

No.88

October 20, 1999

The logo for EAIJ Information features the letters 'EAIJ' in a bold, sans-serif font, with the 'A' and 'I' overlapping. This is enclosed within a circular emblem that has horizontal lines. To the right of the emblem, the word 'Information' is written in a large, elegant, italicized serif font.

EAIJ Information

講 演

1999年7月2日(金)・第106回談話サロン(東京・弘済会館)

講師・演題

中山 稔夫: 「燃料電池技術開発の現状」

社団法人

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

「燃料電池技術開発の現状」



中山 稔夫 (なかやま としお)

1954年3月生まれ
1978年3月 成蹊大学工学部工業化学科卒業
1978年4月 (財)電力中央研究所狛江研究所エネルギー・環境技術研究所入所
大気環境汚染問題に従事
1986年3月 (財)電力中央研究所横須賀研究所
石炭ガス化複合発電乾式ガス精製技術の研究開発に従事
1993年8月 石炭ガス化複合発電技術研究組合勿来事業本部へ出向
1995年8月 (財)電力中央研究所プラント化学グループリーダー
1997年7月 (財)電力中央研究所エネルギー化学部上席研究員
1998年8月 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 燃料・貯蔵技術開発室室長代理、燃料電池プロジェクトリーダー
現在に至る。

司会 (尾出エネルギー専門部会副部会長) それでは、時間になりましたので、第106回談話サロンを始めさせていただきます。

私は、エネルギー専門部会の尾出でございます。本日の司会をさせていただきます。

きょうの演題は、ここにありますように「燃料電池技術開発の現状」ということございまして、講師は、NEDOの中山さんです。

この燃料電池につきましては、日本では、終戦後10年ぐらいいましてから、いろいろなメーカーさんの中でぼつぼつ研究開発されておりましたが、本格的に国が取り上げて研究開発を始めたのが昭和56年、第2次石油ショックの後しばらくしてからでございます。国で、いわゆるムーンライト計画の一環としてこの燃料電池の開発を始めたのでありますが、昭和56年ですから、今から20年ぐらい前ですね。国の研究開発を20年ぐらいやっているのですけれども、最近になりまして、固体高分子膜の燃料電池というような新しいものがかなり脚光を浴びてまいりました。そこで、従来からのリン酸とか溶融炭酸塩等々の燃料電池の研究開発とあわせて、最近の状況について、現在、NEDOの燃料電池のプロジェクトチームのリーダーをされておられます中山さんからお話しいた

だくことに致しました。大変興味あるお話が伺えるのではないかと思います。

それでは、中山さん、よろしくお願い致します。

中山 ご紹介いただきましたNEDOの中山でございます。本日はこの場にお呼びいただきまして、まことにありがとうございます。

現在、私は、新エネルギー・産業技術総合開発機構、通称NEDOと申しておりますが、そこで燃料電池開発のプロジェクトを遂行させていただいております。

燃料電池は、最近新聞等で皆さんのお目にかかることが多くなってきていると思いますけれども、その現在の開発状況、国、民間含めまして概要をご紹介させていただきたいと思っております。

本日お話しさせていただくメニューとしまして、OHP1に挙げておりますが、大体このようなことを考えております。期待される新しい発電システム、燃料電池という新しい発電システムの概要をご紹介させていただきます。今、燃料電池と申しますのは、大体4つに分かれます。リン酸型 (PAFC)、溶融炭酸塩型 (MCFC)、そして、固体電解質型 (SOFC)、及び最近特に新聞等報道を賑わわせております固体高分子型 (PEFC)、

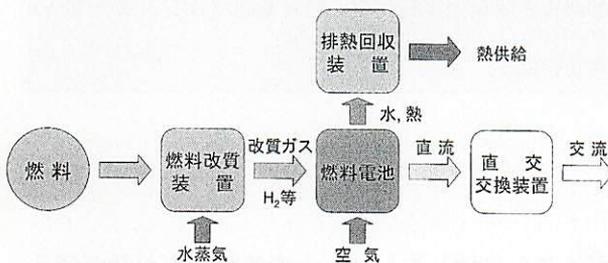
OHP 1

環境にやさしい燃料電池発電

- ❖ 期待される新しい発電システム
- ❖ 実用化を目指すPAFC
- ❖ パイロットプラント評価を進めるMCFC
- ❖ 電池の大容量化に取り組むSOFC
- ❖ 広い利用範囲が期待されるPEFC
- ❖ 今後の展望

OHP 2

燃料電池発電システム



NEDO

この4つの燃料電池、それぞれ開発が進められているわけですが、その内容というものをご紹介し、そして、この燃料電池が将来どういった方向に向かっていくだろうかというようなことを、今後の展望として多少ご紹介したいと思っております。

OHP 2は燃料電池の発電システムの概要を記したのですが、皆さんはもう燃料電池というのはご存じとは思いますが、電池と書いてありますけれども、これはバッテリー（蓄電池）とは違います。燃料としまして、水素、そして空気、その2つのガスを反応させることによって電気をつくらうというものです。水の電気分解—中学校の理科の実験でやっているわけですが、水に直流の電気を流してやりますと、水素と酸素のガスが分離してできる、その化学反応を逆にしてやったものが燃料電池でございます。

その燃料電池は、先ほど申しましたように、大まかに4つのタイプに分かれるわけですが、使い道としては大体同じような構成になります。まず、燃料は、最もポピュラーというか、現在、開発の中心としておりますが、メタンでございます。天

然ガスを中心とするメタン、そして、石炭ガス、プロパン、ガソリン、メタノール、いろいろな炭化水素系の燃料、これをまず改質し、燃料から水素をつくるわけです。

その場合には、炭化水素系の燃料に水蒸気を加えて、触媒上で反応させる。すると、水素が発生してくるわけです。この水素というものを燃料の主成分として、空気と水素を反応させて、そのときに電気が出るわけです。直流の電気ですから、一般に使われる場合には、ここには直交交換装置と書いてありますが、インバーターによって交流の電気に変えて使用します。また、この燃料電池はタイプ別によっても多少違うのですが、空気と酸素が反応するときには熱が出ます。その熱は有効に使おうということで、排熱回収装置で、蒸気として取り出したり、温水として取り出して熱の供給を行うというものです。

また、この燃料電池は、水素と空気、酸素の反応です。出てくる反応物質としては水が主成分でして、水というのは自然にあるものです。環境的にもよろしいということから、燃料電池は環境に適合した発電システムということなのです。

OHP 3に燃料電池の特徴というものを大まかにまとめました。

まず、発電効率が高いと第1番目に書いてあります。これは、従来の発電システム—燃料を燃やして熱にし、それを蒸気に変えて蒸気タービンを回すか、ガスタービンを回す。熱を生んで機械動力に変えて発電する、カルノーサイクルの制限があるわけですが、それに比べますと、燃料電池は、水素、酸素を化学反応によって反応させる、そのとき出てくるエネルギーを電気とするわけですか

OHP 3

燃料電池の特徴

- ❖ 発電効率が高い
- ❖ SOx, NOx排出が少なく、環境調和性が高い
- ❖ 電力消費地に隣接して設置が可能
- ❖ 騒音、振動が小さい
- ❖ 排熱利用が容易
- ❖ 天然ガス、石炭ガスなどを利用することができ燃料の多様化が図れる

ら、発電の効率が非常に高いということが言えます。

そして、先ほど申しましたけれども、燃焼性の発電方式と違いますので、SO_x、NO_x、大気汚染物質、こういったものの排出がほとんどございません。そのために、環境調和性が非常にいいということで、電力消費地、東京ですと都心にでも隣接して設置が可能です。小規模なものから大規模なものまで、都市の近郊に置くことができます。

また、環境調和性の1点ですが、騒音、振動が小さいという特徴があります。化学反応で電気をつくるものですので、従来のガスタービン、蒸気タービン、機械的な動力を回すのと違います。振動が発生いたしません。騒音も少ないですから、都市部に置くということも、こういった特徴から可能なわけです。

そして、先ほど申しました熱が出てくるわけですが、都市部、電力消費地等に近接して設置することができるということから、排熱の利用が可能になってくるわけです。消費地に近いということから、熱の有効利用も促進されます。

また、現在は天然ガスを中心に研究開発を進めておりますが、将来的には、日本は石炭を使う必要があります。資源のない日本は石炭を化石燃料の主力エネルギーの一つとしておりますので、石炭ガスなどを利用することができる燃料電池もございます。そして、そのため燃料の多様化が図れるというメリットがあります。

OHP 4はちょっと複雑な表で恐縮ですが、先ほど4つのタイプがあると申しましたけれども、その4つのタイプの燃料電池の特徴というものを示したものです。リン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、固体高分子型、順序がちょっと入り乱れておりますが、4つのタイプ。何が違うかと申しますと、やはり電気をつくる場所の電解質と申している部分、これの材料に何をを使うかということで、その特徴が変わってまいります。

今、実用化の一番進んでいる、商業化に近いのがリン酸型燃料電池です。これは電解質にリン酸を使っているわけですが、温度は200℃ぐらいで運転します。これは、研究開発に一番早く着手し

OHP 4

燃料電池の分類

	MCFC	SOFC	PEFC	PAFC
燃 料	天然ガス ナフサ 石炭ガス	天然ガス ナフサ 石炭ガス	天然ガス メタノール ナフサ	天然ガス メタノール ナフサ
電解質	炭酸塩	安定化 ジルコニア	イオン交換膜	リン酸
イオン伝導種	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	H ⁺	H ⁺
運転温度	600℃	1,000℃	80℃	200℃
発電効率	45~60%	45~65%	30~40%	40~45%
開発段階	システム実証	基礎研究	基礎~実証	実用化

た関係上、今はもう実用化の段階にきています。ただし、運転温度が200℃という、ちょっと低い温度で使いますので、発電効率としては40%程度になっております。

その一方、今、日本で研究開発が非常に加速化、集中化しておりますのが、溶融炭酸塩型 MCFC です。これは600℃の比較的高い温度で動かすということで、炭酸塩を電解質に使うタイプです。こちらにいたしますと、発電効率が60%程度まで可能ですので、将来の電気事業用をも考えまして、このシステムの開発を今、集中的に行っております。

また、もう一つ、固体電解質型 SOFC ですが、これは、電解質に安定化ジルコニアと書いてありますが、これはセラミックスです。セラミックスを使うことによって運転温度も1,000℃という高温です。こちらが開発されますと、やはり発電効率がMCFCよりも向上できると見ております。また、安定性の高いセラミックスを使うことにより、長時間の性能の信頼性も向上ができるだろうと見ております。ただし、こういったセラミックスを使うということから、非常に難しい技術です。開発は意外と長い歴史はありますが、材料的に難しい点も見えてまいりました。そのため、開発の段階としましては、まだ多少基礎研究レベルかなと考えられます。MCFCがシステムの実証レベルにきたのに対して、SOFCは技術的にはまだ一歩足りないかなという感じでございます。

そして、こちらに書いてありますが固体高分子型、つまりPEFC、これは近年、自動車に搭載しようということから、民間での開発も加速的に

なされているものです。これの電解質は、食塩の電解等に使う電解質膜です。イオン交換膜を使うもので、ビニールの膜、高分子膜ですが、構造が非常に簡単なものです。運転も80℃で、一般的で非常に取り扱いやすい温度であることから、自動車、移動体用、家庭用とか、いろいろな使い道があるだろうということで、今、開発が盛んです。ただし、こういった80℃という多少低い温度で運転される関係上、発電効率も若干低下して、リン酸よりも多少低い30%程度だと思いますが、そういった発電効率になります。ただし使いやすいということから、開発段階としては基礎から、今はもう実証の段階、研究レベルとしましては非常に広いものになっております。

