



固体高分子形燃料電池開発の最前線

2004.11.25

地球環境科学

担当: 伏信 一慶 (機械科学科)

我が国でのFCへの取り組み

- PAFCを中心とした取り組み（1980年代～）
 - ムーンライト計画→ニューサンシャイン計画(1981-1997)
 - 実験用を含め約200台程度導入済み
- PEFC開発競争（1990年代～）
 - Cf. BallardのDow膜によるブレイクスルー(1987)
 - ニューサンシャイン計画の一環(1992-)
 - 自動車産業の取り組み(1992-); 試作車(mid-90's)
- PEFC実用化本格取組み（2000年～）
 - Cf. DaimlerChryslerのFCV2004年実用化発表(1998)
 - 政府レベルの本格取組み(2000-)

首相のイニシアチブ

- **小泉総理ほかによる燃料電池自動車試乗会**
 - 2001年12月13日 於国会構内衆議院前庭駐車場
 - 小泉首相、平沼経産相、川口環境相、各党派代表（公明、保守、民主）
 - トヨタ、日産、ホンダ、マツダ
- **小泉首相 施政方針演説（第154回国会 2002.2.3）**
 - 「・・・燃料電池は、水素をエネルギーとして利用する時代の扉を開く鍵です。自動車の動力や家庭の電源として、3年以内の実用化を目指します。・・・」
 - 施政方針演説での個別技術への言及は極めて異例
- **小泉首相 施政方針演説（第156回国会 2003.1.31）**
 - 「・・・また、昨年、世界で初めて市販された燃料電池車を公用車として導入しました。規制を総点検し、燃料電池車の普及拡大を後押しします。・・・」

我が国の取り組み

- **国家予算 (経済産業省分)**

- **燃料電池関連予算**

- 技術開発、実証試験、基盤整備、規制再点検など
 - FY-H13:119億円, H14:220億円, H15:307億円 (H16概算要求:341億円)

- **固体高分子形燃料電池システム技術開発等**

- ↑のうち、PEFC関係分
 - FY-H13: 72億円, H14: 78億円, H15: 90億円

米国の取り組み

- PNGVの一部として(1993-)
 - Partnership for a New Generation of Vehicles
 - 商務省等；GM, Ford, DaimlerChrysler；企業、大学、国研
 - Cf. 自動車産業の国際競争性向上と先進技術の量産車への適用；燃費 80mile/gallon(33.4km/L)を目標
- CaFCP()
 - California Fuel Cell Partnership
 - カリフォルニア州大気資源局、自動車、石油メジャー、FCスタック関連企業
 - Cf. FCV実証試験；エネルギー省(DoE), トヨタ, GM正式参加(2000)
- FreedomCAR(2002.1-)
 - 政府(DoE)とBig3の官民パートナーシップ(-2010)
 - H2搭載FCVに重点、ハイリスク技術開発；CaFCPと他地域デモ統合
- 米国 ブッシュ大統領 一般教書演説
 - 2003年1月28日
 - 総額12億ドルの国家予算を水素に；5年で7.2億ドルをFCVとFC発電開発に
 - FreedomCAR計画(Jan 2002発表)と併せて17億ドルがFCV関連に

期待される市場

- **自動車用動力源**
 - PEFC
- **携帯型電源**
 - DMFC, PEFC
 - 携帯情報機器、可搬型電源
- **定置型電源・分散電源**
 - SOFC, PEFC, PAFC, MCFC
 - 家庭用、ビル用など;コジェネ
- **その他**

FCV開発動向

企業名	年	
トヨタ自動車	2003	実用化 ^注
本田技研工業	2003	実用化 ^注
日産自動車	～2005	実用化技術開発完了
General Motors	2008～10頃	本格的な年間数万台の販売規模
Daimler Chrysler	2003初頭 2004	水素車載方式燃料電池バスの市販 燃料電池乗用車の実用化
Ford Motor	2004	実用化

