

バイオマス資源の有効利用に資する 燃料電池活用戦略

平成 15 年 3 月

燃料電池活用戦略検討会

目 次

はじめに	1
------	---

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	4
(1) 燃料電池とは	4
(2) 固体高分子形燃料電池の特徴	8
(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	8
(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	14
(5) その他の燃料電池の開発・利用動向、今後の方向性	19
2. 我が国におけるバイオマス資源の利用可能性	23
(1) バイオマス資源の燃料電池への活用の意義	23
(2) 活用可能なバイオマス資源の概要	23
(3) バイオマス資源を燃料電池に利用した場合の 温暖化対策としてのポテンシャル	26
(4) バイオマス資源の利用における留意事項	32
3. 燃料電池によるバイオマス資源の利用の現状、可能性及び課題	33
3.1 燃料電池によるバイオマス資源利用の現状と可能性	33
(1) 家畜糞尿利用の現状と可能性	33
(2) 下水汚泥利用の現状と可能性	34
(3) 食品系廃棄物利用の現状と可能性	35
(4) 有機系工場排水（ビール工場の排水）利用の現状と可能性	36
(5) 廃メタノール利用の現状と可能性	37

3.2 燃料電池によるバイオマス資源利用の課題	38
(1) 技術的課題	38
(2) 費用面の課題	39
(3) 熱及び電気の需要と供給のマッチング	40
(4) 法制度的課題	41
4. バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件と方向性	42
(1) バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件	42
(2) オンサイト熱電併給型システムのあり方と普及に向けた方針	45
(3) 自治体ごみ処理施設併設型システムのあり方と普及に向けた方針	46
(4) その他の活用システムの普及に向けた方針	46
5. 燃料電池活用システムモデル事業について	47
(1) 生ごみを利用したオンサイト熱電併給型システムの構築	47
(2) 自治体ごみ処理施設併設型システムの構築	48
(3) 家畜糞尿を利用した酪農地域におけるシステムの構築	49
(4) 工場・下水処理場等におけるシステムの構築	49
(5) バイオエタノール及びメタノールの製造等にかかる技術開発	50
(6) モデル事業実施にあたっての留意点	50

第二編 神戸生ごみバイオガス化燃料電池発電施設の評価

1. 神戸生ごみバイオガス化燃料電池発電施設の概要	52
2. 評価の目的	52
3. 評価の方法	52
4. 評価の結果	54
5. まとめ	57

資料編

はじめに

地球温暖化問題は、その時間的・空間的な影響の広がり大きさから喫緊に取り組まなければならない重要な環境問題の一つである。我が国は京都議定書の締結を受けて、1990年の温室効果ガスの排出量に比べ6%の削減を第一約束期間に達成する義務を有している。しかし、我が国の温室効果ガス排出量は既に1990年に比べ2000年度で約8%増加しており、特に約9割を占める石油、石炭等のエネルギーを起源とする二酸化炭素排出量の削減においては、既存の対策に加え、抜本的な対策を講じることが求められている。

一方、2000年には、循環型社会形成推進基本法が制定され、その基本理念に基づき、これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会システムを改め、廃棄物等の発生を抑制し、有限な資源を有効に利用する循環型社会を構築していくことが求められている。廃棄物等の発生抑制や資源の有効活用は、廃棄物等の焼却や製品の製造等に伴う化石燃料消費を抑制し、温室効果ガスの排出を抑制することにもつながる。

このような背景から、将来的には、我が国のエネルギー利用のシステムを、有限な資源である化石燃料利用型のシステムから、循環型社会を基調としつつ、再生可能エネルギーから水素を取り出し、これを二次エネルギーとして利用するシステムへと変換していくことが課題となる。水素エネルギーシステムの構築に向けた製造・輸送・利用技術は、現在の産業構造、エネルギー需給構造から我々の生活様式、社会システムに至るまで、根幹からの変革を迫る可能性のある技術である。

このような変革を可能にし、化石燃料社会から水素社会へのスムーズな移行に向けた中核技術の一つに燃料電池がある。燃料電池は、水素を燃料とする高効率発電装置であるが、化石燃料から水素を取り出して使う場合においてもその利用効率において優れた技術である。また、二酸化炭素の削減のみならず、大気汚染物質の排出抑制等の環境負荷低減効果、技術開発を通じた産業競争力強化や新規産業・雇用創出への寄与等、様々な面での可能性が期待できる。

また、水素は、風力、太陽光、生物系バイオマス資源（廃棄物を含む。以下「バイオマス資源」）等の再生可能エネルギーからも取り出すことが可能であるが、これらの中で、バイオマス資源は、我々のライフサイクルの中では大気中の二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」という特性を持つ。我が国では、大量のバイオマス資源を輸入しつつも、その多くを未利用のままに廃棄物として焼却処分等しているという実態がある。

燃料電池は、そのシステムの構成によっては、化石燃料はもとよりバイオマス資源のような再生可能エネルギーからの水素と組み合わせて利用することが可能であり、このようなシステムは二酸化炭素を発生させない究極のクリーンエネルギーシステムとなりうる。バイオマス資源を利用した燃料電池システムは、化石燃料利用型の社会から将来の水素型社会への扉を開くトッランナーとしての役割を果たし、地球温暖化防止及び循環型社会構築のために必要な変革を加速する大きな可能性を有しているといえる。

本戦略は、以上のような背景のもと、燃料電池活用戦略検討会における検討成果をふまえ、バイオマス資源の有効利用に資する燃料電池の効果的な活用を促すことを目的としてとりまとめたものである。第一編では、現状での燃料電池活用システムの開発及び利用の動向や、我が国におけるバイオマス資源の利用可能性等をふまえ、燃料電池によるバイオマス資源利用の課題を明らかにし、これをもとに求められるシステムの要件と方向性、具体的なモデル事業を提示している。第二編では、環境省が2000年より神戸において実施した生ごみバイオガス化燃料電池発電設備による地球温暖化防止対策実施検証事業を総合的に評価しており、その成果は第一編の戦略の検討においても活用されているものである。

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

従来のガスエンジン、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

従来の内燃機関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、従来の内燃機関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。 <p>(1)家庭用燃料電池</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>(2)自動車用燃料電池</p> <ul style="list-style-type: none"> 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、米フュエル・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)が可能で、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。 <p>(1)円筒形</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>(2)平板形</p> <ul style="list-style-type: none"> 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狙った開発が進められ、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ー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が向上が必要である。 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

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

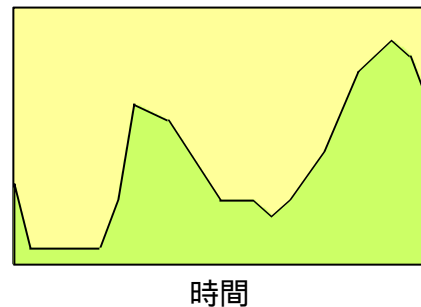
⁴ 燃料電池プロジェクトチーム報告書（2002.5）副大臣会合燃料電池プロジェクトチーム より

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)

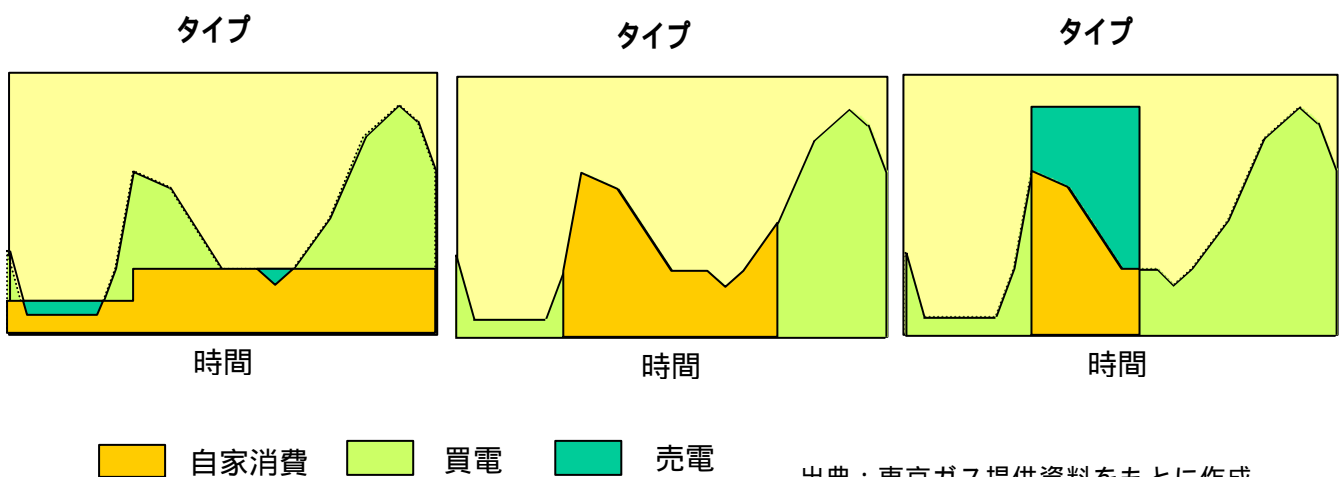
需要パターンと運転方法

- ・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
法制度 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 的な観点からの分析・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。

熔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。熔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。

2. 我が国におけるバイオマス資源の利用可能性

(1) バイオマス資源の燃料電池への活用の意義

バイオマス資源（再生可能資源である生物系バイオマス資源）は、カーボンニュートラルという特性を持つことから、化石燃料の代替として利用することで二酸化炭素の排出を削減することができる。我が国は、国内生産の他に食料や飼料の形で大量のバイオマス資源を輸入しており、利用した残りの大半は廃棄物として焼却処分されるか、あるいは水質汚濁負荷として公共用水域に排出されている。これらをエネルギーや製品として有効利用すれば、有限な化石資源の消費削減、余剰に導入されているバイオマス資源の焼却処理量削減、水域への環境負荷低減につながり、持続可能な循環型社会を実現することにもつながる。2002年12月に閣議決定されたバイオマス・ニッポン総合戦略では、バイオマス資源について、直接燃焼、炭化、メタン発酵、エタノール発酵等によるエネルギー利用、あるいは堆肥化、生分解性素材等による製品利用等、様々な形での活用の方向性を示している。

一方、燃料電池においては、化石燃料起源の水素でも高効率発電を達成できるが、将来的には可能な限り再生可能資源からの水素を活用していくことが望ましい。国内に存在するバイオマス資源からの水素製造・供給は、そのシステムの構築の仕方によっては、化石燃料起源の水素供給システムよりさらに優れた総合効率、二酸化炭素削減効果を実現する可能性がある。また、バイオマス資源から得られるメタンガスを直接燃焼させて熱に変換するのではなく、メタンガスや燃焼ガスから水素を取り出し、高い効率で需要サイドが利用しやすい電気に変換できるという点においても、燃料電池とバイオマス資源の組合せは有望である。今後、燃料電池への水素供給の一手段としてバイオマス資源を活用していくこと、また、その第1ステップとしてバイオマス資源をバイオガス、バイオエタノール、メタノール等の多様な形でエネルギー利用していくことは、バイオマス資源による水素供給への道筋をつけていく上で非常に重要となる。

(2) 活用可能なバイオマス資源の概要

1) 日本における化石燃料及びバイオマス資源の導入量

日本における化石燃料及びバイオマス資源の導入量は、化石燃料として輸入及び国内調達される資源が約4.8億tある一方で、バイオマス資源やそれらの製品として輸入及び国内調達される資源が約2.1億tある（1997年度現在）。このうち、輸入されるバイオマス資源約1.1億tは、バイオマス資源総量約2.1億tの5割程度に相当し、また、化石燃料とバイオマス資源の量を同等に比較する

ことはできないが、バイオマス資源の輸入量は化石燃料の輸入量のおよそ 2 割以上に相当する量となっている。

表 2-1 日本の炭素資源の導入量 (1997 年度)¹² 単位: kt

		輸入	国内調達	合計	固形分
化石燃料	石炭	135,021	4,928	139,949	
	原油及び粗油	233,433	733	234,166	
	天然ガス及び製造ガス	62,836	4,604	67,440	
	石油コークス	4,906		4,906	
	揮発油	20,645		20,645	
	灯油	4,304		4,304	
	軽油	397		397	
	重油	3,520		3,520	
	合計	465,063	10,264	475,327	
バイオマス資源	魚介類	2,801	6,071	8,872	2,662
	果実類	2,174	4,404	6,578	789
	野菜類	1,768	18,089	19,857	3,971
	肉類	2,020	0	2,020	606
	卵類	622	0	622	156
	油脂類	8,468	0	8,468	8,468
	穀類	10,916	10,791	21,707	18,451
	飼料	26,771	45,043	71,814	29,444
	食料・飼料小計	55,540	84,398	139,938	64,547
	木材	22,817	15,086	37,903	26,532
	パルプ及び紙	3,450		3,450	2,415
	木及びコルク製品	2,932		2,932	2,052
	ウッドチップ	13,883		13,883	9,718
	合板	5,799		5,799	4,059
	紙類及び同製品	1,723		1,723	1,206
	木材・木製品小計	50,604	15,086	65,690	45,983
	合計	106,144	99,484	205,628	110,530

2) 日本の有機系廃棄物の量

国内の廃棄物の総排出量は、一般廃棄物約 5,120 万 t、産業廃棄物約 4.1 億 (1997 年度現在) となっている。このうち、有機系廃棄物は、表 2-2 に示すとおり、一般廃棄物で約 3,983 万 t、産業廃棄物で約 3 億 t であり、両者の水分を除いた固形分の総量は、約 5,088 万 t となる。

表 2-2 日本の有機系廃棄物排出量 (1997 年度)¹³

	総排出量	有機系廃棄物 排出量	固形分
一般廃棄物	51,200	39,834	22,543
産業廃棄物	414,854	299,764	28,332
合計	466,054	339,598	50,875

一般廃棄物に含まれる有機系廃棄物排出量は、札幌市、東京都、横浜市、大阪市のごみの組成 (1998 年度実績) の平均値を全国の排出量にあてはめて推計したものである。

¹² 国立環境研究所社会環境システム研究領域資源管理研究室 森口祐一室長提供資料より作成

¹³ 日本の廃棄物 2000 (2000.12) 環境衛生施設整備研究会 より

3) エネルギー資源としてのバイオマス資源の有効利用の意義

日本に導入されるバイオマス資源は、食糧・飼料は、人体や家畜のエネルギー源となる部分もあるが、大半が糞尿、食料加工残さ等として有機系廃棄物となり、木材等も一時的に家屋・家具等の形でストックされるものの、廃材等の廃棄物として排出される。表 2-1 及び表 2-2 より、日本に導入されるバイオマス資源の固形分約1.1 億t のうち、5 割に相当する約5,088 万t が有機系廃棄物として排出されていることになる。また、この有機系廃棄物の排出量は、化石燃料輸入量の1 割程度に相当する量となっている。バイオマス資源には、この他に排水中の有機汚濁物質として排出されるものや揮発成分として大気中に放出されるものがある。これらの膨大な資源は、本来、国内調達分については、農地や大気に還元することが自然の循環に適うものである。一方、輸入分については、国内農地等に還元していくと余剰な栄養分として再び水質汚濁の原因となりかねず、可能な限り、化石燃料の代替エネルギー資源として利用していくことが望ましい。

多くの場合、バイオマス資源は、発生源が地理的に分散している上に、利用の過程で多量の水分を添加され、そのままでは利用しにくく、また、エネルギー源としての利用効率が低い。したがって、これらのバイオマス資源からは、可能な限り発生源においてエネルギー回収し、燃料電池等の分散型エネルギー源として効率的に利用することが望ましい。これにより、国内に余剰に導入されるバイオマス資源の焼却処理量削減、大量に輸入される化石燃料の一部代替、水域への環境負荷の削減、廃棄物回収処理に係る労力・コストの削減が可能となる。

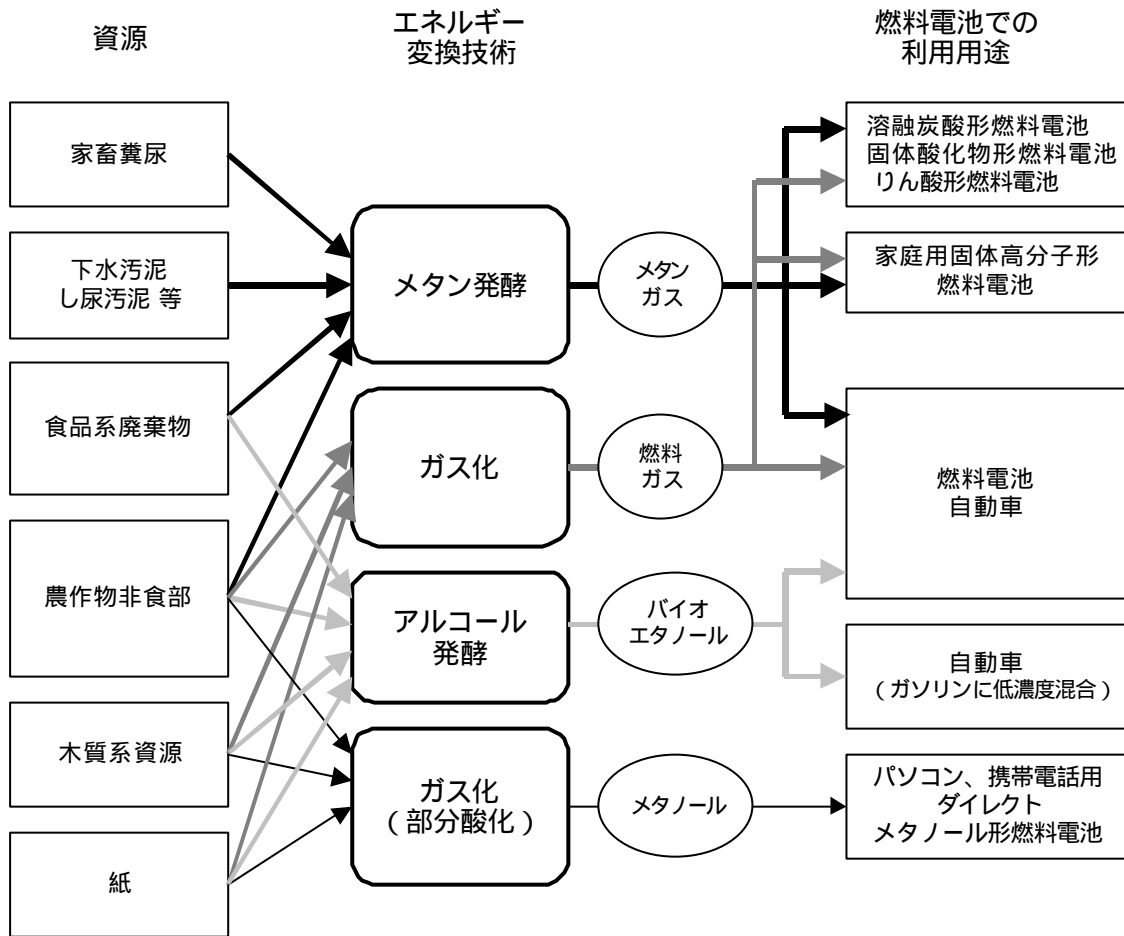
(3) バイオマス資源を燃料電池に利用した場合の温暖化対策としてのポテンシャル

1) バイオマス資源の燃料電池利用への適用可能性

バイオマス資源をエネルギー資源として利用する場合、バイオマスの特徴に応じた技術的な適用可能性を考慮する必要がある。バイオマス資源の種類ごとに見たエネルギー資源としての適用可能性を表 2-3 に示す。表 2-3 に示すように、バイオマス資源の種類によっては、現状においても資源・エネルギーとしての利用が行われているが、農地への還元が窒素過多等の観点から限界にきている地域があるにもかかわらず、用途が肥料に限定されているものがあること、エネルギー資源としての適性があっても十分に活用されていないものもあること等から、各々の適性に応じたエネルギー利用を図ることが望ましい。

バイオマス資源を燃料電池に利用するためのエネルギー変換技術と燃料電池での利用用途としては、以下のようなものが想定される。

- ・ 家畜糞尿、下水汚泥・し尿汚泥、食品系廃棄物等の含水率の高い資源については、**メタン発酵**を行い、得られる水素を定置式燃料電池や燃料電池自動車の燃料として利用することが想定される。
- ・ 農作物非食部、木質系資源、紙等の含水率の低い資源については、**ガス化**を行い、得られる水素を定置式燃料電池や燃料電池自動車の燃料として利用することが想定される。
- ・ バイオマス資源からの水素供給の基盤整備を行う観点から、食品系廃棄物、農作物非食部、木質系資源、紙等の**アルコール発酵**により**バイオエタノール**を製造して、当面はガソリン車で利用し、将来的には燃料電池自動車等への水素供給に利用することが想定される。
- ・ 農作物非食部、木質系資源、紙等から、**ガス化（部分酸化ガス化）**により**メタノール**を製造し、近年急速に開発が進んでいる携帯機器用超小型燃料電池の燃料として利用することが想定される。



バイオマス資源の燃料電池での利用イメージ

なお、現在、我が国において開発・導入されているメタン発酵 - 発電技術の各タイプの特徴を表 2-4 に示す(ここでの発電技術は、燃料電池に限定されない)。

表 2-3 バイオマス資源のエネルギー資源としての適用可能性¹⁴

分類	バイオマス資源（賦存量）	現在の利用状況	技術的な適用可能性							エネルギー利用の方向性	
			資源利用			エネルギー利用					
			肥料	飼料	工業原料	直接燃焼	ガス化（熱分解）	ガス化（部分酸化）	アルコール発酵		メタン発酵
廃棄物系	家畜糞尿（9,100 万 t）	80%利用：堆肥化									・農地還元が限界にきている地域があること、比較的含水率が高いことから、メタン発酵によるエネルギー利用を促進する。
	下水汚泥（7,600 万 t） 濃縮汚泥ベース	60%利用：建築資材・堆肥 40%未利用：埋立									・農地還元分についてエネルギー利用への転換を図る。特に、比較的含水率が高いことから、メタン発酵によるエネルギー利用を促進する。
	し尿汚泥（3,200 万 t）	ほぼ全量が未利用：焼却・埋立									・未利用部分が多く、比較的含水率が高いことから、メタン発酵によるエネルギー利用を促進する。
	食品系廃棄物（1,900 万 t）	10%利用：堆肥・飼料 90%未利用：焼却・埋立									・賦存量は少ないが、未利用部分が多く、比較的含水率が高いことから、メタン発酵によるエネルギー利用を促進する。アルコール発酵によるエネルギー利用も促進する。
	製材工場等残材（610 万 t）	ほとんどがエネルギーや肥料として利用									・現状の燃料としてのエネルギー利用を維持し、さらに農地還元利用分からエネルギー利用へ転換する。

¹⁴ バイオマス資源の賦存量及び現在の利用状況は、バイオマス・ニッポン総合戦略 閣議決定（2002.12）より

分類	バイオマス資源（賦存量）	現在の利用状況	技術的な適用可能性								エネルギー利用の方向性	
			資源利用			エネルギー利用						
			肥料	飼料	工業原料	直接燃焼	ガス化（熱分解）	ガス化（部分酸化）	アルコール発酵	メタン発酵		
	建築発生材（480万t）	約60%未利用										<ul style="list-style-type: none"> 再資源化利用を促進するが、再資源化利用が困難なものは、エネルギー利用を促進する。 含水率が低いことから、直接燃焼、ガス化等のエネルギー利用を促進する。
	紙（3,100万t）	半分以上が古紙リサイクル残りの1,400万tの大半が焼却										<ul style="list-style-type: none"> 再資源化利用を促進するが、再資源化利用が困難なものは、エネルギー利用を促進する。 含水率が低いことから、直接燃焼等のエネルギー利用を促進する。
	黒液（1,400万t）乾燥重量	概ね全量が利用（直接燃焼）されている										<ul style="list-style-type: none"> 現状のエネルギーとしての利用形態を維持する。
未利用	農作物非食用部（1,300万t）	30%利用：堆肥化・飼料・畜舎敷料 70%：農地にすき込み										<ul style="list-style-type: none"> 未利用部分が多く、ガス化（部分酸化）アルコール発酵への適用可能性が高いことから、エネルギー利用への転換を図る。
	林地残材（390万t）	ほとんどが未利用										<ul style="list-style-type: none"> 未利用部分が多いことから、直接燃焼、ガス化等への活用を促進する。

