



## Nagoya City University Academic Repository

|         |   |
|---------|---|
| 学位の種類   | 博士（経済学）                                     |
| 報告番号    | 甲第1444号                                     |
| 学位記番号   | 第54号  |
| 氏名      | 東谷 仁志                                       |
| 授与年月日   | 平成 26 年 3 月 25 日                            |
| 学位論文の題名 | ハイブリッド車／電気自動車の開発と企業間関係：基幹技術のアウトソーシング・マネジメント |
| 論文審査担当者 | 主査： 田中 彰<br>副査： 井上 泰夫，下野 由貴                 |

学位論文

ハイブリッド車／電気自動車の開発と企業間関係  
～基幹技術のアウトソーシング・マネジメント～

東谷 仁志

名古屋市立大学大学院経済学研究科

指導教官名 田中 彰

## 目次

### 序章

|  |      |
|--|------|
| 第1節 課題設定 .....                           | 1 -  |
| 第2節 先行研究サーベイ                             |      |
| 2-1 イノベーションに関する先行研究 .....                | 2 -  |
| 2-2 企業間関係に関する先行研究①：サプライヤーシステム .....      | 5 -  |
| 2-3 企業間関係に関する先行研究②：製品アーキテクチャと企業間関係 ..... | 6 -  |
| 2-4 企業間関係に関する先行研究③：統合知識と部品知識 .....       | 9 -  |
| 第3節 本論文の分析視角と主張 .....                    | 10 - |
| 第4節 本論文の構成 .....                         | 12 - |

### 第1章 HV 市場の成立と企業間関係

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| 第1節 HV 市場の現状                         |      |
| 1-1 ハイブリッド車（HV）とは .....              | 14 - |
| 1-2 HV 市場の経緯と現状 .....                | 16 - |
| 1-3 HV 登場の経緯と位置づけ .....              | 18 - |
| 第2節 HV 開発における企業間関係                   |      |
| 2-1 トヨタの企業間関係 .....                  | 21 - |
| 2-2 日産の企業間関係 .....                   | 26 - |
| 2-3 ホンダの企業間関係 .....                  | 28 - |
| 2-4 米国自動車メーカーにおける企業間関係 .....         | 30 - |
| 第3節 異質な技術の統合とサプライヤーシステム              |      |
| 3-1 企業間関係の日米比較 .....                 | 34 - |
| 3-2 異質な技術の内部化 .....                  | 35 - |
| 3-3 サプライヤーシステムの拡大深化 .....            | 37 - |
| 第4節 小括 .....                         | 39 - |
| 補節 「構造的空隙」論によるサプライヤーシステム解釈           |      |
| 補-1 ネットワークに関する先行研究 .....             | 40 - |
| 補-2 スモールワールドネットワークにおける異質な技術の探索 ..... | 42 - |

### 第2章 EV 市場の成立と車載用電池

|     |                         |      |
|-----|-------------------------|------|
| 第1節 | EV 市場分析の視角              |      |
| 1-1 | 本章の課題                   | 47 - |
| 1-2 | 本章の主張                   | 48 - |
| 第2節 | EV 市場と電池産業              |      |
| 2-1 | EV の定義                  | 50 - |
| 2-2 | EV 市場と車載用電池             | 50 - |
| 第3節 | 車載用電池メーカーの日韓比較          |      |
| 3-1 | 韓国電池メーカー3社              | 55 - |
| 3-2 | 日本電池メーカー3社              | 56 - |
| 第4節 | 車載用電池の企業間関係とアーキテクチャ     |      |
| 4-1 | 日韓電池メーカー企業間関係           | 59 - |
| 4-2 | EV 電池の製品アーキテクチャと開発・生産体制 | 60 - |
| 第5節 | 小括                      | 63 - |

### 第3章 EV 開発の課題と企業間ネットワーク

|     |                     |      |
|-----|---------------------|------|
| 第1節 | 本章の課題               | 65 - |
| 第2節 | EV 開発の課題            |      |
| 2-1 | 完成車メーカーによる EV 展開    | 66 - |
| 2-2 | 新興企業による EV 展開       | 67 - |
| 2-3 | 新興企業の限界             | 68 - |
| 第3節 | テスラの EV 開発を巡る企業間関係  |      |
| 3-1 | テスラの EV モデルと電池      | 69 - |
| 3-2 | テスラによる電池パック供給       | 69 - |
| 第4節 | EV の製品アーキテクチャと新興企業  |      |
| 4-1 | トヨタとテスラの取引関係        | 72 - |
| 4-2 | トヨタ・テスラ協業の理論的解釈     | 73 - |
| 4-3 | トヨタ・テスラ協業のインプリケーション | 75 - |
| 第5節 | 小括                  | 76 - |

### 第4章 HV/EV 開発・生産における企業間関係

|     |                        |      |
|-----|------------------------|------|
| 第1節 | HV/EV 開発・生産と企業間関係      | 78 - |
| 第2節 | HV/EV の製品アーキテクチャと企業間関係 |      |
| 2-1 | HV の製品アーキテクチャと組織能力     | 81 - |

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 2-2 EVの製品アーキテクチャと電池 .....  | 82 - |
| 2-3 EV開発におけるトヨタの戦略 .....   | 84 - |
| 第3節 小括 .....               | 85 - |
| 補節 HV/EV開発におけるネットワーク構造     |      |
| 補-1 ネットワークと企業間関係 .....     | 87 - |
| 補-2 スケールフリーネットワーク .....    | 89 - |
| 補-3 ネットワーク論による考察のまとめ ..... | 91 - |
| 終章 .....                   | 92 - |
| 参考文献 .....                 | 95 - |

#### 図表目次

|   |      |
|---|------|
| 図表 1 HV（ハイブリッド車）の構成要素.....                | 15 - |
| 図表 2 自動車メーカー各社のHV及びPHVの世界販売台数推移 .....     | 16 - |
| 図表 3 内燃機関自動車とHV/EVの関係 .....               | 19 - |
| 図表 4 HVのエンジン出力とモーター出力 .....               | 20 - |
| 図表 5 トヨタの車載用電池調達における企業間関係（1997年頃） .....   | 22 - |
| 図表 6 初代プリウスに搭載されたニッケル水素電池モジュール .....      | 23 - |
| 図表 7 日産の車載用電池調達における企業間関係 .....            | 28 - |
| 図表 8 ホンダの車載用電池調達における企業間関係 .....           | 30 - |
| 図表 9 フォードのエスケープハイブリッド開発における企業間関係 .....    | 31 - |
| 図表 10 GMの車載用リチウムイオンバッテリー開発における企業間関係 ..... | 33 - |
| 図表 11 トヨタ（日本）とGM（米国）のHV開発にみる企業間関係 .....   | 35 - |
| 図表 12 技術の「蓄積」と「利用」 .....                  | 37 - |
| 図表 13 新車開発組織 .....                        | 41 - |
| 図表 14 自動車メーカーとサプライヤーが構築するネットワーク関係 .....   | 44 - |
| 図表 15 2つのネットワークが示す特徴と企業間関係 .....          | 45 - |
| 図表 16 2つの企業が形成するスモールワールドネットワーク .....      | 45 - |
| 図表 17 実用化している3つのEV（電気自動車） .....           | 51 - |
| 図表 18 自動車メーカー各社のEV世界販売台数推移 .....          | 53 - |

|       |  |        |
|-------|--|--------|
| 図表 19 | HV/EV 向け車載用電池のおもなメーカーと納入先（2011 年頃） ..... | - 54 - |
| 図表 20 | 車載用電池メーカー日韓主要 6 社の概要（2011 年時点） .....     | - 57 - |
| 図表 21 | 日韓車載用電池メーカーの企業間関係.....                   | - 59 - |
| 図表 22 | テスラモーターズ EV 世界販売台数推移.....                | - 67 - |
| 図表 23 | 主要な EV モデルの性能比較（2012 年時点） .....          | - 71 - |
| 図表 24 | HV/EV における自動車メーカー/電池メーカー関係の 3 パターン ..... | - 80 - |
| 図表 25 | スモール・ワールド・ネットワークの 2 つの欠点 .....           | - 89 - |
| 図表 26 | HV/EV における企業間関係の 3 パターン .....            | - 93 - |

## 序章

### 第1節 課題設定

1997年、トヨタ自動車（以下トヨタと略記）は世界初の量産型ハイブリッド車「プリウス」を発売した。それ以降、日米欧でハイブリッド車（以下HVと表記）は大きな成功を収めている。2013年には、国内外のほぼすべての自動車メーカーがHVをラインナップしており、HVテクノロジーは現在では自動車における重要な技術となっている。

HVは、従来のガソリンエンジン、ディーゼルエンジンなど内燃機関をパワートレインとする自動車（以下、従来車と呼ぶ）がガソリンなどの化石燃料を使用するエンジンだけで駆動力を得るのに対して、バッテリーに蓄えられた電力によって駆動するモーターの駆動力を合わせて使用して走行する。このため、HVの開発には高性能バッテリーや電気モーターなどのこれまでの自動車開発にはない「異質な技術」を使用する。

ここでいう「異質な技術」とは、企業がそれまでに保有していたコア技術とは系譜が異なる発展経路上にあり、企業内部での新たな技術蓄積によるよりも、外部から調達する方がより速く、より小さなコストで獲得できることが事前に明らかであるような技術を指す。本稿ではとくに、製品の基幹技術として採用するような技術を対象とする。例えば機械加工をコア技術として保有している企業にとっては、化学反応などを扱う化学製品の技術は異質な技術となる。自動車メーカー各社は、この「異質な技術」を自動車の駆動力を得る基幹技術として調達、獲得することでHVを実用化している。なお、ここでいう技術の「調達」とは、中間財調達の形態で間接的に「利用」する場合と、技術譲渡、ライセンス、横展開などの方法によって技術情報を「獲得」する場合とを含む。

HVに加えて、電気自動車（以下EVと表記）の開発、実用化も進められている。EVでは、HVの開発プロセスで獲得した電池やモーターなどの自動車メーカーにとっての異質な技術がEVの性能を決定する主要な技術となる。

自動車メーカーはHV/EVの開発に必要となる「異質な技術」をどのように調達してその開発を進めたのか。また外部から「異質な技術」を調達する場合に、どのような企業間関係が構築されたのか。

従来の自動車産業の分析では、従来技術の延長の範囲での製品開発についてはさかんに研究が行われてきた。しかし、HV/EVは、自動車の駆動力を変更する大幅な自動車イノベーションとなる。本稿では、自動車技術の大きな変更に伴う自動車メーカーと部品メーカーとの企業間関係の変化を考察しようとする。その実態は多様であるので、これを一定の枠組みに

において整理する。これが本稿の第一の課題である。

本稿はトヨタを主要な検討対象とする。それは、トヨタ自身がHV開発・生産の成功モデルをつくりだしている（第1章で検討）とともに、EVにおいては世界の自動車産業における開発パターンの多様性（第2章で検討）をふまえて、あえて従来の成功パターンとは異なるアプローチを取り込んでいる（第3章で検討）からである。すなわち、HV/EVにおけるトヨタの市場戦略を、企業間関係の面を中心に評価する。これが本稿の第二の課題である。

## 第2節 先行研究サーベイ

本稿で参照する先行研究は、2つのグループからなる。すなわち、イノベーションに関する研究および企業間関係に関する研究である。さらに企業間関係に関する研究は、サプライヤーシステム、製品アーキテクチャと企業間関係および統合知識と部品知識の3つがある。以下、順次検討する。

### 2-1 イノベーションに関する先行研究

本稿は、HV/EV開発と市場展開の進展を調査分析することで、自動車産業において進行するイノベーションを考察する。シュンペーター（1977，原書1912）が「イノベーション（新結合）」の概念を提示して以来、さまざまな視点から膨大な研究がなされてきた。

シュンペーター（1977）は、「イノベーション（新結合）」概念を提示して、企業におけるイノベーション（新結合）が経済発展を引き起こすとした。その場合のイノベーションをまさに「異質のものが融合する新結合」として定義した<sup>1</sup>。

クリステンセン（2001，原書1997）は、顧客や市場の動向との関係において、旧来の技術から新しい技術への移行のプロセスにおいて、企業はジレンマに直面することをHDD業界などの事例研究にもとづいて明らかにしている。クリステンセンは、従来製品の改良を進める持続的イノベーションに対して、従来とはまったく異なる価値基準を市場にもたらし、従来の技術と同等のことを異なる技術で行うことで、確立した市場の既存顧客を奪い、従来の製品の市場を破壊する可能性があるようなイノベーションを「破壊的イノベーション」と

---

<sup>1</sup> シュンペーター（1977）50ページ。ただし、シュンペーターのいうイノベーションは、技術開発だけに留まらない多義的なものとして定義されている。



呼んでいる<sup>2</sup>。

### 新旧技術選択のジレンマ

企業が破壊的イノベーションに遭遇した場合、クリステンセンが指摘するようなイノベーションのジレンマに陥ることなく、新しい技術への対応如何によって、危機を脱する方策はあるのか。

ある製品に従来使用されていた技術に対してまったく新しい技術が台頭してくる時、新しい技術は、その製品を製造している企業とは別の企業によって開発されることが多い。クリステンセンに先立って、ネルソン・ウィンター（2007，原書 1982）は、この現象を「技術力の経路依存性」で説明している。

企業がこれまでの技術開発活動の中で蓄積してきた技術は、企業の技術探索活動に影響を与え、その成果に影響を及ぼすという。企業が保有する技術は経路依存性をもち、企業が好むと好まざるとに拘わらず、技術開発においては、自社技術に固執しその延長線上に一定の枠組みをはめた状態で技術開発に取り組むことになる。

企業が自らの保有していない技術を外部から獲得するプロセスについては、Cohen and Levinthal (1990)が、「吸収力 (Absorptive Capacity)」の概念で論じている。そこで、Cohen and Levinthal は、この吸収力の概念においても、吸収する技術は、企業がそれまでに蓄積した技術を中心とした情報探索が行われるとしている。

柴田・児玉（2004）は、新旧の技術選択におけるジレンマを超えて、新しい技術への移行を実現した例を、NC 制御装置に対するファナックの例を挙げて分析している<sup>3</sup>。それによると、ファナックは、DC パルスモーターの技術では米国ゲティス社との技術提携によって必要な技術を獲得している。またソフトワイヤード技術では、インテル社の MPU でファナックが開発したソフトウェアを動作させている。

### イノベーションの押し込み

新旧技術選択において、新しい技術を外部の企業から取り込んで、新技術開発を進めることが、新しい技術への対応としてあげられるひとつの方策である。しかし、これに関しては

---

<sup>2</sup> クリステンセン(2001) 9 ページ。さらにクリステンセンは、同書において、EV が破壊的イノベーションとなる可能性をもつことを 1997 年の時点で指摘し、それに対して自動車メーカーが取るべき対応を論じている。

<sup>3</sup> 柴田・児玉（2004）1-23 ページ。

問題もある。クリステンセン（2001）は、従来技術で先行する企業が、新しい技術を取り込んで、これまでの製品に応用して展開することを、「イノベーションの押し込み」として、否定的な意味でとらえている。

先行する企業は、台頭してきた新しい技術を自らがすでに製品展開している従来技術による「バリューネットワーク」に押し込むことで、新しい技術の価値を下げ、新しい技術が破壊的イノベーションにならないように振る舞う。これをクリステンセンはイノベーションの押し込みと呼ぶ。

イノベーションの押し込みは、台頭してきた新しい技術が破壊的イノベーションである場合に、従来技術で製品展開している先行企業が陥りやすい戦略であるという。

具体的にクリステンセンは、コダックにおけるデジタルカメラの開発の例を挙げている。コダックは、低価格で普及し始めたデジタル映像技術を、それまでコダックが築き上げてきたフィルムカメラの高い映像表現を可能にするレベルにまで高め、ハイスpekユーザーを対象とする製品にしたてあげる開発を続けた。しかし、結果的に性能がやや低くともコストメリットのあるローエンドユーザーにおけるデジタルカメラの急激な普及により、フィルムカメラはやがてデジタルカメラに飲み込まれる。結果的にコダックは、市場の拡大時期を大幅に逸してローエンドユーザーに向けたデジタルカメラの発売を行っている。コダックの例は、先行する企業が新技術の導入を図りそれを従来技術に取り込むプロセスの危険性を示している。

HV/EV 市場に即して言えば、HV や EV を従来車と同じ性能レベルにまで高め、それを市場に投入しようとする自動車メーカーの現在の取り組みがイノベーションの押し込みに該当する。その場合、HV/EV 技術を従来技術に取り込むプロセスの危険を回避するためにはどのような戦略をとるべきか。本稿では、このような破壊的イノベーションを回避するための戦略として、トヨタの EV 開発における戦略を考察する。

### 異質な技術の統合

異なる技術が統合することで進展したイノベーションを、技術的な側面から検討した研究としては、沼上（1999）による液晶ディスプレイに関する研究がある。

沼上（1999）は、日本における液晶ディスプレイ（LCD）の開発において、異質なコア技術をもっている企業や研究機関の共同した取り組みによって液晶ディスプレイの開発が行われたことを、優れた実証研究に基づいて論じている。それによれば、液晶の開発はいくつか

の異質な技術の「融合」<sup>4</sup>によって可能になったという。ここで異質な技術とは、液晶を構成する化学物質を開発・研究する化学工業や、液晶の動作や振る舞いを制御するための電子制御技術である。

「LCD はそもそも異質な技術の融合によって生みだされた製品である。主要な材料・部品を列挙するだけでも、その要素技術の多様性は理解できるはずである。セルを構成する主要な部材は、透明電極のついた 2 枚のガラス基板と配向剤、封止材、偏光板などであり、それぞれのガラス・メーカーや多様な材料メーカーが得意とする開発・生産活動によって生みだされる。セルには、有機物質の液晶がブレンドされて注入される。有機合成の技術をもつ化学メーカーが液晶物質を開発・生産し、その液晶物質単体をディスプレイ・メーカーの要求に沿ってブレンドし、実用物性を実現していく。複数の液晶物質単体をブレンドすることで、化学反応が起こるわけでないが、システム全体としての特性が変わるのである。このような液晶材料の封入された LCD のセルをドライバ回路によって駆動し、表示したいパターンを LCD 上に実現するのである」<sup>5</sup>

沼上が指摘する技術における異質性は、とくに化学系技術とエレクトロニクス系技術の開発様式に顕著に表れている。エレクトロニクス系の技術開発は事前的な設計や計算に基づいて進むが、化学材料系の技術開発は予定通りにいくことは少なく、「ドロドロした活動」<sup>6</sup>の中で行われる。

HV/EV は、自動車の駆動力を変更するイノベーションに位置づけられる。本稿ではこのイノベーションが、異質な技術を統合することで実現していることを明らかにし、従来のイノベーション研究の成果に適合したものであることを前提とした分析を試みる。

## 2-2 企業間関係に関する先行研究①：サプライヤーシステム

日本の自動車産業の大きな特徴であるサプライヤーシステムに関する先行研究は多くの切り口からさまざまな研究成果がある。このうち、1980 年代の日本の自動車産業の優位を国際的な視点から実証的に研究した成果としては、浅沼（1997）、藤本・西口・伊藤編（1997）、

---

<sup>4</sup> 沼上（1999）は「融合」の用語を使用しているが、本稿では、自動車メーカーが中心となって異質な技術をまとめているという意味で、「統合」という用語を使用する。

<sup>5</sup> 沼上（1999）295-296 ページ。

<sup>6</sup> 同上書、298 ページ。セイコーエプソンの技術者が、理屈では割り切れない試行錯誤の技術開発をさして表現している言葉。

西口（2000）などの一連の研究で、日本の自動車産業が高い競争力を確保するシステムの分析が行われている。

浅沼（1997）は、Coase(1990)、Williamson(1975)らに代表される取引費用経済学によって、日本型サプライヤーシステムの経済学的な位置づけを明確にし、自動車産業研究に新しい分析枠組みを提示した。

藤本（1997b）では、1980～1990年代型サプライヤーシステムが持つ構造的・行動的な特徴が、「まとめてまかせる分業」「少数者間の有効競争」「継続的取引」の三点にまとめられ、これら三つの特性が相互補完的に三位一体のシステムとして静態的かつ動態的な自動車産業の競争力に貢献したとしている<sup>7</sup>。

藤本（1998）は、サプライヤーシステムにおける研究開発では、自動車メーカーがサプライヤーに開発と量産を「まとめてまかせる」ことで、サプライヤーの能力構築が行われていることを明らかにしている。ここで「まとめてまかせる」とは、設計・試作・量産を一括して同じサプライヤーに委託することを意味する。

日本型サプライヤーシステムが成立した歴史的経緯とその意味については、西口（2000）が詳しい分析を行っている<sup>8</sup>。

西口（2000）は、「戦略的アウトソーシング」としてサプライヤーシステムの進化を歴史的に検証し、日本の自動車産業が独自のサプライヤーシステムの構築によって競争優位を獲得した経緯を明らかにしている。

さらに、西口（2000）は、日本のサプライヤーシステムにおける研究開発についても分析を行っている。それによれば、トヨタなどの自動車メーカーには、サプライヤーの技術者がゲスト・エンジニアとして在籍し、中核企業である自動車メーカーと共に様々な技術開発を行っているという。

本稿の第1章では、HVの開発において日本型サプライヤーシステムが大きな役割を果たしていることを示し2章以降では、HVとEVにおけるサプライヤーシステムが果たした役割の違いを明確にする。

### 2-3 企業間関係に関する先行研究②：製品アーキテクチャと企業間関係

藤本隆宏は、「製品アーキテクチャ」をベースとする経営学を多方面で展開している。そ

---

<sup>7</sup> 藤本・西口・伊藤編（1997）67ページ。

<sup>8</sup> ただし、西口（2000）では、サプライヤーシステムの用語は使用していない。

ここでは自動車は代表的なインテグラル（擦り合わせ）型製品と位置づけられており、そのことについてはおおむね多数の研究者の間で共通認識となっている。藤本（2003）は、製品アーキテクチャの観点から日本の自動車産業の製品開発力を分析しており、このなかで企業間関係や開発組織を論じている。

藤本は、自動車製品開発の組織能力において、インテグラル型製品の開発は、モジュラー（組み合わせ）型製品と比べ、機能要素・構造要素・工程要素の間の相互依存関係が複雑であるため、製品機能達成・顧客満足実現のためには、それら個々の設計要素を開発する企画・設計・試作・実験部署の間でより緊密な連携調整が必要となるとし、そのような連携を実現する日本の自動車メーカーの高い競争力を「統合型（インテグラル型）製品開発の組織能力」と呼んでいる（藤本・クラーク 1993, 藤本 2001a, 2003）。

本稿との関連で重視すべきは、自動車製品開発において、とくに日本企業は「統合製品開発の組織能力」の点で高い優位性をもち、その組織能力を支えるシステムとして強固なサプライヤーシステムが位置づけられていることである。

藤本によれば、従来車の製品アーキテクチャは、粗野なオープン・アーキテクチャー→クローズド・インテグラル単品種（T型）→クローズド・モジュラー多品種（GM式）→クローズド・インテグラル多品種（トヨタ式）→再びクローズド・モジュラー寄り・多品種という変遷史を辿ってきたが、底流にはクローズド・インテグラルという流れを保ちつつ推移してきたとしている<sup>9</sup>。

藤本の議論に加えて、具（2005）は、1990年代以降に顕在化してきた自動車部品のモジュール化に対応するサプライヤーにおける分業体制について論じている。

具は、日産の有力サプライヤーであるカルソニックとカンセイの合併において、互いの企業がモジュール開発においてそれぞれの開発能力を補完することでモジュール化の動きに対応していることを示した。また、合併の成功にとって重要なことは、互いの組織能力を生かす組織体制の構築、サプライヤーによるモジュール部品の開発において、従来の自動車部品のどこまでをモジュールとしてまとめ上げ、供給先のシステム構築とのインターフェイスをとるかという「境界」の決定にあるとしている。

具の指摘は、すでに従来車においてもモジュール化の進展によって、サプライヤーシステムが変化しており、藤本が指摘するような「クローズド・モジュラー型」の自動車アーキテクチャが顕在化していることを示している。ただ、その場合でもモジュール化

---

<sup>9</sup> 藤本（2006）4-5 ページ。

の境界部分では依然としてサプライヤーと発注元（自動車メーカー）による高度な擦り合わせが必要とされる。

すなわち、従来車についてのアーキテクチャ論は、基本的には自動車アーキテクチャはモジュール化などによる「クローズド・モジュラー型アーキテクチャ」への動きはあるものの、依然としてインテグラル型アーキテクチャが主流であるという見方が大勢を占める。とりわけ日本の自動車メーカーの取り組みでは、強固なサプライヤーシステムを背景とした高度な擦り合わせ型開発と生産によって高い競争力を維持しようとする取り組みが継続している。したがってここでは、インテグラル型アーキテクチャと閉鎖的・緊密な企業間関係とが対応すると考えられている。

このことを、部品のアーキテクチャ特性ごとにみると、以下のとおりである。日本の自動車メーカーがサプライヤーからの部品調達を行う場合には、「市販品方式」「承認図方式」「委託図方式」「貸与図方式」の取引方式がある（藤本・葛 2001）。「市販品方式」は電子部品などの市販される部材を調達する方式であり、「承認図方式」「委託図方式」では、サプライヤーの側が設計を行い完成車メーカーがそれを承認する方式をとる。また「貸与図」は必要な部品性能を満たす部品を完成車メーカーが設計してサプライヤーに製造させる方式をとる。

ここで「承認図」部品の開発・量産ではサプライヤーシステムによる長期的・緊密な企業間関係が前提となっており、「貸与図」部品でも閉鎖的・緊密な企業間関係のもとでの取引となる。半面、「市販品」では、開放的な企業間関係であっても部品の調達が行われている。

なお、ここでいう「自動車」は従来車に限定されていることに注意を要する。

HV や EV について、藤本（2012）は、HV についてはすでに市場が形成されており普及が進むとするが、EV については、現状、電池性能の向上が進まず、本格的な実用化にはまだ時間がかかると判断している<sup>10</sup>。

村沢（2010）は完成車メーカー凋落論を主張している。そこでは、EV を複数の部品メーカーが生産する電気モーターや車載用電池を組み合わせることで開発・生産できる製品と認識する。このため、地域の自動車整備工場や電気店のような小規模企業が相互互換可能なパーツを組み合わせて EV を開発・生産・販売することが可能になり、従来車市場で大きなシェアをもっていた完成車メーカーが長期的には「凋落」という。村沢は、EV をモジュラー型製

---

<sup>10</sup> 藤本（2012）160 ページ。

品と判断していることになる。

これに対して佐伯（2011）は、EV は「巷間言われているほどモジュラー化した製品とは言い難い」とし、EV 全体の製品アーキテクチャはインテグラル型の特性を有するとする。佐伯の主張は、EV であっても、ソフトウェア開発など自動車メーカーとサプライヤーによる高度な調整が必要であり、実際に日産自動車（以下、日産）などが、従来のガソリン車と同様な開発プロセスによって EV を開発、市場展開しているというものである。

本稿の第 2 章では、このような EV および HV における製品アーキテクチャの議論に加えて、HV および EV の重要な機能部品である車載用電池の製品アーキテクチャを検討し、国内メーカーと韓国メーカーの競争力の違いを分析する。

#### 2-4 企業間関係に関する先行研究③：統合知識と部品知識

EV の開発においては、自動車メーカーにとって異質な技術となる車載用電池の技術を外部から調達する場合に、すでに保有している技術と外部から調達した技術の統合が必要となる。

武石（2003）は、知識ベースの企業間関係の観点から、サプライヤーとの企業間関係を分析するさいに、「統合知識」と「部品知識」の 2 つのタイプの知識の区別が重要であると主張している。

「統合知識」とは、さまざまな部品やモジュールを組み合わせて製品全体を設計、統合する知識をさす。これに対して「部品知識」とは、部品もしくはモジュールについての知識である。

武石（2003）は、自社が保有していない部品知識を外部にアウトソーシングする場合でも、それを統合知識によって統合することが完成車メーカーの競争力の源泉になっていることを指摘している。ただその場合、完成車メーカーは統合知識の質を高めるためには部品知識についても自社内で保有することが必要であり、それを可能とするための戦略的なアウトソーシング・マネジメントが必要であることを指摘している<sup>11</sup>。

自動車における部品知識に関する論点については、韓・近能（2001）が、カーエアコンとコンビメーターの例を挙げて、それぞれの部品の製品アーキテクチャの違いによる

---

<sup>11</sup> 武石（2003）は、さらに、一部の部品の設計や開発を自動車メーカー自身が行うことを「部分的統合」と呼び、そのような一部の部品を自動車メーカーが内製することが多く行われていることを実証している。武石（2003）193 ページ。

完成車メーカーとの調整メカニズムの違いを論じている。ここで製品アーキテクチャが異なるタイプの部品ユニットに対して、それを完成車メーカーが統合知識によって統合する調整メカニズムが異なることが示されている<sup>12</sup>。

従来車の場合には、最終的には自動車メーカーが多くの部品知識を保有し、それを基礎に高水準の統合知識を維持するのであるが、部品知識が「異質な技術」である場合に同じようにすべての部品知識を保有することができるかどうか、できない場合にはどうやって統合知識の質を高めるか、が問題となる。

本稿の第 3 章では、EV において、部品知識が「異質な技術」である場合に、部品知識を保有しないで統合知識の質を高めた開発を行っているトヨタの事例を分析する。

### 第 3 節 本論文の分析視角と主張

HV/EV 開発における企業間関係について、本稿では、次の点を主張する。

第一に、HV/EV 開発は、これまで自動車メーカーがコア技術として蓄積してきた機械工学などの基幹技術に、新たに化学材料技術（車載用電池）や、エレクトロニクス技術（高性能モーター）という異質な技術を統合、あるいは異質な技術を採用してそれを自動車の基幹技術である駆動力を得る機構として採用することによって進められた。

HV は、従来車に対し、新たに登場した電気エネルギーを利用する電気自動車とのハイブリッド（交配種）として開発されたものである。これに対して、EV は内燃機関ではなく、それとは系譜が異なる電池や高性能モーターを基幹技術として採用した自動車として市場展開が行われている。

第二に、異質な技術が必要な HV/EV 開発では、自動車メーカーは、その異質な技術を保有する企業との企業間関係を新たに構築している。新たに構築された企業間関係は、3つのタ

---

<sup>12</sup> 韓・近能（2001）によると、カーエアコンとコンビメーターは、どちらもサプライヤーから調達される部品だが、前者と後者では部品ユニットの製品アーキテクチャが異なり、完成車メーカーによる調整メカニズムが異なる。前者はインテグラル型部品ユニットに位置づけられ、ユニットの外的相互依存性が高く完成車メーカーとの相互調整が必要になる。また内的相互依存性も高く部品ユニットの内部の設計変更は内部部品の変更が必要になる。これに対して後者は、モジュラー型アーキテクチャの部品ユニットで、外的相互依存性、内的相互依存性のいずれもが低く完成車メーカーとの相互調整の必要がない。このことは同じ外部からの部品ユニットやモジュールの調達においても、製品アーキテクチャの違いにより完成車メーカーによる取り組みが異なることを示している。ただし、いずれの場合でもともに完成車メーカーによる「統合知識」を使用した事後的擦り合わせが行われている。



イブがある。

第三に、HV/EV を製品アーキテクチャの観点からみると、HV/EV はいずれも従来車と同じインテグラル型製品に位置づけられる。しかし、その開発においては、新たに必要となる異質な技術を外部から調達しており、自動車メーカーはその部品知識を保有していない場合がある。

これは、自動車メーカーが外注部品についても部品知識をもった上で統合知識をもつ従来車の場合とは異なる状況である。この新たな企業間関係では、サプライヤーと自動車メーカーとの相対的な位置関係が従来の日本型サプライヤーシステムとは異なっており、今後の自動車における技術開発の進展にともなうサプライヤーシステムの変化の方向性を示唆するものである。

本研究の分析枠組みとしては、製品アーキテクチャと知識ベースの企業間関係を採用し、先に述べた3つのタイプの企業間関係を分析する。

従来の製品アーキテクチャの議論では、HV/EV はともにインテグラル型製品アーキテクチャに位置づけられる。しかし、同じインテグラル型アーキテクチャの製品であってもHVとEVでは日本型サプライヤーシステムとは異なる企業間関係が構築されている。

