

○庄司 学, 川口哲生 (筑波大)

1. はじめに

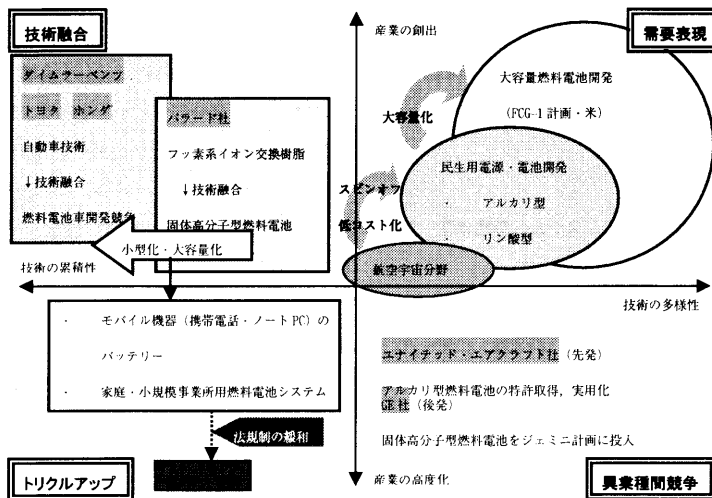
近年, 従来型の大規模な集中電源に対して分散型電源が社会的に注目を集めている. 特に燃料電池は, コージェネレーションシステムを併用した際の高い発電効率の観点及び送電システムから独立して長時間単独で運用できるという観点から次世代のエネルギー供給システムとしての期待が高い. 燃料電池は 1960 年代に宇宙空間での電源利用を目的として研究開発が進められてきたものであるが, 技術的革新を経て, 現在, 家庭用・小規模事業所用電源, 自動車の動力源, モバイル機器のバッテリー等の様々な分野において適用されつつある. また, 環境負荷の低減や災害時のリスク分散の観点からも燃料電池に関する研究, 技術開発, 商品展開は世界的に関心を集めており, 例えば日本政府は積極的な研究開発援助によって将来の産業の主力となりうる燃料電池開発に力を注いでいる¹⁾.

燃料電池に対するこのような高い社会的な関心の一方で, 企業にとって実際に資産を投じて研究や技術開発を行うことは投入コスト, マンパワー, 経済的損益の観点から容易なことではない. 燃料電池の研究や技術開発のような新規事業への参入に当たって, 企業はリスクを伴う経営判断を迫られる.

以上より, 本研究では, 東芝グループの燃料電池開発の経緯を追跡することで東芝の新規事業参入に対する企業戦略を分析し, 燃料電池のイノベーションプロセスに関する考察を行なうものである. 東芝グループを取り挙げる理由としては, 第 1 に東芝がエネルギー・エレクトロニクスを中心にしてモバイル機器から大型発電所の開発までを手にかける大企業であり, 燃料電池による技術革新を最も欲している企業の 1 つであること, 第 2 には世界的な燃料電池開発の先行企業である United Technologies Corporation (以下, UTC) と早い段階から協力し, 事実上日本の燃料電池開発を主導してきた立場にあることを考慮したためである.

2. 燃料電池開発の経緯とサイクル論の適用

図一は表一の燃料電池の開発年表をサイクル論²⁾に当てはめて図示した結果である. ここで分析手法として用いたサイクル論は, 新規事業を創出する際に技術と産業が密接に相互関係作用を持っていることを示す理論であり, 産業と技術という 2 つの軸によって形成される 2x2 のマトリクスによって技術開発を 4 段階に区分し, 説明する手法である.



