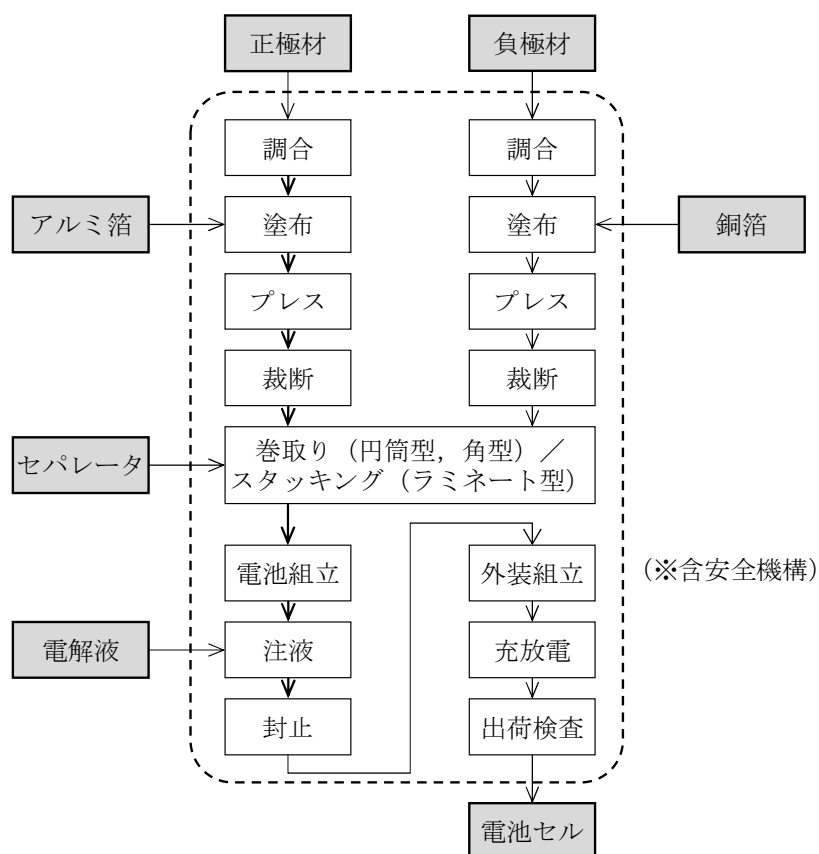


図 4-3 リチウムイオン電池の製造工程

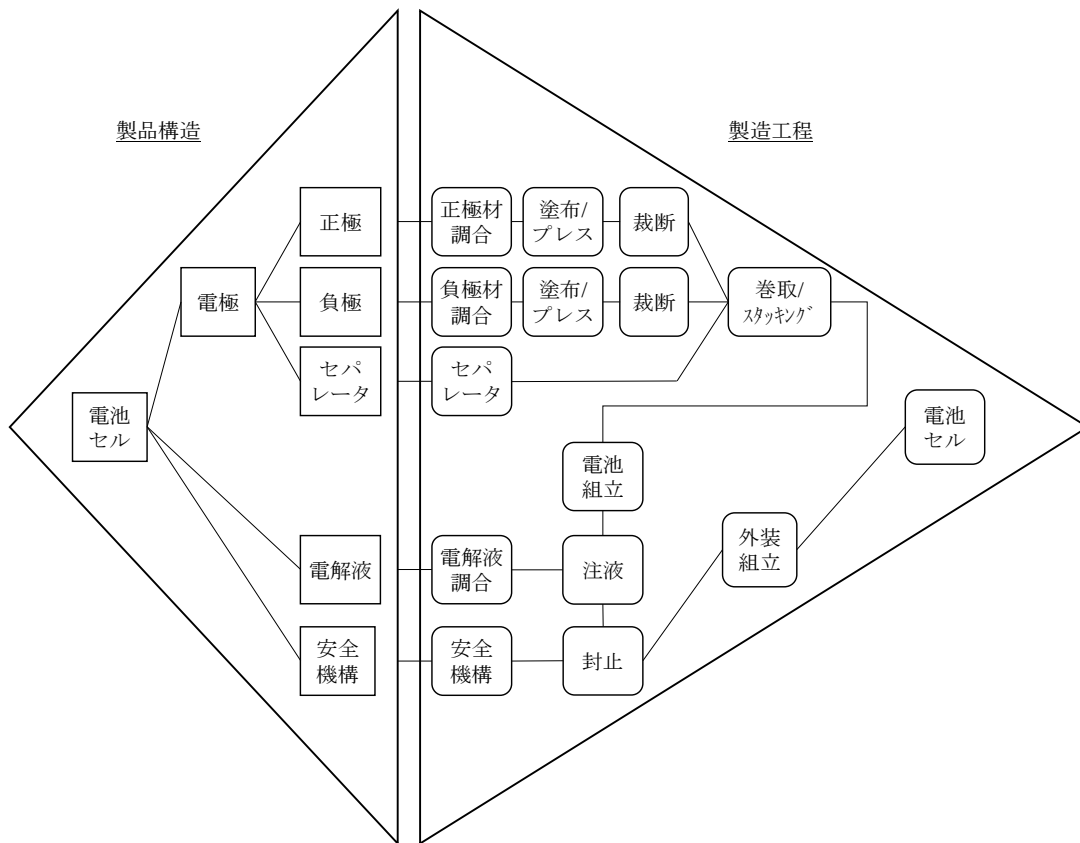


図 4-4 リチウムイオン電池セルの製品構造と製造工程の対応関係

4-2-3 民生用リチウムイオン電池セルのアーキテクチャの分析結果のまとめ

リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャの、オープン化特性に基づく「3つの基本類型による分類」を図示すると、図 4-5 (a) の“◎”の位置となる。また、自社製品のアーキテクチャ (内) と顧客製品のアーキテクチャ (外) との関係による「アーキテクチャの位置取り」を、図 4-5 (b) に示す。

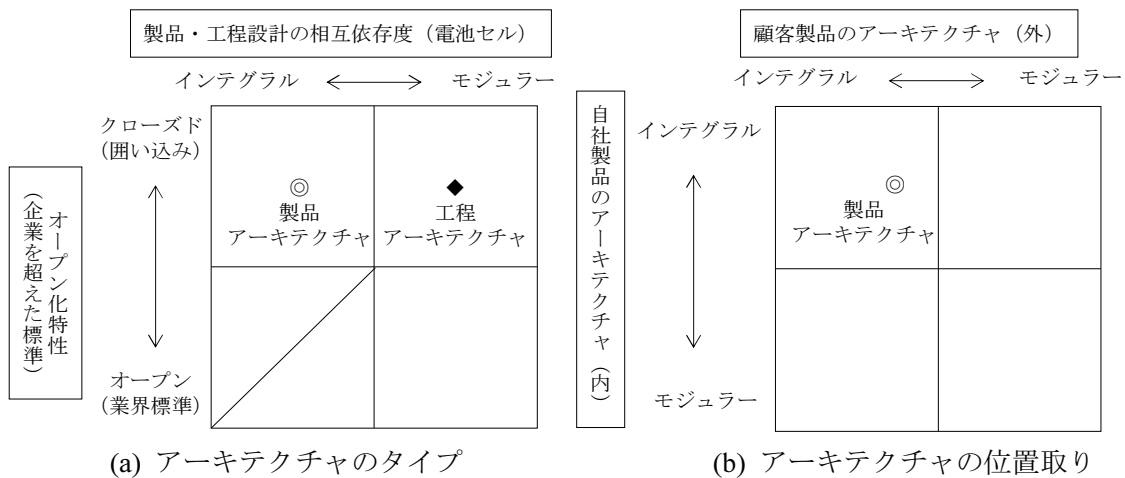


図 4-5 民生用リチウムイオン電池セルのアーキテクチャのタイプとその位置取り

ここで、“◎”が「内インテグラル・外インテグラル」の枠の中心より右のモジュラー型に近い位置に示しているのは、第1章で述べたように、「“準”インテグラル型」はインテグラル型ではあるがインテグラル度は低いことを表わすためである。顧客製品のアーキテクチャ軸では、左に行くほどインテグラル度が高く、右に行くほどモジュラー度が高くなり、自社製品のアーキテクチャ軸では、上に行くほどインテグラル度が高く、下に行くほどモジュラー度が高くなる、連続スペクトルと考えている。また、この分類では、工程アーキテクチャについても図示することができる。製品設計の相互依存度を工程設計の相互依存度と読み替えて、同じ図上に“◆”で図示する。なお、工程アーキテクチャに関しては、上記で述べたように、外部アーキテクチャが存在しないため図示できない。

4-3 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析

4-3-1 車載用リチウムイオン電池の特徴

車載用リチウムイオン電池の基本構造は、第2章でも述べたように、リチウムイオン電池セルを複数個接続したものを一つの電池モジュールとし、さらに、その電池モジュールを複数個接続したものが電池パックで、BMUマイコンと一体化された構造をもつ。なお、プラグイン・ハイブリッド自動車（PHEV）や電気自動車（EV）においては、自動車が衝突した時の火災や感電から人命を守るための安全設計が非常に重要になる。そのため、電池パックには漏電検出回路が搭載され、電池が危険な状態になった時にシステムから切り離すための開閉器（コンタクター）を有する。

このように、車載用リチウムイオン電池は民生用リチウムイオン電池と異なり、多数のリチウムイオン電池セルを接続して使うことになるため、セル・バランス回路を搭載するのが一般的である。この回路の働きにより、特定セルのみが充放電を繰り返して早期劣化することを防ぎ、発煙・発火を防止している。その仕組みは、電池監視ICで計測された各セルの電圧のデータをもとに、BMUマイコンが各セルの回路を制御するというものである。これらの回路は電池監視ICの中に搭載されている。回路方式には、パッシブ型とアクティブ型とがある。アクティブ型は容量を効率的に使えるが、その反面、回路が複雑になるという欠点がある。そのため、現在の主流はパッシブ型である。なお、この電池監視ICやマイコンは、半導体メーカーが供給する。

また、車載用リチウムイオン電池では、電池の劣化状態（SOH：State of Health）の推定と充電状態（SOC：State of Charge）を常に算出する仕組みが必須である。民生用リチウムイオン電池に比べて高い精度が求められ、電極材に由来する特性の違いから、各メーカー独自の手法が用いられていることが多い。これらの機能は、電池監視ICの状態計測結果をもとに、電池監視マイコンとBMUマイコンのソフトウェアで実現される。これらのマイコンの構成は、今のところ各社で違いが見られ、今後も変わっていくものと思われる。

なお、リチウムイオン電池セルの使用状態の温度上昇がセル・バランスやSOHに影響するため、冷却機構が搭載されることもある。このため、電池モジュールは自動車メーカー側

で設計・製造されることが多い。

4-3-2 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析手法

アーキテクチャの分析手法については、民生用と同様、製品機能と製品構造、製品構造と製造工程との対応関係とインターフェースのルール化の程度を明らかにすることによって行う。

また、2章で述べた概要からもわかるように、

- ・民生用：電池セル→電池パック
- ・車載用：電池セル→電池モジュール→電池パック

というように、車載用リチウムイオン電池は、民生用に比べて電池モジュールの階層が一つ増えている。また、制御用マイコンにも BMU マイコンが増えている。今後、セル・バランスや SOH あるいは SOC の算出など、ソフトウェアによって各階層を跨いで実現される機能の重要性が高まっていく。以上のことから、車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析は、電池パックの階層から分析することにした。

4-3-3 車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果

第2章の調査結果と車載用リチウムイオン電池の特徴をもとに、車載用電池パックの製品機能と製品構造の対応付けを分析する。電池パックの階層で見れば、車載用リチウムイオン電池の製品機能の多くは、電池監視 IC で計測されたデータを元に、電池監視マイコン及び BMU マイコンのソフトウェアで実現される機能である。セル・バランス制御や SOH、SOC などの算出も、各社独自のアルゴリズムによっていることがほとんどである。これに対応する製品構造は、電池モジュールを複数個接続し、これに BMU マイコンを接続し BUS を介して電池モジュールとデータ通信をする。これを図に表せば、図 4-6 のようになる。この図では、製品機能と製品構造との関係が BUS を介していることから、構成要素間の相互依存性が分かりにくい。例えば、製品機能の電圧計測と充放電制御、過充電／過放電監視回路は、正極材や負極材の組成やパラメータを考慮した回路の設計やアルゴリズム開発により計測や制御を実現する。つまり、電池パックの設計時には、これら製品機能と対応する製品構造との間で擦り合わせが必要となる。

しかしながら、この図では階層間の対応関係が不明である。そこで、アーキテクチャの別の表現の一つである、ハードウェアの各構成要素からなる階層構造図を分析する。

車載用リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャについては、基本構造や、主要四部材（正極材、負極材、セパレータ、電解液）の重要性、安全機構などは民生用リチウムイオン電池とほぼ変わりはない。しかし、性能や安全性に対する要求の厳しさから、擦り合わせ度は高くなっている。また、電池パックが搭載されるプラグイン・ハイブリッド自動車 (PHEV) や電気自動車 (EV) では、モーター制御のためのインバーターや他の補機類が電池パック

と接続され、EV-ECU（Engine Control Unit）と通信することによって電池の状態や安全性の監視が行われる [7]。ここでも、リチウムイオン電池の状態と充電回路やインバーター回路など他の回路との擦り合わせが必要である。これらを図に表すと、図 4-7 のようになる。したがって、現状の車載用リチウムイオン電池パックの製品アーキテクチャは「クローズド・インテグラル型」であり、「内インテグラル・外インテグラル」の位置取りになっている。

次に、工程アーキテクチャの分析であるが、電池セルに関しては、民生用リチウムイオン電池とほぼ変わりはない。車載用リチウムイオン電池セルの工程アーキテクチャは「モジュラー型」である。また、電池モジュールの製品構造（図 4-6 右側参照）と、電池パックの製造工程における各サブモジュールの製造プロセスとの対応には、擦り合わせが必要になるところはない。したがって、電池パックの工程アーキテクチャは「モジュラー型」である。しかしながら、現状、自動車メーカー毎に電池セル、電池モジュール、電池パックが異なっており、製品構造と製品工程の各構成要素とその対応関係は企業を超えた標準にはなっていない [7] [8] [9] [10] [11]。したがって、現状の車載用リチウムイオン電池の工程アーキテクチャは「クローズド・モジュラー型」となる。

車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果を図示すると、図 4-8 のようになる。民生用と比べて製品アーキテクチャはよりインテグラル的であるが、民生用と大きくは変わらない。

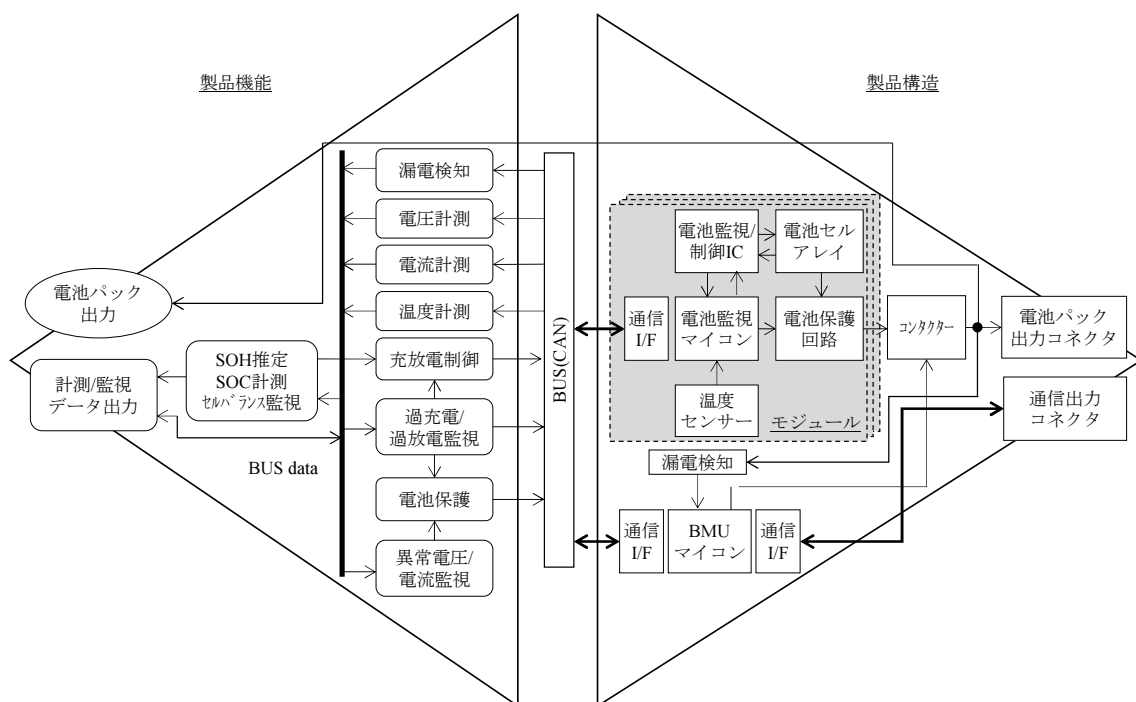


図 4-6 車載用リチウムイオン電池パックの製品機能と製品構造の対応関係

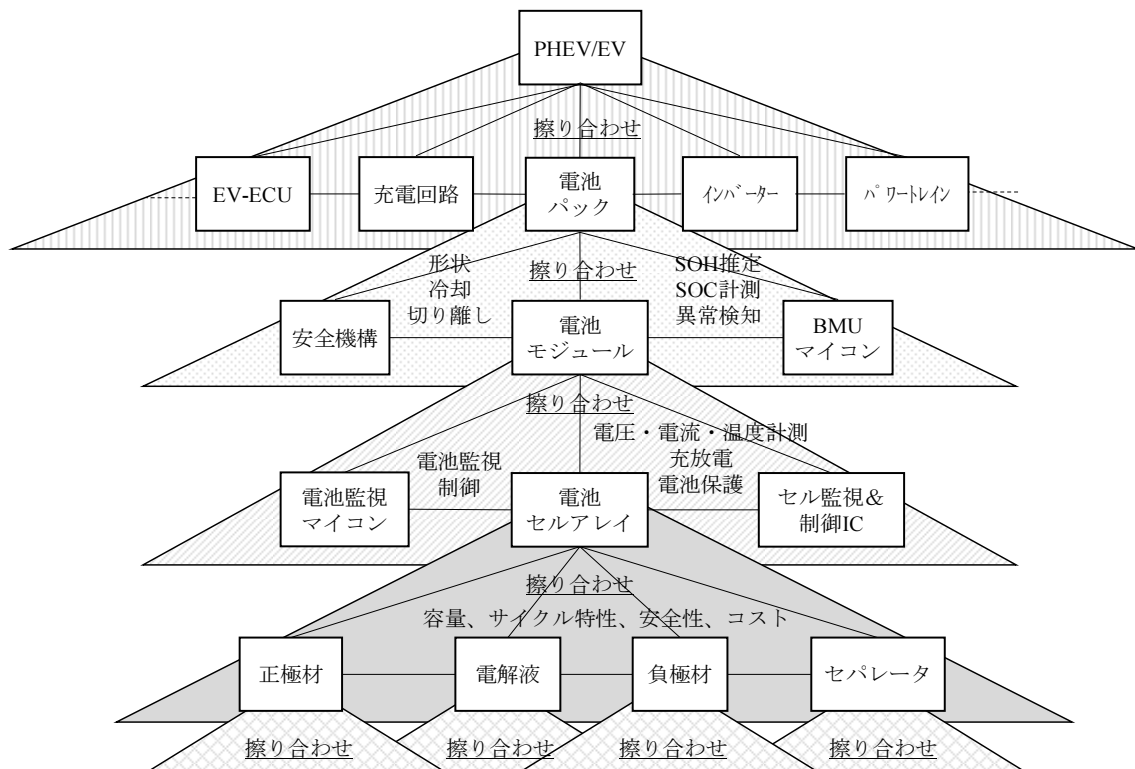
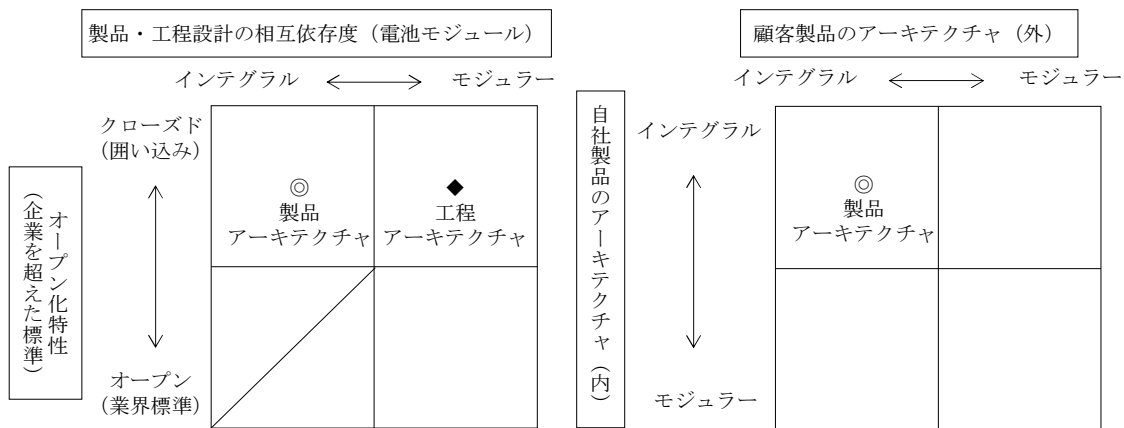


図 4-7 車載用リチウムイオン電池の製品アーキテクチャの階層構造図



(a) アーキテクチャタイプ

(b) アーキテクチャの位置取り

図 4-8 車載用リチウムイオン電池パックのアーキテクチャの分析結果

4-4 リチウムイオン電池のアーキテクチャの分類と位置取りの考察

図 4-5 に示された民生用リチウムイオン電池セルの製品アーキテクチャの「内インテグラル・外“準”インテグラル」、図 4-8 に示された車載用リチウムイオン電池パックの「内インテグラル・外インテグラル」の位置取りは、日本企業の組織能力と相性が良いとされる位置取りではあるが、一般的には収益性の悪い位置取りとされる [1] [2] [3]。このため、市場が拡大するにつれ、図 3-8 に示したアーキテクチャの位置取りの基本ポジションの「内イン

「インテグラル・外モジュラー」または「内モジュラー・外インテグラル」の位置取りに移行することにより、収益性を上げることができるとする [5][6]. この観点からみれば、リチウムイオン電池の製品アーキテクチャの位置取りは、大量普及の時代に入っても、未だ顧客製品との擦り合わせが無くなることはなく、収益性は悪いが日本企業が得意とする位置取りに留まっているように見える。

それでは、図 4-5、図 4-8 に示されたリチウムイオン電池のアーキテクチャはどう考えるべきであろうか. ある製品について、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの両方を含めて「製品の」アーキテクチャとして考えるなら、これら 2 つのアーキテクチャを総合的にみて、インテグラル型なのかモジュラー型なのかを判断すべきであると考えている。

そこで、製品アーキテクチャの分類を横軸に、工程アーキテクチャの分類を縦軸に配置した、新たな製品・工程アーキテクチャの図上で考察を試みる。「インテグラル⇔モジュラー」(インテグラル度あるいはモジュラー度)、「クローズド⇔オープン」(オープン化度)と、「製品アーキテクチャ⇔工程アーキテクチャ」による分類は、図 4-9 に示すように、単純には 16 通り考えられる. このうち、オープン型はモジュラー型の一種であるとの定義から「オープン・インテグラル型」はないとされるため、実際にはこれら 7 通りを除いた 9 通りのタイプに分類される. また、モジュラー型におけるオープン・クローズドの分類では、クローズド型の方がよりインテグラル型に近いと考え、図 4-9 に示す配置とした。

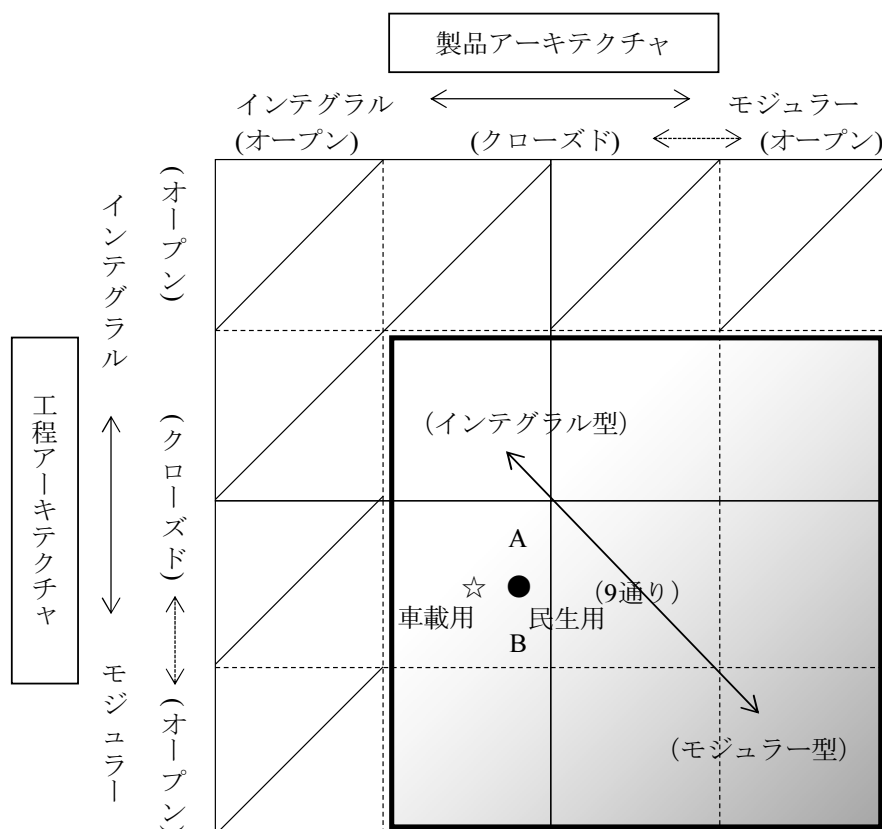


図 4-9 リチウムイオン電池の製品・工程アーキテクチャ分類マトリクス

この9通りのタイプを俯瞰してみれば、ある製品のアーキテクチャがこの9通りの左上に近いほど「インテグラル的」、右下に近いほど「モジュラー的」と考えることができる。この考え方にもとづき、図4-5の分析結果を同じ図4-9上に示せば“●”の位置となる。なお、この図でも、「インテグラル⇔モジュラー」の分類は、連続スペクトル的に表されるものとしている。

これより、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの両方の分析結果から総合的にみたりちウムイオン電池セルのアーキテクチャは、「クローズド・“準”インテグラル型」という結論になる。つまり、製品アーキテクチャは日本企業の組織能力との相性が良いとするインテグラル型であるが、工程アーキテクチャまで含めて考えれば、日本企業が得意とするインテグラル型とはいいい難く、韓国や中国企業の組織能力と相性が良いとするモジュラー型に近い位置取りにあるともいえる。この事実は、製品アーキテクチャの分析だけでは見えてこないことであり、工程アーキテクチャまで分析することでみえてくる特徴である。しかも、リチウムイオン電池の製造工程が製造設備に依存することを考えれば、工程アーキテクチャが本質的にモジュラー型であることは重要である。これらの位置取りは、図4-9で示す分類により、より明確に理解することができる。

また、実際には、国によりあるいは企業により、アーキテクチャの位置取りには少しずつ差があるはずである。例えば、A電池メーカーの工程アーキテクチャがクローズド型に近く、B電池メーカーの工程アーキテクチャがオープン型に近ければ、図4-9において、A電池メーカーの位置取りは“●”印より少し上の“A”の位置に、B電池メーカーの位置取りは逆に少し下の“B”の位置になる。このような企業毎の分析を加え、組織能力との相性を考慮すれば、A電池メーカーとB電池メーカーの競争優位性をより詳細に比較検討することが可能と考えられる。つまり、図4-9に示した分類は、同じ産業内における企業間の競争優位性を比較検討する上で有効な手段を与えるものと考えられる。

この考え方で、車載用のリチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果を同じ図に示してみると、“☆”印の位置になる。これを見れば、車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャについても、総合的にみれば日本企業の組織能力と相性が良いとされるインテグラル型とはいいい難く、中国や韓国企業の組織能力との相性が良いとされるモジュラー型に近い位置取りにあるということが分かる。

4-5 小括

本章では、民生用リチウムイオン電池のアーキテクチャを分析し、その位置取りについて考察した。その結果は、次のようになる。

- ・ 製品アーキテクチャはインテグラル型に留まっているが、工程アーキテクチャはモジュラー型である。総合的にみれば日本企業の組織能力と相性が良いとされるインテグラル型とはいいい難く、中国や韓国企業の組織能力との相性が良いとされるモジュラー

型に近い位置取りにあるともいえる。

車載用リチウムイオン電池の製品アーキテクチャは、民生用と比べてよりインテグラル的であるが、民生用と大きくは変わらなかった。このことは、今後の車載用リチウムイオン電池の戦略を検討する上では、民生用リチウムイオン電池の分析結果が非常に有用であることを示唆している。

また、これまでのアーキテクチャ・ベースの戦略論の研究では、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャを明確に区別してきておらず、必要に応じて分析するという方針を採っていた。本研究ではこれら2つのアーキテクチャを同時に分析し、両方の視点から総合的にみてアーキテクチャのタイプを判断することが重要であることを示し、製品・工程アーキテクチャの分類マトリクスによる表現方法を提案した。

[注]

1. 東レエンジニアリング株式会社様面談。2012年8月10日訪問により実施。2013年11月6日 e-mailによりインタビュー。
2. エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授 佐藤登教授面談。2013年5月16日、2014年6月19日実施。
3. 富士フイルム株式会社様面談。2014年7月1日実施。
4. 「特殊機械」とは、元来は放送局用の機械に対する用語であるが、ここでは同じような形態での受注を意味している。

参考文献

- [1] 藤本隆宏：「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI Discussion Paper, 02-J-008, pp.0-58 (2002).
- [2] 藤本隆宏：「組織能力とアーキテクチャ — 下から見上げる戦略論 —」, *組織科学*, Vol.36, No.4, pp. 11-22 (2003).
- [3] 藤本隆宏：『日本のもの造り哲学』, 日本経済新聞社 (2004).
- [4] 藤本隆宏, 大鹿隆, 貴志奈央子：「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」, MMRC Discussion Paper, No.26, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-59 (2005).
- [5] 藤本隆宏, 延岡健太郎：「日本の得意産業とは何か：アーキテクチャと組織能力の相性」, RIETI Discussion Paper Series, 04-J-040, pp. 1-27 (2003).
- [6] 新宅純二郎：「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」, MMRC Discussion Paper, No.54, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター (2005).
- [7] 日経 BP 社：『カーエレクトロニクスの最前線 HEV/EV 要素部品技術 2012-2013 - 車載

電池, キャパシタ, 補機, 充電システム』(2012).

