

○ 間 潔, 三宅幹夫, 小林俊哉, 中森義輝 (北陸先端科学技術大学院大)

はじめに

本報告においては、燃料電池技術を要素技術、市場、経済、環境といった4つの視点より捉え、その中で予測モデルの提案を行う。この4つの視点より各々の期待される効果についての予測を集約させることにより、時系列による技術動向を把握できることを意図している。以下、本研究でのキーワードとなる燃料電池、燃料電池開発における産学官の役割と、支援対象となる研究者についての解説を行い、その支援手法と研究プロセスを述べた後、総括をおこなう。

1. 燃料電池技術の変遷

1801年、英国のデービー卿により燃料電池のアイデアが発表される。その後、英国のグループ卿により燃料電池による発電実験の成功、そして英国のペーコン卿が燃料電池による特許を取得したことにより、燃料電池が認知されるようになる。1965年以降、燃料電池の開発の主導権は米国に移り、主に宇宙用燃料電池として開発が行われてきた。その開発技術を活かすべく、1967頃より小容量燃料電池の商業化が開始された。日本では、1978年にムーンライト計画、1993年のニューサンシャイン計画など、政府主導により民生用製品の開発が行われてきている。その結果、2002年に燃料電池自動車の試験的市販が行われるに至っている。また、米国、日本のみならず、欧州諸国、カナダなど、先進諸国では燃料電池の技術開発が盛んに行われ、その開発標準化に向けた動きが活発化し、社会全体の中でその影響が波及し、現在は燃料電池に関する研究情報の全体把握が難しい状況である。

このように知識と不必要な情報が混在する現代において、燃料電池研究者が各研究分野の情報を有効に活用し、研究情報の全体を把握しつつ、他の製品への移転可能な技術開発をすることは、非常に困難を極める。本研究では、燃料

電池研究分野を俯瞰でき、短期・長期的な分野全体の目標と、その目標を達成するために必要な技術を明示するといった、分野全体の把握を行う事が可能な知識支援を行うことを期する。本報告では、大学の研究者に研究開発の動向を支援する燃料電池開発ロードマップの概念モデルの提案をおこなう。

2. 燃料電池技術

燃料電池は、「水の電気分解」の逆原理で発電する発電装置によって生成される。(図1参照)水の電気分解は、水に外部から電気を通して水素と酸素に分解、燃料電池はその逆で、水素と酸素を電気化学反応させて電気が作られる。またこの燃料電池の特徴は耐久性、高効率な発電性能、排熱利用可能性、環境低負荷型、そして騒音がでないことが挙げられる。

図1) 燃料電池原理図

(日本ガス協会より引用)



陰極 (－) : $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H} + 2\text{e}^-$

電子 電流

陽極 (+) : $\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

本研究では、この燃料電池を世界の燃料電池製品生産会社200社のデータ¹を基に分類し、応用分野も含め、大きく分けて三つに区分した。第一に、輸送用燃料電池(車、バスなど)、第二に、定置用燃料電池(建物、住宅など)、そして第三にビジネス用(携帯、小型など)を対象としたものである。

3. 研究目的—「学」の支援

燃料電池の開発研究における産・学・官の連携は研究開発において、非常に重要な項目である。その中でも本研究は、燃料電池研究開発における産・学・官の関連、特にその中でも

「学」、つまり大学研究と他との結びつきに着目している。初めに、産学官を次のような役割を持ったものであると限定し規定している。

「産」は燃料電池製品の生産企業

「学」は燃料電池技術開発の研究に携わる、大学の研究者

「官」は環境省、経済産業省などのような政府機関と国立研究所

今回は、この中でも大学の研究者に焦点を当て、「学」における燃料技術研究の役割について、その分野に携わる研究者のチームリーダーAにインタビューを行った。その結果、燃料電池技術を研究している大学の研究者は企業の研究者と比べ、幅広く研究対象を設定できる。そのため、燃料電池技術開発において、大学の役割は非常に大きい。

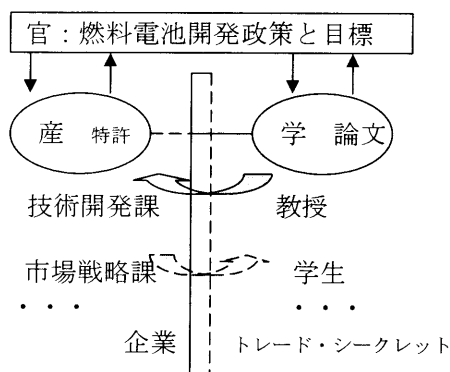
次に燃料電池技術開発において、産学官は通常、下記のような役割としての方向付けがなされている。

