

第 一 編

バイオマス資源の有効利用に資する 燃料電池活用戦略

1. 燃料電池活用システムの開発及び利用の動向

(1) 燃料電池とは

1) 燃料電池の基本原理及び特長

燃料電池は、燃料（水素）を外部から供給し、酸化剤（主に空気中からの酸素）を化学的に反応させて、その反応エネルギーを電気として直接取り出す発電装置である。基本的には、電解質¹とこれをはさむ二つの電極から構成され、二つの電極にそれぞれ水素と酸素を送り、電気化学的反応を起こして直流の電力を作り出す。燃料電池の主な特長として、以下の四点を挙げることができる。

高い発電効率

従来のがスエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービン等の内燃機関のように、燃料を燃焼させ熱に変換した後、動力や電気に変換するのではなく、化学反応を利用して直接電気を取り出すため、より高い発電効率が可能となる。

環境負荷低減効果

従来のがスエンジン等の燃焼過程で生じる NO_x 、 SO_x 、PM等の大気汚染物質はほとんど排出しない。化石燃料の改質により水素を取り出す際には CO_2 が発生するが、エネルギー効率が高いため、少ない燃料で同量のエネルギーが得られ、その分 CO_2 排出を低減できる。さらに、燃料電池の基本原理は化学反応であるため、騒音や振動が少ない。

燃料の多様性

燃料電池の燃料である水素は、都市ガス、LPG、メタノール、ナフサ、灯油等の多様な燃料から得ることができ、さらに、風力発電や太陽光発電、バイオマス資源等の再生可能エネルギーからも得ることができる。

分散型電源としての可能性

燃料電池は、分散型電源として利用することができ、その場合には、コージェネレーションによる排熱利用、送電によるエネルギー損失の低減、災害時のバックアップ電源としての効果等が期待できる。今後、高齢化社会を迎える中で、扱いがより容易な電気製品の需要が増す等、家庭レベルのエネルギー需要が熱需要中心から電力需要中心へと移行していく可能性があり、このような変化への対応においても、従来のがスエンジンに比べて高い発電効率を可能とする燃料電池の役割が期待される。

¹イオン伝導を行う物質。

現時点では、燃料電池は、種類によって既に商用化されているものや近年急速に開発が進み、限定的な市場導入が開始されつつあるものもあるが、今も開発・実証途上の段階にある。一方、既に実用化されているガスエンジン、ディーゼルエンジン等の内燃機関において発電効率等の面で高い性能を有するものも開発されている。しかし、上記のような、従来型内燃機関にはない燃料電池の様々な特長を総合的に勘案した場合、その技術開発が着実に進めば、燃料電池がより優れた技術としての可能性を有しており、その意味からも、可能な限り早期の実用化に向けた技術開発、導入・普及の促進が求められている。

2) 燃料電池の種類

燃料電池の種類は、電解質の種類により分類される。主要なものとして、現在、商用化段階にあるりん酸形燃料電池、家庭用・自動車用として限定市場導入の段階を迎えつつある固体高分子形燃料電池、研究開発から実証段階にある熔融炭酸塩形燃料電池及び固体酸化物形燃料電池、宇宙用等の特殊用途が想定されるアルカリ水溶液形燃料電池、ノートパソコン等の携帯機器電源用として急速に開発が進み始めたダイレクトメタノール形燃料電池等がある。各燃料電池の特徴、開発動向の概要を表 1-1 に示す。

表 1-1 に挙げた燃料電池の中で、近年、飛躍的に性能が向上し、注目を浴びているのが固体高分子形燃料電池である。固体高分子形燃料電池は、高効率という従来からの燃料電池の特性に加え、小型化、低温作動が可能となり、これによって自動車への搭載が可能となるなど、定置用以外にも用途が拡大し、その実用化に対して急速に期待が高まっている。したがって、ここでは、まず、固体高分子形燃料電池の特徴や家庭用・自動車用としての開発動向、課題、今後の方向性に焦点をあてた整理を行う。また、その他の燃料電池の開発動向、今後の方向性等についても整理を行う（アルカリ水溶液形燃料電池については、現段階では、宇宙、海洋、軍事等の特殊用途に限定されることから、ここでは対象としていない）。

表 1-1 燃料電池の各タイプの特徴、開発動向の概要

種類 項目	りん酸形燃料電池 (PAFC)	固体高分子形燃料電池 (PEFC)	熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)	固体酸化物形燃料電池 (SOFC)	アルカリ水溶液形燃料電池 (AFC)	ダイレクトメタノール形 燃料電池 (DMFC)
電解質	りん酸	イオン交換膜	炭酸リチウム 炭酸カリウム	安定化ジルコニア	水酸化カリウム	イオン交換膜
燃料	水素	水素	水素、一酸化炭素	水素、一酸化炭素	水素	メタノール
原燃料	天然ガス、メタノール LPG、ナフサ	天然ガス、メタノール LPG、ナフサ	天然ガス、メタノール、 ナフサ、石炭ガス化ガス	天然ガス、メタノール、 ナフサ、石炭ガス化ガス	水素	メタノール
作動温度	160～210	60～80	600～700	750～1,000	5～240	5～150
発電効率 (HHV ²)	35～45%	35～45%	45～60%	50～60%	35～45%	-
総合効率 (HHV)	70～80%	70～80%	70～80%	70～80%	70～80%	-
排熱利用	温水、蒸気	温水	ガスタービン 蒸気タービン	ガスタービン 蒸気タービン	温水、蒸気	温水
用途分野	オンサイト分散電源	家庭用、自動車用 オンサイト分散電源	分散電源、大容量発電	小型～大容量発電	海洋、宇宙、軍専用	携帯電話等の携帯機器用、 自動車用
主な特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、最も開発が進んでおり、商用化の段階に入っている。 ・排熱を給湯、冷暖房等に使うことができ、広い分野でのコージェネレーションシステムとして利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・低温で作動し、小容量で高い出力密度が得られること、構成材料が全て固体であり、振動に強いこと等から、自動車用、可搬用に適している。 ・排熱を給湯等に使うことができ、家庭用等のコージェネレーションシステムとして利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温作動の燃料電池で、高い発電効率が期待でき、大容量の発電設備として適している。 ・排熱を複合発電システムに利用できる。 ・燃料の内部改質が可能である。 ・将来、資源量の多い石炭をガス化して燃料として活用することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温作動の燃料電池で、高い発電効率が期待でき、小型から大容量までの発電設備として適している。 ・排熱を複合発電システムに利用できる。 ・燃料の内部改質が可能である。 ・将来、資源量の多い石炭をガス化して燃料として活用することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・100 以下の低温でも作動し、発電効率や出力密度が高いが、現段階では海洋、宇宙、軍事等の特殊用途に限定される。 ・多様な電極材料が使用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PEFC の一種であるが、メタノールを燃料として直接反応させるため、改質器が不要であり、小型化が可能である。 ・小型化することにより、二次電池に代わる低出力の超小型・携帯用電源として期待されている。
開発推進団体・企業	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、ONSI / 東芝、富士電機、三菱電機 等	トヨタ自動車、本田技研工業、松下電器産業、三洋電機、荏原バロード 等	NEDO、MCFC 研究組合、日立製作所、IHI、三菱電機 等	NEDO / 工業技術院、東陶機器、中部電力、東京ガス、電力中央研究所、ファインセラミックセンター 等		NEDO、日本自動車研究所、NEC、日立製作所、東芝 等