- [8] オートモーティブエネルギーサプライ株式会社 ホームページ : <http://www.eco-aesc-lb.com/> (2013.2.11 閲覧).
- [9] 株式会社ブルーエネルギー ホームページ : <http://www.blue-energy.co.jp/jp/index.html> (2013.2.10 閲覧).
- [10] 日立ビークルエネルギー株式会社 ホームページ : <http://www.hitachi-ve.co.jp/> (2013.2.10 閲覧).
- [11] プライムアース EV エネルギー株式会社 ホームページ : <http://www.peve.jp/index.html> (2013.2.10 閲覧).

第5章 韓国・中国の電池メーカーの戦略分析

第5章 韓国・中国の電池メーカーの戦略分析

本章では、本研究の第二の課題について述べる。具体的には、民生用リチウムイオン電池において韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた要因を、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念に沿って分析し、リチウムイオン電池産業が置かれていた背景と共に、その戦略を明らかにする。

また、これから市場の拡大が期待され、未だ発展途上にあるが、戦略を検討する上で必要となる車載用リチウムイオン電池における現状を分析した結果も述べる。

5-1 分析における仮説

リチウムイオン電池における、日本の電池メーカーのシェア低下の原因を明らかにするには、当初市場を席巻していた日本の電池メーカーとは対照的にシェアを伸ばして来た、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を明らかにすることが有効であると考えられる。

また、第4章では、リチウムイオン電池のアーキテクチャを明らかにしたが、この分析結果をもとに、韓国・中国の電池メーカーがリチウムイオン電池において躍進した理由を説明するには、さらに他の2つの視点からの分析が必要となる。

まず、アーキテクチャの型とものづくりの「組織能力」には「相互適合性（相性）」があるとされており [1] [2] [3] [4]、「組織能力」の観点からの分析が必要である。次に、アーキテクチャは能力構築の環境（産業地理学）とも深い関係があり、企業は各国の能力構築の環境、その国の持つものづくりの比較優位をふまえて、製品・工程アーキテクチャ上の国際的な立地・分業展開を行うべきであるとされる [5]。この点からは、「組織能力」に加えて「能力構築の環境（産業地理学）」の観点からの分析も必要であることがわかる。

さて、図 5-1 に示すように、アーキテクチャをベースにした産業論においては、「情報価値説」をとり、ある製品の製品開発から設計、生産に至る一連のフローを「設計情報の転写」として表現している [6]。このことから、製品開発から設計までの過程では製品アーキテクチャの特性が組織活動に強い影響を与えることが示唆される。同様に、設計から製造までの過程では、工程アーキテクチャの特性が組織活動に強い影響を与えることが示唆される。これを、4-4 節で提案した「製品アーキテクチャ⇔工程アーキテクチャ」の分析軸に従って考えれば、これまでの研究では、製品開発から設計・製造に至る全体のフローの中で、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャを明確に区別して、それぞれのアーキテクチャ特性と組織能力および能力構築の環境（産業地理学）との関連性を分析するという視点が不足している。

以上のことから、次の仮説を立てた。2000 年以降にリチウムイオン電池において躍進した韓国・中国の電池メーカーの組織活動には、製品アーキテクチャの型と組織能力および能力構築の環境（産業地理学）との関連が深い要因、工程アーキテクチャの型と組織能力および能力構築の環境（産業地理学）との関連が深い要因がそれぞれ密接に作用している。また、

これらの関連性から、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた理由、すなわち、両国の電池メーカーが採ってきた戦略を明らかにできるはずである。この仮説に従い、「製品アーキテクチャ⇔工程アーキテクチャ」の分析軸にしたがって、民生用リチウムイオン電池の製品アーキテクチャと組織能力および能力構築の環境（産業地理学）、工程アーキテクチャと組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の関連性を分析する。

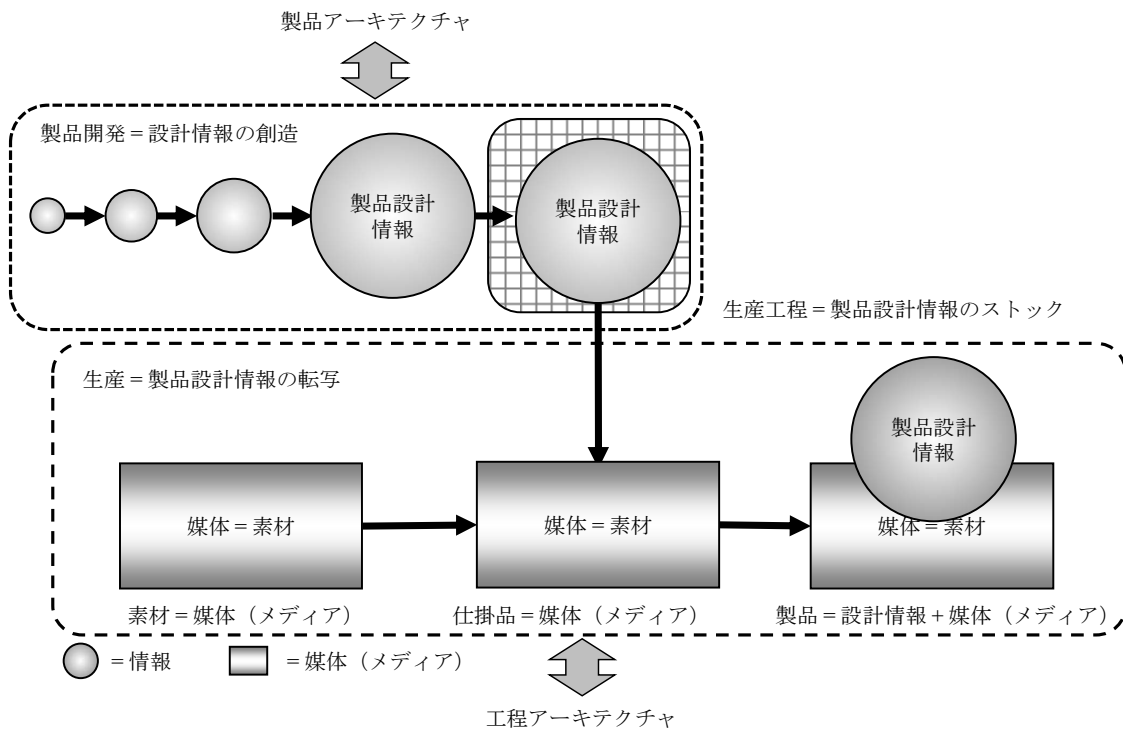


図 5-1 製品開発フローとアーキテクチャの相互作用, 文献 [6]をもとに加筆

5-2 分析方法

アーキテクチャ・ベースの戦略論において、「ものづくりの組織能力」は、製品開発や生産の現場で顕現化する組織能力のことを指す [2]。具体的には、顧客へ向かう設計情報の創造・転写・発信のプロセスを、競合他社よりも正確に（高品質に）、効率よく（低コストで）、迅速に（短いリード・タイムで）遂行する組織全体の実力を指す [7]。能力構築の環境（産業地理学）については、それぞれの国が固有に持つ諸制度や文化、歴史、組織能力構築の環境などが重要となる [5]。

これらの組織能力と能力構築の環境（産業地理学）を、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの分類を分析軸として分析する方法を考えるためには、各アーキテクチャとの関連が深いと考えられる活動を、この分析軸に沿って分解してみる必要がある。

まず、製品アーキテクチャと関連が深いと思われる活動を分解してみると、次のことが分かる。自社の活動を特徴づけるのは自社（内部）のアーキテクチャとそのオープン化特性で

ある。顧客との活動は、顧客（外部）のアーキテクチャに影響を与える。

内部アーキテクチャとそのオープン化特性の視点から電池メーカーの活動をさらに分解してみると、次のような活動が見られる。まず、電極材そのものの開発である。次に、いわゆる主要四部材と呼ばれるものを組み合わせ、電圧・容量・最大電流あるいは寿命・安全性などの要求機能・性能を満たすような、開発・設計を行うといった活動である。これを遂行するには、リチウムイオン電池の材料や四部材の技術・知識・ノウハウをもった人材の存在が欠かせない。加えて、リチウムイオン電池開発の経験が豊富で技術の蓄積が多いほど、競争上有利になる。また、部材の材料を供給する材料メーカーとの関係も重要である。

同様に、外部アーキテクチャの視点から見てみれば、円筒型か角型かあるいはラミネート型かといった形状の要求の確認、充電方法を含む制御の方法の確認など、顧客からの要求機能・性能との擦り合わせが必要となる。この観点からは、応用製品の知識や市場動向を見る能力といった組織能力が必要である。また、その顧客が自社内のセット事業部なのか外部顧客なのか、あるいはまた、自国内顧客なのか海外顧客なのかなどの違いも重要である。

このように、製品アーキテクチャと企業の組織能力あるいは能力構築の環境（産業地理学的）との関連を分析するには、各電池メーカーの製品ラインナップ、リチウムイオン電池及びリチウムイオン電池以外の事業内容、取引関係、企業の生い立ち・歴史、国籍、創業者の伝記、開発拠点、企業文化、経営方針などを調査することが有効と思われる。

次に、モジュラー型の工程アーキテクチャの視点から考えてみる。製造装置と材料・部材をどう揃えるかが重要な要素となる。また、「裏の競争力」 [2] を構築する、生産効率、コスト、リード・タイムといった視点で組織能力がどうであったのかも重要である。アーキテクチャとの相性で見れば、各電池メーカーの国籍や生い立ちも影響を与える要素と考えられる。従って、製品アーキテクチャとの関連性の調査に有効な項目に加えて、各電池メーカーの設備投資、製造拠点、取引関係、顧客の製造拠点との立地関係、あるいは製造拠点と産業優遇策などの項目の調査が必要であると考えられる。

以上を考慮して、本論文では、次のような方法により分析を行うこととした。

最初に、リチウムイオン電池事業で成功した電池メーカーを抽出した。この成功の基準は、2000年代にリチウムイオン電池で数量シェア No.1 を勝ち取った、あるいは、数量シェアを伸ばしたという点においた。リチウムイオン電池の数量シェアは、出荷数量及びシェアに関する資料を参照した。

次に、抽出した各電池メーカーの組織能力や能力構築の環境（産業地理学）に関する調査は、

- (1) 各社ホームページの企業概要、歴史、事業内容、IR レポート、ニュースリリース等の参照
- (2) リチウムイオン電池や各国企業に関連する書籍の参照
- (3) Web 上の記事検索
- (4) 有識者へのヒアリング実施

をもとに行った。

これらの調査結果から、韓国・中国の電池メーカーを成功へ導いたと考えられる要因を抽出し、製品開発に関する事項、製品製造に関する事項を分離する。更に、その各事項がリチウムイオン電池のアーキテクチャのタイプ及びオープン化特性とどのような関連性にあるのかを分析し、考察を加えた。

5-3 民生用リチウムイオン電池における韓国・中国の電池メーカーの戦略分析

5-3-1 成長した企業の2つのタイプ

2000年以降の民生用リチウムイオン電池のシェアの推移から [8][9]、シェア No.1 を勝ち取った企業とシェアを伸ばした代表的企業を抽出した結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 民生用リチウムイオン電池で No.1 を獲得した企業と成長した企業

年代	～2010	2010～
No.1 企業	三洋電機 (J)	Samsung SDI (K)
成長した企業	Samsung SDI (K) LG Chem (K) BYD (C) BAK (C)	LG Chem (K) ATL (C) Lishen (C) BAK (C)
主要製品	携帯電話 ノートブック PC	スマートフォン タブレット PC

ATL: Ampere Technology Ltd.

Lishen: Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd.

各社ホームページ [10] [11] [12] [13] [14] [15] を参照し調査した結果、これらの企業は2つのタイプに分かれることが分かった。一つは垂直統合型で、もう一つは垂直分業型である。さらに、国毎にタイプが分かれていることも明らかになった。具体的には、韓国メーカーは垂直統合型であり、携帯電話やスマートフォンなどを手掛けるセット事業部が自社内にある、あるいは関連企業を自社グループ内に持つ。一方、中国メーカーはベンチャーにより立ち上げた電池専門メーカーで、垂直分業型からスタートしている ([16] pp.230-254)。なお本論文では、垂直統合型とは、リチウムイオン電池から完成品までを自社内あるいはグループ企業内で手がけている企業のことを、垂直分業型とは、発展途上国においてリチウムイオン電池の設計・製造を主たる事業とし、先進国の完成品メーカーに部品として供給している企業のことを指している。なお、垂直統合型企業であっても、生産したリチウムイオン電池は自社のセット事業部への供給だけでなく、台湾や中国あるいは日本などのセットメーカーにも供給している。

2000年以降にリチウムイオン電池事業で躍進したこれらの企業が2つのタイプに分かれることから、タイプ毎にそれらの成功要因を調査した。

5-3-2 韓国電池メーカーの発展の過程

2000年代にリチウムイオン電池事業で大きな成長を遂げた韓国の電池メーカー2社であるが、垂直統合型企業の中で事業拡大の一環として、1990年代半ばからリチウムイオン電池の研究開発を始めている。当時は、ニッケル・カドミウム電池 (Ni-Cd) やニッケル水素電池 (Ni-MH) が全盛の時代であり、リチウムイオン電池は上市され市場が拡大している時期であった。韓国の電池メーカーは後発であるがゆえに、これらの二次電池からではなくリチウムイオン電池に特化して研究開発を始めている ([16] pp.225-226)。

さらに、Samsung SDI のホームページ [10]の「History」を見ると、

2003 01 Development of world's highest capacity cylindrical 2400mAh (For laptop computers)

2005 10 Development of world's highest capacity cylindrical 2600mAh

といった記述が見られ、LG Chem 社ホームページ [11]に掲載の「LG Chem 2003 Annual Report」では、

Last May, we became the world's first to begin mass-producing cylindrical batteries with a 2,400mAh capacity, greatly expanding our customer base.

といったような記述が見られ、研究開発に力を入れて来たことが分かる。つまり、後発ではあったが、当初から日本製と遜色のない性能を目指していたことが明らかとなった。

また、特許などの出願状況から分析した記事 [17]や有識者へのヒアリング [注 1] [注 2] などから、このように高性能のリチウムイオン電池を開発できるようになった背景には、日本からの人材獲得、技術の習得が作用していることがわかる。

顧客との関係を考えてみると、垂直統合型で自社内あるいはグループ内に顧客が存在したことは有利に作用している。セット事業部側は、リチウムイオン電池の採用に関しては自社製品・他社製品を区別することなくオープンな方針であり、実際に自社以外のリチウムイオン電池を採用してきている ([8] pp. 198 - 228)。しかしながら、同じ社内 (グループ) に対しての情報公開が先行することから、市場のトレンドや需要予測などの面で優位な立場であったことは重要な点である。Samsung グループにおいては、全世界に地域専門家を育成し卓越したマーケット戦略を採ってきたことは有名であるが ([18] pp. 130-166)、セットの生産地に連動して自社のリチウムイオン電池の製造地点も中国からベトナムへと拡大し [19] [注 2]、セット事業の拡大と共に成長するという、グループ全体での好循環がみられる。

自社以外の顧客としては、両社とも Nokia, Motorola, HP, DELL, Apple などの欧米の大口径メーカーへの供給を獲得しているが ([8] pp.198-228)、両社とも 1990 年後半から 2000 年初頭にかけて、欧米や日本に R&D 拠点を設けて活動している [10] [11]。これらの顧客を獲得する中で、円筒型から角型、さらにはラミネート型へとリチウムイオン電池の形状は変化をしてきており、正極材などもより安全で高エネルギー密度の材料開発が求められて来た

[8][16]. このような変化に対応し、継続的に研究開発を続け、顧客側の要求に柔軟に対応してきたという点は見逃せない。

製造面では、当初は日本から部材や製造装置を輸入していた。リチウムイオン電池事業が好調に拡大すると、日本の部材メーカーあるいは製造装置メーカーが韓国へと進出し [注 2]、産業クラスターを形成するようになった。このような中で、韓国の電池メーカーは製造工程の効率化などに取り組み、低コスト化を実現してきている。最近では、部材や製造装置の内製化ができるまでに能力を高めており、製造効率に至っては日本の電池メーカーを超えたと言われている [20][注 2]。

また、韓国内にメイン工場を持つ両社にとっては、日本の約 1/3 と言われる電力料金の違いやウォン安などの為替レートによる恩恵も作用していたと考えられる [21]。さらには、韓国の産業育成戦略が背後にあり、これら企業が税制優遇や電力供給における有利な条件などを享受していた点も重要である ([16]p.221)。部材および製造装置を内製することができるようになったことにも、これらの産業育成政策が作用していると考えられる。

しかし、このような活動や有利な条件があったとはいえ、それだけで企業が成長することができるわけではない。韓国においては財閥の力が強く、集中と選択を推し進めるトップの強力なリーダーシップと、果敢な投資戦略も有効に作用してきたと考えられる ([18] pp.98-111)。

5-3-3 中国電池メーカーの発展の過程

2000 年代にリチウムイオン電池事業で成長を遂げた中国の電池メーカーは、ベンチャーにより立ち上げた電池専門メーカーがほとんどである ([16] pp.230-254)。ただし、BYD のように携帯電話の受託組み立て生産事業からスタートし、まず、ニッケル・カドミウム電池 (Ni-Cd)、ニッケル水素電池 (NiMH) を手掛け実力をつけた後、リチウムイオン電池の開発を実現してきた企業と、ATL、BAK、Lishen のように、当初からリチウムイオン電池専門として立ち上げたメーカーに分かれる。なお、BYD は部品事業への進出をしたり、自動車メーカーを買収したりするなどして事業範囲を広げ、垂直統合型企業へと急速に変化してきている。このような違いはあるが、BYD も当初は電池専門メーカーであったと考えられることから、ここでは垂直分業型として扱う。また、ATL は香港資本により設立され、2005 年に日本の TDK の 100%子会社となったが、社名も本拠地も変わらないことから、ここでは中国企業として扱う。

これら中国の電池メーカーが、会社を立ち上げることができた背景を調べてみる。まず、これらのメーカーは設立時、もともと電池開発・製造に関する組織能力を持っていたという事実が分かった。

BYD の創業者である王伝福氏は、BYD 設立前にはすでに電池開発・製造に関する知識を保有していた [22]。また、Lishen は中国の国家機関からの技術の供与を受けて立ち上げている ([16] pp.250-253)。ATL は 2001 年に、USA の Valence Technology から Lithium Ion Polymer battery の正極材の技術のライセンスを受け、製造を開始している [23]。BAK については資

料・データが乏しいが、ホームページ [15]の Corporate Governance を見ると、創業者の Dr. Xiangqian Li のプロフィールには、電池に関する知見を有していたと想像される記述を見ることができる。

次に、二次電池製造には投資力が必要であるが、これらの企業には、創設時、その人脈を活用した投資協力者が存在したことが、調査の結果から判明している。BYD の場合には、Web 上の記事 [22]から王伝福氏のいところからの資金借用、Lishen は国家機関からの投資を受け ([16] pp. 250-253)、ATL は USA の Carlye Group が主導するコンソーシアムからの投資を受けている [23]。BAK に関しては創立当時のデータや資料が限られているが、Web の記事 [24]からは親会社からの投資があったことを窺い知ることができる。

また中国においては、山寨機と呼ばれる非認証の携帯電話機市場が国内にあり、成長したこれらメーカーを含め、多くの中国の電池メーカーが山寨機向けにリチウムイオン電池を供給していることがデータからも分かる ([8] p.201, p.212, p.222)。このような市場と事業展開をする文化があったことは、ベンチャーであったこれらの企業の立ち上げに影響を及ぼしたと考えられる。しかしながら、2000 年代に Top10 に入ったこれら企業は、もっぱら山寨機向けにリチウムイオン電池を供給していたメーカーとは一線を画している。つまり、山寨機向けのリチウムイオン電池も生産していたことから、中国製のリチウムイオン電池は性能や安全性は日本製や韓国製に劣ると考えられがちであるが、成長したこれら企業は、設立当初から性能や安全性を重視した研究開発活動が行われていたと思われることである。各社のホームページの記事をみると [12] [13] [14] [15]、設立間もない頃から R&D Center などの立ち上げ (BYD, BAK)、Science and Technology Association の設立 (Lishen)、ISO や UL などの安全規格などの認証の取得 (4 社すべて)、あるいは “post-doctoral, PhDs” などの人材に関する記述が見られる (BAK, Lishen)。中には、性能・品質を自社の特徴として記載している企業もある (BAK, BYD)。このような性能・品質の向上を目指した活動を通じて、日本や韓国の電池メーカーに及ばないにしても、近年は大きく劣るほどではないレベルに達してきている。これらのキャッチ・アップができた背景には、韓国の電池メーカー同様に日本からの人材や技術の習得があると考えられるが、文献 [17]によれば、韓国の電池メーカーほどではないようである。しかしながら、日本や韓国の電池メーカーがリチウムイオン電池の製造拠点を中国にシフトし産業クラスターが形成される中で、人材の獲得や技術の習得がしやすい環境ができたであろうことは想像に難くない。

顧客との関係では、設立間もない頃から、Nokia や Motorola (BYD, Lishen)、HP や DELL (BAK) などの、完成品を手掛ける欧米企業とのリレーションを構築したり、設立間もない時期に USA NASDAQ に上場を果たしたり (BAK)、顧客企業のある国に拠点を構えたりするなどの活動を通じて (BYD)、大口顧客の獲得につながる活動を行ってきていることである。このような活動をする中で、携帯電話やノートブック PC などのエレクトロニクス製品や IT 製品が発展し、リチウムイオン電池も円筒型から角型、さらにはラミネート型へと絶え間なく変化を遂げている。韓国の電池メーカー同様、これらの変化に柔軟に対応する、あるいはラミネート型に特化するなどの戦略を取ることによって、Motorola, Nokia, HP, DELL,

Samsung Electronics, Apple などの大口顧客を獲得できたことが ([8] p.37, pp.221-225) ([16] pp. 230-254), シェアを伸ばすことができた大きな要因である。

製造に関する面では, BYD 社に関連する Web 上の記事 [22][25]や BAK 社のホームページの Technical Team のところを見ると, 製造装置の導入を最小限に抑え, 人海戦術によりコストを低減する製造工程の工夫を行っていることがわかる。また, Lishen 社のホームページの Milestone には, 当初は製造設備を外部から購入したことが記載されている。部材なども当初は外部から購入していたがキャッチ・アップが図られ, 内製化が達成されてきている [注 1]。材料の面では, 負極材として使用されるカーボンなどは, 中国国内で安く手に入るものも多く, 安い人件費や労働力の確保とこれら低コストの材料の調達により, 日本や韓国の電池メーカーに対してコスト優位を確保することが可能になったと推察される。

また, これら企業の成長の背景には, 世界の生産工場と言われるように, エレクトロニクス製品や IT 製品の製造にかかわる, 中国国内での OEM ビジネスや EMS の発展があることも重要な点である [26]。すなわち, 中国のリチウムイオン電池産業からみると, 顧客の製造拠点と市場が自国内にあったということが有効に作用していたと考えられる。

5-3-4 成功要因の抽出と分類

5-3-2, 5-3-3 節で調査した結果をもとに, リチウムイオン電池事業で成長することができた韓国・中国の電池メーカーの主な成功要因を抽出した。そして, 第 2 章で述べたような, 製品アーキテクチャのタイプ及び特性と組織能力, 能力構築の環境 (産業地理学) に関連する組織活動と, 工程アーキテクチャのタイプ及び特性と組織能力, 能力構築の環境 (産業地理学) に関連する組織活動に分類した。その結果を表 5-2 に示す。

表 5-2 韓国・中国の電池メーカーの成功要因

成功パターン		垂直統合型 (韓国型)	垂直分業型 (中国型)
代表的企業		自社 (グループ) 内に好調なセット事業部が存在	ベンチャーとして立ち上げた専門メーカー
製品 アーキテクチャ	組織能力	Samsung SDI, LG Chem ・自社 (グループ) 内のセット事業部の卓越したマーケット戦略との連携 ・日本製と遜色のない高性能・高品質を当初から目指す開発活動 ・マーケットの変化に対応する継続的な研究開発活動 ・人材・技術の外部からの獲得とキャッチアップ ・社外顧客獲得のための海外拠点の設置	BYD, BAK, ATL, Lishen ・会社設立時, 電池開発・製造の知識を有する創設者, 技術供与などの協力者の存在 ・当初から性能・品質を重視した開発 ・人材・技術の外部からの獲得とキャッチアップ ・海外大口顧客獲得の活動
	能力構築の環境 (産業地理学)	・自国内の産業優遇政策の活用	・巨大な国内市場の存在と文化的背景 (OEM市場, 山寨機市場)
工程 アーキテクチャ	組織能力	・モジュラー型工程アーキテクチャとの相性を活かした低コスト戦略 ・人材・技術の外部からの獲得とキャッチアップ ・製造工程の効率化 ・製造装置・部材の内製化 ・強力なリーダーシップによる果敢な投資	・投資力を確保する能力 ・製造装置の工夫と安い人件費を活用した低コスト製造戦略 ・製造装置の外部調達/自動化/内製化 ・外部からの人材・技術の獲得とキャッチアップ
	能力構築の環境 (産業地理学)	・為替 (ウォン安) メリットの活用 ・自国内の低電力料金の活用 ・自国内の産業優遇政策の活用 ・市場の特性に応じた生産地の選定	・自国内における低コスト材料の調達環境の存在 ・自国内における低賃金労働力の獲得環境が存在 ・自国内の応用製品の巨大な生産工場が存在 (EMS)