官：燃料電池開発政策と目標の制定（経済・環境など）

学：官の政策、目標を達成するため燃料電池技術の開発研究

産：学の燃料電池技術を応用し、製品の開発研究・生産

図2) 燃料電池における産学官連携現状1

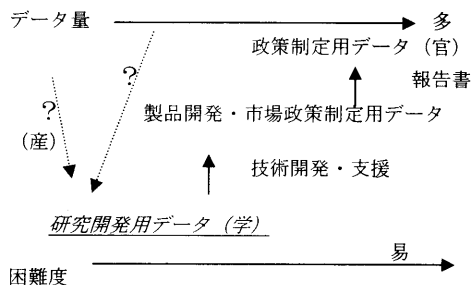


この中で、「産」は、製品技術開発課、生産技術課、市場戦略課等の社内研究開発支援部門の組織的支援の下で多数の特許を出すことを成果としている。一方、「学」の研究者は学術的な知見から研究を行っている。そのため、企業の研究開発同様に成果主義的傾向が強く、社会の動向をふまえた研究方針に沿って研究がなされているとは言えない状況であることが判った。したがって、大学の燃料電池技術研究の方向性が企業のそれと重複し、大学での研究開発の意味合いが薄れると、燃料電池技術開発全体の生産活動に支障がでるばかりでなく、政府が制定した燃料電池に関する政策と目標も達成できない恐れがある。

また「産」と「学」の間に障壁が存在し、必ずしもうまく連携していないこともインタビューより明らかにされた。

「産」は「学」の研究成果を参考に、新製品までのプロセスを「官」の政策を参考にして経営戦略を制定し、毎年の報告書で経営状況、生産状況、製品開発状況を報告する。「官」はこれを参考して政策と目標を設定する。しかし、「学」が研究計画を作成する際、どのような情報がその研究者にとって有意な知識となるのであろうか？この点を留意し、以上のインタビュー調査から現行の燃料電池開発研究における産学官の「学」の研究者を支援するための研究課題を導出する。

図3) 燃料電池における産学官連携現状2



研究者にとって研究内容・研究テーマの時効性、先端性、効果性、オリジナル性が重要とされる。本研究では、上記の四つの条件を満たすために燃料電池研究者が研究内容・扱う分野を定め、研究計画を策定する際に支援可能なモデルの提案を行う。燃料電池研究者は、燃料電池

の研究開発現状、将来の需要を俯瞰することにより、研究の重要性・方向性を拡張することができる。そのため本研究では2000年から2030年を期間とした燃料電池の予測モデルの提案を行う。予測モデルの内容としては、燃料電池技術、市場、経済効果、環境効果の四つの視点から総合的な予測を行う。

4. 研究手法—ロードマッピング

政府や産業界が、科学技術振興の長期的方向性を策定する際に活用している手法の一つに、ロードマッピングというものがある。ロードマッピングに対する関心は、半導体産業協会が1993年に「全米半導体技術ロードマップ」を作成したことをきっかけとして高まったもので、海軍研究局のロナルド・コストフ博士は、科学技術ロードマップを「科学技術のさまざまな要素が発達し、種々の成果へと変容していく構造的・経時的関係を記述可能な次元に置き換えて表現したもの」と定義している。つまり、様々な科学技術研究の過程を、それぞれの必要性・リスク・メリットなどについて評価検討し、最適のプロセスや必要となる専門領域を割り出して、合理的な取り組みを可能にする手法がロードマッピングである²。

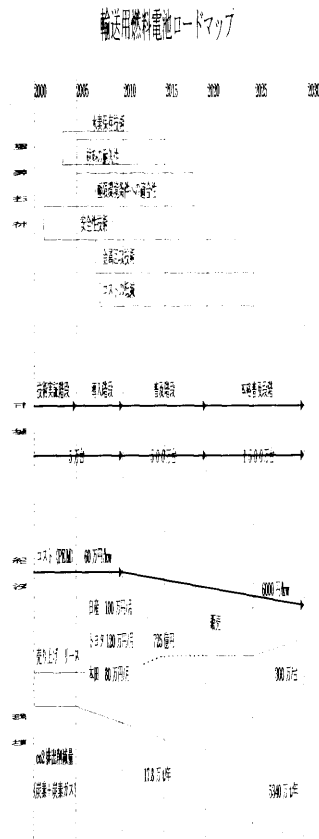
本研究では、ロードマッピングを使用して、輸送用・定置用・ビジネス用燃料電池の技術、市場、環境的影響と経済的な影響に時間軸を加え、予測を行い、燃料電池の研究者に将来の研究方向性決定を支援する。これによりロードマッピング手法を使用することにより、研究者に次の四項目についての支援することを意図している。