表 2-4 メタン発酵技術の各タイプの特徴

名称	メタクレス	メビウスシステム	REM システム	ビューラーシステム (コンボガス)	DRANCO システム	コーンズ・シュマック・バイオガス・システム	食品廃棄物ガス化発電システム	BIGADAN 方式	IMC システム
方式	高温・湿式	高温・湿式 (WAASA)	中温・湿式 (BIMA)	高温・乾式	高温・乾式	中温		湿式	好気/嫌気 2 段階発酵
資源の種類と投入規模	生ごみ 6t/日 (設計値) ¹	し尿 10kl/日 浄化槽汚泥 6kl/日 収集ごみ 4t/日 事業系ごみ 4t/日 (設計値) ²	生ごみ 55t/日 (設計値) ⁴	生ごみ・剪定ごみ・紙 計 3t/日 (設計値) ⁵ 生ごみが 2.5-3.0t/日を占める。	豚糞尿 0.39t/日 可燃ごみ 0.195t/日 生ごみ 0.065t/日 計 0.65t/日 (設計値) ⁶	牛糞尿 18 m ³ /日 (設計値) ⁷	生ごみ 0.4~20t/日 (設計値) ⁸	家畜糞尿・有機産廃 計 100t/日 (設計値) ⁹	生ごみ 33 t/日 (設計値) ¹⁰
バイオガス発生量	1,200N m ³ /日 (目標値) ¹	135N m ³ /日 (実績値) ³	4,000N m ³ /日 (設計値) ⁴	300N m ³ /日 (目標値) ⁵	88N m ³ /日 (実績値) ⁶	600N m ³ /日 (設計値) ⁷	-	-	3,300 m ³ /日 (設計値) ¹⁰
バイオガス発生効率	200N m ³ /t 生ごみ (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)	403N m ³ /t CODcr (試算値: 実績値 CODcr335kg/日 ³ を使用)	73N m ³ /t 生ごみ (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)	100N m ³ /t 投入量 (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)	135N m ³ /t 投入量 (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)	33N m ³ /m ³ 牛糞尿 (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)	-	-	100 m ³ /t 投入量 (試算値: バイオガス発生量 / 投入量)
メタン濃度	65% (設計値) ¹	67% (実績値) ³	60% (設計値) ⁴	60% (設計値) ⁵	52% (実績値) ⁶	-	-	-	65% (設計値) ¹⁰
占有面積	環境省の神戸事例 ¹ 敷地面積: 約 2,800m ² 施設敷地面積: 約 2,000m ² 発酵槽: 138m ³ (直径 5.2m × 高さ 8.8m) ガスホルダ: 30m ³	下伊那郡西部衛生施設組合の事例 ² 敷地面積: 約 4,700m ² 建築面積: 約 900m ² 延床面積: 約 1,997m ²	基本仕様 ⁴ 発酵槽: 2,100 m ³ ガスホルダ: 1,000 m ³	京都市の事例 ⁵ 敷地面積: 約 2,200m ² 建築面積: 約 400m ²	屋久町・鹿児島大学・栗田工業パイロット事例) ⁶ 発酵槽: 22m ³	A 農場の事例 ⁷ 一次発酵槽: 260m ³ 二次発酵槽: 800 m ³ ガスホルダ: 300 m ³	基本設計 ⁸ 延床面積: 100~1,000 m ² (ガス化発電プラント部分) 発酵槽: 13~760m ³	基本設計 ⁹ 敷地面積: 約 15,000 m ² (堆肥舎含む) 消化槽: 2,000 m ³ ガスホルダ: 1,000 m ³	基本設計 ¹⁰ プラント施設面積: 約 440 m ² (水処理プラントは含まない)
施設内訳	前処理施設、メタン発酵施設、排水処理施設、燃料電池、ガス利用施設 等 ¹	前処理施設、メタン発酵施設、汚泥処理施設、ガス発電施設、し尿処理施設 等 ²	前処理施設、メタン発酵施設、温水ボイラー施設、堆肥化施設、水処理施設 等 ⁴	前処理施設、メタン発酵施設、ガス発電施設、堆肥化施設、水処理施設 等 ⁵	前処理施設、メタン発酵施設、発電施設、炭化施設 等 ⁶	流入槽、メタン発酵施設、貯留槽、ガス発電施設 等 ⁷	サテライト、メタン発酵施設、燃料電池 / マイクロガスタービン、排水処理設備 等 ⁸	前処理施設、メタン発酵施設、ガス発電施設、排水処理施設、堆肥化施設 等 ⁹	前処理施設、メタン発酵施設、発電施設、排水処理施設、堆肥化施設 等 ¹⁰
出典	1: 鹿島カタログ「生ごみバイオガス化燃料電池発電施設」	2: 下伊那郡西部衛生施設組合カタログ「廃棄物循環資源化施設くりーんひる西部」 3: 環境技術 vol.29 No.9(2000)矢野聡「メビウスシステム・REM システム(し尿等の混合処理)」	4: 用水と廃水 vol.44 No.10(2002)毛塚博明他「生ごみ・汚泥等の高効率メタン発酵処理システム」	5: バイオガス研究会・京都市パンフレット「バイオガス化技術実証研究プラント」	6: 用水と廃水 vol.44No.10(2002)三崎岳郎「特集: 有機性汚泥の減容化とバイオガス化家畜糞尿を主体とした複合廃棄物資源回収技術」	7: メーカー技術資料	8: エキシー カタログ「食品廃棄物ガス化発電システム」	9: 川崎製鉄 カタログ「川鉄 - ビガダン方式バイオガスシステム」	10: 環境技術 vol.29No.9(2000)堂野千里「生ごみのバイオガス化技術(IMC バイオガス回収システム)について」

各種資料よりパシフィックコンサルタンツ作成。

2) 燃料電池に利用した場合の温暖化対策としてのポテンシャル

バイオマス資源のうち、廃棄物系バイオマスは、現状では費用をかけて収集・処分しているが、このコストを、発生源でエネルギー利用することで低減し、さらに、エネルギー回収による便益が得られるシステムを構築することで、その利活用が比較的早期に進む可能性がある。特に、発生量の多い家畜糞尿、下水汚泥、食品系廃棄物等の利用可能性が高い。また、これらのエネルギーとしての利用に際しては、その含水率の高さから、当面はメタン発酵技術を適用することが想定される。家畜糞尿、下水汚泥、食品系廃棄物をメタン発酵し、燃料電池に活用したと想定した場合の潜在的な温室効果ガス排出削減効果は、表 2-5 に示すとおりであり、全電源平均で 656ktCO₂、火力平均で 1,293ktCO₂ と推計される。試算にあたっての燃料電池の適用想定条件を表 2-6 に示す。

表 2-5 二酸化炭素排出削減効果の試算値

単位：ktCO₂

資源	電力対応	全電源平均	火力平均
家畜糞尿		113	216
下水汚泥		148	282
食品系廃棄物		395	795
合計		656	1,293

注) ここで、削減量の評価を行うための電力の排出係数としては、中央環境審議会目標達成シナリオ小委員会中間取りまとめ(2001年7月)で示されている2010年数値として、全電源平均対応 0.34kgCO₂/kWh、火力平均対応 0.65kgCO₂/kWhを使用した。

表 2-6 燃料電池の適用想定条件

バイオマス資源	燃料電池の適用想定条件
家畜糞尿	中央環境審議会地球環境部会「目標達成シナリオ」小委員会中間とりまとめの低位ケース。 乳用牛：北海道の糞尿分離処理（貯留）を実施している酪農家の2割 豚：2,000t以上を飼養する養豚家の4割
下水汚泥	現在発生している消化ガスのうち、ボイラー及び消化槽加温に使用されている量については、消化ガスを燃料電池で利用した際に得られる排熱により賄えるものと仮定し、現在使用されていない消化ガスの量との合計を燃料電池利用の対象量として設定。
食品系廃棄物	焼却処分されている産業廃棄物、事業系一般廃棄物のうち食べ残しに相当する量をメタン発酵する。
その他の共通条件	発電効率 38% 余剰電力を売電

(4) バイオマス資源の利用における留意事項

バイオマス資源から水素を取り出して燃料電池に利用することを前提とした場合、バイオマス資源の特性に起因する様々な問題点・課題が想定される。既に品質の安定性が保証され、ハンドリング技術や流通形態が確立している化石燃料に比べ、バイオマス資源は発生源が地理的に分散している上に、水分含有量が多い等の特性のため収集が困難であり、質や量の季節変動、不純物の混入等も予想される。したがって、バイオマス資源の利用にあたっては、以下の点に留意する必要がある。

- ・バイオマス資源の質及び量等に関する定量的情報の蓄積・データベース化が必要である。
- ・バイオマス資源の収集・分別には相当のコスト、エネルギーを要するため、可能な限りバイオマスの発生源で利用できる形態を選択することが望ましい。
- ・収集・分別を実施せざるを得ないケースでの対応として、低コストで効率良く収集・分別できる技術・システムの開発・導入を促進する必要がある。
- ・発生する残渣の処理、有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理、悪臭への対処等、周辺生活環境保全のための措置が求められる。これらの対策には相当のコスト、エネルギーを要するため、低コストで効率的な処理技術の開発・導入を促進する必要がある。
- ・メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術、品質評価等の研究開発も推進する必要がある。ただし、液肥としての利用可能性は、還元できる農地の有無等、地域特性により限定される点に留意が必要である。
- ・バイオマス資源と燃料電池を組合せたシステムの有効性に関して、LCAの観点を含む総合的かつ定量的な評価を行う必要がある。
- ・バイオマス資源利用に対する社会全体の認識、受容性等を向上させるソフト面の施策を講じる必要がある。

さらに、バイオマス資源と燃料電池を組合せるための過渡的段階では、バイオマスから製造したメタンガスの質及び量の不安定さを補う観点から、既にインフラが整備されている都市ガスとの系統連系を前提としたシステムの導入・普及や、バイオマス資源の利用拡大の観点から、自動車燃料へのバイオエタノール混合・利用の導入・普及等、バイオマス資源を用いた新たな技術の実用化を進めることによって、バイオマス利用の技術的・社会的な経験を蓄積し、その上でバイオマス資源から製造した水素の燃料電池への利用を導入・普及させ、将来の水素エネルギー社会への移行を加速していくことが期待される。

3. 燃料電池によるバイオマス資源の利用の現状、可能性及び課題

3.1 燃料電池によるバイオマス資源利用の現状と可能性

(1) 家畜糞尿利用の現状と可能性

家畜糞尿については、北海道等を中心にバイオマス資源としての利用に関する取組が進められている。酪農学園大学、帯広畜産大学等の大学やメーカーによって家畜糞尿バイオガスとガスエンジン、ディーゼルエンジン等を組合せた試験プラントが設置されている。

事例：帯広畜産大学

時期： 2001年より2006年まで研究予定

出力規模： 250W

燃料電池種類： 固体高分子形燃料電池

概要：

・家畜糞尿のメタン発酵により得られるメタンガスを原燃料とし、小型軽量ポータブルタイプの固体高分子形燃料電池での実験を実施している。

出典：「帯広畜産大学における家畜糞尿バイオガスを使った燃料電池」帯広畜産大学畜産学部畜産学科 西崎邦夫 (<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/3> . 帯広畜産大学.pdf)

帯広畜産大学では、家畜糞尿のメタン発酵により得られるメタンガスを原燃料とし、ガスエンジン 15kW 1基とともに、固体高分子形燃料電池 250W 1基を発電設備として実験を行っている。燃料電池は、通常は家庭用カセットボンベ（液化ブタン）を利用する小型軽量（全長 650mm、全幅 360mm、全高 450mm、質量 55kg）ポータブルタイプであり、バイオガスを利用するために、改質器を改造し、ガス流量と反応温度を基に制御パラメータを設定し、最適化を検討している。本実験により、厳寒地域で乳牛の糞尿と有機性廃棄物のメタン発酵処理が可能であることを実証するとともに、燃料電池による高度エネルギー変換技術の実用化、メタン発酵液の有効活用等を通じた酪農地域における低コストプラント普及モデルの確立を目指している。北海道は、水素エネルギーの供給源となる天然ガス、バイオマス等が豊富にあること、水素の貯蔵・供給に関する革新的技術が北海道大学に集積していること、冬季の熱需要が他地域に比べて大きいこと等の特性により、燃料電池の活用が期待されている。

<可能性>

家畜糞尿は、その約 8 割が堆肥として利用されているが、窒素成分等を考慮した場合、農地への還元が限界にきている地域もあり、今後はエネルギー利用等への多様化を図ることが求められる。また、家畜糞尿の多くは農山村地域で発生することから、これを有効利用することにより、農山村地域の自然循環機

能の維持、生活環境の保全、基幹産業の維持を図る効果も期待できる。

(2) 下水汚泥利用の現状と可能性

下水汚泥を利用した例としては、横浜市下水道局の北部汚泥処理センターにおける事例、苫小牧市西町下水処理センターにおける事例等がある。

事例：横浜市下水道局北部汚泥処理センター

時期： 1999年11月から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・下水汚泥処理により生ずる消化ガス(メタン成分)を燃料とし、りん酸形燃料電池で発電を行っている。

出典：燃料電池導入ガイドブック(2000.3) NEDO・燃料電池開発情報センター

事例：苫小牧市西町下水処理センター

時期： 2001年9月より2002年11月までフィールドテスト

出力規模： 250kW

燃料電池種類：固体高分子形燃料電池

概要：

- ・下水汚泥消化ガスを使用した都市ガス用固体高分子形燃料電池発電システムのフィールドテストを、苫小牧市西町下水処理センターにおいて実施した。75 程度の排熱が得られる。

出典：燃料電池 Vol.1 No.3 (2002.1)燃料電池開発情報センター 「苫小牧市西町下水処理センターにおける下水汚泥消化ガスを使用した燃料電池発電システム」荏原製作所 新エネルギー事業本部 (<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/4> . 荏原製作所.pdf)

横浜市では、下水処理場で発生する汚泥を送泥管により北部及び南部の汚泥処理センターに集約し、嫌気性消化タンクで有機物を分解している。従来から消化ガス発電設備(レシプロガスエンジン)により消化ガスを有効利用していたが、ガスエンジンが耐用年数に達した際の代替候補の一つとしてメーカーとの共同実験を始め、200kW のりん酸形燃料電池1基を導入した。原燃料として用いる消化ガスは、燃料ガス前処理装置において前段の脱硫塔で除去できなかった微量の硫黄酸化物の除去等を行った上で燃料電池システムに導入している。都市ガス等による補填は想定されておらず、これは、燃料電池は本施設における主要な電力源ではなく、ガスエンジンの電力で賄うことが十分可能であること、また、都市ガス代がかかること等の理由による。成分の問題により稼働を停止したケースはほとんどなく、稼働率は約98%を達成している。また、燃料電池により得られる電気は、ガス発電設備の補機母線に常時接続し、所内動力として使用している。熱は、施設内に比較的豊富にあり、燃料電池から得られ

る熱の温度に見合う利用用途もないことから、現在利用されていない（横浜市事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。

苫小牧市西町下水処理センターでは、250kW の固体高分子形燃料電池を利用したフィールドテストを実施している。消化ガスの精製にジエタノールアミン水溶液を利用しており、燃料電池からの 75 程度の排熱をジエタノールアミン水溶液の再生に利用している。本システムの燃料電池は、バラード・ジェネレーション・システムズ社製であり、NTT、荏原製作所、荏原バラードの 3 社がこの 250kW 都市ガス用固体高分子形燃料電池を用いたコージェネレーションシステムの共同研究を進めている。また、福岡市下水道局では、250kW の熔融炭酸塩形燃料電池（フュエル・セル・エナジー社製）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。

<可能性>

下水汚泥やし尿汚泥は、まだ未利用の部分が多いこと、また、既存インフラにより一箇所に集中搬入されるシステムは確立しており、新たな原燃料の収集・運搬システムを必要としないこと等から、集中型のシステムとしての可能性を有している。

(3) 食品系廃棄物利用の現状と可能性

食品系廃棄物を利用した例としては、環境省が神戸市において生ごみを対象に実施した実証実験の事例がある。

事例：神戸市ポートアイランド

時期： 2001 年度より 3 年間

出力規模： 100kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・事業系（ホテル等）生ごみのメタン発酵により得られるバイオガスを燃料とする燃料電池発電施設を神戸市ポートアイランド地区に設置している。

環境省では、バイオマスエネルギーを利用した先進的温室効果ガス削減システムを構築し、その効果やシステムのあり方等の検証や成果の普及を目的として、神戸市ポートアイランドに 200kW のりん酸形燃料電池 1 基を導入した。原燃料として用いる生ごみは、近隣のホテル等から収集・運搬し、異物の除去・脱硫等の前処理を行った上で投入している。問題点として、収集・運搬及び前処理のプロセスが高コストであり、前処理に相当の電力を要すること、メタン発酵槽からの発酵液を有機物、窒素、リン等除去のため高度排水処理する必要があるが、その排水処理が相当の電力を要し、高コストであること、独立立地

の施設であるため熱が有効利用できていないこと等が挙げられる。

生ごみ利用については、上記事例のほかに、京都市、屋久島、北海道北見等でガスエンジン等との組合せによる実証実験が実施されている。食品系廃棄物を排出し、かつ電力・熱の需要もある施設としては、住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア等も想定される。しかし、ホテル、病院等における都市ガス利用燃料電池の事例や、スーパー等の生ごみ堆肥化の事例はあるものの、食品系廃棄物メタンガスと燃料電池を組合せた事例はまだ少ない。

<可能性>

現状では、食品系廃棄物の約 9 割は焼却・埋立処分されている。発生源が分散しており、収集・分別のシステム構築が容易ではないが、家畜糞尿や下水汚泥等と比べて単位あたりバイオガス発生量が多いことから、エネルギーとしての有効利用を進めることが期待される。

(4) 有機系工場排水（ビール工場の排水）利用の現状と可能性

有機系工場排水を利用した例としては、サッポロビール千葉工場、アサヒビール四国工場、麒麟ビール栃木工場等における事例がある。

事例：サッポロビール千葉工場

時期： 1998年6月から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・ビール製造過程の廃水の嫌気性処理により発生する発酵ガスを燃料として使用している。

出典：燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター

事例：アサヒビール四国工場

時期： 1998年から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・ビール製造時の排水処理時のメタンガスを燃料として利用している。燃料電池による電力により工場電力の5%を賄う。

出典：燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター 愛媛新聞
2001.1.1

事例：麒麟ビール栃木工場

時期： 1998 年から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・ 栃木工場（栃木県塩谷郡高根沢町）に導入し、嫌気性排水処理設備において発生するメタンガスを燃料として活用している。好気性排水処理のみでの処理に比べ、電力使用量、汚泥処理運搬コスト削減につながっている。

出典：燃料電池 Vol.1 No.1（2001.7）燃料電池開発情報センター

サッポロビール千葉工場では、高濃度嫌気性排水処理設備を設置していたが、発生するメタンガスの燃焼用ボイラーの代替として 200kW のりん酸形燃料電池 1 基を導入した。原燃料として用いる排水は、仕込工程の副産物である廃液、タンク洗浄の排水等が含まれている。前処理として水や苛性ソーダによる洗浄、脱硫を行った後、メタン濃度約 85%程度で投入しており、バイオガスの発生量が少ない場合は、燃料電池の起動停止を避け、都市ガスの補填により対応している。燃料電池により得られる電気は、系統連系により工場内の電力として、熱は、熱交換器を通して工場内の給湯用に利用しており、工場全体の電力使用の 3～5%程度、熱使用の 2%程度を賄っている（サッポロビール事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。また、麒麟ビールの取手工場では、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）を導入して運転を開始している。

<可能性>

有機系工場排水の発生する工場としては、規模の大きいビール工場のみでなく、比較的小規模な食品工場（醤油、酒製造工場等）等もある。

(5) 廃メタノール利用の現状と可能性

廃メタノールを利用した例としては、セイコーエプソンにおける事例がある。

事例：セイコーエプソン

時期： 1999 年 8 月より運転開始

出力規模： 200kW（2 基）

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・ エネルギー消費の多い液晶表示体事業部の主力工場である豊科事業所（長野県豊科町）に導入している（伊那事業所においても 2000 年より 2 基運転開始）

出典： 燃料電池 Vol.1 No.1（2001.7）燃料電池開発情報センター 燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター

セイコーエプソンでは、携帯電話等に使われる液晶の生産量増加に伴う工場での電力需要の増加を背景に、液晶ディスプレイの主生産工場である豊科事業所に200kWのりん酸形燃料電池2基を導入した。原燃料として用いるメタノール年間約1,500tのうち、1,450tが購入したメタノール、50tが別の事業所で発生する廃メタノールである。ガスパイプラインが敷設されていないこと、今後、燃料電池の原燃料としてメタノールが汎用化される可能性があることなどの理由により、メタノール及び廃メタノールが採用された。メタノールからの水素供給にトラブルが生じる等の緊急時にはLPG等の利用が想定されているが、これまでに実際にLPG等を補填した例はない。燃料電池により得られる電気は、系統連系により工場内の電力として、蒸気は純水加熱に、温水は空調とボイラー補給水等に利用している。企画段階では、施設全体のエネルギー消費の3~4%程度を賄うことが想定されていたが、その後の工場新設により割合は低下している。また、事業所の熱需要は全体の30%程度を占め、熱を利用しやすい状況にはあるものの、夏季には85℃温水の余剰が生じている（セイコーエプソン事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。

<可能性>

廃メタノールの有効利用は、廃棄物処理費の削減につながる等のメリットも有する。廃メタノールあるいは廃アルコール等、同様の廃棄物を排出する工場等における適用可能性を有している。

3.2 燃料電池によるバイオマス資源利用の課題

(1) 技術的課題

- ・現在のところ、バイオマス資源利用との組合せによる燃料電池の導入事例では、苫小牧市の事例（固体高分子形燃料電池）、麒麟ビールや福岡市の事例（熔融炭酸塩形燃料電池）を除き、ほとんどがりん酸形燃料電池を利用している。当面、最も導入・普及が期待される固体高分子形燃料電池については、初期導入の段階から、メタン発酵と組み合わせた実証実験等を推進し、基礎データの取得、分析、評価を進める必要がある。また、実証段階にある熔融炭酸塩形燃料電池についても、要素技術開発を進めつつ、メタン発酵と組み合わせた実証実験等を推進する必要がある。
- ・これまでの導入事例では、燃料電池本体のトラブルはほとんど生じておらず、稼働率も高いものの、ポンプの水漏れ、配管の腐食等、水周りにおけるトラブル等が生じていることから、周辺機器の性能向上に資する技術開発を促進

する必要がある。

- ・燃料電池本体がコンパクトにパッケージ化されている点は、設置スペースや外観の面では良いが、メンテナンスを行う上での作業性の点で問題があり、メンテナンスコストにも影響している可能性がある。また、燃料電池本体が外国製の場合、ネジ等規格に合わない部品が多く、部品の在庫が不足気味である点、故障の原因追及が十分にできない点等が問題となっている。メンテナンスの容易性に配慮したパッケージ化技術の開発、メンテナンスの基盤体制整備等が必要である。
- ・バイオマス資源、特に家畜糞尿や食品系廃棄物の有効利用にあたっては、分別・収集のプロセスが高コストでエネルギー多消費にもつながることから、まず、バイオマス資源の分別・収集を必要としない利用形態をとることが重要となる。バイオマス資源の発生源でメタン発酵させ、エネルギーとして利用するオンサイト型の実証実験等を行い、効果的なモデルシステムを構築していく必要がある。
- ・分別・収集を実施せざるを得ないケースでの対応として、低コストで効率良く分別・収集できる技術・システムの開発・導入を促進する必要がある。
- ・発生する残渣の処理、有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理、悪臭への対処等、周辺生活環境保全のための措置が求められる。これらの対策には相当のコスト、エネルギーを要するため、低コストで効率的な処理技術の開発・導入を促進する必要がある。
- ・メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術、品質評価等の研究開発も推進する必要がある。ただし、液肥としての利用可能性は、還元できる農地の有無等、地域特性により限定される点に留意が必要である。
- ・工業系廃棄物に関しては、廃メタノールや廃アルコール等が利用可能性を有しているが、原燃料として必要な量の確保・調達のための情報整備や、改質用触媒の高効率化、低コスト化のための技術開発が必要である。