先ほど尾出先生のほうからご紹介がありましたけれども、国が行っております燃料電池開発はもう非常に古いわけです。昭和56年、これは通産省のムーンライト計画の中で始まりましたが（OHP 5）、リン酸については、この表ではちょっと省いてあります。リン酸についても、昭和56年からムーンライト計画の中で研究開発が進められ、もう実用化の段階に来たということで、平成9年度で国の研究開発は終了しております。

今、私どものプロジェクトでは熔融炭酸塩型、

そして固体電解質型、固体高分子型、この3つのタイプの開発を進めておりますが、まず、一番古い研究の歴史がありますのが熔融炭酸塩型で、昭和56年に研究に着手しております。非常に小さい、10センチ角ぐらいのセルの開発から始まっております。そして、10キロワット級という小型のスタック開発を進め、そして、大容量電池スタック開発として、昭和62年ぐらいからは100キロワット級の開発が進められたわけです。そして、スタックの高積層化、大面積化というものを進めまして、平成5年、6年あたりから、現在進めております1,000キロワット級プラント開発として、かなり大きな、大容量のスタック開発をしております。それと同時に、200キロワット級ではありますが、内部改質タイプと申しまして、もう一つ違うタイプの研究開発も進めております。

この現行のプロジェクトは、平成11年度、今年度で終了する予定で、昨年度、工技院の評価を受けております。ここで最終評価を受けまして、これまでの開発の経緯、そして成果はいかにあったかというものを評価していただきました。現在は、この成果を踏まえて、平成12年度以降、こういった研究開発を国として進めるべきかということで計画を立案中です。

OHP 5

NEDOの燃料電池開発

年度	S56	57	58	59	60	61	62	63	H1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	ムーンライト計画									ニューサンシャイン計画											
MCFC	小型スタック開発 (10kW級)				大容量スタック開発 (100kW級)				1,000kW級プラント開発 (250kW級スタック) システム開発 (200kW級内部改質)								▲ ▲ 最終評価 プレ最終評価				
										電池スタック開発 (100W級)		電池スタック開発 (数kW級)						▲ ▲ 最終評価 プレ最終評価			
SOFC										電池スタック開発 (100W級)		システム開発 (数～数10kW級)						▲ ▲ 最終評価 プレ最終評価			
PEFC										電池スタック開発 (100W級)		システム開発 (数～数10kW級)						▲ ▲ 最終評価 プレ最終評価			

SOFC 固体電解質型は、MCFC におかれてはありますが、平成元年あたりから研究を始めております。まずは100ワット級、電球1個つけるスタックの開発という非常に小さいものから始め、今は数キロワット級ですが、スタック開発を進めております。やはり数キロワット級の開発に非常に長い期間をかけておりますが、先ほど申しましたように、構成部材としてセラミックスを使うという材料の開発から進めております。セラミックスの割れ防止、強度を保つための研究開発、なかなか難しいものだというのがわかってまいりまして、多少時間がかかっております。このプロジェクトは、来年度で終了する予定です。

そして、固体高分子型ですが、またこれはSOFCにおかれて、平成4年ぐらいから、100ワット級ですが、スタック開発を始めて、今は第2期ですが、数から数十キロワット級のシステム開発というものを私ども進めております。これにつきましては、後でご紹介しますが、非常に飛躍的な成果というものが近年得られてきました。このプロジェクトも来年度をもって終了する予定です。

OHP 6 は、現在はニューサンシャイン・プログラムですが、国が費やしております開発費が記

してあります。リン酸は昭和56年から進めてきたわけですが、平成9年度で研究開発を終了したということで、10年、11年は予算はついておりません。MCFC、これは今、三重県の桑名のそばですが、川越に1,000キロワット級のプラントをつくり、評価を進めている段階です。そのために非常に多くの研究費を使っております。平成11年度、今年度の予算額としては約25億円の運転費を中心とした研究開発費をとっております。

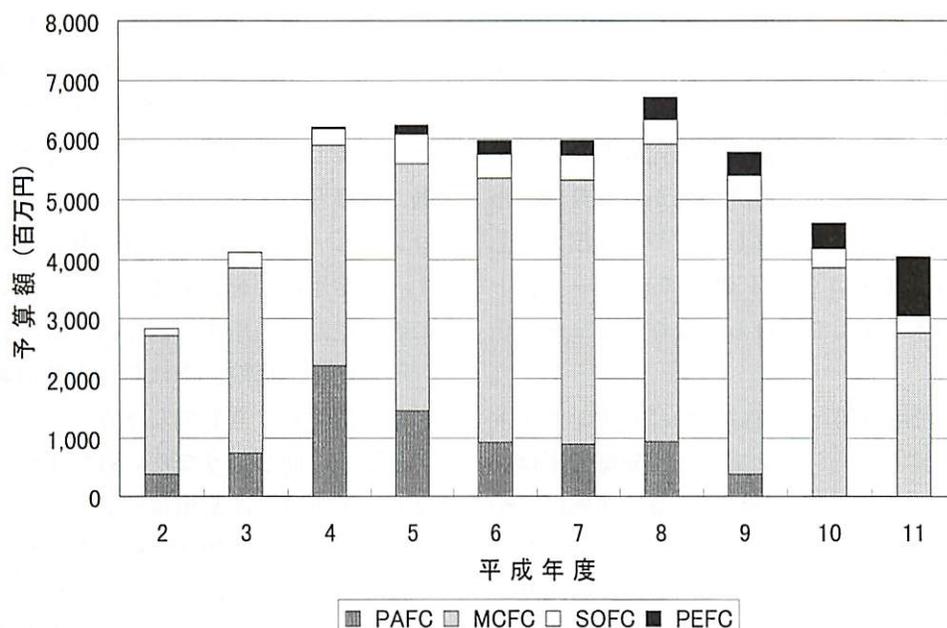
そして、SOFC ですが、これはやはりセラミックスの材料開発ということで、基礎研究が主です。そういった意味から数億円、11年度は3億円の予算をとっております。

固体高分子型 PEFC は、平成4年、5年から、プロジェクトを進めてきたわけですがけれども、やはり数から数十キロワット級のシステム開発をするのにかかなり研究を加速化しなければならないということから、11年度は10年度に比べてかなり多くの予算をいただき、年額10億円のお金を使わせていただいております。

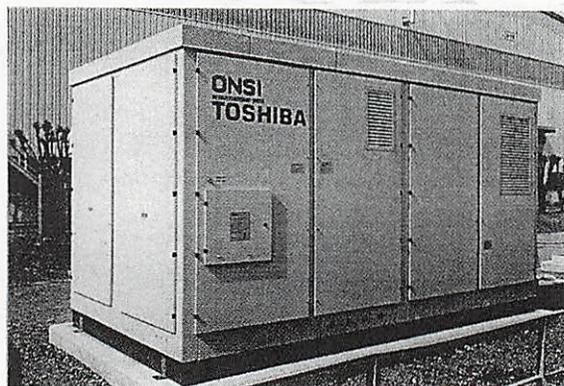
ここから、各方式別の電池開発の現状を多少ご紹介したいと思います。

OHP 7 (次項) は、東芝とアメリカの ONSI

OHP 6 NEDOにおける燃料電池研究開発費



実用化を目指すPAFC (株)東芝 府中工場 200kW



NEDO

という会社との合弁会社ですが、そちらとつくっております200キロワット級のリン酸プラントの外観です。高さ、奥行きが約2メートルから2.5メートル程度、正面の長さ4メートル程度で、こういったパッケージタイプになっております。このパッケージの中に、燃料電池、本体、燃料を改質する装置、及び熱から蒸気をつくる熱交換機及び交流の電気を生むためのインバーターが、すべて入っているわけです。こういったパッケージですと、トラックの荷台に工場から積んで持ってきて、工場、大学、研究所等に設置して、燃料及び冷却水を接続することにより、すぐに電気が使えるという代物です。

リン酸では、今、こういったパッケージタイプというのが中心に開発が進められております(OHP 8)。中には、200キロワット級ですけれども、4万時間以上の運転時間を達成したシステムもあります。そして、研究開発から商業化、市場開拓の段階に来ておまして、やはり出力としては100から200キロワット級のモジュール、トラックに載せて運んでいけるようなモジュール化が中心です。

そして、使用目的としては、やはりオンサイト型のコージェネレーションでして、発電効率は40%程度となっておりますが、今一番の問題は、やはりコストです。ここキロワット当たり30~40万円となっております。この40万円というのは甘く見た額で、実際には、設置代金等を入れますと、

PAFCの開発動向

40,000時間以上の運転時間を達成し、研究開発から商業化・市場開拓の段階

出力100~200kWのモジュール化

オンサイト型コージェネレーション

発電効率(HHV): 40%程度

コスト: 30~40万円/kW

キロワット当たり60万円程度の予算になっております。このように、多少高く、燃料電池がなかなか普及しない。コストが高いから普及しないというところがあります。また、普及しないからコストが下がらないという悪循環にもなっております。後ほどご紹介いたしますが、低コスト化に向けた技術開発等を各メーカーさんは、今、精力的に進めておいでです。

次に、リン酸型に限らず、燃料電池一般にも言えることですが、燃料電池はどういったところに使えるだろうかというものの概要を示してあります(OHP 9)。

こちらに書いてありますのは、まずホテル、オフィス、ホールなどで電気と熱を供給する、ホテルなどは大量の温水も使うということから、こういったところに設置することが可能です。また、低騒音、低振動という環境性がいいということから、こういったところにも置けるわけです。

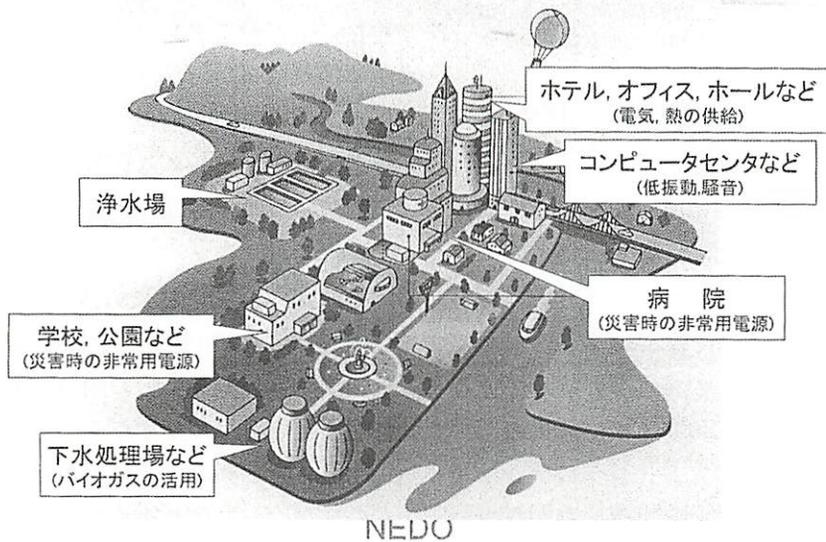
それから、神戸の大震災等のときもだいたい問題になったわけですが、コンピューターセンターなどの電源として使うのがいいのではないかと。低振動、低騒音ですし、ガスを発生しないという面がコンピューターにとっては非常にいいシステムです。非常用電源を含めまして、こういったところに燃料電池の適用が可能であろうと言えます。

