

Title	技術ロードマップ作成の新たな試みに関する研究：燃料電池分野を事例に
Author(s)	前野，武史；武田，義行；梶川，裕矢；坂田，一郎；松島，克守
Citation	年次学術大会講演要旨集，23：971-974
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7725
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

技術ロードマップ作成の新たな試みに関する研究 ～燃料電池分野を事例に～

○前野 武史（新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構））
武田義行・梶川裕矢・坂田一郎・松島克守（東京大学）

1. はじめに

近年、① 技術の拡大された将来像の提示、② ユーザーとメーカー間等の対話の手段、③ 産業界や政府を引きつける手段、④ 技術への刺激と技術進歩の監視、⑤ 技術の可能性(限界)を示す指標等の目的により、様々な分野で多くの技術ロードマップが作成されている。NEDO技術開発機構は、産業の振興に資する国家プロジェクトのマネジメント組織として、政策に沿ったプロジェクトの企画・立案、運営、評価等を主な業務として担っており、その一環として、技術ロードマップを作成している。

その背景として、我が国産業が世界に先駆けてイノベーションを創出し、それが持続的・自律的に達成されるようにするため、事業化を見据えた研究開発・導入シナリオに基づき、戦略分野への重点化を図るとともに、標準化等の関連施策と研究開発施策との一体的な取組を一層強化することが必要である。そのため、経済産業省は、市場のニーズに応じて、科学に遡った研究開発や異分野の融合、顧客との一体的な垂直統合を進め、研究開発プロジェクトに拠点形成・制度改革・省庁間連携・国際標準化をビルトインするなどの施策を展開し、研究開発成果を素早く市場化に繋げる仕組みを構築する取組を行っている。これを着実に実現するためには、ナショナル・イノベーション・システムを構成する各主体である政府、産業界、学界等の研究者が政府研究開発投資の判断の基盤となる戦略やシナリオを共有し、関係機関が連携をしながら、研究開発を効果的に展開することが必要となる。そのような観点からNEDO技術開発機構は、経済産業省等とともに、産学官の専門家による技術ロードマッピングを研究開発マネジメント・ツールの方法論として取り入れ、その成果物を広く公開している。この取組は2005年から毎年実施し、4年目となる2008年には、29の技術分野にてロードマップを作成している。

一般に技術ロードマップは、関連する分野の有識者が集まり、議論を行うことによって、今後必要となると考えられる技術を網羅的に抽出し、それらについて一つずつ吟味することによって、取捨選択や目標値の設定を行いながら、体系的に整理していく。その際、多くの有識者が様々な角度から技術ロードマップについて議論を行うことによって、認識の共有や新たな知の創造に繋がることが期待できるため、“**Roadmapping is rather important than roadmaps**”「ロードマップに意味があるのではなく、それを作る過程にこそ意味がある」とも言われている。実際にロードマップの作成に携わった有識者からは、この考え方に賛同する声が多い。しかし、この方法ではロードマップの作成は基本的に有識者の主観に頼らざるを得ないことから、極めて最新の技術であるため知る人がいないことや過去の失敗経験から課題を現実よりも難しいと思い込んでしまうこと等により、今後イノベーションのシーズとなるような重要な技術について十分な議論を行えない可能性がある。このような状況を回避し、客観的な事実を見逃さないような仕組みが必要である。

一方、近年、学術論文の引用分析という手法から技術ロードマップを自動作成する方法が紹介された。

具体的には、論文のタイトルやアブストラクトといった書誌事項から技術を示す「キーワード」を抽出し、それらを分析することによって、対象とする分野において以前から研究されている技術や最近研究が盛んとなった技術等を明らかにし、知見を得ることによって、ロードマップの骨組みを作成しようとする試みである。この方法は、特許等と比較して、技術を開発してから公開されるまでのタイムラグが小さい学術論文を対象としていること、コンピューターを活用することにより極めて客観性の高い結果が得られること等の特徴がある。

本稿では、これまで多くの研究が行われ、最近社会的に注目が集まっている燃料電池分野を事例に、NEDO技術開発機構が有識者による議論を経て作成したロードマップと、学術論文の分析から得た知見を比較し、考察を行った。

2. NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップの作成

現在、燃料電池の実用化に向け、燃料電池・水素技術開発事業、実証研究事業、基準・標準等の基盤整備事業等が官民の一体的な取り組みの下で実施されている。このような官民の一体的な取り組みの中で、NEDO技術開発機構は、燃料電池・水素技術開発事業の推進機関として産学の協力を得て研究開発を実施しているが、技術開発事業を適切に推進するためには、常にステークホルダー（利害関係者）間で「技術開発シナリオ」を共有し、それに沿って効率的、効果的に実施する必要がある。