(2) 費用面の課題

- ・現状では、燃料電池による発電電力を電力会社に売電する際の売電単価が安価に設定されているため、売電によるコストメリットが期待できない。したがって、燃料電池の利用に際しては、オンサイトで電気を利用できる環境が経済性の面から望ましい。
- ・燃料電池導入時のイニシャルコスト(りん酸形燃料電池で約 40～60 万円/kW、

200kW で約 1 億円程度) については、現状では補助金が 1/2 ~ 1/3 程度交付され、ある程度ユーザーの負担が軽減されている。しかし、りん酸形燃料電池のメーカーとのメンテナンス契約(遠隔監視を含む)を含むメンテナンスコストは年間約数百万~1 千万円、加えて、5 年に 1 回必要となる燃料電池のセル及び触媒の交換にイニシャルコストの 5 割相当の約 5 千万円がかかるといわれており、ユーザーにとって過大な負担となっている。セルの交換が 7.5 年に 1 回で済むように耐久性を向上させるなど、技術開発の促進による燃料電池のイニシャルコスト、メンテナンスコストの低減が必要である。

- ・ 分別・収集のプロセスについては、技術的課題で前述しているように、高コストにつながることから、まず、バイオマス資源の分別・収集を必要としない利用形態をとることが重要となる。また、分別・収集を実施せざるを得ないケースでの対応として、低コストで効率良く分別・収集できる技術・システムの開発・導入を促進する必要がある。
- ・ 発生する残渣の処理、有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理、悪臭への対処等については、技術的課題で前述しているように、低コストで効率的な処理技術の開発・導入を促進する必要がある。

(3) 熱及び電気の需要と供給のマッチング

- ・ 全般に、工場等においては、温水(特に低温水)の利用が難しく、熱効率中の約半分が使用できていない事例が多い。しかし、低温水は、家庭や商業施設等の給湯水への利用には適していることから、家庭や商業施設レベルでのオンサイト電源として燃料電池を導入することで、熱も含めた総合エネルギー効率を高められる可能性がある。また、熱需要の比較的大きい施設である、病院、福祉施設、クリーンルームを所有する工場、コンビニエンスストア等への普及を図ることも必要である。
- ・ 大規模工場では、数千~数十万 kW の発電容量を必要としており、固体高分子形燃料電池やりん酸形燃料電池の発電容量では電力需要のごく一部を賄うにすぎない。また、熱需要の大きな工場では、前処理が少なく安価にメタンガスを利用できるボイラーが選択されやすい場合もある。大規模工場においては、高温型で発電容量の大きい熔融炭酸塩形燃料電池が実用化されれば需要とのマッチングの面で期待できる可能性がある。現状では、熔融炭酸塩形燃料電池は実証段階にあることから、引き続き構成部材の耐久性向上を図るとともに、メタン発酵と組合せた実証実験等も促進していく必要がある。

(4) 法制度的課題

- ・現状では、系統連系及び逆潮流関連の許可を得るための手続きに時間を要する、燃料電池導入に伴い契約電力を変更する際に提出を求められる実績データの期間が燃料電池設置後1年間分となっており、結果としてコストメリットが少なくなる等の問題がある。手続きの短縮化、契約電力変更手続きにおける提出実績データの期間短縮化等を電力会社に働きかける必要がある。
- ・メタノールタンク、災害時対応のためのバルクタンク等の設置に際して、保管量や距離に関する消防法上の制約があることから、設置スペースを多く必要とし、ユーザーにとって負担となっている。
- ・バイオマス資源の分別・収集の困難さ、売電単価の安さ、熱利用のしやすさ等を考慮すると、発生源単位でのオンサイト型システムを選択することが望ましいが、その際には、残渣や排水の処理、設備のメンテナンス等を行う管理運営主体の体制整備・システムづくりを併せて行う必要がある。

< 燃料電池によるバイオマス資源利用の課題 >

分野	課題
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固体高分子形、熔融炭酸塩形等とメタン発酵を組合せた実証実験の推進 ・ 周辺機器の性能向上に関する技術開発の促進 ・ メンテナンスの容易なパッケージ化技術の開発、メンテナンスの体制整備 ・ オンサイト型実証実験の推進（バイオマス資源の収集が不要） ・ バイオマス資源の効率的な分別・収集技術等の開発・導入の促進 ・ 効率的な残渣処理技術、排水処理技術等の開発・導入の促進 ・ 消化液の液肥としての活用技術の研究開発（農村地域等に限定される） ・ 廃メタノール等に関する情報整備、改質用触媒の低コスト化
費用面の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料電池のイニシャル・メンテナンスコスト低減に資する技術開発の促進 ・ オンサイト型実証実験の推進（バイオマス資源の収集が不要） ・ バイオマス資源の低コストの分別・収集技術等の開発・導入の促進 ・ 低コストの残渣処理技術、排水処理技術等の開発・導入の促進
熱及び電気の需要と供給のマッチング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温水の有効活用が可能な家庭や商業施設への導入促進 ・ 大容量発電に適した熔融炭酸塩形燃料電池等の技術開発の促進
法制度的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 系統連系及び逆潮流関連手続きの短縮化 ・ 消防法におけるタンクの保管量及び建築物からの距離の緩和 ・ 残渣や排水の処理等を行う管理運営主体の体制整備

4. バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件と方向性

(1) バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件

バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの基本的な要件としては、まず、どのようなバイオマス資源を対象として捉えるか、次に、どのような燃料電池の利用を想定するか、という二点がある。

対象とするバイオマス資源については、2.において見たように、当面は、廃棄物系バイオマスが有望な資源として想定される。現状では費用をかけて収集・処分しているが、このコストを、発生源でエネルギー利用することで低減し、さらに、エネルギー回収による便益が得られるシステムを構築することで、その利活用が比較的早期に進む可能性がある。特に、発生量の多い家畜糞尿、下水汚泥、食品系廃棄物等の利用可能性が高い。また、これらのエネルギーとしての利用に際しては、その含水率の高さから、当面はメタン発酵技術を適用することが想定される。その際、環境負荷低減対策として、メタン発酵後の消化液に含まれる有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理システムと組合せることが必要不可欠である。

一方、燃料電池については、国内でのこれまでのバイオマス資源との組合せ事例においては、りん酸形燃料電池を導入している場合がほとんどである。しかし、りん酸形燃料電池は、特にセル交換等を含むメンテナンスコストの高さがネックとなっており、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方向を模索する必要がある。一方で、近年では、2004～2005年度の限定市場導入を目指して、家庭用固体高分子形燃料電池の開発が急速に進んでいるほか、下水汚泥消化ガスからの水素を利用した熔融炭酸塩形燃料電池の実証研究や、超小型燃料電池の技術開発等が進みつつある。したがって、バイオマス資源と燃料電池の組合せについては、各々の燃料電池の特性、技術の成熟度、導入サイドの熱・電気の需要特性等に応じて、様々な組合せの形態を並行して実証していくことが想定される。

< バイオマス資源利用燃料電池システムのイメージ >

ここで、バイオマス資源利用燃料電池システムのイメージを具体化するため、生ごみを対象として捉え、生ごみの発生から処理に至るプロセスに注目して見た場合、以下の3つの具体的なバイオマス資源利用燃料電池システムが考え得る。

オンサイト熱電併給型システム

ある程度まとまった量の生ごみ発生源（集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等）の立地に合わせて、生ごみバイオガス化燃料電池システムを近接・分散させ、発生源単位で生ごみを処理し、得られる熱・電気を利用する。

自治体ごみ処理施設併設型システム

自治体のごみ処理施設に生ごみバイオガス化燃料電池システムを併設し、従来の生ごみ処理の流れを大きく変えることなく、自治体が生ごみを収集・処理し、得られる熱・電気を利用する。

集中発電供給施設型システム

電力供給に主眼を置き、広域的に生ごみを収集して生ごみバイオガス化燃料電池システムに導入し、得られる電気を最大限に活用する。

表4-1に、各システムのメリット、デメリット及び実現に必要な条件を整理する。

表 4-1 バイオマス資源利用燃料電池システムのメリット、デメリット等

システム	メリット	デメリット	実現に必要な条件
オンサイト 熱電併給型	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみの分別・収集に必要となるコスト、エネルギー分が削減される。 ・電力、熱を必要とする家庭や業務施設にオンサイトで熱電供給を行うことができるため、熱が有効利用しやすく、電気代節減等のコストメリットにつながる。 ・生ごみ等がまとまって発生する場所で行うため、ある程度、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の設置スペースを必要とする。 ・集合住宅単位等でメンテナンス等の管理体制を構築する必要が生ずる。 ・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる(ただし、排水処理等の維持管理コストは受益者であるユーザーが負担する仕組みが可能)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施設に、ディスプレイシステム等、自動的に生ごみを分別・前処理するシステムが導入されていることが前提となる。 ・集合住宅の場合、既築、新築の双方の場合において、コストについての入居者の合意が前提となる。
自治体ごみ 処理施設併 設型	<ul style="list-style-type: none"> ・従来型ごみ処理の流れを大きく変更する必要がない。 ・設備の設置スペースが比較的確保し易い。 ・自治体施設への併設であるため、ごみの収集、メンテナンス等の管理体制が組み易い。 ・生ごみ等を1箇所に集中搬入するため、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみの分別に相当のコスト、エネルギーを要する。 ・熱の利用用途が、一般廃棄物処理施設付近での用途に限定される。 ・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる。 ・建設費、用地費がある程度高くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・1)可燃ごみから生ごみを分別する効率的かつ低コストな分別技術・システムを導入する、2)生ごみみの分別・収集システムを構築する、3)事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、事業の採算性が成立するような適正な処理費用を設定して受け入れる、等の条件が前提となる。
集中発電供 給施設型	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみ等を1箇所に集中搬入するため、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域的に生ごみ等を分別・収集するシステムの構築が必要となる。 ・生ごみの分別・収集に相当のコスト、エネルギーを要する。 ・熱供給が困難であるほか、現状の売電単価ではコストメリットが期待できない。 ・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる。 ・設備の設置スペースを必要とする。 ・建設費、用地費が高くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・売電だけで経済性を成立させる必要があり、余剰電力を電気事業者が適切な単価で受け入れることが前提となる。 ・生ごみ等の資源が大量かつ均質な状態で確保できることが前提となる。

ここでのメリット、デメリットは、各システムの生ごみ収集からエネルギー利用までのシステムの範囲のみを対象に想定しており、例えば、関係する地域全体のごみ収集システムに及ぼす影響や住民等への普及啓発効果等は、システムの範囲外として見込んでいない。

以上の基本的な要件や、生ごみを対象として考えた各システムのメリット・デメリットをふまえると、現状では、集中電力供給施設型の設備を経済的に成立させることは困難であり、オンサイト熱電併給型あるいは自治体ごみ処理施設併設型の2つの形態が想定される。さらに、生ごみのみでなく、家畜糞尿、有機系産業廃棄物、下水汚泥等に対象を広げ、システムを導入する具体的な場、拠点に着目した場合、以下の(2)から(4)の三つの方向性を想定することができる。

なお、このようなバイオマス資源利用燃料電池システムによりもたらされる効果は、表 4-1 の例でも明らかなように、評価対象とするシステムバウンダリーをどの範囲に設定するか、また、比較対象とする技術システム等の条件をどのように設定するかによって異なるものとなる。したがって、今後、これらのシステムの温暖化対策としての効果を定量的に評価するにあたっては、システムバウンダリー及びベースラインシナリオを明確に設定して評価すべき点に留意が必要である。

(2) オンサイト熱電併給型システムのあり方と普及に向けた方針

食品系廃棄物、特に家庭系や事業系の生ごみは発生源が分散しており、収集・分別のシステム構築が容易ではない。また、現状での売電単価の安さや熱利用のしやすさを考慮すると、オンサイト型のシステムが、燃料電池の総合エネルギー効率の高さを最も活かす利用形態と考えられる。したがって、ある程度まとまった量の生ごみが発生し、かつ電力・熱の需要もある集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等を拠点とし、その発生源単位でメタン発酵・燃料電池施設を設置することが想定される。

この場合、発生源において、生ごみが自動的に分別・前処理されるような技術・システムが採り入れられることが前提となる。例えば、近年、首都圏を中心に普及が進んでいるディスポーザ付き集合住宅等(図 4-1)であれば、生ごみが自動的に分別・破碎されるため、新たな収集システムや前処理が不要となり効果的である。

ディスポーザシステムは、台所シンク排水口に設置したディスポーザと専用配管、排水処理装置からなり、定められた要求処理水質を満たすことが設置認可の条件となっている。このような排水処理を含む維持管理の費用については、受益者であるユーザーが負担する仕組みが構築されている。

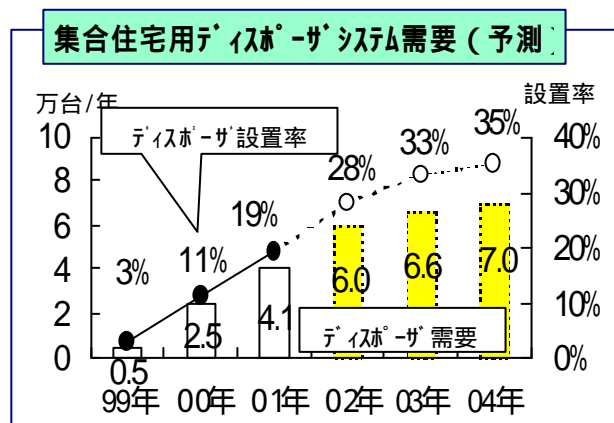


図 4-1 集合住宅用ディスポーザシステムの普及状況 (01/10 富士経済調べ)

以上のことから、普及に向けた方針としては、次の点が挙げられる。

- ・ ディスポーザ等、生ごみが生ごみの発生源において自動的に分別・前処理される技術・システムを既に備えている施設等に、実施拠点として焦点をあてる。
- ・ 生ごみの量や質の変動に対しても安定を図るため、都市ガスとの系統連系を前提としたシステムとし、生ごみは補助的エネルギー源として利用する。設計においては、電力・熱の需要量と供給量を比較検討し、需要にうまく見合うコージェネレーション設備とする。
- ・ ディスポーザと組合せる際には、定められた要求処理水質を満たす排水処理を行う。
- ・ 設備のメンテナンス等を行う管理運営の体制整備・システムづくりを併せて行う。

(3) 自治体ごみ処理施設併設型システムのあり方と普及に向けた方針

自治体はごみ処理施設を有しており、食品系廃棄物や下水汚泥等、バイオマス資源の集約・活用拠点の一つとしての可能性を持っている。既存のごみ処理施設にメタン発酵・燃料電池施設を併設すれば、従来のごみ処理の流れを大きく変えることなく、バイオマス資源を利用することができる。ただし、それには、バイオマス資源の収集・分別のためのコスト、エネルギー消費を生じさせない工夫や新たな技術の導入が前提となる。以上のことから、普及に向けた方針としては、次の点が挙げられる。

- ・ 自治体のごみ行政の中で運用し、収集コストがかからないシステムとする。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみに対して、あらかじめ生ごみのみを分別するように指導する。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、自治体の事業として採算性が成立するような適正な処理費用を設定して受け入れる。
- ・ 生ごみが可燃ごみに含まれた形で収集あるいは持ち込まれる場合には、効率的かつ低コストな生ごみ分別技術・システムの導入と併せて普及を図る。

(4) その他の活用システムの普及に向けた方針

上記のオンサイト熱電併給型、自治体ごみ処理施設併設型のように生ごみを資源として利用するシステムの他に、畜糞尿や有機系産業廃棄物、下水汚泥等、相当程度まとまったバイオマス資源の利用システムとして、酪農系の施設（家畜糞尿の利用）、工場・下水処理場系の施設（有機系産業廃棄物、下水汚泥の利用）等を拠点としたシステムが想定される。また、バイオマス資源の利用拡大の観点からは、バイ

オエタノールやメタノールの製造等にかかる技術開発を促進することも重要となる。

- ・酪農系の施設では、家畜糞尿を利用した酪農家単位等の分散型や農産物加工施設等での集中型等のシステムが想定されるが、コスト、エネルギー消費の両面から効率的なシステムを選択するとともに、液肥の有効利用技術等の研究開発と並行して普及を図る。
- ・工場・下水処理場系の施設では、有機系産業廃棄物や下水汚泥等を利用したシステムの普及を図る。大容量発電が可能な溶融炭酸塩形燃料電池等の技術開発の促進と並行して進める必要がある。
- ・メタン発酵・燃料電池による電力・熱の供給に加え、バイオマス資源の多様な利用技術として、自動車やボイラー燃料としてのバイオエタノールの製造が期待されるが、このバイオエタノールからの水素製造技術について、技術開発を促進する必要がある。

5. 燃料電池活用システムモデル事業について

4.における要件及び方向性をふまえ、ここでは、4つのタイプの燃料電池活用システムモデル事業及びバイオマス資源の利用拡大に資する技術開発促進事業を提案するとともに、これらのモデル事業実施にあたっての留意点を提示する。

(1) 生ごみを利用したオンサイト熱電併給型システムの構築

1) 意義

家庭系や事業系の生ごみの利用を考えた場合、ある程度まとまった量の生ごみが発生し、かつ電力・熱の需要もある集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等を拠点としたオンサイト分散型システムが想定される。その際には、発生源において、生ごみが自動的に分別されるような技術・システムが採り入れられることが前提となる。特に、近年、首都圏を中心に普及が進んでいるディスポーザ付き集合住宅であれば、生ごみが自動的に分別・破碎されるため、新たな収集システムや前処理が不要となり効果的である。また、家庭用の固体高分子形燃料電池が2004～2005年度に限定市場導入される予定であり、これと組み合わせることにより、生ごみを燃料として熱電供給を行うことができ、集合住宅や民生業務系施設からの二酸化炭素排出を削減できる。

2) 内容及び留意事項

- ・ディスポーザシステム等を有する新築集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等の施設において、メタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備

の整備を行う。現状では、メタン発酵装置、燃料電池等が高価であることから、初期投資に対する補助制度等を整備して普及を促進する。

- ・ 固体高分子形燃料電池は、まず戸建住宅用（1kW程度）、次に集合住宅用（数kW程度）という流れで開発が進められており、最も早い戸建住宅用でも2005年度までは基盤整備段階と想定されている。したがって、当面（2003～2004年度）は、エンジン、タービン等のコージェネレーション設備との組合せによって集合住宅・業務系施設レベルでの生ごみメタン発酵に習熟しつつ、技術成熟度に応じて数kW級燃料電池との組合せに移行する（2005年度以降）等のステップにより、普及を図る。
- ・ 都市ガスとの系統連系により、熱電併給の安定性を確保する。
- ・ ディスポーザと組合せる際には、定められた要求処理水質を満たす排水処理を行う。
- ・ 設備のメンテナンス等を行う管理運営の体制整備・システムづくりを併せて行う。
- ・ 業務系施設の電力・熱の需要規模に見合う固体高分子形燃料電池の技術開発を促進する。

(2) 自治体ごみ処理施設併設型システムの構築

1) 意義

自治体はごみ処理施設を有しており、これにメタン発酵・燃料電池施設を併設すれば、従来のごみ処理の流れを大きく変えることなく、バイオマス資源を利用することができる。自治体において収集・処理している可燃ごみから生ごみを分別、あるいは事業者等の持ち込む分別済みの生ごみの受け入れ等により、生ごみをメタン発酵・燃料電池システムに利用して熱電供給を行うことで、現在、約9割が未利用となっている食品系廃棄物の有効利用、熱電供給による二酸化炭素排出の削減が可能となる。

2) 内容及び留意事項

- ・ 自治体のごみ処理施設に収集される家庭系、事業系の生ごみを利用するメタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を行う。自治体の初期投資に対する財政的支援制度等を整備して普及を促進する必要がある。
- ・ 収集される可燃ごみに生ごみが含まれている自治体の場合を想定し、家庭系、事業系可燃ごみから生ごみを分別してメタンガスを発生させるための効率的かつ低コストな生ごみ分別機器の開発に対する補助制度等を整備する。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、自治体の事業として採算性が成立するような処理費用を設定して受け入れる。

- ・事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみに対して、あらかじめ生ごみのみを分別するように指導する。

(3) 家畜糞尿を利用した酪農地域におけるシステムの構築

1) 意義

家畜糞尿の利用については、堆肥化だけでなくエネルギー利用等、多様化を図ることが課題となっている。北海道では、既に家畜糞尿を利用したバイオガスプラントの試験導入が進められており、燃料電池と組合せた実験も実施されている。家畜糞尿を酪農家や農産物加工施設等での熱電供給に利用できれば、酪農や畑作を中心とする農業地域の二酸化炭素排出を削減することができ、家畜糞尿の野積み等による地下水汚染の防止、酪農地域での循環の仕組みづくり、基幹産業の維持等にもつながる。関係省庁との連携のもとで取組を進める必要がある。

2) 内容及び留意事項

- ・北海道等の酪農を主体とする地域で、酪農家単位あるいは農産物加工施設等において、メタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を促進する必要がある。低コストの技術の開発を促進するとともに、リードタイムの措置として初期投資に対する支援が必要であろう。
- ・当面は、エンジン、タービン等のコージェネレーション設備との組合せによって家畜糞尿のメタン発酵に習熟しつつ、技術成熟度に応じて燃料電池との組合せに移行する等のステップにより普及を図ることが想定される。
- ・立地条件等によっては、農業集落排水汚泥等も併せて活用する。
- ・メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術、品質評価等の研究開発を促進する。ただし、液肥としての利用可能性は、還元できる農地の有無等、地域特性により限定される点に留意する。

(4) 工場・下水処理場等におけるシステムの構築

1) 意義

廃棄物バイオマスとしては、食品系廃棄物のほかに食品や紙パルプ系工場等で発生する有機系工場排水、半導体工場等で発生する廃メタノール、廃アルコール、下水処理場の下水汚泥等がある。有機系工場排水、下水汚泥等をメタン発酵・燃料電池システムに利用して熱電供給を行うことで、産業部門や民生部門からの二酸化炭素排出を削減することができる。なお、これらの施設では中小工場を除き、その電力・熱の需要規模を考慮すると、将来的には大容量発電に適した溶融炭酸塩形燃料電池等の適用可能性が高い。関係省庁との連携のもとで取組を進める必要がある。

2) 内容及び留意事項

- ・工場の有機系工場排水、下水処理施設の下水汚泥等を活用したメタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を促進する必要がある。低コストの技術の開発を促進するとともに、リードタイムの措置として初期投資に対する支援が必要であろう。
- ・熔融炭酸塩形燃料電池や固体高分子形燃料電池の技術開発を促進するとともに、バイオマス起源の水素を利用する実証実験を促進する必要がある。

(5) バイオエタノール及びメタノールの製造等にかかる技術開発

1) 意義

バイオマス資源と燃料電池を組合せるための過渡的段階では、バイオマス資源の変換技術として、バイオマスからのメタノール製造や、バイオエタノール製造等、多様な技術の可能性を探り、実証・経験を蓄積する必要がある。また、これらのバイオマス起源燃料の利用を通じて、ノートパソコンや携帯電話等、近年急速に普及している携帯機器製品使用に伴う二酸化炭素や、運輸部門からの二酸化炭素の排出を削減することができる。

2) 内容

- ・パソコンや携帯電話用に開発が進められている超小型燃料電池用の燃料として、バイオマス資源からのメタノール製造技術の開発を促進する。
- ・国内のバイオマス資源からのバイオエタノール製造技術の開発を促進する。
- ・バイオエタノールからの水素製造技術の開発を促進する。
- ・バイオエタノールの流通及び利用を促進する。