それから、病院。やはり災害時の非常用電源としての活用もできるでしょう。

そして、同じような使い方ですが、学校、公園など、災害時の非常用電源としても、こういったところに地方自治体等が置くということがいいのではないかと考えております。

また一つ、最近では、違う使い方もあると見てお

PAFCの特性を活かした適用例



りますのが浄水場。これはどうしてかと申しますと、燃料電池で発生しています電気は直流です。浄水場は、どちらかといいますと直流を大量に使う電源です。交流に変えないで直流で使えるというニーズがあるところは、こういったシステムがよいのではないかと考えております。

そして、最近よく言われるのは、下水処理場。汚い話ですが、家畜のふん尿等からのバイオガスを使って、あと、ビール会社から出てきますバイオガス、それからメタンをつくり、燃料電池を動かす。このように今までは捨てるのに苦労していたものを資源として使い、電気と熱を有効利用しようという試みもだいぶ出てまいりました。

電池は多少コストが高いわけですが、付加価値をつけてやることにより、社会に貢献できるシステムです。

OHP10

PAFCの国内稼働状況

(平成11年3月現在)

(単位: 台)

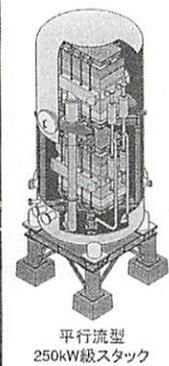
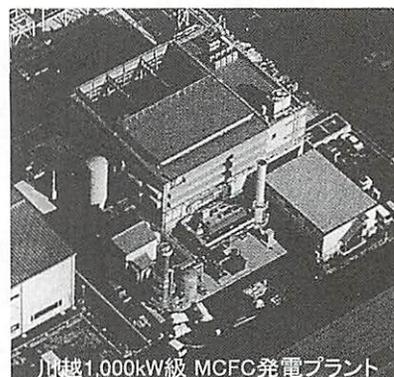
機種	50kW	100kW	200kW	500kW	1,000kW以上	合計	定格出力 (MW)
電気事業	7	1	6	0	0	14	1.60
ガス事業	7	5	33	1	0	46	7.95
その他	0	0	9	0	0	9	1.80
合計	14	6	48	1	0	69	11.3

現在、リン酸が国内でどれだけ売れているか、稼働しているかというのを多少まとめましたのがこの表 (OHP10) ですが、200キロワット級が中心で約48台、トータルで69台、70台弱ということで、まだまだ少ないですが、4万時間運転できるシステムもできてきており、徐々に信頼性も向上してきております。信頼性が出てきたということから、導入というものも加速されてくると見ております。

次に、熔融炭酸塩型をご紹介します。OHP11は先ほど申しました三重県桑名市のすぐそばにあります中部電力の川越火力発電所の中の1,000キロワット級の発電プラントが、現在建設が終わり

OHP11

火力代替システム開発を進めるMCFC



OHP12

MCFCの開発動向

- 大型プラントによるシステム実証運転
(サンタクララ 2MW: 効率52%, MCFC組合 1MW)
- 250kWコージェネレーションプラント (MC-Power)
- 電力事業用、大容量コージェネレーション
- 石炭ガスも利用可: 火力代替システムの開発
(不純物質の影響評価, 全体システム評価)

まして、まさに運転試験が始まったところです。この建屋の中に、これは250キロワット級ですけれども、こういった電池スタックが4基入っております。将来の火力発電の代替としてこのMCFCが適用できるかどうかをこの装置で評価していこうということを目的としております。皆様も、ぜひごらんになって、将来の火力代替システムはこういうものなのかということを実感いただきたいと思っておりますけれども、こちらはテストプラントですので、実際のプラントに比べますと、かなり大きなシステムになっております。

このMCFCは国内外でこういった状況になっているかを示したのですが(OHP12)、研究のレベルとしては、大型プラントによるシステムの実証運転段階にきております。これはアメリカのサンタクララというところでも、平成9年、2年ほど前に終了したプロジェクトですが、2メガワットのプラントで行われました。そのとき、運転時間がこのプラントは多少短かったわけです

が、瞬時値ですけれども、効率52%という、かなりいい性能を出しております。

それから、現在、日本でやっておりますのは、先ほどの川越は、MCFC研究組合というものを通して組合形式で開発を進めておりますが、これが1メガワットのプラントをやっているということから、今この川越のプラントの整備を皆さんが注目していらっしゃる、最近は海外からも、どうなっているかという問い合わせがかなり来るようになっております。

それから、アメリカのMC-Power社という会社は、やはり250キロワット級のコージェネレーションプラントというものの開発を進めています。比較的小さいクラスですが、アメリカではこういったマーケットがあるということから、こういったものをつくっております。

そして、日本では、将来的には電気事業用です。大容量コージェネレーションというものを目指しているシステムです。そして、このMCFCは、最終的には石炭ガスも利用できるということから、火力代替システムの開発として、現在も、基礎研究ではありますが、石炭ガス中の不純物の影響評価とか、石炭ガスを用いるための全体のシステム、これはどういうものになるかといった研究を現在は進めております。

現在、NEDO、国でやっております研究項目を羅列して書いたのがOHP13です。スタック及び

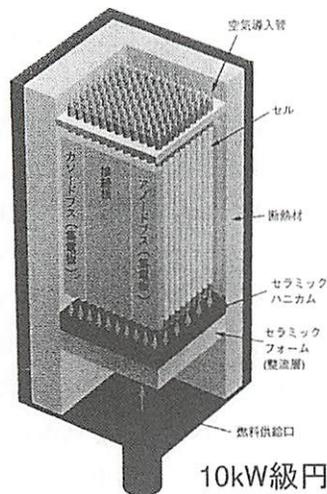
OHP13

MCFCに関するNEDOの開発体制

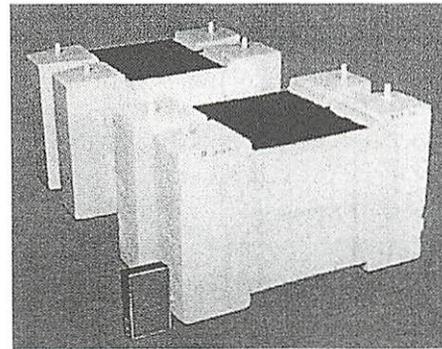
(6~11年度, MCFC研究組合)



電池の大容量化に取り組むSOFC



10kW級円筒型モジュール(東陶機器)



5kW級平板型モジュール(MHI)

NEDO

1,000キロワット級発電システムの技術開発、こちらは、川越を中心としたスタックの開発及びプラントの開発ですが、スタック開発の中心となりますのは、やはり日立、IHI（石川島播磨重工業）の2社です。これは外部改質型の開発を進めております。そして、内部改質型として、三菱電機の200キロワット級のシステムを今評価しております。これは組合が中心となって、こういったプラントの開発をしております。

そして、このスタック開発をサポートするという意味から、スタックの材料技術開発ですとか、石炭ガス化ガス対応技術の研究、そして、将来どのようなシステムになるかというトータルシステムの研究、こういったベーシックな研究を、こちらに書いてありますような種々の機関にお願いして研究を遂行しております。

OHP14はセラミックスを用いた燃料電池、固体電解質型SOFCですが、電池の大容量化に取り組むSOFC、セラミックスを使っているがゆえに難しいと申しましたけれども、いかに大きくしていくかということで、今、研究開発を進めております。

こちらの写真（右）に載っていますのは、5キロワット級平板型モジュールと申しておりますが、電池をつくるセル—発電する部分を板の形にした平板を何枚も何枚も重ねた形のセル、これを

今、三菱重工と中部電力が開発を進めております。通称モルブと申しておりますが、こういった平板型のタイプ。

そして、こちら（左）は円筒型。セラミックスのチューブを電池の発電部として使うタイプですけれども、これの数キロワット級のモジュールというのを今開発しているわけで、最終的には10キロワット級までいくといいなと思っています。それを、サニタリー会社であります東陶機器、九州電力、新日本製鐵の3社共同開発ということで、今、国からお願いをして進めております。

このSOFCの開発動向はどうであろうかというのがOHP15（次頁）に書いてありますが、このSOFCを世界的にリードしているのはウエスチングハウス社で、今はドイツのジーメンスに吸収合併されましたので、ジーメンス・ウエスチングハウス社、そこがやっております円筒型が世界をリードしております。これは今、オランダのほうで100キロワット級の実証運転も進めておりますが、100キロワット級を含めまして、ウエスチングハウス社としての運転実績、これは累積で7万時間を持っているということで、世界のトップとして開発を進めております。

効率は、小さいクラスながら47%程度となっておりますけれども、最終目標としては、65%から、アメリカのほうでは今、70%を目指したいという

SOFCの開発動向

- WH社円筒型がリード (100kW級実証運転)
 - ┆ 運転実績: 累積7万時間
 - ┆ 効 率: 47%
- 円筒型: 数~10kWモジュール開発
(九電/東陶/新日鐵, 電発/MHI)
- 平板型: サーマルサイクル信頼性向上
 - ┆ 5kW級 3,000時間の加圧運転 (中部/MHI)
 - ┆ 都市ガス利用数kW級ユニット開発 (東ガス)
- 平板型に比べて円筒型の信頼性が高い

ような話まで出てきており、かなり高効率が将来的には期待されるシステムです。

このようにウエスチングハウス社の円筒型というのはリードしているわけですが、一番の問題は、やはりコストが非常に高いという点で、それでは日本は安いコストでセルをつくらうということで、低コスト化セルの開発を今進めております。円筒型では数~数十キロモジュールの開発になっておりますが、先ほどの東陶機器、九州電力、新日鐵がNEDOプロジェクトの中で開発をやっておりますグループ、及び電源開発、三菱重工がやっております円筒型のグループ、この2つが日本で開発を進めております。電発、三菱重工

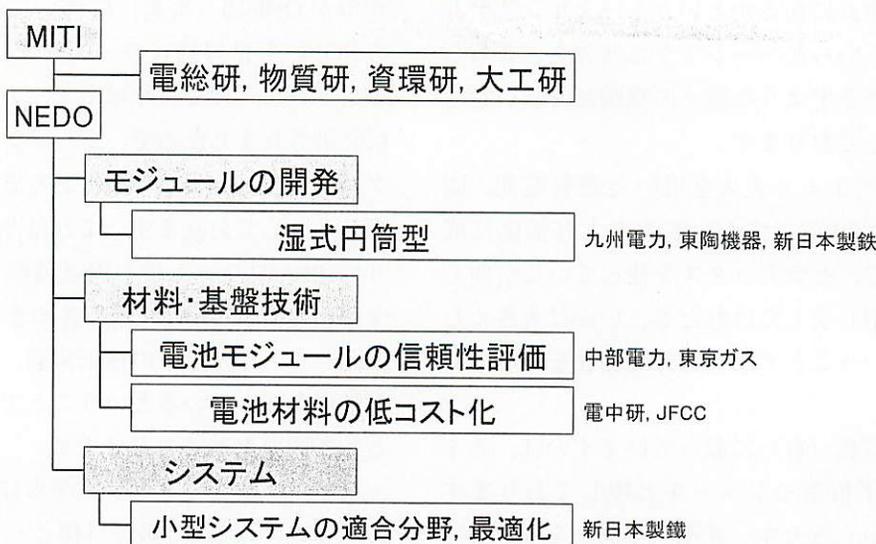
サイドは、国のプロジェクトから離れて自社開発でやっています。

それから、先ほど示しました、平板型と申しておりますが、これはできるというもののなのですが、やはり板にすると非常に割れやすい、円筒型に比べて平板型は強度に弱いという弱点があります。そういう弱点が見えてきたので、今、サーマルサイクルと申してもいますが、温度を上下したときの割れというものがないよう、信頼性を向上させようという研究をNEDOプロジェクトの中でも進めております。それが5キロワット級の3,000時間加圧運転に成功しております中部電力、三菱重工のグループ、それから、東京ガスがやっております都市ガス利用の数キロワット級ユニット開発、こういった2点が挙げられると思います。