この違いを理解するために、知識ベースの企業間関係における部品知識と統合知識の観点を採用する。HV/EV では重要な技術に位置づけられる「電池」や「モーター」を部品知識、それを競争力のあるHV/EV にまとめ上げる技術を統合知識として理解することで、HV/EV における3つの企業間関係の違いを解釈することができる。

結論をあらかじめ述べれば次のとおりである。

HV における企業間関係では、日本の自動車メーカーが電池調達において主導権をもち、インテグラル型製品アーキテクチャをもつHV展開で承認図方式による部品調達を行って、部品知識を確保している。

欧米メーカーによるHV/EV 開発では、電池メーカーが独立した製品開発を行って完成車メーカーに電池を納入する。その場合電池は市販品方式となり、完成車メーカーは部品知識を保有せず、完成車メーカーと電池メーカーの企業間関係は水平でオープンな取引関係となる。

3つめの企業間関係としてはトヨタとテスラ・モーターズ（以下テスラ）の企業間関係が挙げられる。この企業間関係では、HVとは異なりトヨタは部品知識を保有せず、長期的取引関係のないテスラの電池を承認図方式で調達する。一方でテスラはトヨタから

EV 開発に必要な技術を統合知識として獲得する。テスラはトヨタとの資本関係をもつがトヨタはテスラの支配権を確保せず、両社は相互依存関係を構築している。

トヨタによるテスラへの資本参加と協業を、トヨタの HV/EV 市場に対する戦略としてみると次のことが指摘できる。

トヨタにおける、EV モデル「eQ」の開発方式は、自社の HV 開発、および日産や三菱自動車（以下三菱）の EV 開発にみられるものと共通である。しかし、テスラとの提携による EV モデル「RAV4 EV」の開発方式はそれとは異なる（欧米自動車メーカーの EV 開発の方式とも異なる）。つまりトヨタは、EV 開発において2つのタイプの開発アプローチを並行させていることになる。この戦略は、EV が破壊的イノベーションである場合に備えたトヨタの優れた事業戦略として評価することができる。

本研究では、経済学や経営学ではこれまであまり取り上げられていなかった HV や EV を研究対象とする。HV/EV の市場投入は、世界の自動車メーカーがリアルタイムに取り組んでいる課題である。このため本研究の第一の課題は、HV/EV 開発の現状と、その市場形成のこれまでの経緯、世界の自動車メーカーの取り組み状況を調査・分析することにある。

このため本研究は、筆者が勤務している市場調査会社における約 25 年にわたる市場調査・技術調査業務の成果を利用し、HV/EV 開発に係わる企業の技術担当者等への聞き取り調査<sup>13</sup>と、自動車メーカー発表資料や新聞情報、技術発表論文、調査機関発表データと、先行研究などの文献調査をもとに行っている。

#### 第4節 本論文の構成

本論の構成は以下のとおりである。

序論では、本稿の課題と本稿の課題に関連する先行研究をレビューして、本稿の結論を簡潔にのべた。

第1章では、トヨタおよびホンダの事例を中心に、HV の開発と市場展開の経緯と現状を概観し、HV 開発におけるインテグラル型の企業間関係を分析する。

第2章では、2009 年以降の EV 市場について考察する。EV では新たに必要となる車載用

---

<sup>13</sup> 筆者は、本研究の対象となる自動車メーカーや系列の部品メーカー、さらにエレクトロニクスメーカーなど 50 社に、電気自動車、ハイブリッド車などをテーマとした市場調査業務で訪問し、担当者に対するヒヤリングを行ってきた。本研究は、このような業務の中で筆者が思考し、ヒヤリングした内容が元になっている。

高性能電池における技術革新が進んでいる。この分野ではトヨタは出遅れているが、日産と三菱が第1章で述べたHV開発と同一のインテグラル型のアプローチで先行している。半面、それとは異なるクローズド・モジュラー型のアプローチをとる韓国電池メーカーの台頭が進んでいる。日本と韓国の車載用電池メーカーの取り組みの違いに焦点をあて、EVおよび車載用電池における製品アーキテクチャ、企業間関係を分析する。

第3章では、EVにおける新興メーカーの取り組みを取り上げ、有力自動車メーカーによるEV展開と比較する。新興メーカーの多くが挑戦したオープン・モジュラー型EV開発は失敗しているが、トヨタとテスラのEV開発では従来の日本メーカーにみられたインテグラル型とも、韓国電池メーカー・欧米自動車メーカー間にみられたクローズド・モジュラー型とも異なる、第三の企業間関係が成立していることを示す。

第4章では、HV/EV開発における企業間関係を、製品アーキテクチャと知識ベースの企業間関係の分析枠組みで検討する。また、HV/EV開発における企業間関係の理論的解釈を示し、トヨタによるHV/EV市場に対する取り組みが、新たな企業間関係の構築を視野にいたした極めて有効な市場戦略であることを指摘する。

終章では、本稿の結論をまとめ、残された課題を示す。

## 【謝辞】

本稿は、指導教員である田中彰教授（名古屋市立大学）、副指導教員である井上泰夫教授（名古屋市立大学）の日頃からのご指導と度重なる討論に基づいたものである。両先生の御熱心なご指導に深くお礼申し上げます。

また、本稿の第2章の元となる査読論文では、名古屋市立大学経済学会の匿名のレフェリーによるご丁寧な添削と意義あるコメントをいただいた。さらに第19回国際ビジネス研究学会全国大会における著者の報告では、河野英子先生（東京富士大学）、ご参加された方々に貴重なコメントをいただいた。この報告に基づいた投稿論文でも、匿名のレフェリーにより、有益な論点をご指摘いただきました。いずれも本稿第3章の記述の元となっています。ここに記すことで各位に謝意を表したい。

また、本稿は、多くの自動車メーカー、電池メーカーの企業の方々へのインタビューに基づいている。ご協力いただいた企業の方々にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

## 第1章 HV 市場の成立と企業間関係

### 第1節 HV 市場の現状

#### 1-1 ハイブリッド車（HV）とは

本章では、トヨタ、日産、本田技研工業（以下、ホンダ）などが市場展開を開始し、その後、欧米の自動車メーカーも続いて市場展開を開始している HV についての取り組みを検討する。

ハイブリッド（hybrid）という言葉は、直訳すれば交配種と訳される。すなわち種類の異なるもの同士の交配によって生まれるものであり、ハイブリッド胚、ハイブリッド炉などの用例がある。自動車で使用されるハイブリッド車（HV）も同様の意味で使用され、この場合の種類の異なるものとは、内燃機関（すなわちエンジン）を使用して駆動するタイプの自動車と、電気モーターを使用して駆動するタイプの自動車（すなわち電気自動車）を指し、HV は両者の交配種という意味になる。

すでに幅広く利用されている HV では、基本的には走行の開始を電気モーターで行い、その後エンジンを始動してエンジンと電気モーターの両方を活用した走行を行う。ただし、高速走行時はエンジンのみで走行する。

HV では、電気モーターを併用することでガソリンの使用量を低減し、燃費効率を大幅に向上させることができる。すでにトヨタの最新 HV モデルでは、1 リットルのガソリンで 30 km 以上の走行が可能となる燃費を実現している<sup>14</sup>。

具体的に HV の構成要素としては、図表 1 に示すものがある。

ハイブリッドシステムは、エンジンに繋がるクランクシャフトに電気的な駆動力を付加するための動力分割機構やクラッチ、ギヤセットなどから構成される「ハイブリッド機構」と、モーターからなる。現在は、このハイブリッド機構とモーターをオートマチックトランスミッションに組み込んで「ハイブリッド・トランスミッション」として生産している例もある。

HV を構成するためのもうひとつの重要なシステムが「電池システム」である。電池システムは通常、「電池パック」と呼ばれ、「電池セル」を直列につないで高電圧化した電池モジュールによって構成される。

さらに、電池を冷却するための冷却装置や、電池の充放電を管理するための電池管理システムが組み込まれている<sup>15</sup>。

<sup>14</sup> トヨタ アクア 製品カタログ。

<sup>15</sup> 電池管理システムにはさらに電池の各セルの温度管理を行うための温度センサーが搭載

なお、HV にはガソリンもしくはディーゼルエンジンが搭載されるが、通常は「ハイブリッドシステム」の範疇にはエンジンは含まれない。

HV に必要となる電気モーターや大型バッテリーの技術、さらにそれらを制御するエレクトロニクス技術は、これまでの自動車では使用されていなかった、自動車メーカーにとっては異質な技術であり、この異質な技術が自動車の基本性能となる走行性能を左右している。

図表 1 HV（ハイブリッド車）の構成要素

| 本稿での名称                           |          | 概要  | 主な構成要素        |
|----------------------------------|----------|---|---------------|
| ハイブリッドシステム<br>(ハイブリッド・トランスミッション) | ハイブリッド機構 | モーターの駆動力をエンジンに直結したクランクシャフトに伝達する機構。遊星ギアを使用したものや、クラッチのみによって行うものもある。これまでに複数の自動車メーカーによりさまざまなタイプの機構が開発されている。 | 動力分割機構        |
|                                  |          |   | クラッチ          |
|                                  |          |   | ギヤセット         |
|                                  | モーター     | 高出力タイプの駆動用モーターとモーターを駆動させるためのインバータ回路からなる。ハイブリッド車の種類により、モーターを複数搭載し、そのうち一台を発電機として使用する場合もある。                | 高性能モーター       |
|                                  |          |   | インバータ回路       |
|                                  |          |   | モーターコントローラー   |
| バッテリーシステム                        | バッテリーパック | モーターを駆動させるための電力を貯蔵するバッテリーで、これまで自動車用で使用されてきた鉛蓄電池よりも高いエネルギー密度をもつ。ニッケル水素電池やリチウムイオン電池が採用されている。              | バッテリーセル/モジュール |
|                                  |          |   | バッテリー冷却装置     |
|                                  |          |   | バッテリー管理システム   |

出所：メーカー発表資料や聞き取りにより筆者が作成。

される場合もある。

## 1-2 HV 市場の経緯と現状

トヨタは 1997 年 12 月に世界初の量産型 HV として「プリウス」を発売した。これ以降、他の自動車メーカーもトヨタに続く形で HV 開発・市場投入を行い、すでに HV は、環境対応車としての大きな地位を占めるようになっている。

図表 2 自動車メーカー各社の HV 及び PHV の世界販売台数推移

|                 |     | 2007 年  | 2008 年  | 2009 年  | 2010 年  | 2011 年  | 2012 年    |
|-----------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| トヨタ             | HV  | 429,420 | 42,600  | 530,110 | 690,100 | 628,900 | 1,219,100 |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 170     | 210     | 27,580    |
| ホンダ             | HV  | 43,800  | 47,300  | 151,800 | 186,200 | 197,300 | 231,440   |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| GM              | HV  | 5,175   | 12,389  | 16,726  | 6,760   | 5,228   | 34,950    |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 330     | 8,000   | 28,700    |
| 現代自動車／<br>起亜自動車 | HV  | 355     | 360     | 6,231   | 6,186   | 35,840  | 60,555    |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| ルノー／日産          | HV  | 8,388   | 8,819   | 9,357   | 7,859   | 6,882   | 4,786     |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| フォード            | HV  | 25,108  | 19,522  | 33,520  | 35,496  | 27,114  | 32,543    |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 500     | 690       |
| PSA             | HV  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 22,000    |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| ドイツ系            | HV  | 0       | 220     | 5,940   | 12,700  | 12,750  | 13,240    |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| 合計              | HV  | 512,246 | 131,210 | 753,684 | 945,301 | 914,014 | 1,618,614 |
|                 | PHV | 0       | 0       | 0       | 500     | 8,710   | 56,970    |

出所：FOURIN『世界自動車調査月報』No335、2013 年 7 月を元に筆者作成。

注 ドイツ系は VW／Audi, BMW Mercedes-Benz/Smart, Porsche の合計。

プリウスは 2012 年には発売後 15 年を迎え、累計販売台数は 300 万台を超えた<sup>16</sup>。米国、中国、欧州やその他の地域での販売実績を拡大している。また、プリウス以外のトヨタの HV モデルの販売台数も拡大している。

トヨタに続き、ホンダは 1999 年 12 月に独自のハイブリッド車「インサイト」を日米欧で同時発売した。その後ホンダはトヨタに次ぐ HV 展開を続け、2013 年にはハイブリッドシステムを新開発して市場に投入している。

2013 年現在、トヨタ、ホンダに続き、日産、ダイムラー、ゼネラルモーターズ（以下 GM）、フォード・モーター（以下フォード）、BMW、フォルクスワーゲン（VW）、プジョー&シトロエン（以下 PSA）、ポルシェ、アウディなどが乗用車タイプの HV 展開を進めている。

### リチウムイオンバッテリーとプラグインハイブリッド

HV では、ニッケル水素電池に代わって、より高性能な電池であるリチウムイオン電池の搭載が始まっている。

トヨタが現在販売している HV ではほぼすべてニッケル水素電池が搭載されているが、2010 年に発売したプリウスの 7 人乗りタイプでリチウムイオン電池を採用している。また 2010 年以降の海外メーカーによる HV モデルではほとんどリチウムイオン電池が採用されている。

リチウムイオン電池は、ニッケル水素電池とくらべて充電容量が大きく、小型で大容量の電力を蓄電することができる。このため、外部から電力を充電することで、一定の距離をリチウムイオン電池の電力のみで走行させるプラグインハイブリッド（以下 PHV）の開発と市場投入も進められている。

PHV は、家庭の交流電源により充電を行うため、エンジンを搭載しない EV と同じく充電設備が必要となる。しかしエンジンを搭載しない EV とは異なり、電池の充電量が減少すればエンジンによる走行や発電機を使用した電池への充電が可能になる。このため、PHV は、HV と EV の中間に位置するタイプの自動車となる。

自動車メーカーでは、HV や EV の開発と市場展開とともに、この PHV モデルの市場展開を開始しており、トヨタは 2011 年に「プリウス PHV」を、GM は 2010 年に「シボレー・ボルト」を発売している。トヨタに次いで国内では三菱やホンダが PHV モデルの実用化を果たしている。また、海外でも PHV の普及に期待が寄せられており、VW、BMW などによ

---

<sup>16</sup> トヨタ ニュースリリース、2013 年 7 月 3 日。

る実用化が今後予定されている。

### 1-3 HV 登場の経緯と位置づけ

HV は、内燃機関を使用した従来型の自動車と、新しく実用化可能性が高まっている EV の技術を融合した技術とみることができる。

EV は自動車の主要な機能である走行において、使用する駆動力を従来の内燃機関を使用した駆動から電気モーターによる駆動に変更する技術である。従来の技術と同等のことを異なる技術で行うことができる場合、異なる技術を採用した製品が、確立した市場の既存顧客を奪い、従来の製品の市場を破壊する場合に、そのイノベーションをクリステンセンは「破壊的イノベーション」と呼ぶ。このため、EV は、クリステンセンの指摘する「破壊的イノベーション」となる潜在的な可能性をもっている<sup>17</sup>。

これに対して HV は EV と従来の自動車技術との相克の中で生まれた。このため、HV は、EV という破壊的イノベーションに対抗するために、EV 技術を従来車技術の発展経路上に取り込もうとする「イノベーションの押し込み」とみることも可能となる。このことは、米国カリフォルニア規制<sup>18</sup>が実施される予定であった 1998 年を迎える直前にトヨタが初の量産型 HV プリウスを発売したということに端的に表れている。本稿では、このことを HV の開発の具体例で検討する。

### HV の位置づけ

HV は、ガソリン車などの従来車の技術と電気エネルギーによって駆動する EV の技術を統合したものとしての性格をもっている。その意味で HV は、新旧 2 つの技術の中間に位置している。

自動車メーカーで次世代自動車を開発している担当者の中には、自動車がいずれは、電気をエネルギー源としたものに全面移行するという見方を示す人もいる<sup>19</sup>。日産自動車のある

---

<sup>17</sup> クリステンセン／レイナー（2003）は、「破壊的イノベーションは確立した市場の既存顧客により良い製品を提供する試みではない。むしろ現在手に入る製品ほどには優れていない製品やサービスを売り出すことで、その軌跡を破壊し、定義し直す」としている（40 ページ）。このことは、破壊的イノベーションとなる製品が、当初は既存製品と比べて性能が劣る場合があることを示している。

<sup>18</sup> 1998 年以降、カリフォルニアでの自動車販売台数の 2% の EV 販売を義務付けるとされた規制。その施行は見送られたが自動車メーカーの HV/EV 開発を促した。

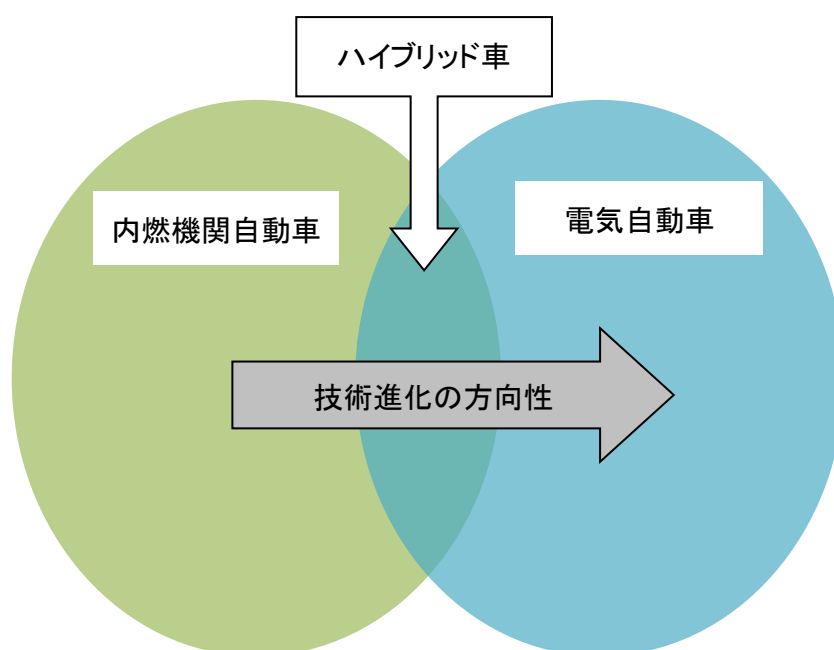
<sup>19</sup> ただし、自動車の駆動力としては、ガソリンや CNG などの化石燃料を使用した内燃機関を使用するものと、電気によるものとは将来にわたって併存するという見方が 2013 年時点で



HV 担当者は次のように述べている。

「自動車メーカーでは、長期的なエレクトロニクスパワートレインの開発を進めている。いずれ自動車は、モーターを駆動源とするエレクトロニクスパワートレインを搭載した自動車に代わらざるを得ないと考えている。モーターを駆動源とするパワートレインができれば、電気自動車や燃料電池自動車の開発が可能になる」<sup>20</sup>。

図表 3 内燃機関自動車と HV/EV の関係



出所：筆者作成。

実際、トヨタの HV では、図表 4 に示すように、すでにエンジンの出力とほぼ拮抗するレベルにまで、モーターの高出力化が進んでいる。このことは、モーターがすでにエンジンに並ぶ駆動力を得るまでにその技術開発が進んでいることを示しており、モーターがエンジンに代替できることを示している<sup>21</sup>。

このようにみえてくると、自動車における駆動源を現在の内燃機関から電気モーターを中心とするエレクトロニクスパワートレインに移行させていくプロセスの中に、HV を位置づけ

は主流になっている。

<sup>20</sup> 2000 年 8 月、日産自動車ハイブリッド車開発担当者への聞き取り。

<sup>21</sup> ただし、モーターの出力がエンジン相当レベルになってもすぐに電気自動車が普及するわけではない。モーターを駆動するための電力（すなわちバッテリーや燃料電池）を確保することが課題になっているためである。

ることができる<sup>22</sup>。

図表 4 HV のエンジン出力とモーター出力

| モデル名             | レクサス RX450h | カムリハイブリッド | レクサス CT200h |
|------------------|-------------|-----------|-------------|
| エンジン最高出力 (ps)    | 249         | 160       | 99          |
| フロントモーター最高出力(ps) | 167         | 143       | 82          |
| リアモーター最高出力 (ps)  | 68          | -         | -           |

出所：トヨタ資料より筆者作成。

#### カリフォルニア規制の役割

異質な技術を外部から取り込むには、「技術の吸収能力」(absorptive capacity)が必要となると、Cohen and Levinthal (1990) は主張している。Cohen and Levinthal (1990)によれば、技術の吸収能力はその企業がすでに保有している技術に依存し、外部に存在するまったく異質な技術を吸収することはむずかしいという。外部からの技術の導入に対して、企業が戦略的に異質な技術の吸収を行わない可能性も指摘できるが、Cohen らの主張は、技術の吸収を行うための情報探査の範囲が、一般にはすでに保有するコア技術の周辺に限られ、異質な技術に対しては行われない可能性を重視している。

もし Cohen and Levinthal (1990) の議論が正しいとすれば、内燃機関をコア技術とする自動車メーカーによる HV 開発が可能になったのはなぜか。その理由は、そもそも HV が EV 開発の延長の中から生まれたという経緯を考慮すれば明らかである。

EV 開発の契機となったのは、1998 年に実施される予定であったカリフォルニアにおける EV 規制である。このとき自動車メーカーは、法的規制の下に EV 開発を余儀なくされた。EV の開発は外部から法的に要請されたものであり、そこから、その後の HV や EV へのエレクトロニクスパワートレインへの進化が開始されている。

外部からの技術の吸収能力は、企業がすでにもっている技術範囲に限定されるという

<sup>22</sup> 電気は内燃機関以外にも風力、燃料電池発電、太陽光発電などさまざまな方法で発電することができるため、駆動源を電気モーターに移行することはエネルギーの多様化を可能にするメリットがある。

Cohen and Levinthal (1990) の議論を前提とすれば、自動車メーカーが外部のまったく異質な技術を取り込むプロセスは自然発生的には実現しなかったかもしれない。しかし、カリフォルニア規制という外圧がそれを可能にした。米国カリフォルニア規制は、その意味で大きな役割を果たしている。

次節では、トヨタや日産、ホンダの国内メーカー、さらに米国メーカーのフォードおよび GM について HV 開発の取り組みを概観する。また各企業が HV で必要な電池調達について、どのような企業間関係を構築しているかを分析する。

## 第2節 HV 開発における企業間関係

### 2-1 トヨタの企業間関係

トヨタの HV 開発は、松下グループ（現パナソニックグループ）との合弁による「パナソニック EV エナジー」（以下 PEVE と表記）<sup>23</sup>の設立からスタートしている。

PEVE は、1996 年 12 月 11 日に、トヨタ自動車 40%、松下電池工業および松下電器産業の松下グループ 60%の出資により設立され、設立当初は松下電池工業の役員が社長に就任している<sup>24</sup>。2005 年には、トヨタは PEVE への増資を実施しトヨタが 60%、松下グループが 40%の出資比率となり<sup>25</sup>、2006 年 6 月にはトヨタの林芳郎氏が社長に就任している。さらに 2010 年第三者割当増資を実施し、出資比率はトヨタ 80.5%、パナソニックグループが 19.5%となっている<sup>26</sup>。

松下電池工業は、1979 年に松下電器産業から分離独立した電池専門企業である。

PEVE 設立の目的は 1997 年に発売される初の HV モデルであるプリウスへのニッケル水素電池パックの生産と供給で、その時点では EV 用の電池供給も想定していた。

松下電器産業はトヨタのサプライヤーで組織される協豊会に属するサプライヤーである。しかし、それまでは従来車に採用される電子部品などの供給が主なものであった。HV の走行性能を左右するような基幹技術として、ニッケル水素電池をトヨタ向けに供給するということは、従来の取引とは異なる位置づけを担う。

---

<sup>23</sup> パナソニック EV エナジーは、2010 年 6 月、「プライムアース EV エナジー」に改称した。ここでは、同社設立の経緯を述べるために旧称を使用した。ただし略称 PEVE は改称後も継続しているため、本稿では PEVE を略称として使用する。

<sup>24</sup> トヨタ自動車プレスリリース、1996 年 12 月 11 日。

<sup>25</sup> トヨタ自動車プレスリリース、2005 年 10 月 5 日。

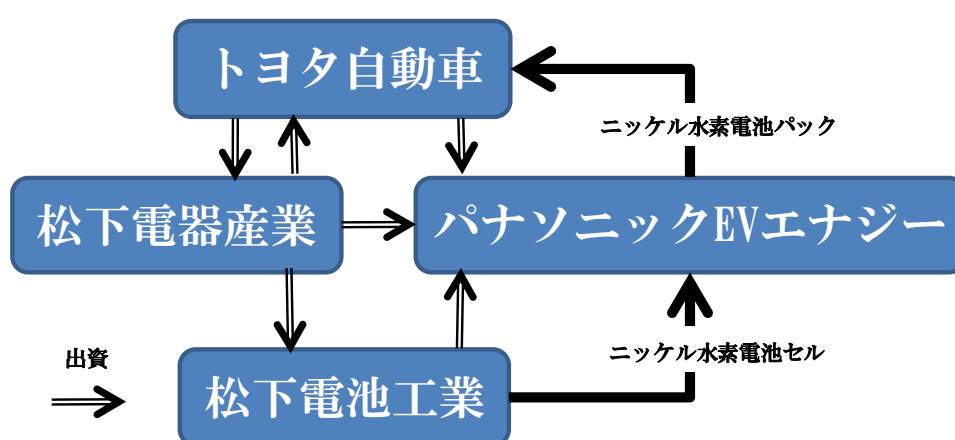
<sup>26</sup> 『日本経済新聞』電子版、2010 年 3 月 30 日。

その後、PEVE は、トヨタの HV に採用されているニッケル水素電池の電池パックを全量生産している。

PEVE とトヨタとの取引関係をより詳しくみると図表 5 に示すようになる。PEVE は、出資会社のひとつである松下電池工業から電池セルを購入し、それを電池パックにしてトヨタに納入する。

電池セルは、バッテリーを構成する基本となるもので、その量産技術には電池メーカーの量産ノウハウが重要となる。

図表 5 トヨタの車載用電池調達における企業間関係（1997 年頃）



出所：トヨタ自動車プレスリリースにより筆者が作成。

一台の HV や EV には数百ボルトという高電圧の車載用電池を必要とする。しかし、電池セルの製造単位は、ニッケル水素の場合は 1.2 ボルト、リチウムイオンの場合は 3.0 ボルトが最大となる。このため、電池セルを数百個直列に配列することで所定の電圧を構成する。図表 6 に示すように、初代プリウスの場合は、いわゆる単一型の円筒型電池セルを 6 個直列にした電池モジュールを、さらに 40 本直列にした構造をとった、288 ボルトのニッケル水素電池を搭載している<sup>27</sup>。

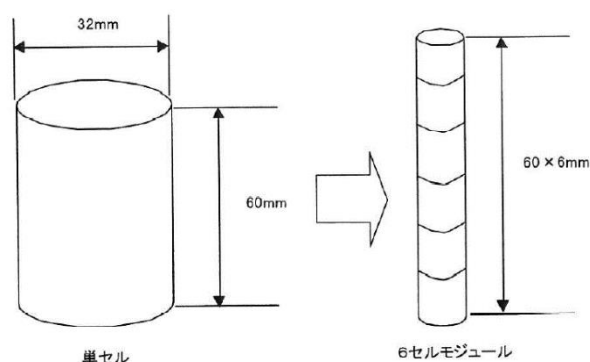
多数の電池セルを直列配列した電池は一般に「組電池」と呼ばれる。組電池は、電池セルをひとつだけ使用した場合とは異なり、個々の電池セルの充放電を「電池管理システム」によって管理しなければ組電池全体の性能が著しく低下する。

<sup>27</sup> バッテリーモジュールを複数直列に接続し、バッテリー管理システムなどを組み合わせたものをバッテリーパックと呼ぶ。初代プリウスの場合のバッテリーパックはセル 1.2 ボルト×6×40 モジュール＝288 ボルトとなる。

この電池管理システムの技術は、鉛蓄電池メーカー<sup>28</sup>やトヨタが保有していないものであり、パナソニックのエレクトロニクス技術が必要になっている。

電池セルは、正極と負極が化学反応によって電荷をやりとりすることで電力を蓄積する。化学反応は、一般に物質と物質との関係において自然に進むものであり、外部から直接的に制御することはできず、反応が進む環境を外部から整えることで制御する。このような技術は、対象への関与で直接制御できる物理現象による機械技術や電子技術とは大きく異なる。自動車メーカーが蓄えてきたコア技術とは異質な技術である。

図表 6 初代プリウスに搭載されたニッケル水素電池モジュール



出所：矢野経済研究所(1998) 61 ページ。

パナソニックのある幹部は次のように指摘する。

「電池の量産には、非常に高い精度が必要となる。セルひとつひとつの寸法形状、内部の電極の材質や表面状態などにより、セルの性能が大きく異なってしまう。化学反応を制御するには、物理的現象を制御するのとは異なる技術が必要である」<sup>29</sup>。

実際、車載用電池の開発では実験室レベルでの性能と量産時の性能が大きく異なることがよくある。これが高性能電池の開発が遅れる最も大きな理由であり、電池セルを大量に使用する HV 用電池ではこの傾向が強い。PEVE が電池セルを電池専門の松下電池工業（のちパナソニック）から調達するのにはこのような理由がある。

<sup>28</sup> 鉛蓄電池も同様に複数のセルを直列配列するバッテリー構造をもっている。しかし鉛蓄電池は 14 ボルトと電圧が低いいためバッテリー管理システムは必要でない。

<sup>29</sup> 2003 年 9 月、松下電池工業 バッテリー開発担当者からの聞き取り。

そして、PEVE の電池パック開発は、トヨタの技術者との共同開発によって進められた。具体的な HV モデルへの電池搭載方法を含めて電池の性能を維持するための電池パック冷却方法、電池モジュールの形状などでは、トヨタのモデル設計との綿密な擦り合わせが行われる。

電池セルの充放電を管理する電池管理システムは、PEVE がパナソニックの技術者の関与のもとで開発した。その後 HV の生産規模拡大とともに、電池管理システムは、デンソーが「バッテリーECU」として小型化、集積化している<sup>30</sup>。現在ではバッテリーECU はモーター制御用の ECU を一体化し HV-ECU としてデンソーが生産している<sup>31</sup>。

パナソニックとトヨタによって進められた HV 用電池パックの開発には、トヨタグループ内のデンソーがもっている半導体技術が活用されている。中核企業であるトヨタが、グループ企業のもっているコア技術を生かし、HV 開発を進めていることがわかる。

トヨタの HV では、2013 年 12 月現在、リチウムイオン電池の採用が一部で始まっている。

現在搭載されているリチウムイオン電池の開発は、トヨタ社内のエレクトロニクス&ハイブリッド車エンジニアリング部門において、外部からの出向技術者多数を含めた電池システム設計グループによって行われている。ここにはパナソニック及び PEVE の技術者も含まれており、HV 用ニッケル水素電池で蓄積されたノウハウが生かされている。

ここで重要な点は、トヨタがリチウムイオン電池の開発を自ら手がけていることである。リチウムイオン電池の実用化には安全性の問題が重要で、大電圧の電池が必要となる自動車用途ではとくに高い安全システムの開発が求められる。このためトヨタが直接関与してその開発を進めている。

今後、リチウムイオン電池は、後述する EV 用として重要となるとともに、HV においてもニッケル水素電池に代わって採用が進むことになると予想される。

このため、トヨタは PEVE と共同開発した HV 用のリチウムイオン電池を PEVE から調達する<sup>32</sup>。

また、リチウムイオン電池の HV や EV 用での本格的な採用に先立ち、パナソニックは民

---

<sup>30</sup> 当初 PEVE が回路基板上に複数の電子部品を集めて生産していた電池管理システムを、デンソーが半導体に集積化することで小型化を実現している。回路基板上に形成する電池管理システムの回路構成と回路基板の生産技術などは PEVE による知財にあたるが、半導体上でそれを実現して ECU に集積化して量産する生産技術はデンソーが保有する。