図一 サイクル論²⁾を適用した燃料電池開発の経緯

表一 燃料電池に係わる開発年表（文献 3 から 5 に基づいて作成）

1952	イギリス	ペーコンがアルカリ型燃料電池の基礎となる特許を取得，5kW の発電
1958	アメリカ	United Aircraft 社が特許権を買収，アルカリ型燃料電池の実用化に成功
1961	アメリカ	NASA，宇宙船用燃料電池の研究を開始
1965	アメリカ	ジェミニ計画でジェミニ 5 号に GE 社製固体高分子型燃料電池を搭載
1967	アメリカ	小容量燃料電池の商業化を目指した TARGET 計画(ガス会社主体) 開始
1968	アメリカ	アポロ計画で UT (旧 UA) 社製アルカリ型燃料電池を採用，月面着陸成功以降に実用化
1971	アメリカ	大容量燃料電池の商業化を目指す FCG-1 計画（電力会社主体）開始
1972	アメリカ	TARGET 計画で磷酸型燃料電池の開発が始まり，12.5kW の実証試験を実施
1981	日本	通産省主導のムーンライト計画で燃料電池の開発開始（1993 年からはニューサンシャイン計画と名称を変更）
1987	カナダ	バラード社製フッ素系イオン交換樹脂を用いた固体高分子型燃料電池開発，各社燃料電池自動車開発の研究開始
1991	日本	東京電力が世界最大 1.1 万 kW の燃料電池を実証運転
1992	日本	比較的大容量の磷酸型燃料電池実用化，209 プラント，約 5 万 kW 導入
1993	カナダ	バラード社が固体高分子型燃料電池車システムを開発，バスを試作
1996	ドイツ	ダイムラー・ベンツ社が燃料電池自動車「NECAR-I」を開発，以降各国メーカーで進展
2002	日本	水素・燃料電池実証プロジェクト JHFC が始動，トヨタ・ホンダが燃料電池自動車を市販
現在		家庭用コージェネレーション，モバイル機器への転用に向けた研究開発

図一より，燃料電池開発の現在の状況は，比較的安価な製品から燃料電池自動車や家庭・小規模事業用燃料電池システムを視野に入れた研究開発が行われている段階に入っており，トリクルアップの領域にあると考えられる。トリクルアップの領域は，高度な技術を安価で機能水準が低いものに適用することで機能学習を行い，その技術を用いた製品を商品化する段階である。現在，燃料電池は携帯用音楽再生機器のバッテリーとしての実用化されているが，今後は電力消費の大きいノート型パソコンやデジタルカメラ，ビデオカメラ等の分野での技術利用が予想される⁶⁾。

3. 東芝グループの燃料電池開発に係わる事例分析

東芝グループは磷酸型燃料電池開発において UTC 社と協力体制を敷いてきた。これは，熱伝併合型の発電プラントに磷酸型燃料電池を本格的に適用することを目的としたためで，両社は 1985 年に IFC (International Fuel Cells) 社を設立し，1990 年には IFC 社の子会社としてオンサイト用プラントを専門に扱う ONSI 社を設立した。

磷酸型の燃料電池は 1990 年代後半に実用化段階を迎え，東芝グループは ONSI 社と 200kW オンサイト型燃料電池 PC25 (TM) シリーズの開発を行い，販売している。このシリーズは高い効率と環境性からコージェネレーションの用途を中心に設置されている。さらに半導体洗浄メタノール，ビール廃液，下水処理施設で発生するメタンガス等の新しい燃料を有効利用する環境分野や，重要負荷に対する高品質電力供給，電解産業，通信電源分野に参入を図っている。

固体高分子型燃料電池に関しては 1987 年のイオン交換樹脂膜開発による高性能化で民生用に転用されるようになった。NEDO の主導による研究助成によって東芝グループは 1999 年，定置用 30kW 級固体高分子型燃料電池システムを開発した。また，同年には 1kW 級の固体高分子型燃料電池を利用した自動販売機を開発し，家庭用及び携帯用への適用の足がかりとしている。

2000 年には NEDO からの研究助成の経験を受けて 1kW 型の家庭用燃料電池の開発プロジェクトが開始された。試作機を製作し，日本ガス協会やガス会社への出荷を行い，普及に向けた検証試験を進めた。また，30kW 定置用も 2001 年以降には発電試験を継続し，商用化に向けた技術開発を進めている。

2004 年には国内市場向け 1kW 級家庭用燃料電池の開発・製造・販売に特化するため，IFC を東芝燃料電池システム株式会社（100% 東芝出資）とした。また，2005 年，東芝グループは音楽プレーヤ等の小型携帯機器にパッシブ型燃料電池 (DMFC) を搭載したが，これらの展開を踏まえ，出力電力を高めた上で携帯電話，デジカメ，DV カメラ，PDA 等の携帯機器全般に用途拡大を図るために，現在，技術開発を進めている⁷⁾。

4. 燃料電池に関する特許出願状況

4.1 調査方法

ここで，1991 年から 2000 年までの特許庁に提出された燃料電池の特許出願数のランキングをまとめると表一 2 のようになる⁸⁾。また，特許庁の特許電子図書館の検索キーワードとして「燃料電池(企業名)」と入力し，表示された特許出願内容を集計すると，図一 2 及び図一 3 のようになる。なお，この際には，それぞれの特許

表-2 特許出願件数ランキング(1991年-2000年)

	日本		
	出願企業	件数	業種
1	東芝	773	電機
2	富士電機	748	電機
3	三菱重工業	553	プラント
4	三洋電機	431	電機
5	石川島播磨重工	400	プラント