先ほど申しましたように、やはり平板型に比べて、円筒型というものが強度の点で信頼性が高いということがわかってきた段階です。

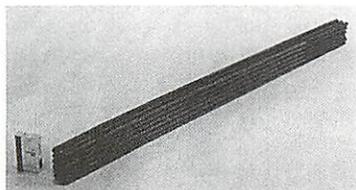
国のプロジェクトとはどういったことをしているかがOHP16に書いてありますが、低コスト化を目指したシステム開発を、湿式円筒型では九州電力、東陶機器、新日本製鐵の共同体でやっています。それから、材料開発ということで、電池モジュールの信頼性評価という部分、平板型を中部

SOFCに関するNEDOの開発体制
(10~12年度)

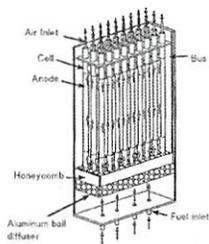


OHP17

湿式円筒型SOFCの構造 (九州電力/東陶機器/新日鐵)



The Appearance of 9-ITT Cell Bundle
(Active Length: 70cm)



Schematics of 1kW Module

電力、東京ガス、それから、電池材料の低コスト化、セラミックスをいかに安い材料にしていくかということでやっております。あと、システム評価というものも新日本製鐵等をお願いして進めておりますが、年額は、先ほど申しましたが、3億円程度の研究開発ですので、まだまだ基礎研究段階という感じがいたします。

実際に入れておりますのが、こちら (OHP17) の写真、円筒型のセルですが、これは全長1メートルぐらいで、この緑の部分で電気を起こすわけです。これは18本のセルをまとめて、バンドルと呼んでおりますが、1つのブロックにしてつくっております。こういったものを何本も何本も入れて、電気を多くつくっていかうというものです。

ご紹介する最後の部分に近づいてまいりましたが、OHP18は広い利用範囲が期待される固体高分子型PEFCです。この紳士が持っているのはPEFC用の電解質膜でして、サランラップを多少厚くした程度の膜です。大体50ミクロンから200ミクロンぐらいの厚さの膜です。この膜は水素原子を通してガスは通さないという特性がありますので、この膜で電子のやりとりをしようというものです。

この固体高分子型PEFCの開発動向 (OHP19) ですが、研究の最初はやはりアメリカから始まっていたわけですが、アメリカでは宇宙船用を主体にして、ジェミニに搭載しました。この技術というのも非常に古い技術なのですが、なかなか世に出てこなかったわけです。それが先ほど申しました、膜の強度がなかったわけで、その膜強度がある程度できたということから研究開発が非常に盛

OHP18

広い利用範囲が期待されるPEFC



PEFC用電解質膜

NEDO

OHP19

PEFCの開発動向

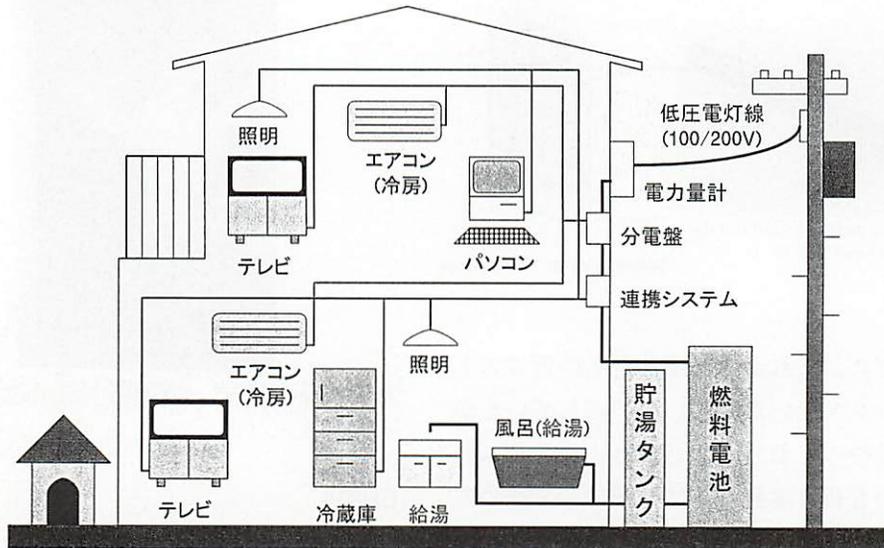
- 宇宙船用から移動体用電源へ
- 自動車動力用電源として試験段階
- コンパクト、常温起動
- CO被毒対策の開発
- 自動車動力源以外の利用分野も広い
(家庭用、可搬用、道路標識用、潜水艦用など)

んになってきました。そして今では、移動体用電源と申しておりますが、自動車を中心とした、海外では潜水艦とか、そういったものにまで載せようということで、注目されております。

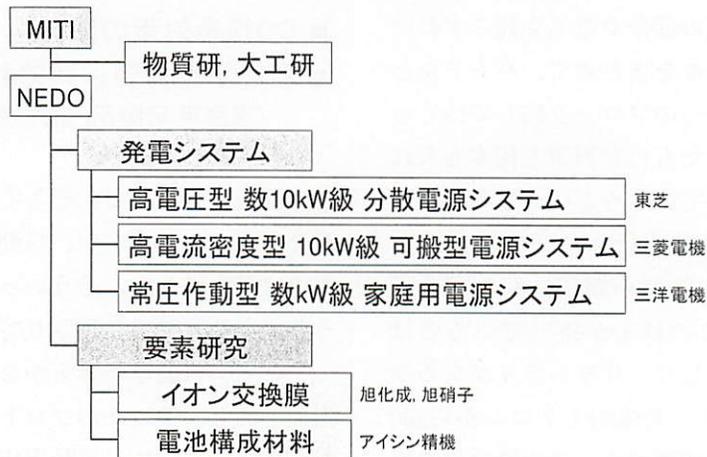
そして、自動車業界もかなり力を入れて開発を進めており、幾つかのプロトタイプ車をつくっております。そして、自動車用動力電源としての試験段階にも来ているということで、この電池は非常にコンパクトなものになっております。そして、構成部材のあの膜とかは炭素のようなものでつくっておりますので、非常に軽いわけです。そのため使いやすい。そして、80℃という運転温度で、室温から起動ができる。予熱してやらなくても起動ができるという特性があります。そういったことから、自動車にも搭載できるようになってきたわけです。

ですが、こういったいいことばかりではなく、この電池は、やはり温度が低いために、燃料中に

家庭用コージェネレーションシステムの設置例



PEFCに関するNEDOの開発体制 (8~12年度)

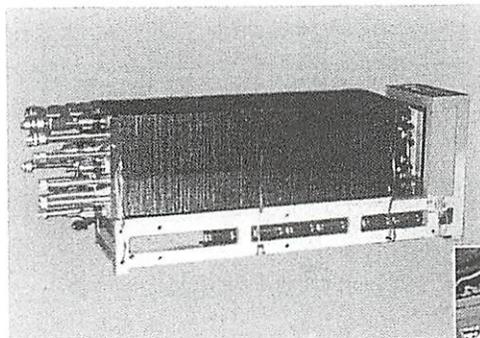
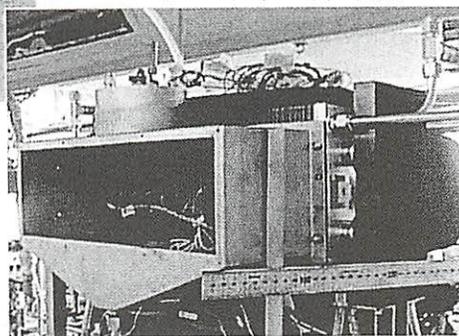


一酸化炭素が入っておりますと、電池の持つ触媒の性能が落ちてしまいます。触媒には白金を使っているわけですが、CO（一酸化炭素）によって被毒が行われるということから、あらかじめCOを取り除いておく必要があります。水素を燃料としている場合にはよろしいのですが、化石燃料を改質して、それを燃料とする場合にはCOの対策は必要です。これが、今、研究開発のある意味のポイントとなっております。そして、自動車用動力源以外にも利用分野が広いということから、家

庭用、可搬用、道路標識用、軍用等に広く適用ができるであろうと見られております。

日本でも、電池自体を開発するシステムはどういうものがあるだろうかといろいろ考えているわけですが、最近、ガス会社さんを中心として、こういった家庭用コージェネレーションシステムというものもできるのではないかとということで（OHP20）、燃料電池を置いておりますが、家庭で使うとすれば1キロから3キロくらいの非常にコンパクトな小さい電池で構わないわけです。そして、

数kW級 PEFCスタック

10kW級PEFCスタック
(140セル, 東芝)1kW級PEFCモジュール
(60セル, 三洋電機)

運転温度は80℃ということから、60℃のお湯、家庭で使うには十分なお湯も同時にとれるので、これをおふろとか給湯に使えるでしょう、そして、電気は家庭の生活に使っていかうというように、家庭用のコジェネレーションも意外と実現が早いと見ております。

PEFC に対して国の研究開発はどういうことをやっているかといいますと (OHP21)、やはり電池開発が主体となっております。燃料の改質も含めた電池開発ですけれども、東芝には、数十キロワット級分散電源システムと申しますが、これはビル1棟あたりの電源、マンションなどに使えるシステムをつくらうというもの。それから、三菱電機に対しては、10キロワット級の可搬電源システムと申しておりますが、自動車搭載用のシステムをつくらうと。そして、三洋電機は、数キロワット—1キロから2キロワット級ですが、家庭用電源システムの確立を目指して、この3つが研究開発のポイントとなっております。そして、要素研究として、イオン交換膜の低コスト化、強度向上、及び電池構成材料の研究、こちらは、アイシン精機—トヨタの子会社ですが、こういったところに研究開発をお願いしております。

実際に現在開発されておりますスタックです

が、OHP22左は東芝がこの4月に試作した10キロワット級のスタックです。縦に電池を何枚も何枚も組み合わせて、140枚の電池を積層化しております。これは、高さ、横は大体17センチメートル角ぐらいの大きさです。OHP22右は三洋電機製で、ちょっとカバーがついていて見にくいですが、中に電池が入っております。これも60枚のセルを重ねております。こちらは10センチメートル角の1キロワット級のモジュール、三洋電機の作製です。写真で三菱電機のはお見せしておりませんが、こういった電池はかなりいい性能を出すようになってきております。

NEDO、国の開発目標としては、OHP23 (次頁) 上段に書いてありますような電圧及び電流値の目標値を掲げていますが、現在到達している性能がこちらに書いてあります。

まず東芝は、0.75ボルトに対して0.73ボルト、ほぼ性能を達成できたという領域にきております。三菱電機は、0.6ボルトに対して0.61ボルト、これはもう目標を満足しております。そして、三洋電機も0.7ボルトに対して0.68ボルトと、ほぼ性能を満足することができたということから、このプロジェクトは、平成12年度まであと2年ありますが、セルの初期性能としましては、ほぼ目標