5-3-5 戦略の考察

5-3-2, 5-3-3, 5-3-4 の分析結果を踏まえ、韓国の電池メーカーと中国の電池メーカーの採ってきた戦略を考察する。

韓国の電池メーカーも中国の電池メーカーも、製造における低コスト化を実現している。もともと製造装置も主要4部材もほとんどは日本製であった。製造装置を購入し、部材を手に入れることができれば、性能や品質は日本製に劣るとしても、リチウムイオン電池の製造はできた。また、自国内での有利な製造環境を活かし、低コストで製品を製造できるようになった。その後、韓国の電池メーカーは製造工程のさらなる効率向上、製造装置の内製化を目指した結果、日本を上回る生産性を達成している。一方、中国の電池メーカーは、製造工程の効率化よりも、低賃金の労働力を活用した製造コストの低減を目指した。

これらの事実を工程アーキテクチャの観点から考察してみれば、工程アーキテクチャがクローズド型とはいえモジュラー型であったことと整合的である。参入障壁は低く、韓国・中国の電池メーカーと相性の良い組織能力と産業地理学的な優位点を活用し、さらにキャッチ・アップを図っていたという点が重要な点である。このような組織能力の獲得には、日本からの人材獲得が貢献している。

製品アーキテクチャの観点から考察してみると、韓国の電池メーカーも中国の電池メーカーもインテグラル型のアーキテクチャに対応する組織能力を獲得するために、R&Dセンターなどの組織を立ち上げ、能力を有する人材を獲得するための活動をしてきている。これには日本からの人材獲得も含まれる。また、韓国と中国の電池メーカーでは顧客獲得のプロセスは異なるが、顧客との擦り合わせがある程度必要な「外“準”インテグラル」のアーキテクチャ位置取りに対応するための、顧客獲得に関連する組織活動が行われてきている。

以上、発展の過程は異なるものの、共通点をまとめると下記ようになる。

- ・ 苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに適合する為の組織能力を獲得
- ・ 得意とするモジュラー型工程アーキテクチャと自社の組織能力との相性を生かし、能力構築の環境（産業地理学的）の優位点を活用した製造戦略

この結果からいえることは、韓国・中国の電池メーカーは、そのキャッチ・アップの過程は異なるものの、「アーキテクチャの両面戦略」 [2] を取っていたということである。つまり、自社の組織能力と相性がよく得意とするモジュラー型の工程アーキテクチャに対応する組織能力を伸ばし、苦手なインテグラル型の製品アーキテクチャはベスト・プラクティスに学び対応する組織能力を獲得したということである。

この「アーキテクチャの両面戦略」としては、90年代の米国自動車産業が代表例として挙げられている [2]。この例では、米国自動車メーカーは擦り合わせ寄りアーキテクチャのセダン系小型乗用車で対日キャッチ・アップを行いつつ、モジュラー寄りのアーキテクチャの製品であるトラック系乗用車の市場を拡大し収益を上げていたというものであった [注4]。この例では、ラインナップ展開の中で、製品によってアーキテクチャを変えるという、

「アーキテクチャの両面戦略」を取っていたのであるが、リチウムイオン電池の場合には、同じ製品（セル）の中でアーキテクチャの両面戦略を取って成功していたという点が異なる。ただし、この両面戦略は、各企業が当初から明確に意識して採ってきた結果ではないと思われる。

一方、この事業拡大の過程では、リチウムイオン電池が円筒型から角型、さらにラミネート型へと変化している点には注意をする必要がある。これは、対象とする応用製品が、携帯電話からスマートフォン、あるいはまたノートブック PC からタブレット PC へと変化し、市場からの要求が変化したからである。この変化に追従できないメーカーは、シェアの低下あるいは脱落を余儀なくされている。過去の例では、ソニーが角型の開発に出遅れ、先行したサンヨー電機が角型市場を席卷した。近年では、BYD は携帯電話向けに角型で成功を収めたが、市場がスマートフォンやタブレット PC に転換する中で、これらの製品に要求されるラミネート型への転換に遅れシェアを落とした。一方、Lishen はラミネート型の開発に成功し、ATL は最初からラミネート型に注力し、その結果 Apple という顧客の獲得につながった。これがシェアを伸ばした大きな要因の一つである。すなわち、リチウムイオン電池は製造工程がモジュラー型であったが、継続的に製品開発の面での変革、組織能力の向上を要求されていたことがわかる。1990 年代に日本が市場を席卷していた時代とは異なり、グローバル化が進展し、エレクトロニクス産業構造は変化をしてくれている。さらに、新たな正極材料として、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) の Ni を Co, Al と置換した複合化合物、マンガ酸リチウム (LiMn_2O_4) の Mn を Mg, Al に部分置換したもの、3 元系材料と呼ばれる $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 、あるいはオリビン酸鉄 (LiFeO_4) を用いた電池が開発され、実用化されている。また、負極には、開発当初は炭素材料（ハードカーボン）が用いられていたが、コストの面から次第に天然産や、人造黒鉛系の材料も用いられるようになっていた。一方で、容量を増加させ、寿命を延ばすため、合金系の材料も研究が進められ、Sn, Si, Ti 系合金の負極材料も開発されている。このような市場からの要求に対して、3 章の調査からもわかるように、韓国・中国の電池メーカーは、技術も人材も外部から幅広く獲得する傾向があり、自前主義の日本の電池メーカーとは対照的である。

ここで大事な点は、上記のような市場での変化があったにも関わらず、リチウムイオン電池の製品アーキテクチャも工程アーキテクチャも、大きな変化をしていないことである。アーキテクチャの位置取り戦略の面から考えれば、図 5-2 に示すように、アーキテクチャを (A) あるいは (B) の位置取りに転換させることで収益の良い位置取りになるが [27]、リチウムイオン電池ではそのような大きな転換が起きていない。強いて言えば、円筒形の 18650 型はモジュラー型に近づいたとも言えるが、各社、未だに容量の増大や安全性を向上させるために新たな部材開発を続けており、完全なるモジュラー型には転換できていない。要するに、リチウムイオン電池産業においてはエレクトロニクス産業のような「モジュラー化」が進んだわけではないが、韓国・中国の電池メーカーが「アーキテクチャの両面戦略」を取ってエレクトロニクス産業の場合と同じように躍進してきたということである。この事実は、単に製品アーキテクチャの面から、あるいは工程アーキテクチャの面からの分析だ

けでは明らかにならない事実であり、従来から行われてきた製品アーキテクチャのモジュラード（インテグラル度）、オープン度の分析軸に、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの分類を分析軸に加え、2つのアーキテクチャそれぞれと組織能力、あるいは産業地理学との関連性を分析することによって明らかになったことが重要な点である。

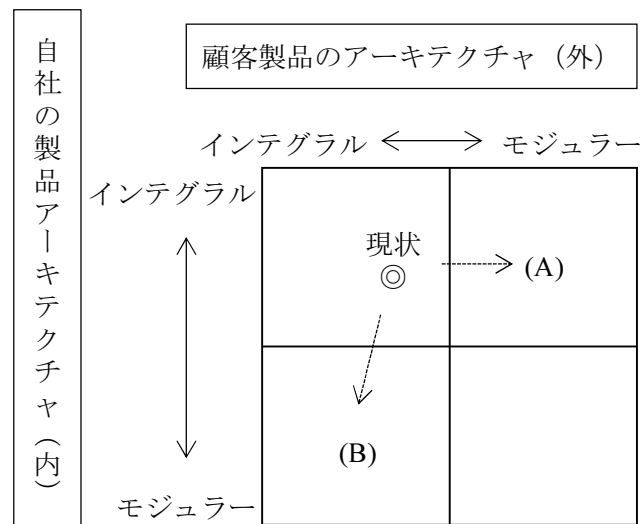


図 5-2 アーキテクチャの位置取り戦略

第 4 章では、図 5-3 に示すような製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの分類マトリクスにより、同じ産業内での企業間の競争優位性がより詳細に行えることを示した。この図に基づき、成長を遂げた韓国・中国の電池メーカーの位置取りの変化を考えてみる。製品アーキテクチャは大きく変化していないが、工程アーキテクチャに関しては、内製化を達成していることから、よりクローズドの位置にシフトしたと考えることができる。これを同じ図 5-3 上に示す。

この図 5-3 で、“☆”が参入当初の韓国・中国の電池メーカーの位置取り、“★”が現在の位置取りである。“●”は業界の平均的な位置取り、“◇”は日本の電池メーカーの位置取りである。

同様に、米国自動車産業の例も示すことができるので、セダン小型乗用車を“⑤”，トラック系乗用車を“①”で同じ図上に示す。これを見て分かるように、製品アーキテクチャのみでなく工程アーキテクチャも同時に分析し図示することにより、産業間や企業間のアーキテクチャの位置取り戦略の違いをより詳細に明らかにすることが可能となる。

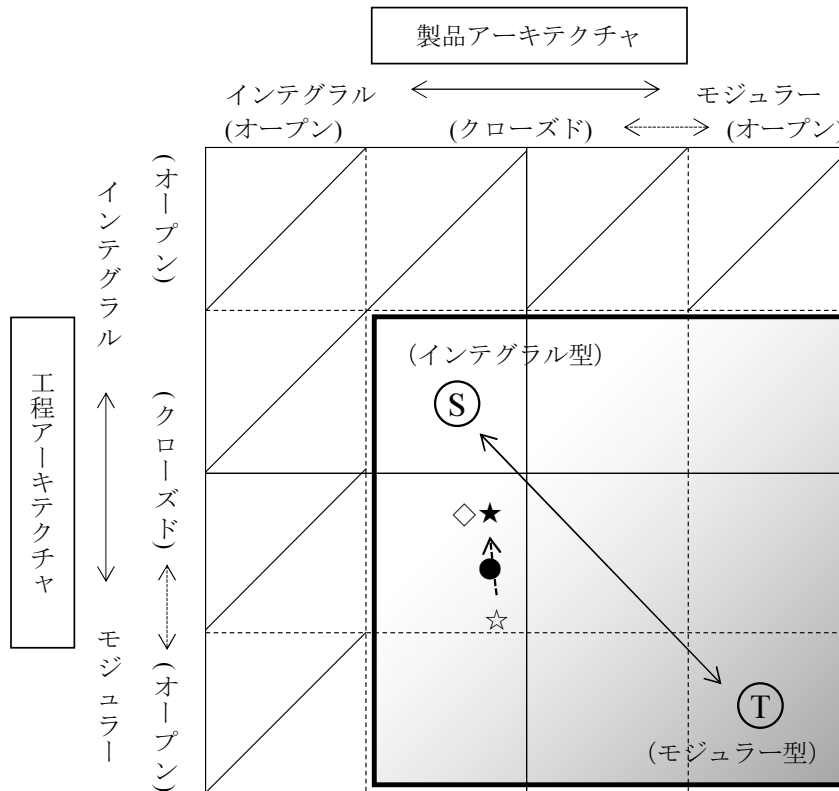


図 5-3 製品・工程アーキテクチャ分類マトリクスによるアーキテクチャの位置取り

さて以上は、アーキテクチャの位置取りの観点からの考察であったが、どのようにしてこのような競争優位性を獲得し、アーキテクチャの位置取り戦略を達成できたのか、分析枠では明らかにされないがその背景の分析も重要である。表 5-2 の結果を、この観点で再度考察してみると次のことが分かる。

日本の電池メーカーは、コアとなる正極材や負極材の技術をクローズとする戦略を採ってきた。これに対して、韓国・中国の電池メーカーは日本からの人材の獲得を通じてクローズされた技術を獲得している。同時に、材料メーカーや装置メーカーに対しては、韓国・中国の電池メーカーはオープンな方針を採って自国への進出を誘導してきた。また、Samsung SDI は、マレーシアやベトナムなど、自社の完成品の生産地に近い場所に工場を立てている。一方中国の電池メーカーは、人材や製造装置を外部から広く獲得し、欧米顧客とのリレーションを構築したり顧客企業のある国に海外拠点を設けたりするなどして、受注を獲得し、中国国内での生産を行ってきている。これらの活動は、オープン&クローズ戦略 [28]が示す「新興国との連携と ASEAN 市場での『適地良品』づくり」を実践してきたものと言えるであろう。すなわち、アーキテクチャの位置取り戦略と並行して、このようなオープン&クローズ戦略を有効に活用し、リチウムイオン電池産業におけるエコ・システムを構築してきたと考えることができる。

5-4 車載用リチウムイオン電池における電池メーカーの現状分析

車載用リチウムイオン電池に関しては、市場の拡大はこれからの状況であるので、民生用のような成功要因の分析はできないが、最終的に戦略を提案する上で現状がどうなっているのかを把握しておくことが重要であるので、この節でまとめておく。

車載用リチウムイオン電池に関連する主な提携・供給関係は非常に複雑で、図 2-13 に示したように、すでにリチウムイオン電池を手掛ける各国の電池メーカーや自動車メーカーに様々な動きが見られる。

図 5-4 は、図 4-7 の階層構造図を簡略化したものに、材料メーカー、電池メーカー、セットメーカー／自動車メーカーの役割分担を表したものである。これを見ると、現状、車載用リチウムイオン電池で見られる役割分担のパターンは、大きく 3 通りある。

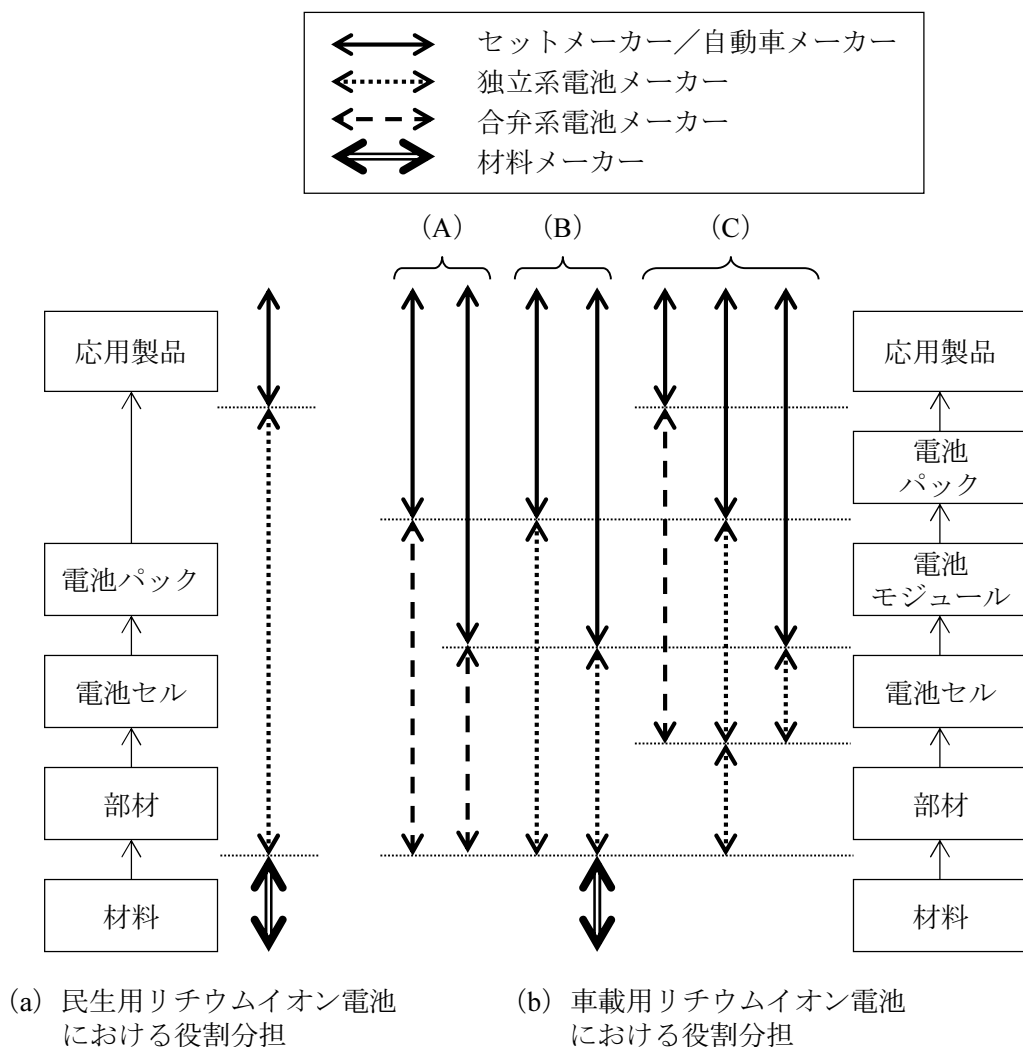


図 5-4 車載用リチウムイオン電池製造における各メーカーの役割分担

まずは、(A) のように自動車メーカーと電池メーカーの合弁電池メーカーで電極材などの部材から電池セルあるいは電池モジュールまでを手掛け、自動車メーカーで電池パックを製造するパターンである。次に、(B) のように独立系電池メーカー [注 5] が電池セルまたは電池モジュールまでを手掛け、それ以降を自動車メーカー側で製造するパターンである。そして、(C) のように部材をある独立系電池メーカーが製造し、それを他の電池メーカーが供給を受け、電池セル以降を製造するパターンである。これを見てわかるように、車載用リチウムイオン電池では自動車メーカーの守備範囲が全体的に広がってきており、特に日本でこの傾向が強い。

さらに、図 5-5 に示すように、民生用から車載用へと応用製品が変わる中で、リチウムイオン電池を手掛ける電池メーカーの事業モデルが変化してきている。民生用では垂直統合型であった電池メーカーが、車載用では垂直分業型へと入れ替わる傾向が見られる。

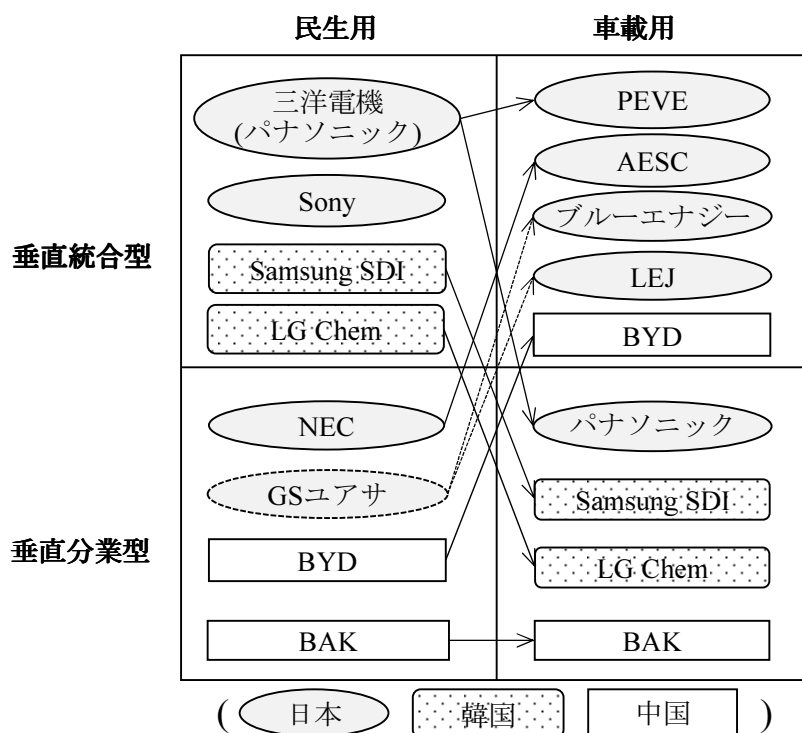


図 5-5 リチウムイオン電池メーカーの市場の変化に伴う事業モデルの変化

※日本の電池メーカーは発展途上国のメーカーではないので、正確には垂直分業型とは言えないが、変化を分かりやすくするため、ここでは垂直「的」分業型と考えて分類している。

※GSユアサは民生用リチウムイオン電池を手掛けていないが、垂直的分業型の電池メーカーとして考えると構造変化が分かりやすくなるため、点線で示している。

現状、車載用リチウムイオン電池の製品アーキテクチャは図 4-8 に示したように、日本メーカーが得意としてきた「内インテグラル・外インテグラル」の位置取りではあるが、収益

性の面では必ずしも有利とはいえない位置取りである。したがって、今後、図 5-4 (b) のそれぞれのパターンにおいても、アーキテクチャの位置取りを考慮して変化していくのが妥当と考えるべきであろう。

5-5 小括

本章では、民生用リチウムイオン電池産業において、なぜ韓国・中国の電池メーカーが成功することができたのかその戦略を、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念を基に明らかにした。その結果をまとめると、次のようになる。

- ・ リチウムイオン電池のアーキテクチャは変わっていないものの、主要四部材やリチウムイオン電池が応用される製品市場は変化を続けている。
- ・ 韓国・中国の電池メーカーを成功に導いたのは、苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに適合する為の組織能力の獲得と、モジュラー型工程アーキテクチャとは相性の良い組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進めた、「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたことである。

これらの結果に関して、有識者へのインタビューを行ったところ [注 1] [注 2] [注 3]、概ね肯定的なご意見を頂戴した。

また、車載用リチウムイオン電池の市場は今後の拡大に期待がかかるが、現状を調査してみると、電池メーカーや自動車メーカーなど、リチウムイオン電池に関連する各メーカー間の提携・供給関係は非常に複雑であった。しかし、整理してみれば、各メーカー間での役割分担にはいくつかのパターンがあることも分かった。また、民生用から車載用へと市場が変化する中で、リチウムイオン電池を手掛ける電池メーカーの事業モデルにも変化が起きつつあることも明らかとなった。

なお、電力系統安定化用の大規模蓄電システム（ESS）など、産業用のリチウムイオン電池に関しては本研究では未調査であるが、NEC が中国万向集団に売却された A123 システムズの蓄電システム事業を買収する [30]、あるいは、ソニーがカナダの電力会社であるハイドロ・ケベック社との合弁会社を設立する [31]というような動きが出て来ている。これらの動きは、車載用リチウムイオン電池で自動車メーカーとの合弁会社を設立している電池メーカーの動きと似ている。今後のリチウムイオン電池産業の戦略を検討する上では、目が離せない。

[注]

1. 東レエンジニアリング株式会社様面談。2012年8月10日訪問により実施。2013年11月6日 e-mailによりインタビュー。
2. エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授 佐藤登教授面談。2013年5月16日，2014年6月19日実施。
3. 富士フイルム株式会社様面談。2014年7月1日実施。
4. この例ではアーキテクチャが製品・工程アーキテクチャのどちらかは明記されていないが，製品・工程アーキテクチャがどちらも擦り合わせ寄りか，あるいはモジュラー寄りであることを意味している。
5. 民生用のリチウムイオン電池では，セットメーカーの電池部門が製造していることも多いが，不特定顧客に販売することから，ここでは独立系として扱っている。

参考文献

- [1] 藤本隆宏：「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」，RIETI Discussion Paper, 02-J-008, pp.0-58 (2002)。
- [2] 藤本隆宏：「組織能力とアーキテクチャ — 下から見上げる戦略論 —」，*組織科学*, Vol.36, No.4, pp. 11-22 (2003)。
- [3] 藤本隆宏：『日本のもの造り哲学』，日本経済新聞社 (2004)。
- [4] 藤本隆宏, 延岡健太郎：「日本の得意産業とは何か：アーキテクチャと組織能力の相性」，RIETI Discussion Paper Series, 04-J-040, pp. 1-27 (2003)。
- [5] 新宅純二郎, 天野倫文：『ものづくりの国際経営戦略 アジアの産業地理学』，有斐閣 (2009)。
- [6] 藤本隆弘：「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」，RIETI Discussion Paper, 02-J-013, pp.0-25 (2005)。
- [7] 藤本隆宏：「製品開発の組織能力：自動車の設計思想と製品開発能力」，MMRC Discussion Paper, No.74, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター (2006)。
- [8] 株式会社富士経済：『2012 電池関連市場実態総調査 上巻』，(2012)。
- [9] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：「蓄電技術開発室 2010-2011」，<http://www.nedo.go.jp/content/100079686.pdf> (2012.7.12 閲覧)。
- [10] Samsung SDI Co., Ltd. ホームページ：<http://www.samsungsdi.com/> (2013.8.10.閲覧)。
- [11] LG Chem, Ltd. ホームページ：<http://www.lgchem.com/global/main> (2013.8.10.閲覧)。
- [12] BYD Co., Ltd. ホームページ：<http://bydit.com/doce/> (2013.8.10.閲覧)。
- [13] Amperex Technology Ltd. ホームページ：<http://www.atlbattery.com/> (2013.8.10.閲覧)。
- [14] Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd. ホームページ：<http://en.lishen.com.cn/> (2013.8.10. 閲覧)。

- [15] BAK Battery Inc. ホームページ : <http://www.bak.com.cn/> (2013.8.10.閲覧).
- [16] 産業タイムズ社 : 『2次電池・電気二重層キャパシタ産業総覧 2013』(2012).
- [17] 武藤 謙次郎 : 「日経ビジネス ON LINE : サムスンに多くの転職者を出した日本メーカーは？ 人財の流出問題を特許情報から分析する」 , <http://business.nikkeibp.co.jp/article/report/20130530/248869/?mlt&rt=nocnt> (2013年10月20日閲覧).
- [18] 李相勲 : 『図解 サムスンの経営戦略 早わかり』, (株) 中経出版 (2013).
- [19] 日本経済新聞 : 「ベトナム, スマホ大国へ サムスン, 年産2億4000万台に 巨大工場, 世界の2割」, 2013年5月14日 朝刊.
- [20] 藤堂 安人 : 「リチウムイオン電池よ, お前もか」, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20100115/179306/> (2012.1.3 閲覧) .
- [21] WEDGE編集部 : 「日韓『電池』戦争 サムスン, LGの強さ 進化が止まった日本企業」, <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/1820> (2013年6月2日閲覧).
- [22] 鈴木義純 : 「BYD : 急躍進の電池生産商, その秘密とは?」, http://news.searchina.ne.jp/disp.cgi?y=2002&d=1014&f=stockname_1014_004.shtml (2013.5.19 閲覧) .
- [23] Cleantech Investor : “Amperex Technology Ltd. - The Battery 100+” (July 2009), <http://www.cleantechinvestor.com/portal/energy-storage/batteries-100/955-copy-of-a/371-amperex-technology-ltd-the-battery-100.html> (2012.11.28 閲覧) .
- [24] 中国情報源 : 「深センに大規模リチウム電池工場を建設 (中国系香港紙「香港商報」10月14日付) 」, <http://china.lar.jp/page098.html> (2013年11月30日閲覧).
- [25] 徐 航 明 : 「『毛沢東思想』とイノベーション」, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130822/298796/?ST=observer> (2013年11月27日閲覧).
- [26] 株式会社富士キメラ総研 : 『2012 EMS in China』(2012).
- [27] 新宅純二郎 : 「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」, MMRC Discussion Paper, No.54, 東京大学21世紀COEものづくり経営研究センター, pp. 1-8 (2005).
- [28] 小川紘一 : 『オープン&クローズ戦略』, 翔泳社 (2014).
- [29] 日本経済新聞 : 「猛追韓国勢に対抗 エコカー電池 日独連合GSユアサ, ボッシュの取引網活用」, (2013年6月20日付 朝刊) .
- [30] 日本電気株式会社 : 「NEC, 中国万向集団からA123社の蓄電システム事業を買収～世界トップクラスの蓄電SIとICTを融合し, グローバル市場へ本格展開～」, ニュースリリース, http://jpn.nec.com/press/201403/20140324_01.html (2014年3月25日閲覧).
- [31] ソニー株式会社 : 「ソニーとハイドロ・ケベック社との合弁会社 エスタリオン・テクノロジー株式会社を設立」, プレスリリース, <http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201406/14-0603/> (2014.06.04 閲覧).