<sup>31</sup> ECU は、エレクトロニクスコントロールユニットで、ここでは電池管理システムをマイクロコンピュータで制御するユニットを指す。

<sup>32</sup> パナソニック プレスリリース、2012 年 9 月 24 日。

生用リチウムイオン電池で高い実績をもつ三洋電機を 2009 年 9 月 1 日、子会社化した。これにより、パナソニックは旧三洋電機の技術を獲得して、2012 年 1 月 30 日、車載用リチウムイオン電池を実用化し、トヨタのプリウス PHV に供給している。

トヨタは、HV の基幹技術を担う電池開発において、トヨタグループ内のサプライヤーだけでなく、従来はあまり重要な部品での取引のない企業との共同開発やトヨタ自身の開発を行っている。

このトヨタの HV 用電池開発の企業間関係の特徴は次の 3 点である。

- 1) トヨタの HV 用電池開発において、基幹的な要素技術（電池セル）を、従来から取引関係があるが、必ずしも主要な系列サプライヤーではなかった企業（松下電池工業）から取り込んでいる。
- 2) 調達した技術をもとに、トヨタは従来からの主要な系列サプライヤー（デンソー）を巻き込んで HV 関連（ECU）技術開発を行うとともに、自社内でさらに技術開発を進めている。
- 3) トヨタは技術の取り込みによって獲得した技術とトヨタ自身の開発を加えてサプライヤーでの生産、開発を行う。これにより異質な技術をもつ企業との強い関係構築を進めている。

ここで注目されるのは、HV の開発において、電池メーカーとも従来からのサプライヤーシステムにおける技術開発の方法を適用して、トヨタ自身も参画した擦り合わせの技術による HV 開発を行っていること、共同開発に参画したサプライヤーと長期の関係を築き、その関係を保証していること、同時にトヨタ自身が、電池の新規技術開発を進め、それを内製することでサプライヤーに新規の技術を採用するシナリオを提示していることである。

このうち、トヨタの内製は、「トヨタは基本的な部品は内製する」として、これまでよくいわれてきたことである。この内製は、一般的には、量産時のコスト管理を行うためとされている<sup>33</sup>。しかし、異質な技術を導入する場合にはトヨタ自身が新しい部品や部材の内製を

---

<sup>33</sup> トヨタの内製については、トヨタが「技術の手の内化」と呼んでいることを『トヨタ自動車 75 年史』（ウェブ版）の中で明らかにしている。その目的は技術のブラックボックス化を防ぐとともに、同様の部品を外部から調達する際に調達先の提案内容を正しく理解・評価し適正な原価・品質を確保することにある。

[http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/leaping\\_forward\\_as\\_a\\_global\\_corporation/chapter2/section1/item3\\_b.html](http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/leaping_forward_as_a_global_corporation/chapter2/section1/item3_b.html)

限定的に行ってその技術に対するトヨタの姿勢を明らかにすることは、トヨタの技術開発の重要な要素となっている。

本稿の課題である企業間関係の点からみると、HV 開発を巡るトヨタとパナソニックの関係では、トヨタが主導権をもっていることに特徴がある。またこの関係は、従来のサプライヤーを活用している。HV 技術は、自動車の基幹技術であるが、トヨタにおけるその技術マネジメントはサプライヤーとの関係を軸として構築されており、この企業間関係は、従来からのサプライヤーとの企業間関係の延長に位置づけることができる。

## 2-2 日産の企業間関係

日産は、トヨタに続き、独自の HV モデルとして 2000 年 3 月、「ティーノハイブリッド」を発売した。しかしこのモデルは限定販売にとどまり、その後トヨタとの提携に基づいてトヨタの HV システムを採用した米国向けの「アルティマハイブリッド」を 2006 年 10 月に発売した。

その後、日産は改めて独自の HV システムを開発し、2010 年 11 月に「フーガハイブリッド」を発売している。

日産の HV 開発の大きな特徴は当初からリチウムイオン電池を採用していることである。リチウムイオン電池の開発において、日産は 1990 年代にソニーとの共同開発を進めていた。しかし、その後ソニーは、EV などで使用できる大容量リチウムイオン電池の開発から撤退し<sup>34</sup>、日産は再びリチウムイオン電池開発のパートナーを探すことになる。

日産が、ソニーの次に選択した車載用電池開発のパートナーは、日立製作所の関連会社である新神戸電機であった。米国カリフォルニア規制への EV 対応では、日産は新神戸電機の開発・生産したリチウムイオン電池を搭載した。また、ティーノハイブリッドでも、新神戸電機のリチウムイオン電池を搭載した。

その後、日産はしばらく HV 開発を中断する。しかし、先行するトヨタとの差別化のためにリチウムイオン電池の開発は継続して行われていた。日産のバッテリー開発の担当者はこう述べた。

---

<sup>34</sup> ソニーはリチウムイオン電池を開発し実用化した最初のメーカーで、携帯電話やノートパソコンで使用されるリチウムイオン電池の大手メーカーである。しかし、リチウムイオン電池には安全性の問題が常にあり、爆発による人的被害の可能性がある。ソニーの撤退は大電圧で使用するリチウムイオン電池の安全性に対するリスクを考慮してのものとみられている。



「日産の HV における最大の強みは、当初からリチウムイオン電池の搭載を目指していたことである。リチウムイオン電池の安全性については、限定生産となったティーノハイブリッドによってくり返し行った走行試験で十分なデータを蓄積している。HV の実用化においては、トヨタに先行されたが、できれば量産型 HV におけるリチウムイオン電池の採用においてはトヨタに先行した製品化を行いたいと考えている」<sup>35</sup>。

日産は、2007 年 4 月、新たに NEC との合弁で、自動車用リチウムイオンバッテリーの生産会社オートモーティブエネルギーサプライ（以下 AESC と表記）を設立している。設立当時の AESC の資本金は 4 億 9000 万円で、日産が 50%、NEC が 42.5%、NEC トーキンが 7.5% を出資する<sup>36</sup>。NEC トーキンは NEC が 66.6%出資する電子デバイスメーカーであり、携帯電話向けなどの小型リチウムイオン電池を生産・販売している<sup>37</sup>。なお、日産の持ち分は 2009 年度に 51%に引き上げられ、AESC は日産の子会社となった<sup>38</sup>。

NEC トーキンは新会社 AESC にリチウムイオン電池セルを供給し、AESC は日産向けのリチウムイオン電池パックを生産する<sup>39</sup>。この AESC のリチウムイオン電池を採用して、日産は 2010 年に「フーガハイブリッド」を実用化している。AESC のリチウムイオン電池は、その後日産の量産型 EV で採用されることになる。

電池セルの量産はノウハウをもつ NEC トーキンが担当し、自動車用の性能確保では、日産が関与する AESC がその役割を担う構図は、トヨタが採っている電池開発と同じである。

ここで重要な点は、日産は、これまでソニー、新神戸電機という 2 つのリチウムイオン電池メーカーとの共同開発の中で、リチウムイオン電池の技術を吸収し、それを自社内の開発に生かしていることである。

日産は 2006 年に厚木にあるテクニカルセンターを拡充し、これまでの「先行開発グルー

---

<sup>35</sup> 2005 年 4 月、日産自動車ハイブリッド開発担当者からの聞き取りによる。

<sup>36</sup> 『日経エレクトロニクス』2007 年 4 月号。

<sup>37</sup> 日産が NEC との連携を行った背景には、NEC トーキンが開発・生産しているリチウムイオン電池が他メーカーとは構造と材料の面での違いがあるためである。このため日産の開発しているリチウムイオン電池は薄型で安全性が高いという特徴があり、トヨタがこれまでに開発しているリチウムイオン電池とは違う系列に属する。

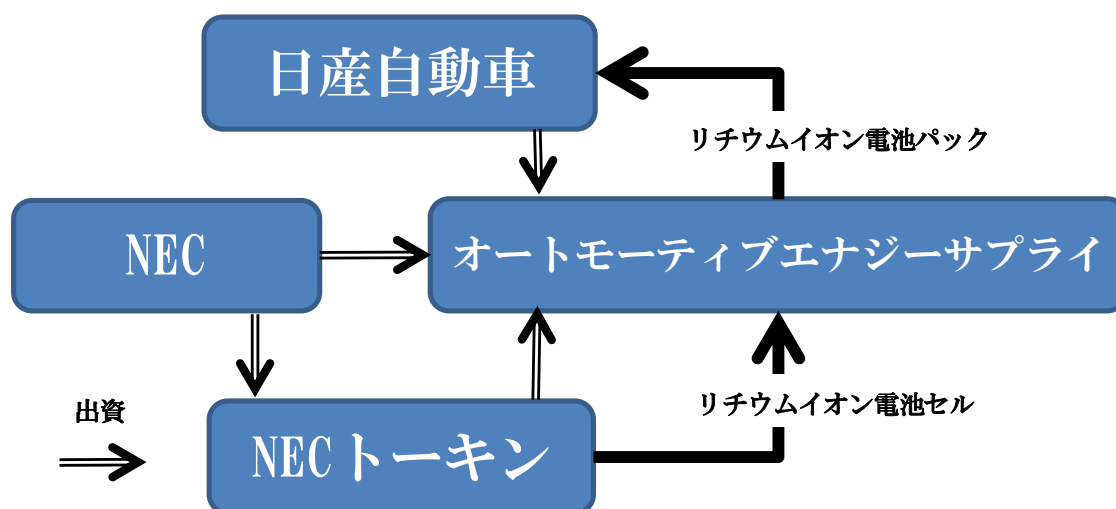
<sup>38</sup> 日産自動車ニュースリリース、2008 年 5 月 19 日。

<sup>39</sup> NEC は 2010 年 11 月 NEC トーキンを分社化し電池生産部門を 100%子会社の NEC エナジーデバイスとして設立した。現在、AESC は日産 51%、NEC42%、NEC エナジーデバイス 7%の出資比率となっている。

プ」を3年先の実用化ステージの開発担当に編成替えし、さらに5～10年先の実用化を目指す開発単位として「日産アドバンステクノロジーセンター（NATC）」を設立している。

このNATCでは、HV/EVの開発部門を集約し、車載用電池やモーターなどの要素技術の開発を行っている。日産は、吸収した電池技術を内部化し、開発を続けることで、技術的優位を確保している。

図表 7 日産の車載用電池調達における企業間関係



出所：日産自動車プレスリリースにより筆者が作成。

日産はトヨタと比べて、車載用電池技術の確立が大幅に遅れ、これがHV開発の遅れに繋がった。その要因は、当初からニッケル水素電池よりも高い性能をもつリチウムイオン電池の採用を目指したことや、電池開発のパートナーが安定していなかったことにある。

しかし結果的に、早くから高性能なリチウムイオン電池の開発を進めたことで、現在のEV展開につながっている。

日産とAESCおよびNECとの企業間関係も、トヨタの場合と同じく、日産が主導権をもった開発を行い、日産がAESCを子会社化することで日産が優位にたっている。

### 2-3 ホンダの企業間関係

ホンダも独自のHVシステムを搭載した「インサイト」を1999年11月「シビックハイブリッド」を2001年12月市場展開している。

車載用電池については、ホンダは当初、特定のメーカーとの共同開発や提携は行っていない。シビックハイブリッドで使用するニッケル水素電池は、一時は **PEVE** からの供給を受けている。

また **2004** 年から **2007** 年まで米国で販売していた「アコードハイブリッド」では、ニッケル水素バッテリーを三洋電機から調達しており、トヨタや日産のように特定の電池メーカーから電池を調達する体制をとっていなかった。

ただ、車載用電池セルを電池パックにする工程については、ホンダは自社内部の技術と系列の電装メーカー、ケーヒンとの共同開発によって進めている。電池管理システムはケーヒンが **ECU** を開発・生産している。

その後ホンダは、**2013** 年にリチウムイオン電池を採用した新しい **HV** システムを市場展開している。同社は **2009** 年 **4** 月、**GS** ユアサコーポレーション（以下 **GS** ユアサ）と合併で「ブルーエナジー」を設立し、そこから車載用リチウムイオン電池を調達している。ブルーエナジーの出資比率は **GS** ユアサが **51%**、ホンダが **49%**となっている<sup>40</sup>。

ブルーエナジーは、**GS** ユアサの電池セルを使用し、電池パックを生産する。バッテリー **ECU** の開発では **GS** ユアサやケーヒンとの共同開発が行われている。

ブルーエナジーからのリチウムイオン電池調達による **HV** として、**2012** 年に「シビック **HV**」や「フィット **HV**」を、さらに新開発の **HV** システムを搭載した「アコードハイブリッド」を **2013** 年に発売している。

ホンダによる **HV** 開発においても、リチウムイオン電池の採用においては、トヨタ、日産と同じく、電池専門メーカーとの新規の協力関係を構築している。ホンダは電池開発において主導権をもち、ブルーエナジーに対して優位な位置にあるといえることができる。

トヨタ、日産、ホンダ **3** 社の **HV** 開発における電池メーカーとの企業間関係の共通点は以下のとおりである。第一に、自社にない電池技術を外部の電池専門メーカーに求めていること。第二に、特定の電池メーカーを囲い込み、閉鎖的取引関係を構築していること。第三に、電池パック生産の合併事業を多数所有によって支配していること。こうして、いずれの場合でも、「強固な」関係構築が行われている。

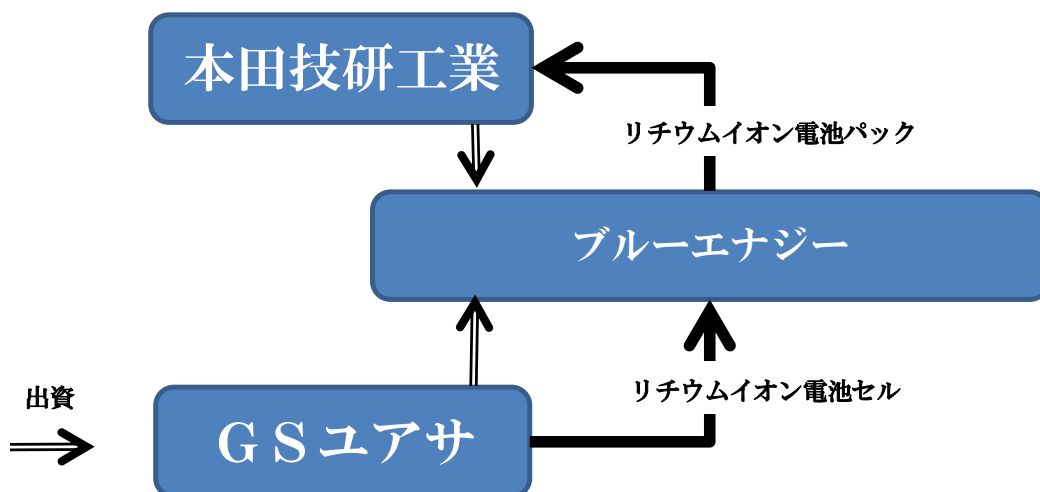
また、**3** 社ともその取り組みに共通していることは、従来車の開発・生産において関係のある系列サプライヤーを活用していることである。すなわち、トヨタはデンソーとの共同した取り組みを行っている。日産も日立製作所系列の新神戸電機の電池を一時期採用している。

---

<sup>40</sup> ホンダニュースリリース、**2009** 年 **3** 月 **24** 日。

またホンダもケーヒンによる ECU 開発に依存している。いずれのケースも自動車メーカー各社が日本型サプライヤーシステムの中で系列化してきた企業との関係を利用している。この意味で、3社の取り組みは、日本型サプライヤーシステムを利用した従来の取り組みの延長に HV 開発を位置づけるものであると言える。

図表 8 ホンダの車載用電池調達における企業間関係



出所：ホンダニュースリリースにより筆者が作成。

## 2-4 米国自動車メーカーにおける企業間関係

### フォードの企業間関係<sup>41</sup>

海外メーカーにおいても HV の開発が進められ、すでに販売されている。海外メーカーとくに米国メーカーの HV 開発では、フォードと GM が電池メーカーと協力した HV 開発を行っている。

フォードは米国メーカーとしては最もはやく米国において HV を実用化しており、2004 年に初の HV モデル、「エスケープハイブリッド」を発売している。

エスケープハイブリッドの HV 用電池パックは、三洋電機のニッケル水素電池を採用している。三洋電機はフォードへの電池供給によって初めて HV 用電池ビジネスに参画した。

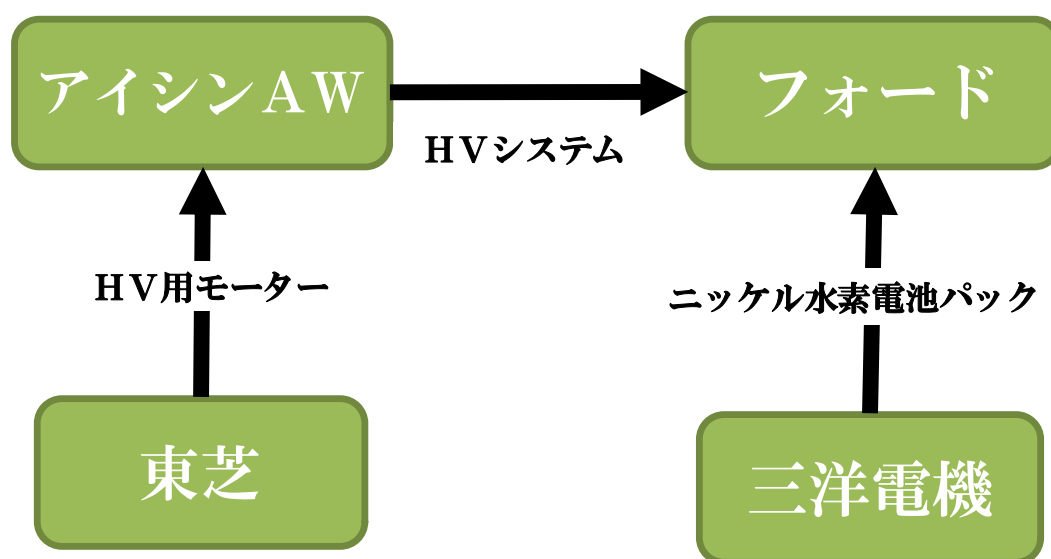
なお、フォードは三洋電機のニッケル水素電池だけでなく、HV システムや HV 用モーターもそれぞれアイシン AW、東芝から調達している。

フォードの HV 展開は、このようにフォード自身が開発に積極的な関与をしていないこと

<sup>41</sup> この項に述べる事実関係は矢野経済研究所（2003）による。

が大きな特徴で、ハイブリッドシステム<sup>42</sup>や HV 用電池はいずれも外部からの調達となっている。フォードのデトロイトにある開発センターでは 2006 年当時、フォードの傘下にあったマツダの技術者が HV 開発を行っていたが、フォード本体による HV 開発への関与は極めて限定的なものにとどまっている。

図表 9 フォードのエスケープハイブリッド開発における企業間関係



出所：矢野経済研究所（2003）により筆者が作成。

その後フォードは、エスケープハイブリッドと同じタイプのハイブリッドモデルを多数市場展開して米国メーカーでは HV においてもっとも高い実績を上げている。

また、2012 年には、新たにリチウムイオン電池を使用した HV を市場展開している。この HV ではすでにフォード自身が HV システムの開発・生産を行っており、リチウムイオン電池をパナソニックから調達している。ここでもフォードは、電池を外部のメーカーから調達しており、電池メーカーとの特別な企業間関係は構築していない。また新開発の HV でも HV 用モーターは東芝からの調達となっている。

フォードにおける HV 開発の特徴は、先に示したトヨタ、日産、ホンダとは異なり、フォード自身の開発への関与がなく、HV システムや電池の調達はあくまで専門企業から市販品を調達するという姿勢をとっている。

<sup>42</sup> ハイブリッドシステムは、トヨタとの提携によりトヨタのハイブリッドシステムをアイシン AW から調達している。

## GM の企業間関係

GM は、2006 年に自社開発の HV モデル、「シボレーシルビレオハイブリッド」、「サターンビューグリーンラインハイブリッド」を発売している<sup>43</sup>。

またダイムラー・クライスラー（現ダイムラーとクライスラーに分離）及び BMW との共同開発による「2 モードハイブリッドシステム」<sup>44</sup>を発表し、これを搭載した HV を実用化している。このモデルでは当初米国のニッケル水素電池メーカーコバシス社からの電池調達を想定していたが、コバシス社の経営環境が悪化したため、わずかに発売されたモデルでは PEVE のニッケル水素電池を採用している。

GM の HV 展開はその後大きな進展はなく、発売した HV モデルの販売台数は伸び悩み、成功には至っていない。

GM による HV 展開で注目されるのは、2010 年に発売した PHV モデル、「シボレー・ボルト」である。シボレー・ボルトでは、韓国 LG 化学のリチウムイオン電池を採用している（第 2 章で後述）。

GM は、2007 年に相次いでリチウムイオン電池メーカーとの共同開発を発表していた。まず、2007 年 1 月には、GM は、米国のベンチャー企業、A123 システムズ社との共同開発を発表した。しかし、GM のリチウムイオン電池開発のパートナーはこれだけではない。

サターンビューグリーンラインハイブリッド向けにニッケル水素電池を納入しているコバシス社ともリチウムイオン電池の共同開発を行っている。コバシスはニッケル水素電池の量産実績を生かしてリチウムイオン電池の開発を行っている。同社がすでに保有している電池管理システムなどの技術をリチウムイオン電池向けに適用する開発が行われている。

さらに GM は 2007 年 6 月に、コンパクトパワー社やコンチネンタルオートモーティブシステムズ社<sup>45</sup>とのリチウムイオン電池システムの共同開発を発表した。

GM はこれら複数の電池メーカーの電池を評価し、2007 年 1 月、結論として LG 化学の電池セルおよびコンパクトパワーの電池パックを採用することに決定した。

コンパクトパワーは、韓国のリチウムイオン電池メーカー、LG 化学の子会社で、LG 化学の電池セルを使用したリチウムイオン電池パックを生産している。LG 化学の担当者は、GM

---

<sup>43</sup> この HV は簡易型 HV と呼ばれ、トヨタの HV と比べて燃費低減の効果は低かった。

<sup>44</sup> トヨタのハイブリッドシステムに対抗するハイブリッドシステムとして開発されたが、普及は進んでいない。

<sup>45</sup> コンチネンタルオートモーティブシステムズは電装品メーカーであり、電池技術は保有していない。電池管理システムの開発を担当しているが、コンパクトパワーとは共同で開発に取り組んでいない。

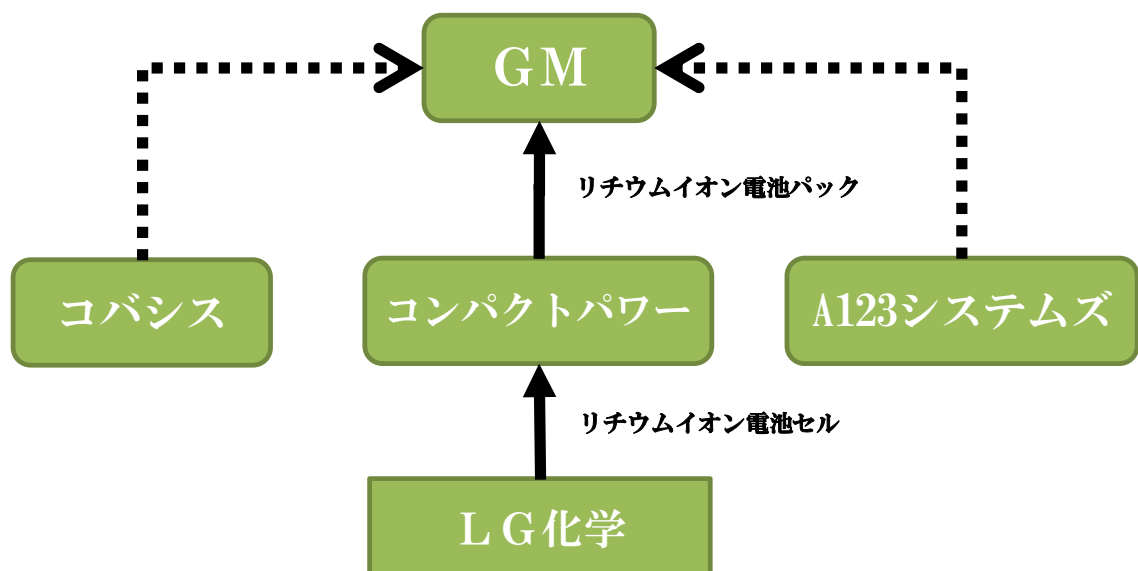
とのこの開発契約について、次のように述べている。

「GM との開発契約は、あくまで開発契約であって、採用が保証されるものではなく、期間も数年に限定したものである。またバッテリー開発は、A123システムズやCobasys、コンチネンタルオートモーティブシステムズなどと共同で行うのではなく、当社の関連企業コンパクトパワーと GM との 1 対 1 のものである。GM からは、HV に必要なリチウムイオン電池パックのスペックを指定され、スペックを満足する電池パックの開発が求められているだけである」<sup>46</sup>。

また、電池パックの開発について、LG 化学の担当者はこう指摘した。

「車載用に必要な電池パックについてのノウハウは、当社と関連会社コンパクトパワーはもっていない。当社はあくまで電池セルを開発するノウハウしかないため、今後はどこか車載用電池パックの技術的ノウハウをもっている企業と連携して開発をすすめるしかない」。

図表 10 GM の車載用リチウムイオンバッテリー開発における企業間関係



※企業間の点線は、開発契約のみを表し、結果的に採用されていない。

出所：各種報道や聞き取り調査により筆者が作成。

<sup>46</sup> 2007 年 3 月、LG 化学、日本バッテリー研究所での聞き取り。

GM におけるリチウムイオン電池開発の特徴は、これら複数の電池メーカーとの関係からみると、3 社を競わせ、もっとも優れたリチウムイオン電池を開発した企業 1 社から調達するという姿勢にある。また、重要なことは、このリチウムイオン電池開発において、GM 自身はほとんど関与せず、指定したスペックを満足する電池パック開発を電池メーカーに任せているという点である<sup>47</sup>。

GM は LG 化学からの電池調達によって、2012 年には、初の PHV モデルとしてシボレー・ボルトを発売する。この PHV モデルは、トヨタの HV モデルであるプリウスとは構造が大きく異なり、ほとんどの走行を電気モーターのみで行うことに大きな特徴がある。このためシボレー・ボルトは EV とみることも可能で、GM と LG 化学との関係は、本稿第 2 章でさらに詳細に検討する。

### 第 3 節 異質な技術の統合とサプライヤーシステム

本節では、本章のまとめとして、HV 開発における自動車メーカーとサプライヤーとの間の企業間関係と特徴を明らかにする。

自動車メーカーは、HV 開発のプロセスにおいて、HV の基幹技術において従来保有していない異質な技術を外部から導入している。この異質な技術の取り込みにおいては、自動車メーカーと車載用電池メーカー、自動車メーカーと電気モーターメーカー、さらに自動車メーカーとエレクトロニクスメーカーといった企業間関係が構築されている。しかし、前節で示した各メーカーの HV 開発とその市場展開をみると、日本のメーカーと米国メーカーとでは、異質な技術を取り入れるための企業間関係に大きな違いがあることがわかる。

#### 3-1 企業間関係の日米比較

トヨタの HV 開発では、HV の基幹技術となるニッケル水素電池において外部の企業と共同開発を行い、トヨタ自身も開発にかかわり、外部の新しい技術を自社固有の HV 技術にまとめ上げている。

---

<sup>47</sup> GM がそれぞれリチウムイオンバッテリー開発契約を結んでいるコバシス、A123 システムズ及びコンパクトパワーは、同じリチウムイオンバッテリーの開発といっても電極材料、バッテリー構造などがそれぞれ異なっている。GM は異なる技術の開発をそれぞれ別々のメーカーに委託して、どの技術が実用化に適しているかを判断し、いずれが成功してもそれを採用することが可能となる姿勢をとっていることになる。



図表 11 トヨタ（日本）と GM（米国）の HV 開発にみる企業間関係

|      | トヨタ（日本）                     | GM（米国）                            |
|------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 企業数  | 要素技術毎に特定の 1 社を重視            | 同じ要素技術を複数の企業に依頼                   |
| 技術情報 | 双方の技術情報の流通が活発。              | GM からの技術情報の提示はない。                 |
| 関係性  | トヨタが開発に関与し、固有の技術開発が可能       | 単なる開発契約で GM は開発に関与しない             |
| 取引   | 開発段階から製品投入時の取引がある程度保証されている。 | 開発と調達とは別であり、開発契約が必ずしも採用に繋がるわけでない。 |

出所：聞き取り調査などを元に筆者作成。

この外部からの異質な技術の取り込みにおいては、日本型サプライヤーシステムとして知られるサプライヤーとの強い関係がみられる。外部からの異質な技術の吸収においても、トヨタは特定の外部企業との間で長期的取引を前提とする濃密な関係を築いている。

これに対して、GM の HV 開発の姿勢は、外部からの異質な技術の取り込みにおいて、外部の企業にその開発を委託し、開発がうまくいきコストの点で満足できるものが開発された場合に採用を決めるという方式をとっている。フォードの調達においても、外部の技術をそのまま調達する関係となっている。この関係は、米国自動車メーカーが、サプライヤーとの関係において、短期的取引を基調とし、複数企業のコスト競争を促し、もっとも価格の低いものを調達するという、従来から指摘されてきた米国型サプライヤーシステムに整合的となっている。

### 3-2 異質な技術の内部化

HV 開発における日米の自動車メーカーの企業間関係における相違は、HV の研究開発の違いにも現れている。

欧米の自動車メーカーと比較して、日本の自動車生産システムにおいては、中核企業とサプライヤーとの関係において特徴的な関係性が保持されている（序章第 2 節）。日本型サプライヤーシステムでは、サプライヤーの研究開発への参画が大きな特徴になっている。

西口（2000）は、サプライヤーの技術者が自動車メーカーの開発研究機関に常駐して、共

に研究開発を行うゲスト・エンジニアの制度があることを明らかにし、この制度を通じて、常に関連企業以外のエンジニアとの開発研究現場における技術知識の共有がおこなわれ、イノベーションを生み出しているという。

HV 開発においても、トヨタでは自社の技術者と PEVE の技術者が共同して電池管理システムや電池パックの開発に取り組んでいることを第2節で示した。

藤本（1998）は、日本型サプライヤーシステムでは、自動車メーカーがサプライヤーに研究開発と量産を「まとめてまかせる」ことで、サプライヤーの能力構築が行われていることを明らかにしている。この方式は HV においても行われており、HV 開発では、サプライヤーに技術開発を「まとめてまかせる」とともに、トヨタ自身が異質な技術に関与している。

一方、同じ HV 開発において欧米メーカーの取り組みは、日本企業とは異なるアプローチをとっている。

第2節で述べたように、韓国のリチウムイオン電池メーカーLG 化学と GM との HV 用電池開発においては、①LG 化学単独で GM が指定するスペックの電池パックを開発すること、②開発契約はあくまで一定期間に限定的であること、③LG 化学と他の電池メーカーとの共同開発としての取り組みは想定されていないこと、などの特徴があった。

このことからいえることは、GM は、HV で使用する電池パックの開発には直接に介入することはなく、専門業者の開発に任せていることである。さらに、GM は、同じリチウムイオン電池の開発を複数のメーカーに依頼し、もっとも優れたもののみを採用するという方針であることが窺える。

このようにみると日本の自動車メーカーと米国とくに GM との HV 開発における違いは明らかである。HV 開発において、自動車メーカーが異質な技術を吸収し、新しい技術を自ら蓄積してさらなる技術開発を進める方式は、国内自動車メーカーに特有な方式である。このような方式にはどのような意味があるのか。

自動車メーカー自身が異質な技術に関与し、それを吸収することにより、単一の主体のもつて双方の技術を統合すること、およびが蓄積した技術を新しいコア技術として育成することが可能になる。これが、HV のような統合技術を必要とする技術開発にとっては重要なプロセスになる。

この日本の方式を「技術の蓄積」、単に外部の技術を使用する米国型の方式を「技術の利用」と呼ぶことにする。

トヨタは、HV 開発の段階で吸収して蓄積した車載用電池技術を自ら磨き上げ、その後、

リチウムイオン電池を自社開発し、限定的な生産を行っている。日産、ホンダにおいても HV 用電池の開発では、電池メーカーに対する主導的な役割を果たし、電池技術の蓄積を行っている。この例から、自動車メーカーがサプライヤーとの間で構築した企業間関係をもとに技術を蓄積する方式が、自動車イノベーションにおける競争優位をもたらしていることがわかる。