(6) モデル事業実施にあたっての留意点

燃料電池活用システムモデル事業は、今後、バイオマス資源のメタン発酵と燃料電池を組合せたシステムが広く認識され、導入・普及がより早く進むように促す役割も担うものである。したがって、モデル事業の実施にあたっては、見学者への普及啓発等も併せて行うことが望まれる。

第 二 編

神戸生ごみバイオガス化 燃料電池発電施設の評価

1. 神戸生ごみバイオガス化燃料電池発電施設の概要

環境省は、2001年9月より、神戸市等の協力を得て、生ごみを燃やすことなく、メタン発酵によりバイオガスを発生させ、燃料電池と組合せてクリーンエネルギーを取り出す地球温暖化防止対策実施検証事業を実施した。この生ごみバイオガス化燃料電池発電施設のシステムは、前処理設備、メタン発酵設備、排水処理設備、燃料電池、エネルギー利用設備によって構成されている。生ごみは、神戸市内のホテル等から分別排出されたものを用い、これを前処理・メタン発酵させた後、得られるバイオガスから水素を取り出し、200kWりん酸形燃料電池に導入している。

(次頁のシステムフロー図参照)

2. 評価の目的

本評価は、神戸生ごみバイオガス化燃料電池施設の実証検証事業に関して、事業の持ち得る多面的な機能を総合的に評価するとともに、その成果を環境省における包括的な燃料電池活用戦略の検討に活かすことを目的として実施した。

3. 評価の方法

現在の施設の稼働状態を基礎として、下表の各基準毎に定性的な評価及び一部の定量的評価項目に関する評価を行った。事業の持ち得る多面的な機能として、「環境適合性」「技術先進性」「効率性」「技術・システム全体の設計」「地域の持続的発展への貢献」の五つの基準を設けることとした。

評価の基準		評価方法
(1) 環境適合性	温暖化対策としての効果	・定性的評価 ・定量的評価 (生ごみ 1t あたり CO ₂ 排出量)
	環境負荷低減の効果	・定性的評価
(2) 技術先進性	技術・システム全体の普及促進効果	・定性的評価
	技術・システム全体の先進性	・定性的評価
(3) 効率性	資源の有効利用	・定性的評価 ・定量的評価 (有機物利用効率、炭素利用率)
	技術・システムのエネルギー効率	・定性的評価
	技術・システムの経済性	・定性的評価 ・定量的評価 (生ごみ 1t あたり処理コスト)
(4) 技術・システム全体の設計		・定性的評価
(5) 地域の持続的発展への貢献		・定性的評価



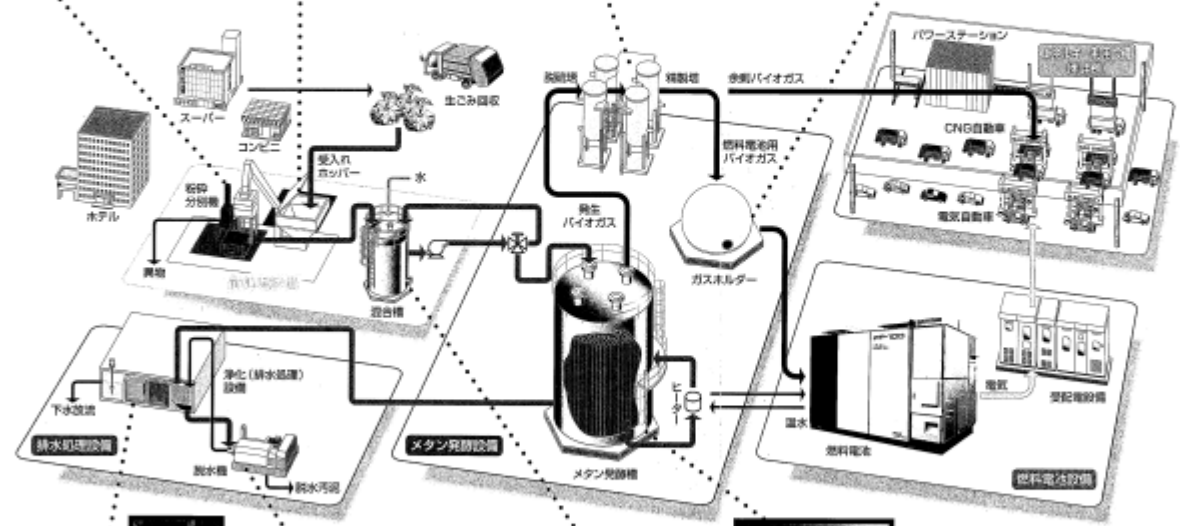
各設備の機能

前処理設備
回収された生ごみの簡易、破砕、分別、スラリー化処理を行います。

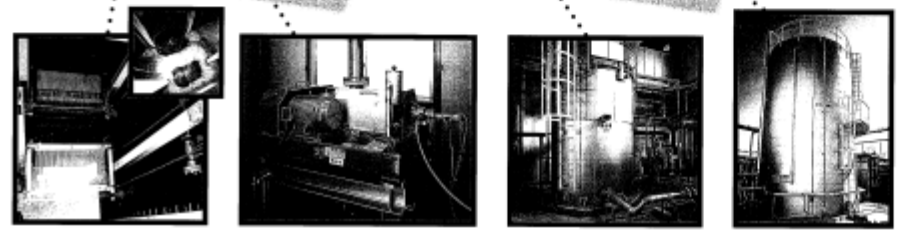
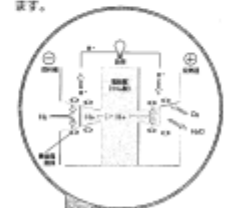
メタン発酵設備
嫌気性発酵処理により有機物をバイオガス化します。発生したバイオガスは脱臭・精製し、ガスホルダーに貯留します。

燃料電池設備
バイオガスを電気化学反応により、電気と熱に変換します。発生した電気は、施設内の動力・照明用として使用するほか、エネルギー利用設備に供給します。また、熱は、温水の形でメタン発酵槽加温に使用します。

排水処理設備
メタン発酵槽から排出される発酵液などの廃液を高度処理性汚濁処理により、下水道放流基準以下に浄化します。また、汚泥は脱水処理します。



燃料電池の原理
燃料電池は、水の電気分解の逆反応を利用しています。水素と酸素を直接燃焼させるのではなく、電解質で隔てられた燃料極と空気極で別々に電気化学反応させ、電子を外部回路に流し出すことで電気を発生させます。



神戸生ごみバイオガス化燃料電池発電施設のシステムフロー

4. 評価の結果

(1) 環境適合性

温暖化対策としての効果

- ・本システムは、生ごみ等、未利用のまま廃棄されているバイオマス資源から水素を取り出し、燃料電池によってエネルギーを生み出すことで、化石燃料を削減し、CO₂ 排出を削減できる。加えて、従来のように生ごみを焼却処理しないことにより、焼却のための化石燃料（助燃剤）消費を削減し、CO₂ 排出を削減できる。
- ・従来のごみ処理施設（中間処理施設）と比較評価した結果、燃料電池施設は投入エネルギー（施設稼働のためのエネルギー）に対して 2 倍以上のエネルギーを回収するため、生ごみ 1t あたり 0.029tC (0.106 tCO₂) の CO₂ 削減効果が期待できる。従来のごみ処理施設（中間処理施設）をベースライン（可燃ごみ 1t あたり 0.003 ~ 0.013tC(0.012 ~ 0.047tCO₂) の CO₂ を発生）とすれば、生ごみ 1t あたり 0.032 ~ 0.042tC (0.118 ~ 0.152tCO₂) の CO₂ 削減効果が期待できる。

環境負荷低減の効果

- ・燃料電池は、従来の熱機関であれば燃焼過程で生じていた硫黄酸化物、窒素酸化物等の大気汚染物質の排出がごく微量であり、また、電気化学的反応による発電のため、回転部分がなく騒音が少ないなど、公害防止の面で優れる。
- ・従来のごみ焼却処理と異なり、ダイオキシン類を発生させるおそれがない。
- ・生ごみ等、未利用のまま廃棄されているバイオマス資源の有効利用により、化石燃料の使用抑制、ごみ処理量の減量化による最終処分地の延命化等の環境負荷低減効果が期待できる。

(2) 技術先進性

技術・システム全体の普及促進効果

- ・生ごみ - メタン発酵 - 燃料電池という技術・システムの組合せによる実証実験を実施したことにより、類似技術の開発促進効果、自治体等における導入促進効果、幅広い主体への環境教育・啓発効果等が期待できる。

技術・システム全体の先進性

- ・メタン発酵技術、りん酸形燃料電池の各々の技術・システムは国内でも既に多くの事例が認められ、また、下水汚泥やビール工場の有機系排水を原燃料としてメタン発酵 - 燃料電池を組合せた技術・システムの事例もいくつかあるが、生ごみ - メタン発酵 - 燃料電池という組合せによる技術・システムの導入例はこれまでになく、その先進性は高い。

(3) 効率性

資源の有効利用

- ・本燃料電池施設は、基本的に廃棄物として処理される物質（有機物資源、炭素資源）を有効活用する施設である。
- ・今回の試運転期間中では、メタン発酵槽での有機物の分解率は80～90%程度であり、有機物の大部分を分解・ガス化している。
- ・炭素収支についても、全炭素量の70～90%を分解・ガス化している。また、そのうちの約50%がメタンガスに転換しており、高効率でメタンガスの有効利用がなされている。
- ・これらの利用率は、CO₂削減などに対して直接的に対応するものではないが、この高効率が高いエネルギー回収率のベースになっていると考えることができる。また、これが施設系外へ排出される汚染物質等の軽減要因となっており、施設設置の際の制約条件を低減する効果を持つものと考えられる。

（注）有効利用率の計算値は、夾雑物（搬入ごみ量の約10%）を除去した後の利用率である。

技術・システムのエネルギー効率

- ・既存のエンジン、ガスタービン等に比べ、高い発電効率、総合効率を有する。特に、高い電力需要に対して適している。ただし、現状のシステムでは、35～60%程度の稼働状況にあるため、これを100%に近い形で稼働させることにより、より高い利用効率が期待できる。
- ・生ごみをペースト化して発酵槽に入れるための前処理に定格約69kW、メタン発酵後の排水処理に定格約25kWの電力を必要としており、これらの低減化が必要である。

技術・システムの経済性

- ・メタン発酵 - 燃料電池施設は、廃棄物処理の中間処理施設（減容化処理施設）として捉えることができる。アンケート調査で得られた3市の中間処理施設と比較・評価した結果、燃料電池施設の生ごみ1tあたりの処理費用（24,820円/t）は、既存の中間処理費用（3,120～8,770円/t）に比べて3～8倍のコストとなっている。これは、本燃料電池施設が小規模なテスト・プラントであることが大きな要因になっていると考えられる。
- ・生ごみ1tあたりの電力、ガスの消費量についても、既存の廃棄物処理施設に比べて2～7倍のコストになっている。

- ・ 生ごみ 1t あたりのエネルギー回収量（電力量）については、余熱発電の機能を持つ既存廃棄物処理施設に比べて 3 倍以上となっている。
- ・ エネルギー回収できる電力（400kWh/t）、熱量（1,674MJ/t）は、それぞれ当該地域の電力料金 4,960 円/t、ガス料金 4,600 円/t にあたるため、その費用を控除すると生ごみ 1t あたりの処理費用は 15,260 円/t となる。
- ・ なお、燃料電池施設では、前処理施設への電力投入量が高い（139kWh/t、全電力量の 43%、電力料金 1,720 円/t に相当）ため、この部分のプロセス改善が低コスト化の大きな課題となる。

(4) 技術・システム全体の設計

- ・ 現状では、燃料電池により得られる電力、熱のうち、高温の熱をメタン発酵施設の加温に利用しているが、電力及び低温の熱は利用されていない。得られる電力・熱を余すことなく利用するため、電力・熱の需要先を確保した全体システムの設計、立地検討が必要であり、それには、独立立地の集中処理型施設ではなく、オンサイト型施設が有利である。
- ・ 現状の技術・システムでは、生ごみの前処理、メタン発酵後の排水処理が必要であり、これらはその稼働に伴い、相当のエネルギー（電力、都市ガス）を消費するとともに、コスト面においてもシステム全体のコストに占める割合が大きい。生ごみを可燃ごみから自動分別する効率的かつ低コストな技術・システムの開発、効率的かつ低コストな排水処理技術の開発が課題となる。メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術の研究開発も推進する必要があるが、液肥としての利用可能性は、還元できる農地の有無等、地域特性により限定される点に留意が必要である。

(5) 地域の持続的発展への貢献

- ・ 本システムでは、生ごみは有機物の 80～90% 程度が分解・ガス化されるため、残渣が少ない。したがって、神戸市のように堆肥散布先としての農地が少ない都市域における導入システムとして適している。

5. まとめ

(1) 評価できる点

- ・ 従来、焼却処理されていた生ごみから水素を取り出し、燃料電池に投入することにより、CO₂ 排出を削減できるほか、窒素酸化物等の大気汚染物質の排出がごく微量である等、環境負荷の少ない技術・システムである。
- ・ 本システムにより、生ごみはほとんどがバイオガスに変換され、廃棄物の減容化を図ることができる。
- ・ エネルギー効率の面では、従来型のエンジン、ガスタービン等の発電設備に比べ、高い発電効率・総合効率を有している。
- ・ 類似技術の開発促進、自治体等における導入促進等、技術の開発・導入の両者を促進する効果が期待できる。

(2) 問題点・課題

- ・ 一般家庭あるいは事業者に対しての生ごみのみの分別・収集システムの構築、あるいは、可燃ごみの中から生ごみを分別する効率的かつ低コストな技術・システムの開発・導入が前提となる。
- ・ 生ごみの収集にかかるコストについては、引き取り価格を設定する等のコスト低減化策を講じなければ、事業の採算性確保が困難となる可能性がある。
- ・ 得られる電力・熱を余すことなく利用するための需要先を確保した全体システムの設計、立地検討が重要であり、それには、独立立地の集中処理型施設ではなく、オンサイト型施設が有利である。
- ・ 燃料電池を 100%に近い形で稼働させることが望ましいが、それには、事業計画段階において、生ごみ収集量、ガスホルダ容量、燃料電池出力、施設での電力・熱需要等を考慮した全体システムの最適設計が課題となる。
- ・ 有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理が求められるが、これらの対策には相当のコスト、エネルギーを要するため、低コストで効率的な処理技術の開発・導入を促進する必要がある。
- ・ 現状では、燃料電池のイニシャルコストや、5年に1回必要となるセル及び触媒の交換に要するコスト等が高いことから、イニシャルコスト、メンテナンスコストを低減するための技術開発の促進が必要である。

(3) 神戸型生ごみバイオガス化燃料電池システムの発展の可能性

(2)の問題点・課題をふまえると、神戸型生ごみバイオガス化燃料電池システムのさらなる発展型としては、以下のようなシステムが想定される。

オンサイト熱電併給型システム

- ・ ディスポーザ等、生ごみが生ごみ発生源において自動的に分別・前処理される技術・システムを既に備えている施設等に、実施拠点として焦点をあてる。
- ・ 生ごみの量や質の変動に対しても安定を図るため、都市ガスとの系統連系を前提としたシステムとし、生ごみは補助的エネルギー源として利用する。
- ・ ディスポーザと組み合わせる際には、後段の排水処理施設への汚濁負荷が高くないよう、定められた要求処理水質を満たす排水処理を行う。
- ・ 設備のメンテナンス等を行う管理運営の体制整備・システムづくりを併せて行う。

自治体ごみ処理施設併設型システム

- ・ 自治体のごみ行政の中で運用し、収集コストがかからないシステムとする。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみに対して、あらかじめ生ごみのみを分別するように指導する。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、自治体の事業として採算性が成立するような適正な処理費用を設定して受け入れる。
- ・ 生ごみが可燃ごみに含まれた形で収集あるいは持ち込まれる場合には、効率的かつ低コストな生ごみ分別技術・システムの導入と併せて普及を図る。

資料編

燃料電池活用戦略検討会 委員名簿

メタン発酵技術・燃料電池等に関する企業等へのインタビュー結果

参考文献

燃料電池活用戦略検討会 委員名簿 (敬称略・五十音順 : 座長)

稲森悠平

国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター
バイオエコエンジニアリング研究室 室長

井上雄三

国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター
最終処分技術研究開発室 室長

金子彰一

東京ガス株式会社 技術開発部 部長代理
(オブザーバー : 環境部 環境技術グループマネージャー 杉本秀夫)

小清水 正

川崎市 環境局公害部大気課 副主幹

笹木延吉

日野市 環境共生部 部長 兼 日野市クリーンセンター 所長

笹之内雅幸

トヨタ自動車株式会社 環境部渉外グループ東京技術部 主査 担当部長

清水康利

東陶機器株式会社 水電事業部ディスプレイ商品部 部長

下田吉之

大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻 環境エネルギーシステム学領域 助教授

盛岡 通

大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻 環境マネジメント領域 教授

別途、国立環境研究所社会環境システム研究領域資源管理研究室の森口祐一室長にインタビュー等の形で御協力いただいた。

事務局：環境省地球環境局地球温暖化対策課

パシフィックコンサルタンツ株式会社環境部地球環境グループ

メタン発酵技術・燃料電池等に関する企業等へのインタビュー結果

対象企業等	主な内容	インタビュー月日	頁
東京ガス	家庭用固体高分子形燃料電池システムの開発動向について	2002年11月7日	資料3
大阪ガス	家庭用固体高分子形燃料電池システムの開発動向について	2002年12月25日	資料7
松下電器産業	家庭用固体高分子形燃料電池システムの開発動向について	2002年12月26日	資料11
トヨタ自動車	燃料電池自動車の開発動向について	2002年11月5日	資料14
横浜市下水道局	下水処理汚泥からの消化ガスを燃料とした燃料電池発電設備について	2003年1月8日	資料17
サッポロビール	ビール製造工程排水からのメタンガスを燃料とした燃料電池発電設備について	2003年1月14日	資料21
セイコーエプソン	メタノール・廃メタノールを燃料とした燃料電池発電設備について	2003年1月23日	資料25
栗田工業	災害対応用燃料電池発電設備について	2003年1月10日	資料30
東陶機器	ディスポージャーシステムについて	2002年11月1日	資料36

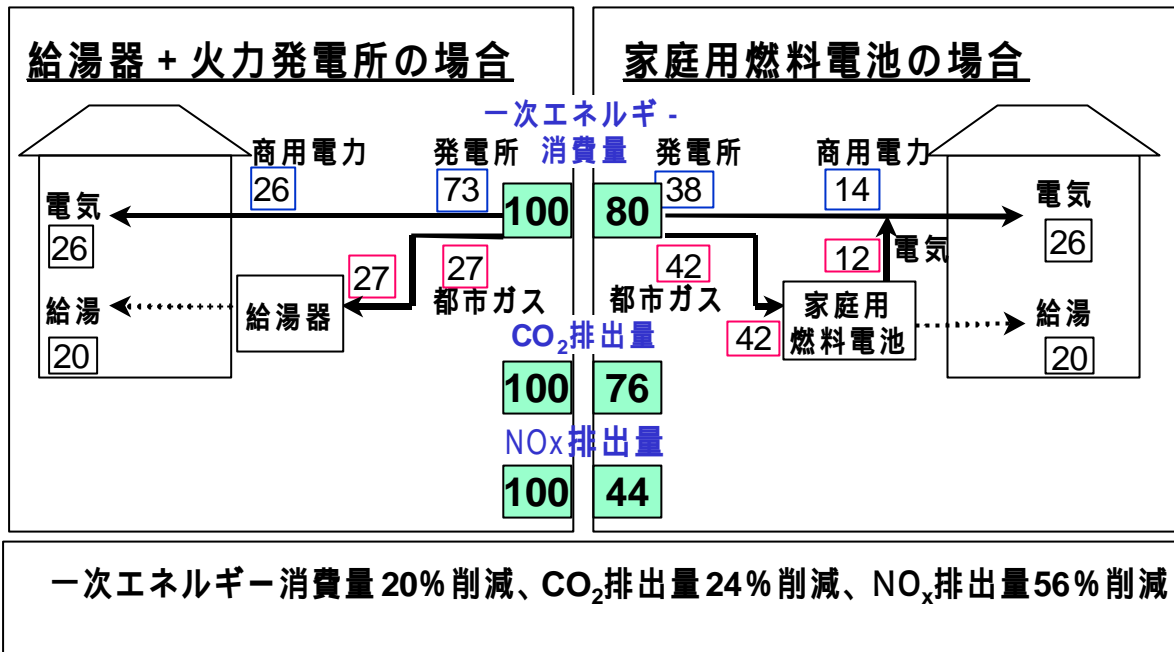
東京ガス株式会社 インタビュー結果

1. 自社における固体高分子形燃料電池システムの開発動向について	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・定置式 PEFC システムの市場として、家庭用のコージェネレーションシステムを想定している。第一段階は新築戸建て家庭用（発電容量 1kW 級）、第二段階は集合住宅用（発電容量数 kW 級）を考えており、まずは新築戸建て家庭用に注力する。
(2) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・当面は都市ガスを原燃料として考えているが、それ以外に LPG など考えられる。 ・PEFC は、基本的に PAFC と同様、バイオガスを利用した発電は不可能ではない。しかし、初期段階では導入が容易な燃料として、配管網等のインフラが整備されている都市ガス使用が自然と考える。
(3) 燃料電池システムの規模設計、利用形態の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭の給湯需要に合わせた運転を行うことが最も省エネである。 ・給湯需要に合わせた運転方法には、以下の 3 通り考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> 24 時間運転する方法 発電した電気が余る時間帯が存在し、夜間に逆潮流が生じる。電力ピークカット効果は少ない。 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 と比べピークカット効果が大きいですが、起動停止と負荷応答性が技術的課題となる。 日中のより短時間に同じ強度で運転する方法 ピークカット効果が最も大きいですが、逆潮流が大きくなる。 ・東京ガスでは、技術課題が解決できれば、タイプが良いと考えている。ロードサーベイの結果も踏まえて 1kW 程度の発電容量が最適であると考えている。
(4) 立地条件の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・対象地域は特に限定しない。東京ガス管内の 900 万軒の需要のうち、家庭は戸建てと集合住宅を合わせて 830 万戸であり、全てを対象と考えている。
(5) 燃料電池システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・導入期の家庭用 PEFC の基本仕様は、発電効率約 31% (HHV)、排熱効率約 40% (HHV)、総合効率約 71% (HHV) と想定している。
(6) 耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性は 10 年（約 40,000 時間）を目標としている。現在、PEFC については 1,000 ~ 2,000 時間の稼働実績をもつ試作機が既に存在し、今後のモデルチェンジを経てさらに耐久性が向上すると考えられる。電池以外の部分、あるいはパッケージとしての耐久性については、今年及び来年の重要な課題である。
(7) メンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンスのために作業員が家庭に赴かねばならない頻度は最小にしたい。
(8) 燃料電池システムのセールスポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー利用効率が高く、省エネ性に優れている。 ・NO_x、CO₂ の排出や、騒音、振動が少なく、環境適合性が優れている。