第 6 章 アーキテクチャ・ベースの戦略論の 経営戦略論からの考察

第6章 アーキテクチャ・ベースの戦略論の経営戦略論からの考察

本章では、本研究の第三の課題についての研究結果を述べる。具体的には、アーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論視点から考察し、これら2つの戦略論の関係を明らかにする。その結果をもとに、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「プロセス」の視点も加えた戦略アプローチを検討する。

6-1 仮説と研究方法

5-3節では、民生用リチウムイオン電池における韓国・中国の電池メーカーの戦略分析を行い、その成功要因を明らかにした。ここでは、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念である、「①アーキテクチャ ②組織能力 ③能力構築の環境（産業地理学）」に、本研究での独自の視点である、「④製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの分類」を新たな分析軸として加え分析を行った。

その結果、韓国・中国の電池メーカーは、「苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに適合する為の組織能力の獲得と、モジュラー型工程アーキテクチャとは相性の良い組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進めた、『アーキテクチャの両面戦略』を採っていた」という結論が導かれた。次はこの分析結果をもとに、自社の組織能力との相性を考慮し、自社が採るべきアーキテクチャの位置取りを考え、戦略を練るということになる。

しかしながら、5-3節では、アーキテクチャ・ベースの戦略論の分析枠にはないが、背景の分析としてどのような活動をしていたのかを述べたように、アーキテクチャ・ベースの戦略論の分析結果から自社が採るべきアーキテクチャの位置取りが分かっても、具体的に「どのように」その位置取りにいけばよいのかについては、あるいは「どうやったら」その位置取りにたどり着けるのかについては、明確な指針を提供してくれないことに気づく。つまり、アーキテクチャ・ベースの戦略論ではアーキテクチャの特性と組織能力の相性を中心に分析し、アーキテクチャの位置取りを考えるということに主眼が置かれた結論が導かれるのであるが、「どのように」という「プロセス」的な視点が希薄である。

この原因は、3-4節で述べたように、アーキテクチャ・ベースの戦略論が、経営戦略論の二大潮流と考えられてきた「組織の能力重視」（リソース）と「環境の魅力重視」（ポジショニング）の双方を視野に入れてオペレーションの現場に降ろして論理展開されてきたことにあると思われる [1] [2] [3]。これら2つの経営戦略論は、3-2で述べたように、特定の目標を設定してそれを実現するための方策を事前に計画するという「分析型戦略論」に分類されるものである。分析の主眼が「要因」に置かれており、「どのように」という「プロセス」には主眼が置かれていない。青島らは、これら「分析型戦略論」と「プロセス重視型戦略論」を、目標達成の要因が「内」にあるのか「外」にあるのかという区分と、分析の主眼が「要因」にあるのか「プロセス」にあるのかという2つの区分に従って、図6-1のように、「(1)

ポジショニング・アプローチ (2) 資源 (リソース・ベースド・ビュー) アプローチ (3) ゲーム・アプローチ (4) 学習アプローチ」の4つの戦略アプローチに分類していた [4] [注 1]. ここには、分析の主眼が「プロセス」に注目した、ゲーム理論のアイデアを一部援用する形で発展した「ゲーム・アプローチ」, 「見えざる資産」の蓄積プロセスを重視した「学習アプローチ」と呼ばれるものがある. つまり, アーキテクチャの概念と組織能力の視点を基にした分析枠では希薄であった, 「どのように」という要素が含まれていると考えられる.

また, 図 6-2 に示すように, アーキテクチャ・ベースの戦略論は, 競争戦略論の4つのアプローチの視点よりも分析及び戦略立案対象により近い視点に降ろした分析枠である.

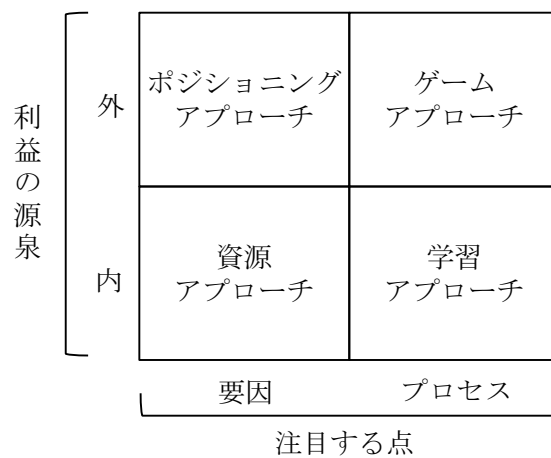


図 6-1 競争戦略論の4つのアプローチ [4]

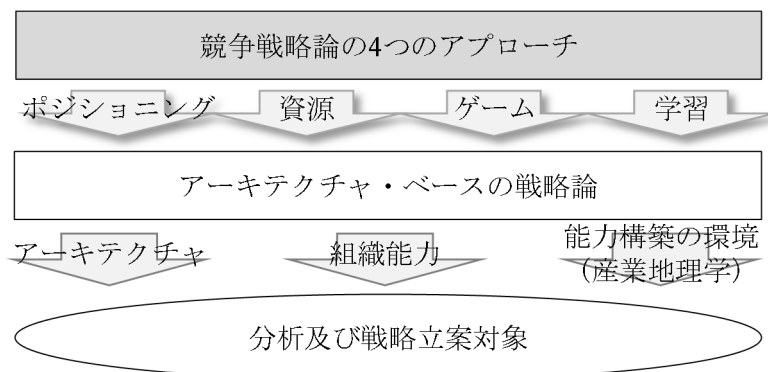


図 6-2 2つの戦略論の視点からの分析の概念図

アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づく韓国・中国の電池メーカーの成功要因は「アーキテクチャの両面戦略」を採って来たことであったが, 3つの鍵概念だけではうまく説明しきれない要因も残されている. これらのことから, 実際の企業の現場では「プロセス」に注目した活動も観測されるのではないかと考えられる. つまり, 本研究におけるもう一つの仮説は, 韓国・中国の電池メーカーが民生用リチウムイオン電池で成功したのは, 競争戦略

論の4つのアプローチから見れば「プロセス」に注目するアプローチも活用した「統合アプローチ」を採っていたからである、ということである。

この仮説に従い、本章では、アーキテクチャ・ベースの戦略論によって導かれた表5-1の韓国・中国の電池メーカーの成功要因を、競争戦略論の4つのアプローチの分類に照らし合わせて再度分析を行う。

具体的には、競争戦略論の4つのアプローチの視点からアーキテクチャ・ベースの戦略論をもとに分析した過程を再評価し、成功要因を再分類することである。例えば、アーキテクチャには統合化（インテグラル化）とモジュラー化という分類があり、自社（内部）と応用製品（外部）との階層間の関係による分類と、それが一企業内に留まるものなのか業界標準になっているのかどうかによるオープン化とクローズ化による分類がある。階層間の関係による分類には目標達成のための「内」と「外」の要因がある。オープン化とクローズ化は、外部に対して情報を公開し標準化を主導するなどの外部環境を変えようとする作用がある。組織能力は企業にとっての資源の一部と捉えることができる。さらに、成功（失敗）に至った時間的な経過を見ると、他社との競争の中で、自社を優位に（他社を劣位に）導いた手法や経験から学習し、知識や経験を蓄積し能力を向上させていったプロセス的な事実を見ることができる。このような視点で、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念による分析枠を用いて分析した、民生用リチウムイオン電池における韓国・中国の電池メーカーの成功要因を、競争戦略論の4つのアプローチに照らし合わせて再分析する。

また、その結果をもとに、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「プロセス」の視点も考慮した戦略アプローチを検討する。

6-2 分析の視点を変えた韓国・中国の電池メーカーの戦略の再分析

この節では、アーキテクチャ・ベースの戦略論をもとに、5-3節の分析によって導かれた表5-2の成功要因を、競争戦略論の4つのアプローチの視点から再度分析を行う。

最初に、表5-2の成功要因を導いた過程を、電池メーカーにとってどこが利益を得るといふ目的を達成してくれる市場であるのか、あるいは今後市場の拡大が期待される市場であるのかという、ポジショニング・アプローチの「外」と「要因」の視点から再度見直してみる。1990年後半から2000年代前半にかけては、リチウムイオン電池の市場が拡大している時期であり、安全性や性能を高めながら、日本の電池メーカーが市場を席卷していた。

韓国の電池メーカー2社は、1990年代半ばからリチウムイオン電池の研究開発を始めている。当時は、ニッケル・カドミウム電池（Ni-Cd）やニッケル水素電池（Ni-MH）が全盛の時代であり、リチウムイオン電池は上市され市場が拡大している時期であった。韓国の電池メーカーは後発であるがゆえに、これらの二次電池からではなくリチウムイオン電池に特化して、研究開発を始めている（[5] pp.225-226）。また後発ではあったが、Samsung SDIのホームページ [6]には「Development of world's highest capacity」、LG Chem社ホームページ [7]には「we became the world's first to begin mass-producing cylindrical batteries with a 2,400mAh

capacity」といった記述が見られ、当初から日本製と遜色のない性能を目指していたことが分かっている。

中国の電池メーカー4社でも、各社のホームページ [8] [9] [10] [11] から、設立当初から性能や安全性を重視したリチウムイオン電池の研究開発活動が行われていたことが分かる。設立間もない頃から R&D Center などの立ち上げ (BYD, BAK), Science and Technology Association の設立 (Lishen), ISO や UL などの安全規格などの認証の取得 (4社すべて), あるいは「post-doctoral, PhDs」などの人材に関する記述が見られる (BAK, Lishen)。中には、性能・品質を自社の特徴として記載している企業もある (BAK, BYD)。性能・安全性の面では日本製や韓国製には及ばないにしても、低価格ではあるが、市場に受け入れられる適正な性能・安全性を確保していたと考えられる。

ターゲットとする市場は、どちらの国の企業もノートブック型 PC や携帯電話などの数量の多い製品市場をメインのターゲットとし、先進国から新興国までを対象に幅広く大量生産し販売している。また、ターゲットとする顧客は、韓国の電池メーカーでは自社 (グループ) の応用製品の事業部へ販売すると共に外部の有力顧客へも販売してきている ([12] pp. 198-228)。中国の電池メーカーでは、国内の山寨機, OEM/ODM あるいは EMS の市場向けへの販売と, Motorola, Nokia, HP, DELL, Samsung Electronics, Apple などの欧米の大口顧客へ販売してきている ([5] pp. 230-254) ([12] p.37, pp. 221-225)。

このように、韓国・中国の電池メーカーが成功に至った経緯には、ポジショニング・アプローチの考え方に沿った活動が見て取れる。

次に、資源アプローチの「内」と「要因」の視点から再分析を行ってみる。資源アプローチは、企業の戦略活動に必要な資源を重視し、それに合わせてポジショニングを考えるとこのものである。こちらは、ポジショニング・アプローチとは逆の「内」から「外」への考え方である。

リチウムイオン電池の開発・設計・製造における必要な資源とは、人 (能力), 金, 物である。後発である両国の電池メーカーがリチウムイオン電池の開発・設計をするには、リチウムイオン電池の技術・知識・ノウハウが求められる。韓国の電池メーカーは、垂直統合型の企業の中で研究開発をスタートし、日本からの人材を獲得し、技術の習得を行っている [13] [注 2] [注 3]。中国の電池メーカーでは、BYD のように創設者がリチウムイオン電池の開発・製造の知識を有していたり [16], 自国の研究機関などからの技術供与 ([5] pp.250-253) や外部から技術を導入 [16]したりする活動を通じて自社内でも培ってきていると思われるが、外部、特に日本からの人材獲得によるキャッチ・アップも大きいと考えられる。製造においては、製造装置や製造技術あるいは製造知識を持った人材が必要であり、こちらも、日本を中心とした外部からの装置購入や人材の獲得を行っている [13] [注 2] [注 3]。また、これらを獲得する上では資金力も必要であり、これら資金を韓国の電池メーカーは垂直統合型の自社 (グループ) 内で、中国の電池メーカーは協力者の存在により会社を設立し事業を開始している ([5] pp.250-253) [16] [17]。その他、低価格を実現するための低電力料金やウォン安などの為替レートによる恩恵 [14], 産業政策による助成金 ([5] p. 221), 安い人件費

の人材獲得、安い材料の獲得、製造装置の購入や製造方法の工夫 [16][18]なども重要な要素であった。また、韓国においては財閥の力が強く、集中と選択を押し進めるトップの強力なリーダーシップと、果敢な投資戦略も有効に作用してきたと考えられる ([15] pp. 98-111) のであるが、このようなリーダーシップの採れるトップの存在も組織能力の一つと考えることができる。このように、韓国・中国の電池メーカーが成功に至った経緯には、資源アプローチの考え方に沿った活動が見て取れる。

第三のアプローチはゲーム・アプローチである。このアプローチは、利益の源泉を「外」に求める点ではポジショニング・アプローチと共通しているが、自社に都合の良い環境に身を置くのではなく、自らの行動により都合の良い環境を企業行動によって作り出す「プロセス」の点に注目するものである。

この観点から見ると、韓国の電池メーカーが日本の電池メーカーから人材を獲得しているのは、自社の組織能力を高めるだけではなく、日本の電池メーカーという競合他社の組織能力を弱める作用も持っている。また、材料メーカーや製造装置メーカーへのオープンな姿勢を通じて韓国国内に産業クラスターを形成したことも、自社に都合の良い環境を構築したと考えることができる [注 3]。自社以外の顧客として、欧米の大口メーカーへの供給を獲得しているのであるが、1990 年後半から 2000 年初頭にかけて、欧米や日本に R&D 拠点を設けて活動を始めていた [6][7]ことが背景で作用していたと考えられる。さらに、自社（グループ）内事業部の新興国マーケットを獲得する卓越したマーケット戦略の活用も ([15] pp. 130-166)、自らの行動により都合のよい環境を作り出す活動と考えることができる。

中国の電池メーカーでは、設立間もない頃から、Nokia や Motorola (BYD, Lishen), HP や DELL (BAK) などの、完成品を手掛ける欧米企業とのリレーションを構築したり、設立間もない時期に USA NASDAQ に上場を果たしたり (BAK)、顧客企業のある国に拠点を構えたりするなどの活動を通じて (BYD)、大口顧客の獲得につながる活動を行ってきたことである [8][9][10][11]。同様に設立間もない頃に、これら企業はすべて ISO や UL などの安全規格などの認証の取得をしているが、これらの認証を取得したことは、当時の中国国内のリチウムイオン電池の性能や安全性について不安を持っていた欧米を中心とした顧客へ、安心感を与えることに繋がったと思われる。さらに、R&D Center などを立ち上げたり (BYD, BAK)、Science and Technology Association を設立したりしているが (Lishen)、これらも、技術に関する研究開発も重要視していることが ISO や UL などの認証取得に繋がったとアピールする作用がある。“post-doctoral, PhDs” などの人材を保有している (BAK, Lishen) ということや、性能・品質の良さが自社の特徴 (BAK, BYD) としてホームページに記載することなども、企業全体としての好印象を顧客に与える作用がある。

その他、中国の電池メーカーの場合には、自国内の巨大な山寨機市場とこれらを許容する山寨文化が存在していたことは、成功を収める上で一つの大きな要因と考えられる。生産した電池がまずは山寨機に受け入れられることで ([12] p. 201, p. 212, p. 222)、投資回収のリスクを減らし、自社の組織能力を鍛えることにつながったこと、さらに OEM 市場や EMS 企業の存在もうまく活用 [19]してきたことが、成長へとつながっていると考えられる。

以上のように、韓国・中国の電池メーカーでは、「外」に働きかけ、自らの行動により都合の良い環境を企業行動によって作り出す「プロセス」の活動が見られる。

最後に、利益の源泉を「内」なる独自の経営資源に注目し、経営資源の中でも知識や情報といった「見えざる資産」が蓄積されるプロセスそのものに注目する学習アプローチの視点からの分析である。

韓国・中国の電池メーカーはどちらも、当初は日本製品に比べて性能・安全性の面では劣っており、技術的にも優位性はなかった。しかしながら、外部からの人材の獲得なども行いながら技術力を高め、日本製に負けるとも劣らない性能・安全性を達成して来ている。

製造の面では、韓国の電池メーカーは製造工程の効率化への取り組み、低コスト化の実現をする中で、部材や製造装置の内製化ができるまでに能力を高めており、製造効率に至っては日本の電池メーカーを超えたと言われている [20][注 3]。中国の電池メーカーの場合には、当初は製造装置の導入を最小限に抑え、人海戦術によりコストを低減する製造工程の工夫を行ったり、製造設備を外部から購入したりしていたが、最近ではキャッチ・アップが図られ、内製化を達成してきている [注 2]。材料においても、当初は品質が悪く使い物にならなかった状況から徐々に品質を高め、最近では韓国・中国の材料メーカーのシェアが高くなってきている ([21]p. 111-134)。これは、中国国内における電池メーカーと材料メーカーとの間での知識や情報を蓄積してきた結果と見られる。このように、成功を取めた韓国・中国の電池メーカーの活動には学習アプローチに沿った活動が見られる。

以上の結果を、表 6-1 にまとめて示す。

表 6-1 競争戦略論の 4 つのアプローチの視点から再分類した成功要因

成功パターン	垂直統合型（韓国型） 自社（グループ内に好調なセグメント事業部が存在）	垂直分業型（中国型） ベンチャーとして立ち上げた企業
代表的企業	Samsung SDI, LG Chem	BYD, BAK, ATL, Lishen
ポジショニング アプローチ	<ul style="list-style-type: none"> 日本製と遜色のない性能・安全性で且つ、日本製よりも低価格の製品を目指す 自社事業部（グループ企業）への販売を中心としながら、外部有力顧客へも販売 	<ul style="list-style-type: none"> 低価格ではあるが、市場に受け入れられる適正な性能・安全性を保持した製品を目指す 欧米大口顧客、国内顧客などの外部顧客
資源 アプローチ	<ul style="list-style-type: none"> 垂直統合型・財閥企業の資金力を活かした投資 為替、電力料金、産業優遇政策などの有利な自国内環境の活用 	<ul style="list-style-type: none"> 会社設立時、電池開発・製造の知識を有する創設者、技術供与などの協力者の存在 自国内の安い人件費の活用 自国内の低価格な材料の入手環境の活用
ゲーム アプローチ	<ul style="list-style-type: none"> 競合他社、特に最大の競争相手である日本メーカーからの人材獲得を通じた自社の組織能力の強化と競合の弱体化 製造装置メーカー、材料メーカーとのオープンな協業 自社内事業部の新興国マーケットを獲得する卓越したマーケット戦略の活用 	<ul style="list-style-type: none"> 外部からの技術の導入／資金の獲得 垂直分業型のエコ・システムの活用（OEM市場、山寨機市場、EMS企業） 欧米大口顧客獲得の活動
学習 アプローチ	<ul style="list-style-type: none"> 技術・組織能力のキャッチ・アップ <ul style="list-style-type: none"> 製造装置の効率化 製造装置・部材の内製化 	

この分析結果から、韓国・中国の電池メーカーの成功要因には「プロセス」に分類される要因が含まれていることがわかる。外部からの人材獲得も、自社の資源を強化するという側面の他に、競合他社からの人材獲得は競合他社の組織能力を弱くする作用もあるので、ゲーム・アプローチの要素も含まれていると考えられる。他社との協業やEMSなどの活用も外部環境を自社に優位に変えていくというゲーム・アプローチに属する活動と考えることができる。キャッチ・アップや内製化は能力を学習していくという学習アプローチの要因が含まれていると考えることができる。

6-3 統合アプローチとアーキテクチャ・ベースの戦略論の拡張

アーキテクチャ・ベースの戦略論からみると、韓国・中国の電池メーカーはインテグラル型の製品アーキテクチャに対応する為の組織能力を獲得し、モジュラー型工程アーキテクチャと自社の組織能力との相性を生かし、能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略による「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたという結論であったが、これを競争戦略論の4つのアプローチの視点からみると、4つのアプローチをすべて活用した「統合アプローチ」を採っていたといえる。つまり、アーキテクチャ・ベースの戦略論には「プロセス」に注目する点がないのであるが、組織能力を構築する過程や、アーキテクチャの位置取りを考え自社に有利な位置取りに移行していこうとする過程は「プロセス」の視点であり、アーキテクチャ・ベースの戦略論にも「プロセス」の視点を考慮する必要があるということである。

なお、これらのアプローチは意識されて活用されていたということではなく、結果としてみれば「統合アプローチ」であったということである。戦略論としては、それぞれの理論やアプローチの優位性あるいは有効性が研究の対象となることが多いが、実際の企業の現場では、このように意識されることなく戦略の各理論やアプローチが有効に活用されていると考えられる。

この結果を踏まえて、実際に戦略の立案に活用するにはどうしたらよいかを考察してみる。

リチウムイオン電池の分析の過程を振り返ってみると、組織能力を考慮しながらアーキテクチャの位置取りを考える、学習を通じて見えざる資源を蓄積していく、あるいはキャッチ・アップしていくというように、それぞれのアプローチは単独で活用されていたわけではなく、相互に影響を及ぼしあっていたことが分かる。この様子は、図6-3に示すような競争戦略論の4つのアプローチの分類を示す4象限の図上に、各アプローチに分類される要素を記載していくと分かりやすい。この図で、両矢印は相互に影響があることを表している。

実際に、表6-1の韓国・中国の電池メーカーの成功要因を時系列も含めて表してみると、図6-4、6-5のようになる。①、②の番号は時系列を表す。

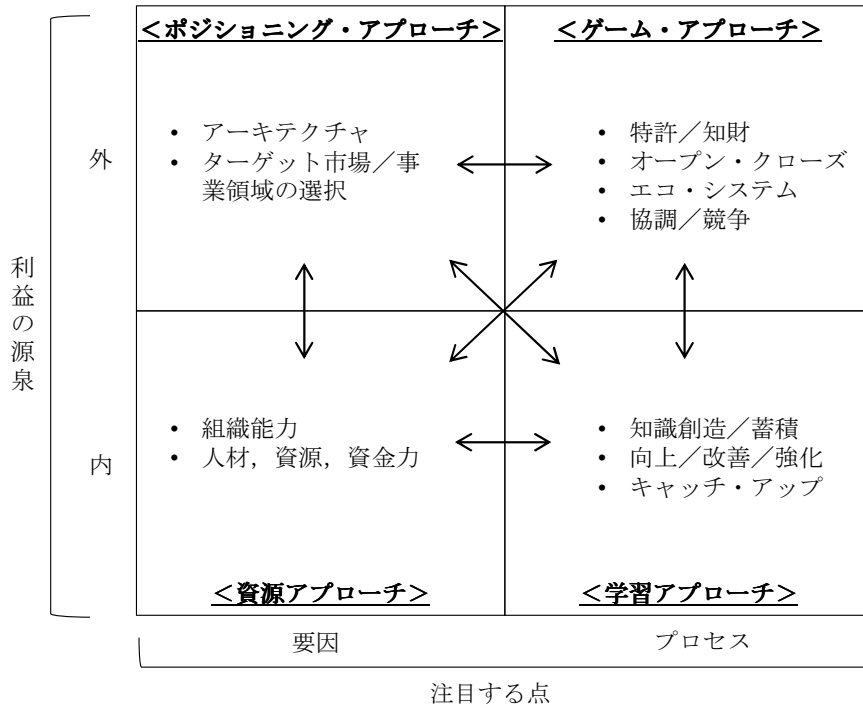


図 6-3 各アプローチ間の相互の影響を考慮した統合アプローチによる戦略の表現方法

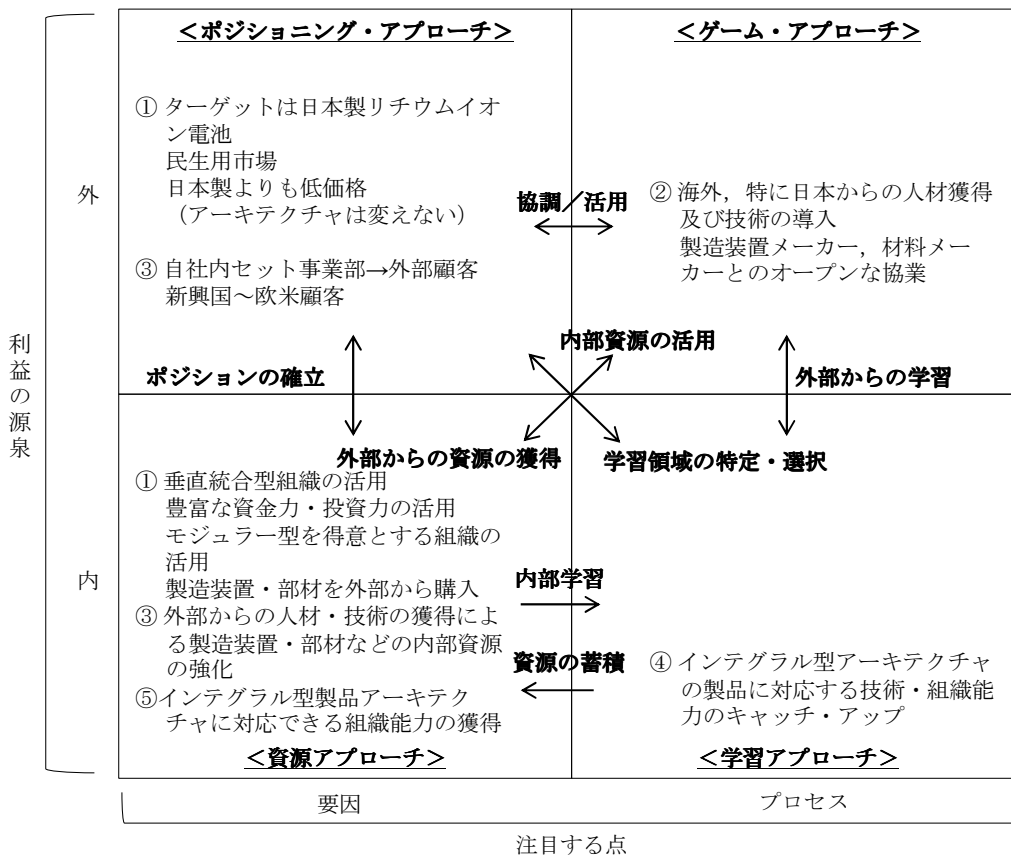
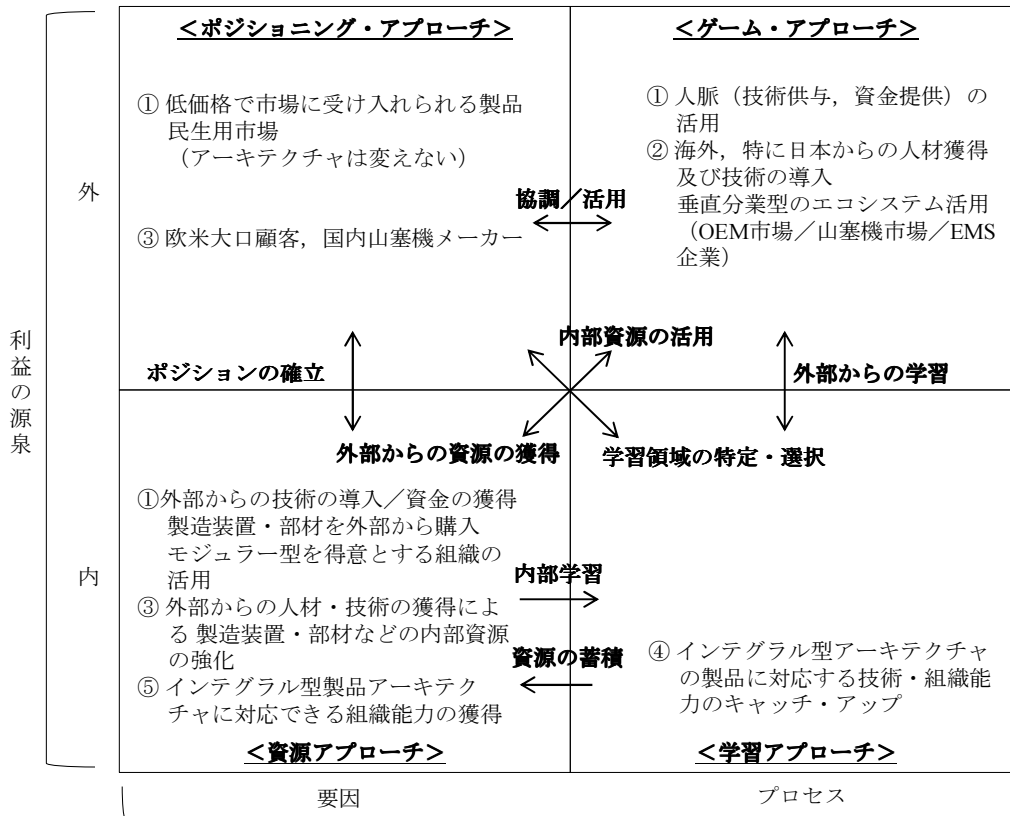