図表 12 技術の「蓄積」と「利用」

| 項目      | 技術の蓄積(トヨタ) | 技術の利用(GM)  |
|---------|------------|------------|
| 開発参加    | 開発への参画     | 開発に関与しない   |
| 技術者の交流  | 交流有り       | 交流なし       |
| 技術情報    | 開発情報の共有    | 要求スペック提示のみ |
| 開発品     | 詳細設計の共有    | ブラックボックス化  |
| 技術的ノウハウ | 蓄積が可能      | 蓄積されない     |

出所：筆者作成。

日本の自動車メーカーは、構築した企業間関係をもとに技術を吸収しそれを蓄積することでさらなる技術開発を進めている。これに対して欧米の自動車メーカーでは、異質な技術の外部からの利用にとどまり、それを進化発展させるプロセスが存在していない。

### 3-3 サプライヤーシステムの拡大深化

異質な技術を取り込み、その技術を自社に蓄積する国内の自動車メーカーの取り組みを詳しくみると、そこには 2 つのプロセスが存在する。それは、自動車メーカーが外部から取り込んで内部蓄積した技術を既存のサプライヤーに配分するプロセス、および新たにネットワークに参画した企業を組織化するプロセスである。

「技術の配分プロセス」とは、自動車メーカーが外部から取り込んで蓄積した技術を既存サプライヤーに対して横展開し、新しい製品を開発・生産させることを指す。具体的には、トヨタと PEVE が共同で開発した電池管理システムの生産を、デンソーが新たにバッテリー ECU のような半導体チップに集積化し生産することなどの例がある。

一方、新しく異質な技術を取り込む必要性から生じた新しい企業間関係においては、トヨタが共同開発によって獲得した技術を組織化している。

リチウムイオン電池の開発においては、トヨタは自社で内部蓄積した技術を **PEVE** との共同開発につなげ、その後のリチウムイオン電池採用につながっている。

**PEVE** は、現在採用されているニッケル水素電池の量産規模拡大に対応してきており、ここで **HV** 用の電池がニッケル水素電池からリチウムイオン電池に変更されるとすれば、大きな損失を被る。この点について、**PEVE** の担当者は、次のように発言している。

「トヨタとの共同開発によってニッケル水素バッテリーの開発を進め、これまで、その量産設備を導入してきた。**HV** 用の電池としてはリチウムイオン電池への移行の可能性があるが、その点はトヨタを信頼している」<sup>48</sup>。

この発言はリチウムイオン電池の **HV** への搭載が明確になっていない時点のものである。その後、**PEVE** はリチウムイオン電池の生産を行っている。

「企業を組織化するプロセス」とは、新たに蓄積した技術を利用した製品展開において、ネットワーク内の役割分担を明確にするプロセスである。リチウムイオン電池では **PEVE** とデンソーが新しいリチウムイオン電池の量産における役割を担うことになる。

このようないわば自動車メーカーとサプライヤー間のギブアンドテイクの関係は、トヨタだけでなく日産やホンダの **HV** 開発でもみられる。日本の自動車産業に特有なサプライヤーシステムの特徴として指摘されてきた、中核企業とサプライヤー間の強い信頼関係は、異質な技術をもっている企業にも適用されている。

日本型サプライヤーシステムでは、中核企業の元に階層構造による調達—供給関係が構成されている。このため、自動車メーカーを中核企業とする自動車製造のネットワークが保有していない異質な技術へのネットワークが、階層構造のネットワークを介して張り巡らされている<sup>49</sup>。このネットワーク構造が、まったく新しい技術や自動車技術とは異質な技術へア

---

<sup>48</sup> 2005年6月15-17日に Hawaii で行われた **Advanced Automotive Battery & Ultracapacitor Conference** での **PEVE** の担当者による発言。

<sup>49</sup> 日本型サプライヤーシステムでは、系列サプライヤーに開発・量産を「まとめてまかせる」方式が行われている。このため、自動車メーカーにとってその中身がブラックボックスとなる部品ユニットなどでは、自動車メーカーからみて異質な技術がすでに採用されている場合がある。このようなケースは階層クラスター型組織に特有なものである。階層が低位に属する企業は、自動車メーカーの系列でない場合があるが、その場合でもサプライヤー

クセスすることを容易にしている。

外部の技術を調達するにあたっては、単に外部からその技術を体化した中間財を調達することによって間接的に利用することも可能である。しかし、その場合は、中核企業やサプライヤー・ネットワークの企業間関係に本質的な変化は起こらない。サプライヤー・ネットワーク内に構築された新しい企業間関係は、サプライヤーシステムの拡大深化とみることができる。

日本自動車産業の大きな特徴であるサプライヤーシステムは、技術開発のプロセスを通じて常に時代に対応して拡大深化し、それが HV という自動車の駆動技術の改変をともなう基幹技術においても日本企業優位の状況を作り出している。

#### 第4節 小括

本章は、日米欧でその市場が拡大している HV の現状とその開発プロセスを検討することにより、HV 開発において構築された自動車メーカーとサプライヤーとの新たな企業関係の構築プロセスを明らかにすることを課題とした。

HV 開発において、トヨタおよびホンダではつぎのようなプロセスを経てサプライヤーシステムが拡大深化しており、これが HV における国内メーカーの競争優位につながっている。

第一段階。自動車メーカーは、HV 開発に必要となる基幹技術であって異質な要素技術を、その技術をもつ専門企業との合弁形態での共同開発を通じて取り込む。

第二段階。外部から取り込んだ異質な技術を、自動車メーカーは自社内に蓄積する。その後、系列内の企業にその技術を配分するとともに、異質な技術をもつ企業を組織化する。

この点は、欧米メーカーとの HV 開発とは大きく異なっている。

本章では、自動車メーカーが進めている HV 開発プロセスと企業間関係を考察した。しかし、ここでの議論はあくまで、HV に限定した自動車技術を対象としたものである。市場ではすでに EV が実用化されている。このため EV の開発プロセスを分析し、HV と EV との共通点と違いを明らかにする必要がある。これを次章以降でさらに検討する。

---

システム内には異質な技術に到達できるネットワークが存在することになる。これに対して、腕長型の組織では、自動車メーカーがサプライヤーがもつ技術をすでに熟知しており、異質な技術へのネットワークが閉ざされていることになる。

## 補節 「構造的空隙」論によるサプライヤーシステム解釈

### 補-1 ネットワークに関する先行研究

自動車メーカーによる HV/EV 開発では、異質な技術をもつ企業との一対一の関係構築に加えて、複数の企業を含むネットワーク構築が行われている場合がある。

これら複数の企業との企業間関係では、従来の国内メーカーにおけるサプライヤーシステムによるネットワークとともに、互いに異なる分野のネットワークとの関係構築が必要となる。このようなタイプのネットワーク構築について、ネットワーク論では、互いに異なる分野のネットワークを繋ぐための考え方が研究されている。

Granovetter (1973) は、ネットワーク上の互いの関係の強さに着目して、「弱い紐帯と強い紐帯」の概念を提示している。互いの関係がより希薄で互いの性質が異なる（異質な）関係を弱い紐帯と呼び、弱い紐帯が社会を構成するクラスターを統合する情報の流れにとって不可欠であるとし、「弱い紐帯には力がある」と主張している。

Burt (1992) は、企業を取り巻くネットワークが企業活動やその収益率を左右する要素であることを示し、「構造的空隙」の概念を提示している。構造的空隙は、個人ないし組織がもっている外部とのコンタクトを行うネットワークにおいて、ネットワーク間に存在する重複しないコンタクトの間の分離を指す。Burt (1992)は、構造的空隙を適度に配置するネットワークは、競争優位をもたらすことを示している。

Watts and Strogatz (1998) は、規則的なノードとノードの繋がりによって形成されるネットワークに一部のランダムな接続が存在するスモールワールドネットワークの形成がネットワーク全体を著しく活性化する現象を、電子メールを活用した実験によって明らかにしている。

スモールワールドネットワーク論を企業などの組織分析に適用した分析を行っているのは西口（2007）である。西口（2007）は、スモールワールドネットワーク論を遠距離交際と近所づきあいという言葉で説明し、日本の自動車産業におけるサプライヤーシステムと関連づけて論じている。

### スモールワールドネットワーク

西口（2007）は、サプライヤーシステムを中心とした日本的企業間関係のあり方に対して、ネットワーク概念による説明を行っている。西口（2007）は、日本の自動車メーカーにおける新車開発プロセスが、Watts and Strogatz (1998) が提示しているスモールワールドネット

ワークの概念によって理解できることを示している。

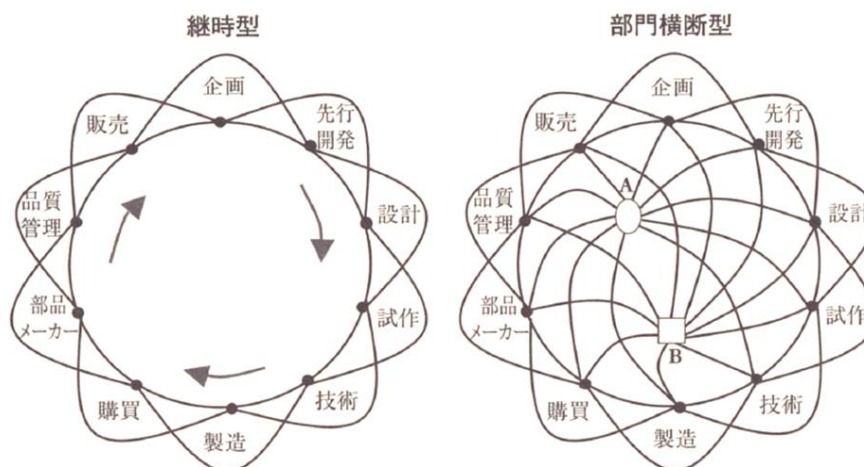
スモールワールドネットワークとは、ネットワーク上のノード<sup>50</sup> が他のノードとの繋がりにおいて、一定の規則的な繋がり方だけでなく、一部にランダムな繋がり方を有するネットワークを意味する。スモールワールドネットワーク上では、ノード間の情報伝達などが、一部のランダムな繋がり方によっていわば「近道」を有することにより、効率的に進むことになる。

西口（2007）は、このスモールワールドネットワークの概念によって、日本の自動車メーカーにおける新車開発組織における開発主査制度の優位性を論じている。

日本の自動車メーカーでは、各部門が継時的情報をやり取りする継時型組織ではなく、情報伝達が結節点（ハブ）を通じて短縮化された経路によって行われる部門横断型組織をもっている。部門横断型組織を構成する開発主査は、各部門との短縮化された情報伝達によって、より効率的で的確な判断が可能になり、それが新車開発における時間短縮と品質面での日本車の優位を実現しているという。

これにより、日本の自動車メーカーにおける新車開発が、図表 13 に示す A ないしは B のような結節点を通じた情報伝達によって効率的に行われ、情報探索や問題解決がスムーズに進むという。このような企業組織は、スモールワールドネットワークを形成していると考えることができる。

図表 13 新車開発組織



出所：西口（2007）201 ページ。

<sup>50</sup> ネットワークを構成する一つ一つの要素。

## 腕長型と階層クラスター型組織

スモールワールドネットワークの概念を用いて、西口（2007）は、さらに日米の自動車産業におけるサプライヤーと自動車メーカーが築いている組織構造（トポロジー）についての議論を行っている。

従来の自動車産業研究では、日本の自動車産業におけるサプライヤーシステムでは、一次サプライヤー（Tier1）が結節点となり、さらに二次サプライヤー（Tier2）を組織する（3次以下も同様）という階層クラスター型組織構造がとられているのに対して、欧米の自動車メーカーは、自動車メーカーを中心として多くのサプライヤーが直接自動車メーカーと取引を行う腕長型（arm's length）構造をとっていることが明らかにされている。

西口（2007）によれば、日本の自動車産業における階層クラスター型組織は、欧米メーカーがとっている腕長型組織と比べて突発的な事故に対する耐性が強く、問題解決能力が高いという。それは、階層クラスター型組織では、腕長型組織にはない「ヨコ」方向のバイパスによってサプライヤー同士のつながりがあり、問題が発生しても、即座に局所的なバイパスがつくられ、問題解決が可能になるためであるという。

これに対して、情報伝達が自動車メーカーに一極集中となる腕長型では、多くの情報が自動車メーカーに集まって混乱をきたす可能性が高く、問題解決が遅れるという。

1997年に発生したアイシン精機の工場火災においては、トヨタグループのサプライヤーは、サプライヤー間の緊密な協力によって生産停止による被害を最小限に抑えることができた。その要因として、西口（2007）は、トヨタを中心としたサプライヤー・ネットワークが、スモールワールドネットワークを形成していたためとして理解できるとしている。

## 補-2 スモールワールドネットワークにおける異質な技術の探索

### サプライヤーシステムにおける構造的空隙

日本の自動車産業の大きな特徴であるサプライヤーシステムは、一次サプライヤーが二次サプライヤーを組織し、自動車メーカーは基本的に一次サプライヤーを窓口にして二次サプライヤーへのネットワークを構築している。しかし、通常取引では、自動車メーカーと二次サプライヤーとの関係は希薄であり、主に二次サプライヤーとの取引は、一次サプライヤーに任せられている。

すなわち自動車メーカーと二次サプライヤーとの関係は「弱い紐帯」とみることができる。同様に、一次サプライヤーと三次サプライヤーとの関係は「弱い紐帯」によるネットワーク



と解することができる。

このサプライヤーシステムにおける関係性を、技術の異質性という観点から検討すると、「弱い紐帯」で繋がる二次以下のサプライヤーがもっているコア技術と自動車メーカーが保有しているコア技術では、異質性が高い場合があると考えることができる。両者は常日頃の情報交換が必要ではなく、それだけ自動車技術にとっては重要でない技術を、二次以下のメーカーがコア技術として保有している可能性があるためである。

また先行開発などへのサプライヤーの参画が広く行われている（近能 2006）サプライヤーシステムのもとでは、一次サプライヤーが独自に二次サプライヤーとの関係を構築している場合もあると考えられ、自動車メーカーがその技術を感知しない場合は自動車メーカーと二次サプライヤーがもっている技術の異質性がさらに高くなる可能性もある。

具体的に次のようなケースを想定してみる。自動車メーカーのある技術者がエレクトロニクス技術を利用した自動車アプリケーションの開発を新たに進め、高分子材料を用いたセンサー素子を必要としたとする。その技術者はエレクトロニクス技術をコア技術としてもっている一次サプライヤーにその素子の入手を依頼する。一次サプライヤーも直接には高分子材料を用いたセンサーについての知識が無く、高分子材料をコア技術としている二次サプライヤーに連絡をとる。二次サプライヤーは、自動車以外で使用されている高分子材料によるセンサーを扱っており、一次サプライヤーを通じて自動車メーカーにサンプルとして提供する。

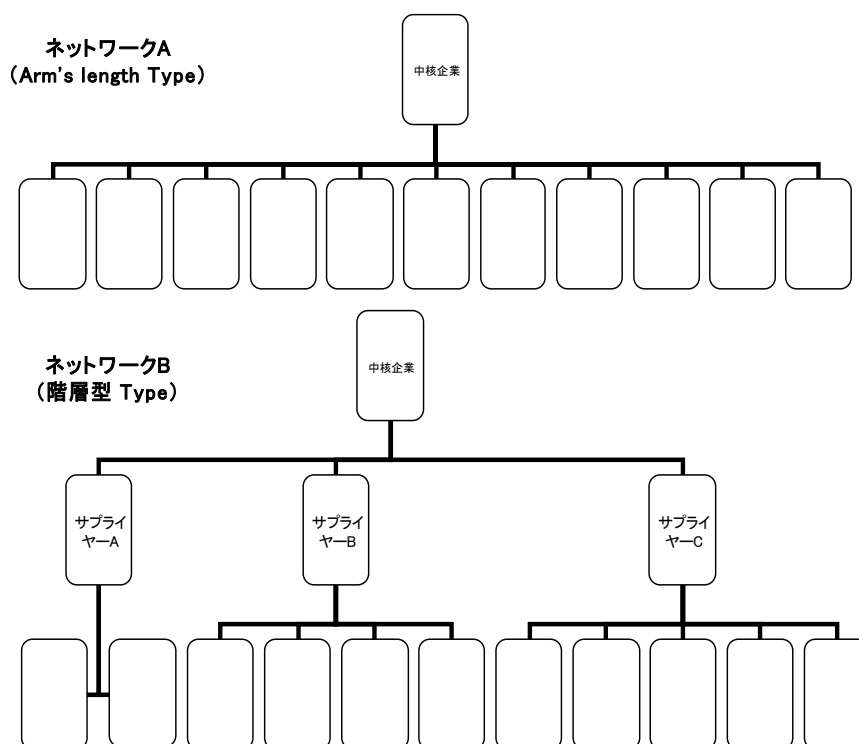
このようなことが可能になるのは、階層クラスター型組織構造をもっているサプライヤーシステムが、構造的空隙を有しているためと考えられる。これに対して、腕長型組織をとっているとされる欧米自動車メーカーのサプライヤー組織の構造的空隙はどうか。

腕長型のサプライヤー組織では、自動車メーカーがすべてのサプライヤーとの直接的な取引関係をもっている。このため、自動車メーカーとサプライヤーとの関係は「強い紐帯」にあたる。両者は日常の取引で常日頃の情報交換を行っている。「強い紐帯」をもつ関係は、一般的に同質な関係になりやすい。欧米の自動車メーカーが専属サプライヤーとの関係で築いている関係は、現在生産している自動車に関する周辺技術においてであり、両者のコア技術における異質性は高くないと考えられる。

自動車メーカーを中核企業とするネットワーク構造における構造的空隙の存在を図表 14 のように示すことができる。この図では、ネットワーク A は、米国企業でみられる腕長型（arm's length）の構造を、ネットワーク B は、日本の自動車メーカーがとっている階層型サプライヤーシステムの構造を模式化している。日本型のネットワーク B は、Burt (1992) の

いう構造的空隙をより多く有している。

図表 14 自動車メーカーとサプライヤーが構築するネットワーク関係



出所：筆者作成。

日本の自動車メーカーは、欧米企業と比べて、自社がもっているコア技術やそれに類する技術情報とは遠い関係にある「異質な技術情報」につながるための構造的空隙をより多くもっており、異質な技術とのコンタクトを採ることで競争優位にたつというアナロジーが成り立つ。

西口 (2007) が指摘したアイシン精機火災のケースでは、サプライヤーが組織している「自主研」がサプライヤー各社の「遠距離交際」を可能にし、火災事故による損失を最小限にとどめることに有益に働いたと説明されている。しかし、たとえ、欧米メーカーのサプライヤーがトヨタ系サプライヤーと同様に「自主研」組織を構築したとしても、同様な効果が得られるであろうか<sup>51</sup>。トヨタ系サプライヤーが組織している「自主研」がより異質性の高い異業種交流会であるのに対して、欧米の自動車メーカーが組織できる「自主研」の範囲はより同質な集まりになりやすいと考えられる。

<sup>51</sup> もともと欧米企業で腕長型組織をとっているサプライヤーは、サプライヤー間のヨコの繋がりはなく、互いの企業が「自主研」を組織することは現実的でない。

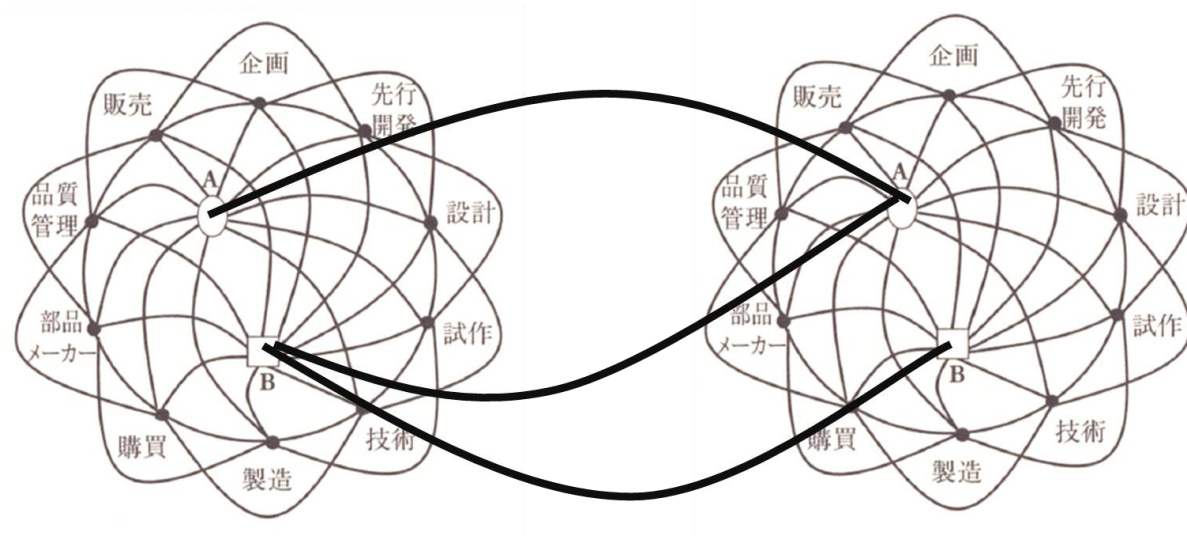
図表 15 2つのネットワークが示す特徴と企業間関係

| ネットワーク | 構造的空隙 | コスト | 距離      | ハブ | ネットワークの性質              | 企業間関係                  |
|--------|-------|-----|---------|----|------------------------|------------------------|
| A      | 0     | 多   | 1 次     | 0  | 同質性が高い。                | 腕長型<br>( arm's length) |
| B      | 3     | 少   | 1 次/2 次 | 3  | 同質なネットワークに異質性を取り込んでいる。 | 階層型<br>(サプライヤー・システム)   |

出所：筆者作成。

HV 開発という異質な技術の導入を必要とする技術開発においては、この違いが成否に大きく影響したのではないかと考えられる。

図表 16 2つの企業が形成するスモールワールドネットワーク



出所：西口（2007）201 ページを元に筆者作成。

西口（2007）が示した新車開発組織のスモールワールドネットワーク構造を示す図表 13 の右側の部門横断型組織では、A 及び B に位置する結節点を通じた情報交換が行われているとしている。異質な技術をもっている企業間での情報交換においても、西口（2007）が示すような情報交換が実現していると考えることができる。

この関係を西口（2007）の描いたスモールワールドネットワークを示す新車開発組織の図

を拡張して示したのが図表 16 である。

この関係においては、異なる企業間においても企業間の情報伝達が結節点（ハブ）を通じて短縮化された経路によって行われ、HV のような異質な技術を必要とする開発においても、スモールワールドネットワークによる競争優位を確保することができる。

## まとめ

本節では、トヨタが行っている HV 開発において自動車メーカーが、外部の異質な技術をもつ企業との企業間関係を構築するプロセスをネットワーク論から考察した。その結論は次の通りである。

- 1) 日本の自動車産業に特有なサプライヤーシステムは、ネットワークの構造上、構造的空隙の最適化（Burt 1992）が実現しており、欧米メーカーと比べて、異質な技術をもつ企業との関係を構築する場合に有利となる。
- 2) 日本の自動車メーカーでは、従来からの新車開発組織において、スモールワールドネットワークが形成されており、異質な技術を吸収する企業間ネットワークにおいてもスモールワールドネットワークの形成が比較的容易に進み、異質な技術情報の吸収が活性化していると考えられる。

## 第2章 EV市場の成立と車載用電池

### 第1節 EV市場分析の視角

#### 1-1 本章の課題

前章では、HVの技術開発の動向を分析することにより、自動車メーカーによる「異質な技術」の統合プロセスを考察した。本章では、萌芽期、すなわち2011年までのEVの市場展開を概観し、EVの重要部品である車載用電池についての電池メーカーの取り組みと自動車メーカーとの企業間関係に焦点をあてる。なお、この分野ではトヨタは出遅れているので、他の国内・海外メーカーの事例を中心に考察する。

近年、次世代自動車開発のキーテクノロジーとして車載用の大容量電池が注目されている。とりわけEVでは、HVと比べて大容量の電池を搭載するため、車載用電池の開発が課題となる。家電用リチウムイオン電池では、これまで日本の電池メーカーが高い技術と競争力を有してきた<sup>52</sup>。

しかし、車載用リチウムイオン電池では、日本の電池メーカーが市場において必ずしも優位に立っていない<sup>53</sup>。多くの自動車メーカーが採用を決定している車載用電池は、韓国の電池メーカー、LG化学、SBリモティブおよびSKイノベーションの3社の製品である。これら韓国の車載用電池メーカーがいずれも韓国内外の自動車メーカーとの取引関係を構築しているのに対して、日本の電池メーカーは海外での採用が相対的に進んでいない<sup>54</sup>。韓国の車載用電池メーカーは複数の自動車メーカーへの電池供給を果たすことで、量産規模を拡大してコスト競争力を強化しており、これがさらなる採用企業拡大につながっている。

本章では、このような韓国電池メーカーのHV/EV向けの事業展開の現状を把握し、多くの自動車メーカーでの採用が進んでいる要因を考察する。さらに、これまで世界の電池市場で優位にあった日本の電池メーカーと韓国メーカーとの車載用電池市場への取り組みの違いを

---

<sup>52</sup> 調査会社 テクノ・システム・リサーチ調べで、2011年4-6月期に民生用リチウムイオン電池の出荷シェアで初めて韓国メーカーが日本メーカーを上回った。11年4-6月期で日本勢33.7%に対して韓国勢42.6%のシェア。2011年1-3月期では日本勢が38.0%、韓国勢が37.7%であった（ロイター経済ニュース、2011年9月1日）。

<sup>53</sup> 携帯電話やPC(パーソナルコンピュータ)および携帯機器で使用されるリチウムイオン電池ではすでに韓国メーカーや中国メーカーの台頭が著しい。本書では新たに登場するEVでは、高い技術力をもつ日本のメーカーの車載用電池が品質や信頼性において優位とみなされていたのに対して、韓国電池メーカーが採用を拡大していることを指摘する。

<sup>54</sup> 日本国内メーカーのうち、日立ビークルエナジーはリチウムイオン電池をGMのHVへ供給するほか、三洋電機がニッケル水素電池をフォードのHVに供給しており、今後リチウムイオン電池をVWのPHVに供給する。ただし、HV用電池は容量が小さく生産規模は少ない。EVでは、AESCがルノー、LEJがPSAにリチウムイオン電池を供給する。

比較し、EV 用電池市場を製品アーキテクチャ論から考察する。

## 1-2 本章の主張

本章では、EV および EV 用電池の製品アーキテクチャを従来車と比較して考察する。その場合、EV の製品アーキテクチャについての先行研究である佐伯（2011）の議論を検討した上で、韓国の電池メーカーの取り組みを、佐伯とは異なる視点で分析する。

佐伯に先行して、村沢（2010）は、EV の製品アーキテクチャをモジュラー型アーキテクチャと位置づけた上で、ベンチャー企業などの中小メーカーによる EV 開発が可能となると主張している。これにより EV 市場では従来車で優位に立つ完成車メーカーが長期的には凋落するとしている。

これに対して、佐伯（2011）の議論では、2つのアーキテクチャ論が論じられる。ひとつはEV全体の製品アーキテクチャを論じる。佐伯は、村沢の「EV=モジュラー型製品」との認識を批判し、インテグラル型製品としての特徴を有していると主張する。佐伯によれば、EVは相互互換可能なパーツの組み合わせだけでなく、複雑なソフトウェアによる電子制御が必要な製品であり、ソフトウェアの開発では複雑な調整が必要である。このため、完成車メーカーが現在もっている競争力は継続し、EV市場でも完成車メーカーが頂点に君臨するという。

もうひとつは、EV用電池の製品アーキテクチャである。佐伯はEV用電池についても日本の車載用電池メーカーやEVベンチャー企業の電池を検討したうえで、現行のEV用電池が外インテグラル中インテグラル（後述）な製品アーキテクチャであるとしている。

これに対して、本章の主張は以下のとおりである。

- 1) 現在実用化されているEV用電池および開発中のEV用電池の製品アーキテクチャは多様であり、いまだEVおよびEV電池のドミナントデザインが確立していないが、将来支配的となるEV用電池は、外モジュラー中インテグラルな製品アーキテクチャをもつ可能性が大きい。つまり、EV用電池はモジュラー部品となる（ただしそれはEV全体がモジュラー製品となることを意味しない）。
- 2) このため、EVやEV用電池のドミナントな製品アーキテクチャがいまだ定かでない段階では、EVメーカーや電池メーカーが、EV用電池をエンジンと同じくインテグラル部品として位置づけ、電池を含めた作りこみを行うだけでなく、EV用電池がモジュ

ラー部品として採用される場合も想定した取り組みを行う必要がある。

佐伯の議論では EV 市場において急速に実績をあげつつある LG 化学などの韓国電池メーカーの取り組みを考慮していない。また、EV 用電池は量産による「規模の経済」が大きく左右する製品であり、急速に進展している韓国電池メーカーの取り組みが今後の EV における車載用電池の採用やその普及に大きな影響を与える可能性を考慮していない。

本章では、EV 用電池市場で「外モジュラー中インテグラル」な製品アーキテクチャが将来支配的になるという、従来とは異なる認識を提示する。また、佐伯の主張とは異なり、EV 市場において完成車メーカーが従来どおり頂点に君臨する形態が一般的になるとは限らないと考える。

すでに市場が確立している HV では、第 1 章で示したようにトヨタ、ホンダが世界的に大きなシェアを確保している。EV でも、日産や三菱が先行している。トヨタ、ホンダ、日産や三菱は、いずれも HV/EV 用電池を特定の電池メーカーから調達しており、いずれも電池の技術を「囲い込む」ことで HV/EV の開発を行っている。

日本の自動車メーカーによる車載用電池に対する取り組みでは、HV/EV を従来車と同じインテグラル型製品として位置付け、特定電池メーカーとの間で資本関係を含む密接な関係を構築する例が多い。これは、従来の日本型サプライヤーシステムに電池メーカーを組み入れることを意味しており、自動車メーカーと車載用電池メーカーは「垂直統合型取引関係」（浅沼 1997）を構築している。

一方、GM は車載用電池をモジュラー型製品として位置づけ、特定の電池メーカーとの強い関係ではなく、幅広い電池メーカーとの関係を構築している。GM は、韓国の LG 化学や米国電池メーカー A123 システムズからの電池調達を検討しており、さらに、HV 向け電池では日本の日立ビークルエナジーからも電池を調達している。このような EV メーカーと車載用電池メーカーとの取引関係は、「水平展開取引関係」とでもいえるものである。

電池メーカーが多くの完成車メーカーの採用を得ることは、コスト競争力を強めてさらなる競争優位につながる可能性がある。LG 化学の製品開発戦略（標準品）と市場戦略（水平展開取引関係）とコスト競争力は、好循環のメカニズムをもちうる。

HV/EV 市場はいまだ市場形成期であり、現段階でのコスト競争力を論じるのは難しいが、この好循環は今後のコスト競争力の持続的な向上を生む蓋然性がある。本章では、このような韓国電池メーカーによる車載用電池における市場戦略を指摘する。

## 第2節 EV市場と電池産業

### 2-1 EVの定義

HVはエンジンとモーターの双方を使用する自動車を指すのに対して、EVはモーターを駆動力として使用し、エンジンの駆動力を走行用に利用しない自動車を指す<sup>55</sup>。

HVとEVでは搭載する電池の容量が大きく異なり、車載用電池の議論ではEV用電池がより大きな影響を市場に与える。このため本章ではEV用の電池について中心的に考察する。ただし、HVにおいても自動車メーカーと車載用電池メーカーとの関係構築が進んでいるため、HV用電池についても言及する。

### 2-2 EV市場と車載用電池

2010年12月、日産は、初の専用ボディによるEV「リーフ」を日米両国で発売した。リーフは、同社がNECなどと合弁で設立したAESC（第1章で既出）が製造するリチウムイオン電池を24kWh搭載し、1回の充電で走行できる航続距離160kmを実現している。