注 この時点では、技術的に販売しても差し支えないといった段階であり、その利用はモニター事業、実証事業等にとどまるものと思われる。

◎燃料電池自動車のデモンストレーションプロジェクト

国名・都市・実施場所	年	
アメリカ	Chicago市バス	1998 Ballard FCバス
	Palm Desert市内	1998 個人用小型車、ゴルフカート
	Sacramento	2000-2003 California Fuel Cell Partnership の乗用車、バス
カナダ	Vancouver市バス	1998 Ballard FCバス
ドイツ	Stuttgart 市バス	1998 D-Ben zNEBUS
	Hamburg 市バス	1999 D-Ben zNEBUS
	Oberstdorf	1999 Neoplan FC路線バス
	Erlangen 市バス	2000 MAN/Siemens バス
オーストラリア	シドニー オリンピック	2000 GM、液体水素車載方式燃料電池自動車によるマラソンの先導
中国	北京	2000 GM、液体水素車載方式燃料電池自動車の試乗会
日本	横浜市内	2001 DC、マツダ、日石三菱と共同でメタノール車上改質方式燃料電池自動車の走行試験を実施
	首都圏	2002-2004 水素供給ステーションの実証を含む燃料電池自動車の公道走行試験

定置用FC開発動向

企業名	年	
東芝 IFC	2000 2001	1kW及び30kW定置用プロト機開発 1kW定置用フィールド試験 10kW業務用プロト機開発
三洋電機	1998 2003～04	1kW、純水素型携帯用発電機販売 1kW級コジェネ実用化
荏原パワード	2000 2004	250kW級システムの実証実験 1kW級家庭用FCコジェネの商用機の販売 250kW級商用機の販売時期を決める
松下電器産業	1999 2004	実用条件を踏まえたラボ的な試験を開始 1kWコジェネ商品化
松下電工	2001 2004	250W、携帯用発電機のテスト販売 1kW、LNGコジェネ
日石三菱	2002 2004	5kW、石油系実証試験 1kW、LPガス型を日本石油ガスと実用化
コスモ石油	2003	1～10kW、石油系燃料実用レベル
コロナ	2003	1～3kW、灯油実用化
出光興産	2004 2005	LPガス実用化 灯油実用レベル
東京ガス	2004	都市ガス1kW級実用化
大阪ガス	2005	0.5～1kW、家庭用
Plug Power	2002	5kW前後
Ballard Generation Systems	2000	フィールドテスト機生産
トヨタ自動車	2004～05 2008	モデル住宅建設 ガソリン、住宅用本格販売
General Motors	2001	天然ガス5kW、業務用開発

FC実用化・普及に向けた政府のシナリオ

①2000～2005年頃 基盤整備、技術実証段階)



・技術開発戦略の策定及び実施
・制度面の基盤整備 (基準・標準化)の推進 【レニウム・プロジェクト】
・実証試験の実施 (運転特性等データ取得、社会的受容性の向上)
・燃料電池用燃料の品質基準の確立

②2005～2010年頃 導入段階)



・2003年頃から計画されている実用品レベルの製品の市場導入が加速化され、燃料供給体制等の段階的な整備を開始。
・公共施設・機関、燃料電池関連企業における率先導入推進。
・第2期技術開発戦略の策定及びその実施

導入目標2010年 :自動車用約5万台、定置用約210万kW

③2010年以降 普及段階)