出典：燃料電池講習会テキスト 1999 7 固体高分子型燃料電池 (PEFC) - 基礎から実用まで - (1999.10) 燃料電池開発情報センター
 燃料電池導入ガイドブック (2000.3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 燃料電池開発情報センター
 燃料電池講習会テキスト 2001 9 燃料電池の基礎講座 (2001.6) 燃料電池開発情報センター
 燃料電池の開発と環境 「地球環境と科学技術」第9回講義資料 (2002.6) 金子彰一
 燃料電池 Vol.1 No.1 (2001.7) 燃料電池開発情報センター
 燃料電池 Vol.2 No.1 (2002.7) 燃料電池開発情報センター

² 高位発熱量基準。燃焼ガス中の水蒸気の蒸発潜熱も有効な熱量として勘定したもの。これに対し、LHV (低位発熱量基準) は蒸発潜熱を加算しない。従って、発電効率は高位発熱量基準の方が低位発熱量基準より低い値になる。

種類 項目	りん酸形燃料電池 (PAFC)	固体高分子形燃料電池 (PEFC)	溶融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)	固体酸化物形燃料電池 (SOFC)	アルカリ水溶液形燃料電池 (AFC)	ダイレクトメタノール形 燃料電池 (DMFC)
開発・普及状況	<p><商用化段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 1980年代より開発が本格化し、東芝が200kW級、富士電気が50～100kW級を開発している。技術的にはほぼ完成しており、商用化段階にある。 国内では、これまで民生業務用、産業用として50～200kW容量のプラントを中心に導入が進み、累積193台、稼働中69台となっている(2002年3月現在)。 電力は系統連系で施設の一般負荷に、排熱は冷暖房、給湯に利用するコージェネが多い。燃料は主に天然ガスが用いられているが、ビール工場の発酵ガス、下水処理場の消化ガス、半導体製品製造工場のメタノール等の利用事例もある。 最長運転53,000時間(更新中)、19台が目標の40,000時間運転を達成。 	<p><実証段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 電機メーカー、ガス会社、自動車メーカー等が1kW～数十kW級燃料電池スタック、周辺機器を開発中である。 内閣官房に設置された燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議では、2002年10月に「燃料電池の実用化に向けた包括的な規制の再点検の実施」を決定している。 (1)家庭用燃料電池 2004～2005年頃の限定市場導入を目指し、戸建住宅用をターゲットに電機メーカー等が開発競争を展開。都市ガスを改質する方式が主流。 (2)自動車用燃料電池 トヨタ自動車及び本田技研工業が2002年12月に政府にリース契約で燃料電池自動車を納車する等、限定市場導入が始まり、自動車メーカーが開発競争を展開。水素供給は高圧タンク搭載方式が主流。 	<p><研究開発～実証段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 1980年代から研究開発が開始された。NEDOが溶融炭酸塩形燃料電池発電システム技術研究組合(MCEC研究組合)に委託して開発を推進。 1999年に外部改質方式1MW級パイロットプラント(中部電力川越発電所)内部改質方式200kW級スタック(関西電力尼崎燃料電池発電所)の運転試験が実施された。 今後のNEDOの開発計画では、300kWシステムの実証と、さらなる高発電効率が期待される高圧(1.2MPa)でのショートスタック運転が予定されている。 キリンビール取手工場、福岡市下水道局では、米フェル・セル・エナジー社製250kW燃料電池を用いた運転を開始(福岡市は2003年度以降予定)。 	<p><研究開発～実証段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 1970年代から研究開発が開始された。NEDOの開発プログラムでは、熱自立(外部から熱を加えることなく、自ら発生する熱のみで、電池スタックの動作温度を維持すること)が可能な5～20kW級システムを目指して、円筒形や平板形の燃料電池を開発中である。 円筒形は中・大規模電源に適し、平板形は小・中規模電源に適していると考えられている。 (1)円筒形 東陶機器が円筒縦縞形のセル開発を、三菱重工業と電源開発が円筒横縞形のセル開発を進めている。 (2)平板形 三菱重工業と中部電力が15kW級実証運転に成功し、25kW級での試験を目指している。 	<p><研究開発段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 1978年からサンシャイン計画で、1981年からムーンライト計画で研究開発が実施された。 ムーンライト計画では、水素と空気を供給する形の低価格のものを目指した開発が進められ、1984年には水素-空気供給型の1kWのアルカリ形燃料電池を開発し、約3,000時間の連続運転を実施して、研究開発を終了している。 	<p><研究開発～実証段階></p> <ul style="list-style-type: none"> 自動車用としては、ダイムラー・クライスラー社がゴカート用に試作車を開発したが、普及には至っていない。我が国では、NEDO、日本自動車研究所が触媒等の要素技術の研究開発に取り組んでいる。 近年では、電機メーカーにより携帯電話用、ノートパソコン用等の超小型燃料電池の開発が進められており、試作機や今後の販売予定等も発表されている。今後の技術進展によっては急速に普及する可能性がある。
実用化・普及にあたっての課題	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストは開発段階に比べて低減しているが、5年に1回必要となる燃料電池スタック及び触媒の交換の費用が高い等の課題がある。今後の本格的普及のためには、量産化によるさらなる低コスト化、保守管理の効率化等が必要である。 一層の市場開拓のため、ライフスポット用電源等、燃料電池の特性を活かした新しい用途開拓が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 電池スタック、改質器等の発電効率向上が必要である。 耐久性の向上(定置用はDSS³運転で4万時間以上、連続運転で9万時間以上、自動車用は5,000時間以上)。 低コスト化のためには、白金触媒の担持量低減や白金代替触媒の開発等が必要。 その他、家庭用は用途拡大に向けた高温作動膜の開発、自動車用は航続距離500km以上走行可能な圧縮水素タンクの開発等が課題。 	<ul style="list-style-type: none"> 腐食性の電解質である溶融炭酸塩を利用し、作動温度が高いことから、耐食性が強く、熱変形しない構造部材の開発が課題である。 今後の実用化に向けて経済性評価等も必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 各構成要素の耐久性向上、材料・製造コストの低減が必要である。 作動温度を低下させることによりセラミックから金属使用材料の選択の幅を広げ、低コスト化と耐久性向上を図ろうとする動きもある。ただし、低温化のためには、低温条件に適した電解質材料の開発、高性能電極の開発等が課題となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料中に二酸化炭素が含まれていると電解質であるアルカリの機能が落ちるため、燃料には純水素、酸化剤には純酸素しか用いることができない。現段階では、宇宙開発用や潜水艦用等の特殊用途に限定される。 	<ul style="list-style-type: none"> メタノールの反応で生成される一酸化炭素による白金触媒の被毒への対応技術(新しい電極触媒の開発等)が必要である。 メタノールが電極で反応しないで電解質膜を通過してしまい、発電効率の低下を招くクロスオーバーへの対応技術(メタノールを透過させない高分子膜の開発等)が必要である。