そのため、2005年5月に、2020年頃までを視野に入れ、今後取り組むべき技術課題及びその実現期待時期を整理した「技術開発ロードマップ」のとりまとめを行った。当該技術分野を巡る状況は刻一刻変化しており、随時アップデートが必要なことから、産学官からなる委員会を設置し、2006年及び2008年に「燃料電池・水素技術開発ロードマップ」を改訂している。

ロードマップ策定の主な手順を図1に示す。また、最新版である2008年版に記載されている改訂ポイントを表1に示す。

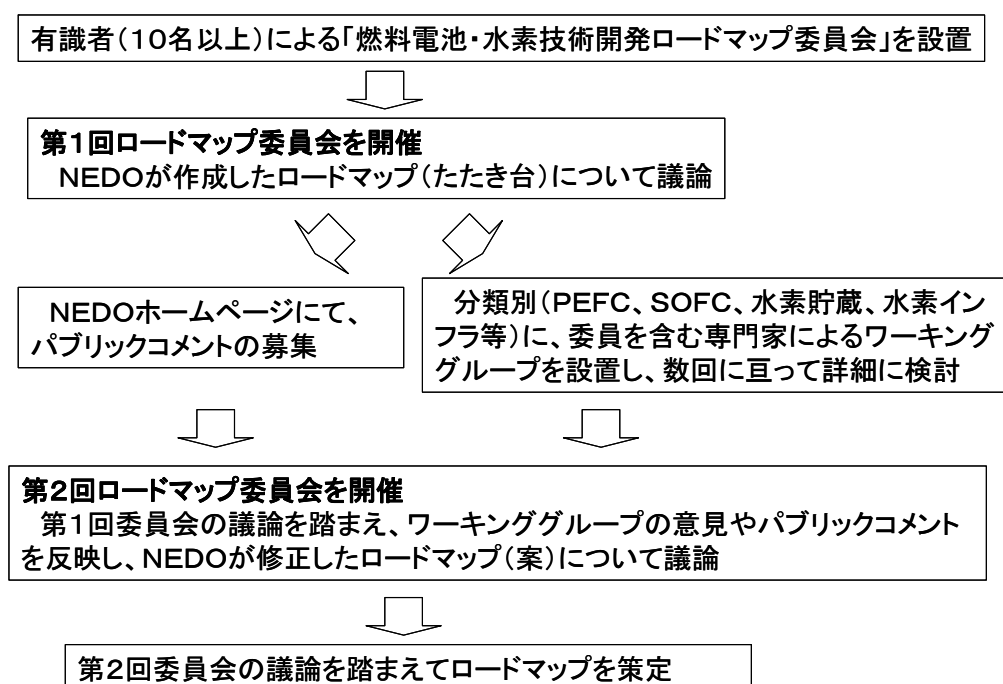


図1 燃料電池・水素技術開発ロードマップ策定の主な手順

表1 2008年版に記載されている改訂ポイント（燃料電池・水素技術開発ロードマップ2008より抜粋）

(1)	定置用燃料電池システム、燃料電池自動車等の燃料電池・水素技術が、R&D、実証事業（JHFC プロジェクト、定置用大規模実証）等により、着実に進展していることを概要版及び詳細版に研究成果・進捗等を記載することにより明確化。
(2)	2008年3月に策定された、「Cool Earth ―エネルギー革新技术計画」においては、定置用燃料電池システム、燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵等が、2050年の大幅な二酸化炭素削減に向けて重点的に取り組むべきエネルギー革新技术に位置付けられており、政策的にも期待がより高まっていることから、燃料電池・水素技術が長期的に重要な技術であることを明確化。

(3)	ロードマップ概要版については、燃料電池分野については、「PEFC(定置用燃料電池システム)」、「PEFC(燃料電池自動車)」、「SOFC」としてまとめ、ロードマップ 2006 で掲載した DMFC は詳細版にのみ記載することとし、また、水素分野については、ロードマップ 2006 では「水素貯蔵」、「水素製造」、「水素輸送・供給」というプロセス別に分けていたものを、「水素貯蔵技術」、「オンサイト方式水素ステーション技術」、「オフサイト方式水素ステーション技術」という、より出口イメージからわかりやすくなるようにとりまとめを工夫。
(4)	ロードマップ詳細版については、燃料電池分野については、ロードマップ 2006 では PEFC と DMFC で分けて記載していたものを、DMFC から対象を広げて「マイクロ・ポータブル・小型移動体用 FC」とし、かつ PEFC の詳細版へ統合した。また、水素分野については、「水素貯蔵技術」、「オンサイト方式水素ステーション技術」、「オフサイト方式水素ステーション技術」を中心に記載し、より出口イメージからわかりやすくなるようにとりまとめを工夫。
(5)	HHV や LHV、MEA などの英語表記の略語について、よりわかりやすくするために、巻末に一覧を添付。