日産に先立って、三菱ではすでに2009年にEVモデル「アイミーブ」を発売している。アイミーブは、日産とGSユアサが合弁で設立したリチウムエナジー・ジャパン（以下LEJ）が製造するリチウムイオン電池を16kWh搭載して、リーフと同じく160kmの航続距離を実現する。

LEJは、2007年12月にGSユアサ51%、三菱商事34%、三菱自動車工業15%の出資比率で設立された<sup>56</sup>。

レンジエクステンダータイプのEVでは、2010年12月にGMが、「シボレー・ボルト」を発売した。シボレー・ボルトは16kWhの容量をもつリチウムイオン電池を搭載し、エンジンによる充電を行わないで（すなわち純粋のEVとして）40-80kmの航続距離をもつ。電池の容量がなくなれば自動的にエンジンが作動して発電機を回し電池や電気モーターへの電力供給を行って走行が可能となる。電池はLG化学が供給している<sup>57</sup>。

---

<sup>55</sup> ただし、EVには、走行距離延長の目的から、充電を行うためにエンジンを搭載する「レンジエクステンダー」と呼ばれるタイプがある。このタイプはエンジンを搭載するのでHVであるという見方もある。しかし、搭載する電池容量はEVとほぼ同じであるため、電池との関係を論じる本章ではEVに区分する

<sup>56</sup> 2013年現在の出資比率はGSユアサ51%、三菱商事44.4%、三菱自動車工業4.4%で三菱自動車の出資比率は低下している。

<sup>57</sup> シボレー・ボルトは2012年初めに、米運輸省道路交通安全局(NHTSA)による試験で電池の発火問題が生じGMは全品回収と修理を行った。電池の発火は車体が横転した場合などに発生する可能性があるため、電池モジュールの安全装置を追加する改良を行っている。



図表 17 では、2011 年時点で実用化している代表的な EV として、日産「リーフ」、三菱「アイミーブ」および GM「シボレー・ボルト」についての詳細をまとめた。

いずれも生産規模は 2011 年時点での公表データである。なお、本稿では、EV および HV や車載用電池の生産規模は、各メーカーの計画値や目標値を採用している。これは、正確な生産実績などの数値が公表されていないことや、まだその数量がわずかであるためである。

図表 17 実用化している 3 つの EV（電気自動車）

|            |                                      |                        |                       |
|------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| モデル名       | リーフ                                  | アイミーブ                  | シボレー・ボルト              |
| メーカー       | 日産自動車                                | 三菱自動車                  | ゼネラルモーターズ             |
| EV タイプ     | ピュア EV                               | ピュア EV                 | レンジエクステンダー<br>EV      |
| 電池容量       | 24 kWh                               | 16 kWh                 | 16 kWh                |
| 航続距離       | 160 km                               | 160 km                 | 40-80 km<br>(電池のみの走行) |
| 電池種類       | リチウムイオン電池                            | リチウムイオン電池              | リチウムイオン電池             |
| 電池<br>メーカー | オートモーティブエナ<br>ジーサプライ (AESC)          | リチウムエナジージャ<br>パン (LEJ) | LG 化学                 |
| EV 生産規模    | 年間 5 万台                              | 年間 3 万台                | 年間 1 万 6000 台         |
| EV 生産拠点    | 神奈川県 追浜工場<br>米国テネシースマーナ<br>英国サンダーランド | 岡山県倉敷市<br>水島製作所        | 米国ミシガンハムトラ<br>ック工場    |

出所：日産、三菱自動車、GM プレスリリースおよび筆者インタビューから筆者作成。

注：生産規模は 2011 年時点。生産拠点は予定を含む。

3 社以外の取り組みでは、欧州では、PSA が三菱自動車と提携し、アイミーブの OEM 供給を受けて 2012 年以降に欧州で販売を開始する。使用する電池は、アイミーブと同じく LEJ が供給する。さらに PSA では、LEJ の電池を使用した独自の EV を開発して今後市場展開する。また、日産と資本関係をもつ仏ルノーも、日産と共同した EV 開発によるモデルを今後市場に投入する。

独ダイムラーは、米国テスラから電池供給を受けて限定的な EV として「スマート ED」を

開発、販売している。なお、ダイムラーは独自の電池メーカー「リーテック」を設立、リーテックの電池を使用した EV の市場展開を想定している。

独 BMW も、限定的な EV として「Mini E」を開発している。このモデルでもテスラからの電池供給を受け、米国で限定販売している。さらに、同社は、韓国サムスン SDI と独ボッシュが合併で設立した車載用電池メーカー SB リモータティブ<sup>58</sup>からの電池調達を発表、2013 年に EV モデルの発売を予定している。

中国における EV 開発と市場展開は、2011 年以降に本格化する。比亜迪汽車は 2011 年 1 月、EV モデル「e6」を中国国内で販売開始している<sup>59</sup>。さらに、奇瑞汽車や吉利汽車も独自の EV 開発を進め、すでに一部で市場展開を行っている。

HV 市場ですでに成功を納めているトヨタは、「iQ」をベースとする EV 「eQ」の市場展開を 2012 年に行ったほか、米国テスラと提携して開発した「RAV4-EV」の販売も 2012 年に開始している<sup>60</sup>。テスラとの提携については第 3 章で検討する。

トヨタはトヨタは、パナソニックや PEVE におけるリチウムイオン電池の開発により、EV や PHV の独自開発を行い、「iQ」をベースとして電気自動車「eQ」を発表、2012 年 12 月に発売を開始した。販売台数は当初予定の数千台規模から大幅に削減し、100 台のみの限定販売となっている<sup>61</sup>。「eQ」はパナソニックによる専用の EV 用電池を採用したものであり、その開発は、トヨタが系列のパナソニックとの緊密な連携調整のもとで行われる統合型製品開発に位置づけられる。

図表 18 では、自動車メーカー各社の EV 世界販売台数の推移を示す。

EV では電池の容量が EV の航続距離を決める上で重要な技術要因となる。このため、EV 市場の形成とともに EV で使用される車載用電池市場がすでに成立している。図表 19 では、車載用電池メーカーが HV/EV 用で電池を納入する主な自動車メーカーを示した。日本では、AESC や LEJ、パナソニック（三洋電機を含む）、三菱重工業、日立ビークルエナジーや東芝などが車載用電池を開発・生産している。また、リチウムイオン電池を世界で初めて実用

---

<sup>58</sup> SB リモータティブは、ボッシュとサムスン SDI の合併で 2008 年 9 月に設立された電池メーカーで、出資構成は両社それぞれ 50% である。当初は BMW 向けの電池パック供給を予定していたが、2012 年、合併を解消している。BMW 向けの電池供給はサムスン SDI が継続している。

<sup>59</sup> 発火事故の報告もあり、販売台数は当初予定に達していない。

<sup>60</sup> テスラは、PC で使用される 18650 タイプの小型リチウムイオン電池を大量に使用した EV 用電池を生産し、トヨタ、ダイムラー及び BMW の EV 向けに供給している。

<sup>61</sup> 『日本経済新聞』2012 年 9 月 26 日。

化したソニーも新たに車載用電池への参入を発表し注目されている<sup>62</sup>。

図表 18 自動車メーカー各社の EV 世界販売台数推移

|          |     | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年  |
|----------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| トヨタ      | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 20      |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 170    | 210    | 27,580  |
| ホンダ      | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 90      |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       |
| GM       | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 330    | 8,000  | 28,700  |
| 現代/起亜自動車 | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 530     |
| ルノー/日産   | EV  | 0      | 0      | 0      | 1,250  | 23,850 | 34,820  |
| フォード     | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2,370   |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 0      | 500    | 690     |
| PSA      | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 4,500  | 6,200   |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       |
| 三菱自動車    | EV  | 0      | 0      | 990    | 2,340  | 5,000  | 7,000   |
| ドイツ系     | EV  | 0      | 0      | 0      | 0      | 390    | 810     |
| テスラモーターズ | EV  |        |        | 160    | 1,350  | 650    | 2,740   |
| シンク      | EV  | 4      | 180    | 170    | 580    | 420    | 80      |
| 合計       | EV  | 4      | 180    | 1,320  | 6,020  | 43,520 | 111,630 |
|          | PHV | 0      | 0      | 0      | 500    | 8,710  | 56,970  |

出所：FOURIN『世界自動車調査月報』No335、2013 年 7 月を元に筆者作成。

注 1:ドイツ系は VW／Audi,BMW Mercedes-Benz/Smart,Porsche の合計。

注 2: GM のシボレー・ボルトは、PHV に含まれる。

<sup>62</sup> ソニーは 1990 年代、日産との共同開発により HV 向けの電池開発を行ったが、その後車載用電池開発から撤退した。しかし HV／EV 市場の拡大を受けて 2010 年に車載用電池への市場参入を発表している。ソニーは日産との専属取引ではなく、独立系 EV 用電池メーカーとしてオープンな取引関係を指向している点で、韓国電池メーカーと共通しており、注目される。

図表 19 HV/EV 向け車載用電池のおもなメーカーと納入先（2011 年頃）

| 車載用電池（パック）メーカー   | 所在地  | HV/EV での主な納入先        |
|------------------|------|----------------------|
| A123 システムズ       | 米国   | シンク・シティ              |
| AESC             | 日本   | 日産、ルノー               |
| ブルーエナジー          | 日本   | ホンダ                  |
| 比亞迪汽車            | 中国   | 比亞迪汽車                |
| コバシス             | 米国   | GM                   |
| ドイツ オートモーティブ     | ドイツ  | ダイムラー                |
| エレクトロバヤ          | カナダ  | タタモーターズ              |
| エナデル             | 米国   | シンク・シティ              |
| 日立ビークルエナジー       | 日本   | GM、いすゞ自動車            |
| ジョンソン・コントロール・サフト | フランス | ダイムラー                |
| LG 化学            | 韓国   | GM、ボルボ、フォード、長安汽車、ルノー |
| リーテック            | ドイツ  | ダイムラー                |
| リチウムエナジージャパン     | 日本   | 三菱自動車、PSA            |
| パナソニック           | 日本   | トヨタ、VW、テスラモーターズ      |
| PEVE             | 日本   | トヨタ、GM               |
| SB リモーティブ        | 韓国   | BMW、フィアット            |
| SK イノベーション       | 韓国   | 現代自動車、三菱ふそう、起亜自動車    |
| テスラ モーターズ        | 米国   | テスラモーターズ、トヨタ         |
| 東芝               | 日本   | 三菱自動車、VW、ホンダ         |

出所：ハイエッジ（2011）を基に筆者作成。

注 1：車載用電池の納入先は、ハイブリッド車や電気自動車の試作モデルでの採用を含み、生産モデルでは採用されていない場合を含んでいる。

注 2：網掛けは、2011 年時点で量産と納入が行われている企業。それ以外は試作もしくは量産／納入予定。

注 3：2012 年初めの段階では、すでに事業を停止している企業も一部含まれる。

欧州では、軍用などで大容量のリチウムイオン電池を早期から手掛けてきたサフト社(仏)がある。サフトは車載用電池では米国ジョンソン・コントロールズ社と提携して、ジョンソン・コントロール・サフトとして **HV/EV** 用電池開発を行っており、ダイムラーの **HV** への搭載を実現している<sup>63</sup>。

米国では、**A123** システムズ社<sup>64</sup>やボストン・パワー・バッテリー社などの車載用電池メーカーがある。中国では、パーソナル・コンピューター（以下 **PC**）や携帯電話で使用するリチウムイオン電池で高い実績をあげている比亞迪（**BYD**）が、保有するリチウムイオン電池の技術を活用して比亞迪汽車における自動車事業で、**HV** や **EV** の開発とその市場展開を行っている。また上海汽車のグループ企業として天津力神電池、中国万向汽車グループの万向電動汽車などが車載用電池で限定的な生産を行っている。

近年急速に力をつけているのが韓国の車載用電池メーカーである。韓国の車載用電池メーカーについて次節で詳しく検討する。

### 第3節 車載用電池メーカーの日韓比較

#### 3-1 韓国電池メーカー3社

**GM** のシボレー・ボルトへ電池供給を行う **LG** 化学は、**GM** 以外でも採用メーカーを拡大しており、車載用電池市場で存在感を増している。2011年7月時点では、**GM** 以外にフォード、ボルボ、長安汽車、現代自動車、ルノー、三菱自動車などへの **EV** 用及び **HV** 用電池の供給を発表している<sup>65</sup>。

多くの自動車メーカーへの電池供給により、**LG** 化学はリチウムイオン電池の生産能力を増強しており、生産規模は2013年には年産で560万kWhの規模となる。この生産能力は、16kWhの電池を搭載する電気自動車では、35万台の電池容量に相当する<sup>66</sup>。

**LG** 化学の **GM** 向け車載用電池の注目点はその価格である。**GM** 向けの電池では1kWhあたりの単価を400ドルとしている。この価格は、すでに **PC** などでも一般的に使用されている

<sup>63</sup> ジョンソン・コントロール・サフトは、2011年に合併を解消、以後ジョンソン・コントロールズ単独でダイムラーへの電池供給を行っている。

<sup>64</sup> **A123** システムズは、2012年に経営環境の悪化などにより破綻したが、その後中国万向汽車グループからの資金調達により事業を継続している。

<sup>65</sup> **LG** 化学プレスリリース（2009/1、2010/4、2010/7、2010/9、2011/1、2011/4）

<sup>66</sup> ソウル聯合ニュース、2011年4月6日（[http://japanese.yonhapnews.co.kr/headline/2011/04/06/0200\\_000000A\\_JP\\_20110406001800882.HTML](http://japanese.yonhapnews.co.kr/headline/2011/04/06/0200_000000A_JP_20110406001800882.HTML)）、日本経済新聞社、2011年2月14日（[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/2011\\_02\\_14/189529/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/2011_02_14/189529/)）の記事による。

リチウムイオン電池とほぼ同等の単価である。LG 化学は 2011 年時点ですでにこの価格を実現していることになる<sup>67</sup>。

サムスン SDI と独ボッシュの合併による SB リモータィブ社は、BMW の EV やクライスラー・フィアットの EV への電池供給が決まっているほか、VW との電池供給の協議を開始したとの報道もある<sup>68</sup>。今後 VW への電池供給が実現する可能性もあり、車載用電池の量産規模拡大を進めている。

本格的な電池生産は 2011 年以降となるが、量産規模拡大とともに電池価格の低減を進める予定で、電池価格の目標を PC 向けの電池価格を同等レベルにおいている。量産規模は、2012 年で年間 60 万 kWh を計画しており、この量産規模は EV 約 3.5 万台の EV に相当する規模となる。

車載用電池では後発となる SK イノベーション社も、韓国・現代自動車や起亜自動車が 2012 年に市場展開している EV への電池供給を行っているほか、商用 HV ではダイムラーとの共同開発を進める三菱ふそうトラック・バスへの電池供給も実現している。今後ダイムラーグループの商用 HV 向けで電池供給が増加するとみられる。

### 3-2 日本電池メーカー 3 社

韓国車載用電池メーカー 3 社に対峙する日本の電池メーカーとしては、PEVE、AESC 及び LEJ の 3 社がある。

前章で述べたように PEVE は、パナソニックとトヨタが合併で 1996 年に設立した車載用電池メーカーであり、トヨタの HV 向けのニッケル水素電池のすべてを生産している。しかし HV ではニッケル水素電池に代わって新たにリチウムイオン電池が搭載される方向にある。このためトヨタは PEVE においてリチウムイオン電池の開発と生産を開始している。

PEVE の出資構成は、PEVE 設立当初は、トヨタが 40%、パナソニックグループが 60% であったが、2005 年 10 月にトヨタは増資を行ってトヨタが 60%、パナソニックグループが 40%となっている。さらに 2010 年 4 月以降、トヨタが 80.5%、パナソニックグループが

---

<sup>67</sup> GM のシボレー・ボルト向けの電池価格は、2011 年 2 月に LG 化学が発表している（同上 2011 年 2 月 14 日の記事による）。この 1 kWh で 350-400 ドルという価格は、車載用電池開発の目標とされてきた価格で、2011 年時点で LG 化学がこの価格を実現していることは、他の車載用電池メーカーとりわけ AESC など日本メーカーにとって大きな脅威となっている。

<sup>68</sup> Hybrid-EV.com 記事、2011 年 5 月 20 日

（<http://www.hybrid-ev.com/news/2967/sb-limotive-in-talks-with-volkswagen-for-ev-battery-supply-deal>）（2013 年 12 月閲覧）。

19.5%となっている<sup>69</sup>。

図表 20 車載用電池メーカー日韓主要 6 社の概要（2011 年時点）

| 電池メーカー                        | LG 化学  | SB リモータティブ                                    | SK イノベーション                           |
|-------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| 資本構成                          | LG Corp (34.86%)                                     | ボッシュ(50%)<br>サムスン SDI (50%)                   | SK Corp (33.4%)                      |
| 車載用電池<br>供給先                  | GM、フォード、ボルボ、<br>現代自動車、ルノー、<br>三菱自動車、長安汽車             | BMW<br>クライスラー・<br>フィアット                       | 現代自動車、起亜自動<br>車、三菱ふそうトラッ<br>ク・バス     |
| 生産拠点                          | 韓国 梧倉<br>米国 ホランド                                     | 韓国 蔚山   | 韓国 瑞山                                |
| 車載用電池<br>量産規模<br>(量産規模 EV 換算) | 2013 年計画<br>年間 560 万 kWh<br>(EV 35 万台)               | 2012 年計画<br>年間 60 万 kWh<br>(EV 3.5 万台)        | 2012 年計画<br>年間 50 万 kWh<br>(EV 3 万台) |
| 電池単価                          | 2011 年(現在)<br>\$ 350-400/kWh                         | 2015 年 (目標)<br>€ 350/kWh                      | (未公表)                                |
| 電池メーカー                        | AESC   | LEJ   | PEVE                                 |
| 資本構成                          | NEC エナジー(49%)<br>日産自動車(51%)                          | GS ユアサ(51.0%)、三<br>菱自動車(7.1%)、三菱<br>商事(41.9%) | パナソニック(19.5%)、<br>トヨタ自動車(80.5%)      |
| 車載用電池<br>供給先                  | 日産自動車、ルノー  | 三菱自動車、プジョー・<br>シトロエン                          | トヨタ自動車                               |
| 生産拠点                          | 神奈川県座間、英国サ<br>ンダーランド、米国ス<br>マーナ、仏フラン、ポ<br>ルトガル アヴァイロ | 滋賀県栗東工場<br>滋賀県草津工場<br>京都工場                    | 静岡県・宮城県                              |
| 車載用電池<br>量産規模<br>(量産規模 EV 換算) | 2015 年計画<br>年間 1200 万 kWh<br>(EV 50 万台)              | 2012 年計画<br>年間 108 万 kWh<br>(EV 6.8 万台)       | 2011 年度計画<br>年間 3-5 万 kWh            |
| 電池単価                          | 2013-2015 年 (目標)<br>\$ 400 /kWh                      | 2015 年 (目標)<br>\$ 400 /kWh                    | 2015 年 (目標)<br>< \$ 500 /k Wh        |

出所： 各社プレスリリースおよび新聞記事、筆者インタビューから筆者作成。

注 1：量産規模、単価目標は推定を含む。EV 換算は EV1 台で 16kWh として算出。

注 2：PEVE の量産規模及び単価目標は、三洋電機、パナソニックを含むが、18650 タイ  
プを含まない推定値。

<sup>69</sup> PEVE に対するトヨタの出資比率が増加しているのは、PEVE に対するトヨタの支配力を  
強化することに繋がっている。

パナソニックは、2011 年に三洋電機を吸収して日本国内トップの大手リチウムイオン電池メーカーとなった。トヨタによる EV 開発では、以後 PEVE やパナソニック（三洋電機を含む）のリチウムイオン電池が採用される予定で、PC 用のリチウムイオン電池で高い実績をもつ三洋電機による生産がすでに始まっている。

日産のリーフへ電池供給を行っている AESC は、日産が 51%、NEC 及び NEC デバイスが 49%を出資する合弁企業である。NEC および NEC トーキンが富士重工業と 2002 年 5 月に 3 社合弁で NEC ラミリオンエナジーを設立したが、その後、NEC ラミリオンエナジーは 2007 年 4 月日産と合弁で AESC を設立して日産の HV や EV 用のリチウムイオン電池の開発を進めた。2008 年 4 月 NEC ラミリオンエナジーは AESC に統合されている。富士重工業は 2005 年にトヨタによる出資を受け、その後 NEC ラミリオンエナジーの株式を NEC に売却しており、AESC との関係が消滅している。

日産はリーフの生産規模拡大と EV モデルのラインナップ強化を表明しているほか、日産と資本関係にある仏ルノーでも EV モデルの市場投入を予定しており、AESC による車載用電池の生産規模を今後拡大する。AESC では英国での電池生産も予定しており、その生産規模は 2015 年には年間 1200 万 kWh を計画している<sup>70</sup>。この規模はリーフの車載用電池に換算すると年間 50 万台の規模となる。この量産規模の計画は韓国 LG 化学よりも多い。AESC による車載用電池のコスト低減は、今後数年で 1 kWh あたり 400 ドル程度の価格を実現することを目指している<sup>71</sup>。しかし、LG 化学は 2011 年の時点でこの価格を実現している<sup>72</sup>。

日産と資本関係にある仏ルノーも、自社の EV 開発において AESC だけでなく LG 化学からの電池調達を発表した<sup>73</sup>。LG 化学の高い競争力を裏付けるものである。

LEJ における量産規模も三菱や PSA の EV 生産規模拡充に伴って拡大する予定であるが、2011 年段階では EV モデル換算では 3 万台規模と限定的であり、電池価格低減の程度もそれほど進んでいない。なお、三菱は 2011 年に搭載する電池容量を削減することで低価格化した低価格版アイミーブを発売している。この低価格アイミーブでは、LEJ だけでなく東芝か

---

<sup>70</sup> 日産自動車発表、2010 年 12 月 3 日。

<sup>71</sup> 2011 年 5 月、日産自動車でのインタビューによる。

<sup>72</sup> LG 化学の電池価格は、シェアを確保するために戦略的に設定されている可能性もあり一概に量産によるコスト低減の効果で価格が低減しているとはいえない。また LG 化学は電池を市販しているのに対して、AESC は日産との閉じた取引であるため、単純な価格比較はできない。しかし、電池価格は通常 Wh 単価で比較されそのコスト低減が重要視されているため、ここでは LG 化学の市販価格と AESC の目標とする Wh 単価を比較した。

<sup>73</sup> 『日本経済新聞』2010 年 10 月 1 日。



らも電池を調達している<sup>74</sup>。

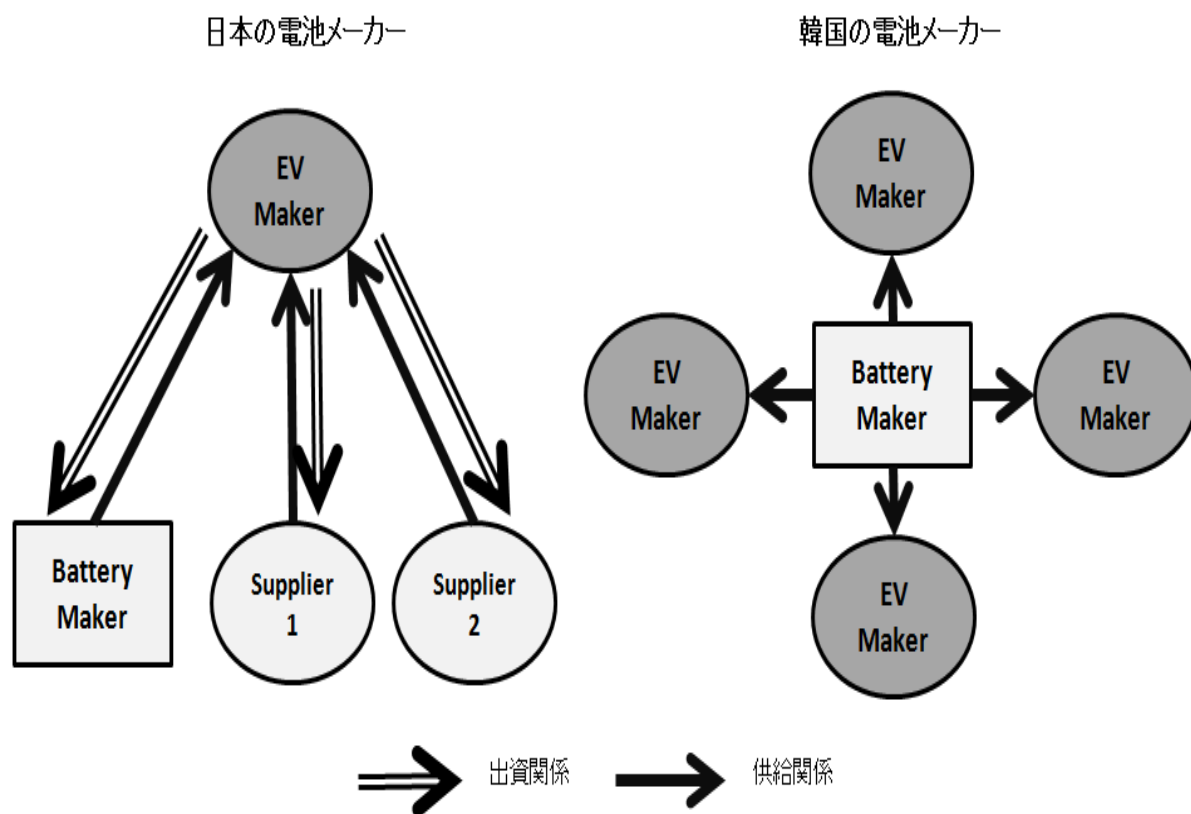
図表 20 では、韓国電池メーカー 3 社と日本の電池メーカー 3 社の車載用電池の量産規模や電池単価を示した。

## 第 4 節 車載用電池の企業間関係とアーキテクチャ

### 4-1 日韓電池メーカー企業間関係

ここで改めて EV 開発における日韓の電池メーカーの取り組みを比較して韓国電池メーカー 3 社の取り組みの特徴を挙げると次の 3 点がある。

図表 21 日韓車載用電池メーカーの企業間関係



出所：筆者作成。

<sup>74</sup> 三菱自動車は東芝から調達する EV 電池は、チタン酸リチウムを負極材に使用するタイプのリチウム電池で、東芝の電池を採用することでアイミーブのラインナップを強化する。

第一に、韓国の電池メーカーはいずれも複数の自動車メーカーへの電池供給を決めており、複数の自動車メーカーの EV や HV の仕様に合わせた製品開発を行っていることである<sup>75</sup>。

第二に、納入先となる自動車メーカーはそれぞれ独立した関係にあり、地域や資本系列を異にしている。とりわけ LG 化学は、米国では GM およびフォードという競合メーカーへの電池供給を行う。また、韓国メーカーの 3 社は、いずれも特定の供給先との資本関係がない。

第三の特徴は、韓国メーカー 3 社が、多くの海外自動車メーカーへの HV/EV 用電池の供給を背景として、生産能力の拡充を急速に進めていることである。韓国メーカーの強みは、急速な量産規模拡大による電池価格低減を進めていることで、LG 化学はすでに PC なみの価格である kWh 当たり 350-400 ドルを実現しており、この低価格展開が更なる採用企業拡大に大きく寄与している。

これに対して日本の車載用電池メーカーは、特定の EV メーカーとのクローズな供給関係に留まっており、2011 年時点の公表計画でみると、価格低減の進展スピードは韓国メーカーと比べ相対的に遅れている。日本の車載用電池メーカーは、従来車の基幹部品メーカーの場合と同様に、自動車メーカーとの資本関係を構築して、その系列に組み入れられる例が多く、海外の EV メーカーでの採用も進んでいない。

図表 21 では、このような日韓車載用電池メーカーの自動車メーカーとの関係を示す。

## 4-2 EV 電池の製品アーキテクチャと開発・生産体制

本節では、韓国電池メーカーの EV 用電池市場における市場戦略を製品アーキテクチャ論から考察する。

EV は、従来のガソリン車と比べて相対的に構造がシンプルで、モーターと電池を調達することで開発が可能である。このことから、EV がモジュラー型製品であり、新興企業による市場展開も可能で完成車メーカーが凋落するとする見方がある。しかし、佐伯（2011）は、現行の EV はインテグラル型アーキテクチャとしての性質をっており、完成車メーカーが依然として市場において高い競争力を維持すると主張している。

佐伯（2011）はまた、EV 用の車載用電池を中インテグラル外インテグラルな製品と位置

---

<sup>75</sup> EV 電池は、電池セルを多数直列接続した構造をもち、EV には電池パックとして搭載される（清水 1992）。電池パックの仕様は EV モデルによって異なり、EV が使用する電気モーターや EV が想定する航続距離によって EV モデルに即した設計が行われる。LG 化学は原則として電池セルを生産・供給し、電池パックは EV メーカー毎の仕様に合わせて設計、生産もしくは EV メーカー側が生産する。一方、AESC は、電池セルと電池パックのすべてを日産の EV 用に開発・生産している。

付けている。これは車載用電池が、高度な材料特性の擦り合わせが必要となる中インテグラル製品であるとともに、顧客である自動車メーカーと車載用電池メーカーが密度の高い共同開発を行い、顧客の製品特性として外インテグラル・アーキテクチャを有するためであるとする<sup>76</sup>。

EV 全体の製品アーキテクチャについては、佐伯が主張するように、EV であっても高度なソフトウェアが必要で、EV 開発において完成車メーカーと電池やモーターを供給するメーカーによる高度な擦り合わせが必要となる。このため EV がモジュラー型製品アーキテクチャをもつという凋落論の指摘は当たらない。

本稿では、韓国車載用電池メーカー 3 社の分析から、次の点を主張する。車載用電池が中インテグラル製品であるという佐伯（2011）の認識には同意するが、顧客の製品アーキテクチャ特性としては、LG 化学製をはじめ市販されている現行の EV 用電池に関するかぎり、外インテグラルではなく、外モジュラー製品としての特徴をもつ<sup>77</sup>。

GM やフォード、その他のメーカーへ納入される LG 化学の電池セルは基本的にすべて同じ構造をもち、正極材や負極材、セパレータなどの材料構成も大きな違いはない<sup>78</sup>。電池セルを多数使用して構成する電池パックでは、電池セルの積載方法や電池パックの形状が自動車メーカーの EV 設計によって異なることがある。しかし、基本的に同じ電池セルを使用しており、電池パックを構成する基本的な技術を電池メーカーが供給していることから、車載用電池パックの顧客の製品特性は、外モジュラー型製品としての特性をもっているとみることができる<sup>79</sup>。

---

<sup>76</sup> 半導体の工程アーキテクチャについて論じた鈴木・湯之上（2008）は、半導体がインテグラル型アーキテクチャであることを論証しており、本稿の議論と構図が似ている。本稿では、車載用電池は正極材や負極材など電池構成材料の組み合わせで開発・生産が可能であるが、安定した電池性能を同一品質で実現するには、きわめて高度な工程間の擦り合わせが必要なインテグラル型製品アーキテクチャであるとの認識に立っている。ただし、生産された電池は標準化されたインターフェイスをもつモジュラー部品であり、顧客の製品アーキテクチャ特性は外モジュラー型であるというのが本稿の趣旨である。

<sup>77</sup> 電池は PC 向けなどの民生用も含めて高度に標準化が進む製品である。プラスとマイナスの端子をもち一定の起電力を発生させて電力供給を行うという意味では、EV への搭載もその役割はある程度は規格化できる。

<sup>78</sup> LG 化学の電池セルは、セルの外装材にラミネートパックを使用するタイプで、内部に正極材、負極材とセパレータ及び電解質を充填している。リチウムイオン電池は、正極材、負極材などでいくつかの種類に分かれるが、本稿ではその詳細な説明は割愛する。LG 化学は、基本的にこの同じタイプのセルを量産することで低コスト化を実現する。

<sup>79</sup> この見方には異論もある。電池パックが個別の自動車メーカーごとに異なる形状、セル構成をもっていれば、それはインテグラル製品であるという見方もできる。しかし、電池メーカーが多数の電池セルを使用して電池パックを EV 向けに設計し、それに制御回路などの技術を加えて電池パック供給しているという意味において、電池パックがモジュラー型

韓国電池メーカーは、外モジュラー型製品として設計した電池パックを多くの自動車メーカーに供給している。韓国電池メーカーにとっては、EV メーカーからの受注を得るためのコスト低減のインセンティブが働く。低価格での電池供給を実現するため、共通化・生産規模拡大を戦略的に追求しているのである。