セル初期性能の到達点

	東 芝		三菱電機		三洋電機	
性能目標値	0.75V	0.35A/cm ²	0.6V	0.5A/cm ²	0.7V	0.3A/cm ²
セル性能	0.73V	0.35A/cm ²	0.61V	0.5A/cm ²	0.68V	0.3A/cm ²
圧 力	加圧 (3ata)		常 圧		常 圧	
積 層 数	289cm ² ×3 セル		225cm ² ×3 セル		100cm ² ×60 セル	
評価ガス	H ₂ 75%		H ₂ 75%		H ₂ 80%	
	CO ₂ 25%		CO ₂ 25%		CO ₂ 20%	
	CO 10ppm		CO 50ppm		CO 10ppm	

セル耐久性能の到達点

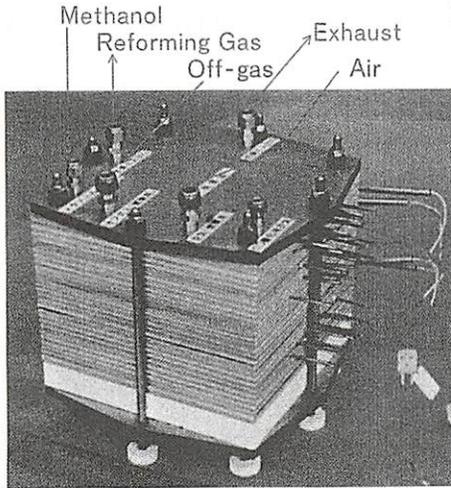
	東 芝		三菱電機		三洋電機	
性能目標値	1%/1,000 時間		1%/1,000 時間		1%/1,000 時間	
耐久性能	2.5mV/1,000 時間 =0.33%/1,000 時間		20mV/1,000 時間 =3.3%/1,000 時間		10mV/1,000 時間 =1.4%/1,000 時間	
圧 力	加圧 (3ata)		常 圧		常 圧	
積 層 数	289cm ² ×1 セル		225cm ² ×3 セル		100cm ² ×2 セル	
評価ガス	H ₂ 75%		H ₂ 75%		H ₂ 80%	
	CO ₂ 25%		CO ₂ 25%		CO ₂ 20%	
	CO 10ppm		CO 50ppm		CO 10ppm	
運転時間	4,000 時間		5,000 時間		2,100 時間	

を達成する領域まで来ているわけです。

そして、1つ問題なのは、やはりセルの耐久性です (OHP24)。何時間もつかということで、私どもは性能目標値として、1,000時間当たりに性能が1%落ちる程度以内におさめたいと考えています。開発物ですので、かなり甘い性能目標値を掲げております。それに対して今得られております性能は、これはまだ積層数1セルのデータですが、東芝のものについては、目標1%に対して0.33%という非常にいい性能を出しております。これは公表されております世界のデータの中でもチャンピオンデータです。これを上回るデータというのは世界的にもなかなか出てこないだろうと見て

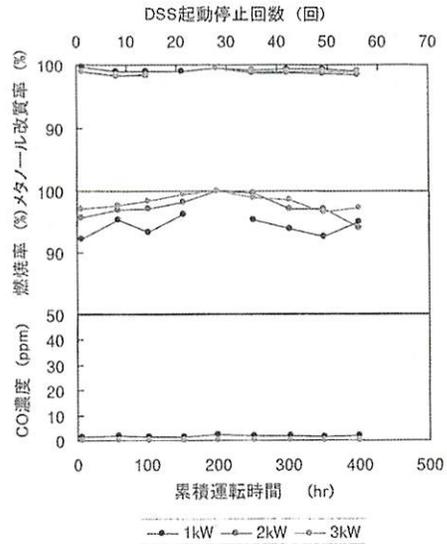
おります。それから、三菱電機につきましては、現在3.3%というふうになんて高めになっております。また、三洋電機も、1%の目標に対して1.4%ということで、三洋電機はまだ努力が必要だなという段階です。

三菱電機、この3.3%というのは、目標に対してかなり高く、この原因は何かと申しますと、ここに評価ガスと書いてありますが、ガスの濃度の中の一酸化炭素、これが50ppmというふうになんて高めの値でやっております。一酸化炭素の濃度が高いがために性能の劣化が早いというのがこれでわかるわけですが、三菱電機のは、最終的に自動車に搭載したいということを目標に



大きさ 240×240×240mm
 重量 19 kg
 圧力 常圧
 Steam/Carbon比 1.5
 改質率 99% (2kW時)

2kW級メタノール改質器 (三菱電機)



しておりますので、一酸化炭素濃度の評価ガス中の濃度をかなり高めに設定しました。そのため、こういった成果になってしまったわけです。

あと一つ、自動車に使う場合には、将来的にはメタノールを原料として使うことも考えられるということで、OHP25はメタノールから水素を得るための改質器の外観写真です。これは三菱電機が考案しております積層型といいますが、プレート型の改質器です。これが2キロワット級とまだ小さく、大きさ的には非常にコンパクトにできております。将来的に車に搭載するには、こういったコンパクトな改質技術というものもキーになってくるわけです。

この改質技術は、各社いろいろ開発を進めているわけですが (OHP26)、東芝については、燃料が天然ガス、プロパンということから、運転温度が700℃ぐらいの改質器をつくっております。これも、出口のCO濃度7～8 ppm、かなり低い濃度にできております。三菱電機の前ほどのメタノールの改質器はプレート型ですが、3～5 ppmとかなりいい性能になっております。三洋電機も、天然ガスのリフォーマー改質器、700℃ぐらいで

燃料改質技術の到達点

	東芝	三菱電機	三洋電機
出口CO濃度	7～8ppm	3～5ppm	5ppm
圧力	加圧 (3ata)	常圧	常圧
原燃料	天然ガス、プロパン	メタノール	天然ガス
改質器スケール	ラボ試験	2kW級	1kW級

運転するのですが、5 ppm と、CO濃度はほぼ10 ppm以下に抑えることができます。このぐらいの性能にできれば電池への影響というのはほとんど無視できるので、改質技術というものに対してもかなりいい成果が現在得られております。

この固体高分子型PEFCは、最近、車に搭載するということが非常に報道が多くなってきているのですが、ちょっとご紹介いたします。NEDOプロジェクトとは離れますが、FCV (燃料電池自動車) というものの開発競争の加速がされているわけですが、その辺の事情をご紹介したいと思います (OHP27次頁)。

まず、アメリカはダイムラークライスラー。こちらはフォードと組み、バラードというのがこの

燃料電池自動車(FCV)の開発競争加速

- ダイムラー/クライスラー/フォード/バラードは、アルコ、シェル、テキサコおよびカリフォルニア州政府と共同で、2001～2003年にFCV(含 バス)50台の走行試験を行う計画を発表(4月20日)
- トヨタとGMは次世代自動車の開発(含 FCV)を共同で行うことを発表(4月19日)
- マツダもダイムラー/クライスラー/フォード/バラードのグループに参加
- GM, VW, ボルボ, 日産, ホンダもバラードの電池を試験購入、テストを実施中

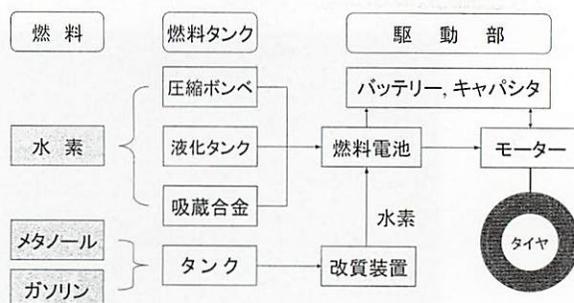
燃料電池をつくっているカナダの会社ですが、かなり世界に先駆けた電池をつくってきたということから、ダイムラー/クライスラー、フォード、バラードというのが連合を組みまして、今、開発をかなり強力に進めております。そして、アメリカではそこにメジャーというものが加わり、2001年から2003年という、もう数年後に燃料電池自動車50台の走行試験を行うというふうに、今年4月20日発表しております。その前の日、トヨタは、燃料電池自動車の開発を自社で進めていらっしゃるわけですが、GMと組んで燃料電池を含んだ次世代自動車の開発を共同で行うと発表し、今、ダイムラー/クライスラー/フォード/バラード連合と、トヨタ/GMの連合との2大勢力の戦いに燃料電池自動車はなってきたという状況です。

そして、日本のマツダですが、これも自社で開発を進めてきたわけですが、やはりフォードとの連携の絡みもありまして、自社開発というのは中止して、ダイムラー/クライスラーのグループのほうに現在は参加しております。

トヨタと組んでいるGMですが、また自社のほうでも、GM、フォルクスワーゲン、ボルボ、日産、ホンダ、これもカナダのバラード社の電池を試験購入して、車に積み、テストを実施しているということで、世界の自動車メーカー各社は燃料電池自動車の開発を非常に加速化しております。

燃料電池自動車というのはどういうものかと申しますと(OHP28)、燃料を何にするかというこ

燃料電池自動車(FCV)の構成



とに分けられるわけです。まず、水素を使うとした場合には、水素を何らかの形で、圧縮ボンベ、液化タンク、吸蔵合金、こういった形の水素のストレージ方法を考えて、これを電池に送って電気をつくり、それでモーターを回す、そして駆動するわけですが、バッテリー、キャパシタ等を搭載しておいて、製造した電気等を補充するというバックアップシステムを搭載するわけです。ただ、燃料に、メタノール、ガソリン、こういった炭化水素系を使うとなりますと、燃料タンクはタンクで、簡単なわけですが、水素を得るための改質装置が必要だということで、多少、自動車自体は複雑になってくると思われま。

OHP29は、一例として写真でお見せしておりますが、ダイムラー/クライスラーがこの2月に発表した、NECAR 4と呼んでおりますが、液体水素を使った燃料電池のプロトタイプ車です。ベンツのAクラスという小型車、これに搭載しておりますが、今までダイムラー/クライスラー/バラード連合は、水素を使った場合には高圧ガス、高圧ボンベで搭載していましたが、走行距離が伸びない、200数十キロぐらいしか出せなかったわけです。それを、液体水素を魔法瓶のジャーの中へ入れてやることにより、走行距離を400キロ程度にまで伸ばすことができたというものです。

そして、これは多少古い97年、2年前のモーターショーで発表しているのですが、トヨタが出したメタノールを改質するタイプのRAV 4 L-EVという形で、この中に燃料電池及びバッテリー、そ

燃料電池自動車(FCV)



Daimler Chrysler NECAR 4
(液体水素, 1999年2月)

トヨタ RAV4L-EV
(メタノール, 1997年10月)



NEDO

して改質器、すべて載せております。RAV4はちょっと車体が高い車ですので、下のほうにバッテリー、燃料電池を入れたシステムです。

このメタノール車は走行距離が500キロぐらいまで出せるので、メタノールを使った場合にはメリットがあるのですが、先ほど申しましたように、改質器を積む関係上、走行距離は非常に短くなるということです。

こういった自動車業界はかなり開発は加速されてはいるのですが、現在ちょっとデータが出なくなってきております。この秋(1999年)、10月に東京モーターショーがある関係上、各社は発表を控えていらっしゃる点があり、最新のデータがなかなか入ってこなくなっております。多分、モーターショーで幾つかのプロトタイプ車の発表がなされると私どもは見ております。

時間の関係上、ちょっと割愛しますが、こういった燃料電池自動車の開発を各機関が進めておりますけれども、やはり一番問題なのは、燃料をどうするかということです(OHP30)。燃料に水素を使うということならば、メリットとしては、排出物質が水だけで、非常に環境によい。ゼロエミッションが可能だという利点がありますが、やはり水素を車に貯蔵するというのは非常に大きな問題です。高圧ガスのポンベにして積むのか、液体水