出典：燃料電池講習会テキスト1999 7 固体高分子型燃料電池(PEFC) - 基礎から実用まで - (1999.10) 燃料電池開発情報センター
燃料電池導入ガイドブック (2000.3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 燃料電池開発情報センター
燃料電池講習会テキスト2001 9 燃料電池の基礎講座 (2001.6) 燃料電池開発情報センター
燃料電池の開発と環境 「地球環境と科学技術」第9回講義資料 (2002.6) 金子彰一
燃料電池 Vol.1 No.1 (2001.7) 燃料電池開発情報センター
燃料電池 Vol.2 No.1 (2002.7) 燃料電池開発情報センター

³ Daily Start-up & Shut-down : 電気消費量の多い時間帯のみ運転するなど、毎日、起動・停止を行うこと。

(2) 固体高分子形燃料電池の特徴

固体高分子形燃料電池は、作動温度 60～80 程度の低温型燃料電池であることから、起動時等の取り扱いが容易である。また、電解質を含めて全ての部材が固体で構成されているため、大量生産に適しており、振動への強さ等の利点も有する。さらに、電極の触媒を電解質である高分子膜で被覆することにより、電極の反応面積を大きくすることができ、高い出力密度が得られ、結果として小型でも大きな出力を得ることができる。これらの特徴から、固体高分子形燃料電池は、自動車用、家庭用、可搬用等に幅広く利用できる燃料電池として期待されている。

世界的には、カナダのバラード社が 1983 年に本格的に開発に着手し、1987 年には Dow 膜を使用して高出力密度を実証した。加えて、米国のロスアラモス研究所が電極触媒として用いられている白金の使用量低減の見通しを示したことにより、民生分野における世界的な固体高分子形燃料電池の開発競争がスタートすることとなった。さらに固体高分子形燃料電池の開発を加速させたのは、ダイムラー・クライスラー社が 1998 年に世界で初めて燃料電池自動車の 2004 年実用化を発表したことが契機となっている⁴。

現在、我が国においても、家庭用、自動車用の固体高分子形燃料電池の開発が並行して活発に進められている。家庭用と自動車用とでは、排熱利用の有無や、耐久性、起動性、負荷追従性等における要求性能の違いはあるものの、開発・商用化のプロセスにおいて相互に様々なシナジー効果が生まれることが期待されている。

(3) 家庭用の固体高分子形燃料電池の開発動向、今後の方向性

1) 開発動向

固体高分子形燃料電池は、小型化が可能であり、その排熱を給湯用等に利用できることから、家庭用等のコージェネレーションシステムとしての役割が期待されている。現在、電機メーカーにより燃料電池本体の開発が、ガス会社等により燃料供給システムや発電した電気の利用システムの開発が進められている。2000 年度からは国のミレニアム・プロジェクトの一つとして、固体高分子形燃料電池の安全性・信頼性等に係るデータの収集や試験評価手法の確立に関するプロジェクトが開始されたほか、ガス会社等では、都市ガスから水素を取り出して発電する家庭用燃料電池の実験住宅での試験研究等が進められている。また、石油関連業界においては、プロパンガスから水素を取り出して発電する

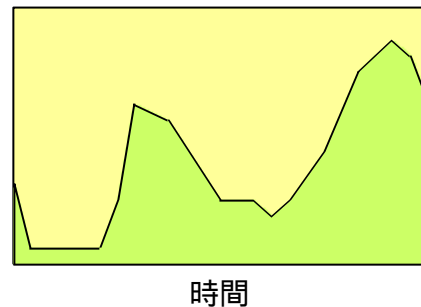
⁴ 燃料電池プロジェクトチーム報告書（2002.5）副大臣会合燃料電池プロジェクトチーム より

家庭用燃料電池の実用化試験等が始められている。

家庭用燃料電池は、当面は戸建て住宅用をターゲットに、家庭における通常の電力需要をほぼ賄うことが可能な出力規模として1kW級前後の規模で開発が進められており、将来的には、集合住宅用のコージェネレーションシステム(数kW級)の開発も視野に入れられている。原燃料としては主に都市ガスを用い、改質装置により燃料となる水素を取り出す。家庭の給湯需要に合わせた運転方法として、24時間連続運転する方法、夜間は運転せず日中に需要に応じて発電量を変える方法、日中の短時間に定格条件で運転する方法等が想定されるが、24時間連続運転の場合は長寿命設計、小容量での高効率化が課題となり、需要に応じて発電量を変える運転の場合は起動停止、負荷応答性が課題となる(図1-1)

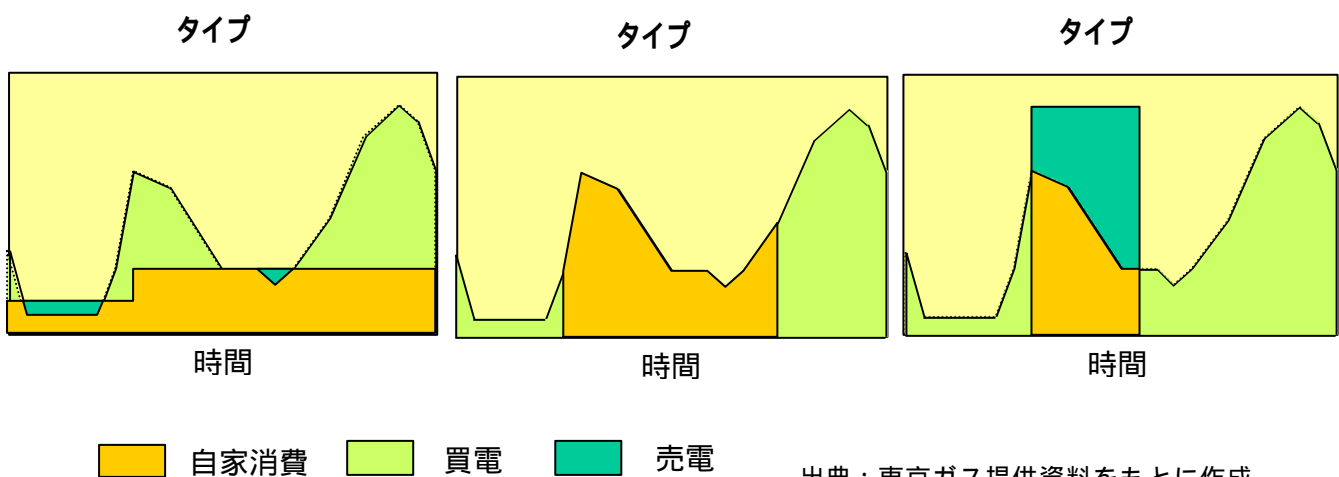
需要パターンと運転方法

- ・熱需要に合わせた運転では、電力需要の2/3を燃料電池コージェネで発電する。
- ・どのように発電するか？



タイプ			
固体高分子形燃料電池コージェネ容量	小	中	大
技術的課題	長寿命設計、小容量での高効率化	起動停止、負荷応答性	起動停止
ピークカット効果	小	中	大