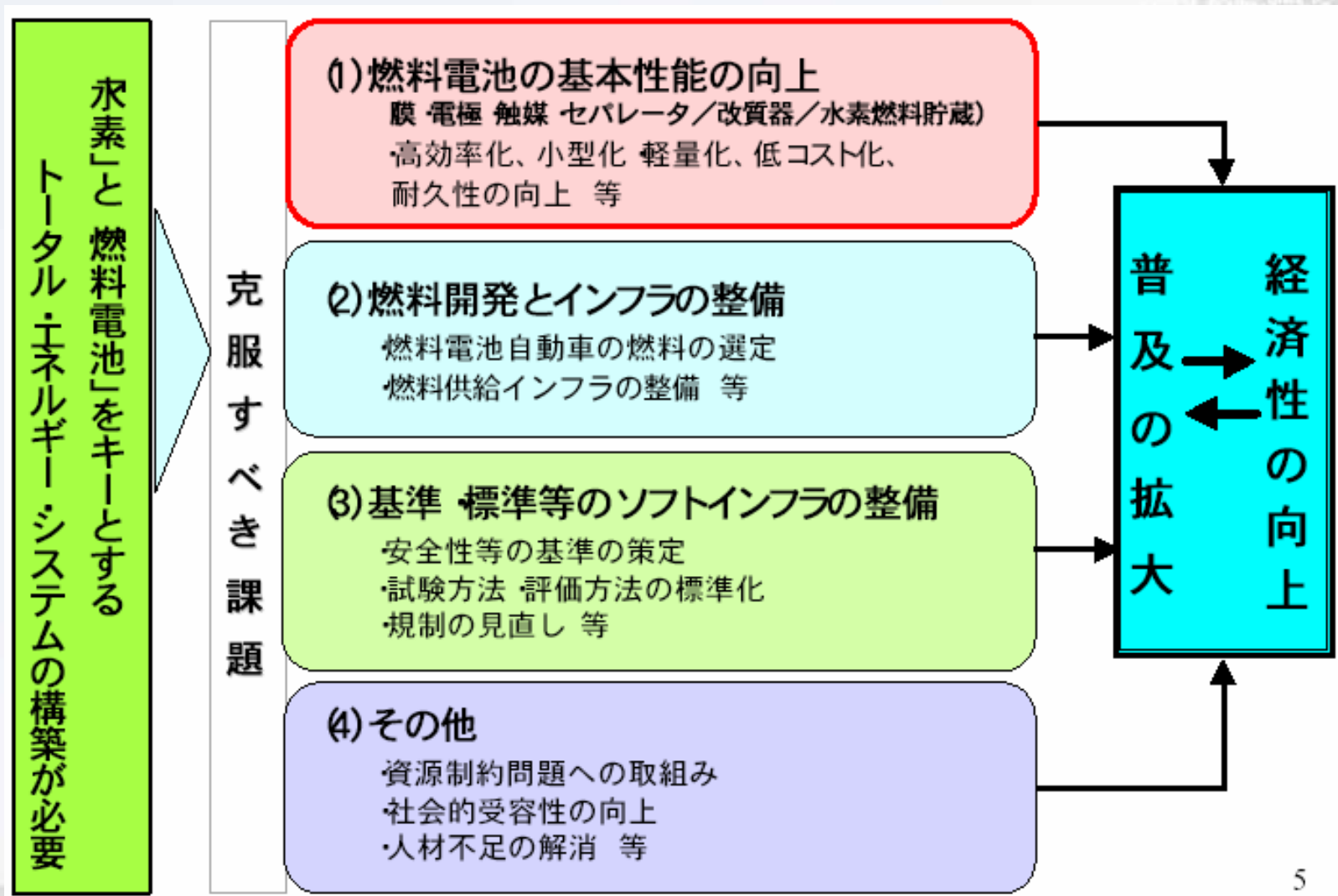


燃料供給体制の整備、コスト低減を踏まえ、自律的に市場が拡大・進展。
公共施設・機関、燃料電池関連企業のみならず、一般民間部門において導入が進展。

導入目標2020年 :自動車用約500万台、定置用約1000万kW

cf.) 2003.10現在、国内の公道を走行出来るFCVは34台

FC導入・実用化に向けた課題



規制の再点検

燃料電池実用化推進協議会等における燃料電池の実用化・普及に関連する規制の検討要望事項（目次）

	根拠法	項 目	所管	頁
自動車	高压ガス保安法	①燃料電池自動車を含む水素燃料用容器の例示基準がなく、型式毎の検査等が必要。	経済産業省	44
		②実証試験において、外国の燃料電池自動車を日本に持ち込む際、車体から燃料容器を取り外して検査を行わなければならない。		
		③水素燃料電池自動車用バルブの評価基準が厳しい。		
		④既存ガソリン車と同等な走行距離を確保するためには、貯蔵量が限られる。		
自動車	道路運送車両法	①燃料電池自動車の適合基準がなく、公道を走行するには大臣認定が必要。 ②現在走行している燃料電池自動車は第三者に譲渡ができない。	国土交通省	45
	道路法	①水底トンネルの車両の通行の禁止、制限。		
	消防法	①地下駐車場等の進入制限の可否。	総務省	45
水素インフラ	高压ガス保安法	①高压水素充填作業が高压ガス製造行為に該当するため、保安物件（学校、病院、民家等）や火気取扱施設からの保安距離確保のため、用地の制限が大きい。 ②移動式製造設備から車両への充填は、都道府県知事へ届出た場所に限定されるため、燃料電池自動車の燃料切れ等緊急時の対応ができない。 ③充填を行う敷地内に保安統括者等適格者が常駐する必要がある、管理コストが増加する。 ④CNG については「CNG スタンドに係る技術基準」において CNG 漏れ感知対策が定められているが、水素については「水素スタンドに係る技術基準」は策定されていない。 ⑤移動式充填設備の圧力要件を前提にすると、燃料電池自動車の貯蔵量が限られ、走行に支障をきたす。 ⑥液化ガスの輸送容器の充填率の上限があり、価格上昇の要因となる。 ⑦1年の検査周期ではメンテナンスコストが増大。	経済産業省	46 ～ 47
		① 水素貯蔵量の制限。 ② 工業地域、工業専用地域以外での水素スタンド建築制限。		
		①燃料輸送車両（タンクローリー）や完成車両輸送（トレーラー）について、水底トンネル及びこれに類するトンネルの車両の通行の禁止、制限。		
		①水素スタンド等を設置する場合、給油取扱所（ガソリンスタンド等）との併設が不可能。また、今後、併設できるようになっても、相当の距離を取らなければならないことが見込まれる。 ②水素スタンド等において石油系燃料の燃料電池設備を利用する場合、燃料電池の燃料は危険物として指定数量の制限を受ける。		