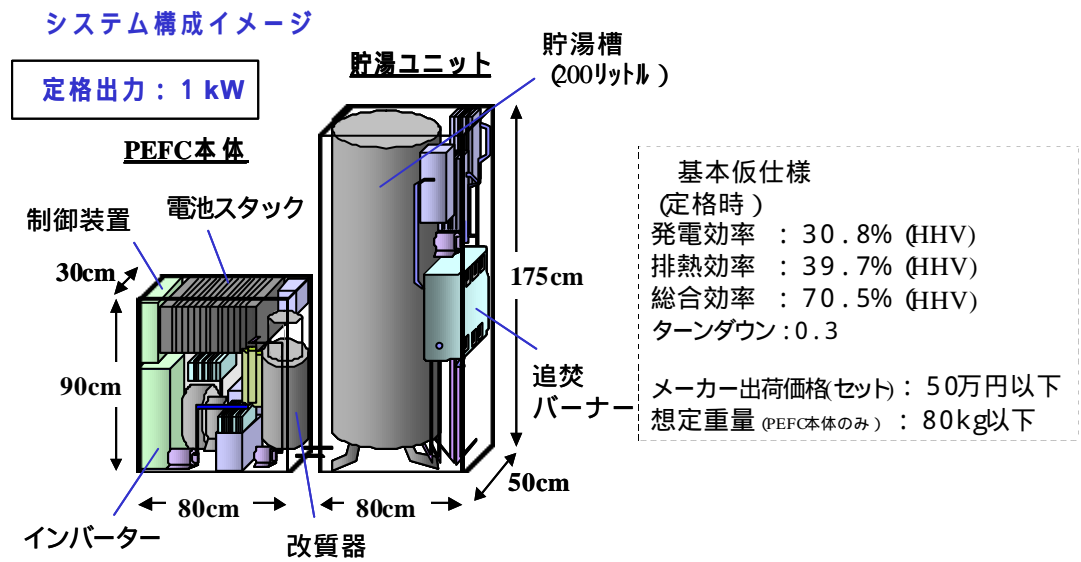
(9) 今後の燃料電池システムの開発・販売スケジュール、将来性	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭用 PEFC コージェネレーションシステムでは、2004 年度の販売を目指している。導入初期の高コスト時期に国による補助制度が整備されればありがたい。 ・2004 年時点での販売規模の詳細は未定である。
(10) 燃料電池システム開発・販売における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池の技術的な必要条件、課題として、以下の 5 点が挙げられる。 定常運転における効率、性能 いくつかのメーカーでは目標に到達しつつあり、2004 年頃には他のメーカーもクリアできる可能性が高い。 設置性（容積、重量など） 確実に向上しつつある。 動特性（起動性、負荷追従性など） まだ不明であるが、確実に向上しつつある。 耐久性、信頼性 今年から来年にかけての進展具合が大きな鍵となる。耐久性については、電池スタック、改質器等の主要部品はもちろん、ポンプ、ブローア、バルブ等の小さい部品の耐久・信頼性も問題となる。PAFC では、周辺部品等のトラブルが問題の一つとなっていた。 コスト ～ で最も難問である。 ・法制度的課題として、電気事業法と消防法の規制がある。 電気事業法における課題 発電規模に関わらず電気主任技術者をおくよう定められている。小容量の発電は例外規程とするよう要望している。 消防法における課題 東京都では発電設備は住宅から最低 3m 距離をおいて設置するよう定められている。 ・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る「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」に基づく規制緩和に期待している。
2 . 自社における燃料電池周辺技術の開発動向について	
(1) 燃料処理技術の開発動向	<ul style="list-style-type: none"> ・新たに開発した脱硫装置は、常温での水素レスの脱硫が可能で、配管系が簡単で小型化・低コスト化が可能であることがメリットとして挙げられる。従来型の脱硫剤に比べ約 5 倍の能力がある。
(2) 多様な原燃料利用技術の開発動向、可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料処理装置については、都市ガス以外の燃料にも技術的には対応可能であると思われる。

3. 燃料電池システムに関する一般的な動向、今後の方向性について	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> PEFC に関しては、定置式燃料電池システムと自動車用燃料電池システムの双方で開発が進み、様々なシナジー効果が生まれることに期待する。自動車用燃料電池のコストは1kWあたり5,000円、定置用燃料電池の発電部分のみのコストは販売価格1kWあたり150,000円程度（導入時の価格想定）である。 SOFC は有望だが、実用化にはまだ時間がかかる。ただ海外には販売を開始したメーカーもある。MCFC も既に海外メーカーが販売している。共通して更なるコストダウンが必要である。
(2) 原燃料、炭素資源活用技術	<ul style="list-style-type: none"> 原燃料インフラが整備されているのは都市ガス、ガソリン、ナフサ、LPG である。水素はインフラ整備が課題である。 バイオガスは、ビール会社でオンサイト発電などに利用されており、基本的な技術は既に存在している。しかし、バイオガス源を有機系廃棄物全体に広げて考えると、質や量の安定性の確保が課題になると考えられる。有機系廃棄物由来のバイオガスで、特別な中間処理が必要であると、その利用に関するハードルは高くなる。発生する残渣の処理、悪臭等への対処、季節変動への対処、硫黄、窒素、シリカ等を含む不純物が共存した場合の処理などが課題となるが、これらは燃料電池特有の課題ではない。 有機系廃棄物由来のバイオガス利用については、燃料電池技術以外の部分の課題がかなりあるものと考えている。ただし、バイオガス中にCO₂が含まれていた場合、発電効率が多少低下はするものの、燃料電池による発電は可能である。 化石燃料の場合はハンドリング技術及び流通形態が確立され、原燃料として品質の安定化も図られているのに対し、燃料電池用に有機物資源を利用する場合は、原燃料としての質・量の確保や安定化のため、様々なコントロールポイントが出てくると考えている。また、有機物資源を再利用するという社会認識、社会受容性の向上などのソフト対策も必要である。
(3) 燃料電池システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> PEFC の利用形態として家庭用を当面のターゲットとする考え方は、ガス業界全般に共通である。現在のPEFCでは排熱温度が60～70度であり、給湯利用が最適である。今後の開発により、電池の作動温度が120～140度まで上昇すれば、90度程度の高温水を空調利用する業務用、蒸気を利用する産業用としての可能性が出てくる。
(4) 燃料電池システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> 導入期の家庭用PEFCの基本仕様としている、発電効率約31%（HHV）、排熱効率約40%（HHV）、総合効率約71%（HHV）については、既にいくつかのメーカーでクリアされつつある。 導入期以降は更に発電効率が向上することを期待したい。
(5) 燃料電池システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 40,000時間稼動することを40,000時間運転により証明するのは効率的でない。加速耐久試験方法の確立が必要であり、大学を中心に研究を進めようとしている。
(6) 自動車用固体高分子形燃料電池との違い	<ul style="list-style-type: none"> 運転時間、排熱利用の有無、起動時間、負荷追従性が自動車用と定置用の違いである。 負荷追従性については、純水素使用型の燃料電池は、燃料改質型の燃料電池よりも対応が比較的易しい。

家庭用燃料電池コージェネの導入効果試算例



導入期家庭用PEFC想定仕様 (2004~2010年)



運転方法：電力負荷追従運転 (貯湯槽満杯時停止)
 メンテ・耐久性
 メンテ：目標10,000円以下 / 回・年
 耐久性：10年

出典：東京ガス提供資料

大阪ガス株式会社 インタビュー結果

1. 自社における家庭用ガスコージェネレーションシステムの開発動向について	
(1) 開発・販売のスケジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭用コージェネレーションシステムプロジェクト部は、1999年12月に発足した。 ・ここでは、家庭用ガスコージェネレーションシステムについて、マイクロガスエンジンシステム（以下、エンジン式）と固体高分子形燃料電池家庭用ガスコージェネレーションシステムの2タイプの開発を行っている。（11月中旬以降は燃料電池システムのみ） ・エンジン式は2003年3月に発売開始、燃料電池システムは2005年度に発売する予定である。
(2) システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・設置スペースを比較的確保しやすいことから、当面は戸建住宅用をターゲットとしている。エンジン式の設置に必要なスペースは2×1m程度である。将来的には集合住宅用も視野に入れる。 ・熱の利用が特に多い家庭にはエンジン式、熱の利用があまり多くない家庭には燃料電池システムが適していると考えている。
(3) システムの規模設計の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭用の受電ブレーカが50A程度であることを考えると、1～1.5kW程度の出力規模があれば、家庭における通常の電力需要をかなり賅うことが可能であるため、出力規模を1kW前後と設定している。500Wと1kWの両方について開発を進めている。 ・現在のところ、固体高分子形燃料電池での業務用システムとして出力規模の大きいものを開発する予定はない。エンジン式については、既に5kW、6kW、9.8kW、22kWの出力規模のものを販売しており、コンビニエンスストアなどの業務用として、予想以上に販売台数を伸ばしている。理由の1つとして、パッケージ化に成功したことがあげられる。
(4) システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池システムの主な開発目標仕様は、500W機では発電効率35%以上、排熱効率39%以上、排熱温度60以上となっている。1kW機では発電効率35%以上、排熱効率45%以上、排熱温度60以上である。効率はLHVベースの値である。 ・エンジン式の発電効率が20%（LHV）であるのに対し、燃料電池システムの発電効率は35%（LHV）以上と高い。
(5) システムの仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・現在でも、ガス器具は大阪ガスでは生産していない。他のメーカーが生産し、大阪ガスが安全性等を確認した上で直販あるいは大阪ガスの販売網を通じた販売を行っている。家庭用ガスコージェネレーションシステムも同様の方法をとることが考えられる。従って、当社が定めている仕様は、「このような仕様を満たしていれば大阪ガスの器具として販売することができる」というものである。大阪ガスが開発した改質器を搭載した家庭用ガスコージェネレーションシステムを共同研究しているメーカーがあるが、当社の基準を満足する良いシステムであれば、大阪ガス改質器の搭載の有無は採用には関係がない。

	<ul style="list-style-type: none"> ・商品機の詳細仕様を、2003年に提示する予定である。 ・後述するとおり、開発に当たって最も重要な課題は、セルスタックの耐久性の確立である。そのため劣化の要因について現在検証を行っているところである。現状では起動・停止を繰り返すシステムよりも連続運転の方が耐久性にとって良い可能性があるため、開発目標仕様には連続運転と提示している。 ・燃料電池は負荷変動が可能であるが、化学反応であるため追従に時間がかかる。また、起動時に加熱等のエネルギーが使用され、時間もかかるため、多数の起動停止があったのではメリットがない。起動時にできるだけエネルギーを使わない方法を考える必要がある。自動車の場合は、頻繁な起動・停止、負荷追従を重視している分、効率が犠牲になっている。 ・目標販売価格は、500W機で55万円、1kW機で60万円である。業界全体の相場も同程度と思われる。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の節約といった経済的メリットによって、5年程度で取り戻せるような価格設定としたい。 ・2005年度からの当面の販売台数は年間500～5,000台と考えている。
(6) システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭用ガスコージェネレーションシステムの耐久性に関し、セルスタックの耐久性を向上させることが最も重要な課題である。自動車では、セルスタックの耐久時間は約5,000時間といわれているが、定置式の場合は少なくともその10倍程度以上(連続運転なら9万時間)程度の耐久性を持たせたい。純水素であればある程度耐久性が見えているが、改質ガスではまだ実証されていない。 ・現在のところ、燃料電池ではりん酸形の耐久時間4万時間以上が最長である。
(7) システム開発・販売における残された課題	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、小型改質システムの開発、及び試験機によるユーザー側からの評価を行っている。 ・エンジン式は、起動・停止が容易である点が燃料電池式とは異なる。また、燃料電池は負荷変動が可能であるが、エンジン式では部分効率が低下するので現状の装置では負荷変動は得策ではない。これまでに開発された貯湯槽はエンジン式向けの仕様となっているため、どのように燃料電池式に応用するかも開発課題である。 ・2002年4月から1年間の予定で、エンジン式での経験から早期の燃料電池式の実運用試験を行っている。 ・家庭用ガスコージェネレーションシステム普及のためには、消防法等いくつかの法律の改正が必要である。一例として、普通のガス器具と同じように壁に接して設置できるような法改正を国に対して要望している。
(8) 改質技術供与についての考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・2005年度における商品化の促進をはかるため、大阪ガスが開発した改質装置をメーカーに技術供与している。本来は、大阪ガスの家庭用ガスコージェネレーションシステム目標仕様を満たす製品を2005年度に商品化する意欲があるメーカーを供与の対象としていたが、2002年11月から2005年度に商品化に関係なく、技術供与を開始した。

(9) システムの立地条件の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭用ガスコージェネレーションシステムの導入地域や立地についてのターゲットは特いない。 ・阪神大震災以降は特に、個別分散型システムに対する志向が関西地区にはある。家庭用ガスコージェネレーションシステムはこれに合致するものであると考えている。
(10) システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジン式は 6000 時間または 3 年での定期点検が必要 ・燃料電池のメンテナンスは、年 1 回のフィルター等の交換ですむようにしたい。 ・最終的には、販売店の従業員等が点検時にメンテナンスを行う、あるいは各家庭でメンテナンスを行うという形にすることが理想であるが、導入開始時には難しい。従って、当初は専門の人員を派遣してメンテナンスを行うことになると思われる。
2. その他の取組の動向について	
(1) 天然ガス改質型水素供給ステーション開発に関する取組	<ul style="list-style-type: none"> ・水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術開発（以下、WE-NET）は、旧通産省工業技術院のニューサンシャイン計画の一環として、NEDO が、平成 5 年度から実施しているプロジェクトである。第二期 WE-NET プロジェクト（平成 11 年度～平成 14 年度）の中の TASK 7「水素供給ステーションの開発」に大阪ガスも参画している。このプロジェクトは、天然ガスを改質して水素を生成し、水素燃料電池自動車へ供給するシステムの開発、水素を電気分解して水素を生成し、水素燃料電池自動車へ供給するシステムの開発、を目指すものである。大阪ガスは に参画しており、2002 年 2 月に当社敷地内にステーションが設置された。 ・本プロジェクトにおいて、大阪ガスは天然ガスからの改質、精製ユニットを担当しており、具体的には、改質、触媒など水素の製造技術を応用してプロジェクトに貢献すること、今後、水素供給ステーションがビジネスとして成り立つ可能性もあることからノウハウを蓄積すること、を目指している。ただし、水素供給ステーションがビジネスとして成立するようになるのは、かなり先のことと思われる。 ・今回、水素供給ステーションに設置した改質装置は、街頭に設置しても違和感がないようにパッケージ化することを目標として開発が行われた。 ・実用化時の水素供給ステーションの規模は、水素供給量 300Nm³/h を目標としているが、WE-NET ではテスト機として 1/10 の規模の 30Nm³/h のものを製造した。300Nm³/h で 1 日 400 台の水素燃料電池自動車に供給可能である。 ・今回の改質装置は、都市ガスを原料としたオンサイトの小型（～100m³/h）水素製造装置として、工場等に向けて販売もしていきたい。 ・プロジェクトは今年度で終了することになっているものの、安全性の確認なども必要であるため、現在 NEDO の公募への提案を検討中である。

<p>(2) 消化ガスのエネルギー変換に関する取組</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州イエンバッハ社製のガスエンジンを利用した消化ガス対応コージェネレーションシステムを開発した。消化ガス以外に、有機排水のメタン発酵からのバイオガス、改質炉ガスなども利用可能である。 ・家庭用ガスコージェネレーションシステムにおいては、天然ガスを第一に考えており、燃料電池とバイオガスの組み合わせについては現状では考えていない。
<p>(3) その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジン式は熱利用が重要であるため、床暖房など多くの熱を利用する家庭が対象である。燃料電池は、熱利用量が多くない家庭でも、利用効果が得られる。2 タイプの家庭用ガスコージェネレーションシステムを提供することにより、ハウスメーカー等が上手く使い分けるようになっていくのではないかと考えている。 ・家庭用ガスコージェネレーションシステムは、国内では 1kW のものが中心であるが、海外では 2～3kW 及び 5kW のものもある。これらが安く国内に入ってくれば、業務用に使用することも考えられる。 ・大阪ガスは、マイクロガスタービンに対してあまり関心を持っていない。小型のガスエンジンの開発を既に行っており、現在、小型のガスエンジン（例：22kW クラス）は、マイクロガスタービンと効率はあまり変わらない。

松下電器産業 インタビュー結果

1. 自社における燃料電池システムの開発動向について	
(1) 燃料電池システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・家電メーカーであることから、家庭用燃料電池システム主体に取り組んでいる。将来的には、業務用燃料電池システムについても視野に入れていくこともあり得る。ただ、具体的にどの分野・業種等を対象とした業務用燃料電池システムを導入するかについては、まだ検討していない。多量の湯を使用する業種でないと、システムを導入するメリットがあまりない。
(2) 燃料電池システム開発・販売のスケジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス会社の発売時期に合わせて開発を進めている。東京ガスは2004年度、大阪ガスは2005年度に発売予定である。 ・2003年には、社内で燃料電池システムのモニタリングを開始する予定である。
(3) 燃料電池の仕様及び規模設計の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・「定置用燃料電池実証研究」で使用している燃料電池の出力規模は、1kWである。 ・各家庭にとって、燃料電池システムを導入するメリットは光熱費を節約できる点である。従って、家庭における電力使用状況や湯の使用量の季節変動などを考慮すると、現時点では、最も湯の無駄が少ないと思われる1kWが適切な出力規模であると考えている。 ・ただし、1kWを最終目標として定めているわけではなく、500Wが良いのか、あるいは1kWが良いのかは今後の検討を経て決定する。
(4) 燃料電池システム開発・販売における残された課題：特に耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・課題は、耐久性及びコストの2つである。 ・耐久性については、社の方針として10年間の動作保証が必要である。 ・東京ガスと大阪ガスでは、運転方式に対する考え方が違っており、それによって耐久性の要求がやや異なっている。東京ガスは運転方式としてDSSを想定しているため、1日の約半分稼働させるとして、10年間で約4万時間の耐久性が求められる。一方の大阪ガスは連続運転を想定しているため、10年間では約9万時間の耐久性が求められる。 ・セルスタックの耐久性が特に重要な課題である。 ・ただし、燃料電池本体のみに限らず、システム全体の耐久性についても向上させる必要がある。燃料電池システムには何千という数の部品が使用されているが、それらの多くはガス湯沸し器の部品をそのまま利用することができる。従来の部品の耐久時間は約2万時間程度で設計されているため、これらの耐久性も向上させる必要がある。 しかし、この問題については、コストが高くなるものの、4万時間程度の耐久性を持たせることは技術的には十分可能であると考えている。

	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料処理器の耐久性も重要な課題ではあるが、触媒は4万時間程度の耐久性を持たせることは可能であると予測している。 ・加速試験なども行っているが、結果はあくまでも仮定のデータであり、実績値ではない点に留意している。従って発売当初は、ある程度モニタリングできる形で顧客へ提供することになると思われる。
(5) システムの運転方式について	<ul style="list-style-type: none"> ・運転方式について、シミュレーション結果をみるとDSSの方が効率が良いことから、松下電器ではDSSのシステムの開発を基本に開発を進めてきた。これには起動・停止等による負荷がかかるため、耐久性が問題となる。大阪ガスもDSSの方が効率が良いことは理解しているが、2005年までに開発を間に合わせることは難しいという予測から、2005年の発売時点では連続運転方式のシステムを導入することが妥当と考えているようである。 ・商品化時にDSSとするか、連続運転とするかは実用運転試験での効率検証と耐久性の確認をもとに決定するつもりである。
(6) メタン発酵との組合せについて	<ul style="list-style-type: none"> ・現在開発を行っている燃料電池システムは、集合住宅も含めて1世帯につき1台を導入することを想定しているため、出力規模は1kWである。メタン発酵と組み合わせる場合の出力規模等は、どのレベルで最もスケールメリットがあるかによって決まると思われる。
(7) システムのセールスポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・日本は電気料金が高いこともあり、家庭用燃料電池システムの運転方式としてはDSSが最適であると考えているが、運転停止時に燃料処理器へ空気が混入すると、触媒が劣化する。そこで松下電器では、貴金属系主触媒と金属酸化物系の補助触媒からなる、空気に触れても劣化しない触媒を開発した。 ・「運転停止時に水素が蓄積していると危険であるため不活性ガスと置換しなければならない」と法律で定められているため、通常は窒素ポンペを搭載している。しかし、家庭に燃料電池システムを設置する場合には窒素ポンペを置く事は商品として問題が多いと思われるため、他社に先駆けて窒素レスでパージする方式を開発した。 ・触媒の貴金属はプラチナを使用しているため、コストが高い。貴金属以外の代用可能性などに関する研究も続けている。
(8) システムの価格	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス会社は燃料電池システムの販売価格を50～60万円と想定しているようであるが、現実にはまだ難しい。50～60万円という金額は、10年以内で償却することを考えた場合に、購入者にとってメリットが生じる価格として設定されているものである。
(9) 燃料電池システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンスについて、最終的には、各家庭においてエアフィルター及び水フィルターを3年に1回交換する程度ですむようにしたいと考えている。 ・耐久性との関連もあり、どの程度のメンテナンスが必要となるかはまだ分からない。 ・メンテナンスの体制整備（対応可能な技術者の育成を含む）については、メーカーとガス会社が協力して対応せねばならないと考えている。

	<ul style="list-style-type: none"> ・設備商品は故障した場合に生活に支障をきたすことが多いため、すぐに対応しなければメーカーへの信頼にかかわる。燃料電池システムの発売当初は、モニターが可能であり、かつ故障時等にもすぐに対応できる地域から導入することになると思われる。 ・2002年1月より、アメリカ・ロングアイランドにおいて、プラグパワー社が燃料電池システムの実証実験を行っている。75台が運転されているが、スタックを交換しなかったのは2台のみである。さらに、他の部品の交換も数多く行われている。現在のところ、このような大規模な実験データを保有しているのは、世界でプラグパワー社のみである。
(10) NEF プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ・「定置用燃料電池実証研究」は、平成14年度から3年間の予定で行われている事業である。メーカー6社が参加しており、松下電器も参加している。
(11) その他	<ul style="list-style-type: none"> ・現在のところ、松下電器は家庭用固体高分子型燃料電池システムに焦点を絞って開発を進めているため、りん酸型燃料電池等の出力規模が大きいシステムを開発する予定はない。
2. 燃料電池システムに関する一般的な動向、今後の方向性	
(1) 燃料電池システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率30% (HHV) が各メーカーの目標値であり、ほぼクリアされている。業界全体では、商品価値を付与するためには発電効率をさらに2%程度向上させる必要があると考えている。 ・2003年の3～6月にかけて、東京ガス及び大阪ガスがメーカーを絞り込むことになっているため、効率について、各メーカー間での競争が行われると思われる。ただし、効率については目標をクリアしつつあるため、現在は耐久性の方が重要な課題である。
(2) 燃料電池システム開発・販売における残された課題	<ul style="list-style-type: none"> ・普及させるにあたり、法制度上の課題が存在する。電気事業法によって定められている工作物の取り扱い、窒素ガスの装備、及び消防法によって定められている設置の届け出の必要性、建物からの隔離距離について、など5つの法律の変更、もしくは適応除外にする必要がある。
(3) その他	<ul style="list-style-type: none"> ・マイクロガスタービン小型化すると効率が低下するため、30kWが中心となっており、今後も10kW程度までしか小型化されないと思われる。従って小型のシステムには固体高分子型燃料電池が適している。

トヨタ自動車株式会社 インタビュー結果

1. 自社における燃料電池自動車の開発動向について	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池スタックの出力は90kWであり、乗用車としては出力的に十分なレベルである。バスには90kWのものを2基搭載している。出力的には既存の乗用車と同程度である。 現状、燃料電池スタックの大きさは旅行用のスーツケース程度である。システムはコンパクトなほど車両への搭載に対して自由度が上がるので、燃料電池スタックのコンパクト化は更に進むと考えられる。
(2) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> 現状、燃料電池自動車の原燃料については、高圧水素が主である。当社は、メタノール改質方式およびガソリン(CHF)改質方式についても研究中であり、モーターショー等で発表を行った。 トヨタは、経済産業省資源エネルギー庁の「燃料電池実用化戦略研究会」に委員として参加しており、研究会がまとめた報告書の中の基本的な考え方にトヨタの考え方は準じている。研究会では、「実証段階では、水素を原燃料として想定している。但し、導入後の拡大過程においては、何らかのブレイクスルーが必要と考えている。水素の導入のためには、インフラ整備も必要である。また、最終的には社会全体として水素のエネルギーの利用が定着することにより、自動車においても水素を用いることになる。」と想定している。 経済産業省の実証実験は、水素(高圧が主、一部液体を含む)について実施している。将来的なビジョンをふまえて、水素を対象とするという共通認識がある。 水素貯蔵合金タンク方式は開発したが、水素充填時に水素貯蔵合金を冷却する必要があるためインフラ側とのとりあいの関係から、現実的ではない、液体水素も現実的ではない。 高圧水素の貯蔵圧力は25又は35Mpaで公道走行試験のため、ナンバーを取得しているが、既存車と比較すると一充填あたりの走行距離は十分とは言えない。 トヨタは、GMとエクソンモービルとの提携の中で燃料電池用燃料の共同研究も行っている。長期的には水素、中・短期的には燃料電池だけでなく、内燃機関にも使用できる「CHF ; clean hydrocarbon fuel」の研究を行っている。
(3) DME、GTL等の技術	<ul style="list-style-type: none"> DME(Di-methyl ether)は、自動車用途よりも、まずは民生用のLPG代替用途が主であると考えている。研究はしているが、ディーゼル機関に用いるためには技術開発要素が多く実用化には課題が多い。 GTL(Gas to Liquid)いわゆる合成軽油に関しては将来的には自動車燃料として導入しようと考えている。 GTLもCHFも基本的には内燃機関に使われる。硫黄分がないことがメリットである。燃料電池としても、硫黄分がないことは改質におけるメリットとなる。