図 6-4 韓国の電池メーカーの統合アプローチ



注目する点

図 6-5 中国の電池メーカーの統合アプローチ

これらのことから、ここで示した競争戦略論の4つのアプローチの分類を表す図上に、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念に対応する要素に加えて「プロセス」の視点に対応する要素も考慮し、各アプローチ間の影響、時系列を考慮しながら戦略を記述していく方法が有効であると考えられる。これは、アーキテクチャ・ベースの戦略論に立脚しつつ「プロセス」の視点も考慮しながら戦略を検討する「統合アプローチ」による戦略立案方法であり、アーキテクチャ・ベースの戦略論の拡張と考えることができる。

これは、図 6-6 に示したように考えることができる。

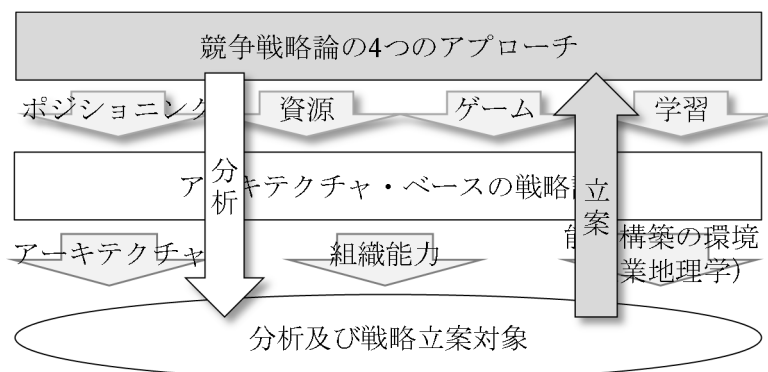
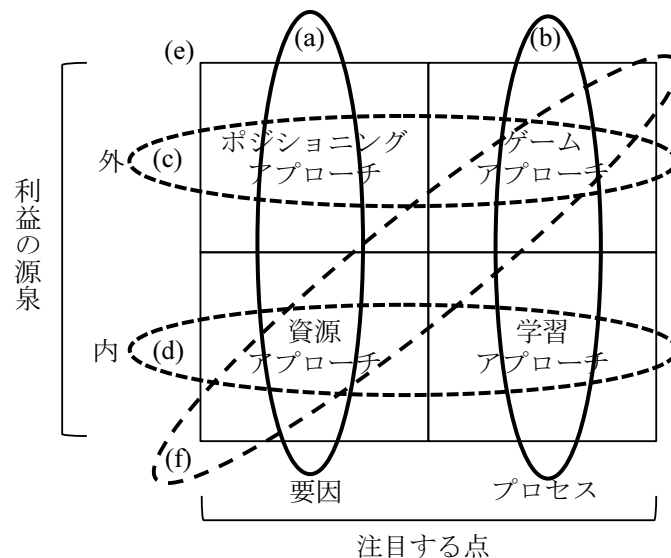


図 6-6 戦略の分析と戦略の立案の視点

分析は各戦略論の「分析枠」に当てはめて「分析及び戦略立案対象」を見たもの、逆に戦略の立案は戦略立案対象から「分析枠」を通してターゲットを設定し、手順を考えていくということと考えることができる。つまり、競争戦略論の4つのアプローチの分類を示す4象限の図上に、分析の場合は分析結果を反映、戦略の立案の場合は戦略要素を投影していくということである。

6-4 複合アプローチの視点

上記で述べたことをまとめると、企業を成功に導く優れた戦略とは様々な要素を効果的に活用したものであり、競争戦略論の4つのアプローチの分類を表す図上に、各アプローチ間の影響、時系列を考慮しながら戦略を記述していく方法が有効である、ということになる。しかしながら、4つのアプローチ間の相互の影響も同時に考慮しながら戦略を立案していくにはその組み合わせが多く、実際には難しい作業である。これを軽減するヒントは、図6-3で示した各アプローチ間の影響を示した矢印にある。すなわち、矢印に沿った2つのアプローチを組み合わせながら戦略を検討するということである。この2つのアプローチを組み合わせる方法を「複合アプローチ」と呼ぶことにすると、この「複合アプローチ」は図6-7のように6種類ある。



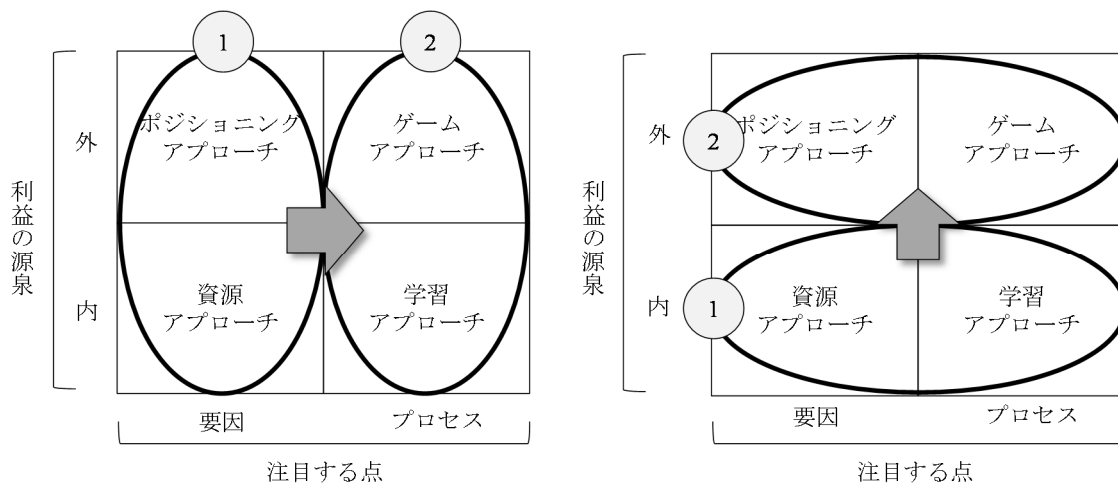
- (a) 「ポジショニング×資源」アプローチ
- (b) 「ゲーム×学習」アプローチ
- (c) 「ポジショニング×ゲーム」アプローチ
- (d) 「資源×学習」アプローチ
- (e) 「ポジショニング×学習」アプローチ
- (f) 「資源×ゲーム」アプローチ

図 6-7 競争戦略論の4つのアプローチを活用した複合アプローチ

この中から、優先する、あるいは重点を置く「複合アプローチ」に基づいて戦略を検討し、さらに次の「複合アプローチ」に基づいて戦略を順次検討し、最終的に「統合アプローチ」を構築するというのが、本研究での提案である。

また、この図からも分かるように、もともとのアーキテクチャ・ベースの戦略論の考え方も、「ポジショニング×資源」アプローチという「複合アプローチ」の一つとして捉えることができる。この観点からも、先に示したアーキテクチャ・ベースの戦略論の拡張という考え方の妥当性が示される。

また、この複合アプローチの視点から韓国・中国の電池メーカーのアプローチ、日本の電池メーカーのアプローチを考察してみると、図 6-8 に示すように、その特徴が明らかになる。



(a) 韓国・中国の電池メーカーのアプローチ (b) 日本の電池メーカーのアプローチ

図 6-8 複合アプローチの視点から見た戦略アプローチの違い

すなわち、韓国・中国の電池メーカーのアプローチは図 6-8 (a)のように、

- ① ターゲット市場、アーキテクチャの位置取りを定め、必要とするリソースを考慮し、
- ② 外部からの人材獲得、技術の導入などの活動によりターゲットを達成する

という「キャッチ・アップ型」の「統合アプローチ」であり、日本の電池メーカーが先導でありターゲットであった。

これに対して日本の電池メーカーのアプローチは、図 6-8 (b)に示すように、

- ① 研究開発の末に世界に先駆けリチウムイオン電池を実用化し、継続的な学習により内部の見えざる資源の蓄積をしながら、
- ② 市場を創造し、材料メーカー、装置メーカー、完成品メーカーなどの裾野をも広げながら位置取りを確保する

という流れであった。これは市場創造型の企業が辿る道筋と考えられる。但し、日本の電池メーカーの多くはセット事業部も自社内に存在する垂直統合型企業が多かったため、利益の源泉の「外」を活用するゲーム・アプローチの視点は弱かったと考えられる。

またこの結果は、「日本企業の持つ戦略的バイアス」([4] pp.184-188) と整合的である。

これらの例に見るように、どの「複合アプローチ」の優先順位を高くするのか、あるいは比重を高くするのかによって戦略の中身や優劣が変化し、組み合わせ方によって特徴のある戦略とすることができる。

6-5 小括

本章では、本研究の第三の課題についての研究結果を述べた。結論をまとめると、次のようになる。

- ・ アーキテクチャ・ベースの戦略論からみると、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いたのは、苦手なインテグラル型の製品アーキテクチャに対応するための組織能力を獲得し、モジュラー型工程アーキテクチャと相性の良い自社の組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進める「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたことである。これを競争戦略論からみれば、4つの戦略アプローチを有効に活用した「統合アプローチ」を採っていたといえる。アーキテクチャ・ベースの戦略論にも「プロセス」に注目する点を加え、拡張べきである。
- ・ 「統合アプローチ」の視点を加え拡張されたアーキテクチャ・ベースの戦略論は、競争戦略論の4つのアプローチの分類を表す4象限の平面上に、各アプローチに対応する要素を投影して考える。これは、「プロセス」に注目する点を考慮したアーキテクチャ・ベースの戦略論を考え易くする為のツールの一つである。
- ・ 4つのアプローチは相互に影響を与えるので、「統合アプローチ」は、優先する、あるいは重点を置く2つのアプローチを組み合わせた「複合アプローチ」により、順次戦略を検討する方法が有効である。「複合アプローチ」は「統合アプローチ」を取扱い易くする為の手法の一つである。

[注]

1. 英語では、戦略経営は「strategic management」、競争戦略は「competitive strategy」である。しかしながら、文献 [4]では、日本語で「競争戦略論」、英語では「Strategic Management」となっている。本研究では、経営戦略論を上位の概念と考え、文献 [4]の分類による4つの戦略アプローチのことを指す場合に「競争戦略論の4つのアプローチ」と表現することにする。

2. 東レエンジニアリング株式会社様面談。2012年8月10日訪問により実施。2013年11月6日 e-mailによりインタビュー。
3. エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授 佐藤登教授面談。2013年5月16日，2014年6月19日実施。
4. 富士フイルム株式会社様面談。2014年7月1日実施。

参考文献

- [1] 藤本隆宏：「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」，RIETI Discussion Paper, 02-J-008, pp. 0-58 (2002)。
- [2] 藤本隆宏：「組織能力とアーキテクチャ — 下から見上げる戦略論 —」，*組織科学*, Vol.36, No.4, pp. 11-22 (2003)。
- [3] 藤本隆宏：『日本のもの造り哲学』，日本経済新聞社 (2004)。
- [4] 藤本隆宏，武石彰，青島矢一：『ビジネス・アーキテクチャ — 製品・組織・プロセスの戦略的設計 —』，有斐閣 (2001)。
- [5] 産業タイムズ社：『2次電池・電気二重層キャパシタ産業総覧 2013』 (2012)。
- [6] Samsung SDI Co., Ltd. ホームページ： <http://www.samsungsdi.com/> (2013.8.10.閲覧)。
- [7] LG Chem, Ltd. ホームページ： <http://www.lgchem.com/global/main> (2013.8.10.閲覧)。
- [8] BYD Co., Ltd. ホームページ： <http://bydit.com/doce/> (2013.8.10.閲覧)。
- [9] Amperex Technology Ltd. ホームページ： <http://www.atlbattery.com/> (2013.8.10.閲覧)。
- [10] Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd. ホームページ： <http://en.lishen.com.cn/> (2013.8.10.閲覧)。
- [11] BAK Battery Inc. ホームページ： <http://www.bak.com.cn/> (2013.8.10.閲覧)。
- [12] 株式会社富士経済：『2014 電池関連市場実態総調査 上巻』 (2014)。
- [13] 武藤 謙次郎：「日経ビジネス ON LINE：サムスンに多くの転職者を出した日本メーカーは？ 人財の流出問題を特許情報から分析する」，<http://business.nikkeibp.co.jp/article/report/20130530/248869/?mlt&rt= nocnt> (2013年10月20日閲覧)。
- [14] WEDGE 編集部：「日韓『電池』戦争 サムスン，LGの強さ 進化が止まった日本企業」，<http://wedge.ismedia.jp/articles/-/1820> (2013年6月2日閲覧)。
- [15] 李相勲：『図解 サムスンの経営戦略 早わかり』，(株)中経出版 (2013)。
- [16] 鈴木義純：「BYD：急躍進の電池生産商，その秘密とは？」，http://news.searchina.ne.jp/disp.cgi?y=2002&d=1014&f=stockname_1014_004.shtml (2013.5.19 閲覧)。
- [17] Cleantech Investor： “Amperex Technology Ltd. - The Battery 100+” (July 2009)，<http://www.cleantechinvestor.com/portal/energy-storage/batteries-100/955-copy-of-a/371-amperex-technology-ltd-the-battery-100.html> (2012.11.28 閲覧)。

- [18] 徐航明：「『毛沢東思想』とイノベーション」，
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130822/298796/?ST=observer> (2013年11月27日閲覧).
- [19] 株式会社富士キメラ総研：『2012 EMS in China』(2012).
- [20] 藤堂安人：「リチウムイオン電池よ，お前もか」，
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20100115/179306/> (2012.1.3 閲覧) .
- [21] 日本エコノミックセンター：『2013 リチウムイオン電池市場の実態と将来展望』(2013).

第7章 日本の車載用リチウムイオン電池産業 への戦略提案とその考察

第7章 日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略提案とその考察

本章では、本研究の第四の課題に関する研究結果について述べる。具体的には、第4章から第6章までの研究結果をもとに、日本の車載用リチウムイオン電池産業の課題を明らかにする。そして、これらの課題を解決するための、日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略の提案をする。さらに、この戦略の立案の過程を通じて得られた、「統合アプローチ」「複合アプローチ」に関する知見について述べる。

7-1 日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題

第1章で述べた第一から第三までの本研究の課題に対する、第4章から6章までの民生用リチウムイオン電池に関する研究結果をまとめると、次のようになる。

(分析結果からの結論)

- ・ リチウムイオン電池の正極材などの材料や、応用される製品市場は変化を続けているが、リチウムイオン電池のアーキテクチャはほとんど変わっていない。
- ・ 製品アーキテクチャはインテグラル型に留まっているが、工程アーキテクチャはモジュラー型である。総合的にみれば日本企業の組織能力と相性が良いとされるインテグラル型とはいい難く、中国や韓国企業の組織能力との相性が良いとされるモジュラー型に近い位置取りにあるともいえる。
- ・ アーキテクチャの検討する場合は、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャを明確に分けて考える必要がある。
- ・ アーキテクチャ・ベースの戦略論からみると、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いたのは、苦手なインテグラル型の製品アーキテクチャに対応するための組織能力を獲得し、モジュラー型工程アーキテクチャと相性の良い自社の組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進める「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたことである。これを競争戦略論の4つのアプローチからみれば、4つのアプローチを活用した「統合アプローチ」を採っていたということになる。従って、アーキテクチャ・ベースの戦略論にも「プロセス」に注目する点を加えるべきである。

(分析結果からの提案)

- ・ アーキテクチャ・ベースの戦略論にも「プロセス」に注目する点を加え、「統合アプローチ」の考え方に立脚して論理展開する。
- ・ 「統合アプローチ」の視点を加え拡張されたアーキテクチャ・ベースの戦略論は、競争

戦略論の4つのアプローチの分類を表す4象限の平面上に各アプローチに対応する要素を投影して考える。

- ・ 4つのアプローチは相互に影響を与えるので、「統合アプローチ」は、優先する、あるいは重点を置く2つのアプローチを組み合わせた「複合アプローチ」により、順次戦略を検討する方法が有効である。

車載用リチウムイオン電池については、2-6-3項で電池メーカーと自動車メーカーの提携・出資関係、供給関係について調査した結果を述べている。また、アーキテクチャについては4-3-3項で、車載用リチウムイオン電池を扱う電池メーカーの現状については5-4節で分析している。ここでは、これらの結果も踏まえて、車載用リチウムイオン電池産業の現状を整理し、その課題についてまとめる。

(車載用リチウムイオン電池産業の現状と課題)

これから市場の拡大が期待される車載用リチウムイオン電池に関しては、日本では自動車メーカーと電池メーカーの合弁会社から調達するケースが多く、国内製電池の調達にこだわる自動車メーカーが多い。これに対し、海外では国境を越えた供給関係となっている。また、自動車メーカーはすでに複数社からの調達を決定している。電池メーカーも複数の自動車メーカーからの受注を獲得しており、供給関係は非常に複雑である。民生用から車載用へと市場が変化する中で、リチウムイオン電池を手掛ける電池メーカーの事業モデルにも変化があることが分かった。このような状況ではあるが、車載用リチウムイオン電池に関連する各メーカーの役割分担を分類すると、図5-4に示したように、民生用とは異なり大きく3つのパターンにまとめることができた。この中で、合弁系電池メーカーの存在が日本の車載用リチウムイオン電池産業の特徴である、と言っても過言ではない。

これに加えて、第4章におけるリチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果も考慮すると、車載用リチウムイオン電池産業は、図7-1に示すように大きく3つの領域に分けて考えられ、また、それぞれの領域で特徴が異なる。これらの3つの役割分担のパターン、3つの領域の特徴をスタートポイントとして日本の車載用リチウムイオン電池産業の戦略課題を明らかにする。

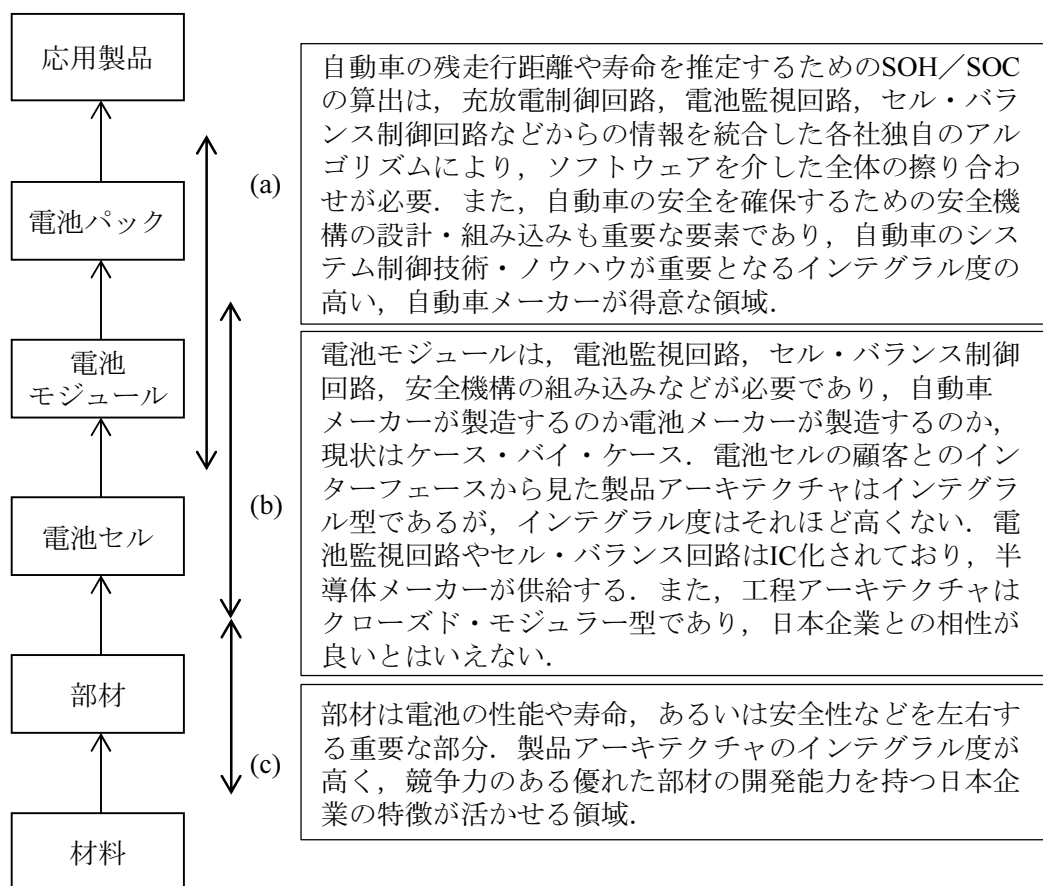


図 7-1 車載用リチウムイオン電池の事業領域毎の特徴

まず、車載用リチウムイオン電池の現状の事業構造を見ると、電池メーカーが部材から電池セルあるいは電池モジュールまでを事業とすることがほとんどである。電気自動車市場が期待されていたようには立ち上がっていないことから、開発した車載用リチウムイオン電池のセルの種類は少なく、ほとんどの製品は電池セルを流用する形で設計されていると思われる。一見すると電池セルの製品アーキテクチャが「外モジュラー」の位置取りに転換しているようにも見えるが、今後市場が拡大した場合に、最終製品である自動車の大きさや形状などが様々であり、自動車メーカーからのカスタマイズの要求は民生用の場合と同様に無くなることはないと考えられる。2-6 節では、国際標準化の動きも記したが、電池セルそのものや電池モジュールそのものの標準化にはつながらないと考えられる。従って、電池セルの製品アーキテクチャは「外インテグラル」の位置取りのままに留まる、つまり、現状のままでは、製品アーキテクチャの位置取りが「内インテグラル・外インテグラル」、工程アーキテクチャはモジュラー型に留まったままになり、いずれ民生用と同様に収益性は悪化の道筋を辿ると思われる。

また、図 5-5 に示したように、民生用から車載用へと市場が変化するのに伴って、民生用で成功を収めていた電池メーカーが垂直統合型から垂直(的)分業型へ、これまで垂直(的)分業型であった電池メーカーと自動車メーカーの合併企業により垂直統合型へと事業モデ

ルが変わるような変化が起きているが、日本の企業は自動車メーカーも電池メーカーも含めて、日本製のリチウムイオン電池を日本国内顧客へ供給し、日本国内で閉じている傾向が強い。一方、韓国の電池メーカーは海外の自動車メーカーへの供給を獲得するなど、図 6-8 で示した民生用リチウムイオン電池で採っていた戦略の傾向と変わりがないように見える。

このような状況を回避できる可能性を考えてみる。一つは、製品アーキテクチャをインテグラル型に留めたままにするのであれば、インテグラル度が比較的高く付加価値の高い領域を自社内に取り込んでいく方向であり、もう一つは、製品アーキテクチャの位置取りを、図 7-2 に示した★印の「内モジュラー・外インテグラル」、あるいは☆印の位置取りに変えていくという方向である。これらの位置取りは、図 4-9 に示したように、「共通部品使用によるカスタマイズ製品」「独自性のある汎用品」の位置取りであり、収益性の高い場合がある。ここで大事なことは、アーキテクチャの変化は階層の移動を伴うことがあることである。また、図 6-8 で示したように、日本の電池メーカーは利益の源泉の「外」へのアプローチ、特にゲーム・アプローチの視点が弱かった。従って、二つのどちらの可能性も、自ら利益の源泉の「外」へのアプローチを活用して自社の事業構造を自ら転換する、ひいては、産業構造を転換させるということにもつながる、ということが重要な点である。つまり、これらが日本の車載用リチウムイオン電池産業における戦略課題ということになる。

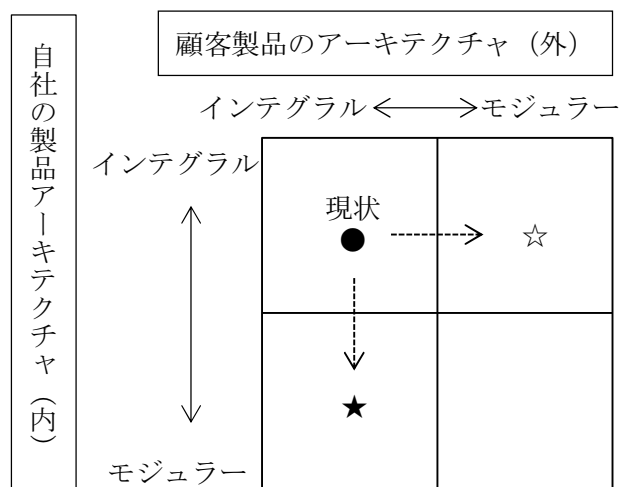


図 7-2 リチウムイオン電池のアーキテクチャの位置取りの方向性

そして、本研究における日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略提案の基本的な考え方は、上記で述べた課題をどう解決するのかということになる。

以下では、民生用のリチウムイオン電池の研究結果を踏まえ、これらの戦略課題を解決するための、日本の車載用リチウムイオン電池産業への 2 つの戦略の提案を試みる。また、戦略の提案に際しては、拡張されたアーキテクチャ・ベースの戦略論と「統合アプローチ」「複合アプローチ」の考え方に従って検討し、これらの手法の有効性を検証する。

7-2 事業領域の拡大化戦略

ここでは、製品アーキテクチャをインテグラル型に留めたまま、インテグラル度が比較的高く、付加価値の高い領域を自社内に取り込んでいく戦略について検討する。これは、アーキテクチャの位置取り戦略（ポジショニング・アプローチ）の視点からの検討ということになる。

車載用リチウムイオン電池においてインテグラル度が高い領域とは、図 7-1 に示したように部材と電池パックの領域である。それゆえ、インテグラル度の高い領域を取り込んでいくということは、図 7-3 に示すように、電池メーカーがインテグラル度の高い電池パックの領域へ進出し、電池パックを海外の自動車メーカーも含め幅広い顧客に販売することを目指すという案になる。