OHP30

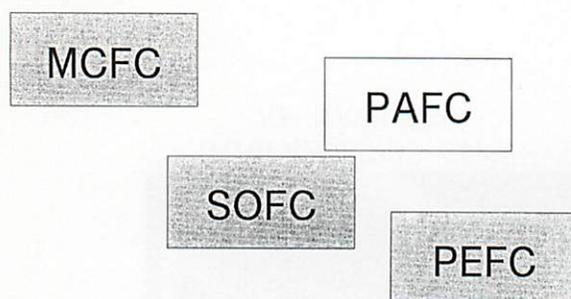
燃料電池自動車(FCV)の燃料問題

- 水素の場合
 - ゼロエミッションが可能(排出物質は水のみ)
 - 貯蔵方法
 - ┆ 高圧ガス 大容量水素ポンベ
 - ┆ 液体水素 超低温断熱タンク
 - ┆ 水素吸蔵合金 軽量の水素吸蔵合金の開発
 - 水素供給設備を新たに整備しなくてはならない
- 炭化水素(メタノール、ガソリンなど)の場合
 - 水素製造のための“改質装置”が必要(COの処理)
 - 燃料タンク、供給のインフラ整備が容易

素にするのか、水素吸蔵合金にするのか。どの方式を選んでも、非常に難しいわけですし、法的な整備も必要だと思っております。そして、一番のネックは、水素を燃料とする場合には、町中に水素の供給設備を新たにたづくっていかねばならないというインフラの問題が出てまいります。2003年、2004年に実用化を目指す自動車業界は言っておりますが、これをそれまでに整備するのは不可能に近い状況です。

それから、炭化水素、メタノール、ガソリンなどを使った場合は、インフラの整備というのは現行のガソリンスタンドを活用すればいいわけで、そんなに難しい問題ではありませんが、やはり車自体に水素製造のための改質装置を搭載する必要

今後の展望



があるということから車が複雑になる、重量が増える、そういった問題は出てくると思います。今後、こういった燃料問題というのが論議的的になってくるだろうと見ております。

本日、短い時間でしたが、4つの燃料電池(OHP31)の開発状況というものをご紹介させていただきました。最後に、今後、燃料電池はどうあるべきかということをご多少お話ししたいと思います。

先ほどもちょっと申したのですが、燃料電池実用化は、今、リン酸にしても、熔融炭酸塩型にしても、また固体高分子にしても、実用化を図りたいと思っているわけですが、なかなか実用化が進まないわけです。それは何が障壁になっているかということ(OHP32)、市場の障壁と技術的な問題点という2つに分けられますが、まずマーケットの問題があると思います。

燃料電池のコストが高いために導入が進まないということが言えると思いますが、導入が進まないがためにコストが下がらないという面もあって、鶏と卵の関係のようになっております。これはさらなる低コスト化に向けた技術開発を行う必要があると考えております。

また、高い信頼性がマーケットから望まれているのですが、リン酸については4万時間の運転ができたという場合もありますので、信頼性の確立に向けた実証をしていく必要があるでしょう。

そしてまた、これは、燃料電池を生産する企業にとっては新たな事業です。そのために生産体制整備ができていない、新たにやる必要があるということから、これも事業化のリスクが大きく、低コストに向けた生産体制の整備がなかなかできな

燃料電池実用化の障壁と課題

✧市場障壁

- ！コストが高いために導入が進まない → 低コスト化
- ！高い信頼性が望まれる → 信頼性の確立
- ！生産体制整備が必要 → 事業化リスク大
- ！日本の電力系統の供給信頼性が大きい → 分散型の導入難

✧技術開発の困難性

- ！新技術でありアメリカでの過去の技術的蓄積が活かしにくい
- ！既存システムの部分改良ではなく燃料電池に適した新たなシステムコンセプトの構築が必要
- ！開発に時間と資金が必要で開発リスク大

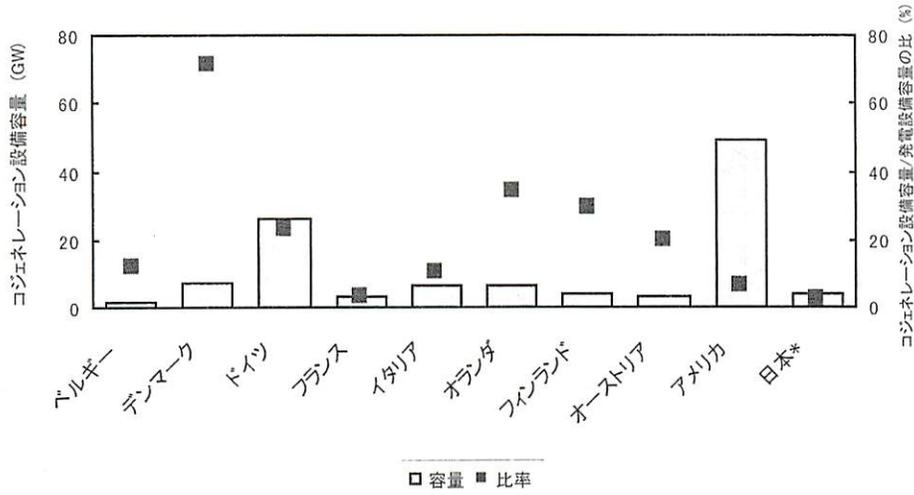
いでいるということがあります。

また、燃料電池は、大きなものを最初からつくるわけにはいきませんので、ある程度小さい分散型のようなもので導入したい、普及を図りたい、そして信頼性を確立したいと思っているわけですが、日本は電力系統の供給の信頼性が高いということから、なかなか分散型というものを受け入れにくい電力系統システムになっております。その点、アメリカ等諸外国は、意外と電力系統の信頼性が低いがために、端末に燃料電池等のコージェネや分散型を入れますと、供給信頼性がぐっと上がるという場合もあります。日本とアメリカのそういう差が出ているわけですが、こういったものが問題です。

あと、技術開発の困難性というのもありますが、やはり、先ほど申しましたけれども、新技術であるために技術的な蓄積が生かしにくいとか、新しい開発ですので、資金と時間が非常にかかっている、開発リスクが大きいというような問題もあるわけです。

OHP33は、コージェネレーションが発電整備に占める割合がどれぐらいかというものを表したのですが、ドイツとかオランダ、フィンランド、デンマーク等は、「■」で示しておりますけれども、意外と発電容量に占めるコージェネレーションの比率というのは高くなっております。それに対して日本は、コージェネレーションの比率が非常に低く、2%ほどしかありません。アメリカは意外と、比率は低いのですが、コージェネレーションの設備容量としてはあるわけです。ですから、アメリカは、意外と小さいクラスでの燃料電

主要国のコジェネレーション発電設備 (出典: コージェンヨーロッパ97総会資料 *：日本を除く)



池というか、コジェネレーションを必要としている市場です。それに対して日本というのは、小さいコジェネレーションマーケットがほとんどないということであらわしており、こういった、ない部分を目指して燃料電池を売ろうと思っても、なかなか売れるものではない。最近、ガスタービンとかガスエンジンとか、コジェネレーションのシステムが非常に安くなってきております。燃料電池がキロワット40万円としても、比べ物にならないほど非常に値段が安いわけです。

その中で価格競争に打ち勝とうと思ってももう無理だというのは、はっきりわかるわけでして、将来、燃料電池の実用化に向けて障壁を克服するためにどうしたらいいかということ (OHP34)、今申しましたように、日本のコジェネレーションの分散市場は規模が小さいということから、ここで燃料電池の普及を図るとするのは無理に近いと思っております。ですから、マーケットの大きい他の市場、電気事業、自動車に採用される、こういったものが不可欠だろうと見ております。

ただし、電気事業、自動車もそうですけれども、信頼性というものは非常に重要となってきます。あと、電気事業は大型化というのが不可欠ですが、大型化するためには非常に多大な開発資金、時間が必要だということから、今までのような研究開発を進めてはいけないうらと見ておりま

OHP34

実用化障壁の克服

◆先導的市場の形成等

■ コージェネレーション・分散市場は規模小

→ 他の市場(電気事業、自動車)が必要

■ 電気事業では大型化が不可欠

(要 多大の開発資金、時間)

→ 新しい開発コンセプト、国際協力による開発コスト低減

す。特に今、電気事業用に開発を進めております溶融炭酸塩型燃料電池、こういったものに対しては、やはり新しい開発コンセプトですとか、国際協力によって開発コストをいかに下げて、いかに早くいいものをつくっていくかということが私どもに望まれているものと思っております。

多少話が雑多になって申しわけございませんけれども、このように燃料電池は各方式ともに技術の成果というのは着実に上がってきておりますが、なかなかマーケットが見えないという問題点、壁に今ぶち当たっているわけです。やはり低コスト化、高信頼性化に向けた技術開発を今後もなお一層進めていく必要があるだろうと見ております。皆様方のご支援、ご教授をよろしくお願ひしたいと思っている次第でございます。

ご清聴、どうもありがとうございました。(拍手)

司会 どうもありがとうございました。

軽食の準備をしておりますので、その間、少し質疑の時間を持たせていただきます。

それでは、司会者のほうから、皮切りに質問したいと思いますが、さっきお話しいただいた固体高分子膜ですね、あれが最近非常に話題を呼んでおまして、場合によってはあれがかなり普及して、リン酸とか溶融炭酸塩の燃料電池はもう出ないのではないかというような話もありますけれども、その辺の見通しはどのようなのでしょうか。

中山 やはり、どういう使い方をするかというユーザーからの選択になってくると思います。固体高分子型は、先ほど申しましたように運転温度は80℃という条件ですので、60℃から70℃のお湯の供給は可能ですが、蒸気としての供給はできなくなるわけです。そうしますと、今、工場等で分散型のコジェネレーションで使う場合、蒸気を必要としているユーザーもかなりいるわけでして、そういったところには、PEFC（固体高分子型）というのは適さなくて、やはりリン酸を中心としたシステムになってくるだろう。また、溶融炭酸塩型は600℃という高い温度で運転しております。そういったことから、高い熱エネルギーも回収でき、コンバインド化することにより、複合発電によって高効率化というものが可能になるわけです。将来的に固体高分子型を電気事業の火力代替として使うというのは、効率の面でちょっと無理があるだろうと見ております。

司会 使うとすれば家庭用ですね。

中山 さようでございます。

司会 ありがとうございます。

安富重文 冒頭に、200キロクラスのもので4万時間ぐらいの実例があると。外国に比べると少ないのだと思いますけれども、これは何例ぐらいあるのでしょうか。

中山 やはり4万時間動かすとなりますと、年間8,000時間の運転で、5年間は必要です。今、リン酸型の運転が行われているのが、日本とアメリカを中心地としておまして、ヨーロッパ系ではあまり台数は出ておりません。特に長時間運転