	<ul style="list-style-type: none"> 改質器は、コンパクトにできるか、起動時間が短くできるか、などの課題がある。これらの課題と、組成的な観点から原燃料にどれを選択できるかを検討する必要がある。全体的な観点からのブレークスルーがないと実用化は難しい。 GTL に関しては、ACE プロジェクト（経済産業省）で実施しデータは公表されている。シェル社の GTL 燃料をディーゼルエンジンで評価し、低エミッションを実証している。GTL 用にディーゼルエンジン開発が進めば、更に付加価値が出てくると考えられる。 GTL については、2005 年または 2006 年くらいに海外（中東各国）にプラントの建設が検討されている。既に F/S は終了しており、商業化が間近と聞いている。既存の軽油に混入させたり、pure で用いる等様々な利用方法があるが軽油とのコスト差が問題になると考えている。
(4) 燃料電池自動車の効率	<ul style="list-style-type: none"> FC 車の燃料の製造効率と車両単体の効率を合わせた総合効率の目標としては、ガソリン車の総合効率の 3 倍である。
(5) 燃料電池自動車の耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性は課題となっている。既存車並みの耐久性が必要と考えている。 現在のガソリン車は、100 年前にでき、これまでに改善されてきた歴史がある。一方、燃料電池は技術的には 100 年前にできたが、実車に搭載されたのはここ 1、2 年のことである。 実証試験を通じて実用化における問題点を抽出する必要がある。
(6) 燃料電池自動車のメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンスは、今後の課題であり、お答えできない。 どのようなメンテナンスピッチがよいかは、今後の検討課題である。将来的には、現状の車と同程度のメンテナンスにすることが必要と考える。
(7) 開発・販売スケジュール、ハイブリッド自動車とのすみわけなど	<ul style="list-style-type: none"> 現時点で、開発・販売スケジュール、今後のすみわけはお答えできない。 近未来は、あくまでも既存の内燃機関車が主流であると考えている。 当社の燃料電池自動車には、ハイブリッド車の技術が導入されている。 2010 年で燃料電池車が 5 万台に到達するかはわからないが、高いハードルであくまでも目標であると考えている。技術のブレークスルーがどの程度そのスピードに追いつけるかが課題となる。 国家としてのエネルギーに対するビジョンが焦点となる。それはメーカー側が関与できる問題ではない。国家がいつごろまでに水素社会に移行したいかにより、社会は動くだろう。 人口が集中している都市部において、燃料電池車の長所である低エミッションや低騒音が活かされるだろう。
(8) 開発・販売における課題	<ul style="list-style-type: none"> 2004 年まで政府内で関係省庁連絡会議が行われ規制の見直しスケジュールが検討されている。 そのスケジュールでは 2005 年までに民間主導でデータを取得し緩和するように言われている。自動車に直接関係する法規については、自動車業界ベースで動きをすることになる。しかし、自動車に関与しないインフラ部分については、どこが対応するのか、シナリオどおりに進むかどうかかわからない。

	<ul style="list-style-type: none"> ・課題は多い。プライオリティーをつけて進める必要がある。 ・改質システムのコンパクト化もあるが、燃料電池そのものとしても課題が多い。コストやシステムの信頼性に課題があり、既存のガソリン車やディーゼル車に匹敵する商品性はまだ出せない。
(9) インフラ整備	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備は重要なポイントとなる。例えばバス等に天然ガス車両を導入した時のように、営業所等の拠点をもち、移動範囲や走行距離が限定される場合は、営業所毎にインフラを整備すればよく、比較的容易に導入が可能である。また、営業所で原燃料を供給できるため、改質も必ずしも必要とはならない。 ・加えて、バスは一般市民が利用する公共交通機関であるため、認知度の向上にも有効である。 ・燃料電池の技術が確立して初めて、インフラ整備の方向性を決定するための議論が可能となる。 ・インフラ整備の方向性の一つとして、ガソリンエンジンなど内燃機関の自動車にも使える CHF (Clean Hydrocarbon Fuel) がある。
2 . 業界全般の動向、他業界との連携について	
(1) 家庭用固体高分子形燃料電池との連携	<ul style="list-style-type: none"> ・固体高分子形燃料電池の出力としては、100～数 kW 程度であり、発電機としての適用範囲は広いと思う。 ・基礎となる技術は同じであるが、自動車用と家庭用は使用される環境の違いにより要求性能が異なり、開発の目指す方向性が異なると考える。自動車の場合は、頻繁な起動停止があり、負荷変動が大きく、また、振動や熱に耐えうるものでなければならない。対して家庭用は出力も小さく、負荷変動も大きくないが、耐久性が必要。家庭用の燃料電池で優れたものが開発されれば使用するかもしれないが、要求性能が異なるため難しいであろう。
(2) 自動車業界全般の一般的な動向、今後の方向性について	<ul style="list-style-type: none"> ・方向性としてはほとんど違いがないと認識している。しかし、当社は検討範囲が他社よりもやや広いと考えている。例えば、燃料電池本体やモーター、ハイブリッド制御等についても社内で開発検討を行っている。 ・CHF いわゆるクリーンガソリンの改質技術は各社とも検討していると認識している。まだ、企業内で個別に技術開発している状況である。いずれは各社の性状を比較し整合する取り組みが必要である。

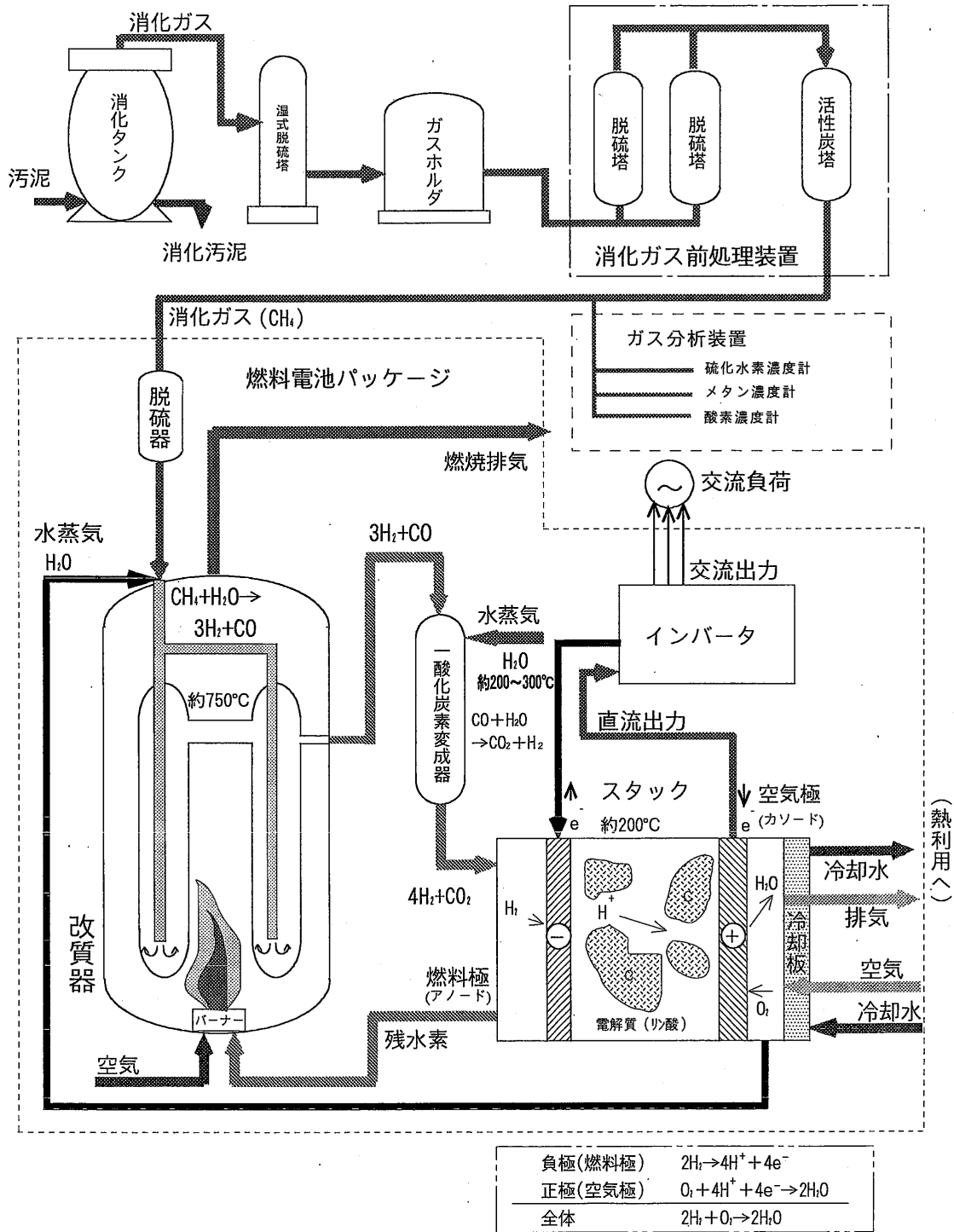
横浜市下水道局 インタビュー結果

1. 北部汚泥処理センターについて	
(1) 横浜市の下水処理と北部汚泥処理センターについて	<ul style="list-style-type: none"> 横浜市には、9の下水処理区があり、11の下水処理場が稼働している。 以前は各処理場で下水と汚泥の処理を行っていたが、現在は、汚泥については送泥管により汚泥処理センターに集約し、集中処理を行っている。北部と南部の2つの汚泥処理センターがあり、北部は5つ、南部は6つの下処理場から汚泥が送泥されている。 北部汚泥処理センターでは、送泥された2%程度の汚泥を5%程度に濃縮した後、嫌気性消化タンクにおいて有機物を分解している。発生する消化ガス(約1,600万Nm³)のうち、2%程度が燃料電池に投入される。なお、消化ガスの60~70%は消化ガス発電設備に、他は汚泥焼却炉(一部)の補助燃料として利用されている。 消化ガスは、低圧ホルダーに集めた後、ガスコンプレッサーにより中圧化して使用している。このことにより、消化ガス中の水分が除去され、ガス質が向上する。 汚泥処理センターはごみ焼却工場と隣接しており、工場から電力を購入し水とガス(ガスは南部のみ)を売却している。このような資源の相互利用は北部では平成7年から、南部では平成13年から行っている。
(2) 燃料電池システムの開発について	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池は、従来の消化ガス発電設備(レシプロガスエンジン)が耐用年数に達した際の代替候補の1つとして検討されたものである。製造メーカーとの共同実験を平成6年~9年にかけて行った。 平成8年2月に実証プラントを設置した。前処理装置と燃料電池の消化ガス対応が主な開発事項であった。 平成10年から実用機の製造を開始し、平成11年11月に実用機が完成して運転を開始した。実用機は実証プラントよりもコンパクトであり、プロセス機器が改善されている。
2. 導入している燃料電池システムについて	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池は、(株)東芝製のPC25_{TM}C(200kW)1基である。その他の設備としては、脱硫等を行う燃料ガス前処理装置1式、窒素ガス供給装置1式、熱放出用のクーリングタワー(65dBA)1式である。 燃料電池の基本性能は市販品と同等であるが、原燃料のメタン濃度が低い(約65%)ため、ガス流量を増加するので、配管等を改造している。また、沿岸部に設置しているため、塩害フィルタを設置している。
(2) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池では低圧した消化ガスを用いている。 消化ガスは、都市ガスと比較してカロリーが低いため、ガス取込管を大きくすることでガス流量を増やして対応している。(消化ガス:約5,500kcal、都市ガス:約11,000kcal) 平成6年~9年に行った実験の際に消化ガス成分の変動を調査し、それを踏まえて実用機を製作している。このような調査なしでは、実用化は難しいだろう。

	<ul style="list-style-type: none"> ・原燃料である消化ガスの成分は常時測定しており、成分の値が規格外となる場合には、燃料電池の稼働を停止することとしており、都市ガス等の他の原燃料は補填しない。これは、燃料電池は本施設において主要な電力源ではなく、ガスエンジンの電力で補うことが可能であり、また、都市ガス等を用いた場合にはかえって費用がかかるためである。ただし、実際にこのような理由で稼働を停止したことはほとんどなく、稼働率は約 98%である。 ・消化ガスはガスエンジン発電の燃料と焼却炉の補助燃料として有効利用しているが、さらなる有効利用として、燃料電池の原燃料として用いている。 ・前処理プロセスの脱硫に使用している活性炭は、定期的（約 1 年毎）に交換している。
(3) 燃料電池システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池で発電した電気は、ガス発電機設備の補機（400V）母線に常時接続し、所内動力として使用している。また、センターでは熱は比較的豊富であり、燃料電池から得られる熱の温度に見合う利用用途もなかったことから、燃料電池の熱は現在利用していない。 ・今後の燃料電池による電気・熱利用については、現状維持とする。また、汚泥処理センター全体で、最適なエネルギー利用形態を検討している。 ・嫌気性消化タンクの加温は、現在はガス発電機設備の排熱を利用しているが、それが難しい状況となった場合には、燃料電池の熱を利用することも考えられる。なお、嫌気性消化タンク内の温度は 36 である。
(4) 燃料電池システムの規模設計の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・北部汚泥処理センターにおいては、燃料電池以外にレシプロガスエンジンによる発電（4,780kW）を行っている。燃料電池の容量決定においては、従来の発電で使用しきれない消化ガスの余剰分を基準にして、単機容量及び台数を決定した。この際の単機容量は、経済性を考慮し、汎用となっている 200kW 機を基準にした。
(5) 燃料電池システムの立地条件の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・パッケージ形を考慮し、電気室まではやや離れているが、燃料を供給しやすい場所を選定し、屋外設置した。また、基礎は経費も考慮し、杭を打たず、独立系とした。本来、燃料電池は屋外設置を想定した機器であるため、あえて建屋も建設しなかった。
(6) 燃料電池システムの設置性	<ul style="list-style-type: none"> ・占有スペースは 13m×8.5m（補機スペースを含む）である。 ・燃料電池本体と前処理装置等を設置する位置は、土地の形状に応じて組替えることが容易である。
(7) 燃料電池システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池に投入される消化ガス量は年間で約 57 万 Nm³ であり、年間の発電量は約 137 万 kWh である。 ・燃料電池システムの発電効率は約 38%LHV、熱効率は約 43% LHV である（実験値）。なお、カタログ値（都市ガスを使用）では、発電効率は 40% LHV、熱効率は 40% LHV である。熱も利用した場合には総合効率が 80% LHV を超える。 ・消化ガス発電と燃料電池により得られる電力は所内の動力として用いられ、所内の消費電力の約 76% となっている。（燃料電池による年間の発電量は約 137 万 kWh、消化ガス発電設備による年間の発電量は約 2,419 万 kWh である。）

(8) 燃料電池システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池本体の寿命は、4 万時間と言われている。現時点でこの程度の稼働時間を経ている燃料電池はあまり存在しないため、実際のところは不明である。寿命となった場合、突然全く動かなくなるのではなく、発電能力が低下すると言われている。 ・横浜市の燃料電池システムは、現在、稼働後約 2 万時間を経過した程度であり、今後、劣化の傾向を調査していく段階である。 ・システム本体の寿命については、横浜市では 15 年を設定している。そのため、途中で燃料電池のスタック部分を交換することとなる。
(9) 燃料電池システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・製造メーカーが推奨している遠方監視による集中監視(24 時間) 軽微な補修及び部品交換を委託している。監視だけでなく遠方制御も可能であるが、横浜市では遠方制御は導入していない。したがって、何か故障時等の対応が必要な場合には、メーカーからの電話を受けて現場の職員が対応することになる。 ・ガス発電設備と比較すると、稼働率は高く、騒音、振動、排ガス(窒素酸化物等)において優れている。
(10) 燃料電池システムのメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガスによる発電量全体の中では、燃料電池の出力は 200kW と小さい(レシプロガスエンジン 4,780kW)ことから、電力供給源としてのメリットはそれほど大きくはない。メリットを挙げるとすれば、下水汚泥から発生する消化ガスを有効に活用できること、発電効率の高さ、及び環境啓発に少なからず影響を与えた点である。
(11) 期待された効果と実際の稼働状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・期待以上の点としては、年間稼働率が 90%以上であった点である。設計時の設定は 90%であった。 ・期待どおりの点は、発電効率が高いことである。 ・期待以下の点としては、電池本体の交換費用が高いと予測されること、維持管理に必要な委託料(常時監視によるデータ収集と故障解析が必要)の支出が発生することである。
(12) 燃料電池システム利用における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・施設規模に見合う大容量、かつコンパクトな燃料電池システムの開発。1,000kW 程度の容量の燃料電池が開発・市販されればよいが、費用がかかる。200kW は汎用機であるため、費用は安く押さえられる。 ・燃料電池システムの普及による価格の低下。燃料電池システムは建設費が高い。逆に、汎用的になればコストダウンにつながり、その場合には普及もかなり期待できる。 ・りん酸形燃料電池の長寿命化。燃料電池(セル)の寿命がまだ明らかになっていない。(交換費用が高い可能性がある。)
(13) 今後の燃料電池システム導入の見込み	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、新たな燃料電池システムの導入は見送っている。

システムの構成と電極反応模式図



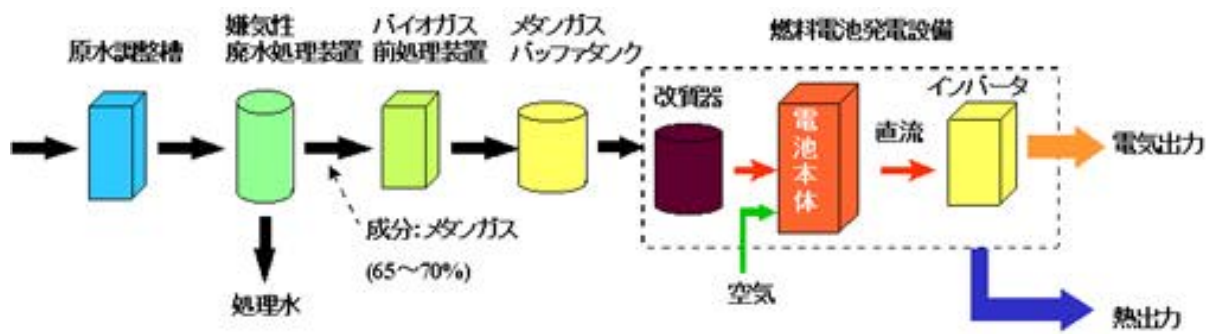
出典：横浜市下水道局提供資料

サッポロビール株式会社 インタビュー結果

導入しているバイオガス発酵・燃料電池のシステムについて	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカー・型式：東芝 PC25_{TM}C 型 ・定格出力：200kW、出力電圧：400V、周波数 50Hz ・総合効率：81% (カタログ値)、発電効率：40% (LHV)、熱利用効率：41% (LHV) ・熱出力：737MJ/h、熱供給形態：温水 (60) ・燃料消費量：バイオガス 53m³/h (メタン濃度 95%) ・排気特性：NOx-5ppm 以下、SOx-微量、騒音特性：約 60dB (機側 10m 平均値) ・排水：水質-純水、排出量-ほぼゼロ ・ユーティリティ (水)：水質-水道水、補給量-ほぼゼロ、ユーティリティ (窒素)：1 日の起動停止で 7 m³、ポンベ 4 本使用 ・寸法：縦 3.0×横 5.5×高さ 3.0m、重量：18.2 トン ・設置場所：屋外 ・運転形式：自動、無人運転 ・出力方式：工場生産設備用配電系統に系統連系
(2) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・排水には、仕込工程の副産物であるモルトフィード搾り廃液、タンク洗浄の排水などが含まれており、BOD 濃度は高い。 ・嫌気性排水処理によって発生するバイオガスを利用しており、バイオガスの組成はメタン約 70%、二酸化炭素約 30%、硫黄分 0.5% 以下である。 ・発生したバイオガスを直接投入すると硫黄分の影響でセルが劣化するため、前処理を行ってから投入する。 ・前処理として、水や苛性ソーダ等による洗浄を行っている。メタン濃度 95% がメーカー推奨の濃度だが、前処理を行えば行うほどコストがかかるため、脱硫等を行った後、実際にはメタン濃度 85% 程度で運転している。これで特に問題はない。
(3) 燃料電池導入の経緯	<ul style="list-style-type: none"> ・京葉食品コンビナートにおける電力、蒸気の供給、排水処理を行っている京葉ユーティリティ(以下、KYU) という会社がある。KYU によるサッポロビールからの最大排水受入可能量は現在 11,000m³/日である。 ・サッポロビール千葉工場には、高濃度 (嫌気性) 排水処理設備 (以下、「高濃度」) と総合嫌気性排水処理設備 (以下、「総合嫌気」) の 2 系統がある。まず 1996 年ごろに「高濃度」が設置され、その後、排水が増加したため、KYU への負荷を低減するために「総合嫌気」が設置された。 ・「高濃度」の処理能力は 200m³/日である。「総合嫌気」は KYU の 11,000m³/日に対応できるだけのキャパシティがあり、余裕をもって運転している。

	<ul style="list-style-type: none"> ・通常、嫌気性排水処理で発生したメタンはボイラーで燃焼させることが多いが、「高濃度」を設置した当時はサッポロビール千葉工場がある食品工場地区内において各工場が新たに火気を発生させる設備は設置しないという取り決めがなされていたため、メタン燃焼用のボイラーを設置することができなかった。そこで、NEDOの補助金を受けることも可能であったため、燃料電池を設置した。 ・その後、ビール生産量も増大し、排水量も大幅に増加したことにより「総合嫌気」を設置することになったが、環境に対する考え方も変わり、特例として環境対策設備となるバイオガスボイラーを設置できるようになったことから、小型の貫流ボイラー3台が設置された。燃料電池は、前処理やメンテナンスにコストがかかることから設置を見送った。
(4) 燃料電池システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・本工場の燃料電池システムは、高濃度有機性排水のバイオガス化施設とリン酸型燃料電池の組合せである。 ・排水の投入規模について、約30,000m³/月の排水を燃料電池用に投入している。 ・排水処理施設と燃料電池施設は隣接しており、原燃料(排水含む)はパイプで運搬されている。 ・電力は工場内の系統連系、熱は熱交換器を通して工場内で給湯用に用いられている。 ・燃料電池システムによる発電量は工場全体の電力使用量の3~5%程度、発生する熱は工場全体の使用量の2%程度をまかなっている。 ・前処理が少ない貫流ボイラーの方が安価にメタンを有効利用できること、及び工場内では蒸気を大量に使用するため熱需要は多いが、燃料電池による電力供給の期待が低いことから、現在のところ燃料電池を増設する予定はない。
(5) 燃料電池システムの規模設計、立地条件・設置性の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・導入当時は、「規模設計の考え方」というよりも、初めに「出力規模200kWの燃料電池を導入する」という前提があったと聞いている。「高濃度」に隣接して前処理設備、ガスホルダー、燃料電池等を設置した。 ・燃料電池システムは10×13m、メタン発酵に要する関連設備は10×17mのスペースに設置している。スペース的には、諸設備を設置する余裕があった。
(6) 燃料電池導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・当初は、メタンを燃焼させることができなかったために、補助金を受けて燃料電池を導入した。従って、エネルギー需要やコジェネレーションの必要性との関連はあまりない。 ・但し、新しい技術に対する関心、及び宣伝効果に対する期待はあったと思われる。
(7) 燃料電池システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカーは、5年に1回のセル交換を推奨している。セル交換のコストは、200kWのもので5000万円である。 ・耐久性の面で現在問題となっていることは特にないが、時折故障することがある。
(8) 燃料電池システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンスコストは年間700~800万円である。なかでも、人件費の占める割合が大きい。 ・燃料電池は遠隔で操作・監視を行っている。 ・燃料電池のメンテナンスは東芝が行っている。前処理施設のメンテナンスは、東芝取り纏めのもと別会社によって行われている。