3. 新たなロードマップ作成の試み（学術論文の分析から得た知見）

学術論文の分析からロードマップ作成に関する知見を得るため、次のような取組を行った。ISI (Institute for Scientific Information) 社が提供する引用文献データベースである Web of science の主要コンテンツである SCI (Science Citation Index) を活用して、「燃料電池 (Fuel Cell)」に関する文献を調べたところ、15,600 件の文献が検索された。これらのうち、引用関係によりネットワーク化できるものは、最大のもので 12,388 件であった。この 12,388 件に対して、一般的な燃料電池の分類方法である燃料電池の種類について分類し、分析した結果を表 1 に示す。表 1 は、燃料電池の種類ごとの論文の数とともに、該当する論文すべての発表年の平均を示している。その結果、PEFC の 2003.0 年が最も新しく、MCFC の 1998.6 年が最も古いものであった。この結果は、MCFC が最も以前から研究されているという、多くの専門家間の共通的な認識と一致した。

表 2 燃料電池の種類と文献の関係

燃料電池の種類	論文の件数(件)	発表の平均年(年)
固体高分子形燃料電池 (PEFC)	3834	2003.0
固体酸化物形燃料電池 (SOFC)	3598	2001.5
ダイレクトメタノール形燃料電池 (DMFC)	3213	2002.4
熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)	1046	1998.6

また、これらの結果についてさらに分析したところ、例えば PEFC は、Crossover (燃料が反応しないままにもう一方の電極に届き、発電に使われずに燃料を消費してしまう現象)、Modeling (電池内部の反応等を簡略化して考える方法)、Proton Conductivity (抵抗の逆数であり、水素イオンの移動しやすさを示す指標) の 3 つのクラスターに分類できることが明らかとなった。さらに、Crossover は、4 つのサブクラスターに分類できることが示された。その結果を表 3 に示す。

表3 P E F Cでのクラスターとキーワード

第1階層	第2階層	第3階層(サブクラスター)
固体高分子形燃料電池(PEFC) 3834; 2003.0	Crossover 1,303; 2003.0	DMFC and crossover 514; 2003.0
		Membrane and methanol permeation 350; 2003.8
		Microbial fuel cells 251; 2000.9
		Micro devices 164; 2004.4
	Modeling 1,275; 2002.7	Catalyst layer of polymer electrolyte 501; 2001.4
		Mathematical model 486; 2003.6
		Measurement of current distribution and water transport 244; 2003.6
	Proton Conductivity 1,204; 2003.3	Proton conductivity and water uptake 429; 2002.5
		High- temperature operation 361; 2003.3
		New polymer membrane 356; 2004.2

※それぞれの枠内の表示は、クラスターの名称、論文数、論文発表の平均年、である。

4. 考察

一般に、論文の発表件数が多く、その発表の平均年が新しいものほど、近年注目されている技術と考えられる。すなわち、表2の結果から、P E F Cが最も注目され、反対にM C F Cが最も注目されていないと考えられる。

N E D O燃料電池・水素技術開発ロードマップをみると、「年度により分類方法は異なるものの、P E F Cのみ、他のタイプの燃料電池と異なって、用途により定置用と自動車用と2つに分類して詳細に作成していること」及び「どの年度においてもP E F C、D M F C、S O F Cについては作成しているものの、M C F Cに関するロードマップは作成していないこと」から、表1から得られた知見と一致した。

また、表3より、P E F Cのサブクラスターの中で、「Micro devices」に関する発表の平均年が2004.4で最も新しいことが示された。この結果は、表1(4)のとおり、最新の2008年版の改訂ポイントに、2006年版まではP E F CとD M F Cを分けて記載していたものを、D M F Cから対象を広げて「マイクロ・ポータブル・小型移動体用燃料電池」とし、かつP E F Cへ統合している点との関連が考えられる。すなわち、この改訂は、これまでのD M F Cという分類よりもマイクロ・ポータブル・小型移動体用の燃料電池という分類が適切であると有識者による委員会で認められたためであり、その理由として、「Micro devices」を含む小型用の燃料電池に関する研究が最近急増したことが考えられる。

これらの結果から、学術論文の引用分析という新たな手法により、技術ロードマップを作成する際に議論すべき技術等を抽出することができることが示唆された。この方法を適切に活用すれば、技術ロードマップ作成の際に、極めて客観的な視点を加えることができ、今後イノベーションのシーズとなるような重要な技術について十分な議論を行えないような状況を回避することができると考えられる。

○参考文献

1. Tracking emerging technologies in energy research : Toward a roadmap for sustainable energy (Technological Forecasting & Social Change 75 (2008))
2. 技術戦略マップ (2005～2008)
3. N E D O燃料電池・水素技術開発ロードマップ (2005年版、2006年版、2008年版)