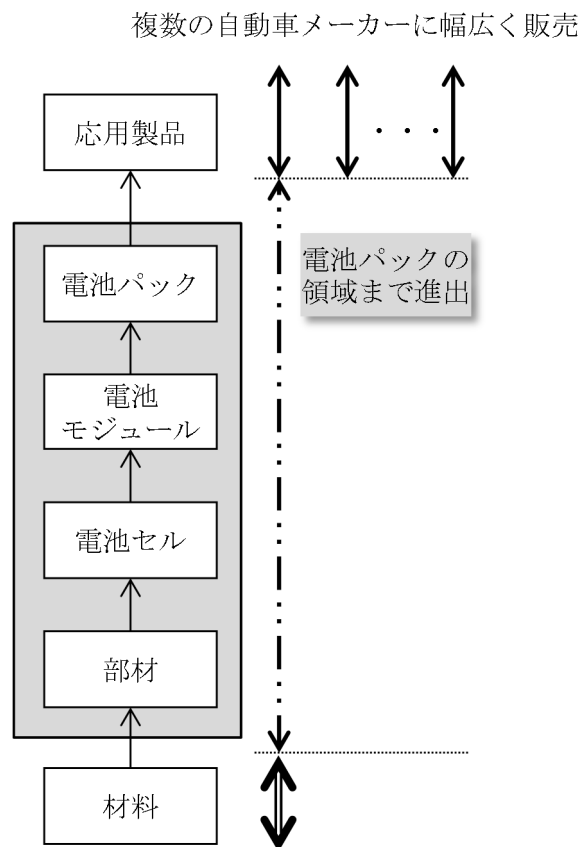


図 7-3 車載用リチウムイオン電池における事業領域の拡大化戦略

しかしながらこの案は、これまで応用製品に近い電池パックを手掛けていなかった電池メーカーには、システム制御技術や知識あるいはノウハウなどがなく、最初から電池パックの領域まで進出するのは困難である。また、自動車メーカーから見れば、自社の持つ独自の技術やノウハウは守っておきたいと考えるはずである。従って、段階を経て戦略を考えてい

くことが必要になる。

これに対する本研究での提案は次のようになる。まずは顧客である自動車メーカーへ、電池セルあるいは電池モジュールの納入を果たし実績を積みながら、システム制御技術や知識あるいはノウハウを獲得する。次に、技術や知識を獲得した後、自動車メーカーとの合意を得ながら電池パックの領域に進出するという、2つの段階を経て達成する戦略案である。この案に基づき、第6章で提案した「統合アプローチ」「複合アプローチ」の考え方と手法により、具体的に戦略を検討する。

電池セルあるいは電池モジュールの納入を果たし実績を積むという点では、自社が保有するリチウムイオン電池の技術や品質などの内部資源（組織能力）の優位性を活用し、顧客である自動車メーカーへ働きかけ、電池の供給を達成する、協業する、あるいは合弁企業を設立する方法を採ることが考えられる。これは、「複合アプローチ」の視点から考えると「ポジショニング×ゲーム」及び「資源×ゲーム」アプローチを活用することである。

次に、システム制御側の技術やノウハウをどう獲得するかを考える。自社にない資源を外から獲得するということになるので、「複合アプローチ」の視点から考えると「資源×ゲーム」アプローチを活用することになる。これには、制御システムや電池監視・保護ICの知識を有する人材を外部から獲得、あるいは、システムノウハウを持つ企業とのM&Aを図るなどの方法が有効と考えられる。その他に、特許ライセンス契約などを通じて、自動車メーカーの知財の獲得を図るという方法も考えられる。また、必要な人材を外部から獲得した後、内部の資源として活用し、自社内の能力を学習により高めていくという方法を採用することが可能になる。これは、「資源×学習」アプローチの活用になる。

さらに、自動車メーカーへの納入実績を作る中で、あるいは制御システムや電池監視・保護ICを手掛けるメーカーとの協業を通じて学習し、知識・ノウハウを鍛えるということが考えられる。これは外部の資源を活用して学習し、自社に優位な状況を作り出すということになるので、「ゲーム×学習」アプローチの活用ということになる。

しかし、システム制御側の技術やノウハウを獲得したとしても、最後に、合弁あるいは協業・信頼関係を構築してきた自動車メーカーに、電池パック事業までを電池メーカーに任せてもらえるかどうか課題となる。また、電池パックを手掛けようとする電池メーカーは、海外メーカーを含む他の自動車メーカーにも電池パックを供給していきたい。一方、電池メーカーから電池供給を受けて来た、あるいは協業・合弁をしてきた自動車メーカーから見れば、システム制御技術やノウハウの流出が懸念される。これを解決するためには、自動車メーカーと電池パックを手掛けようとする電池メーカーが戦略を共有し、双方が恩恵を共有できるような協業や提携ができるようにすることが必要である。これは、「ポジショニング×ゲーム」アプローチの活用になる。さらに、制御ソフトウェアなども電池メーカーがサポートできる体制を整え、ノウハウの流出を防ぐ方法を採用することなどの案も考えられる。これは、「ポジショニング×資源」アプローチの活用である。

ここまでの内容をまとめると、

①事業領域，アーキテクチャの位置取りの選択

- ・部材から電池パックまで統合的に手掛ける事業を目指す
- ・製品アーキテクチャの位置取りは「内インテグラル・外インテグラル」のまま

②自動車メーカーへの実績作り

- ・「ポジショニング×ゲーム」及び「資源×ゲーム」アプローチの視点
 - リチウムイオン電池の技術や品質などの内部資源（組織能力）の優位性の活用
 - 顧客である自動車メーカーへの供給獲得，協業，合弁企業の設定

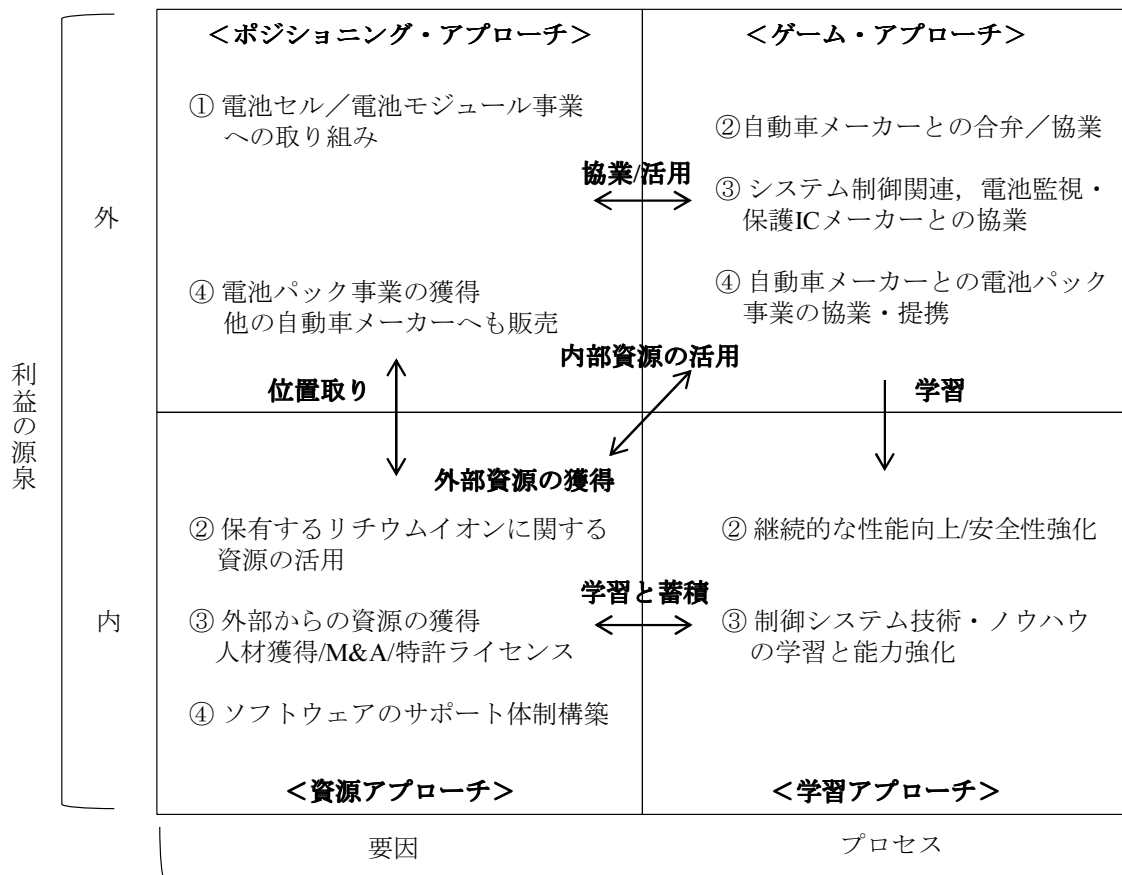
③顧客側のシステム制御技術・ノウハウの習得を図る

- ・「資源×ゲーム」アプローチの視点
 - 外部からの人材の獲得
 - M&A などを通じた資源の獲得
 - 特許ライセンス契約による他社知財の活用
- ・「ゲーム×学習」アプローチの視点
 - 自動車メーカーとの協業を通じた学習
 - 制御システム，電池監視・保護 IC メーカーとの協業を通じた学習
- ・「資源×学習」アプローチ
 - 外部から獲得した資源の活用による学習と能力強化

④電池パック事業への参入と水平展開

- ・「ポジショニング×ゲーム」アプローチの視点
 - 戦略及び水平展開の恩恵を自動車メーカーと共有し，電池パック事業の協業・提携をする
- ・「ポジショニング×資源」アプローチの視点
 - 制御ソフトウェアなども電池メーカーがサポートできる体制を整え、ノウハウの流出を防ぐ

上記で述べた戦略の各要素を，競争戦略論の4つのアプローチを表す4象限の平面上に投影したものを図7-4に示す。実際には，これまでの検討は，この図を活用しながら上記の作業を進めたということである。また，この図を見ると分かるように，「複合アプローチ」を組み合わせていくことにより「統合アプローチ」を立案することが可能となっている。



注目する点

図 7-4 日本の車載用リチウムイオン電池産業への事業領域の拡大化戦略

この節では、日本の電池産業への車載用リチウムイオン電池に関する事業領域の拡大化戦略を検討した。アーキテクチャ・ベースの戦略論に立脚しつつも、「プロセス」に注目した点を盛り込んだ「統合アプローチ」「複合アプローチ」の考え方と手法で戦略を検討したが、産業を跨いだ構造の転換が求められることが分かる。系列化の傾向が強い日本の自動車産業との連携は、リチウムイオン電池産業にとってはややハードルの高い戦略といえるかもしれない。しかしながら、図 5-4 で示したように、現状の車載用リチウムイオン電池の提携・供給関係は非常に複雑で、電池メーカーが多すぎる傾向にある。いずれ価格も下がり市場が成熟してくると、合弁企業を通じてとはいえ、応用製品である自動車事業と、部品である電池事業を垂直(的)統合型の事業の中で抱えることが重荷になる恐れがある。民生用の経験を鑑みれば、合従連衡により、1社単独ではなく日本の電池関連企業全体で、さらに、自動車メーカーと電池メーカーが手を組み一体となって世界市場を獲得していくことが、日本のリチウムイオン電池産業にも自動車産業にとっても好ましい戦略ではないかと考える。

現状を見ると、パナソニックがテスラモーターズと車載用リチウムイオン電池の共同の電池工場を建設し、2017年に稼働させる計画を発表している [1]。電池セルは車載用に開発

したセルではなく、ノートブック PC などに使用されているものと同じ 18650 型の円筒型のリチウムイオン電池セルを標準品として取り扱っている。この観点からは、パナソニックは上記戦略の②の段階であると考えられるが、システム制御側はテスラモーターズが握っており、パナソニックがシステム制御側に入っていくのは非常に困難のように思われる。

一方、電力系統安定化用の ESS 用のリチウムイオン電池を考えると、電池パックの部分が専用のラックに変わったりするが、産業構造としては車載用とほぼ変わらない。電池メーカーにとっては、系列化の強い車載用よりも電力系統安定化用の ESS 用のリチウムイオン電池の方に適した戦略のようにも見える。NEC エナジーデバイスが中国万向集団に売却された米国 A123 システムズのシステム部門を買収 [2]、ソニーがカナダのハイドロ・ケベック社との合弁会社設立を発表していたが[3]、これらの動きは、この節で提示した「③顧客側のシステム制御技術・ノウハウの習得を図る」事業領域の拡大化戦略の一部として捉えることができる。

7-3 事業領域の集中化戦略

この節では、図 7-2 に示したように、製品アーキテクチャの位置取りを自ら変えていくという方向について検討する。

これを検討するには、どの階層で目標とするアーキテクチャに移動していくかということを考える必要があるが、図 5-4 の (C) のパターンが参考となる。

この (C) のパターンでの特徴は、部材の製造と電池セル組立以降が分かれることである。事業領域拡大化の戦略案では、電池パックまでを電池メーカーの事業領域として統合的に取り組むというものであったが、このパターンからは異なる発想が出てくる。すなわち、図 7-5 に示すように、統合化とは逆に、日本の電池メーカーが得意とする部材の領域に特化し部材の領域で大きなシェアを獲得するという案である。セパレーターと電解液は、これまでも電池メーカーが外部のメーカーから購入していたので、具体的には、特化する部材とは正極材と負極材のことになる。また、正極材と負極材は集電体であるアルミ箔あるいは銅箔に塗布してプレスした後のもの、具体的には、図 7-6 に示したようにロール状にしたものを指す。なお、正極材と負極材は電池の容量や信頼性などに大きな影響を及ぼすため、両方を一社で取り扱う方が好ましいと考えるが、それぞれ別の企業で取り扱うことも選択肢の一つである。以降、主要四部材を製品として供給するメーカーを部材メーカーと呼ぶことにする。

さて、電池セルから電池モジュールまでの事業領域とするメーカーについては、中国や台湾などの海外メーカーを含む組み立てが得意な他の電池メーカーが担い、電池パックはこれまで通り自動車メーカーが製造するというパターンが有力な候補となる。

またこの場合、電池セル以降は、電池セルから電池パックまでを事業領域とするメーカーが出て来る可能性がある。このようなメーカーは、7-2 節の事業領域の拡大化戦略で提案した派生パターンと考えられ、他の日本の電池メーカー及び自動車メーカーとの連携で統合

的にリチウムイオン電池を構築していくということが望まれるが、この節では、このようなメーカーも存在するという前提で、部材に特化する集中化戦略を検討する。

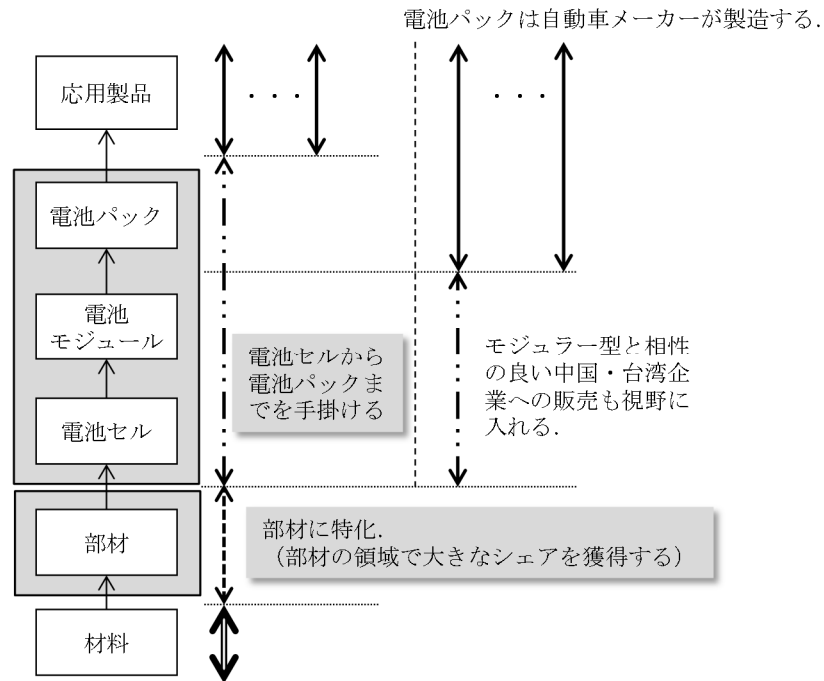


図 7-5 事業領域の集中化戦略における事業領域の選択

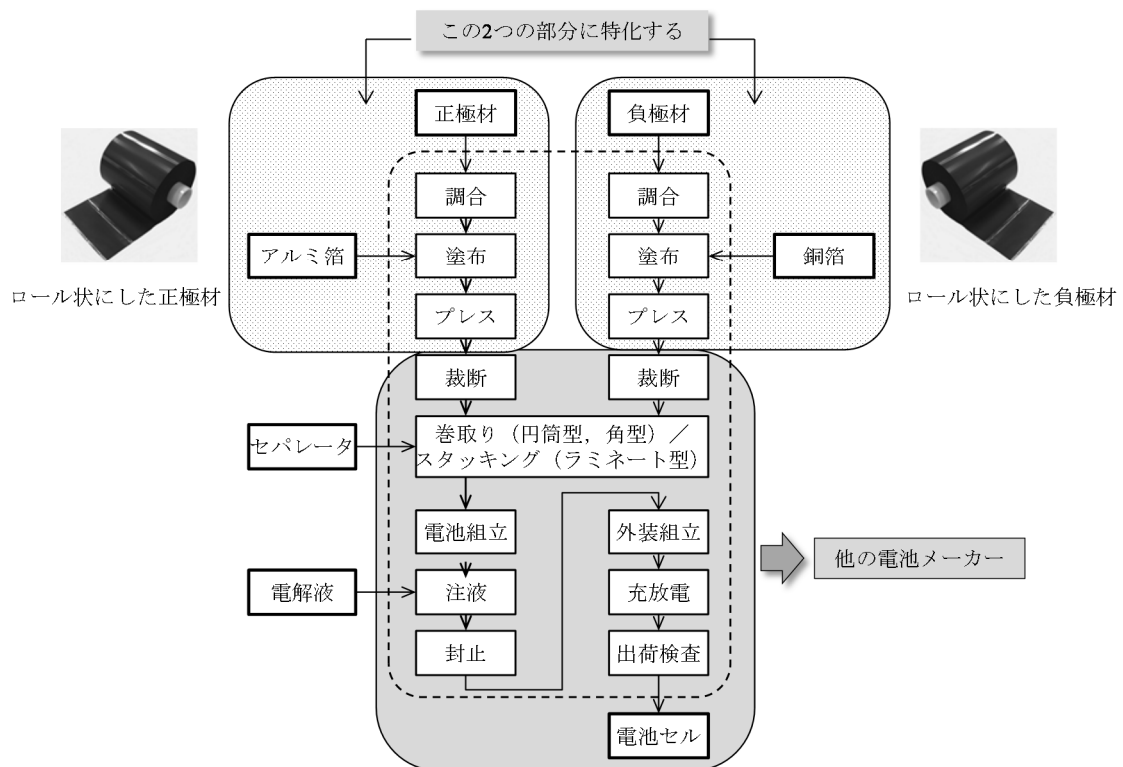


図 7-6 車載用リチウムイオン電池における部材事業の選択

さて、アーキテクチャの位置取りについて考えてみるには、電池セルを部材の階層で切っ
て考えることになるため、少々複雑になる。

正極材と負極材を部材として考えた場合、製品アーキテクチャはインテグラル型である。
また、部材の階層から電池セルのインターフェースを見ると、そのままでは「内インテグ
ラル・外インテグラル」の位置取りである。しかしながら、部材の階層では現状を見ると擦り
合わせが無くなることは期待できず、インテグラル型からモジュラー型への移動は困難で
ある。従って、第4章の図4-9に示した「独自性のある汎用品」である「内インテグラル・
外モジュラー」の位置取りが、選択できる可能性のある収益性の高い位置取りということに
なる。一方、部材と電池セル組立以降の階層との関係を見ると、最終製品である自動車メー
カー側からのカスタマイズの要求は無くなることは当分の間ないと考えられるので、部材
との間のインターフェースをモジュラー型にするということは、電池セルから見たアーキ
テクチャを「内モジュラー・外インテグラル」の位置取りに移動させるということになる。

この様子を図7-7に示した。しかしながら、これを実現するためには部材に特化するメー
カーが解決しなくてはならない課題が存在する。7-2節と同様に、この課題を解決し上記で
示したアーキテクチャの位置取りを実現するために、「複合アプローチ」を活用しながら段
階的に「統合アプローチ」による戦略を考えていくということになる。

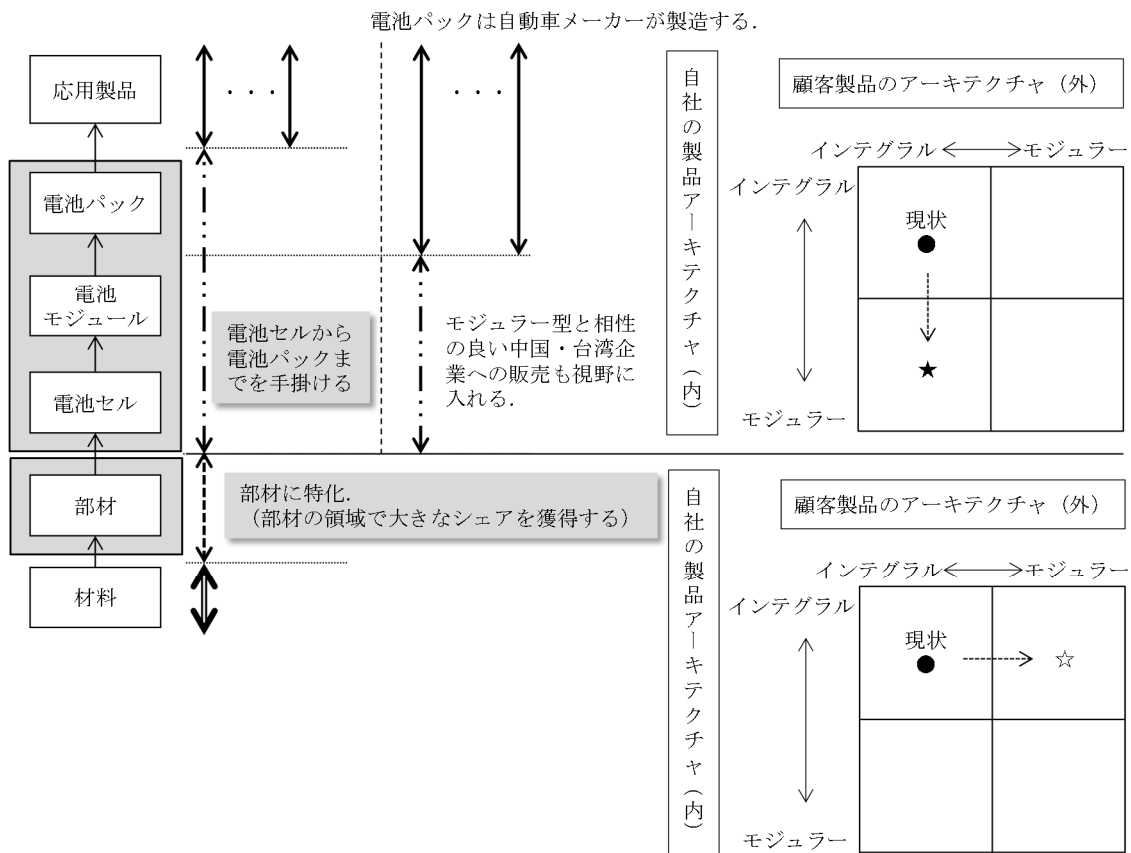


図 7-7 事業領域の集中化戦略とアーキテクチャの選択

まず、アーキテクチャの位置取りを移動させるには、部材と電池セルの間のインターフェースとは何かを考えてみる必要がある。部材を集めて組み立て、電池として性能を保持して機能させるには、主要四部材間の特性を考慮しながら調整し擦り合わせをする必要がある。すなわち、正極材や負極材の組成情報や特性パラメータなどの情報がインターフェースであり、これらをもとに擦り合わせを行う必要がある。部材と電池セルの間のインターフェースをモジュラー型にするということは、これらの擦り合わせを、電池セルを組み立てるメーカー（以降、電池セル組立メーカーと呼ぶ）側で行わない、裏を返せば、部材メーカー間で事前の調整や擦り合わせができていないということに他ならない。また、事前の擦り合わせができていたとはいえ、電池セル側からの要求毎に擦り合わせをするのでは、インターフェースが固定されず複雑さは軽減されないので、部材から見てモジュラー化されたとは言い難い。これを解決する一つの手法として考えられるのは、材料の組成やロール状にした正極材・負極材の厚さなどのパラメータの組み合わせを、ある程度限定（ラインナップ化）して部材メーカー間で事前の擦り合わせを行っておき、電池セル組立メーカーではこれらの事前擦り合わせが済んでいる部材を組み合わせることで、所望の容量や性能を確保できるようにしておくことである。

これを実現するには2つの視点が求められる。まず、この方法が電池セル組立メーカーに受け入れられ、セパレータや電解液を供給する他の部材メーカーからの事前の擦り合わせの合意も得るには、モジュラー型にするることによる冗長度などのデメリットを考えても、競争力のある正極材・負極材を供給できることが必須である。つまり、優れた内部資源の有効活用である。この要求条件は、電池の性能や信頼性を左右する、正極材・負極材の技術や製造ノウハウなどの資源を内部に有している日本のメーカーに適している。

次に、セパレータや電解液を供給する部材メーカーとの事前の擦り合わせの合意を獲得する上では、部材の売上拡大が期待できないと難しい。これを実現するためには、日本の電池メーカーのみならず海外の電池メーカーも顧客として幅広く獲得する必要があるが、まずは、ある特定の顧客との実績を作ることが第一歩になると考える。

このためには、モジュラー型と相性の良い組織能力を有する海外のメーカー、例えば中国や台湾のメーカーとの戦略的協業や育成も有効と考えられる。継続的な関係を構築する上では、開発ロードマップなどの情報を部材メーカーやこれら電池メーカーに公開し、将来に対する備えを共有しておくことも重要である。具体的には、電池セル組立メーカーに対して、正極材・負極材を供給する部材メーカーがセパレータや電解液との擦り合わせに協力し、部材をモジュラー的な部品として取り扱うことのメリットを証明し、電池セル組立メーカーの事業の成功を支援することである。また、製造上の課題からは、電池組立工場の近くに部材工場を建設するという事なども重要になると思われる。さらには、材料メーカーも含めた関連企業との調整や交渉が重要となるので、これら企業との人脈を持ち、交渉に長けた人材の獲得も重要になると考えられる。これらは、「資源×ゲーム」アプローチの視点である。

競争力のある電池セルの実績ができ、他の部材メーカーからも認知が得られれば、次のステップとして部材メーカー間での協業、事前擦り合わせの合意を獲得し、ラインナップを揃

えていく。これらも「資源×ゲーム」アプローチの活用となる。この場合、性能や安全性及び信頼性などの保証が課題になると思われるので、協業する部材メーカーだけではなく、評価技術の能力を有する他の企業の協業を得ながら、評価システムの構築や装置の提供なども積極的に行っていく必要もある。こちらは、性能や安全性及び信頼性の目標を、外部の関連企業との協業により環境を自社に優位になるように構築するということから、「ポジショニング×ゲーム」アプローチの視点ということになる。

さらに、電池パックを製造する企業から見れば、最終製品の自動車メーカーへの供給を幅広く獲得することが重要となる。このために、部材メーカーが直接の顧客ではない自動車メーカーへ、電池セル・モジュール組立メーカーや電池パックメーカー及び他の部材メーカーと共に、安全性の確保、低コスト、短納期などのメリットを訴えかけ、電池パックメーカーの近くに部材工場を建てることも視野に入れるなどして、自動車メーカーの賛同を得ておくことも必要になるであろう。また、自動車メーカーとしては、日本国内のみならず海外の自動車メーカーも視野に入れる必要がある。こちらも、自社に優位になる位置取りを外部の関連企業と連携して獲得するということになるので、やはり「ポジショニング×ゲーム」アプローチの視点ということになる。これら一連の戦略プロセスを経て、部材のモジュラー化を達成し認知が得られれば、さらに他の電池セル組立メーカーへの販売を獲得することができるようになると考えられる。

上記では一例として戦略を検討したが、電池セル組立メーカーとの実績を作りつつ部材メーカーと合意を形成し、電池パックメーカーや最終製品である自動車メーカーへも働きかけ、段階的に自社に優位な「内インテグラル・外モジュラー」の位置取りへ移行していくことが戦略として重要になる。つまり、プロセスの視点を持って戦略を立案することである。ここまでの内容をまとめると、

①事業領域、アーキテクチャの位置取りの選択

- ・部材のビジネスに特化する
- ・部材から見た製品アーキテクチャの位置取りを「内インテグラル・外モジュラー」に移動させる。電池セルの階層から見ればこれは、「内モジュラー・外インテグラル」の位置取りに移動させるということになる。