をなさっておりますのは日本の例が多うございます。

司会 実例というのは東京ですか。

中山 ええ、東京、大阪、ともにごございます。幾つか例はもう出てきております。

安富 実は私どもの関係施設でも、4万時間を超したものがあります。

司会 ありがとうございます。

柏木 保（会員代理） きょう、お話を承りながら、今すぐということでは使えないわけですが、私どもがちょっと応用を考えておりましたのは、山間へき地のテレメーターの発信地点で電力がどうしても必要になるのに、太陽電池等をいろいろやっているのですけれども、もしこういうものが一三洋さんでやっていらっしゃる家庭用の小さなもので十分なのですから、応用で設置できると思いますか、設置して運転する可能性といたしますか、それは多分あるのだろうと思うのですが、そのときに、無人のところ、ある周期でもってデータを送る、あるいは、何かデータが発生して、送る必要があるときに発電をするというようなことでもいいわけなのですが、何か補助のスターターですか、そういった何かが必要んじゃないかという気がしています。その辺の見通しといたしますか、いかがなものでしょうか。

中山 これはNEDOの、国の事業とは別にNTTさんのほうで、やはり非常用電源といたしますか、山間部でのテレメーターでの電源システム、こういったものに燃料電池が適用できないかということで、今、開発をご検討なさっておられます。その場合にしましても、まず、メンテナンスフリー、無人・遠隔操作の稼働というものを前提とした開発を進めているというふうに私どもは伺っております。

それもそんなに難しい問題ではないだろうとは思っておりますが、ただ、燃料の供給に対しましては、やはりメンテナンスが必要です。

柏木 ありがとうございます。

司会 では、休憩の後、また質疑を続けたいと思います。

— 休 憩 —

司会 質疑を再開させていただきます。ご質問

がおありの方。どうぞ。

得田与和 あまりにも初歩的な質問なので、一番先に質問させていただきたいと思います。

効率40%云々というようなお話がございました。熱機関に慣れている者にとって、40%という計算の仕方は、何か燃料部分の分子式から計算した、あるべき理論値と出力電力との比なのでしょうか。

それから、おそらく全効率は改質部分と反応部分と交換部分とに分解できるでしょうが、どこが一番問題点で、今後の可能性はどうか—おそらく反応部分かな—とも思ったりもしているのですが、その2点を教えていただきたいと思います。

中山 効率の計算の方法と申しますのは、やはり導入します燃料の持つエネルギー、これを100とするわけです。また、電気等の補足的な、外部から導入している入熱、そういったものがある場合には、それを合わせた額を100とするわけですが、最終的に電気として取り出せる量、それが分子になります。ですから、入れた熱量に対して出てくる電気エネルギー、その効率が40%ということで、また、それを熱として取り出した分まで換算すれば、もうちょっと熱効率は向上できるわけです。熱を有効的に使うということをしてまいりますと、最終的なエネルギー効率としては70%程度まで上昇できるというふうに見ております。70から75ぐらいですか。

一番ロスが多いというのは、やはり熱で放出する分です。蒸気として活用できなかった分を冷却水等によって出してしまう、反応に伴って発生した熱をそのまま捨ててしまうという形になると、その分小さくなるわけです。

司会 どうもありがとうございました。

市川建美 (エネルギー専門委員) 燃料のことをお伺いしたいのですが、やはり水素というのは、多分、燃料電池にとっては一番好ましい燃料けれども、普及が難しかろうということだと思のですが、その普及を広めていく上では、この燃料が好ましいというようなものはあるのでしょうか。

中山 非常に難しいご質問だと思います。(笑)
自動車用の燃料として限定して考える場合に

は、やはり液体燃料が使いやすいだろうなと思っております。日本では今、燃料としてメタノールというものを中心に研究開発を進めておりますけれども、ほかにも、炭化水素系のもので結構なわけですが、アメリカでは意外と、メタノールだけではなくに、研究開発の中心はガソリンです。ガソリンをいかに改質するかということアメリカは中心にしております。その背景としましては、これは私の憶測も含むわけですが、やはりインフラが非常に楽だ、現行のインフラが使えるという点もあります。ただ、一番強いのはメジャーの影響ではないかということも言えると思います。

ただし、ガソリンを改質して使うとなりますと、ご存じのように、ガソリンはパラフィン系炭化水素ですので、改質するのに非常にエネルギーが要るわけです。また、ガソリンの中に含まれている不純物、こういったものがどう影響するのか、非常に難しい技術です。

まずは、メタノールというものを改質してやる方法が、電池の改質技術にとっては楽な方式です。まずは、そこら辺のシステムを確立していこうというのが日本のスタンスですが、アメリカのほうでは、ガソリンというものを主体にしております関係上、将来的に、まず第1号機をガソリン車で出してしまうと、ほかもみんなガソリンにならざるを得ないというような状況も出てくると思います。ですから、やはり早く技術をつくり上げたところが勝ちなのかなという感想も持っております。

司会 そのほかに。どうぞ。

森 英夫 最後のところで、コジェネは難しく、電気事業か自動車というようなマーケットが欲しいと。電気事業はなかなか難しいと思うんですね。自動車と家庭あたりを考えてどうなのだろうか。自動車関係の方はきょうお見えになっているのかもしれませんが、多分、中には自動車は無理だと言う方もおられると思うんです。だから、一番の問題は重さですね。重いのでだめだ、それなら家庭に置いたほうが良いと。

家庭の場合、さっき絵でかかれた、80℃で出てきて60℃を使えるというのは、給湯は無理じゃないですか。給湯は多分80℃ぐらいにしない

と。これは私は専門でないのでわからないのですが、暖房には使えると思いますが、給湯はやっぱ80℃ぐらいのお湯がないといけないのではないか。

中山 さようでございます。

森 家庭も、給湯はまた別にガスでもたくということになり、自動車も重くてというと、そのどちらでも、今後の見通しとしてはそうやすやすと……。

中山 やはり燃料電池のコストを勘案しますと、家庭用システムとして市場に導入できるコストは幾らぐらいかなと思いますと、キロワット当たり10万円から15万円、最高額でもそれぐらいでなければ一般に普及していかないだろうと見ております。10万から15万は、かなり難しいといえは難しい値段です。PEFC（固体高分子型）に対してもですね。また、それをさらに落とすということになりますと、莫大なマーケットがない限りコストは下がらないわけで、そうしますと、家庭用というマーケットというのはそんなに大きくはない。まずは、やはり現在のガス給湯器にしても、電気温水器にしても、かなりお安いわけで、燃料電池を打ち出すためにキロワット10万円を切るようなシステムをつくらうとしますと、かなり莫大なマーケットによったコストダウン効果がないとだめだと思っております。

そうしますと、やはり自動車用に、非常に大きなマーケットがありますので、そこで普及しない限りコストは下がらない。自動車に載せるとしますと、また、コストはどれぐらいにならないかということがございまして、家庭用に比べまして、また10分の1以下にしなければならぬというような意見もございまして。(笑)

現行のガソリン車は、大体2,000ccクラスぐらいですと、ざっと1台について、エンジン価格で15万円程度だと。私が聞いた範囲ですけれども、200数十万円の車でも、エンジン価格というのは15万円。そうしますと、それに見合う燃料電池システムとしましては、キロワット当たり1万円から5,000円。アメリカでも100ドルとか50ドルとか、そういう額なんです。ですから、そういった信じられないようなコストダウン、それを生み出せる

のはもう自動車しかないわけです。

ただ、それはいかに台数を売って、莫大なマーケットによってコストダウンをするかとなりますと、燃料電池の生産体制というものが全く変わるわけですし、そういった方向でのマーケットが開ければ、家庭用システムというものも、現実として、そちらからのフィードバックが来るだろうと見ております。家庭用から自動車用に発展することはないだろうと見ております。

森 自動車の方は、ここにおられるのかどうかかわからないですが、自動車の専門家の方で、自動車用が無理だから家庭用だと言う方がおられるわけです。(笑) 要するに、普通の常識で言うと重過ぎる。だから、ここでいろいろな政策的な措置がありますと、太陽電池のように何分の一補助するとか、いろいろな制度でやっていくというようなことが—それ自体、またどういうことになるかというシナリオがないといけないと思うのですが。10年、政策的に補助すれば軌道に乗るといような見通しがつけばいいのですけれども、通産省はそんな見通しなしにやりますから、もう勝手にやればいいと思うのですけれども、要するにデモンストレーションの期間というのがどのぐらいで、どういう政策で、何年ぐらい必要かというような研究をやられないと、普通のマーケットメカニズムでいくというのはちょっと考えられないわけですね。

中山 さようでございますね。各自動車メーカーさんは今、2003年から2005年をターゲットに開発をするということを新聞で多々発表していらっしゃるわけです。これはご存じのように、ロサンゼルス規制に絡んで、それぐらいのターゲットという対外的な発表なのですが、実際、それまでに自動車が進むようになるかといったら、これはかなり難しいと思っております。やはり世間に普及する時期としましては、2010年ごろ、まあ2003年から2005年ごろと申しますと、プロトタイプ車が何台かでき、そして、官公庁のごみ収集車ですとか、バスですとか、あとは公用車ですね、そういったところに徐々に採用されて、そして信頼性が、システムはどうなるか、安全性はどうか、標準化をどうするか、そういったものが検討されて

いって、やはり一般の車として普及してくるのは2010年度ぐらいではないだろうかという勝手なタイムスケジュールはつくっておりますけれども、やはりかなり難しいと思っております。

司会 そのほか、ございますでしょうか。

小高康邦 今のお話にも関連してくるんですけども、私は素人でよくわからないので、むちゃな質問かもしれませんが、教えていただければと思います。

先ほどご説明がありましたように、コストの問題ですが、通常このコストというのは、いわゆるランニングコストと、それから設備としてのコストと両方あるだろうと思います。むしろ商業的な計算をするときは、設備としてのコストというのは減価償却をどのくらいで見込んだらいいかということになってくると思います。自動車の場合には、この設備的なコストという意味が、自動車を実際に使っている人たちが何年ぐらい使うかということで、比較的短いと思います。ところが、住宅に使う場合は、これはわりあい長い。

中山 さようでございますね。

小高 それで、今このコストの中というのはどういうふうに分解されるか。もし原料でもってそういうものが高いのであれば、これは逆に、国によっては輸入してくる原料だとか、そういうものでそれぞれまちまちになる。したがって、日本みたいな高コスト体質の社会では、この辺のコストの分析をどういうふうにするかによって、やり方がだいぶ変わってくるのではないかと、思います。教えていただければと思います。

中山 非常に難しい問題で、(笑)私、ちょっと直接お答えできない部分が多うございますが、やはりご指摘のとおり、自動車ですと、かなり耐用年数といいますか、長時間の信頼性、これは短くていいと。燃料電池で言いますと、5,000時間とか1万時間程度動く電池があれば十分実用化できるだろうと見ております。しかし、家庭用になりますと、かなり長時間の信頼性というものが必要になってくる。キロワット当たり15万円、10万円……、まだ幾らになりますかはあれですが、15万円にしましても、10年はもってほしいわけですね。やはりご家庭の主婦の方が温水器が壊れた

とって取りかえるのは、10年以内で壊れていたら庶民としては成り立たないわけですし、やはり最低でも10年は必要である。そうしますと、10年ごとの交換と申しましても、家庭用にしても8,000時間が10年で8万時間もつか。そういうわけではございません。家庭用でも、その何分の1かの数万時間、まあ3万時間とか4万時間なら10年間ぐらいの稼働時間になってくると思います。ですから、電気事業用のような長時間の信頼性というのは必要ないわけですが、それでもやはり数万時間の長期安定性というのは必要でして、また10年間たつて、性能が悪くなったから交換するといったとき、中に入っております部材、これをいかにリサイクルするか、そういったところも必要になってくるだろうと思っております。やはり触媒等に白金、そのほかの貴金属を使っておりますし、そういった活用できる部分を回収いたしまして、リサイクルをすることによって低コスト化を、また資源を軽減する、還元するということもシステム化する必要があると思っております。