注) コージェネ容量が大きい場合には、逆潮流が多くなる



出典：東京ガス提供資料をもとに作成

図 1-1 エネルギー需要と運転方法

2) 課題

技術的課題

「固体高分子形燃料電池 / 水素エネルギー利用技術開発戦略」(2001年8月燃料電池実用化戦略研究会⁵)では、定置型燃料電池の場合、普及時期(2010年以降)における性能・コストとして以下の目標を挙げている。

【燃料電池スタック】

- ・発電効率：55%以上(HHV) [定格時]⁶
- ・コスト：8万円/kW以下

【改質器】

- ・改質効率：87%程度(HHV) [定格時]⁷
- ・コスト：2万円/kW以下

【システム全体】

- ・発電効率：40%以上(HHV、受電端) [定格時]
- ・総合効率：80%以上(HHV)
- ・体積：150L/kW以下
- ・耐久性：4万時間以上⁸

【システム全体の経済性目標】

- ・家庭用システム価格30万円/台以下、業務用システム価格15万円/kW以下
- ・効率向上により削減される燃料費(累積)で追加的なシステムコストを概ね3~5年以内に回収できるようなランニングコストとなること

これらの目標達成のためには、現状からのさらなる性能向上、耐久・信頼性向上、低コスト化等が課題となる。

性能向上については、発電効率、熱利用効率の各々向上を果たす必要がある。発電効率の向上のためには、主要部品である電池スタック、改質器、インバータ、補機(ポンプ、ブローア、制御装置等)各々の効率向上が必要である。一例として、電池スタック効率については、現在概ね47%HHV(単電池電圧0.7V)程度であるが、将来49%HHV(0.73V)更には52%HHV(0.77V)程度への向上が必要であるとの試算がある。また、改質器では、起動時に加熱等のエネルギーが必要となり時間がかかること、化学反応であるため負荷変動に対する改質

⁵ 固体高分子形燃料電池の実用化に向けた関係業界、研究機関及び政府による幅広い検討の枠組みが必要との認識のもと、1999年12月、経済産業省資源エネルギー庁長官の私的研究会として設置された。

⁶ 燃料は水素とし、カソード極には空気を送るものとした場合の値

⁷ (改質効率)=[(改質器から出力された水素の熱量)-(燃料電池から改質器に戻す水素の熱量)]/(改質器に入力された燃料の熱量)

⁸ 1日12時間運転で10年間(約3,650日)のトータル運転時間は43,800時間となり、10年以上の寿命に相当する。

の反応が遅く時間がかかること等の問題があり、起動性・負荷追従性の向上が課題となる。

耐久性・信頼性向上については、電池スタック、改質器、周辺装置の各々の耐久性・信頼性向上が必要である。耐久性は運転方式によって要求が異なり、DSS 運転では約 4 万時間、連続運転では約 9 万時間が求められる。特に電池スタックの耐久性が重要であり、1,000～2,000 時間の稼働実績をもつ試作機は既に存在するが、まだ、試作機ができてから 4 万時間稼働を証明するに足る時間が経過していない。

低コスト化については、主要部品毎の目標値として電池スタックを例に取れば、現状 100 万円/kW 以上のコストを 12～18 万円/kW を経て最終的に 5～8 万円/kW に下げる必要があるとの試算がある。改質器、補機等も含めた総和としては、現在 2～3 千万円/kW のシステムコストを 2010 年頃の本格普及段階では 50～60 万円/kW にコストダウンする計画がある。また、メンテナンスコストについては、各家庭で 1～3 年に 1 回のフィルター交換程度（1 万円/年以下程度）とすることが課題となっている。

法制度的課題

法制度的課題としては、電気事業法、消防法における規制がある。電気事業法に関しては、家庭用燃料電池は自家用電気工作物扱いとなるため、保安規程の届出、電気主任技術者の選任の義務が生ずるが、これを小出力発電設備（一般電気工作物）に位置づけ、保安規程届出及び電気主任技術者の選任を不要化することが要望されている。また、運転停止時に可燃性ガス滞留防止のため、不活性ガス（窒素等）による可燃性ガスの置換（パージ）義務があるが、窒素パージを不要化することが要望されている。消防法に関しては、家庭用燃料電池が発電設備に該当、あるいは内燃機関による発電設備に準ずるものとされた場合、消防庁への設置届出や建築物から離隔距離（例：東京都では住宅から最低 3m）をとる必要が生ずるが、これらの設置届出の不要化、離隔距離の縮小が要望されている。

3) 今後の方向性

家庭規模での燃料電池の実用化は、増加し続ける民生部門の二酸化炭素排出の大幅な削減に寄与する可能性を有している。燃料電池実用化戦略研究会報告（2001 年 1 月）では 2010 年に約 2.1 百万 kW、2020 年に約 10 百万 kW の定置用燃料電池の導入を、期待する導入目標（累積）として示しているが、実際の普及のためには、性能向上、耐久性・信頼性向上、低コスト化に加え、用途拡大に向けた高温作動膜の開発、メンテナンス体制の整備、モデル事業の実施等も必要である。

技術的課題に対する方向性

< 性能向上 >

電池スタック、改質器等、主要部品の効率の向上や、改質器の起動性・負荷追従性の向上に向けた技術開発をより一層促進する必要がある。特に DSS 運転のように起動・停止を繰り返すシステムでは、起動性・負荷追従性の向上や、起動時にできるだけエネルギーを使用しない技術の開発が必要となる。

< 耐久性・信頼性向上 >

DSS 運転で 4 万時間以上、連続運転で 9 万時間以上の耐久性確保のための技術開発を促進する必要がある。電池スタック以外の周辺装置に使用される部品の中には、従来機器（ガス湯沸かし器等）の部品を利用できるものもあるが、これらの多くは耐久時間が約 2 万時間程度で設計されているため、その耐久性も向上させる必要がある。また、4 万時間という耐久性を実際の運転で証明することは効率的でないため、加速耐久試験方法を早急に確立することも課題の一つとなる。ただし、加速耐久試験結果はあくまで仮定のデータであり、実績値ではない点に留意する必要がある。発売当初にはある程度モニタリングできる形で顧客に提供することも必要になる。