これに対して、日本の車載用電池メーカーは、中インテグラル外インテグラル製品アーキテクチャをもつ EV 用電池を生産している。AESC、LEJ および PEVE の3社は、いずれも自動車メーカーとの資本関係をもち、特定自動車メーカーとの密度の濃い擦り合わせによって車載用電池の開発を行っている。これを自動車メーカー側からみれば、日産、三菱およびトヨタは、いずれも従来車と同様に、電池を含めた高度なインテグラル型アーキテクチャの製品としての EV を開発・生産し、車載用電池メーカーとの垂直統合型取引を進めている。この面では、EV 用電池が外インテグラル製品であるという佐伯（2011）の主張は正しい。

外モジュラー型電池と外インテグラル型電池のどちらが優位になるかは、今後の EV 市場の動向によって判断するしかない。外モジュラー型電池は市販される半面、外インテグラル電池は特定自動車メーカーとの長期的取引関係を前提として開発され、原則として市販されないため、両者が同じ市場で競争することがないからである。

ただし、車載用電池の特性や EV の特性からみて、次の2点が指摘できる。

①車載用電池の最も大きな課題であるコスト低減においては、量産効果が大きく影響する。そのため、より多くの供給先を確保して生産規模を拡大した電池メーカーが高い競争力をもつ可能性が高い<sup>80</sup>。外モジュラー型電池メーカーにとっては、車載用電池を多くの自動車メーカーに供給できる体制を確保することで量産規模拡大を進める方が得策となる<sup>81</sup>。

②車載用電池にはまだ多くの開発余地があり、新しい電極材料の開発などによる高性能電池の開発が、現在はまだ車載用電池で実績のない電池メーカーで行われる可能性がある<sup>82</sup>。そのため、自動車メーカーにとっては、特定電池メーカーとの密度の濃い関係構築は、その

---

製品としての特徴をもっていると本章では主張する。

<sup>80</sup> たとえ供給先が1社でも、その量産規模が大きければ量産効果によるコスト低減ができるという見方もできる。しかし供給先が製品市場で高いシェアを獲得することができるかどうかを事前に知ることはできないため、電池メーカーが特定供給先のみに依存した事業展開を行うことには不確実性が伴う。

<sup>81</sup> 2011年2月時点では、AESCのEV電池量産規模はLG化学よりも多いが、LG化学では、多くの自動車メーカーへのEV電池納入と量産規模拡大を見込んだ上で戦略的な電池の価格設定を行っていると思われる。

<sup>82</sup> EV電池はいまだ開発途上にあり、LG化学のEV電池が現在は多くのEVで採用される傾向にあるが、優れたEV電池が開発されればその採用が一気に進む可能性が常にある。

ようなオープンな電池調達の枠組となる可能性がある。トヨタが HV においてリチウムイオン電池の採用が相対的に遅れたのは、このような事情が影響している<sup>83</sup>。

これら 2 つの特徴を考慮し、本稿では、将来主流となる EV 用電池の製品アーキテクチャは中インテグラル外モジュラー型であると判断する。EV 市場において、自動車メーカーと電池メーカーとの企業間関係は、これまでの従来車で行われてきた企業間関係の在り方とは異なるものとならざるを得ない。

車載用電池は EV の性能を決めるうえできわめて重要な構成部品である。このため、EV 開発の当初は、EV メーカーが電池を含めた開発を進めてきた。しかし、独立した車載用電池専門メーカーが開発をおこなう現在、車載用電池は、すでに外モジュラー製品としての市場を形成しており、完成車メーカーが EV を車載用電池までを含めた高度なインテグラル製品として開発する必然性はなくなっている<sup>84</sup>。今後は、車載用電池をモジュラー製品として活用する可能性を視野に入れる必要がある。

日本の自動車産業ではインテグラル型製品に相性のよい擦り合わせ型組織能力が大きな強みであり、それがこれまでの日本の自動車産業の躍進を支えてきた（藤本 2004）。しかしそれをそのまま EV 市場に展開して、EV を電池まで含めたインテグラル製品として開発することは再検討を要する。韓国 EV 用電池メーカーの戦略的な取り組みは、そのことを示唆しており、EV を従来車の延長ではなく、新たな視点で位置付けることが必要と本章では主張する。

## 第 5 節 小括

本章では、EV 用電池企業、および EV メーカーの取り組みを調査・分析した。

第 1 節では、2010 年以降に大手自動車メーカーを中心に各社が EV を市場投入している現状を明らかにし、さらに、EV に搭載される車載用電池の概要を解説して、車載用電池メー

---

<sup>83</sup> トヨタは 2011 年に一部のプリウスでリチウムイオン電池を搭載したモデルを発売し、初めてリチウムイオン電池を市販車で採用した。しかしリチウムイオン電池はすでにダイムラーや日産の HV では採用されており、トヨタは HV へのリチウムイオン搭載では実用化が遅れた。しかしトヨタは依然として HV 市場ではニッケル水素電池を使用したモデルで圧倒的な競争優位を維持している。

<sup>84</sup> トヨタは 2008 年、社内に電池研究部を新設して、次世代電池開発に乗り出している。これに対して GM などは外部の電池メーカーからの調達を進めており、自社での直接の電池開発は行っていない。この点は、トヨタと GM で著しく対応が異なっている。HV と同じくトヨタは電池技術を内部蓄積することで EV の開発を進めているとみることができる。

カーと EV メーカーとの取引関係を示した。

第2節では、韓国の車載用電池メーカー3社の取り組みを概観するとともに、日本の車載用電池メーカー3社の取り組みと比較することで、問題点を抽出した。

第3節では、EV 用電池の製品アーキテクチャを検討することで、韓国 EV 用電池メーカーの戦略を考察した。

本章の結論は、車載用電池市場において、韓国電池メーカーは、車載用電池を中インテグラル外モジュラー型製品と位置付けたオープンな市場展開と戦略的な量産規模拡大およびコスト低減を進めており、これが今後の市場競争力を高める可能性があるということである。

日本の電池メーカーは世界の電池市場において高いシェアと技術力を確保してきた。しかし車載用電池市場においては相対的に韓国メーカーに後れを取っている。EV 用電池市場において、日本の車載用電池メーカー、そして自動車メーカー（＝EV メーカー）が競争力を今後も維持するためには、これまでの自動車とは異なる視点による製品開発と企業間関係の構築を模索することも必要である。

製品アーキテクチャにおける自動車産業の分析はこれまで広く行われてきており、その意味では HV/EV や車載用電池の製品アーキテクチャについての考察には意味がある。しかし、一般に製品アーキテクチャは製品の進化にともなって変化するため、本章で述べた考察が普遍的なものとは言えない側面がある。また、ここで述べた企業間関係は、自動車メーカーと電池メーカーの一部の関係にとどまる。トヨタの EV 開発では別の企業間関係が構築されており、次章ではそれを検討する。

### 第3章 EV 開発の課題と企業間ネットワーク

#### 第1節 本章の課題

前章に続き、その後に本格化している自動車メーカーによる新たな EV 展開についてさらに分析を進める。

本章では、日産や三菱が進めている EV の実用化に続き、トヨタやホンダが進めている 2012 年以降の限定的な市場展開、海外の GM によるレンジエクステンダータイプと呼ばれる「シボレー・ボルト」やその他のメーカーにおける EV 展開に加えて、新しい動きとして注目される新興企業による EV 展開に焦点をあてる。

EV 市場では、既存大手メーカーの取り組みに加えて、新興企業<sup>85</sup>による EV 開発・販売が行われている。トヨタとの共同開発を進める米国テスラモーターズ（以下テスラ）のほか、フィスカーオートモーティブや複数の新興企業が EV 展開を進めた。国内でもシムドライブなどの企業が市場投入を予定、あるいは実際にモデルを市場展開している。

製品アーキテクチャ分析では、開発と生産で複雑な擦り合わせが必要な従来車はインテグラル型アーキテクチャ<sup>86</sup>をもつとされ、開発、生産を支える広範なサプライヤーシステムが注目されてきた。EV については、従来車とは異なる議論が行われており、そのうち、代表的なものは以下の2つである。

ひとつは、EV は主に大容量電池と電気モーターの組み合わせで生産が可能であることから、EV＝モジュラー（組み合わせ）型製品であるとの議論である（村沢 2010）。藤本（2012）も、EV がモジュラー型製品であることを否定していない<sup>87</sup>。モジュラー型製品は、開放的企業間関係による部品やモジュールの取引が可能で、従来車とは異なる企業間関係が対応する。

これに対して、佐伯（2011）は、現行の EV が必ずしもモジュラー型製品ではなく、ソフトウェア開発などでは高度な擦り合わせが行われるインテグラル製品としての特徴をもっていると指摘する。そしてその場合は、EV においても従来車と同様に閉鎖的・緊

---

<sup>85</sup> 本章で「新興企業」とは、これまで内燃機関による自動車を生産、販売していないが、EV で新たに自動車を開発、市場展開を始めている企業を指している。

<sup>86</sup> 「インテグラル型アーキテクチャ」の製品とは機能群と部品群との関係が錯綜しているものをさし複数の部品がトータル・システムとしての力を出す製品を指す。藤本（2001）5 ページ。

<sup>87</sup> 藤本（2012）160-161 ページで、藤本は EV が将来的にはモジュラー型のアーキテクチャになっていく可能性があると指摘する。同氏の立場は、EV のコスト低減や性能が十分でなく、EV が年間数千万台の規模で販売されるような「電気自動車の時代は簡単には来ない」というものである。

密な企業間関係が対応することになる。

しかし、テスラとトヨタとの共同開発の取り組みは、こうした二項対立とは異なる、製品アーキテクチャと企業間関係の新しい対応パターンを示していると考えられる。

## 第2節 EV 開発の課題

### 2-1 完成車メーカーによる EV 展開

日産と三菱は 2010 年、2009 年にそれぞれ EV の市販を開始して以降、日産の EV モデル「リーフ」は、2013 年 5 月までの累計で 6 万台以上の販売実績をもつ。また三菱でも「アイミーブ」が 2012 年末までに累計で約 1 万 5 千台を販売している<sup>88</sup>。

さらに GM の前述「シボレー・ボルト」は、2012 年に電池の発火などによる一時的な生産中止などが報じられたが、その後生産・販売を再開している。

日本の有力完成車メーカーは、従来のガソリン車の場合と同様にサプライヤーを選定して大容量電池などを確保し、自社内もしくは既存の自社系列内の技術を動員することで EV を開発している。日産は、リチウムイオン電池の生産実績のある NEC との合弁により AESC を設立して、EV 用の電池生産を行っている。また三菱も GS ユアサとの合弁でリチウムエナジージャパンを設立して、アイミーブ用の電池を調達している。また、駆動用モーターについては、日産は自社内で生産し、三菱は明電舎から調達している。

一方、GM は韓国の有力電池メーカー LG 化学から調達してボルトの開発を行っている。

リーフ、アイミーブの製品アーキテクチャはインテグラル型であり、その開発・生産は閉鎖的・緊密な企業間関係をベースにおこなわれている。一方、GM のボルト<sup>89</sup>では、独立の電池メーカー LG 化学からの電池調達により EV 開発を行っており、開発・生産は開放的な企業間関係をベースに行われているといえることができる。

これに対して、トヨタはパナソニックと共同で独自の EV として「eQ」を開発して市場に投入している<sup>90</sup>他、テスラとの協業による EV 開発を進めている。テスラとの協業に

---

<sup>88</sup> 販売台数は、FOURIN『世界自動車調査月報』No335、2013 年 7 月による。リーフの販売台数は当初計画を大幅に下回っており、期待されたほどに EV の普及は進んでいない。アイミーブについても同様に世界的に EV の販売は低迷しており、本章で述べるような大幅な電動パワートレインの実用化にはまだ時間がかかる傾向が顕著になっている。

<sup>89</sup> ただし、GM が LG 化学から電池を調達する方式は、日産や三菱の場合とは異なっており、GM が従来車においてサプライヤーから部品を調達する方式に準じている。GM の取引関係は、トヨタや日産などの日本の自動車メーカーと比べて開放的な取引といえるが、本章では日米の自動車メーカーの違いについての詳しい議論は割愛する。

<sup>90</sup> 「eQ」の開発は、トヨタが系列のパナソニックとの緊密な連携調整のもとで行われる統



よる開発は、日産や三菱、そしてトヨタ「eQ」の場合とは異なる取り組みとなっている。

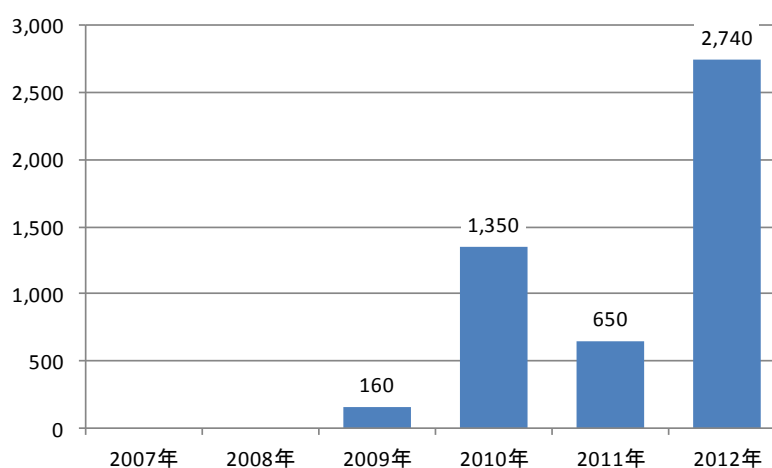
## 2-2 新興企業による EV 展開

従来車を製造・販売してこなかった新興企業によっても EV の開発と市場展開が行われた。米国の新興企業テスラは、高性能 EV スポーツカー「ロードスター」を 2008 年に実用化し、実売価格 98,000 ドルで市販している。2010 年 5 月にはトヨタとの業務提携を発表、トヨタはテスラに 5000 万ドル出資し、EV 共同開発を開始した<sup>91</sup>。

ただし、テスラ以外の新興企業による EV 展開は、いまのところほとんど頓挫、失敗している。例えば欧州では、比較的早期からノルウェーのシンク社が小型 EV モデル、「シンク・シティ」を限定的に販売、2010 年以降の本格的な量産を想定していたが、2012 年に資金調達に失敗し破産した。

新興企業による EV 開発とその市場展開が期待されたのは、EV の特徴に起因している。EV は構造がシンプルであるため、生産設備導入や生産ライン構築が容易となる。また、EV 構成部品はモジュールとして外部から購入することができる。さらに、高い性能をもつ大容量電池を採用することで、一定程度の EV 性能を確保することができ、大手メーカーと競合できるとされてきた。

図表 22 テスラモーターズ EV 世界販売台数推移



出所：FOURIN『世界自動車調査月報』No335、2013 年 7 月を元に筆者作成。

注：販売台数は、テスラ・ロードスター、モデル S の合計台数。

---

合型製品開発に位置づけられる。

<sup>91</sup> 『日本経済新聞』2010 年 3 月 21 日。

しかし、そのような単純なオープン・モジュラー的発想によって開発された EV は現実には競争力をもたなかったといつてよい。トヨタとテスラの協業は新興企業による EV 展開としては例外的な成功事例である。それはなぜ可能になったのであろうか。

### 2-3 新興企業の限界

テスラはトヨタとの提携によりモデル S の開発と市場展開で成功を収めているが、その他の新興企業はほとんどが失敗している。テスラとこれら失敗企業との間にみられる大きな違いは、EV 車両にある。

自動車で使用される車両は、高度にシステム化されている。EV であるからといって既存の自動車ですでに普及しているさまざまな機能を省けば市場評価は下がり、普及は難しい。その意味では、EV であったとしてもその車両は高度なインテグラル製品でなければ市場で評価されない。

EV 市場に新規参入する新興企業は、自社の電池技術やエレクトロニクス技術をキーテクノロジーとして使用するケースが多い。しかし、自動車の車両の生産技術や自動車の走行を制御する高度な技術は保有していない。その点、テスラはトヨタとの提携による共同開発を通じて車輜と部品の製品技術、および（車輜と部品の）製造システムを調達し、さらにトヨタの自動車技術を採用したモデル開発を行っている<sup>92</sup>。

これに対してその他のメーカーでは車両技術のめどが立たずに事業展開に失敗している。例えば、米国ベンチャー企業アプテラ社は、資金調達に失敗し元 GM の工場を獲得した上での車両技術の確保できずに 2011 年 12 月に破産している。

新興企業がたとえ電池や電気モーターでの高い技術をもっていたとしても、あるいはそれらを外部から調達して組み合わせることで EV 用のパワートレインを完成させたとしても、それを商品価値のある EV モデルとして市場展開するのは難しい。このことは、EV が従来車とは異なり、いくつかのモジュールを組み合わせることで開発が可能で、小規模企業であっても市場において一定の実績を確保できるという考え方を支持していない。EV においても市場で競争力をもつためにはインテグラル型アーキテクチャとしての設計が必要であることをこのことは裏付けている。

---

<sup>92</sup> ダイヤモンドオンライン（<http://diamond.jp/articles/-/8232>）、2013 年 12 月閲覧。

### 第3節 テスラのEV開発を巡る企業間関係

#### 3-1 テスラのEVモデルと電池

新興企業によるEV開発の代表例としてあげられるのは、テスラによるEVスポーツカーモデル、「テスラ・ロードスター」である。このテスラ・ロードスターで特筆すべきは、その電池技術である。

テスラ・ロードスター以前に開発が進められた高性能EVでは、EV用に専用設計された大容量電池セルの使用が前提であった。これは、EVには大容量の高性能電池が必要であり、安全性についても高いレベルが要求されたため、EV開発企業は高性能電池開発こそがEV実用化の鍵となるという見方をとっていた。

これに対してテスラは、すでにPCや携帯電話などで広く使用される民生用のリチウムイオン電池セルを使用するという発想の転換でEV開発を行った。一般にPCで使用するリチウムイオン電池は18650型セルと呼ばれる円筒型形状のタイプ<sup>93</sup>である。テスラはこの18650型セルを6,831個というきわめて多く直列で使用する電池パックを開発してEV用電池とした。

この方式の利点は、すでにPC用などで量産される電池を使用することによるコストメリットを生かせることにある。また安全性についてもPC向けの技術を援用することで一定のレベルを確保できる。

テスラはこのタイプの電池パックの開発では、当初からすでにPC用などで広く使用されていたパナソニックや三洋電機の18650型タイプのリチウムイオン電池セルを使用した。ただし、18650型セルタイプのリチウムイオン電池を大量に使用した電池パックの開発には、複数の電池セルを組電池として制御する技術が必要で、テスラは、この技術を独自に開発した<sup>94</sup>。

#### 3-2 テスラによる電池パック供給

トヨタとテスラによる資本・業務提携では、トヨタは、テスラが開発・生産するEV用電池パックを自社のEVで採用するとともに、テスラに車両技術などの自動車量産技術

---

<sup>93</sup> 直径18mmで65mmの長さの単三電池よりもすこし大きいサイズの小型電池で充電が可能な二次電池。

<sup>94</sup> テスラモーターズ ホームページ

(<http://www.teslamotors.com/jp/roadster/technology/battery>)、2013年12月閲覧。

を提供する<sup>95</sup>。ただし、テスラの電池技術は、トヨタだけが使用するのではなく、テスラがトヨタ以外にも販売することが可能となっている。

2010 年以降に進められているトヨタとテスラの共同開発は、トヨタ・モーター・エンジニアリング・アンド・マニュファクチャリング・ノースアメリカ (TEMA) のカリフォルニア事業所において、テスラの技術者が電池パックと EV 用モーターの技術を持ちこむ形で行われている。そこで生産される電池パックを使ってトヨタはトヨタブランドの「RAV4 EV」を生産・販売する。

この共同開発の進め方に企業文化の違いが明らかになるケースがしばしばある。この場合、トヨタはテスラの方式を受け入れながら開発を進めているという。

トヨタの通常の自動車開発では、ひとつひとつの技術課題について、それをチェックシート形式にまとめ、性能や信頼性などを保証するためのデータを収集してひとつひとつの項目に丸をつけながら進めていく。

しかし、テスラとの共同開発では、このようなトヨタの方式をとらないで進めるケースもある。性能や信頼性などについて、いくつかの試験データの収集や具体的なチェック項目についてそのエビデンスを求めても、テスラではその項目についての試験の必要性を認識していないケースがあり、その場合、トヨタのチェックシートに丸がつかないままとなる。しかし、その場合はテスラの方式に従ってチェックシートに丸がつかない状態で先に進めることにしているとトヨタの担当者はいう。トヨタとテスラの開発契約では、電池パックの開発担当はテスラの側であり、電池の性能や信頼性についての責任はテスラにある。電池についてはトヨタが性能などを保障するわけではない。このため、このような丸がつかないチェックシートでも先に進めることを認めている<sup>96</sup>。

後述するようにトヨタ方式でも、「承認図方式」をとる特定のサプライヤーとの閉鎖的な関係においてトヨタが求めるチェック項目へのエビデンスの提出が不要になるケースはみられる<sup>97</sup>。しかし、テスラのような新興企業との関係においてはこのようなケースはない。

これに対して、テスラとの共同開発による RAV4 EV では、トヨタの販売する車であ

---

<sup>95</sup> 「テスラとトヨタ、電気自動車開発で提携」トヨタ自動車プレスリリース、2010 年 5 月 21 日 ([http://www2.toyota.co.jp/jp/news/10/05/nt10\\_0511.html](http://www2.toyota.co.jp/jp/news/10/05/nt10_0511.html))。

<sup>96</sup> 2012 年 2 月 21-22 日、SAE 2012 Hybrid Vehicle Technologies Symposium における TEMA の技術担当者へのインタビュー。

<sup>97</sup> 「承認図方式」による部品は、サプライヤーが品質保証責任を負い、その部品に対する顧客からのクレームに全面的に応じなければならない。藤本・葛 (2001)。

っても、テスラの技術に関してトヨタによる関与をできるだけ限定した開発・納入を重視する方針をとっていることになる。トヨタの担当者は、たとえ **RAV4 EV** が市場で問題を起こしてもそれがトヨタのブランドを傷つけるものではないと指摘する<sup>98</sup>このことは、テスラとトヨタの共同開発が限定的なものであるということを示すとともに、あくまでテスラの側の技術を取り入れることを重視しており、トヨタの方式を推し進めることでテスラとの共同開発が中断し、テスラの技術者との信頼関係を壊すことを避ける狙いがある。

トヨタでは、この電池パックなどをテスラから導入するとともに、トヨタの車両技術をテスラに提供している。すでに、テスラは、トヨタと **GM** が合弁で設立した自動車製造工場 **NUMMI** のカリフォルニア州フリーモント工場を買収し、**2012** 年から「モデル **S**」の生産・販売を開始している。

具体的なトヨタからのモデル **S** に対する技術供与としては、量産におけるトヨタ生産方式によるコスト低減があげられる。もともとトヨタが使用していた **NUMMI** の施設などを利用することで低コスト化を実現した。

モデル **S** の性能は、一般的な乗用車モデルと変わらない完成度を確保しており、高い評価を受けている<sup>99</sup>。モデル **S** はまた、有力完成車メーカーが市場展開している **EV** モデルと比べて高い性能を確保している。高級車をターゲットとするポジショニングと、従来のガソリン車とほぼ同様の使い勝手を実現することで、これまで **EV** に懐疑的であったユーザーの獲得に成功している。

図表 23 主要な **EV** モデルの性能比較 (2012 年時点)

| メーカー   | 日産    | 三菱自動車 | トヨタ     | テスラ          |
|--------|-------|-------|---------|--------------|
| モデル名   | リーフ   | アイミーブ | RAV4-EV | モデル <b>S</b> |
| モーター出力 | 80kW  | 47kW  | 115kW   | 225kW        |
| 電池容量   | 24kWh | 16kWh | 41.8kWh | 60kWh        |
| 走行距離   | 199km | 180km | 166km   | 335km        |

出所：ハイエッジ (2012) および各社発表データをもとに筆者作成。

<sup>98</sup> 前掲インタビュー。

<sup>99</sup> 2013 年 5 月には米国「コンシューマレポート」誌から過去最高の評価を得ている。

テスラの電池とモーターによるパワートレインは、トヨタ以外の完成車メーカーにもすでに複数のモデルで採用されている。ダイムラーと **BMW** は、トヨタの **RAV4 EV** に先立って、「スマート **ED**」、「**MINI-E**」でテスラのパワートレインを採用したモデルを試験的に発売した。2013 年にはさらにダイムラーが、**B** クラスの **EV** モデルでテスラの電池とモーターを採用して発売する。すでに複数のメーカーのモデルで採用されていることからわかるように、テスラの電池およびモーターで構成されるパワートレインは、独立した電動パワートレインモジュールとして機能するものであり、市販されている。

つまり、**RAV4 EV** およびテスラ・モデル **S** は、インテグラル型製品として位置づけられるが、電池パックやモーターの開発・生産は開放的な取引関係をベースに行われている。

次節では、トヨタとテスラによる協業を製品アーキテクチャと知識ベースの企業間関係の観点から考察する。

## 第 4 節 **EV** の製品アーキテクチャと新興企業

### 4-1 トヨタとテスラの取引関係

電池やモーターをテスラから導入するトヨタ「**RAV4 EV**」の取り組みは、従来のトヨタの自動車開発・生産体制と比べてどのような違いがあるのか。

テスラからの電池パックの調達では、テスラが独自に設計・開発した電池パックをトヨタが採用していることから、この取引は「承認図方式」による取引となる。トヨタが目指す **EV** の特性に対応した電池パックのスペックを指定し、それに対応してテスラが設計・生産するためである。テスラの基幹技術はこの電池パックの設計にあり、電池パックの中身はトヨタからみてブラックボックスとなっている。またテスラによる電池パックの供給は、トヨタの **EV** 向けに設計されているが、**GM** 向け **LG** 化学の電池パックと同じく、その製品アーキテクチャは、中インテグラル外モジュラー型と本稿では位置づける。ただし、市販品として提供される **LG** 化学の電池パックよりは統合度（外インテグラル度）が相対的に高いと考えられる。

トヨタでは、従来車開発においてもブラックボックスとなっている承認図方式の部品やモジュールの調達は一般的に行われている。この点では、トヨタのテスラとの取引関係は他のサプライヤーとの関係と同じである。しかし、従来のサプライヤーシステム内

での承認図方式の取引は、長期的・緊密な企業間関係の上で成り立っており、そこではサプライヤーの「関係的技能」（浅沼 1997）が蓄積されている。

しかし、テスラとの取引関係では、長期的・緊密な企業間関係はいまだ構築されていない。またテスラはブラックボックスとして開発・生産する電池パックをトヨタ以外にも外販している<sup>100</sup>。

すわなち、従来の承認図方式による部品取引が、ここでは「市販品方式」と同じような開放的企業間関係のもとで行われている。

ここで注目すべきは、トヨタはこのようなブラックボックスとなっている電池パックモジュールを使用しながら、インテグラル型の EV を開発・生産していることである。このことを理解するためには武石（2003）による知識ベースの企業間関係論が参考になる。ここで重要なのは、完成車メーカーにとってはブラックボックスとなっている部品やモジュールを、完成車メーカーが「統合知識」によって完成車に擦り合わせた場合である。

現状行われている EV 開発においては、中インテグラル外モジュラー型の電池モジュールが採用され、完成車メーカーが部品知識なしに統合知識による調整プロセスをへてインテグラル型アーキテクチャの EV を開発・生産しているとみなすことができると本稿では判断する<sup>101</sup>。

#### 4-2 トヨタ・テスラ協業の理論的解釈

テスラのケースでは、テスラが独自に設計、開発している電池パックの部品知識（武石 2003）はテスラのものであり、トヨタは保有していない。トヨタは部品知識を持たないままテスラの電池を調達し、それを自社の統合知識によって擦り合わせることで

---

<sup>100</sup> テスラがトヨタ以外に外販している電池パックは、トヨタ向けの電池パックと同じではない。テスラは搭載する EV モデルの仕様に応じて搭載する電池セルの数量やその搭載方法、電池管理システムを変更している。しかし、18650 サイズの電池セルを多数使用するという設計思想や多数の電池を管理する管理システムの手法は同じであり、EV ごとの相違は EV の形状や EV に求める性能に応じた変更にとどまっている。

<sup>101</sup> 外モジュラー型製品アーキテクチャをもつ電池パックは、モジュールからの出力は電源電圧、電流、電力容量などの数値化された特性で示すことができ、内部の仕様が必ずしも明らかでない場合でもそれを使用することができる。しかし、EV メーカーは、あらかじめ電池パックの仕様を指定し、それを採用した場合に電池パックの外形的特性（寸法形状や重量）と EV 全体の重量の関係を擦り合わせる必要がある。その意味では完成した EV は、電池パックを部品として取り入れたインテグラル型とみなすことができると判断する。

RAV4 EV の開発を進めている。ただし、トヨタの場合、テスラのような長期的で緊密な企業間関係のない企業から、ブラックボックス部品をそのまま採用することは、従来の取引方式とは異なっている<sup>102</sup>。

また、テスラから供給をうける電池パックは EV の性能を決める基幹技術であり、それをテスラのような新興企業からブラックボックスとして採用することは、従来のトヨタとサプライヤーとの取引では行われていない<sup>103</sup>。

一方、EV を従来車と同じ方式で開発している日産や三菱の場合、電池企業は合併で設立した系列企業である。この場合電池などの部品知識に対しても完成車メーカーが関与した共同開発が行われており、日産や三菱は部品知識と統合知識をともに獲得している。この方式は従来車と何ら変わりはない。

トヨタとテスラ関係をテスラの側から見れば、テスラはトヨタから自動車をインテグラル型製品として組み立てるための総合的な知識の体系の導入を図っている。これは、トヨタのもつ統合知識をテスラが導入することに相当する。

トヨタは、世界各地の難所といわれる坂道の路面情報を持ち、エンジンやパワートレインの開発において、そのような難所での走行を可能にするエンジン制御や走行制御を行っているという<sup>104</sup>。そのような技術は自動車の設計を長く行ってきたトヨタのような完成車メーカーでなければ保有していない。これが自動車メーカーが保有する統合知識である。

テスラは EV の重要な構成要素である電池や駆動用モーターの技術を有しているが、それはあくまで部品知識に過ぎない。テスラはこのようなトヨタの統合知識を活用する必要があった。このことが、新興企業の EV 開発において重要であることをテスラの成功は示している。逆に部品知識の寄せ集めであるモジュラー型 EV は市場で支持されず、多くの新興企業の失敗理由となっている。

トヨタとテスラの場合には、テスラの供給する電池や駆動用モーターが比較的「外的

---

<sup>102</sup> いいかえると長い取引関係がない新興企業とのこのような取引は大きなリスクを冒すことになるがそれを行うことをトヨタはあえて選択していることになる。

<sup>103</sup> デンソーなどがトヨタからみてブラックボックスとなる部品やモジュールを供給することはすでに広く行われているが、いずれもトヨタの生産する自動車の性能を左右するような基幹部品ではない。ここでの議論はあくまで EV の基本性能を左右する意味での EV 電池の供給についてである。

<sup>104</sup> 前掲インタビュー。



依存性」の低いモジュールとして採用される<sup>105</sup>。テスラの電池や駆動モーターは独立したユニットとして採用され、他の部品との構造的・機能的な関連は低く、独立したユニットとしてトヨタの EV で機能する。しかし、それを EV として完成させるためには統合知識が必要である。それは韓・近能（2001）が示しているコンビメーターと同様な位置づけにあるとみることができる<sup>106</sup>。ただし、トヨタはテスラとの関係においては、既存サプライヤーとの間でみられるような緊密な関係なしに、ブラックボックス部品を採用していることに際立った特徴がある。

#### 4-3 トヨタ・テスラ協業のインプリケーション

日産や三菱のように早くから EV に注力してこなかったトヨタにとって、市場投入のタイミングを逸することなく最新の電池技術を導入するには従来車の基幹部品開発で行ってきたような自社開発や、サプライヤーとの長期的取引関係を前提とした共同開発の時間はない<sup>107</sup>。このためトヨタは、外部の企業がもつ部品知識を利用し、自社の統合知識と統合することによって競争力のある EV 開発を行う必要がある。新興 EV 企業テスラにとっては、部品知識はあるが統合知識がないという状況をいかに打開するかが課題となる。