②電池セル組立メーカーとの合意形成・実績作り

- ・「資源×ゲーム」アプローチの視点
 - リチウムイオン電池に関連する内部資源の活用による顧客（電池セル組立メーカー）の獲得
 - 自社の正極材・負極材とセパレータ及び電解液との擦り合わせに協力
 - 性能・安全性・信頼性の評価システム構築に協力
 - 電池組立メーカーの工場の近くに部材工場を建設

③部材メーカーとの合意形成

- ・「資源×ゲーム」アプローチの視点
 - リチウムイオン電池に関連する内部資源の活用
 - インターフェース情報の開示
 - ロードマップなどの開発計画の開示
 - 人脈を持ち、交渉に長けた人材の獲得
- ・「ポジショニング×ゲーム」アプローチの視点
 - 部材間の事前擦り合わせの実現
 - 性能・安全性・信頼性の評価システム構築

④部材事業の水平展開

- ・「ポジショニング×ゲーム」アプローチの視点
 - 関連企業との協調による海外を含む自動車メーカーへの採用の働きかけ
 - 部材から電池組立まで一貫した工場を、部材メーカー、電池メーカーとの協業により自動車工場の近くに建設
 - 海外を含む他の電池組立メーカーへの販売獲得

上記で述べた戦略の各要素を、競争戦略論の4つのアプローチを表す4象限の平面上に投影したものを図7-8に示す。

7-2の事業領域の拡大化の戦略に比べると、部材に特化する事業領域の集中化の戦略は新たな資源の獲得や学習の要素は比較的少ない。保有する資源が活用できるという点では日本企業に有利ではあるが、利益の源泉の「外」に働きかける要素、特にゲーム・アプローチを活用する必要性が高くなり、この点に関する能力の向上が必須となる。

現状、NEC エナジーデバイスがAESCに正極材を納入しており、GSユアサにも供給している[4]。AESCでは電池セル、電池モジュール、電池パックを製造し、日産やRENAULTに供給している。しかしながら、これまでのところ、系列メーカーとの取り組み、提携メーカーへの販売という面が強い。アーキテクチャを変え、構造を転換していくというところまでは達していないと考えられる。

日本の部材産業は相対的に優位な状況にありシェアも高いが、韓国や中国のメーカーの追い上げも厳しい。また、正極材や負極材は種類が多く、メーカー毎に異なってもいる。事業領域の拡大化戦略案とは異なる意味合いにはなるが、日本の電池関連メーカーの合従連衡により、日本の電池産業全体で、戦略的に構造を転換し世界市場獲得をしていくことが望まれる。

なお、事業領域の拡大化戦略の派生として電池セル組立から電池パックまでを手掛けるメーカーと、事業領域の集中化戦略による部材ビジネスへ特化するメーカーに分かれ、どちらも日本メーカーが担い、協業して世界市場を目指すという案も有効と考えられる。

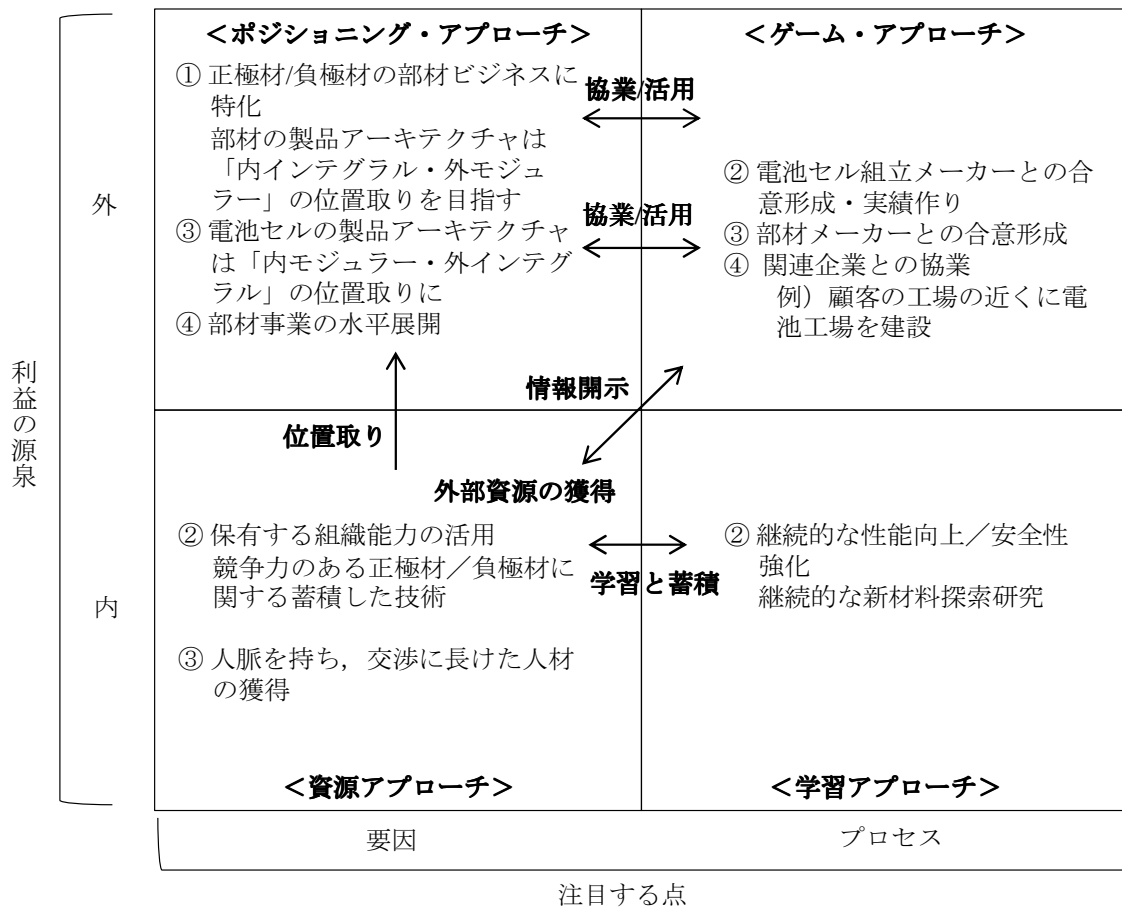


図 7-8 日本の車載用リチウムイオン電池産業への事業領域の集中化戦略

7-4 統合アプローチとアーキテクチャのマネジメント

7-2 及び 7-3 節では、日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略を、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「統合アプローチ」「複合アプローチ」の視点を加えて検討し、具体的な提案を試みた。その検討作業を通じて、「統合アプローチ」「複合アプローチ」の持つ意味について新たな知見を得ることができた。この節では、この新たに得た知見について述べる。

競争戦略論の4つのアプローチの分類における、「注目する点」の「要因」と「プロセス」は何を意味するであろうか。これは、「利益の源泉の要因」「利益の源泉のプロセス」と捉えると分かりやすい。「利益の源泉の要因」とは、利益の源泉となった「現在」の、あるいは、利益の源泉になると考えられる「目標(将来)」とする事柄の集合、「利益の源泉のプロセス」とは、利益の源泉となるまでの事柄の過程の連続集合と考えることができる。過程とは時間の概念であるので、「プロセス=時間」と捉えてプロセスを時間軸方向に展開し、競争戦略論の4つのアプローチを図7-9のように書き直してみる。

この図で、「現在」と「目標(将来)」の円は、利益の源泉の「内」を、その周囲は「外」の要因を表すが、競争戦略論の4つのアプローチの分類の図と異なることは、この円で表さ

れた面積が利益の源泉の大きさのイメージを表すということである。戦略とは、「ポジショニング・アプローチ」と「資源アプローチ」により現在の状況を分析して将来の目標を立て、「ゲーム・アプローチ」により外に働きかけて自社を優位に導き、「学習アプローチ」により内部の見えざる資産を蓄積する、すなわち将来の目標を実現していくというプロセスの連続であると考えることができる。これがつまり、「統合アプローチ」の考えである。上記の考え方をもとにすると、6つの「複合アプローチ」の持つ意味が明確になる。

図 7-10 は例として、「ポジショニング×ゲーム」アプローチをイメージしたものである。この複合アプローチは、アーキテクチャの位置取り戦略など、「外」の要因による利益の源泉を、ゲーム・アプローチを活用して将来的に大きくなるように、例えば標準化や知財戦略、あるいはオープン・クローズ戦略などをうまく使ってエコ・システムを構築したりしていくという、4つの統合アプローチのうち「外・要因-外・プロセス」を優先した、あるいは注目した戦略アプローチと考えることができる。この場合、他のアプローチを全く考慮しないというわけではなく、あくまでも優先する、あるいは注目するのが「外・要因-外・プロセス」であるということである。「統合アプローチ」による戦略は、他の「複合アプローチ」も組み合わせながら組み上げていくということである。すなわち、「複合アプローチ」は「統合アプローチ」を構成する部品と考えることができる。

また、「統合アプローチ」の視点を加えて拡張したアーキテクチャ・ベースの戦略論では、アーキテクチャの位置取りを考え、「統合アプローチ」の部品となる「複合アプローチ」を組み合わせながら、アーキテクチャの位置取りを目標とする位置取りにどう移動させていくかということが重要なことになる。すなわち、「統合アプローチ」の視点を加えて拡張したアーキテクチャ・ベースの戦略論は、アーキテクチャの位置取りを如何に自社に優位な位置取りに変えていくかという、「アーキテクチャのマネジメント」(Management of Architecture)が重要であるというのが本研究で得た知見である。

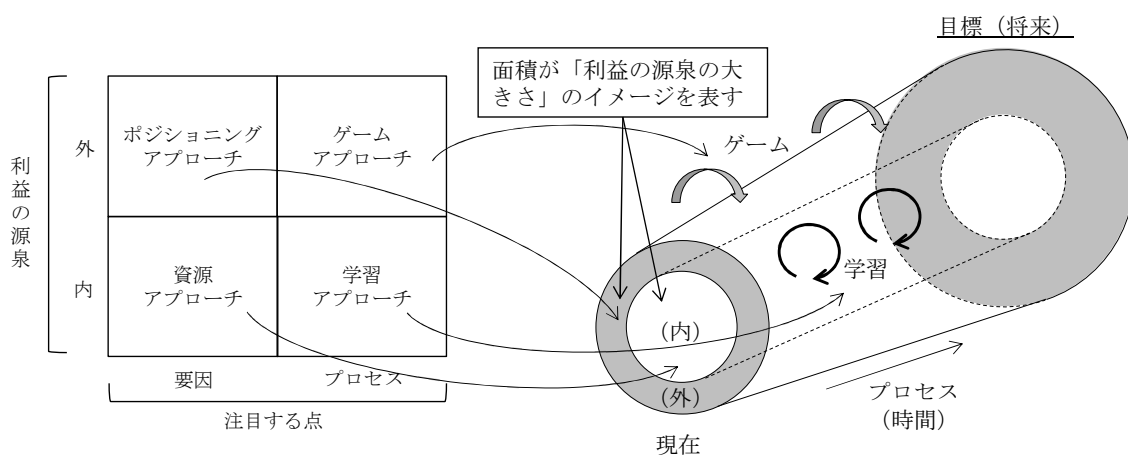


図 7-9 統合アプローチの考え方

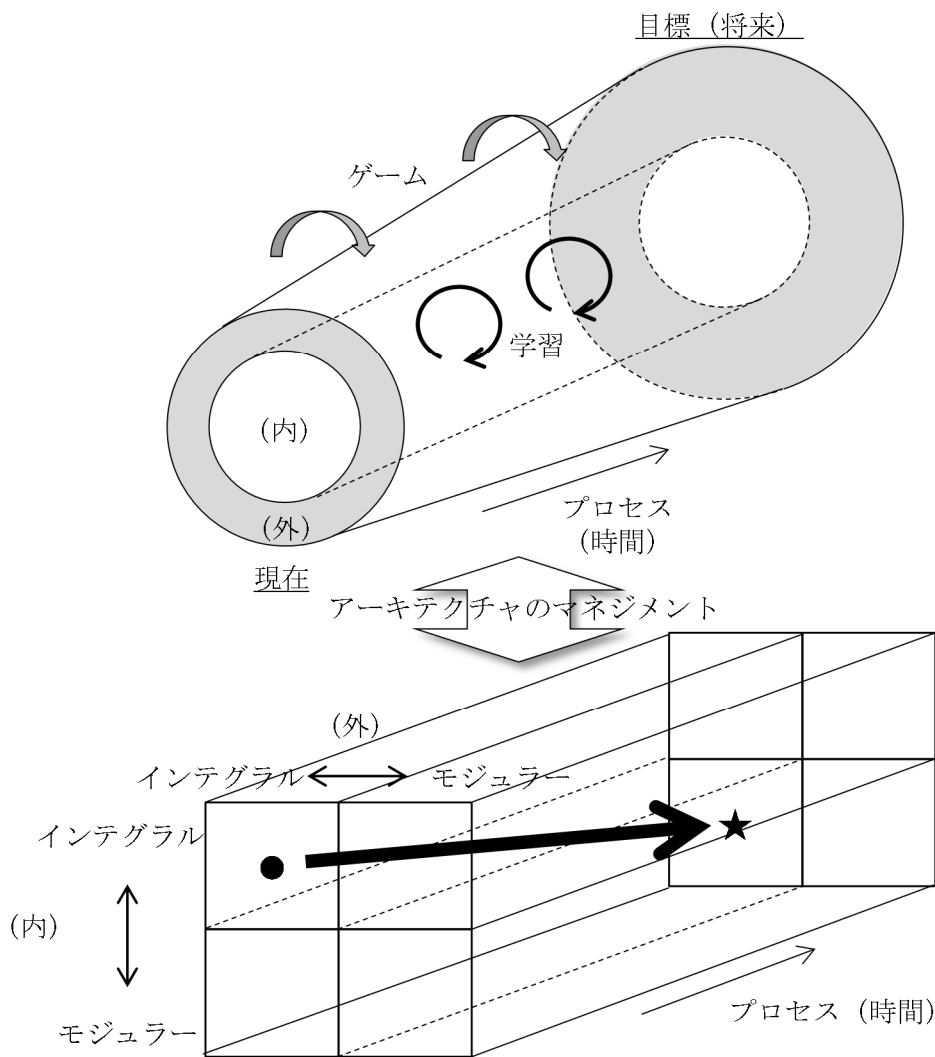


図 7-10 アーキテクチャのマネジメントの概念図

なお、設定した「目標 (将来)」を実現するために戦略を実行すると、現実的には計画通りには進まないことが多い。時には立ち止まって再度現状を分析し、「目標 (将来)」を再設定し、戦略を修正することが必要になる。これを繰り返すのが戦略の実行ともいえる。

図 7-10 ではアーキテクチャの位置取りを、「内インテグラル・外インテグラル」の位置取りから「内モジュラー・外インテグラル」の位置取りに変えていくという例を示しているが、アーキテクチャの位置取りのパターンはこの例に限らず、他のパターンも考えることも必要である。

7-5 小括

この章では、第 4 章から 6 章までの民生用リチウムイオン電池に関する研究結果をもとに、日本の車載用リチウムイオン電池産業の課題を明らかにし、事業領域の拡大化戦略と事

業領域の集中化戦略の2つの戦略を提案した。2つの戦略の中身は異なるが、提案に共通する点は、利益の源泉の「外」へ働きかけ、自ら外部環境を変え産業構造を変えていくことである。アーキテクチャを変え、位置取りを移動させることは、産業構造を転換させることにつながる。これまでのやり方を貫き通し、韓国・中国の電池メーカーに対してさらに高性能、高安全性、あるいは低コスト化を達成して磨きをかけていくのも一つの戦略であるが、民生用リチウムイオン電池ではアーキテクチャがほとんど変化のない中でキャッチ・アップをされてきた過程を考えれば、自ら変化していくということが重要な点ではないかと考える。日本のリチウムイオン電池関連メーカーの合従連衡により、日本企業全体で、戦略的に海外企業とも協業しながら、世界市場獲得をしていくことを望みたい。

ここで検討した事業領域の集中化戦略案については、有識者へのインタビューを行い、ご意見を頂戴することができた [注 1][注 2]。リチウムイオン電池の専門家の観点からはやはり、正極材は温度や湿度あるいは（空気に触れることによる）酸化に弱く、部材に特化してロール状のものを輸送し納入する事業展開が可能かどうか、安全性や品質などの見地からの検証が必要であることが指摘された。しかし、戦略としての可能性はあるとの見解であった。

また、部材に特化する戦略そのものに関しては、これまで通り、技術で勝り内部に資源を蓄積していくという戦略の方が重要であるというご意見もあったが、これからは本研究で提案したような戦略を検討することも重要である、とのご意見も頂戴したことを付記しておく。

また、「統合アプローチ」の視点を加えて拡張したアーキテクチャ・ベースの戦略論、「複合アプローチ」の考え方からは、アーキテクチャの位置取りをどうマネジメントするのかという、「アーキテクチャのマネジメント (Management of Architecture)」が重要であるという知見を得ることができた。

本章で提案した2つの案は一例を示したに過ぎず、技術的観点や採算性の観点からの実現性や有効性などのさらなる検証が必要と考えるが、車載用リチウムイオン電池産業のみならず、送電網の電力系統安定化用の大規模蓄電システム (ESS) でも同様に活用できる戦略と考えられる。

[注]

1. エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授 佐藤登教授 面談。2013年5月16日、2014年6月19日実施。
2. 富士フイルム株式会社様面談。2014年7月1日実施。

参考文献

- [1] パナソニック株式会社 ホームページ：リチウムイオン電池の生産会社「パナソニック エナジー ノースアメリカ (株)」を設立～テスラモーターズ社ギガファクトリーに参画 大衆向け電気自動車の普及に貢献～，
<http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/2014/10/jn141003-4/jn141003-4.html>
(2014.10.09 閲覧).
- [2] 日本電気株式会社：「NEC，中国万向集団から A123 社の蓄電システム事業を買収 ～ 世界トップクラスの蓄電 SI と ICT を融合し，グローバル市場へ本格展開～」，ニュー スリリース，http://jpn.nec.com/press/201403/20140324_01.html (2014 年 3 月 25 日閲覧).
- [3] ソニー株式会社：「ソニーとハイドロ・ケベック社との合弁会社 エスタリオン・テクノ ロジーズ株式会社を設立」，プレスリリース，
<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201406/14-0603/> (2014 年 10 月 9 日閲覧).
- [4] 朴尚洙：「車載リチウムイオン電池業界再編の号砲か、NEC と GS ユアサが提携」，
<http://eetimes.jp/ee/articles/1206/06/news104.html> (2014.7.20 閲覧).

第 8 章 結論

第8章 結論

本研究では、アーキテクチャ・ベースの戦略論に基づいてリチウムイオン電池産業を分析し、韓国・中国の電池メーカーが躍進し日本の電池メーカーのシェアが低下した真の原因を明らかにしてきた。エレクトロニクス産業の場合とは異なり、アーキテクチャの変化がほとんどない中で韓国・中国の電池メーカーが躍進してきたことが明らかとなった。

また、これまでのアーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論の視点から見直し、アーキテクチャ・ベースの戦略論に「プロセス」に注目した点も加えて理論を拡張し、「統合アプローチ」「複合アプローチ」の考え方と手法を提案した。最終的に、これらの結果を基に日本の車載用リチウムイオン電池産業への課題を明らかにし、具体的に2つの戦略を提案した。

以下に、本研究で得られた知見をまとめる。(図8-1参照)

8-1 リチウムイオン電池のアーキテクチャ

民生用及び車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析から得られた知見は、以下のようなになる。

- ・ 製品アーキテクチャはインテグラル型に留まっているが、工程アーキテクチャはモジュラー型である。総合的にみれば日本企業の組織能力と相性が良いとされるインテグラル型とはいい難く、韓国や中国企業の組織能力との相性が良いとされるモジュラー型に近い位置取りにあるともいえる。
- ・ ある「製品」のアーキテクチャは、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャを明確に区別し、両方の視点から総合的にみてアーキテクチャのタイプを判断することが重要である。また、これには製品・工程アーキテクチャの分類マトリクスによる表現方法が有効である。

8-2 韓国・中国のリチウムイオン電池メーカーの戦略

アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念に、製品アーキテクチャと工程アーキテクチャの分類も分析軸の一つとして加え、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を分析した。その結果は、下記のようなになった。

- ・ リチウムイオン電池のアーキテクチャはほとんど変わっていないものの、主要四部材やリチウムイオン電池が応用される製品市場は変化を続けている。
- ・ このような背景の中で韓国・中国の電池メーカーを成功に導いたのは、苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに適合する為の組織能力の獲得と、モジュラー型

工程アーキテクチャとは相性の良い組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進めた「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたことである。

8-3 アーキテクチャ・ベースの戦略論と経営戦略論との関係

アーキテクチャ・ベースの戦略論の原点を調査してみると、経営戦略論の二大潮流と考えられてきた「組織の能力重視」（リソース）と「環境の魅力重視」（ポジショニング）戦略の双方を視野に入れて、オペレーションの現場に降ろして論理展開されてきたことが明らかとなった。このことから、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を、アーキテクチャ・ベースの戦略論に加え、競争戦略論の4つのアプローチの視点から再分析した。その結果、次のような結論が導かれた。

- ・ アーキテクチャ・ベースの戦略論からみると、韓国・中国の電池メーカーを成功に導いたのは、苦手とするインテグラル型の製品アーキテクチャに対応するための組織能力を獲得し、モジュラー型工程アーキテクチャと相性の良い自社の組織能力及び能力構築の環境（産業地理学）の優位点を活用した製造戦略を同時に進める「アーキテクチャの両面戦略」を採っていたことである。これを競争戦略論の4つのアプローチからみれば、4つのアプローチを有効に活用した「統合アプローチ」を採っていたということが明らかとなった。アーキテクチャ・ベースの戦略論にも「プロセス」に注目した点に加え、拡張すべきである。
- ・ 「統合アプローチ」の視点を加えて拡張したアーキテクチャ・ベースの戦略論は、競争戦略論の4つのアプローチの分類を表す4象限の平面上に、各アプローチに対応する要素を投影して考える。これは、プロセスを考慮したアーキテクチャ・ベースの戦略論を考え易くする為のツールの一つである。
- ・ 4つのアプローチは相互に影響を与えるので、統合アプローチは2つのアプローチを組み合わせた「複合アプローチ」の手法を組み合わせながら考える。「複合アプローチ」は、統合アプローチを取扱い易くする為の手法の一つである。

8-4 日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略提案

民生用リチウムイオン電池に関する研究結果をもとに、日本の車載用リチウムイオン電池産業の課題を明らかにし、具体的に事業領域の拡大化戦略と事業領域の集中化戦略の2つを提案した。2つの戦略の中身は異なるが、提案に共通する点は利益の源泉の「外」への視点を強く持ち、自ら外部環境を変え業界構造を変えていくことである。アーキテクチャの変化がほとんどない中でキャッチ・アップをされてきた過程を考えれば、自ら変化していくということが重要なことである。アーキテクチャを変え、位置取りを移動させることは、産業

構造を転換させることを意味する。

また、「統合アプローチ」の考え方では、アーキテクチャの位置取りをどうマネジメントするのか（Management of Architecture）が重要であるという、新たな知見を得ることができた。

8-5 おわりに

本研究では、リチウムイオン電池産業を例に採り、アーキテクチャ・ベースの戦略論と競争戦略論の4つのアプローチの視点から分析し、日本の車載用リチウムイオン電池産業への戦略の提案を行った。

アーキテクチャは簡単なようで難しい概念である。アーキテクチャ論に基づき実際にアーキテクチャを分析しようとするとかかなりの労力を必要とし、正確にアーキテクチャを測定することが難しい。この概念及び戦略論を応用する際には、深い理解と注意が必要である。

また、提案したアーキテクチャの総合的表現手法も盛り込んで、リチウムイオン電池産業における韓国・中国の電池メーカーを成功に導いた戦略を明らかにした。さらに、アーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論の視点から再考し、これら2つの戦略論の関係を明らかにした。戦略論には多数のものがあるが、これら2つの戦略論は同じ時代背景の中で相互に影響を与えながら発展してきており、アーキテクチャ・ベースの戦略論の3つの鍵概念と、競争戦略論の4つのアプローチの間には強い関連性があった。

実際に企業の現場で戦略を立案する際には、これらの戦略が混然一体となって使用されているのが実情であり、時には道に迷うこともあると思われる。そのような状況に陥った時に必要なのが、進むべき方向をどう定め、どういう指針で進んでいくのかという、基本となる考え方である。本研究で提示した「統合アプローチ」の考え方と「複合アプローチ」の手法が、その一つの解決策になるのではないかと考える。

これまで、リチウムイオン電池産業をアーキテクチャ・ベースの戦略論に基づき分析した研究事例がほとんど見当たらず、本研究の意義は高いと考える。さらに、アーキテクチャ・ベースの戦略論を経営戦略論の視点から考察した点は本研究の独自なところであり、稀少性が高いと考える。

しかしながら、本研究で提案したリチウムイオン電池産業への戦略は一例を示したに過ぎず、その実現性や実際に有効な戦略であるかどうか、別の視点から検討したらどうなのかなど、さらなる検証が必要と考える。