< 低コスト化 >

ガス会社では戸建住宅用の 0.5～1kW 級燃料電池を 2004～2005 年度にシステム全体の販売価格 50～60 万円で市場導入することを目指しており、これは 10 年以内で償却することを考えた場合に購入者にメリットが生じる価格として設定されている。例えばあるメーカーでは、既存のガス給湯器が約 30 万円であり、これとの差額を光熱費節約等によって 5 年程度で回収できる価格設定を考えている。当面は、コストの高い素材や部品の低コスト化、例えば、電極触媒に用いられている高価な白金の担持量や白金代替触媒の開発、革新的な低コスト化を実現する電解質膜の開発等を促進する必要がある。一方で、現在 2～3 千万円/kW のシステムコストを短時間で低減することは容易ではないとみられることから普及の初期段階において導入を促進する財政上の支援の措置も必要である。

< その他 >

燃料電池は、特に電池スタックの枚数の増減で容易に出力を増減でき、かつ小容量（小出力）でも大容量（大出力）と同様の高い発電効率を有する。したがって、定置式燃料電池の用途を決めるのは発電出力であるが、それは発電効率により規定されているのではなく、むしろ排熱が決めている。現在の固体高分子形燃料電池に用いる高分子膜は低温作動であるために、排熱温度は 60～70 の低温に留まっている。この低温排熱の有効利用策は給湯あるいは暖房利用が

最適であるため、家庭用途が考えられている。100 以上の高温作動膜が実現されれば排熱を冷房を含めた空調に利用することが可能となり、業務用や産業用の用途が可能となる。既に大学を中心に研究が進められているが、固体高分子形燃料電池の用途拡大に向けて高温作動膜の技術開発を促進する必要がある。

メンテナンスについては、故障時の対応等のための体制整備に関してメーカー、ガス会社などの主体が対応するか現時点では未確定であり、対応可能な技術者の育成も含めたメンテナンス体制整備に対する支援策が必要である。

家庭用固体高分子形燃料電池の初期の普及促進のためには、技術面・コスト面での実証の意味も含め、公共施設等でのモデル事業としての導入、集団でモニタリングが可能な集合住宅等への導入等を促進する補助制度の整備が必要である。さらに、燃料電池コージェネレーションシステムの有効性、再生可能エネルギー起源の水素と組み合わせたシステムの有効性に関する LCA 的な観点からの分析・評価を推進する必要がある。

法制度的課題に対する方向性

法制度的課題については、燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議により、安全性の確保を前提とした包括的な規制の再点検の実施が決定されている。具体的には家庭用燃料電池保安技術検討会（経済産業省主管）及び燃料電池研究会（現在は民間の研究会、2003 年度から総務省消防庁主管の研究会に移行予定）が各々2002 年 8 月、2002 年 5 月から検討を開始している。2003 年度（一部項目については 2004 年度）までに民間側を中心として実験データを取得し、2004 年度に規制官庁側が技術基準の整備等の必要な措置をとることとなっている。

< 家庭用固体高分子形燃料電池の課題及び今後の方向性 >

	課題	今後の方向性
技術的 事項	性能向上	<ul style="list-style-type: none"> 電池スタック、改質器等、主要部品の効率向上技術の開発促進 改質器の起動性・負荷追従性向上技術の開発促進 改質器の省エネルギー型起動技術の開発促進
	耐久性・信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> DSS 運転 4 万時間、連続運転 9 万時間の耐久性確保技術の開発促進 加速耐久試験方法の確立、初期導入時のモニタリング実施
	低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒に用いられる白金の担持量低減や白金代替触媒の開発促進 革新的な低コスト化を実現する電解質膜の開発促進 普及の初期段階において導入を促進する財政的支援制度の整備
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 用途拡大に向けた 100 以上の高温作動膜の技術開発の促進 技術者育成を含めたメンテナンス体制整備の支援 公共施設、集合住宅等へのモデル事業としての導入補助制度の整備 燃料電池コージェネの LCA 的観点からの分析・評価
法制的 事項	電気事業法	保安規程届出・電気主任技術者選任・窒素パージの不要化検討
	消防法	消防庁への設置届出の不要化、建築物からの隔離距離縮小検討

(4) 自動車用の固体高分子形燃料電池の開発動向、今後の方向性

1) 開発動向

固体高分子形燃料電池を搭載した燃料電池自動車は、国内外の自動車メーカーによる開発競争が進んでいるが、我が国では、自動車メーカー各社による複数タイプの試作車の製作、公道走行試験等の蓄積を経て、既に商用化への第一歩を踏み出したところである。トヨタ自動車及び本田技研工業は、当初 2003 年からの市販を計画していたが、既に 2002 年 12 月には世界に先駆けて我が国政府にリース契約で燃料電池自動車を納車している。また、日産自動車は、米国 UT グループとの自動車用燃料電池の共同開発、実用化に向けて取り組んでいる。

燃料電池自動車に関しては、天然ガス自動車等の例からもわかるように、燃料供給インフラの整備と量産効果によるコスト低減の効果的な循環を実現する必要がある。したがって、燃料として何が選択され、その燃料供給インフラがどのように整備されるかが重要な課題として注目されている。

燃料電池自動車の原燃料の供給方式は大別すると 2 通りあり、一つは水素を直接、供給・貯蔵する方式（圧縮水素方式、液体水素方式、水素吸蔵合金を利用する方式等）もう一つは自動車に炭化水素系燃料（ガソリン、メタノール、天然ガス等）を供給し、車上での改質を行うことにより水素を供給する方式である。自動車メーカーでは、メタノールやガソリンの改質方式、水素吸蔵合金方式等の開発も進められているが、改質方式ではガソリン、天然ガス等の改質温度が 600～1,000 近く必要であり、車上での改質が相対的に難しいこと、水素吸蔵合金方式では重量比で 2% 程度しか貯蔵できず、高価で、水素の充填・放出に熱交換が必要となること等の課題があり、現状では、高圧タンクを搭載する方式が当面の主流となりつつある。

燃料電池への水素供給インフラの整備については、現在、機械、エネルギー関連企業による水素供給ステーションの実用化に向けた様々な技術開発が進められている。ナフサ、LPG、メタノール等からの水素供給技術、水素高圧圧縮機や高圧充填に耐えうる燃料供給弁の開発のほか、製鉄所でコークスを作る際に発生する水素を含有するコークス炉ガスからの液体水素製造・供給技術、太陽光発電と組合せた水の電気分解による水素供給技術等、水素を取り出す際の環境負荷が少なくコスト面でもガソリンに対抗しうる供給方式を目指した開発が進められている。また、CHF（Clean Hydrocarbon Fuel）や GTL（Gas to Liquid）等のように、硫黄分が少なく、ガソリンエンジン等内燃機関の自動車のみならず燃料電池自動車にも使える燃料の製造・供給技術の開発も、インフラ整備の方向性の一つとして捉えることができる。