本稿では、トヨタとテスラの協業が、今後の EV 市場における完成車メーカーと新興企業やサプライヤーとの企業間関係構築のモデルケースとなる可能性があると主張する。その理由は次の 3 点である。

第一に、車載用電池技術開発は現在でも多くの電池メーカーによって進められており、その性能は日々向上している。現在使用されるリチウムイオン電池は、一定の性能向上

---

<sup>105</sup> ある部品ユニットが製品システムを構成する他の多くの部品ユニットと構造的・機能的に密接に関連している場合を、その部品ユニットの「外的依存性」が高いと呼ぶ（韓・近能 2001）。

<sup>106</sup> 韓・近能（2001）は、コンビメーターが、意匠部、取付部と内部機構の 3 つに分けられ、意匠部と取付け部は車種ごとに異なるが、構造的・機能的に独立になるように設計されており、パッケージのように取り換えることが可能なモジュラー型の部品ユニットとしている。意匠部と取付部における車種ごとの違いはプリント基板と配線の一部を取り換えることで可能なため、コンビメーターの外的依存性は低いとしている。本稿では、テスラの電池や駆動用モーターについても、構造的・機能的な独立性が保たれており、テスラによる他メーカーに対する電池や駆動用モーターの供給において、その外部依存性は低いと判断する。

<sup>107</sup> ただし、トヨタは、パナソニックや PEVE におけるリチウムイオン電池の開発により、EV や PHV の独自開発を行い、2012 年 12 月にはパナソニックによる専用の EV 用電池を採用した EV として「eQ」を開発して市場展開している。

が進んだものの、EV 用としては安全性や容量の点でまだ開発の余地がある。このため、現在の電池よりもより高性能で EV に適合した電池が、別の電池メーカーによって開発される可能性がある。その場合、そのような新しい電池の技術をすばやく採用して高性能な EV を開発するための方策として、トヨタが行ったテスラとの協業の方式が意味をもつ。

第二の理由は、電池技術やモーター技術は EV の性能を決める基幹部品であることである。従来車においても多くの部品やモジュールが、外部の企業にアウトソーシングされており、完成車メーカーが長期的な取引関係の下でそれらの部品やモジュールを厳密な検査なしに採用している例がある。しかし、それは自動車の走行性能にかかわるものは少なく、自動車の外装や装備などの周辺技術であることが多い。トヨタとテスラの関係は、基幹部品においてブラックボックス部品を採用することに踏み込んだ先駆的な事例と位置付けることができる。

そして、3 つめの理由としてあげられるのは、今後の EV 新興メーカーとの競争における優位を保持する意味がある。トヨタはテスラのモデル S に車両技術を提供することで、完成車メーカーが保有する自動車技術が EV にとって必要であることを示すことに成功している。このことは、新興メーカーが部品知識の寄せ集めで EV を開発しても競争力を獲得することが難しいことを示し、結果として EV 市場における自動車メーカーの存在感を保持することが可能になる。

## 第 5 節 小括

本章では、EV 開発・生産において進められているトヨタとテスラによる協業関係について考察した。

第 1 節では、本章の主題と目的を示し、第 2 節では有力完成車メーカーによる EV 展開と新興企業における EV 開発の概要をまとめた。第 3 節では、米国テスラとトヨタの提携の内容を示し、両社の企業間関係が EV においてはこれまでにないものであることを明らかにした。第 4 節では、トヨタとテスラの協業の意義を考察した。そして、このような企業間関係が、EV における今後の完成車メーカーや新興企業の進むひとつの道を提示している

本章での主張は、市場形成が始まったばかりの EV 開発とその初期市場形成期の段階での企業の取り組みをもとにしたものであり、今後の継続した調査研究が必要である。

次章では、現時点での EV における企業間関係の構築と HV における企業間関係の成功例を比較して、両者の違いを明らかにするとともに、HV/EV における企業間関係を総括する。

## 第4章 HV/EV 開発・生産における企業間関係

### 第1節 HV/EV 開発・生産と企業間関係

本章では、自動車メーカーによる HV/EV 開発とそのため企業間関係の構築についての本稿の議論を総括する。

改めて、HV および EV の開発において、自動車メーカーがどのように車載用電池の調達を行ったかをまとめる。

第1章でみた、HV におけるトヨタ、ホンダや日産などの国内メーカーの取り組みでは、いずれの自動車メーカーとも電池の調達において次のような開発・生産体制をとっている。

- 1) サプライヤー・ネットワーク内の企業との関係を重視した取り組みを行っている。
- 2) 合併により電池メーカーをサプライヤー・ネットワーク内に取り込み、基本的に自社 HV 専用の電池生産を進めている。

現在 HV 市場において優位にたつトヨタがパナソニックとの合併で設立した PEVE がニッケル水素電池では市場を牽引している。PEVE の HV 電池開発では、トヨタの技術者とパナソニックの技術者が共同して電池制御回路の開発を行っている。また電池制御に必要な半導体技術にはデンソーの技術が応用されている。トヨタにおける HV 電池パックの開発では、トヨタのサプライヤー・ネットワークが総力を挙げていることがわかる。

このような HV 電池開発における自動車メーカーと電池企業との関係構築は、日産、ホンダにおいてもみることができる。いずれもケースも、自動車メーカーと電池メーカーは、資本関係を含む強固な取引関係を構築していることに特徴がある。

これに対して第2章で示した EV 開発では様相が異なる。

代表的なケースである GM のレンジエクステンダー型 EV では、GM との関係がそれほど強固でない LG 化学の電池が採用されている。LG 化学の EV 電池は、GM 向けのみではなくフォードやボルボなどの多くのメーカー向けに供給している。このような EV 用電池の供給関係は次第に広がりを見せている。

2013 年に「i3 シリーズ」として EV を販売する BMW は、サムスン SDI から電池調達を行う。サムスン SDI は BMW 以外に現代自動車やインドの自動車メーカーなどへの供給も行う。従来日産の HV や EV では独占的に AESC が電池供給を行ってきたが、2013 年以降には

日産向けに日立製作所が **HV** 電池供給を開始する<sup>108</sup>。また日産とアライアンス関係にあるルノーは **EV** 開発において当初予定していた **AESC** からの調達を **LG** 化学に変更している<sup>109</sup>。ホンダは、**HV** においては **GS** ユアサとの合弁で設立したブルーエナジーからリチウムイオン電池を調達している。しかし **EV** 開発では東芝が市場展開しているチタン酸リチウムを負極に採用した新しいタイプのリチウムイオン電池を採用した。東芝はさらに同じタイプの電池を三菱のアイミーブの業務用モデル向けにも供給を開始している。自動車メーカーとは独立に開発・市場展開している東芝の電池が複数の自動車メーカーで採用されている。

このようにみえてみると、おもに **EV** における電池調達では、国内外の自動車メーカーで自社の系列下にはない独立電池メーカーとの取引が進んでいる。この場合、先に示した **HV** における電池調達と対比した **EV** 用電池の特徴は次のようになる。

- 1) **EV** 用電池では自動車メーカーは独立した電池メーカーとの取引を進め、**EV** モデルの開発に応じて **EV** 電池メーカーから電池調達を行うケースが増加している。
- 2) このようなケースでは電池メーカーは単独で電池パック開発に必要な電池制御回路用技術を獲得し、自動車メーカーに電池パックを提供している。

第2章で示したように、**LG** 化学は自社単独で電池パックを開発し、**GM** へ供給している。電池メーカーによって電池の開発が行われていることは、大きな意味がある。

**EV** 用電池の調達において、さらに特徴的な企業間関係がみられるのは、第3章で示したトヨタとテスラによる協業関係である。トヨタはテスラへの資本参加を行っており、この企業間関係は、先に示したトヨタと **PEVE** やパナソニックとの関係と類似したものになっている。しかし、トヨタとテスラの企業間関係では次に示す特徴がある。

- 1) トヨタはテスラの電池を承認図方式で採用する。これはテスラの技術をほぼそのまま利用することを意味するが、トヨタとテスラの関係は長期的な取引関係に基づくものではないことが通常の承認図方式とは異なる。
- 2) トヨタは、テスラの **EV** 開発においてトヨタの車両技術を提供することでテスラとの協業関係を構築している。新興企業であるテスラはトヨタの車両技術により **EV** モデ

<sup>108</sup> 日立オートモティブシステムズ、ニュースリリース、2013年11月13日。

<sup>109</sup> 『日本経済新聞』2010年10月1日。

ル展開で一定の成果を上げている。

第3章でみた、トヨタとテスラの企業間関係では、トヨタがHV開発においてパナソニックとの協業で設立した電池メーカーであるPEVEの場合と比べて、トヨタとテスラの双方が技術開発において一定の役割を果たし、必ずしもトヨタのみが主導権をもっているわけではないことに特徴がある。

以上3つのパターンの自動車メーカーと電池メーカーとの関係をまとめると図表24のようになる。

図表 24 HV/EV における自動車メーカー/電池メーカー関係の3パターン

| 項目   | パターン1   | パターン2  | パターン3   |
|------|---|--|---|
| 具体例  | トヨタとPEVE                                      | GMとLG化学  | トヨタとテスラ   |
| 主導権  | 自動車メーカー<br>(トヨタ)                              | 電池メーカー<br>(LG化学)   | テスラ(電池調達)<br>トヨタ(量産技術など)                                    |
| 供給関係 | PEVEはトヨタの子会社としてトヨタへの供給を優先して行っている。             | LG化学は、GMだけでなく、他の自動車メーカーへの供給を拡大してコスト競争力を高めている。            | テスラはトヨタだけでなく幅広い電池供給を行い自社でも採用する。トヨタはテスラに量産技術や車両技術を提供する。      |
| 電池開発 | トヨタとPEVEは共同で電池開発を行い、長期的取引を前提とする承認図方式で電池を調達する。 | GMは電池パックの開発をLG化学に委託し承認図方式で電池を調達し、電池パック内部はブラックボックスとなっている。 | トヨタは、承認図方式で長期的取引の実績のないテスラから電池パックを調達、電池パック内部はブラックボックスとなっている。 |
| 相互関係 | 垂直的な支配関係                                      | 水平的でオープンな供給関係  | 水平的な相互補完関係  |
| 対象   | HV  | HVおよびEV  | EV  |

出所：筆者作成。

パターン1は、自動車メーカーが主導権をもち、従来車で構築されたサプライヤーシステムが拡大深化している。この場合、技術開発の中心には自動車メーカーが位置している。

パターン 2 は、韓国の電池メーカーに代表されるような自動車メーカーと電池メーカーとの関係である。この場合、電池メーカーは自動車メーカーとの特別な関係構築に先立って単独で電池パックの開発を行う。この場合、電池技術開発の主導権は電池メーカーの側にある。自動車メーカーと電池メーカーの関係は、パターン 1 とは逆になり、電池メーカーが相対的に強い関係となる。このため電池メーカーは複数の自動車メーカーへの電池供給を実現する。

パターン 3 は、トヨタとテスラに代表される企業間関係である。この開発・生産体制ではテスラは独自に開発した電池パックを提供する。電池パックではテスラはトヨタに対して主導権をもった技術開発を行う。一方でテスラはトヨタから車両技術を導入して自社の EV 展開を行っている。このケースでは、両者は互いの技術を相手側に提供することで双方が実績を確保する関係になっている。

このような 3 つのパターンの企業間関係はとくに珍しいものではなく、様々な業界ですでに実現しているものである。しかし、従来車においては、完成車メーカーがサプライヤー・ネットワークの中核企業として多くのサプライヤーに対して開発・生産体制を主導してきた。HV/EV では、いまだ市場形成が進む初期段階とはいえ、従来とは異なる開発・生産体制が観察される。

次節では、このような 3 つのパターンに分類できる企業間関係について、製品アーキテクチャ論による検討を行う。その際、本稿では武石（2003）が示した「部品知識」と「統合知識」の定義を分析枠組みとして採用する。第 3 節では本稿の結論を述べる。

## **第 2 節 HV/EV の製品アーキテクチャと企業間関係**

### **2-1 HV の製品アーキテクチャと組織能力**

本節では、HV/EV における自動車メーカーとサプライヤーとの企業間関係を、製品アーキテクチャや知識ベースの企業間関係論の観点で分析する。

日本型サプライヤーシステムでは、藤本（2006）が指摘する「統合型（インテグラル型）製品開発の組織能力」が働いて、自動車メーカーとサプライヤーとの間の濃密な情報交換による擦り合わせが行われる。この結果、欧米自動車メーカーのサプライヤーシステムと比べて、高い性能・品質をもつ自動車の開発を可能にしている。擦り合わせ型の組織能力の優位性は、インテグラル型製品においてよく発揮される。

HV は、従来車における内燃機関を駆動力とする自動車技術に、電池や電気モーターを新

たに付加し、電動パワートレインによる走行をエンジン走行に併せて行う。このような HV の構造をみると、エンジンとモーターによる走行を高度に調整する技術が必要であり、HV は高度な「擦り合わせ」が必要なインテグラル型製品である。その意味では、日本型サプライヤーシステムのもとで生産される HV が市場で競争力をもっていることは、製品アーキテクチャ論に説得力を与えている。

藤本（2003）では、日本型サプライヤーシステムの下では、部品の開発と生産をサプライヤーに「まとめてまかせる」ことが指摘されている。この「まとめてまかせる」開発は、長期取引関係にあるサプライヤーに限定されているが、一定の範囲内でサプライヤーは部品やコンポーネントの開発を自主的に行うことができる。この場合の自動車メーカーとサプライヤーとの部品取引は、「承認図」方式として行われており、自動車メーカーの側がサプライヤーに部品の設計仕様などを示して生産を行わせる「貸与図」方式とは異なる取引関係となる。

近年の自動車開発では、すでにさまざまな機能でエレクトロニクス技術が多用されている。これらは「バイワイヤー（電線）テクノロジー」として認知されており、自動車メーカーのサプライヤー・ネットワーク内においても多くのエレクトロニクス企業が名を連ねている。HV 開発はそのような自動車における電子化の一環として位置づけることが可能である。実際に、従来車で高い組織能力を保有する国内の自動車メーカーが HV の開発と市場展開において優位を築くことが可能になっている。

## 2-2 EV の製品アーキテクチャと電池

一方、EV では、独立した電池メーカーが電池パックの開発を行って自動車メーカーに納入している。この企業間関係は HV と比較してどのように位置づけることができるか。

HV と比べて EV は、すべての駆動力を電池からの電力で賄い、従来車において基幹技術に位置づけられるエンジンを搭載しないことが大きく異なる。このため EV は、電池や電気モーターを外部から調達することでその開発と生産が可能なモジュラー型製品とみることができるという主張があることを、第 2 章で示した。しかし、本稿では、EV も HV と同様に、その開発には高度な調整プロセスが必要となるインテグラル型製品と位置づける。

ただし、HV 用と比較して大容量となる EV 用電池は、EV の性能を左右する重要な構成コンポーネントであり、電池技術は自動車メーカーが保有していない技術である。また EV 全体に占める電池コストの割合が増加する。このため電池コストの低減の必要性が極めて高い。



量産規模を拡大して生産コストを下げる事が可能になる外モジュラー型の製品アーキテクチャが相対的に優位となる可能性があると考えられ、本稿では、将来主流となる EV 用電池の製品アーキテクチャは中インテグラル外モジュラー型であると判断する。この場合、EV の製品アーキテクチャはインテグラル型であるが、インテグラル型電池を使う場合よりも統合度は相対的に低くなる。

電池取引では、有力な電池メーカーは、特定の自動車メーカーとの固定的取引ではなく、オープンに電池供給を行っている。この取引関係では、電池メーカーが相対的に優位にたち、EV 電池の開発では電池メーカーが主導権をとる。このような関係は、HV における自動車メーカーと電池メーカーとの位置関係とは異なる。

EV 用電池を、外部の電池メーカーから市販品コンポーネントとして調達し、インテグラル型 EV の開発、生産を行うプロセスは、第 3 章で示した武石（2003）が示す知識ベースによる「部品知識」と「統合知識」の概念で解釈することができる。

GM と LG 化学のケースのように、自動車メーカーが電池メーカーから電池パックを調達する場合、自動車メーカーが部品知識を持たないままブラックボックスとして電池パックを調達し、それを自社の統合知識によって統合する。

国内の自動車メーカーは、部品知識をもつサプライヤーと強固な関係構築を行っていることが特徴で、長期的な共同開発や、資本的支配を通じて部品知識を自社内に取り込もうとする。こうして開発された日産や三菱の EV はインテグラル型の電池を使った、相対的に統合度の高いインテグラル型 EV である。

ただし、トヨタと新興自動車メーカーであるテスラとの開発・生産体制においては、両社がそれぞれの知識を他方に提供する企業間関係を構築しており、上にみられる企業間関係とは異なっている。第 3 章で示したように、テスラの電池パックおよび電気モーターなどの技術をトヨタは、カスタムコンポーネントとして採用しており部品知識を外部にアウトソーシングする。この場合、トヨタはテスラの電池をブラックボックスとして採用する。また、トヨタはこの協業において、車両技術や量産技術をテスラに提供している。それは、トヨタがこれまでの自動車開発で蓄積してきた高度な擦り合わせを必要とするインテグラル型製品アーキテクチャに対応する統合知識である。トヨタとテスラのこのような企業間関係は、従来の日本型サプライヤーシステムとも欧米型サプライヤーシステムとも異なっており、今後の次世代自動車産業における企業間関係の変化を示唆するものである。

## 2-3 EV 開発におけるトヨタの戦略

EV および電池のアーキテクチャと企業間関係の観点から、EV 開発におけるトヨタの戦略を考察すると次の点が指摘できる。

トヨタの EV 開発では、テスラとの協業による EV 開発とともに、独自の EV 開発として「eQ」の開発を行っている。この EV モデルでは、パナソニックが開発した専用の EV 用電池を採用しており、系列企業であるパナソニックとの強固な企業間関係のもとでの開発が行われている。このため、「eQ」では、トヨタは、EV を従来車と同様に電池も含めたインテグラル型製品として設計されていることになる。この場合、電池の部品知識を保有した上で EV 開発を行っている。これは、第 1 章でみたトヨタやホンダの HV 開発の方式、第 2 章でみた日産や三菱の EV 開発の方式と同一である。

一方、テスラとの協業による「RAV4 EV」では、電池パックをテスラからブラックボックスとして調達した開発を行っている。この方式は GM と LG 化学が行っている電池取引の方式を取り入れたものとみることができる。すなわち、電池を外モジュラー型部品として調達し、それをトヨタが保有する統合知識によってインテグラル型 EV としてまとめあげる方式である。同じインテグラル型 EV でも、さきほどの「eQ」よりも相対的に統合度が高いと考えられる。

このことは、トヨタが基幹技術の外部調達によるクローズド・モジュラー型の EV 開発だけでなく、従来の企業間関係に基づくインテグラル型の EV 開発を同時に進めていることを意味している。トヨタの EV 事業においては、従来車や HV での成功パターンを踏襲した「eQ」の方が主流であるかもしれない。しかしあえて新たな協業パターンを導入する必要があったのである。その理由は次のように考えられる。

クリステンセンは、破壊的イノベーションとなる技術に対して、「つねに先駆者になる、あるいは追随者になるといった一面的な技術戦略をとるのは賢明ではない」としている<sup>110</sup>。一時期期待されたようなオープン・モジュラー型の EV が破壊的イノベーションとなる可能性は遠のいた。しかし、インテグラル型 EV には LG 化学が主導するクローズド・モジュラー型の電池を使用した、相対的に統合度の低いものも存在する。

本稿第 2 章で指摘するように、EV では電池の性能が EV 性能を左右する。このため、EV 用電池の採用には、独立した電池メーカーからの調達によりコスト低減を進める方式が広がり、この種の EV が破壊的イノベーションとなる可能性が残されている。その場合は自

---

<sup>110</sup> クリステンセン（2001）296 ページ。

自動車メーカーではなく電池メーカーが EV 市場の主導権をにぎることになるかもしれない。

その意味では、トヨタの EV 開発における戦略は、破壊的イノベーションとなる可能性をもつ EV に対抗しうる統合度の相対的に低い EV を、自社が主導権をにぎりつつ開発するというオプションを残しておこうとするものであり、先行企業として取りうるもっとも有効な戦略をとっているとみることができる。

トヨタによるテスラとの提携は、トヨタが今後の EV 市場の流動性を視野に入れ、従来車と同じインテグラル型のものづくりだけでなく、基幹技術をブラックボックスとして取り入れる、新興企業との企業間関係によってクローズド・モジュラー寄りの EV 開発を行う方式をあわせもつ二段構えの取り組みとみることができる。すでに競争力をもつ HV/PHV とあわせ、次世代車においてももっとも強固な製品ポートフォリオをもっていると言える。

このようなトヨタの取り組みは、クリステンセンがイノベーションのジレンマで指摘した破壊的イノベーションとしての EV の可能性に対して、先行企業トヨタが取りうる優れた事業戦略に位置づけることができる。

### 第3節 小括

本章では、HV/EV における自動車メーカーと電池メーカーとの開発・生産体制を、製品アーキテクチャや知識ベースの企業間関係の観点から考察した。ここで検討してきた企業間関係は次の3つのパターンにまとめられる。

第一は、HV 開発・生産における企業間関係である。ここでは自動車メーカーがサプライヤーから必要な部品を調達する関係で、従来車開発の延長に位置づけることができる。ここで HV はインテグラル型製品、HV 用電池は外インテグラル型部品とみることができる。

電池や電気モーターなどを承認図方式によるカスタム部品・コンポーネントとして自動車メーカーが調達し、それを高度な HV としてまとめ上げる。この場合の自動車メーカーと電池メーカーなどの異質な技術を保有する企業との関係は、長期的・排他的な関係となり、自動車メーカーが該当企業を「囲い込む」関係となる。

この企業間関係のもとでは、自動車メーカーは部品知識をアウトソーシングにより利用するが、自動車メーカーが主導権をとる共同開発を通じて中長期的には自社内に獲得・蓄積しようとする。

この開発・生産体制では、従来車で構築された日本型サプライヤーシステムが拡大深化している。「異質な技術」を必要とする HV においても、国内自動車メーカーが従来車と同じ組織能力を発揮することで、市場において高い競争力を発揮することができた。このことは逆に、HV が高度なインテグラル型製品であることを裏付けている。国内メーカーによる EV 開発・生産体制も基本的には同一のパターンである。

第二は EV における韓国電池メーカーと欧米自動車メーカーの開発・生産体制である。海外メーカーでは、国内メーカーとは異なり、自らは EV 用電池開発に対して主導権をとらず、電池をブラックボックスである市販品として調達する。この関係では、電池メーカーが主体となって電池を開発し、自動車メーカーへ納入を果たしている。また電池メーカーはこの関係においては特定の自動車メーカー向けだけでなく複数の自動車メーカーへの納入を実現することで、量産規模を拡大し、コスト低減を図る。この場合、電池は外モジュラー型部品とみることができる。複数の自動車メーカーでの採用が可能なレベルで標準化が行われている。

部品知識を獲得しようとせず、ブラックボックスとして電池を調達する方式は、従来車で欧米メーカーが構築している腕長型のサプライヤーシステムに対応している。このネットワークでは自動車メーカーが電池メーカーを「囲い込む」のではなく、独立した電池メーカーとして企業間関係を構築している。

第三の関係が、トヨタがテスラとの開発・生産体制で構築した関係である。この場合の企業間関係は、他の 2 つのパターンの特徴を併せ持つ。まず、トヨタは RAV4 EV 用電池をブラックボックスとして調達する。この点は第二のパターンと同じである。トヨタは「電池パックの開発に対して主導権をとらず、部品知識をもたずにそのまま利用する。トヨタはテスラに資本参加しているが、トヨタによるテスラの経営支配は限定的なものにとどまっている。RAV4 EV においては、電池パックをブラックボックスとして調達し、電池パックで使用する電池管理システムなどの部品知識を吸収していない。一方でトヨタはテスラに対して「モデル S」用に車両技術や量産技術を供給する。この場合トヨタは電池調達のかたちでテスラの部品知識を利用し、車両技術などの統合知識をテスラに提供する。これにより新興企業であるテスラは、製品性の高いインテグラル型 EV の量産が可能になっている。

トヨタは、これまで自社のサプライヤーシステムがもつ高い組織能力を背景とした自動車開発をおこなってきており、このような企業間関係を構築することはあまりなかった。しかし「異質な技術」の導入が必要な HV/EV 開発においては、従来にない企業間関係を構築する必要があった。トヨタは、このような従来にない企業間関係を構築することで、次世代自動

車技術として注目される EV に対して二段構えの戦略を進めている。ひとつは従来車と同じく EV を高度なインテグラル製品として作りこむ戦略で、さらにひとつはテスラとの半自律的な協業による相対的にクローズド・モジュラー寄りのインテグラル製品を実現する戦略である。これに高度なインテグラル型の HV/PHV を加え、次世代車市場の流動性を織り込んだ分厚い製品ポートフォリオを有している。

## 補節 HV/EV 開発におけるネットワーク構造

### 補-1 ネットワークと企業間関係

本節では、先に示した HV/EV 開発でみられた 3 つのパターンの企業間関係を、第 1 章で考察したネットワーク論や構造的空間の概念から分析する。

一般に経済学的な分析では、ネットワーク論による分析はあまり行われていない。しかしここで述べるネットワーク論の概念は、自動車産業におけるサプライヤーシステムを中心とするネットワークと、HV/EV 開発でみられる企業間関係の構造を対比する上では有益な概念と考えられるため、ネットワーク論を用いて本稿の主張の大枠を示す。

第 1 章で示したように、トヨタやホンダなど国内メーカーが優位な開発が実現した HV では、スモールワールドネットワークを形成するサプライヤーシステムが、「異質な技術」を取り入れるプロセスにおいて重要な役割を果たした。サプライヤー・ネットワークに内在する構造的空間により大容量電池や駆動用モーターの技術を「発掘」し、それを高度に擦り合わせるにより高性能な HV 開発が実現している。

このプロセスにおいて、サプライヤー・ネットワークは、大容量電池や駆動用モーター、電子制御技術およびパワーエレクトロニクスを車両内に持ち込み、車両の電動化を実現することが可能な組織能力を確立している。このとき、サプライヤーのスモールワールドネットワークでは、いわゆるネットワークを構成する企業間関係の「リワイヤリング」が起きている。

トヨタの場合、パナソニックや PEVE が代表例である。PEVE とトヨタは、HV の実績拡大にともなって、その関係が強固になり、PEVE におけるトヨタの出資比率は増加している。また、PEVE にともに出資するパナソニックとトヨタの関係も次第に強い紐帯で結ばれる関係になっている。さらにトヨタは、EV や HV の開発で新たに採用するリチウムイオン電池の採用においても、パナソニックグループからの電池調達を進めている。2010 年以降に実用化

している PHV では、トヨタは PEVE からリチウムイオン電池を採用している。ここで、PEVE が新たに生産するリチウムイオン電池の開発では、トヨタがパナソニックと協力し、主にトヨタが中心となった開発を行っている。この意味で、トヨタとパナソニックの企業間関係はより強固なものになっている。

一方、本稿第 2 章で論じたように、EV 電池市場では、HV とは異なり韓国電池メーカーが、パナソニックなど国内電池メーカーとは異なる取り組みを行っている。LG 化学は、すでに GM やその他の自動車メーカーへの自動車メーカーへの電池供給を行っており、GM が LG 化学と資本関係などの強固な関係は築いていない。また、LG 化学がこれまでに GM のサプライヤーとしての関係があったわけではない。GM による LG 化学のリチウムイオン電池採用実績はこれが初となる。

欧米の自動車メーカーのサプライヤーシステムは、日本型サプライヤーシステムのようなスモールワールドネットワークを内部にもつ組織構造ではない。欧米型サプライヤーシステムは、フラットで柔軟な腕長型組織構造をもっており、周辺技術や異質な技術に対する広範なネットワークがない。このため、GM はすでに市場で実績のある電池メーカーからのサンプル供給を受けたうえで、もっとも適合する電池を採用する方式をとっている。

第 1 章で検討したように、このタイプのネットワーク構造では、ネットワーク内の知識は同質的なつながりとなりやすい。このことは、GM があくまで必要となる技術をサプライヤーから直接に調達・利用する関係にあり、サプライヤーの技術の詳細を知悉している関係になる。このため、腕長型の組織関係では異質な技術を発掘することがむずかしい。このため、欧米企業による HV 展開が国内メーカーと比べて相対的に遅れる結果となった。

HV における競争優位はトヨタだけでなく、同じくスモールワールドネットワークを構成する日本の自動車産業では、日産、ホンダにも同様にそのメリットが発揮されている。いずれも欧米メーカーと比べて相対的に早期の HV 展開とその市場シェアの獲得が実現している。

ただ、サプライヤーシステムが構造的にもっている構造的空隙とそれによるスモールワールドネットワークの優位性は、一面では欠点にもなりうる。

それは次の 2 点に集約できる。

第一に、日本型サプライヤーシステムではスモールワールドネットワークを形成しており、ネットワーク内で異質な技術の情報を探索できるが、探索できる情報は、あくまでネットワーク内に限られることである。HV 開発で必要となる異質な技術は、何らかの形ですでにサプライヤー・ネットワーク内に存在していたものになる。

異質な技術が必要な場合、強固なサプライヤーシステムをもつ日本企業は、サプライヤーシステム内からの技術調達を優先し、サプライヤーシステム内のスモールワールドネットワークで得られた技術を最初に採用しがちになる。これは、ネットワーク内の既存ネットワーク内であれば、その後の取引ガバナンスが容易であるためである。

その場合、ネットワーク外に、より高度な異質な技術があった場合でも、ネットワーク内の技術を優先することで結果的に不利な選択を行う可能性がある。これは、容易に異質な技術を探索できるスモールワールドネットワークの限界になりうる。

第二の問題点としては、スモールワールドネットワークとしての優位性が発揮されたことで、サプライヤー・ネットワークがさらに強固に組織化され、それが逆に組織の硬直性を生み出す可能性があることである。実際、トヨタは、HV 技術の開発とその実用化において、その電池技術をさらに強固にするためパナソニックとの合弁企業である PEVE への出資比率をさらに高め、子会社化している。HV で示されたトヨタの競争優位を確実にさせるために、従来はサプライヤーシステム内で「弱い紐帯」で結ばれていた両社が「強い紐帯」で結ばれることになる<sup>111</sup>。

図表 25 スモール・ワールド・ネットワークの 2 つの欠点

|       |   |
|-------|---|
| 範囲の限界 | 情報探索／活用の範囲はスモールワールドネットワークの範囲内に限定される。      |
| 硬直性   | ネットワーク内のリワイヤリングにより、組織がより強化され、組織の硬直性が生まれる。 |

出所：筆者作成。

## 補-2 スケールフリーネットワーク

HV では、国内自動車メーカーのスモールワールドネットワーク特性をもつサプライヤーシステムが有効に働いたが、EV では事情が異なる。

第 2 章および第 3 章で示したように、EV では、韓国電池メーカーが日本電池メーカーとは異なるアプローチをとっている。

<sup>111</sup> スモールワールドネットワークの議論では、このような新しい関係構築、すなわち「弱い紐帯」から「強い紐帯」への相互関係の変化は、ネットワークのリワイヤリングとして肯定的に議論される。このようなリワイヤリングが活発に行われることで、変化に対応する柔軟なネットワークが成立し、ネットワークの冗長性が確保されるためである。

韓国電池メーカーは、特定の自動車メーカーとの固定的取引関係構築に先立って、EV 電池の開発を行っており、GM はそれを採用している。このような電池メーカーと自動車メーカーとで構築される企業間関係は、GM が既存サプライヤーとの強固な関係をもっていないことで実現したとみることができる。

GM が LG 化学からの電池調達に至った過程では、多くの電池メーカーの技術を比較検討している。この段階で GM は搭載する電池パックの技術を電池メーカー側に依存している。第 1 章で示したように、LG 化学は GM による採用が決定したのちに、必要な電池制御技術を確認するために電池制御回路を開発できるメーカーを探している。GM のケースでは、時間をかけてサプライヤー・ネットワーク外への広い技術探索を行い、その後は電池メーカー側に必要な技術の開発を任せている。