また、リチウムイオン電池産業を中心に研究を行ってきたが、他の産業でも本研究の知見や提案が有用であるのかどうか、今後の研究課題である。

本研究で得られた知見が、今後の産業発展の一助になれば幸いである。

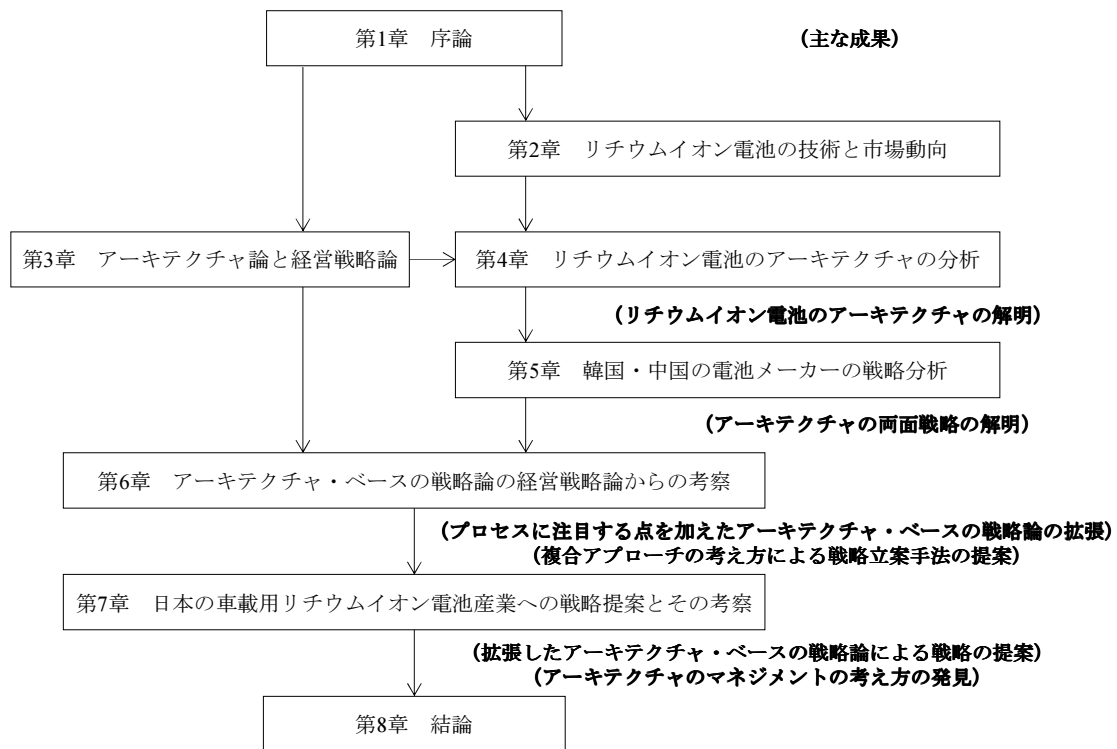


図 8-1 本研究の成果

参考文献（アルファベット，アイウエオ順）

- Abernathy, W.J.: *Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*, Baltimore: Johns Hopkins University Press (1978).
- Abernathy, W.J., and Utterback, J.M.: “Patterns of Industrial Innovation.”, *Technology Review* 80, No.7, pp. 2-9 (1978).
- Amperex Technology Ltd. ホームページ : <http://www.atlbattery.com/> (2013.8.10.閲覧).
- Ansoff, H. I.: *Corporate Strategy*, McGraw-Hill (1965), 広田寿亮訳『企業戦略論』産能大学出版部 (1969).
- Ansoff, H. I.: *Strategic Management*, Macmillan Press (1978), 中村元一訳『戦略経営論』, 産能大学出版部 (1980).
- BAK Battery Inc. ホームページ : <http://www.bak.com.cn/> (2013.8.10.閲覧).
- Baldwin, C.Y., and Clark, K.B.: “Managing in an age of Modularity,” *Harvard Business Review* September-October, pp. 84-93 (1997).
- Baldwin, C.Y., and Clark, K.B.: *Design Rules : The Power of Modularity*, Cambridge, MA: MIT Press (2000), 安藤晴彦訳, 『デザイン・ルール』, 東洋経済新報社 (2004).
- Barney, J. B.: “Is Sustained Competitive Advantage Still Possible in the New Economy? Yes.”, *Diamond Harvard Business Review* [Japan], pp. 78-87 (May, 2001), 岡田正大監訳, 久保恵美子訳「リソース・ベースト・ビュー」, 『ダイヤモンド・ハーバードビジネスレビュー』, pp.78-87 (May, 2001) .
- Barney, J. B.: *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*, Second Edition, Prentice Hall (2002), 岡田正大訳『企業戦略論【競争優位の構築と持続】』〈上〉基本編, ダイヤモンド社 (2003).
- Burgelman, R. A., Sayles, L. R.: *Inside Corporate Innovation*, Free Press (1986), 小林肇監訳, 海老沢栄一, 小山和伸訳, 『企業内イノベーション』, ソーテック社 (1987).
- BYD Co., Ltd. ホームページ : <http://bydit.com/doce/> (2013.8.10.閲覧).
- Chandler Jr., A. D.: *Strategy and Structure*, MIT Press (1962), 三菱経済研究所訳『経営戦略と組織』実業之日本社 (1967).
- [5] Christensen, C.M.: *The innovator's Dilemma: When New Technology cause Firms to Fail*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1997), 玉田俊平太監訳, 『イノベーションのジレンマ』増補改訂版, 翔泳社 (2001).
- Clark, K.B., and Fujimoto, T.: *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1991), 田村明比古訳, 『製品開発力』, ダイヤモンド社 (1993).
- Cleantech Investor : “Amperex Technology Ltd. - The Battery 100+” (July 2009), <http://www.cleantechinvestor.com/portal/energy-storage/batteries-100/955-copy-of-a/371-amperex-technology-ltd-the-battery-100.html> (2012.11.28 閲覧) .
- Fine, C.H.: *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*, MA: Perseus

- Books (1998), 小幡照雄訳, 『サプライチェーン・デザイン』, 日経 BP 社 (1999).
- Freeman, R. E.: *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman (1984).
 - Garud, R., Kumaraswamy, A., and Langlois, R.N.: *Managing in the Modular Age: Architectures, Networks, and Organizations*, Malden MA: Blackwell Publishing (2003).
 - Gawer, A., and Cusumano, M.A.: *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Boston, Mass.: Harvard Business School Press (2002), 小林俊男監訳, 『プラットフォーム・リーダーシップ』, 有斐閣 (2005).
 - Grant, R.: “The Resourced-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategic Formulation”, *California Management Review*, June, pp. 114-135 (1991)
 - Hamel, G., Prahalad, C. K.: “Competing for The Future”, *Harvard Business Review*, July-August, pp. 122-128 (1994), 坂本義実訳「未来創造型企業へのイノベーション」 『ダイヤモンド・ハーバードビジネス』 October.-November, pp. 14-21 (1994).
 - Hamel, G., Prahalad, C. K.: *Competing for The Future*, Harvard Business School Press (1994), 一條和生訳『コア・コンピタンス経営』, 日本経済新聞社 (1995).
 - Hamel, G.: “Strategy as Revolution”, *Harvard Business Review*, July-August, pp. 69-82 (1996), 萩原貴子訳「革新の戦略その 10 原則」, 『ダイヤモンド・ハーバードビジネス』, February-March, pp. 76-90 (1997).
 - Henderson, B. D.: *Henderson on Corporate Strategy*, Abt Books (1979), 土岐坤訳『経営戦略の核心』, ダイヤモンド社 (1981).
 - Henderson, R., and Clark, K.B.: “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, pp. 9-30 (1990).
 - Hippel, E., V.: “Task Partitioning: An Innovation Process Variable,” *Research Policy*, Vol.19, pp. 407-418 (1990).
 - Hofer, C. W., Schendel, D.: *Strategy Formulation*, West Publishing (1978), 奥村昭博, 榊原清則, 野中郁次郎訳『戦略策定』, 千倉書房 (1981).
 - Iansiti, M.: *Technology Integration*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1998).
 - Langlois, R.N., and Robertson, P.L.: “Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries,” *Research Policy*, Vol. 21 pp. 297-313 (1992).
 - LG Chem, Ltd. ホームページ : <http://www.lgchem.com/global/main> (2013.8.10.閲覧).
 - [61] Mintzberg, H., Waters, J. A.: “Of Strategies, Deliberate and Emergent”, *Strategic Management Journal*, Vol.6, pp. 257-272 (1985).
 - Mintzberg, H.: “The Design School: Reconsidering the Basic Premises of Strategic Management”, *Strategic Management Journal*, Vol.11, pp. 171-195 (1990).
 - Mintzberg, H.: *The Rise and Fall of Strategic Planning*, Prentice-Hall (1994), 中村元一監訳, 黒田哲彦, 崔大龍, 小高照男訳『「戦略計画」創造的破壊の時代』, 産能大学出版部 (1997).
 - Morgan, J.M., and Liker, J.K.: *The Toyota Product Development System*, New York: Productivity

- Press (2006), 稲垣公夫訳, 『トヨタ製品開発システム』, 日経 BP 社 (2007).
- Morris, C.R., and Ferguson, C.H.: “How Architecture Wins Technology Wars,” *Harvard Business Review*, March-April, pp. 86-96 (1993).
 - Nadler, D. A and Tushman, M. L.: *Desining Organizations That Have Good Fit*, San Franscco: Jossey-Base Inc., (1992).
 - Nonaka, I., and Takeuchi, H.: *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation*, New York: Oxford University Press (1995), 梅本勝博訳, 『知識創造企業』 東洋経済新報社 (1996).
 - Penrose, E., T.: *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford: Basil (1968)
 - Peters, T. J., Waterman, R. H.: *In Search of Excellence*, Harper & Row (1982), 大前研一訳, 『エクセレント・カンパニー』, 講談社 (1983).
 - Porter, M. E.: *Competitive Strategy*, New York Free Press (1980).
 - Quinn, J. B.: *Strategies for Change: Logical Incrementalism*, Richard D.Irwin (1980).
 - Samsung SDI Co., Ltd. ホームページ : <http://www.samsungsdi.com/> (2013.8.10.閲覧).
 - Simon, H. A.: *The Architecture of Complexity: Hierarchic Systems*, MA: MIT Press (1969).
 - Simon, H. A.: *The Science of the Artificial. Third ed.*, Cambridge, MA: MIT Press (1996).
 - Suh, N.P.: *The Principles of Design*, Oxford University Press (1990), 畑村洋太郎訳, 『設計の原理』, 朝倉書店 (1992).
 - Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd. ホームページ : <http://en.lishen.com.cn/> (2013.8.10. 閲覧).
 - Ulrich, K.T.: “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm,” *Research Policy*, Vol.24, pp. 419-440 (1995).
 - Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D.: *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill (1st 1994, 2003).
 - Utterback, J.M.: *Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technology Change*, Boston, MA: Harvard Business School Press (1994), 大津正和・小川進監訳, 『イノベーションダイナミクス』 有斐閣 (1998).
 - Wernerfelt, B.: “A Resourced-Based View of the Firm”, *Starategic Management Journal*, Vol.5, pp171-180 (1984).
 - 蓬田宏樹, 狩集浩志: 「燃えない電池」, *日経エレクトロニクス*, 2007年2月26日号, pp.83-107, 日経 BP 社 (2007).
 - 青島矢一, 加藤俊彦: 『競争戦略論』, 東洋経済新聞社 (2012).
 - 青島矢一: 「製品アーキテクチャーと製品開発知識の伝承」, *ビジネス・レビュー*, 第 46 巻, 第 1 号, pp. 46-60 (1998) .
 - 旭化成株式会社: 「リチウムイオン二次電池における吉野彰博士の業績」, http://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/jp/r_and_d/interview/yoshino/pdf/outlin_lithium.pdf (2012.12.12 閲覧).
 - 芦澤公一, 山本謙滋: 「リチウムイオン電池用アルミニウム箔」, *Furukawa-Sky Review*, No.5,

- pp. 1-6 (2009).
- アベグレン, J., ポストン・コンサルティング・グループ編:『ポートフォリオ戦略』, プレジデント社 (1977).
 - 一般財団法人 電池工業会:「電池の種類」, <http://www.baj.or.jp/knowledge/chronology.html> (2014.5.5 閲覧).
 - 一般財団法人 電池工業会:「電池の規格について」, <http://www.baj.or.jp/knowledge/spec.html> (2014.5.5 閲覧).
 - 一般財団法人 日本電機工業会:「燃料電池発電の原理及び種類と特徴」, <http://www.jemagnet.or.jp/Japanese/res/fuel/about.html> (2014.5.5 閲覧).
 - オートモーティブエネルギーサプライ株式会社 ホームページ: <http://www.eco-aesc-lb.com/> (2013.2.11 閲覧).
 - 小川紘一:「我が国エレクトロニクス産業にみるモジュラー化の進化メカニズム—マイコンとファームウェアがもたらす経営環境の歴史的転換—」, 赤門マネジメント・レビュー, 7巻2号, pp. 83-128 (2008).
 - 小川紘一:「我が国エレクトロニクス産業にみるプラットフォーム形成メカニズム」, 赤門マネジメント・レビュー, 7巻6号, pp. 339-667 (2008).
 - 小川紘一:「プロダクト・イノベーションからビジネス・モデルイノベーションへ —日本型イノベーション・システムの再構築に向けて(1)—」, IAM Discussion Paper Series #001 (2008).
 - 小川紘一:『オープン&クローズ戦略』, 翔泳社 (2014).
 - 奥野正寛, 瀧澤弘和, 渡邊泰典:「人工物の複雑化と製品アーキテクチャ」, 東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー, MMRC-J-81, pp. 1-27 (2006).
 - 小久見善八, 安倍武志, 稲葉稔, 内本喜晴:『リチウムイオン二次電池』, 株式会社オーム社 (2010).
 - 株式会社富士キメラ総研:『2012 EMS in China』 (2012).
 - 株式会社富士経済:『2012 電池関連市場実態総調査 上巻』 (2012).
 - 株式会社富士経済:『2014 電池関連市場実態総調査 上巻』 (2014).
 - 株式会社ブルーエネルギー ホームページ: <http://www.blue-energy.co.jp/jp/index.html> (2013.2.10 閲覧).
 - 北野真也, 上坊泰史, 和田弘, 青木卓, 村田利雄:「LiCoO₂ 正極を用いたリチウムイオン電池の過充電状態における発熱挙動」, *GS Yuasa Technical Report*, 第2巻, 第2号, pp. 18-24 (2005.2).
 - 経済産業省:「情報政策の要諦 - 新成長戦略における IT・エレクトロニクス政策の方向性-」 (2010.10).
 - 河野豊弘:『新製品開発戦略』, ダイヤモンド社 (1987).
 - 小杉伸一郎, 稲垣浩貴, 高見則雄:「安全性に優れた新型二次電池 SCiB™」, 東芝レビュー, Vol.63, No.2, pp. 54-57 (2008).

- 小林哲彦, 宮崎義憲, 太田璋:『図解でナットク! 二次電池 基礎と応用技術の最前線』, 日刊工業新聞社 (2011).
- 佐伯靖雄:「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」, *立命館経営学*, 第47巻, 第1号, pp. 133-162 (2008.5).
- 佐伯靖男:「製品アーキテクチャ論から見たEV(電気自動車)市場の技術的特性と部品取引関係」, *立命館ビジネスジャーナル*, Vol.5, pp. 25-50 (2011).
- 榊原清則:『日本企業の研究開発マネジメント』, 千倉書房 (1995).
- 産業タイムズ社:『2次電池・電気二重層キャパシタ産業総覧2013』(2012).
- 徐航明:「『毛沢東思想』とイノベーション」, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130822/298796/?ST=observer> (2013年11月27日閲覧).
- 新宅純二郎:「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」, MMRC Discussion Paper, No.54, 東京大学21世紀COEものづくり経営研究センター, pp. 1-8 (2005).
- 新宅純二郎, 善本哲夫, 立本博文, 許経明, 蘇世庭:「液晶テレビのアーキテクチャと中国企業の実態」, *赤門マネジメント・レビュー*, 6巻11号, pp. 543-587 (2007).
- 新宅純二郎, 天野倫文:『ものづくりの国際経営戦略 アジアの産業地理学』, 有斐閣 (2009).
- 鈴木義純:「BYD:急躍進の電池生産商, その秘密とは?」, http://news.searchina.ne.jp/disp.cgi?y=2002&d=1014&f=stockname_1014_004.shtml (2013.5.19閲覧).
- ソニー株式会社:「ソニーとハイドロ・ケベック社との合弁会社 エスタリオン・テクノロジーズ株式会社を設立」, プレスリリース, <http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201406/14-0603/> (2014.06.04閲覧).
- 高橋雅子:「電動車両用電池・充電に関する国際標準化の進捗」, http://www.jari.or.jp/Portals/0/resource/JRJ_q/JRJ20130705_q.pdf (2014.5.5閲覧).
- 武石彰, 青島矢一:「部品としての製品—製造業におけるアーキテクチャの革新—」, *組織科学*, Vol. 40, No.4, pp. 29-39 (2007).
- 竹野和彦, 金井康通, 野村直児:「安全・快適な移動端末利用のためのリチウムイオン電池と新電池試験方法」, *NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル*, Vol.17, No.3, pp. 62-65 (2009.10).
- 田中康介:「経営戦略論再考—分析的アプローチから社会的アプローチまで—」, *産能大学紀要*, 第28巻, 第2号, pp. 1-19 (2006).
- 中国情報源:「深センに大規模リチウム電池工場を建設(中国系香港紙「香港商報」10月14日付)」, <http://china.lar.jp/page098.html> (2013年11月30日閲覧).
- 藤堂安人:「リチウムイオン電池よ, お前もか」, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20100115/179306/> (2012.1.3閲覧).
- 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構:「蓄電技術開発室 2010-2011」,

<http://www.nedo.go.jp/content/100079686.pdf> (2012.7.12 閲覧).

- 鳶島真一：『次世代自動車用リチウムイオン電池の設計法』, 科学技術出版株式会社 (2013).
- 日経 BP 社：『カーエレクトロニクスの最前線 HEV/EV 要素部品技術 2012-2013 - 車載電池, キャパシタ, 補機, 充電システム』 (2012).
- 日本エコノミックセンター：『2013 リチウムイオン電池市場の実態と将来展望』 (2013).
- 日本エコノミックセンター：『2014 リチウムイオン電池市場・技術の実態と将来展望』 (2014).
- 日本経済新聞：「リチウムイオン電池, サムスン初の首位 12年シェアは25%」, (2013.2.27, 電子版).
- 日本経済新聞：「猛追韓国勢に対抗 エコカー電池 日独連合 GS ユアサ, ボッシュの取引網活用」, (2013年6月20日付 朝刊).
- [日本経済新聞：「ベトナム, スマホ大国へ サムスン, 年産2億4000万台に 巨大工場, 世界の2割」, 2013年5月14日 朝刊.
- 日本電気株式会社：「NEC, 中国万向集団から A123 社の蓄電システム事業を買収～ 世界トップクラスの蓄電 SI と ICT を融合し, グローバル市場へ本格展開 ～」, ニュースリリース, http://jpn.nec.com/press/201403/20140324_01.html (2014年3月25日閲覧).
- 日本の産業を巡る現状と課題, 経済産業省 産業競争力部会, 第1回 <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100225a06j.pdf> (2010.3.11 閲覧).
- 野中郁次郎：『知識創造の経営』, 日本経済新聞社 (1990).
- 野中郁次郎：「知識創造理論の現状と展望」, *組織科学*, Vol. 29, No. 4, pp.76-85 (1996).
- 延岡健太郎, 藤本隆宏：「製品開発の組織能力 - 日本自動車企業の国際競争力」, MMRC Discussion Paper, No.9, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-29 (2004).
- 延岡健太郎：『MOT 入門』, 日本経済新聞社 (2006).
- 朴尚洙：「車載リチウムイオン電池業界再編の号砲か、NEC と GS ユアサが提携」, <http://eetimes.jp/ee/articles/1206/06/news104.html> (2014.7.20 閲覧).
- パナソニック株式会社 ホームページ：リチウムイオン電池の生産会社「パナソニック エナジー ノースアメリカ (株)」を設立～テスラモーターズ社ギガファクトリーに参画 大衆向け電気自動車の普及に貢献～, <http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/2014/10/jn141003-4/jn141003-4.html> (2014.10.09 閲覧).
- 日立ビークルエナジー株式会社 ホームページ：<http://www.hitachi-ve.co.jp/> (2013.2.10 閲覧).
- 藤本隆宏：「アーキテクチャー：競争力確保の重要要素に」, 日本経済新聞 [経済教室], 1998年3月23日.
- 藤本隆宏, 安本雅典：『成功する製品開発 - 産業間比較の視点 -』, 有斐閣 (2000).
- 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一：『ビジネス・アーキテクチャー - 製品・組織・プロセスの

- 戦略的設計 一』, 有斐閣 (2001).
- 藤本隆宏, 青島矢一, 武石彰:「第2章 アーキテクチャという考え方」, 『ビジネス・アーキテクチャ 製品・組織・プロセスの戦略的設計』, 有斐閣 (2001).
 - 藤本隆宏:「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI Discussion Paper, 02-J-008, pp.0-58 (2002).
 - 藤本隆宏:「組織能力とアーキテクチャ ー 下から見上げる戦略論 ー」, *組織科学*, Vol.36, No.4, pp. 11-22 (2003).
 - 藤本隆宏, 延岡健太郎:「日本の得意産業とは何か: アーキテクチャと組織能力の相性」, RIETI Discussion Paper Series, 04-J-040, pp. 1-27 (2003).
 - 藤本隆宏:『日本のもの造り哲学』, 日本経済新聞社 (2004).
 - 藤本隆宏:「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」, RIETI Discussion Paper Series, 05-J-013, pp. 0-25 (2005).
 - 藤本隆宏, 大鹿隆, 貴志奈央子:「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」, MMRC Discussion Paper, No.26, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-59 (2005).
 - 藤本隆宏:「製品開発の組織能力: 自動車の設計思想と製品開発能力」, MMRC Discussion Paper, No.74, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-29 (2006).
 - プライムアース EV エナジー株式会社 ホームページ: <http://www.peve.jp/index.html> (2013.2.10 閲覧).
 - 丸山知雄, 安本雅典, 今井健一, 許経明:「プラットフォーム化と企業間分業の展開 ー 中国の携帯電話端末開発の事例ー」, MMRC Discussion Paper, No.143, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, pp. 1-37 (2007).
 - 武藤 謙次郎:「日経ビジネス ON LINE: サムスンに多くの転職者を出した日本メーカーは? 人財の流出問題を特許情報から分析する」, <http://business.nikkeibp.co.jp/article/report/20130530/248869/?mlt&rt=nocnt> (2013 年 10 月 20 日閲覧).
 - 山倉健嗣:『組織間関係』, 有斐閣 (1993).
 - 芳尾真幸, 小沢昭弥:『リチウムイオン二次電池第二版 ー材料と応用ー』, 日刊工業新聞社 (2010).
 - 善本哲夫, 新宅純二郎:「製品アーキテクチャ論に基づく技術移転の分析 - 光ディスク産業における国際分業-」, MMRC Discussion Paper, No.37, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター (2005).
 - 弥田英昭:「リチウムイオン2次電池の充電制御技術」, *トランジスタ技術*, 2007 年 11 月号, pp. 163-175, CQ 出版株式会社 (2007 年).
 - 李相勲:『図解 サムスンの経営戦略 早わかり』, (株) 中経出版 (2013).
 - WEDGE 編集部:「日韓『電池』戦争 サムスン, LG の強さ 進化が止まった日本企業」, <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/1820> (2013 年 6 月 2 日閲覧).

付 録

付録

業績リスト

1. 公刊論文（査読有）

- [1] 山崎信雄, 久保裕史:「リチウムイオン電池のアーキテクチャとその位置取りに関する一考察」, 日本生産管理学会論文誌, Vol.20, No.1, pp. 1-9 (2013.10).
- [2] Yamazaki, N., H. Kubo: “A Study on Structural Change in the Lithium-Ion Battery Industry - Success Types and Success Factors of Battery Manufacturers -”, *International Journal of Japan Society for Production Management*, Vol.2, No.1, 2014.12.

2. 国際学会

- [1] Yamazaki, N., H. Kubo: “A Study on Structural Change of Lithium Ion Battery Industry”, ICPM2013 in Vietnam, 日本生産管理学会 (2013.9).
- [2] Yamazaki, N., H. Kubo: “A Business Strategy in the Lithium-Ion Battery Industry”, *Proceedings of PICMET'14*, pp. 50-60 (2014.7).

3. 国内学会

- [1] 山崎信雄, 久保裕史:「リチウムイオン電池のアーキテクチャとその位置取り」, 日本生産管理学会第 36 回全国大会講演論文集, pp. 123-126 (2012.9).
- [2] 山崎信雄, 久保裕史:「車載用リチウムイオン電池のアーキテクチャ」, 日本生産管理学会第 37 回全国大会講演論文集, pp. 90-91 (2013.3).
- [3] 山崎信雄, 久保裕史:「リチウムイオン電池の産業地理学に関する一考察」, 日本生産管理学会第 38 回全国大会講演論文集, pp. 101-104 (2013.9).
- [4] Yamazaki, N., H. Kubo: “A Study on Structural Change of Lithium Ion Battery Industry”, 日本生産管理学会第 38 回全国大会講演論文集, pp. 105-108 (2013.9).
- [5] 山崎信雄, 久保裕史:「アーキテクチャ・ベースの戦略論に関する一考察」, 日本生産管理学会第 40 回全国大会講演論文集, pp. 127 - 130 (2014.9).

助成金等

- ・平成 25 年度大学院機能高度化支援「学生分」(30 万円)

面談記録

- ・東レエンジニアリング株式会社様

日 時：2012年8月10日

場 所：東レエンジニアリング株式会社様 沼津工場

出席者：東レエンジニアリング株式会社 小林真也様

千葉工業大学：久保裕史教授，山崎

内 容：東レエンジニアリング株式会社様の会社概要説明を受け，二次電池製造一貫デモラインを見学させて頂いた。

リチウムイオン電池産業に関する研究の概要をご紹介した。分析途中であった，民生用リチウムイオン電池の製品・工程アーキテクチャに関するご意見を頂戴したが，肯定的な内容であった。

また，製造装置，材料メーカー，韓国や中国などのリチウムイオン電池業界に関する情報交換を行った。

- ・エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授 佐藤登教授

日 時：2013年5月16日

場 所：新橋 第一ホテル

出席者：エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授：

佐藤登教授

千葉工業大学：久保裕史教授，山崎

内 容：リチウムイオン電池産業に関する本研究の概要，製品・工程アーキテクチャの考え方や，リチウムイオン電池のアーキテクチャの分析結果をご紹介し，ご意見を頂戴した。

アーキテクチャの分析結果に関しては，肯定的なご意見であった。

また，リチウムイオン電池を取り扱っている企業の組織能力や，東アジア地域のリチウムイオン電池産業に関する産業地理学的な検証の為，韓国におけるリチウムイオン電池産業の実態や，韓国の電池メーカーの動向に関する情報を頂戴した。

日 時：2014年6月19日

場 所：横浜ベイシェラトン ホテル&タワーズ

出席者：エスペック株式会社エグゼクティブアドバイザー／名古屋大学客員教授：

佐藤登教授

千葉工業大学：久保裕史教授，山崎

内 容：リチウムイオン電池産業に関する研究の進捗をご報告し，日本の電池メーカーへの戦略提案に関するご意見を頂戴した。日本企業が部材に特化していくという提案に関しては，リチウムイオン電池の正極材は温度や湿度あるいは(空気に触れることによる)酸化に弱く，技術的な実現の困難さについてご指摘を受けた。しかしながら，戦略としての可能性はあるとのご意見であった。

その他、日本のリチウムイオン電池産業の現状に関する情報を頂戴した。

・富士フイルム株式会社様

日 時： 2014 年 7 月 1 日

場 所：富士フイルム株式会社様 先進研究所

出席者：富士フイルム株式会社：茂木文雄様，星聡様

千葉工業大学：久保裕史教授，金子浩明氏，山崎

内 容：富士フイルム株式会社様の会社概要のご説明を頂戴した。

リチウムイオン電池産業に関するこれまでの研究の概要をご紹介し，研究内容，戦略提案に関するご意見を頂戴した。リチウムイオン電池のアーキテクチャに関しては，概ね肯定的なご意見であった。戦略提案に関しては，日本はこれまで通り技術力や品質を高めて差別化を図っていくべきである，というご意見と，提案したような戦略を検討することも大事である，との両方のご意見を頂戴した。

謝辞

本博士論文は、筆者が千葉工業大学大学院 社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 博士後期課程在学中に、久保研究室において行った研究をまとめたものです。

本研究に関して終始ご指導ご鞭撻を頂きました本学 久保裕史教授に心より感謝申し上げます。また、本論文をご精読頂き有用なコメントを頂きました本学 五百井俊宏教授，遠山正朗教授，山崎晃教授，名古屋工業大学大学院 小竹暢隆教授に深く感謝申し上げます。

エスベック株式会社エグゼクティブアドバイザー及び名古屋大学客員教授の 佐藤登教授には、海外の電池メーカーの情報と共に、研究に関する大変貴重で有用なご意見を頂戴しました。心より感謝申し上げます。

本研究をまとめるにあたり、東レエンジニアリング株式会社 小林真也氏には、沼津工場の二次電池製造一貫デモライン見学をさせて頂くと共に、貴重なご意見を頂戴しました。深く感謝致します。

富士フイルム株式会社 茂木文雄氏，星聡氏には，意見交換を通じて，貴重なご意見，ご助言を頂戴しました。深く感謝致します。

本研究を進めるに際して、研究活動を理解し応援をして頂きました，ソニー株式会社及び株式会社UKCエレクトロニクス在職当時の上司である，清水目和年氏に深く感謝申し上げます。

元ソニーの天野勝利氏は私に，リチウムイオン電池の技術や歴史について，初歩から教えて下さいました。深く感謝致します。

本研究の一部は，本学 平成 25 年度大学院機能高度化支援「学生分」の支援によります。

本研究は，多くの方々のご指導，ご支援，ご協力によりなされたものであり，ここにお名前を記載できない多くの方々にも深く感謝申し上げます。

最後に，これまで私を支援してくれた両親，日々励まし生活を支えてくれた妻 由美子，娘 彩美，息子 翔太，娘 香菜絵に心から感謝します。

2014 年 10 月