2) 課題

技術的課題

「固体高分子形燃料電池 / 水素エネルギー利用技術開発戦略」(2001年8月燃料電池実用化戦略研究会)では、普及時期(2010年以降)における性能・コストとして、以下の目標を挙げている。

【燃料電池スタック】

- ・発電効率：65%以上(LHV) 55%以上(HHV) [定格の25%出力時]⁹
- ・出力密度：1.3kW/L以上
- ・耐久性 5,000時間以上(バス等：1~2万時間) 起動停止3~6万回/10年
- ・コスト：4,000円/kW以下

【改質器】

- ・体積：30L/台以下
- ・改質効率：83%程度(LHV) 92%程度(HHV) [定格の25%出力時]¹⁰
- ・コスト：1,000円/kW以下

【システム全体の経済性目標】

- ・燃料電池システムコスト(改質器その他周辺機器を含む) 5,000円/kW以下

【車両効率】

- ・水素搭載形：60%程度(LHV) 51%程度(HHV)
- ・ガソリン車上改質形：48%程度(LHV) 45%程度(HHV)

これらの目標達成のためには、現状からのさらなる性能向上、耐久・信頼性向上、低コスト化等が課題となる。

性能向上については、燃料電池自動車では、車両単体の効率(Tank to Wheel)の向上に加え、燃料の採掘・輸送から精製に至るプロセスでの効率(Well to Tank)と車両効率を合わせた総合効率(Well to Wheel)の向上を考える必要があるとされている。ガソリン車、ディーゼル車、ハイブリッド車等では、Well to Tankでの効率が約90%、Tank to Wheelでの効率が約16~30%であり、Well to Wheelの総合効率は約14~27%となる。一方、燃料電池自動車では、Tank to Wheelの効率が約50%程度と高いものの、現実的な水素製造プロセスで試算するとWell to Tankでの効率が約60%であるため、Well to Wheelの総合効率は約30%となり、ハイブリッド車とは大差がないものとなる。あるメーカーでは、燃料電池自動車の総合効率の目標はガソリン車の総合効率の3倍ともいわれており、電池スタックの発電効率向上とともに、燃料製造効率の向上が課題となる。その他、

⁹ 燃料は水素とし、カソード極には空気を送るものとした場合の値。

¹⁰ (改質効率)=[(改質器から出力された水素の熱量)-(燃料電池から改質器に戻す水素の熱量)]/(改質器に入力された燃料の熱量)。効率値はガソリンを燃料として算出。

システム全体の小型化・軽量化、燃料電池始動直後の暖房機能の開始を早めること、自動車特有の振動に耐えうるものとする、寒冷地において燃料電池から生じる水の凍結を防ぐこと等も課題となっている。圧縮水素タンクについては、現在、貯蔵圧力 25MPa または 35MPa で公道走行試験のためのナンバーが取得されているが、既存車と比較すると一充填あたりの走行距離が十分とはいえない。また、自動車用の改質器については、メタノールは改質温度が 200～300 程度と相対的に改質しやすいが、天然ガス、ガソリン等は改質温度が 600～1,000 近く必要となるため相対的に難しく、基礎的課題が多いとされている。

耐久性・信頼性向上については、家庭用と同様に、電池スタック、周辺装置の各々の耐久性・信頼性向上が必要である。自動車用の場合には、5,000 時間(バス、トラックでは 1～2 万時間)の耐久性が求められる。

低コスト化については、燃料電池自動車の現状価格は約 100 万円/台・月(リース契約)であり、家庭用と同様に素材や部品の低コスト化が課題となる。

法制度的課題

法制度的課題としては、高圧ガス保安法、道路運送車両法、道路法、消防法、建築基準法における規制がある。高圧ガス保安法では、水素燃料用容器の例示基準がなく、容器の型式毎の検査が複雑で手続き等が負担となっていることから、容器例示基準化に必要なデータ取得項目を明確化すること、水素燃料容器用バルブの耐圧試験基準が諸外国に比べて厳しいため試験圧力を見直すことが要望されている。また、水素供給スタンド設置に関する保安距離、保安統括者等の選任・常駐義務を圧縮天然ガススタンド並みに見直すこと等も要望されている。道路運送車両法では、燃料電池自動車に係る車両適合基準策定による型式認定制度を整備することが要望されている。道路法では、完成車輸送車両(トレーラー)の水底トンネル等の通行制限を見直すことが要望されている。建築基準法では、建設可能な用途地域を圧縮天然ガススタンド並みに見直すこと(現状では、工業地域、工業専用地域以外に建設できない)等が要望されている。消防法では、地下駐車場等への進入制限を緩和すること、水素供給スタンドとガソリンスタンドとを併設できるよう基準を見直すことが要望されている。

3) 今後の方向性

燃料電池自動車の実用化は、増加し続ける運輸部門の二酸化炭素排出の大幅な削減に寄与する可能性を有している。燃料電池実用化戦略研究会報告(2001年1月)では2010年に約5万台、2020年に約500万台の燃料電池自動車の導入を、期待する導入目標(累積)として示しているが、実際の普及のためには、

性能向上、耐久性・信頼性向上、低コスト化に加え、モデル事業の実施、水素供給インフラ整備に向けた体制整備等も必要である。

技術的課題に対する方向性

<性能向上>

燃料電池自動車は、自動車の基本性能である安全かつ快適な走行の実現に関してはほぼ達成しているが、さらに電池スタック、改質器等の主要部品の効率向上や小型化・軽量化に向けた技術開発をより一層促進する必要がある。また、燃料電池始動直後の暖房機能の開始を早める技術の開発、振動に耐えうる部材の開発、寒冷地において燃料電池から生じる水の凍結を防ぐ技術開発等を促進する必要がある。圧縮水素タンクについては、航続距離 500km 以上の走行を可能にする耐圧容器や周辺機器の開発が必要である。また、自動車用の改質器については、CHF や GTL 向けの改質器の開発、新規触媒やオートサーマル改質器の開発、これらを通じた高効率化や起動性・負荷追従性の向上等が必要である。

<耐久性・信頼性向上>

5,000 時間（バス、トラックでは 1~2 万時間）の耐久性確保のための技術開発を促進する必要がある。特に、ガソリン等の改質形燃料電池においては、一酸化炭素及び燃料中の硫黄に対する触媒の耐久性の向上が課題となる。

<低コスト化>

当面は、コストの高い素材や部品の低コスト化、例えば、電極触媒に用いられている高価な白金の担持量低減や白金代替触媒の開発、革新的な低コスト化を実現する電解質膜の開発等を促進する必要がある。一方で、現状のコストを短期間で大幅に低減することは容易ではないとみられることから、普及の初期段階において導入を促進する財政上の支援の措置も必要である。