現段階では、電池自体の開発というものを主眼に置いておまして、今のところ、リサイクルという問題の研究開発というのはまだ着手されておりませんが、至近年にそういった研究開発も必要だろうと見ております。

小高 ありがとうございます。今のお答えですと、いわゆるコストとおっしゃっているのは、燃料を含まないコストなんですか。

中山 さようでございます。

小高 どうもありがとうございます。

司会 そのほかにも。どうぞ。

安富 つい最近の新聞で、各電力会社あるいはガス会社でこれを住宅、要するに立地の分散化ということで発表されましたね。そういうことであれば、これは各個人が住宅にそんなに負担することはないのではないのでしょうか、分散化ということがメインであれば。その辺はどういうふうに…

中山 分散化といいましても、かなりいろいろなお考えがあると思います。燃料電池は、先ほど申しましたように、環境に優しい、騒音・振動も少のうございますので、都市近郊もしくは都市

の中に置けるというメリットがございまして、変電所の跡地ですとか、ビルの一角、工場の一角、そういったところに置いていくことも可能です。

ただ、先ほど申しましたように、日本の電気系統の信頼性が高いということから、そういったところに小型の発電装置をぶら下げることによって、系統自体、その信頼性が落ちるということもあり得ます。ですから、今後、燃料電池開発はそういった用途もありますので、違う分野ですけれども、系統の信頼性を、そういうものをぶら下げたときにいかに上げていくかという研究開発の検討も必要ではないかと思っております。これは尾出先生の分野でもございまして、いろいろな多角的な面からそういった検討も必要ではないか、電気事業というものの中で見ていただきたいと思っております。

司会 今、電気事業でこれをどう考えるかというような話が出ましたけれども、桜井さん、何かございましてでしょうか。ご質問でも、あるいはご意見でもよろしいですけれども。

桜井武一 私自身はあまり専門ではないのですが、最近これは非常に話題になっておりまして、この燃料電池と、それからマイクロタービンとがございまして、特にこれはアメリカなんかで、アライドシグナル社を中心にしまして、非常にこういうものを宣伝している。燃料電池のほうは、今お話しのように、キロワット当たりのコストが高いのですが、アライドシグナルなんかでやっておりますマイクロタービンのほうは、キロワットで大体5万円から10万円、効率も大体30%、対応時間のほうも4万時間ぐらいというようなことで非常に宣伝してまして、電力会社も、アメリカの場合は今、自由化で、いろいろ送電線や何かをつくるに際しまして、果たしてそういうものの回収ができるかどうかというようなことで、送電線をつくる人がいないことがございまして、その分散電源でやればビル会社は送電線をつくらなくて済むとかということで、電力会社のほうも分散電源にかなり力を入れている面があるのではないかという感じがいたします。

そういうことで、私も電気事業としましても、アメリカとかヨーロッパの動きにやはり敏感に反

応しなければいけない時期に来ておりますので、試しにこういった小さな容量の燃料電池ですとか、あるいはマイクロタービンを置いてみて、少しテストしてみようかということ最近考えている最中です。

質問は、そういうマイクロタービンと比べて固体高分子の燃料電池はどういう利害得失があるのか、ちょっと教えていただけたらと思います。

中山 やはり、今ご指摘のありましたアライドシグナル社を初めとして欧米のメーカーは、最近、マイクロガスタービンという小型のガスタービンの販売にかなり力を入れてきております。ご指摘のように、キロワット当たり10万円を切るというコストで商品を出してきているわけですが、やはり燃料電池と比べました場合に言えることは、環境性の問題でございまして、NO_xはほとんど出ません。SO_xはもちろんですけれども、騒音が出ない、振動が出ないという利点もございまして。そういった付加価値の高い、環境に優しい発電システム、これは都市では十分メリットがあるので、マイクロガスタービンでは環境問題がなかなかクリアできないと思いますので、燃料電池の優位性というのはかなりあると思っております。

司会 どうもありがとうございました。

武下拓夫 本題から外れているかもわかりませんが、なぜ日本でコジェネのマーケットが小さいのでしょうか。ちょっとわからないんですけども。

中山 これは私も専門外なのでよくわかりませんが、やはり日本の電力会社がすばらしいんじゃないでしょうか。(笑) 供給システムがしっかりしておりますし、どんなところでも電気は行っていると。アメリカみたいな広大な土地に、要は送電線を引っ張るとコストがかなりかかわるわけですね。それに比べますと、日本はありとあらゆるところに質のいい電気が入っているわけです。まず停電はございませぬし、サイクルも安定している電気が、9電力さんを初めとしてかなり信頼性の高いものができているからだと思います。

司会 よろしゅうございますか、それで。(笑)

原 禎一 自動車に関連して考えますと、水素を使った燃料電池である限りは、どうしても競争力

が出てこないように思うんです。というのは、高圧で自分あるいは水素を蓄えるものでやるとしても、どうしても自動車は重くなるし、そういうことから、とても競争力がでてこない。特にメタノールを使って改質すると、改質装置が要るわけです。これもそんなに軽いものではできそうにない。場合によっては、メタノールをじかに内燃機関でやったほうがずっと競争力があるのではないかと、そういうふうにも思うんです。そういう意味で、どうも水素に頼っている限りは燃料電池も自動車には使えそうにない。これは私の単純な結論なのですが。

そうしますと、水素以外で直接燃料電池にできる方法という可能性が別にあるのでしょうか。

中山 その点につきましてお答えしたいと思いますが、今は、先ほど申しましたように、メタノールを使う場合には、電池に入れる前に、あらかじめ水素をつくって、それを燃料電池に入れる。車の中でそういうシステムになっております。今、基礎研究ですけれども、メタノールを直接電池に入れて、その電池の中で水素をつくり、発電を行う。1回でやってしまうという、ダイレクトメタノール(DMFC)というタイプでございますが、その燃料電池の研究も、基礎研究ですが着手しております。

幾つかの大学とか民間企業においても開発を進めているのですが、かなり難しい技術です。まず、どこが難しいかと申しますと、やはり改質するための触媒、これを電池に入れておりますので、電池の温度が高くなるわけです。今、80℃ぐらいで運転しているわけですが、どうしても百数十℃—140℃とか、最低でもそれぐらいまで温度を上げてやらなければならない。そうしますと、先ほど写真でお見せしました分離膜、ポリマーの膜なのですが、あれがもたないわけです。温度に対して非常に弱いものでして、その膜が問題です。その膜をつくらなければならない。また、触媒も長時間安定していなければならないのに対して、まだそこまで研究が進んでおりません。

ですけれども、そういった、より小型化、よりシンプル化に向けた高性能な電池の研究開発は進められておりますので、まずはPEFCという外

部で改質するタイプ、これがシステム上ある程度成り立つということで、でき上がってから、次の新しい技術としてそういった新しい電池のタイプが出てくるのではないかと考えております。

司会 そのほかにございますか。

松木正勝 私はガスタービンをやっているわけですが、今のマイクロガスタービンの話で、要するに、燃料電池というものは非常に有効だと私は思っているのですけれども、燃料電池というのは燃料を使うわけだから、普通のエンジンを使うよりも効率がよくなければ意味がないわけです。大体そういう目的でやっているわけでしょう。

中山 さようでございます。

松木 効率がいいというのは燃料代が少なくて済むというようなことですね。だから、例えばメタノールを使うのなら、メタノールがガソリンより安くなければだめで、メタノールは合成してつくるから、ガソリンより高いわけですね。

中山 さようでございますね。

松木 だから、やっぱりガソリンでやらなければだめだということになる。(笑)

それから、このガスタービンで、コンバインドサイクルで、東電さんなんかでやっているのは、ガスタービン、蒸気タービンのコンバインドでみんな55%以上の効率にできていますから、少なくとも燃料電池は60%はなければ対抗できないわけです。しかも、その燃料は、今後は天然ガスだから、同じ天然ガスでいいけれども、それで60%以上なら、5%はよくなります。ところが、そうすると、コンバインドのほうの値段がキロワット20万円ならば、それより安くなければだめで。そういうことが1つ。だけど、その可能性があるわけですね。60%ぐらい可能性があるから、私は燃料電池は有効だと思います。

それから、自動車のほうというのと、自動車は今、10—15モードで、1リットルで10キロいくとかいえないとか言っているわけです。だから、それを30キロぐらいにしたいと。どうやったら30キロにいくかという、プリウスのハイブリッドにしても28キロなんですね。ディーゼルハイブリッドにすれば30キロいくだろうと言っているのですが、熱効率でいくと、やはりそういう計算をしても30

キロいかないんですね。自動車は部分負荷の時間が多から。だけど、燃料電池だと、いくら悪くても熱効率は30から40%近くもいくわけです。だから、ディーゼルハイブリッドにも対抗できるぐらいのものであって、かつ値段がやはりキロワット5,000円とか1万円ぐらいにできなければ。結局は、効率がいいとか何とか言っても、燃料が少なければ安く済むということと、だから、イニシアルが安くなければ何もならないわけなので。性能も大切だけれども、性能とともに、やっぱりそのコストダウン、イニシアルのコストダウンというものの研究を非常にやらないと。それらは量産だから、自動車のように量産しなければうまくいかない、それも確かにあるのですけれども、本質的なことを考えながらやっていかねばいけないのではないかと。

それで、高分子膜のものは、平方センチメートル当たり0.5アンペアぐらいとれているわけです。だから、コンパクトにできる可能性はあるわけです。聞くところによると、このブレークスルーができたから、ベンツあたりはもうできるのだと言っているという。非常にコンパクトなもの。現実に、モーターショーに持ってきたものはこれぐらいの大きさに100馬力ぐらい出ると言っているわけです。

だから、そこら辺が非常に僕は心配というか、その辺をもっと情報をよくえて、それに対抗できることをやっていかないと、ある日突然、ガッといいいものができてしまって、全くやられてしまうということが起きてくると思うので、今の普通のお話は非常に常識的な話でわかるのですが、ぜひ、もっとその本質的なところでブレークスルーのような新しいものでつまりこれは、あるところで聞くと、トランジスタができたというのが膜ができたということと同じだと、ところが、ICができたということは、トランジスタをICにしてLSIにしたという、その技術と同じようなやり方。膜はあるのだけれども、それをいかにコンパクトにして、それを扱えるものにしたかということに何かあったのだという話をちょっと聞きまして、そういうことだとすると非常に危ないから、このようなことをやっていらっしゃる方、そういう情報

も入れて、ぜひ……。

どっちにしたって炭酸ガスは出るのですから、炭酸ガス問題としては、ただ効率がよくなって炭酸ガスが減るということだけというか、しようがないけれども、将来は太陽エネルギーとかそういうことで再生可能エネルギーでいくんですけれども、そのつなぎとしてはどうしても要るものですから、ぜひこの燃料電池のそういうことを考慮して進めていていただきたいと思います。

中山 ご指摘のとおり、やはりコストダウン、それはマーケットだけ望んでいる問題ではなしに、革新的な技術的なブレークスルー、低コストに向けた技術的なブレークスルーが必要でございまして、そういった研究開発も今後必要であろうと。実用化を目指すためには、そのキーになる研究だと思っております。

司会 ご質問がないようでしたら、時間になりましたので、これで談話サロンを終了させていただきます。

中山さん、どうもありがとうございました。

中山 本日はどうもありがとうございました。

(拍手)

1999年10月20日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-5-1

新丸ビル4-007

TEL : (03) 3211-2441

FAX : (03) 3211-2443