(9) 燃料電池システムのメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラーはメンテナンス及び使い勝手が良く、前処理が燃料電池ほど必要ないためにコストも燃料電池より大幅に安い。貫流ボイラーの方がメタンを安価で有効利用できることから、燃料電池はコストが大幅に下がらない限り追加導入は難しいと思われる。
(10) 期待された効果と実際の稼働状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・当初期待以上の効果は認められないが、宣伝効果はかなりあった。導入当初は多くの問い合わせ、見学申し込み等があった。 ・エネルギー回収はできているが、非常にコストがかかっており、セルの交換費用が莫大なため、その時点で継続運転するか否かの経営的判断をしなければならない。
(11) 燃料電池システム利用における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・経済面が最も問題であり、コストが経営的に許される程度まで下がらない限り、普及は難しいと思われる。
(12) 今後の燃料電池システム導入の見込み	<ul style="list-style-type: none"> ・現在のところ、今後燃料電池システムを導入する予定はない。バイオガスを利用するならコスト的にはボイラーの方が良い。
(13) その他	<ul style="list-style-type: none"> ・沿岸に立地しているが、燃料電池システムに関して、塩害は問題になっていない。 ・燃料電池は起動停止をできる限り行わない方が良いため、バイオガスの量が少ないときのバックアップとして天然ガス(都市ガス)を使用している。また、停止させる時は他のものが混入しないよう、不活性の窒素を充填する。



サッポロビール株式会社におけるメタン発酵 - 燃料電池システムのフロー



サッポロビール株式会社

出典：東芝ホームページ

セイコーエプソン株式会社 インタビュー結果

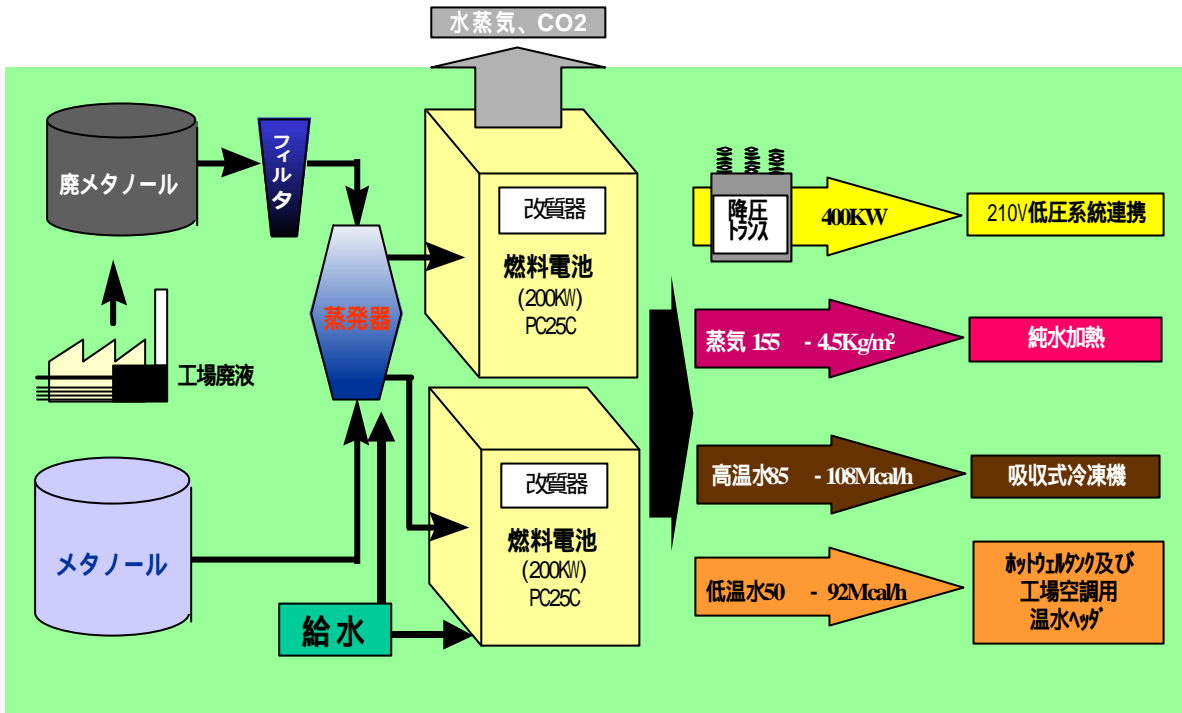
メタノール、廃メタノールを燃料とした燃料電池発電設備について	
(1) 燃料電池導入の経緯	<ul style="list-style-type: none"> ・セイコーエプソンでは、7つの環境専門委員会を設置して環境問題に取り組んでいる。その中の省エネ委員会において新エネルギーの導入を検討した。 ・1998年から開始されたステップ2の環境活動の1つとして、新エネルギーの導入を検討し、豊科事業所と伊那事業所にりん酸形燃料電池(200kW)を各2基、伊那事業所に太陽光発電システム(50kW)を導入した。豊科事業所に導入された燃料電池の原燃料はメタノールであり、その一部として廃メタノールを利用している。なお、伊那事業所に導入された燃料電池は、天然ガスを原燃料としている。 ・豊科事業所では、携帯端末やデジカメ、PDA等に用いられるD-TFD(Digital-Thin Film Diode)という液晶ディスプレイを生産しており、ディスプレイ事業部門の主力工場となっている。 ・新エネルギーの導入の背景には、液晶の生産量の増加による電力需要の増加がある。新エネルギーとして燃料電池が選択された理由としては、従来型のCGSと比べてCO₂排出量やNO_xやSO_x等の環境負荷が少なく、騒音も小さく、省エネ効率が高いことが挙げられる。 ・1998年9月に燃料電池の仕様の検討を開始し、1999年7月から本格稼働した。
(2) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・豊科事業所では、りん酸形燃料電池(200kW)を2基導入している。 ・廃メタノールはフィルターを通した後、メタノールと混合する。これを蒸発機で蒸気にした後、改質器に通して燃料電池に投入する。 ・LNGを使用する場合に備え、脱硫器も設置している。
(3) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・メタノールを原燃料として用いている。メタノール使用量は、諏訪南事業所で発生する50t/年の廃メタノールを含み、約1,500t/年(1時間あたりドラム缶約1本分)である。廃メタノールは、水分除去に用いたメタノールであるため、その半分は水であるが、燃料電池に投入する場合には水を処理する必要はない。なお、廃メタノールはナトリウムイオンの処理が必要である。 ・原燃料として天然ガス(LNG)の利用を検討していたが、LNGの受入基地は沿岸部にあり、また、豊科にはパイプラインがないためコストが上がると予測された。そのため、今後、燃料電池の原燃料として汎用の可能性があるとするメタノールの利用に挑戦した。これには、メタノール利用可能性に関する燃料電池ユーザーとしての立場からの検証と、廃棄物の燃料としての有効利用という二つの意義があった。 ・検討時には、メタノールと廃アルコール(廃メタノール、廃IPA)を原燃料として用い、リスク対応として緊急時には改質器を用いてLPGや都市ガス、LNGも使えるような仕様を目標としていた。現状では廃IPAは用いず、廃メタノールを用いている。廃IPAは改質が可能であるが触媒に費用がかかるため、経済性の観点から採用をとりやめている。

<p>(4) 燃料電池システムの利用形態</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・400kWの電力は210Vに低圧し、工場内の電力に系統連系して利用している。 ・熱は、155 -4.5kg/m²の蒸気、85 -108Mcal/hの温水、50 -92Mcal/hの温水として得られる。蒸気は純水加熱に、85 温水は空調(吸収式冷凍機)とボイラー補給水(新設ホットウェルタンク)に、50 温水は湿度の調節が必要なクリーンルームの空調リヒートとボイラー補給水(既設ホットウェルタンク)に利用している。 ・2000年の総稼働時間は、1号機が7,661時間、2号機が7,596時間であり、稼働率は計画停止を除く稼働可能時間8,544時間を母数とすると、1号機が89.7%、2号機が88.9%である。
<p>(5) 燃料電池システムの規模設計の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・主に熱需要を考慮して規模設計を行った。電力需要を中心に規模設計を考えれば、より多くの燃料電池を導入してもよいことになる。 ・燃料電池から発生する熱の量は大量である。クリーンルームがあるような半導体の事業所や大病院、福祉施設等であれば、発生する熱を余すところなくうまく利用できるだろう。ただし、半導体の事業所の場合には、その立地条件から電気が安く購入できる場合が多く、その分、燃料電池の経済面でのメリットが小さくなる。 ・通常、半導体の事業所は、おおよそ1万kW強の契約電力であり、ガスタービン2基程度を使用している。東北の半導体事業所等では、ガスタービン6,000kWを6基導入した例や、3,000kWを2基導入した例がある。その意味では、発電容量が200kWのりん酸形燃料電池より、現在開発途上にある熔融炭酸塩形燃料電池の方が魅力的である。熔融炭酸塩形燃料電池は高温型燃料電池であり、発電容量が大きく、蒸気が多く得られる点がメリットである。蒸気であれば用途は多く、170~180 であればさらに需要とマッチングさせやすい。
<p>(6) 燃料電池システムの立地条件の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・豊科事業所は熱需要がエネルギー需要全体の30%と多く、熱を利用しやすい状況にあるとの判断から、導入先に選ばれた。
<p>(7) 燃料電池システムの設置性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池2基とメタノールのタンクを設置して、およそ40m×30mの場所を占めている。
<p>(8) 燃料電池システムの効率</p>	<p>(効率数値はすべてLHVとする)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率は、電気約40%、蒸気約17%、高温水・低温水約23%で合計約80%であり、メタノールの蒸発のために約8%が使われ、ロスは約12%である。 ・夏季は85 温水が余り、熱を使い切ることができない。そのため、熱効率が38%となり、総合エネルギー効率は78%に低下する。 ・2000年のエネルギー総合効率の実績値は、1号機が78.7%(発電効率37.5%、熱回収41.2%)、2号機が79.2%(発電効率37.8%、熱回収41.4%)であった。

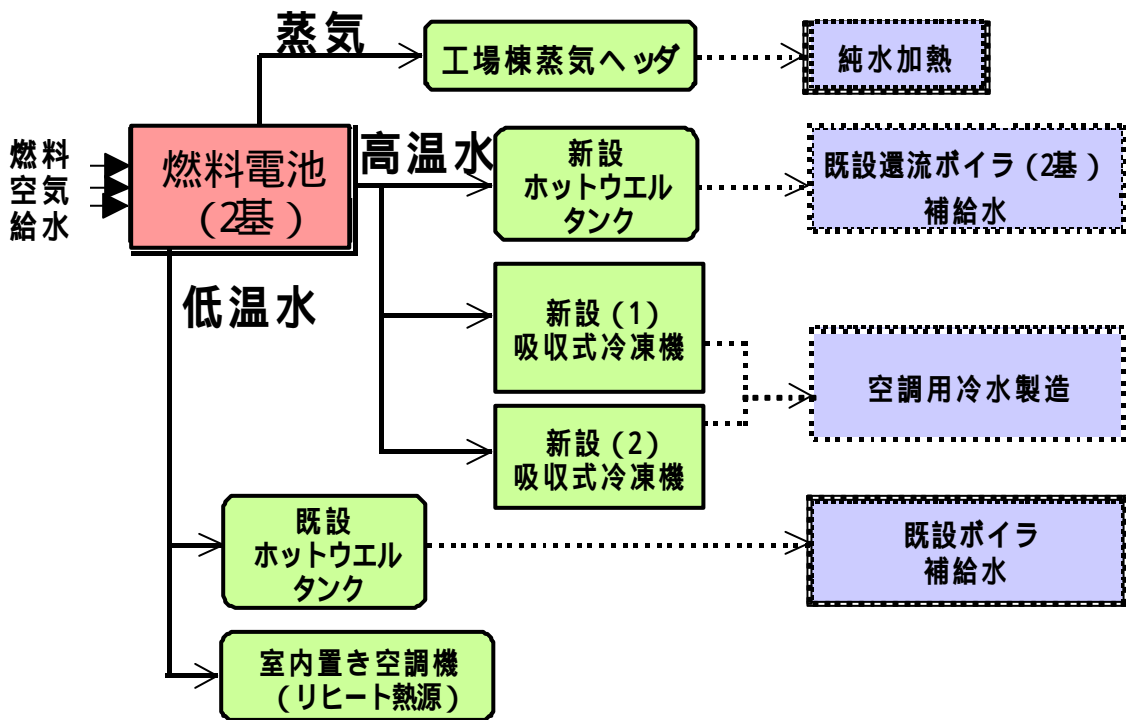
	<ul style="list-style-type: none"> 施設全体のエネルギー消費量に占める割合は、企画段階では電気と熱をあわせて3~4%程度を想定していたが、その後、工場を新設したため、割合は低下している。
(9) 燃料電池システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 耐用年数が約5年で、セルの交換には1台あたり5,000万円の費用がかかるといわれている。交換しない場合、発電効率が下がるため、発電量を維持するのに燃料が多く必要となる。
(10) 燃料電池システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンス費用は、ドライ窒素、純水、LPG等の費用や運転要員費も含み年間1,000万円前後である。 燃料電池本体のトラブルはほとんど生じていない。 トラブルは主に水回りで発生した。メタノールの場合、メタノール1molに対して、水を2~2.5mol加えるが、水のポンプで水漏れや配管の腐食等が起きた。 また、燃料電池を屋外に置いており、付近で工事を実施した際に、フィルターが目詰まりし、ごみが燃料電池に入り、セルの電圧が低下するトラブルがあった。 その他に発生したトラブルとしては、水の凍結、床上浸水、煙感知機の誤動作、樹脂の冷却水漏れ、雷による停止などである。
(11) 燃料電池システムのメリット	<ul style="list-style-type: none"> 会社の環境配慮のアピールと啓発効果があった。雑誌の取材や講演依頼、工場見学などを受けた。また、同業の企業の方も見学に来られる。
(12) 期待された効果と実績の稼働状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> 騒音が少なく、環境負荷が小さいことは燃料電池の魅力である。 稼働率の高さは期待以上であった。 燃料電池の導入によるコスト削減の要因として、売電、契約電力の低減、A重油使用量の減少、廃棄物処理費の削減等が想定されたが、実際には、契約電力の低減は難しく、また、A重油はもともと従来の使用量が少ないなど、大きなメリットには結びつきにくい面がある。
(13) 燃料電池システム利用における課題	<ul style="list-style-type: none"> 法制度の面では、メタノールタンクを置くにあたり消防法の規定により広い敷地を確保しなければならなかった。また、大気汚染防止法でばい煙を測定することとされているが、本来ばい煙が発生するような施設でなく、過大な負担となっている。 経済性の面では、コストが上がる要因として、燃料費、メンテナンス費用、用力費(ドライ窒素、圧縮空気、純水、LPG)、運転要員費、原価償却分がある。 燃料価格は最も大きい影響要因である。現在は1,500t/年のメタノール使用量のうち、50t/年が廃メタノールであり、残りの1,450t/年のメタノールを購入している。メタノールの価格が15円/kg程度であれば採算がとれるが、現状では37円/kgであり、導入時(24円/kg)よりも値上がりしている。メタノールはLNGを原料としており、沿岸部から内陸まで輸送するため、メタノール価格のうち10円/kg程度は輸送費である。 利用されていない廃IPAが合計約170t/年あるため、原燃料への廃IPAの利用を検討した。しかし、改質

	<p>は可能になったが、触媒に 1,000 万円程度のコストがかかるため、経済性の面から採用されなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在、より安価なメタノールを探している。有機樹脂をつくる化学反応（脱メタノール反応）のプロセスで副生メタノールが生じる事業所があり、その副生メタノールの質が原燃料として使用可能なレベルであるか確認中である。その工場が生じる副生メタノールの量は、燃料電池（200kW）2 基に必要な量より多い。原燃料として使用可能であれば、メタノールの購入費用が削減できるだろう。 ・初期コストとメンテナンスコストの低下が期待される。初期コストは、2 基で工事費を含み 4 億円強であり、そのうち 1 億円は NEDO から補助を受けた。 ・特高契約 7.7kV であるが、電力が 10 円/kWh と安いため、契約電力の削減によるコスト削減効果はそれほど大きくない。
<p>(14) 今後の燃料電池システム導入の見込み</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点では、廃メタノールを利用した燃料電池を導入する計画はない。 ・都市ガス等を利用した燃料電池については、他の事業所で導入する計画がある。 ・起動時間が早くなれば、停電時の防災用電源としても使用できる。現状では起動に 2 時間半から 3 時間かかる。24 時間営業のコンビニエンスストアやスーパーなどであれば、起動時間を考慮しなくてよいため、燃料電池の使用にメリットがあるだろう。

システム構成 (装置用電力)



熱エネルギー利用計画



出典：セイコーエプソン提供資料

栗田工業株式会社 インタビュー結果

主に技術開発センターの災害対応用燃料電池発電設備について	
(1) 燃料電池の仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・東芝製の 200kW のりん酸形燃料電池発電装置 (PC25_{TM}C) を用いている。 ・東芝製の燃料電池では、熱供給形態が選択できるが、「高温水と低温水」を選択している。
(2) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・原燃料の種類は、通常の運転では天然ガス (厚木ガス)、災害時用には備蓄プロパンガスを用いている。そのため、2 種類 of ガスに対応できるように、改質器の触媒の成分比が通常のものとは異なっている (詳細は不明)。なお、燃料切り替えについては、都市ガスの圧力を自社施工の圧カスイッチにより監視しており、圧力変化に応じて自動弁が作動して燃料が切り替わる仕組みとなっている。 ・ガスの流量は、稼動開始から約 2 年半の期間の測定値では、カタログ値 (43Nm³/h) にほぼ等しい (±1% 程度)。なお、稼動開始後 5 年程度で燃料電池の効率が低下する可能性があり、その場合には燃料使用量を増やして対応することが考えられる。 ・メタン発酵技術と燃料電池との組合せという点では、自社で開発している「バイオセーバー®」(嫌気性排水処理装置) と 100kW ~ 200kW りん酸形燃料電池との組合せで 2 件ほど提案を行っている。今後はこの組合せを営業展開の 1 つのツールとして進める予定である。 ・ビール会社等の大規模な企業では、自社でメタン発酵設備の開発・導入技術を有しており、また、100kW 程度の発電では量的に不十分であるため、導入対象となりにくい。「バイオセーバー®」の導入先としては、食品系の優良企業 (醤油、酒、パンなど) などがおり、それらの企業は 100 ~ 200kW の燃料電池による発電量に見合う中程度の規模であるため、燃料電池と組み合わせた導入に適している。工場の規模的には、100kW の燃料電池でも大きいいため、50kW 程度のりん酸形燃料電池があれば望ましい。 ・中小規模の食品会社では、土日休みの場合もあり、ガス量の変動に対応し、平準化するためのバッファタンクが必要となる。これは、コストアップの一要因となっている。 ・費用については、国の「新エネルギー事業者支援対策事業」の「燃料電池」及び「バイオガス燃料製造」に補助金交付申請を行える手段があり、補助金が交付される可能性もある。ただし、これらの補助金が交付されたとしても、導入側にとっては高コストであろう。 ・生ごみ、畜糞等の廃棄物のメタン発酵と燃料電池の組合せは、潜在的な市場としては大きいですが、現時点ではメタン発酵技術自体を開発中であるため、燃料電池と組み合わせた商品化はこの技術が確立してからの取組となっている。
(3) 燃料電池システムの利用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・通常運転では、年間 360 日 (メンテナンス 5 日) 24 時間稼動している。200kW の電力は系統連系し、センター内の電力の一部として常時使用している。なお、センターでの電力総使用量は、季節変動はあるが年間平均で約 400 ~ 500kWh である。

	<ul style="list-style-type: none"> ・高温水は、吸収式冷温水発生器に接続し、実験棟の空調用として使用している。冬と夏の使用量は多いが、春と秋は少ない。 ・低温水は、湿度と温度を保つ必要がある環境関連分析室空調機のプレヒートに利用している。低温水の用途として給湯利用も検討したが、事故による不凍液（グリコール）流出の可能性等を考慮し、とりやめた。 ・災害時には、燃料切り替えが行われて燃料電池は系統からはずれ、アイドル状態（補機分のみの発電で出力がない状態）になる。燃料電池の稼働及び災害時設備の運転開始は手動で行う。これは、災害時には、人がいない状態での稼働には安全性の問題があること、また、LPG 燃料が備蓄分に限られているためである。 ・災害時には、電力・熱を主に飲料水製造と温水シャワーに利用する。飲用水については、燃料電池から発生する水は、りん酸形燃料電池の場合、最大でも 60ℓ/時程度と少ないため、主に備蓄用水を浄化して用いている。災害時の使用電力は 10kW 程度である。 ・災害時の運転については、実際の災害での利用はまだないが、厚木市防災の日の災害訓練等を含め、これまで 10 回程度実施している。その中では、燃料の切り替え、アイドル運転、及び独立運転ともに、とくに問題は発生していない。 ・今後の利用については、電力は現状で全て活用しており、それを維持する。熱については、現状では産業廃棄物としている排水処理で生じる汚泥を、減容化するためのプレヒートとして利用することを検討している。
(4) 燃料電池システムの規模設計の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池規模の選択にあたっては、原燃料が基本的に都市ガスであるため、原燃料の供給条件より、敷地面積に占める占有スペース（緑地確保との関係）や施設の電力需要等の条件がより重要となった。 ・災害対応用とするため、基礎や配管等を耐震構造とし、さらに一部倒壊した場合も燃料電池の運転が継続できるような設計とした。
(5) 燃料電池システムの立地条件の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・自社施設への導入にあたっては複数の候補地があったが、他の候補地は都市ガスの供給がないため、現在の立地（厚木市）に決定した。センター内の芝生地に設置した。 ・災害時の飲料水受け渡しのため、通路（道路）に隣接した土地に設置した。 ・据付時及びメンテナンス時のレッカー設置のための場所を確保できる位置とした。 ・研究学園地区であるため、騒音を考慮し、サイレンサーを設置した。
(6) 燃料電池システムの設置性	<ul style="list-style-type: none"> ・当社の燃料電池システム（燃料電池ユニット、関連設備、非常用設備ユニット等）は L 字型に配置した。比較的余裕をもたせた配置としており、L 字型の長い直線部が約 30m×8m 程度である。また、燃料電池パッケージ本体は、幅 5.5m×奥行き 3.0m×高さ 3.1m である。
(7) 燃料電池システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池の発電効率は、都市ガスの場合、40%LHV、総合効率 80%LHV であるが、実際には、熱については低温水の利用が少ないため、熱効率は、利用の多い夏や冬で 25～35% LHV 程度、端境期には～10%

	<p>LHV 程度であり、総合効率は 40～75% LHV である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センター内では、年間平均で約 400～500kWh (夏季ピーク時 1000kWh、年末年始休暇期 200kWh) の電力を使用しており、そのうちの 200kWh は燃料電池から供給されるので、概ね 5 割程度の電力は燃料電池で賄えている。燃料電池導入以前は、電力会社と 995kW の契約をしていたが、現在は 800kW の契約をしており、電力使用基本料金の経費が削減された。 ・熱については、空調用に使用している。カロリーメーターを使用して管理しているが、熱利用先までの距離があるため、熱ロスが 10%程度あると思われる。燃料電池導入以前の空調が電力によるものであったことや、不足分を電力で補っていること、実験装置等の入替があること等から、所内の熱需要の何割を賄えているかを推定することが困難である。
月	<p>4月～5月中旬 5月中旬～9月 10月～11月 11月～3月</p>
電気	<p>40% 40% 40% 40%</p>
熱	<p>～10% 30～35% ～10% 25～35%</p>
総合	<p>40～50% 70～75% 40～50% 65～75%</p>