<その他>

燃料電池自動車の初期導入対象としては、路線バスやごみ収集車のように、特定の地点間をフリート走行する自動車が想定される。路線バスであれば、営業所等の拠点をもち、移動範囲や走行距離が限定されているため、営業所毎にインフラを整備することができ、一般市民が利用する公共交通機関という意味においても認知度向上に役立つ。また、人口が集中している都市部では、燃料電池自動車の長所である低エミッション、低騒音が活かされやすい。したがって、当面の基盤整備段階、初期導入段階では、自治体やバス会社との共同による路線バスでの実証実験、自治体のごみ収集車での実証実験等、公共機関・公共交通での導入を促進する財政上の支援制度の整備が必要である。

化石燃料起源の水素を用いた場合、燃料電池自動車の効率は Tank to Wheel で約 50% と、既存の自動車（約 16～30%）に比べて優れている。Well to Tank の部分に再生可能エネルギー等からの水素供給技術を適用していくことで、さらなる総合効率の向上、二酸化炭素削減の可能性を有しており、その意味で、化石燃料の利用から水素の利用へのスムーズな橋渡しをする役割が期待できる。そのような視点からは、再生可能エネルギー起源の水素と燃料電池を組合せたシステムの有効性に関する LCA 的な観点からの分析・評価を推進する必要がある。

法制度的課題に対する方向性

法制度的課題については、燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議により、安全性の確保を前提とした包括的な規制の再点検の実施が決定されている。2003 年度（一部項目については 2004 年度）までに民間側を中心として実験データの取得や例示基準案の作成を行い、2004 年度までに規制官庁側が技術基準の整備、適合性評価等の必要な措置をとることとなっている。

燃料電池自動車の普及には、水素供給インフラの整備が重要な鍵を握るが、用地確保等の面からは既存のガソリンスタンドへの併設が有望とみられている。自動車に直接関係する法規は自動車業界ベースでのデータ取得等の動きが見込まれるが、インフラ整備に係る法規の見直しについても、関係機関のさらなる協力促進、組織化等による対応が必要である。

< 自動車用固体高分子形燃料電池の課題及び今後の方向性 >

	課題	今後の方向性
技術的 事項	性能向上	<ul style="list-style-type: none"> 電池スタック等の効率向上技術、小型化・軽量化技術の開発促進 航続距離 500km 以上走行が可能な圧縮水素タンクの技術開発の促進 振動に耐えうる部材の開発促進 寒冷地で燃料電池から生じる水の凍結を防ぐ技術の開発 燃料電池始動直後の暖房機能の開始を早める技術開発 CHF や GTL 用の改質器、オートサーマル改質器等の開発の促進
	耐久性・信頼性 向上	<ul style="list-style-type: none"> 5,000 時間（バス・トラックは 1～2 万時間）の耐久性確保のための技術開発促進
	低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒に用いられる白金の担持量低減や白金代替触媒の開発促進 革新的な低コスト化を実現する電解質膜の開発促進 普及の初期段階において導入を促進する財政的支援制度の整備
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 路線バスやごみ収集車へのモデル事業としての財政的支援制度の整備 燃料電池自動車の LCA 的観点からの分析・評価
法制度 的 事項	高圧ガス保安法	<ul style="list-style-type: none"> 水素燃料用容器例示基準化に必要なデータ取得項目の明確化 水素燃料容器用バルブの耐圧試験基準の見直し検討 水素供給スタンド設置に関する保安距離等の見直し検討 等
	道路運送車両法	<ul style="list-style-type: none"> 車両適合基準策定による型式認定制度の整備
	道路法	<ul style="list-style-type: none"> 完成車輸送車両の水底トンネル等の通行制限の見直し検討
	建築基準法	<ul style="list-style-type: none"> 水素供給スタンドの建設可能な用途地域の見直し検討 等
	消防法	<ul style="list-style-type: none"> 地下駐車場等への進入制限の緩和検討 水素供給スタンドとガソリンスタンドの併設への基準見直し検討

(5) その他の燃料電池の開発・利用動向、今後の方向性

1) リン酸形燃料電池

リン酸形燃料電池は、1980年代より研究開発が本格化、1990年代に運転実績を蓄積し、現在、技術的にはほぼ完成して商用化段階にある燃料電池である。作動温度約160～210の低温型燃料電池であり、出力は数10kWから数100kW程度と幅広く、発電効率35～45%（HHV）程度である。国内では、これまで民生業務用、産業用として50～200kW容量のプラントを中心に導入が進み、累積193台（49,028kW）、稼働中69台（11,700kW）となっている（2002年3月現在）。

リン酸形燃料電池は、開発当初、燃料電池本体の耐久性・信頼性に加え、ポンプ、プロア、バルブといった周辺部品等も含むシステム全体としての耐久性が課題となっていた。現在では、最長運転5万3千時間（更新中）、19台が4万時間運転を達成しており、耐久性の問題はほぼクリアされつつある。しかし、リン酸形燃料電池は、開発当時としては優れた技術であったが、現状においては既存の電源と比べてそれほど発電効率が高くないこと、イニシャルコストが約40～60万円/kWと高コストであること、メンテナンスには年間数百万～1千万円のコストに加え、5年に1回必要とされる燃料電池スタック交換にイニシャルコストの5割相当の約5千万円がかかり、ユーザー側にとって償却が困難であること等の課題がある。また、数10kWから数100kW程度の大きさにより、業務用・工業用というコスト意識の高い、あまり大きくないマーケットを対象にせざるを得なかったこと、同程度の発電容量を持つディーゼルエンジン、ガスエンジン等の競合技術が当初の想定を大きく超える性能向上を示したことから、当初予定していた量産効果による価格低下、市場自立化にまで至っていない。さらに、現在開発が急速に進んでいる固体高分子形燃料電池のような高い出力密度が得られず、電解質が液体であるため、小型化や可搬用途への利用が困難であるという問題もある。

なお、現在の利用形態としては、電力は系統連系で施設の一部負荷に、排熱は冷暖房、給湯の熱源等として利用するが多い。主に都市ガスが燃料として用いられているが、燃料ガスを選ばないとの特性があり、ビール工場の発酵ガス、下水処理場の消化ガス、半導体製品工場の廃メタノール利用等の事例もある。さらに、電力・熱・水を供給可能なためライフスポット用電源として、あるいは直流電力利用する高効率利用法等、その特性を活かした分野への適用が期待されている。

2) 溶融炭酸塩形燃料電池

溶融炭酸塩形燃料電池は、りん酸形燃料電池の開発に続き、1980年代から研究開発されている燃料電池である。作動温度 600～700 程度の**高温型燃料電池**であるため、燃料電池本体の電極での反応が進みやすく、**高い発電効率**が可能となる。また、燃料電池からの高温廃熱を利用してガスタービンや蒸気タービンと組合せる複合発電システムとしての利用も可能となる。1999年から2000年に中部電力川越発電所にて運転試験を行った 1MW 級システムでは発電端効率で 45% (HHV) を達成しており、材料の最適化が進めば、大容量の燃料電池単独で 50% (HHV) を超える可能性も有している¹¹⁾。さらに、りん酸形燃料電池や固体高分子形燃料電池と異なり白金触媒を用いていないため、燃料中に一酸化炭素が含まれても問題がなく、石炭ガス化ガス等も燃料として利用可能になるなど、**燃料多様化**を図ることができる。