が公開された年度で集計を行なった。従って、図-2及び図-3中の数値は当該年度における各メーカーの燃料電池に関する特許数を示している。一方、特許の出願から公開までは約2年の時間的隔たりが通常生じるため、これらの図中の数値は2003年までの特許出願数を示しているとも言える。

4.2 特許数に対する分析結果

図-2は、主に携帯電話、音楽プレーヤ等の小型モバイル機器を扱っている製造メーカーの燃料電池に関する特許数を示した結果である。1999年前後(特許出願年は1997年前後)を境にいずれのメーカーも急速に特許数を増やしていることがわかる。この時期は1987年のバラード社によるイオン交換樹脂膜の技術革新を経て、1993年に同社による燃料電池バスの実用化試験が行われる等(表-1参照)、固体高分子型燃料電池の技術開発が進展し、ダイムラー・ベンツ、トヨタ、ホンダ等の自動車メーカーが燃料電池自動車の開発を宣言した時期である。従って、この特許数の上昇は固体高分子型燃料電池への関心を示していると考えられる。

図-3は重電及び総合電機メーカーの燃料電池に関する特許数を示した結果である。いずれも表-2にランキングされた企業であるが、2000年以降に関しては図-2と比較して特許数の増加があまり見られない。また、図-3中の1990年代前半における大量の特許数は固体高分子型に対するものではなく、磷酸型及び固体電解質型燃料電池に対する特許である。これらの燃料電池は主に大規模発電を対象としたものであり、中規模事業所クラス以上への設置を想定したものである。

4.3 東芝グループの特許数動向

東芝グループの出願数に関しては、図-3によれば、1998年(特許出願年は1996年前後)からは大きな増減が見られず、平均的に推移していることがわかる。磷酸型燃料電池は日本が積極的に取り組んだ形式であり1990年代後半に実用化された。特に、東芝グループは200kW級の製品を販売しており、2004年の時点での全出荷台数は280台弱となっている⁹⁾。2000年までの世界の磷酸型燃料電池の累積数は国内200台、海外180

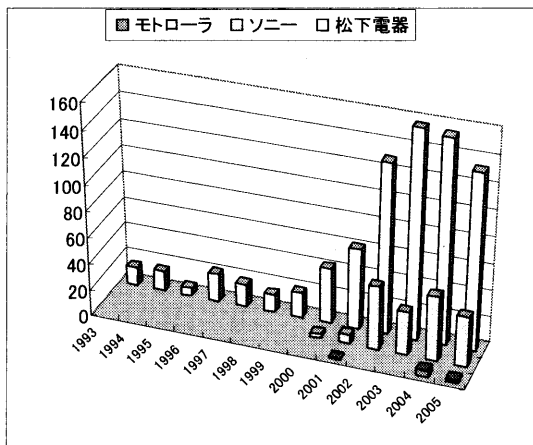


図-2 小型モバイル機器関連の製造メーカーの燃料電池に関する特許数

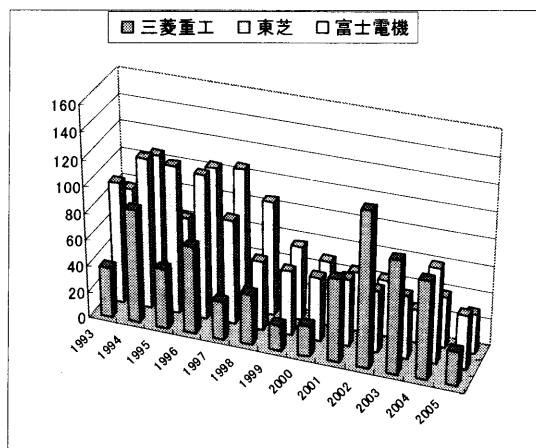


図-3 重電及び総合電機メーカーの燃料電池に関する特許数

台であることと比較しても、東芝グループのシェアが大きいと言える。しかし、1990年代には磷酸型よりも大容量発電が可能な方式に対する技術開発が進み、さらに同時期にバラード社が固体高分子に関する研究を進展させたため、東芝グループの磷酸型燃料電池の売り上げが伸びることはなかった。その半面、東芝グループの特許数が減少しないのはNEDO等のプロジェクトと絡んで固体高分子型燃料電池の技術開発に緩やかに移行したためであると考えられる¹⁰⁾。

図-4には東芝グループの部門別売上高を示す。これによれば、1998年以降、社会インフラ部門が微減し、デジタルプロダクツが成長していることがわかる。社会インフラ部門には東芝が世界的シェアを握る磷酸型200kW級燃料電池が含まれる。一方、固体高分子型