	注) 効率数値は LHV
(8) 燃料電池システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池本体は、メーカーのデータによれば、セルと触媒の交換が 5 年に 1 回必要であるとされている。使用している燃料電池は、現在、導入後 2 年 8 ヶ月経過しており、燃料の流量増加等により可能な限り使い続ける予定である。他の企業等で導入されている燃料電池の耐久の状況に注目している。 セルと触媒の交換が 5 年とされているため、15 年の設定年数の中で 2 回交換するものとして計算しているが、交換費用が高く、2 回交換すると償却が困難である。費用の面を考慮すると、少なくとも 7.5 年以上の耐用年数は必要である。
(9) 燃料電池システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンスの費用については、燃料電池メーカーと年間メンテナンス契約（遠隔監視を含む）を行っており、この費用が計上される。契約では、年間点検時はスーパーバイザー派遣のみで、自社でメンテナンス作業員を出す契約としているため、契約料は通常の半分程度に押さえている。 通常、トラブルがなければ 4~5 日/年の年間点検が主流である。年間点検では、メーカーのスーパーバイザーがコンピューター・電気関係の点検を行い、自社のメンテナンス作業員はポンプの交換やフィルターの掃除等を行っている。また、空気フィルターの掃除については、3 ヶ月に 1 回程度実施している。 これまでに発生したトラブルとしては、落雷が多い地域であるため、システムが落雷を異常として検知し、燃料電池がアイドリング状態に入ったケースがある。この場合は、遠隔操作によりシステムにつなぎ直して対処した。 通常の燃料電池の場合は、水処理装置（樹脂）の交換費用が発生するが、自社独自の水処理装置を用いているため、交換作業がなく、費用の発生もない。
(10) 燃料電池システムのメリット	<ul style="list-style-type: none"> 主要なメリットとしては、災害等により通常のインフラが破壊された際も、備蓄燃料等があれば安定した電力を供給できる点が挙げられる。騒音も少ない。また、環境面でも CO₂ の排出等が抑制される。 副次的なメリットとしては、CO₂ 排出量について、年間 8000 時間で約 130ton(炭素換算)削減できる(電力及び熱を全て利用した場合)。また、災害対応として厚木市と協定を結び、地域住民への貢献に寄与している。
(11) 期待された効果と実際の稼働状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> 期待どおり、あるいは期待以上の効果が得られた点としては、現場サイドの意見として、順調に稼働している点、システムとして安全サイドに働くようになっている点、メーカーのフォロー体制が良く、トラブル時の対応が早い点が挙げられている。 期待どおりの効果が得られなかった点としては、現場サイドの意見として、燃料電池本体がアメリカ製（IFC 製（ONSI 製））のためネジ等規格に合わない部品が多い点、部品の在庫が不足ぎみである点が挙げられる。加えて、やはり燃料電池がアメリカ製であることにより故障における原因追及が十分にできていない点、プラント熟知者の不足が挙げられる。また、当施設は委託しているメーカーとの距離が近いので対応が良いが、他の遠隔地では対応が十分ではないと聞いている。

<p>(12) 燃料電池システム利用における課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・技術的課題 <ol style="list-style-type: none"> 1)燃料電池本体がコンパクトにパッケージ化されている点は、設置スペースの確保や外観の面では非常に良いが、燃料電池本体内のメンテナンスを行う上では、部品の取り外しに時間を要する等、作業性が悪く、メンテナンス時の苦勞が多い。このことは、メンテナンスコストにも影響していると考えられる。 2)温水（とくに 60 温水）の利用が難しく、熱効率中の約半分が使用できない場合が多い。 3)水浄化においては、通常 50～70kg 程度の樹脂ボトルを 2～3 ヶ月で 4 本交換する必要があり、作業性も悪いためネックとなっていた。この問題については、自社独自の水処理装置を導入することにより、年 1 回のメンテナンス時に水処理機器のメンテナンスを行うことで、解決できるようになった。現状では、この装置は当社技術開発センター及びその他 2 現場で稼動中である。 ・法制度的課題 <ol style="list-style-type: none"> 1)系統連系及び逆潮流関連については、許可が下りるまでに半年を要した。 2)大気汚染防止法（ばい煙）について義務付けられているが、問題となるようなばい煙が発生する装置ではなく、また、手続きも煩雑で費用もかかる。 3)電力会社との間で契約電力を変更する際、燃料電池設置後 1 年間の実績データが必要であるが、夏場のピーク時の数値を見る程度とする等、期間の短縮化によるコストメリットがほしい。 4)当初の計画では、災害時対応のためにバルクタンクも設置する計画であったが、保管量や距離等に関して消防法上の制約が多くあり、設置することができなかった。 5)自社でも燃料電池拡販促進のため、多くの客先と話しているが、消防法における非常用発電設備の認可が下りれば、導入する客先はかなり多くあると考える。現状では、非常用発電設備は、「停止から 40 秒以内に定格になる」ことが条件であるが、燃料電池を通常発電として使用し、非常時に燃料を切り替えることで、短時間での対応が可能ではないかと考えている。 ・経済性に関する課題として、導入時の初期投資に関しては補助金が 1/3～1/2 程度交付されることもあり、様々な客先との会話の中では、特に無理だとの印象はない。しかし、セルと触媒の交換及びメーカーとの契約の費用を検討するとかなり高額となり、導入をあきらめる客先が多い。拡販の条件として、メンテナンス、セルと触媒の交換部分にも補助を出すか、もしくは現状で費用をかけている設備（前述の非常用発電設備等）の代替とすることも良い方法と考える。
<p>(13) 今後の燃料電池システム導入の見込み</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自社の導入見込みとしては、今後、新たにりん酸型燃料電池システムを導入することは想定していない。 ・開発・販売側としての立場からは、災害対応型設備として、市役所、県庁等への DM 送付や、防災展等への出展によるアピール活動を行っており、引き合いはあり客先との話し合いは行なっているが、様々な問題（特に価格面等）で受注に至っていない。災害対応型以外では、前述のバイオ関連技術と燃料電池の組合せを考えている。金額面でのメリットが示せれば、導入できる客先が増えていくと考えている。

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">・燃料電池の主流は、固体高分子形となるだろう。NEDOの家庭用燃料電池の開発プロジェクトにおいては、栗田工業も開発メンバーとして水処理部分を担当している。このプロジェクトにおいて栗田工業は来年度には終了する予定である。・固体高分子形燃料電池については、燃料電池の技術そのものが開発途上にあり、メタン発酵技術との組合せによる利用は現在検討中である。 |
|--|--|

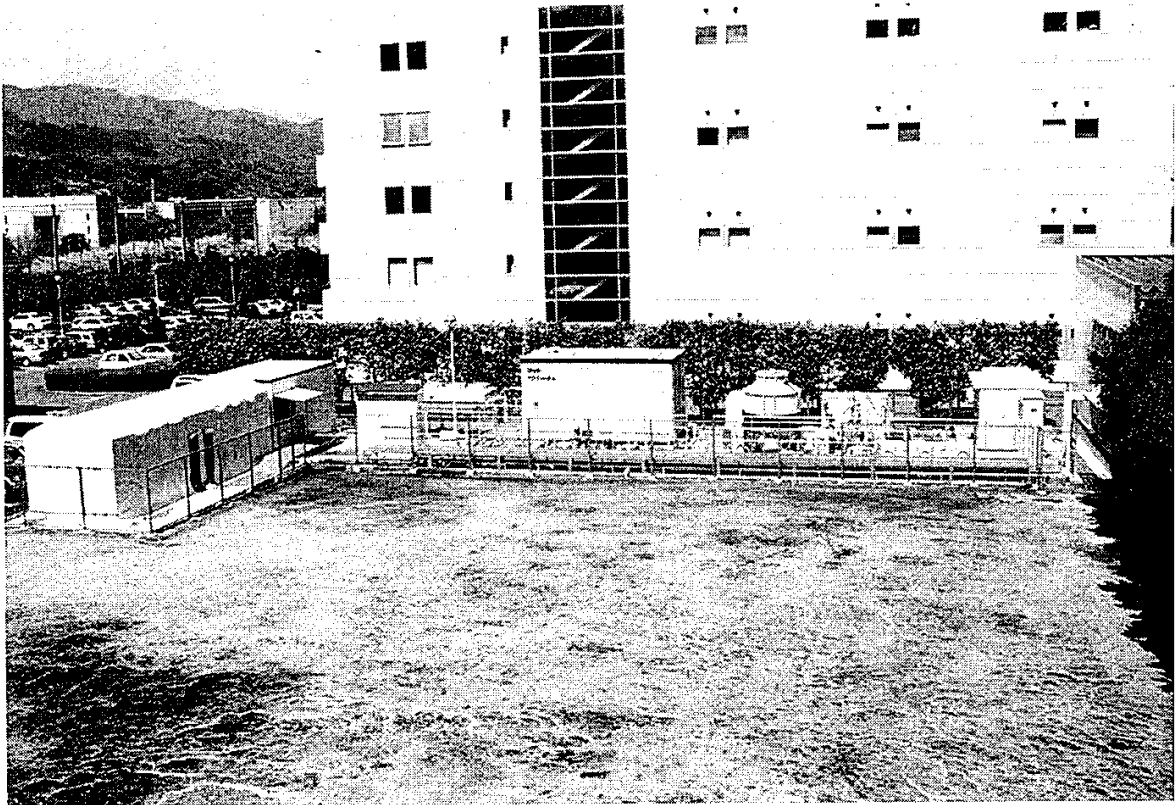
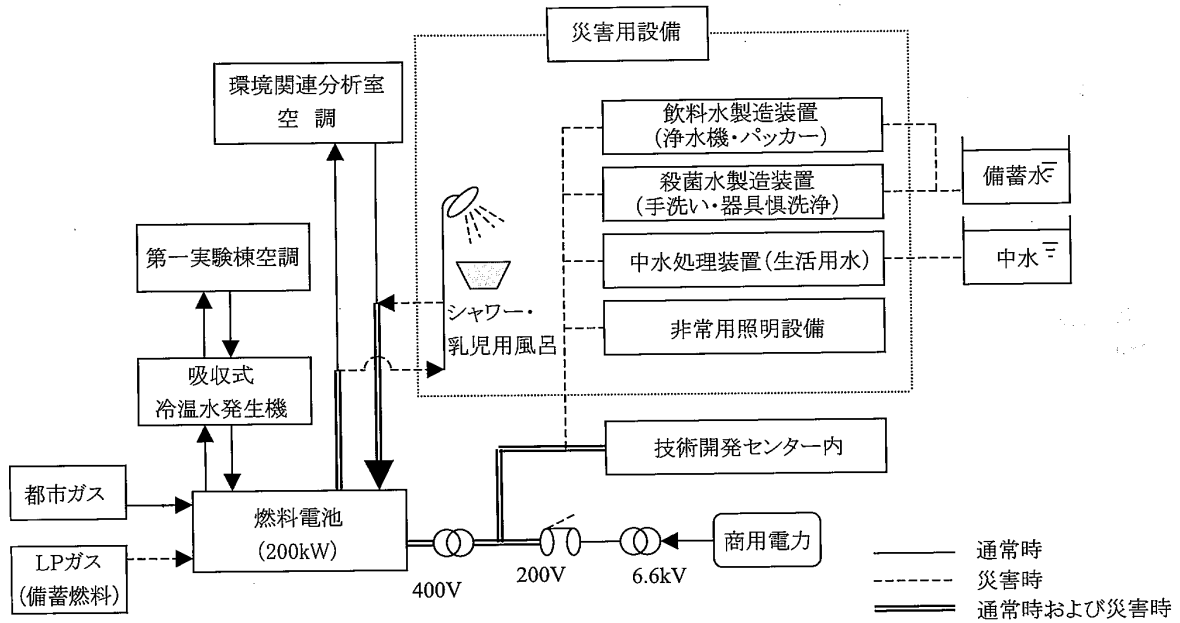


写真1 設備全体写真

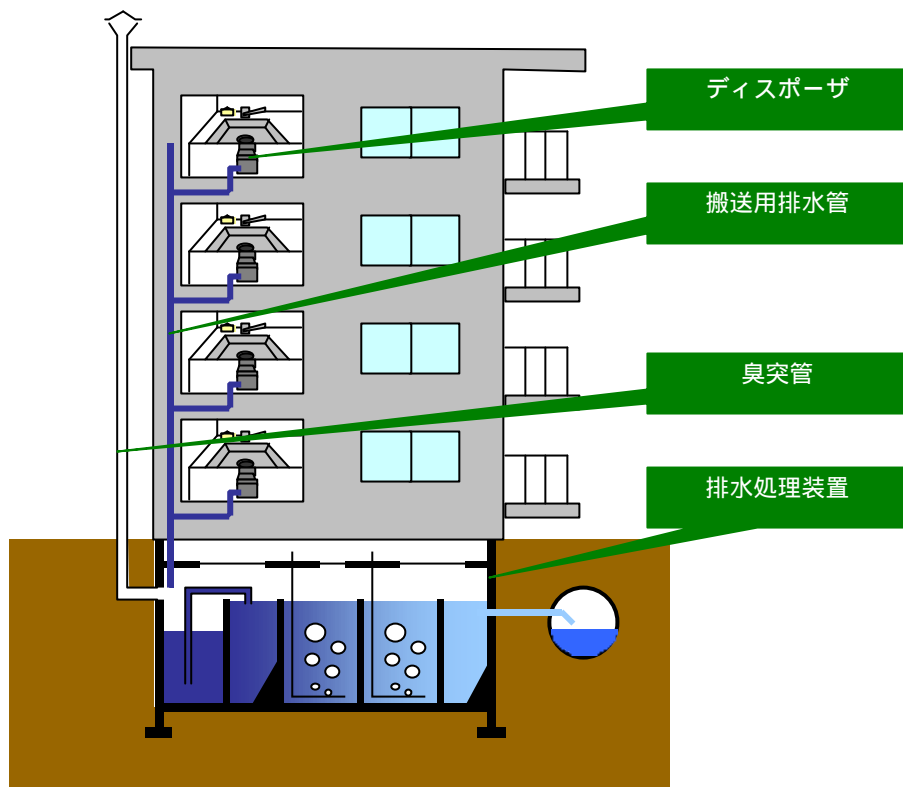


出典：燃料電池 Vol.1 No.1 (2001.7) 燃料電池開発情報センター

東陶機器株式会社 インタビュー結果

ディスポーザシステムの開発動向について	
(1) 原燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザにより、生ごみのみを収集する。ディスポーザの構造上、ガラスや金属片、プラスチック等は分別される。 ・1人あたりのごみ排出量は、約1kg/人/日(湿重量・水分80%)であるが、そのうち生ごみは、約250g/人/日を占める。
(2) システムの規模・形態	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザシステムは、ディスポーザと専用排水配管、排水処理施設の組み合わせからなり、オンサイトで分別濃縮ができるシステムである。 ・現在は、集合住宅や業務用(病院、老人ホーム、学校給食施設向け等)のディスポーザシステムが多いが、5年程度後には、戸建住宅への導入も視野に入れている。 ・リサイクルについては、現状の殆どのディスポーザシステムでは考慮されていない。 ・大規模なまとまりのあるエリア(大型スーパー、食品工場、マンション併設の複合ビル等)では、オンサイト型のリサイクルが可能であろう。F/Sを1~2年で行う予定である。一方、オフサイト型の広域リサイクルの場合、発生源と利用者が異なるため、再資源化工場を設置するサイト等の問題が生じる。
(3) システムの規模設計の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザの規模は、排出される生ごみの量により決定される。 ・ディスポーザ活用は平成2年度水質汚濁防止法改正における国民の責務の台所対策と逆行することを踏まえて下水道ではBOD300mg/l以下、SS300mg/l以下、n-Hex30mg/l以下として負荷を高めない、浄化槽と接続する場合はBOD10mg/l以下、T-N10mg/l以下、T-P1mg/l以下の性能を有する高度処理浄化槽とするという事で現状運営されていることに準ずる。
(4) システムの立地条件の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・人口集約(下水道地域、集落排水処理、浄化槽、未整備)とごみ量集約(戸建住宅、集合住宅、コンビニ等小売業、レストラン等小規模事務所、食品工場)によるマトリクスによりシステム導入の条件が整理される。 ・集合住宅では、システムがユーザーに与える利便性が高いため、人口集約に関わらず、導入が可能であると考えられる。一方の戸建住宅では、オンサイトでは技術的な課題があり、オフサイトは技術的に可能で、既に試行が開始されようとしている(現行ディスポーザシステム+汚泥濃縮移送+既存コンポスト工場)。 ・集落排水処理、浄化槽の場合は、排水処理施設でディスポーザ排水負荷対応設計を行い、認証審査を受けることでディスポーザを直接設置することも可能である。 ・下水道地域は、さらに詳細なセグメントに分類できる。例えば、大都市圏には下水道に余裕がないため難しいが、地方では、下水処理能力に余裕があれば、ディスポーザから直接下水道に放流することも可能と考えられる(北海道歌登町の事例)。但し、下水管路への影響等検証、技術確立すべき課題は多く、制度上も現時点では許可されていない。

	<ul style="list-style-type: none"> ・食品工場（産廃）では、夾雑物質の混入のない品位の良い有機性廃棄物から選択的にリサイクルされている。一方、コンビニ等小売業、レストラン等小規模事務所等の流通部門では、夾雑物質（包装材等）の混入、腐敗劣化等の再生原料としての品位の低さへの対応技術がリサイクル推進のカギとなる。
(5) システムの効率	<ul style="list-style-type: none"> ・検討中である。データは多くはないと考えられる。
(6) システムの耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・電気製品部は一般的に耐用年数7～10年。LC-CO₂試算の場合は「10年」を適用している。
(7) システムのメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザーシステムでは設置認可の関係上、規模に関わらず、月1回の管理が必要である。大規模なディスポーザーシステムでは、管理費用（電力、水質分析、汚泥処理等）が1,000円/戸以下であるが、戸建においても同頻度の検査が必要なため、各戸のコストは大規模システムの場合よりも高くなる。このような点も戸建におけるディスポーザーシステムの普及が遅れる原因であろう。
(8) システムのセールスポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザーシステム（オンサイト分別濃縮システム）により、原料安定性の欠如（腐敗による品質劣化、異物の混入）、収集コスト高（多くが「少量分散型排出」のため量の確保が困難）の課題が解決される。 ・広域回収再資源化工場が実現した場合は、スケールメリットによる再生コストの削減が可能となる。 ・九工大、北九州市環境局、TOTO 共同研究で行ったケーススタディでは、オンサイト分別濃縮システムと広域回収再資源化工場のハード開発、及びリサイクル情報ネットワークのソフト開発を組み合わせた有機質資源リサイクルネットワーク構想が実現した場合、社会システムとしての総コストの削減が可能となる結果が出た。このスタディでは、根拠となる LC-CO₂ のインベントリ分析も行っている。
(9) システムの開発・販売のスケジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では、新設の集合住宅への設置が多いが、今後は既存の建物への設置も検討する。
(10) システムの将来性	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスポーザーシステム（一次処理システム）は、その費用対効果がユーザーにとって納得できるものであるため、急速に普及していると考えられる。一方、リサイクルのための移送・2次処理システムについては、特にユーザーにとっての便益が生じないため、行政サービスによる対応が適切である。現状では焼却しているものをリサイクルすることで、社会的なトータルコストが削減されることが望ましい。
(11) システムの開発・販売における残された課題	<ul style="list-style-type: none"> ・一般廃棄物扱いの生ごみを取り扱う上での法的な対応が課題である。現状では、免許取得業者以外には取り扱うことができない。また、自区内処理の原則がある。廃掃法の改正により、これらの状況が変化する可能性もある。 ・リサイクル品の品質確保、あるいはリサイクル業者の能力の担保を行う仕組みが課題となる。 ・メタン発酵等の検討については、大阪府大と共同で研究中である。
(12) その他	<ul style="list-style-type: none"> ・有機性廃棄物の適正なりサイクルを支援するため、（財）有機質資源再生センターが設置される。同センターでは、資源循環に関する情報管理を行う資源循環事業や、適正業者の認定、リサイクル品の品質基準の策定を行う技術認証事業、及び自治体とのリサイクル情報の交換を行う循環社会研究所事業を行う。



ディスポーザシステム概略

ディスポーザシステム排水処理部への流入排水負荷と要求処理水質

	流入排水負荷	要求処理水質
排水量	35L・人 ⁻¹ ・日 ⁻¹	35L・人 ⁻¹ ・日 ⁻¹
BOD	1300mg・L ⁻¹	300mg・L ⁻¹ 以下
SS	1340mg・L ⁻¹	300mg・L ⁻¹ 以下
n-Hex	160mg・L ⁻¹	30mg・L ⁻¹ 以下

出典：清水康利、松原義治、小川正昇：生ごみディスポーザ処理システムの普及とこれからの展望 第5回日本水環境学会シンポジウム、pp.113-114,2002

参考文献

- ・燃料電池プロジェクトチーム報告書 副大臣会議 燃料電池プロジェクトチーム 2002.5
- ・燃料電池実用化戦略研究会報告 燃料電池実用化戦略研究会 経済産業省 2001.1
- ・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 燃料電池実用化戦略研究会 経済産業省 2001.8
- ・燃料電池 Vol.1 No.1 燃料電池開発情報センター 2001.7
- ・燃料電池 Vol.1 No.2 燃料電池開発情報センター 2001.10
- ・燃料電池 Vol.1 No.3 燃料電池開発情報センター 2002.1
- ・燃料電池 Vol.1 No.4 燃料電池開発情報センター 2002.4
- ・燃料電池 Vol.2 No.1 燃料電池開発情報センター 2002.7
- ・燃料電池 Vol.2 No.2 燃料電池開発情報センター 2002.10
- ・燃料電池 Vol.2 No.3 燃料電池開発情報センター 2003.1
- ・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 - 燃料電池開発情報センター 1999.10
- ・燃料電池講習会テキスト 2001 9 燃料電池の基礎講座 燃料電池開発情報センター 2001.6
- ・燃料電池講習会テキスト 2001 10 燃料電池の多様な応用 燃料電池開発情報センター 2001.12
- ・燃料電池導入ガイドブック 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 2000.3
- ・燃料電池のおはなし 改訂版 広瀬研吉著 日本規格協会 2002.3
- ・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 金子彰一 2002.6
- ・バイオマス・ニッポン総合戦略 閣議決定 2002.12
- ・中央環境審議会地球環境部会「目標達成シナリオ小委員会」中間とりまとめ 環境省 2001.7
- ・国立環境研究所社会環境システム研究領域資源管理研究室 森口祐一室長 バイオマス炭素量算定関連提供資料
- ・バイオマスハンドブック (社)日本エネルギー学会編著 オーム社 2002.9
- ・日本の廃棄物 2000 環境衛生施設整備研究会監修 (社)全国都市清掃会議 2000.12
- ・メビウスシステム・REM システム(し尿等の混合処理) 矢野聡 環境技術 vol.29 No.9 2000
- ・生ごみ・汚泥等の高効率メタン発酵処理システム 毛塚博明・菊地理・岡澤祥平・久芳良則・桜井敏郎 用水と廃水 vol.44 No.10 2002
- ・特集：有機性汚泥の減容化とバイオガス化家畜糞尿を主体とした複合廃棄物資源回収技術 用水と廃水 vol.44 No.10 2002
- ・生ごみのバイオガス化技術 (IMC バイオガス回収システム) について 堂野千里 環境技術 vol.29 No.9 2000
- ・帯広畜産大学における家畜糞尿バイオガスを使った燃料電池 西崎邦夫
(<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/3> . 帯広畜産大学.pdf)
- ・苫小牧市西町下水処理センターにおける下水汚泥消化ガスを使用した燃料電池発電システム 荏原製作所 (<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/4> . 荏原製作所.pdf)
- ・メタン発酵技術に関するメーカー (鹿島、エキシー、川崎製鉄他) 自治体 (京都市) のカタログ、技術資料

本書についてのお問い合わせは、環境省地球環境局
地球温暖化対策課（TEL 03-3581-3351 内線 6780）
あてにご連絡下さい。

（本紙は古紙（100％）利用の再生紙を使用しています。）