このような特徴により、**大容量発電用燃料電池**として、これまで溶融炭酸塩形燃料電池発電システム技術研究組合 (MCFC 研究組合) による 1MW 級機の開発、実証試験が進められてきた。今後の NEDO の開発計画では、300kW システムの実証と、さらなる高発電効率が期待される高圧 (1.2MPa) でのショートスタック運転が予定されている。また、キリンビール取手工場ではビール製造工程排水からのメタンガス利用を想定し、250kW の溶融炭酸塩形燃料電池 (フュエル・セル・エナジー社製) による運転を開始しているほか、福岡市下水道局でも同じく 250kW の溶融炭酸塩形燃料電池を導入し、下水消化ガスでの運転特性等に関する研究を開始する予定である。

用途としては、中～大規模の火力代替電源用、または数百 kW～数万 kW の分散型電源 (産業用コージェネレーション等) 等が想定される。

今後の実用化にあたっての課題としては、腐食性の電解質である溶融炭酸塩を利用し、作動温度が高いことから、耐食性が強く熱変形しない構造部材の開発等が必要である。また、実用化に向けての経済性評価等も必要である。

3) 固体酸化物形燃料電池

固体酸化物形燃料電池は、1970年代から研究開発が続いている燃料電池である。作動温度 750～1,000 程度の**高温型燃料電池**であり、複合発電としての利用が可能であること、石炭ガス化ガス等も燃料として利用可能であること等は、溶融炭酸塩形燃料電池と同様の特徴であるが、さらに高温であるためにこれらの特徴をより有利に活かすことができ、発電効率は 50～60% (HHV) 程度まで

¹¹⁾燃料電池 Vol.2 No.2 (2002.10) 燃料電池開発情報センターより

期待できる。また、溶融炭酸塩形燃料電池に比べて有利な点は、構成要素が全て固体で取り扱いが簡便であり、かつ出力密度が高いこと、腐食性や分解性の液体を使用していないため保守が比較的容易であること等がある。

用途としては、当初はコンパクトで高い電力変換効率を期待して 100MW ~ GW クラスの火力発電代替用として考えられていたが、膨大な数の単セルの品質管理とこれのスタック化の困難さ、起動時間の長さ、建設コストの高さが問題となった。現在では、数 100kW ~ 数 MW クラスの分散発電で排熱を有効利用して総合エネルギー効率 70 ~ 80% (HHV) を狙う考え方に変わりつつある。小型 ~ 大容量までの分散型電源としての可能性があることから、家庭用コージェネレーション、産業用コージェネレーション、自動車用等、幅広い用途を視野に入れた技術開発を促進することが必要である。

現在、国や電力会社、メーカー等により、円筒形、平板形の 2 タイプの開発が進められている。NEDO では、熱自立 (外部から熱を加えることなく、自ら発生する熱のみで、電池スタックの動作温度を維持すること) が可能な 5 ~ 20kW 級システムを目指して円筒形や平板形の固体酸化物形燃料電池を開発中である。各々の用途は完全に明確になったわけではないが、円筒形は中・大規模電源に適しており、平板形は小・中規模電源に適していると考えられている。

実用化にあたっての課題としては、各構成要素の耐久性向上、材料・製造コストの低減等、基礎的要素技術の開発を促進する必要がある。また、作動温度を低下させることによりセラミックから金属使用材料の選択の幅を広げ、低コスト化と耐久性向上を図ろうとする動きもあるが、そのためには低温条件に適した電解質材料、高性能電極の開発等が課題となる。

4) ダイレクトメタノール形燃料電池

ダイレクトメタノール形燃料電池は、固体高分子形燃料電池の一種であるが、メタノールを直接燃料として投入するため、改質器を必要とせず小型化が可能という特徴がある。自動車用としては、ダイムラー・クライスラー社がダイレクトメタノール形燃料電池を動力源とするゴーカートの試作車を開発しており、NEDO、日本自動車研究所においても、自動車に活用することを目指して触媒等の要素技術の研究開発に取り組んでいる。一方、より小型化することで二次電池に代わる低出力の小型・携帯用の長時間電力供給可能な電源として期待できることから、近年では、電機メーカーにより携帯電話、ノートパソコン用の超小型燃料電池の開発が進められており、最近、電機メーカーによって試作機及び販売予定が発表された。二次電池が競合商品であり、目標コストが比較的高いため今後の技術進展によっては急速に普及する可能性を秘めている。

実用化にあたっての課題としては、メタノールの反応で生成される一酸化炭素による白金触媒の被毒への対応、メタノールが電極で反応しないで電解質膜を透過してしまい、発電効率の低下を招くクロスオーバーへの対応等がある。

5) 今後の方向性

既に(2)~(4)において説明した、次世代型燃料電池として期待されている固体高分子形燃料電池以外の燃料電池については、今後の方向性を以下のように展望することができる。

りん酸形燃料電池の場合、既に商用化の段階にはあるものの、燃料電池のセル及び触媒の交換費用を含むメンテナンスコストの高さ等に問題がある。例えば、セルの交換が5年に1回から7.5年に1回で済むように耐久性を向上させるなど、現状の高コスト構造を打破できる技術開発を促進する必要がある。また、電力・熱・水を供給できるためライフスポット用電源として、あるいは直流電力利用する高効率利用法等、その特性を活かした新しい用途開拓が必要である。

溶融炭酸塩形燃料電池及び固体酸化物形燃料電池は、固体高分子形燃料電池に比べて発電容量が大きく発電効率も高いことから、工場等の産業用として有望ではあるものの、まだ、研究開発・実証段階にある。溶融炭酸塩形燃料電池は、耐食性が強く熱変形しない構造部材の開発、実用化に向けての経済性評価等が必要である。固体酸化物形燃料電池は、各構成要素の耐久性向上、材料・製造コストの低減、低温条件に適した電解質材料、高性能電極の開発等が課題となる。

ダイレクトメタノール形燃料電池は、近年、携帯電話やノートパソコン等の消費電力増加によりエネルギー容量の大きい携帯用電源の開発が急務となっている中で、これに対応し得るものとして注目されている。今後、需要が見込まれる市場でもあることから、技術開発をより一層促進し、早期の実用化・普及を実現する必要がある。具体的には、メタノールの反応で生成される一酸化炭素による白金触媒の被毒への対応技術(新しい電極触媒の開発等)、メタノールが電極で反応しないで電解質膜を透過してしまい、発電効率の低下を招くクロスオーバーへの対応技術(メタノールを透過させない高分子膜の開発等)の開発が必要である。