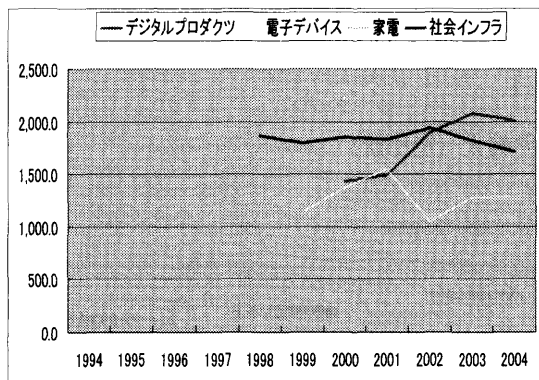


図-4 東芝グループの部門別売上高の推移

燃料電池及びダイレクトメタノール型燃料電池の用途として考えられるノートパソコンや携帯電話、小型オーディオ機器はデジタルプロダクツに含まれる。東芝グループは経営戦略の中でこのようなデジタルプロダクツを成長事業領域として位置づけており、それに伴って固体高分子型燃料電池、あるいはダイレクトメタノール型燃料電池の開発に力点を置いていくものと予想される。固体高分子型燃料電池の中でも特に家庭用燃料電池は潜在市場が大きいと考えられており、試算によっては2010年には年間10万台程度の市場になるとも言われている。また、2003年には、東芝グループのノート型パソコンの市場シェアはHPの16.7%、DELLの15.1%に続いて世界第3位の12.4%を誇っている。こうした既存の市場規模も東芝グループにとっては燃料電池開発のインセンティブになっていると考えられる^{11),12)}。

新規技術開発に伴う経営リスクは事業の失敗による資金と時間の損失である。東芝グループに関しては、1) 総合電機メーカーであることを利用した様々な得意分野のノウハウの利用が可能であったこと、2) 実績のあった企業との共同開発を早期に着手したこと、3) NEDOの研究委託を受けられたこと等の理由から、損失のリスクを回避・軽減しながら技術開発を進めることができた。今後、競争が激化することが予想される固体高分子型燃料電池に関しては競合メーカーが多く、その中で如何に確実な市場シェアを築くかが東芝グループの課題となっている。実績のある磷酸型及び比較的開発が進んでいる定置式燃料電池を利用するためには従来切り開いてこなかった家庭用発電機の販路を確立することが必要となる。このような動きの中でも大規模市場であるデジタルプロダクツ市場の確保のためにシェア拡大を図る技術開発が活発化している。

5. まとめ

本研究では、東芝グループの燃料電池開発の経緯を追跡することで東芝の新規事業参入に対する企業戦略を分析し、燃料電池のイノベーションプロセスに関する考察を行なった。得られた知見は以下の通りである。

- 1) サイクル論に基づいて燃料電池の技術開発に関する動向を分析した結果、我が国における燃料電池の技術開発は現在、トリクルアップの段階にあることが明らかになった。
- 2) 東芝グループの燃料電池事業への参入の経緯を時系列的に明らかにするとともに、これらの要因の分析を行った。
- 3) 燃料電池に関する特許数の動向を調査した結果、東芝グループが現在、デジタルプロダクツ関連の燃料電池技術開発に移行していることが明らかとなった。

謝辞：本研究を進めるに当たり、筑波大学大学院システム情報工学研究科の石田政義先生並びに松島郁美氏には分散型電源関連の資料収集に際して貴重なご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) NTS：分散型電源システムの最新動向と将来展望，2001
- 2) 児玉文雄，玄場公規：新規事業創出戦略，生産性出版，2000
- 3) グリーンビークルニュース（2003.12）：
<http://www.jafmate.co.jp/mate-a/cvnews/report/rep200312fccv2.html>
- 4) 東京ガス：燃料電池の歴史，
http://www.tokyo-gas.co.jp/pafc/hist-fc_11.html
- 5) JHFC ホームページ：FCVの歴史，
http://www.jhfc.jp/fcv/fcv_history.html
- 6) 日経エレクトロニクス，No.878，pp.30-31，2004
- 7) 東芝レビュー：
http://www.toshiba.co.jp/tech/review/index_j.htm
- 8) 特許庁：特許電子図書館，
<http://www.ipdl.ncipi.go.jp/homepg.ipdl>
- 9) 東芝燃料電池システム株式会社：
http://www.toshiba.co.jp/product/fc/index_j.htm
- 10) 増井俊介，竹田陽子：燃料電池の利用可能性についての研究ノート，技術マネジメント研究，横浜国立大学技術マネジメント研究学会，Vol.2，pp.56-66，2002
- 11) 東芝ファクトブック，pp.5，2004
- 12) 風間智英：燃料電池のビジネスチャンスと課題，知的財産創造，2004.7