1. 燃料電池に関するどのようなニーズが存在し、どのような研究が必要なのかということについてのコンセンサスの確立
2. 燃料電池各技術研究分野の発展動向の予測
3. 技術だけではなく市場、環境的影響、経済的影響が燃料電池開発研究に与えるインパクトの把握
4. 燃料電池の将来の研究プランの立案と、その調整支援

5. 研究プロセス

本研究の第一段階である輸送用燃料電池研究開発ロードマッピングのプロセスと作成したロードマップを紹介する。最初に、インターネット検索と文献調査を用いて輸送燃料電池の四つの側面（要素技術・市場・経済影響・環境影響）からデータを収集した。要素技術データは公的研究所と大学の研究者と企業の研究部門の研究者のホームページ・著作、市場データは燃料電池車企業と研究所・大学を対象に調査を行っている。経済影響データは企業と環境省経済産業省などの政府機関のホームページ・報告書から情報を得ている。そして、環境影響のCO2排出量換算方法については環境省公開報告書を参考に導出した。これらのデータに時間軸を加え、ロードマップを作成した（図4）。

図4）輸送用燃料電池ロードマップ



6. 今後の課題

次に燃料電池の研究者に作成したロードマップを見せ、ロードマップの作成プロセス、予測項目そして活用法などについての意見を収集した。今後は、収集した意見を参考し、ロードマップを修正する。意見の交換とロードマップの修正は循環的に行っており、意見を聞く対象としては大学の研究者のほかにも燃料電池に携わっている研究所と政府機関の研究部門の研究者へのインタビューを考えている。研究者たちはこのようなプロセスを通して燃料電池に関するさまざまなデータを把握し研究推進に役立てる。また、意見交換プロセスにおいて燃料電池研究の産官学連携などに役立たせる。このような支援システムは燃料電池の研究開発の推進力になるであろう。

7. 総括

本報告では、燃料電池研究開発における産学官の現状から「学」が最も重要な環節であることと「学」への組織的な支援が少ないことを指摘した。「学」の研究者に研究開発に必要なデータ、情報を提供し、将来の研究方向性を決定するための支援システムとして、燃料電池予測を行った。そして輸送用燃料電池ロードマップの作成も同時に行った。要素技術と市場の予測結果は燃料電池研究者が研究計画を作成する際に燃料電池の全般的データと情報を提供し、経済・環境影響の予測結果は研究の社会影響・研究の社会価値などのデータと情報を提供するものである。

なおこうしたロードマッピングが研究者の研究方向性を決定する時に実際にはどんな役割を果たせるかを明らかにすることは今後の研究課題である。そのために前述のように研究者にロードマップを提示し、予測項目、データ収集手法、予測期間などについての意見を収集する。一事例を紹介ある「燃料電池用高性能触媒の技術開発」を研究している研究者Bにインタビューをおこなった。その中で、「技術の難易度」についての指摘を頂くことができた。具体的に

は多くの燃料電池研究者は難易度の低い技術を研究課題に選ぶ傾向がある。それは研究者にとって研究のリスクを減らすためにやむをえない選択であり、重要度の高い技術の開発に政府が補助金を出していることと関連がある。つまり、「難易度」と「補助金」の関係をロードマップに加えることにより、現状の把握がよりいっそう向上し、研究者の研究方向性の決定に役に立つと考えられる。報告書はこうした現場の研究者の生の声をロードマップに反映させ有効性を高めていく所存である。

本研究は、北陸先端科学技術大学院大学21世紀COEプログラム「知識科学に基づく科学技術の創造と実践」研究拠点形成事業の下に行われている。

参考文献：

- 「1」 師田見彦「燃料電池実用化・普及に向けた取り組みの現状」経済産業省 2002
- 「2」 小林俊哉「未来を予測する」第四回産業動態研究会講演資料 1996
- 「3」 日本ガス協会
<http://www.gas.or.jp/default.html>
- 「4」 矢野 暁「先端燃料電池システム市場の徹底研究」2002
- 「5」 電気学会燃料電池発電次世代システム技術調査専門委員会「燃料電池の技術」オーム社 2002
- 「6」 日経メカニカル「燃料電池開発最前線」日経BP社 2003
- 「7」 「環境統計集」環境省 2003
<http://www.env.go.jp/doc/toukei/index.html>
- 「8」 渡辺政廣「燃料電池の将来展望」
<http://www.yokogawa.co.jp/Measurement/TI/hitech/nen/nen-1.htm>
- 「9」 Robert Phaal, Clare J.P. Farrukh, D Avid R. Probert 「Technology road-mapping-A planning framework for evolution and revolution」71 pp5-26, 2004

¹ 詳細は <http://www.fuelcells.org/info/charts.html#fcvs> を参照されたい。

² NEDO海外レポート 820 号