このような開発・生産体制では、自動車メーカーが電池パックの開発に対して主導権をとるのではなく、高性能電池の技術を電池メーカーに依存し、それを利用する関係となる。この関係は、HV で成功した日本の自動車メーカーの開発・生産体制とは異なり、電池メーカーの位置づけがより高いものになる。

GM と LG 化学が EV 開発において構築した関係では、互いの企業が独立した関係であると同時に、一方のノードである LG 化学には複数の自動車メーカーとの関係が集中している。このようなネットワーク構造は「スケールフリーネットワーク構造」（増田 2007）と呼ばれる<sup>112</sup>。

スケールフリーネットワーク構造では、複数のノードがハブとして機能しそれら複数のハブが協調することでネットワークを構成する。その場合、ハブに位置する企業は互いに一定の役割を果たし、ハブとノードで構成されるネットワーク構造には特定の中心のないネットワークとなる。

EV 電池を巡る企業間関係においてみられる企業間関係では、このようなスケールフリーネットワークがもつ特徴をもっているとみることができる。これに対して、HV 開発において優位に働いたスモールワールドネットワークでは、ネットワークの中心として自動車メーカーが存在している。

本稿第 3 章で示したトヨタとテスラによる開発・生産体制も、日本型サプライヤーシステ

---

<sup>112</sup> スケールフリーネットワークは、本来インターネットのような複雑で広範なネットワークにおいて微視的な視点と巨視的な視点による観察で区別がつかない（スケールフリー）ネットワークとして定義される。このようなネットワーク構造は、社会科学の分野で数多く観測されている。



ムによるネットワーク構造とは異なる企業間関係を構築しており、両社の位置づけは対等な関係となっている。この関係においても、両社が中心のないネットワークを形成するスケールフリーネットワークを構成している。

### 補-3 ネットワーク論による考察のまとめ

本節で述べた HV/EV の開発、実用化に対して自動車メーカー、電池メーカーなどが構築している企業間関係をまとめると 3 つのタイプに分類できる。

おもに日本の自動車メーカーが先行した HV 開発では、従来のサプライヤーシステム内のスモールワールドネットワークを基礎として電池メーカーとの関係を構築している。この場合、電池開発の主体は自動車メーカーの側にあり、自動車メーカーが電池メーカーに対して優位に立って開発が進められている。

これに対して主に欧米の自動車メーカーにおける EV 開発では、独立した電池メーカーとの関係構築による開発が行われている。この関係では、自動車メーカーは自らが保有していない「異質な技術」を専門の電池メーカーから調達するが、電池技術の開発の主導権は電池メーカー側がもち、自動車メーカーはそれを利用する関係にある。この関係においては電池メーカーが優位にある。電池メーカーは複数の自動車メーカーに電池の供給を行い、場合によっては電池の供給能力が自動車メーカーの HV/EV 生産台数を規定する。また量産による電池コストの低減が可能になる。この関係はネットワーク構造の観点でみると、社会科学の分野で一般的に観察されるスケールフリーネットワーク構造となっている。

3 つめのタイプは、双方が保有する技術を互いに補完しあう関係である。トヨタとテスラの関係がこれに当たる。この場合、電池技術においてはテスラがトヨタに対して主導権をもち、車両の製品技術や量産技術においてトヨタがテスラに対して主導権をもつ。この関係は、日本の自動車メーカーがこれまで構築していたサプライヤー・ネットワークとは異なるネットワーク構造をもつ。このような企業間関係は、従来の自動車技術を継承しつつ、新たに必要となる技術を有効に活用するために極めて有益なネットワークを構成しており、今後の次世代自動車開発において新しいモデルを提供するものである。

ネットワーク論では、日本型サプライヤーシステムがスモールワールドネットワークを構成しているのに対して、第二、第三のタイプの開発・生産体制が、互いのノードが独立しネットワークを構成するスケールフリーネットワークを構成しているとみることができる。

## 終章

本稿における研究課題の第一は、HV/EV において、自動車メーカーが従来車では採用されていない「異質な技術」の導入に対して、外部の企業とどのような企業間関係を構築しているのかを探究・整理することである。そして第二の研究課題は、HV/EV 市場展開においてトヨタが構築している企業間関係をどのように評価するかにあった。

このため、本稿では 1997 年以降に実用化が進展した HV における開発・生産体制、ついで 2009 年以降実用化が開始された EV において特に欧米企業が採用している開発・生産体制、そして 2010 年にトヨタが開始したテスラとの協業の 3 つのパターンを比較分析し、その特徴と違いを明らかにした。第一の課題について、3 パターンの企業間関係を、製品アーキテクチャおよび知識ベースの企業間関係で検討すると次の点が指摘できた。

第一は日本メーカーによる HV 開発・生産体制である。HV はインテグラル型製品、HV 用電池は外インテグラル型部品である。国内自動車メーカーは「異質な技術」をもつ電池メーカーと共同開発のための合弁企業を設立し、承認図部品として電池を調達する。自動車メーカーは電池技術を短期的には外部利用するが、中長期的には自社内に吸収し、統合知識だけでなく部品知識をも獲得しようとする。電池メーカーを系列サプライヤー・ネットワークに取り込み、日本型サプライヤーシステムが拡大深化している。

第二は韓国電池メーカーと欧米自動車メーカーとの EV 開発・生産体制である。EV はインテグラル型製品、EV 用電池は外モジュラー（クローズド・モジュラー）型部品である。韓国電池メーカーは自社開発により EV 用電池を市販品として販売する。欧米自動車メーカーはこれをブラックボックス部品として調達する。つまり、部品知識をもたないまま統合知識によって EV を開発しようとする。韓国電池メーカーは特定の自動車メーカー系列に属さず、オープンな取引関係を指向する。

第三はトヨタとテスラの EV 開発・生産体制である。EV（トヨタ RAV4-EV およびテスラ・モデル S）はインテグラル型製品、EV 用電池は外モジュラー（クローズド・モジュラー）型部品である。RAV4 EV 用電池はトヨタが示した仕様に基づいてテスラが単独開発した承認図部品であり、トヨタは部品知識をもたずに統合知識によって EV を開発・生産する。テスラはトヨタからモデル S 用に車両生産技術を供与され、自社の部品知識とトヨタから供与された統合知識によって EV を開発・生産する。テスラはトヨタのサプライヤー・ネットワークにも、日本型サプライヤーシステムにも組み込まれていない。

本稿では、国内自動車産業の競争力分析において注目されてきたサプライヤーシステムの

変化という視点からこの課題の分析を行った。すなわち、HV 開発・生産体制では従来の日本型サプライヤーシステムの拡大深化がみられたが、EV 開発・生産体制でみられる企業間関係は、従来の内燃機関を使用する自動車の場合ではあまり行われていないものである。

3つのパターンを、序章で紹介した本稿の分析枠組みである製品アーキテクチャおよび知識ベースの企業間関係論に即してあらためて整理すれば次の表のとおりである。

図表 26 HV/EV における企業間関係の 3 パターン

| 項目               | パターン 1                          | パターン 2                     | パターン 3                              |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 具体例              | トヨタと PEVE<br>HV「プリウス」<br>EV「eQ」 | GM と LG 化学<br>EV「シボレー・ボルト」 | トヨタとテスラ<br>EV「RAV4 EV」<br>EV「テスラ S」 |
| 主導権              | 自動車メーカー<br>(トヨタ)                | 電池メーカー<br>(LG 化学)          | テスラ (電池調達)<br>トヨタ (量産技術など)          |
| HV/EV の製品アーキテクチャ | インテグラル型<br>統合度はもっとも高い           | インテグラル型?<br>統合度は相対的に低い     | インテグラル型<br>統合度は中程度                  |
| 電池               | 中インテグラル外インテグラルの承認図部品            | 中インテグラル外モジュラーの市販品          | 中インテグラル外モジュラーの承認図部品                 |
| 自動車メーカーの知識       | 部品知識あり<br>統合知識は高い               | 部品知識なし<br>統合知識は相対的に低い      | 部品知識なし<br>統合知識は高い                   |
| 企業間関係            | 垂直的な支配関係                        | 水平的でオープンな供給関係              | 水平的な相互補完関係                          |

出所：筆者作成。

第二の課題について、トヨタは、テスラとの協業による「RAV4 EV」の開発では、従来からのサプライヤーとの取引関係とは異なり、部品知識を保有しないまま、基幹技術を取り入れるクローズド・モジュラー型のものづくりを行っている。また、もうひとつの EV モデルである「eQ」では、EV 用電池を系列のパナソニックから調達することで部品知識を確保した上でものづくりを進めるという従来からのインテグラル型ものづくりを行っている。

トヨタの戦略は、HV を基軸としつつも、2つの異なるアプローチでの EV 開発を手掛け、相応のウェイト付けをしながら製品ポートフォリオを分厚くもとうとするものであり、統合

度の低い EV が破壊的イノベーションとして今後台頭する可能性を考慮した上で、もっとも有効な市場戦略とみることができる。

産業分野としての自動車産業は、極めて多くの部品を使用し、開発、生産、販売に多くの人が関与する重要な産業である。このため、自動車産業の産業構造の変化は、それを支える国内外の経済に大きな影響を与える。自動車産業では、環境問題への対応や、エネルギー危機への対応など、従来車が抱える多くの課題から、高いレベルのイノベーションが求められており、さまざまな次世代自動車の技術開発が進められている。このうち HV/EV は、次世代自動車としてもっとも実用化が進むタイプの自動車となる<sup>113</sup>。

本稿における企業間関係の分析は、あくまで HV/EV に限定したものであり、従来車における企業間関係との比較に着目したものである。従来の自動車産業においては、国内および国外ともに完成車メーカーが中核企業となり、部品を供給するサプライヤーが周辺に存在するサプライヤーシステムを構築してきた。それに対して従来の自動車技術ではあまり使用されていなかった高性能電池や電気モーターなどの異質な技術の導入においては、自動車メーカーが他のメーカーとの間で、従来とは異なる企業間関係を構築している場合を含む。とくに、トヨタとテスラの関係においては自動車メーカーとサプライヤーとが対等の立場で相互補完的に開発・生産を行っている。このような企業間関係の構築は、今後の次世代自動車時代における新しいモデルの構築を示唆するものである。

次世代自動車への市場変化はまだ始まったばかりであり、今後の市場動向に応じてさらなる変化が想定できる。その意味では、HV/EV 開発を巡る自動車メーカーやその他関連企業の取り組みは、今後の次世代自動車普及における新しい企業間関係への変化の兆しとみることができるが、HV/EV の市場展開はいまだ緒に就いたばかりであり、今後も継続した研究が必要となる。今後の課題としたい。

---

<sup>113</sup> これ以外でもその他の新燃料を使用した自動車や燃料電池車などの開発が進められており、長期的にはこれら複数の次世代自動車が現在の自動車に代わる移動手段として普及が進むことになる。

## 参考文献

AABC (2005) [Advanced Automotive Battery & Ultracapacitor Conference] June 15-17 2005,  
Honolulu, Hawaii

阿部和義 (2005) 『トヨタモデル』 講談社

安部悦生 (2004) 「経営史におけるチャンドラー理論の意義と問題点」 『経営論集』 第 51 巻第 3  
号、明治大学経営学研究所、57-69 頁

アイアコッカ, リー (徳岡孝夫訳) (1985) 『アイアコッカ わが闘争の経営』 新潮文庫

青木昌彦・奥野正寛 (1996) 『経済システムの比較制度分析』 東京大学出版会

浅沼万里 (1997) 『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム——長期取引関係の構造と機能』 東  
洋経済新報社

ボワイエ, ロベール (山田鋭夫・井上泰夫訳) (1990) 『入門・レギュレーション』 藤原書店 (原書  
1986 年)

Burt, Ronald S. (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*, Harvard University  
Press. (安田雪訳『競争の社会的構造 構造的空隙の理論』 新曜社、2006 年)

ケイブズ, リチャード/植草益 (鯉渕賢訳) (1976) 「日本の製造業における生産系列と知識スピ  
ルオーバー」 『ファイナンシャルレビュー』 巻号, July—1998

チェスブロウ, ヘンリー (大前恵一朗訳) (2004) 『OPEN INNOVATION——ハーバード流イノベ  
ーション戦略のすべて』 産業能率大学出版部

— (栗原潔訳) (2006) 『オープンビジネスモデル——知財競争時代のイノベーション』 翔泳社

—・楠木建 (2001) 「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト」 藤本隆宏・武石彰・青島矢一  
編『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、263-285  
頁

クリステンセン, クレイトン (玉田俊平太・伊豆原弓訳) (2001) 『イノベーションのジレンマ——  
技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』 翔泳社 (原書 1997 年)

—/マイケル・レイナー (玉田俊平太・櫻井祐子訳) (2003) 『イノベーションへの解——利益あ  
る成長に向けて』 翔泳社

—/スコット, D, アンソニー/エリック, A, ロス (宮本喜一訳) (2005) 『明日は誰のものか——  
イノベーションの最終解』 ランダムハウス講談社

Coase, Ronald H (1990) *The Firm, the Market and the Law*, University of Chicago Press. (宮沢 健

- 一・藤垣 芳文・後藤 晃訳『企業・市場・法』東洋経済新報社、1992 年)
- Cohen, Westley M. and Daniel A. Levintahl (1990) “*Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation*,” *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, pp.128-152.
- 電気学会 42V 電源化調査専門委員会 (2003)『自動車電源の 42V 化技術』オーム社
- ディーゼル, E・ゴールドベック, G・シルドベルゲル,F (山田勝哉訳) (1987)『エンジンからクルマへ』山海堂
- 独立行政法人工業所有権総合情報館 (2002)『特許流通支援チャート ハイブリッド電気自動車の制御』独立行政法人工業所有権総合情報館
- Dyerson,Romano・Alan Pilkington (2005) “*Gales of Creative Destruction and the Opportunistic Incumbent: The Case of Electric Vehicles in California*,” *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol.17, No.4, pp.391-408.
- 榎泰邦 (1999)『デトロイトの復活——アメリカ製造業と日本企業』丸善
- FOURIN (2013)『世界自動車調査月報 No335』FOURIN
- GP 企画センター (2004)『最新エンジン・ハイブリッド・燃料電池の動向』グランプリ出版
- Granovetter, Mark S. (1973) “The Strength of Weak Ties,” *American Journal of Sociology*, Volume 78, Issue 6, pp.1360-1380.
- 具承桓 (2005)「企業間分業構造の変化とサプライヤーの対応戦略-カルソニックカンセイ社の合併プロセスとモジュール化戦略」『MMRC Discussion Paper』No.45
- ハイエッジ (2005)『HEV Market Report 2005』株式会社ハイエッジ
- (2006)『HEV Market Report 2006』株式会社ハイエッジ
- (2007)『HEV/EV Market Report 2007』株式会社ハイエッジ
- (2010)『2010 HV Market Report 』株式会社ハイエッジ
- (2011)『2011 EV Market Report』株式会社ハイエッジ
- (2012)『PHV/EV/HV Market 2012』株式会社ハイエッジ
- 原田勉 (2002)「技術吸収能力仮説の再検討——NC 工作機械の技術普及と旧技術によるスピルオーバー効果」『組織科学』Vol.36, No.2, 64-90 頁
- ハルバースタム, デイビッド (高橋伯夫訳) (1986)『覇者の驕り-自動車・男たちの産業史』新潮文庫
- 長谷川洋三 (2005)『レクサス——トヨタの挑戦』日本経済新聞社
- 橋本輝彦 (2001)「1960～80 年代アメリカ大企業の動向——A.D.チャンドラーの分析について」

- 『立命館経営学』第40巻第1号、立命館大学経営学会、1-29頁
- 林隆一 (2006)「自動車電装品市場は本当にバラ色か」『日経エレクトロニクス』2006年6月5日号、日本経済新聞社、121頁
- 弘岡正明 (2007)「シュンペーター経済学と進化経済学」『進化経済学論集』第11集
- 堀洋一・寺谷達夫・正木良三編 (2003)『自動車用モーター技術』日刊工業新聞社
- 藤本隆宏 (1995a)「いわゆるトヨタ的自動車開発・生産システムの競争能力とその進化(1) ——「怪我の功名」と事後的合理性」『経済学論集』第61巻第2号、東京大学経済学会、2-32頁
- (1995b)「いわゆるトヨタ的自動車開発・生産システムの競争能力とその進化(2・完) ——「怪我の功名」と事後的合理性」『経済学論集』第61巻第3号、東京大学経済学会、87-123頁
- (1997a)「製品開発の産業間比較分析に関する温故知新的な試論——既存理論概念の適用可能性」『ビジネスレビュー』第45巻第2巻、一橋大学イノベーション研究センター、36-55頁
- (1997b)「サプライヤー・システムの構造・機能・発生」藤本隆宏・西口敏宏・伊藤秀史編『リーディングス サプライヤーシステム——新しい企業間関係を創る』有斐閣
- (1998)「自動車製品開発の新展開——フロント・ローディングによる能力構築競争」『ビジネスレビュー』第46巻第1号、一橋大学イノベーション研究センター、22-45頁
- (2001a)「アーキテクチャの産業論」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編『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、3-26頁
- (2001b)「我が国製造業の競争パフォーマンス——擦り合わせアーキテクチャとバランス型リーン方式」『開発金融研究所報』、国際協力銀行開発金融研究所、第6号、4-11頁
- (2003)『能力構築競争-日本の自動車産業はなぜ強いのか』中央公論新社
- (2004)『日本のもの造り哲学』日本経済新聞社
- (2006)「自動車の設計思想と製品開発能力」『MMRC Discussion Paper』No.74
- (2012)『ものづくりからの復活-円高・震災に現場は負けない』日本経済新聞社
- 編 (2013)『「人工物」複雑化の時代-設計立国日本の産業競争力』有斐閣
- ・青島矢一・武石彰編 (2001)『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
- ・葛東昇 (2001)「アーキテクチャ的特性と取引方式の選択 自動車部品のケース」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編『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、211-228 頁

一・キム・B. クラーク(1993)『実証研究 製品開発力——日米欧自動車メーカー20社の詳細調査』  
ダイヤモンド社(原書 1991 年)

一・武石彰 (1994)『自動車産業 21 世紀へのシナリオ』生産性出版

一・西口敏宏・伊藤秀史編(1997)『リーディングス サプライヤーシステム——新しい企業間  
関係を創る』有斐閣

福岡伸一 (2007)『生物と無生物のあいだ』講談社

池田正孝 (1999a)「自動車メーカーの「世界最適調達」とシステム/モジュール化」『経済学論纂』  
第 39 巻第 3/4 号、中央大学経済学研究会、29-53 頁

一 (1999b)「日本自動車産業における新しい製品開発システム」『経済学論纂』中央大学経済学  
研究会、第 39 巻第 5 号、1-27 頁

伊東光晴・根井雅弘 (1993)『シュンペーター——孤高の経済学者』岩波書店

自動車技術会 (2007)『自動車技術この 10 年』社団法人自動車技術会

影山僖一 (2004)「消えゆく企業境界と企業間組織——反チャンドラー革命と企業系列論争」『千  
葉商大論叢』第 42 巻第 3 号、千葉商科大学国府台学会、1-29 頁

加護野忠男 (1988)『企業のパラダイム変革』講談社

韓美京・近能善範 (2001)「アーキテクチャ特性と製品開発パターン——自動車部品のケース」藤  
本隆宏・武石彰・青島矢一編『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、229-245 頁

桂木洋二 (2004)「欧米日・自動車メーカー興亡史」グランプリ出版(2004)

国際自動車研究プログラム(沢田博訳) (1990)『リーン生産方式が世界の自動車産業をこう変え  
る』経済界

近能善範 (2002)「自動車部品取引のネットワーク構造とサプライヤーのパフォーマンス」『組織  
科学』Vol.35, No.3, 83-100 頁

一 (2006)「日本自動車産業における先行開発協業の進化——サプライヤーシステムにおける関係  
的技能の高度化とトヨタ系サプライヤーの優位性」『法政大学イノベーション・マネジメン  
ト研究センター』No.17, 1-30 頁

逢坂哲彌・大坂武男・松永是 (2000)『電気自動車』日本化学会、丸善

久保重利 (1997)「21 世紀の環境・資源問題を展望した電気自動車の現状」『経済調査』第 589  
号、大和銀行調査部、3-18 頁



蔵本由紀 (2007)『非線形科学』集英社

クスマノ, M.A.・藤本隆宏 (1998)「自動車産業における部品取引関係の日米比較」藤本隆宏・西口敏宏・伊藤秀史編『リーディングス サプライヤーシステム——新しい企業間関係を創る』有斐閣

楠木建=ヘンリー・W・チェスブロウ (2006)「モジュラー化の罠——製品アーキテクチャのダイナミクス」伊丹敬之・藤本隆宏・岡崎哲二・伊藤秀史・沼上幹編『日本の企業システム 第Ⅱ期 第3巻 戦略とイノベーション』

前間孝則 (1993)『マンマシンの昭和伝説——航空機から自動車へ』講談社

— (2002)『トヨタ vs.ベンツ vs.ホンダ——世界自動車戦争の構図』講談社

牧野克彦 (2004)『自動車産業の興亡』日刊自動車新聞社

増田直紀 (2007)『私たちはどうつながっているのか——ネットワークの科学を応用する』中公新書

増田直紀・今野紀雄 (2006)『「複雑ネットワーク」とは何か』講談社

目代武史・金原達夫(2002)「自動車部品産業における製品アーキテクチャと技術能力の形成」『広島大学経済学部附属地域経済研究センター紀要 地域経済研究』第13号、広島大学経済学部附属地域経済研究センター、19-34頁

三澤一文 (2005)『なぜ日本車は世界最強なのか』PHP新書

森康一 (1997)「吸収能力モデルと転換能力モデル——技術知識のエコロジカル・モデルに向かって」『北海道情報大学紀要』第9巻第2号、179-197頁

森江健二 (1992)『カーデザインの潮流 風土が生む機能と形態』中公新書

村沢義久 (2010)『電気自動車—「燃やさない文明」への大転換』筑摩書房

村山博 (2004)「自動車会社と総合電機業界との共同開発に関する研究——トヨタ自動車の自前開発から戦略的共同開発への転換」『桃山学院大学経済経営論集』第46巻第1号、桃山学院大学総合研究所、1-28頁

中原隆幸 (1995)「「フォーディズム」概念の再検討——レギュレーション・アプローチの方法論再考」『オイコノミカ』第32巻第2号、名古屋市立大学経済学会、21-33頁

名和隆央 (2004)「製品開発におけるサプライヤーの役割——自動車部品産業を事例として」『立教経済学研究』第57巻第4号、立教大学経済学研究会、1-28頁

根井雅弘 (1999)『21世紀の経済学——市場主義を超えて』講談社

ネルソン, R, リチャード/シドニー G. ウィンター (後藤晃訳) (2007)『経済変動の進化理論』

慶應義塾大学出版会

西口敏宏 (1999) 「カオスにおける自己組織化——トヨタ・グループとアイシン精機火災」 『組織科学』 Vol.32, No.4, 58-72 頁

— (2000) 『戦略的アウトソーシングの進化』 東京大学出版会

— (2001) 「戦略的アウトソーシング——英防衛調達の新ビジネスモデル」 『組織科学』 Vol.35, No.1, 4-17 頁

— (2007) 『遠距離交際と近所づきあい——成功する組織ネットワーク戦略』 NTT 出版

延岡健太郎 (1999) 「日本自動車産業における部品調達構造の変化」 『国民経済雑誌』 第 180 巻 第 3 号、神戸大学経済経営学会、57-69 頁

— (2006) 『MOT [技術経営]入門』 日本経済新聞社

野方宏 (2005) 「イノベーション、企業および市場構造：シュンペーター仮説と最近の展開」 『神戸市外国語大学外国学研究』 Vol.62、19-44 頁

野中郁次郎 (1992) 「グローバル組織経営と知識創造」 『組織科学』 Vol.25, No.4, 2-15 頁

沼上幹 (1989) 『市場と技術と構想——イノベーションの構想ドリブン・モデルに向かって』 『組織科学』 Vol.23, No.1, 59-69 頁

— (1999) 『液晶ディスプレイの技術革新史——行為連鎖システムとしての技術』 白桃書房

小川進 (1997) 「イノベーションと情報の粘着性——イノベーションにおけるニーズ・プッシュとテクノロジー・プル」 『組織科学』 Vol.30, No.4, 60-71 頁

岡崎宏司 (1994) 『自動車の危機 クルマは生き残れるか』 ちくま新書

折口徹 (1997) 『自動車の世紀』、岩波新書

ライト, パトリック・M (風間禎三郎訳) (1986) 『晴れた日には GM が見える』 新潮文庫

レイシー, ロバート (小菅正夫訳) (1989) 『フォード——自動車王国を築いた一族』 新潮文庫

SAE (2006) [Hybrid Vehicle Technologies 2006 Symposium], February 1-2, 2006, San Diego, USA, Society of Automotive Engineers

— (2007) [Hybrid Vehicle Technologies 2007 Symposium], February 7-8, 2007, San Diego, USA, Society of Automotive Engineers

佐伯靖雄 (2008) 「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」 『立命館経営学』 第 47 巻第 1 号、131-162 頁

— (2011) 「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、25-49 頁

- (2012a)「次世代燃料車（HEV/EV）市場興隆期における電装部品メーカーの基本戦略」『産業学会研究年報』No.27、97-109 頁
- (2012b)『自動車の電動化・電子化とサプライヤー・システム——製品開発視点からの企業間関係分析』晃洋書房
- 坂田一郎・梶川裕矢・武田善行・橋本正洋・柴田尚樹・松島克守 (2007)「地域クラスターのネットワーク形成のダイナミクス——12 地域・分野のネットワーク・アーキテクチャの比較分析」『RIETI Discussion Paper Series』07-J -023
- シュンペーター, ヨーゼフ (塩野谷祐一・東畑精一・中山伊知郎訳) (1977)『経済発展の理論——企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する研究』岩波書店 (原書 1912 年)
- 柴田友厚・児玉文雄 (2004)「技術選択のジレンマを超えて——ファナックにおけるジレンマの超克」『RIETI Discussion Paper Series』04-J-047
- 清水浩 (1992)『電気自動車のすべて』日刊工業新聞社
- 下川浩一 (1992)『世界自動車産業の興亡』講談社
- (2000)「グローバル自動車産業の再編と自動車部品産業の構造転換」『経営志林』第 36 巻第 4 号、法政大学経営学会、1-20 頁
- (2004)『グローバル自動車産業経営史』有斐閣
- (2006)『失われた十年」は乗り越えられたか——日本的経営の再検証』中央公論新社
- 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会 (2006)「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」経済産業省
- 新宅純二郎・天野倫文編 (2009)『ものづくりの国際経営戦略——アジアの産業地理学』有斐閣
- 塩見治人 (1995)「「フルライン-ワイドセクション」体制への組織的対応——トヨタ自動車 (1955-80 年) の事例」『オイコノミカ』第 31 巻第 2/4 号、名古屋市立大学経済学会、189-204 頁
- ソロー, M, ロバート (福岡正夫・川又邦雄訳) (1988)『資本理論と収益率』竹内書店新社 (原書 1963 年)
- 鈴木良始・湯之上隆 (2008)「半導体製造プロセス開発と工程アーキテクチャ論——装置を購入すれば半導体は製造できるか」『同志社商学』第 60 巻第 3.4 号、54-154 頁
- 鈴木良隆 (2000)「アルフレッド・チャンドラーと経営史学」『一橋論叢』第 123 巻第 4 号、一橋大学一橋学会、1-16 号
- 高橋真吾・大堀耕太郎 (2007)「ユーザーイノベーションによって生じるマーケットダイナミクス

の分析」『進化経済学論集』第 11 集

高安秀樹 (2004)『経済物理学の発見』光文社

武石彰 (2003)『分業と競争——競争優位のアウトソーシング・マネジメント』有斐閣

田中彰 (2003)「英国トヨタ自動車のサプライヤーシステム——短期的調整の側面を中心に」『オ  
イコノミカ』第 39 巻第 3/4 号、名古屋市立大学経済学会、27-36 頁

— (2012)『戦後日本の資源ビジネス——原料調達システムと総合商社の比較経営史』名古屋大学  
出版会

寺本義也 (1986)「組織間イノベーションとネットワーキング——組織パラダイムの転換をめざし  
て」『組織科学』第 20 巻第 3 号、34-46 頁

— (1987)「ネットワーク組織とパワー——イノベーションとパワー関係の変革」『組織科学』第  
21 巻第 1 号、2-14 頁

トヨタ自動車 (安部眞一、佐々木正一、松井英昭、久保馨) (1997)「乗用車用量産型ハイブリッ  
ドシステムの開発」社団法人自動車技術会『学術講演会前刷集』975 頁

トヨタ自動車ホームページ <http://www.toyota.co.jp/jp/tech/environment/powertrain/index.html>

塚本潔 (2001)『トヨタとホンダ』光文社

宇田理 (2002)「ポスト・チャンドラー時代の経営史にかんする一考察——日本におけるチャンド  
ラー・モデル批判をめぐって」『商学集志』第 72 巻第 2 号、日本大学商学研究会、81-106  
頁

植田浩史 (2000)「サプライヤ論に関する一考察——浅沼万里氏の研究を中心に」『季刊経済研究』  
第 23 巻第 2 号、大阪市立大学経済研究会、1-22 頁

— (2001)「自動車生産のモジュール化とサプライヤ」『経済学論纂』第 41 巻第 5 号、中央大学  
経済学研究会、41-60 頁

宇都隆一 (2002)「転換が求められる自動車用燃料」『富士総研論集』2002 年 1 号、富士総合研  
究所、79-108 頁

ワードロップ, M, ミッチェル (田中三彦・遠山峻征訳) (1996)『複雑系』新潮社

Watts, D. J. and S. H. Strogatz (1998) “Collective Dynamics of “Small-World” Network,” *Nature*,  
vol. 393, pp.440-442.

Williamson, Oliver E (1975) “Markets and Hierarchies : Analysis and Antitrust Implication” The  
Free Press (浅沼万里・岩崎晃訳 『市場と企業組織』日本評論社 1980 年)

山田鋭夫 (1991)『レギュラシオン・アプローチ』藤原書店

- (1993)『レギュラシオン理論』講談社
- (2005)『五つの資本主義——グローバリズム時代における社会経済システムの多様性』藤原書店
- 矢野経済研究所 (1992)『電気自動車の徹底調査研究 -その普及、事業化のための適正評価-』矢野経済研究所
- (1994)『電気自動車産業マップ -業界構造マップ・技術マップの解明と将来予測-』矢野経済研究所
- (1996)『電気自動車市場 96 -本格化するメーカー動向と潜在市場規模の算定-』矢野経済研究所
- (1997)『電気自動車市場 97 -ハイブリッドEV車は何台売れるか-』矢野経済研究所
- (1998)『電気自動車市場 98 -EV車、ハイブリッド車から次世代自動車へ-』矢野経済研究所
- (2003)『Advanced HEV Technology 2003』矢野経済研究所
- 米倉誠一郎 (1999)『経営革命の構造』岩波書店
- 芳尾真幸・小沢昭弥編 (1996)『リチウムイオン二次電池』日刊工業新聞社

取材先 (順不同)

トヨタ自動車本社、トヨタ・モーター・エンジニアリング・アンド・マニュファクチャリング・ノースアメリカ (TEMA)、日産自動車追浜工場、日産自動車、本田技術研究所、本田技研本社、ゼネラルモーターズジャパン、豊田中央研究所、アイシン精機、アイシン AW、デンソー、GSユアサ、日本電池、ユアサ電池、新神戸電機、日立製作所、TDK、富士重工業、ダイハツ、マツダ、富士電機、松下電池工業、パナソニック EV エナジー、パナソニック、NEC トーキン、アドバンストエナジーサプライ、松下電子部品、東芝、帝人、三菱自動車本社、三菱化学、サムソン電機、いすゞ自動車、NEC ラミリオンエナジー、日産ディーゼル、三洋電機、明電舎、ボッシュ、コンチネンタルオートモーティブジャパン、日本ケミコン、住友金属鉱山、田中化学研究所、カンセイ、古河電池、東レ、新日本製鐵、国立環境研究所、LG 化学日本研究所、豊田自動織機、旭化成