		①固体高分子形燃料電池設備は現状自家用電気工作物扱いとなるため、保安規程の届出と電気主任技術者の選任の義務が発生。 ②固体高分子形燃料電池設備は、火力発電所なみに、窒素ガスで置換（窒素パージ）できる構造であり、設備を停止するための窒素ポンプを常備することが義務づけられている。		
		①定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても設置届出が必要。 ②定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても建築物からの相当の距離距離をとることが必要。 ③定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても逆火防止装置の設置が必要。		
定置用	電気事業法	①固体高分子形燃料電池設備は現状自家用電気工作物扱いとなるため、保安規程の届出と電気主任技術者の選任の義務が発生。 ②固体高分子形燃料電池設備は、火力発電所なみに、窒素ガスで置換（窒素パージ）できる構造であり、設備を停止するための窒素ポンプを常備することが義務づけられている。	経済産業省	50
	消防法	①定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても設置届出が必要。 ②定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても建築物からの相当の距離距離をとることが必要。 ③定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても逆火防止装置の設置が必要。	総務省	51

（注）上記項目は、「燃料電池実用化推進協議会」からのヒアリング等により抽出した項目である。

そもそも、FC導入が想定されていない現行の法規制を再点検(FY-2004までに)

主なFCVの主要な仕様

トヨタ

FCHV



ホンダ

FCX



日産

X-TRAIL FCV



GM

HydroGen3



DaimlerChrysler

F-Cell



車体重量

1.86 t

1.74 t

-

1.75 t

-

最高速度

155 km/h

150 km/h

125 km/h

160 km/h

140 km/h

航続距離

300 km

355 km

-

400 km

150 km

モード

10・15

LA4

-

EDC

-

最大出力

FC

90 kW

78 kW

-

129 kW

68.5 kW

モータ

80 kW

60 kW

58 kW

60 kW

65 kW

水素貯蔵

高圧ガス

高圧ガス

高圧ガス

液体水素

高圧ガス

水素容量

35 MPa

35 MPa

35 MPa

4.6 kg

35 MPa

蓄電方式

Ni-MH

ウルトラキャパシタ

Li-イオン

- (none?)

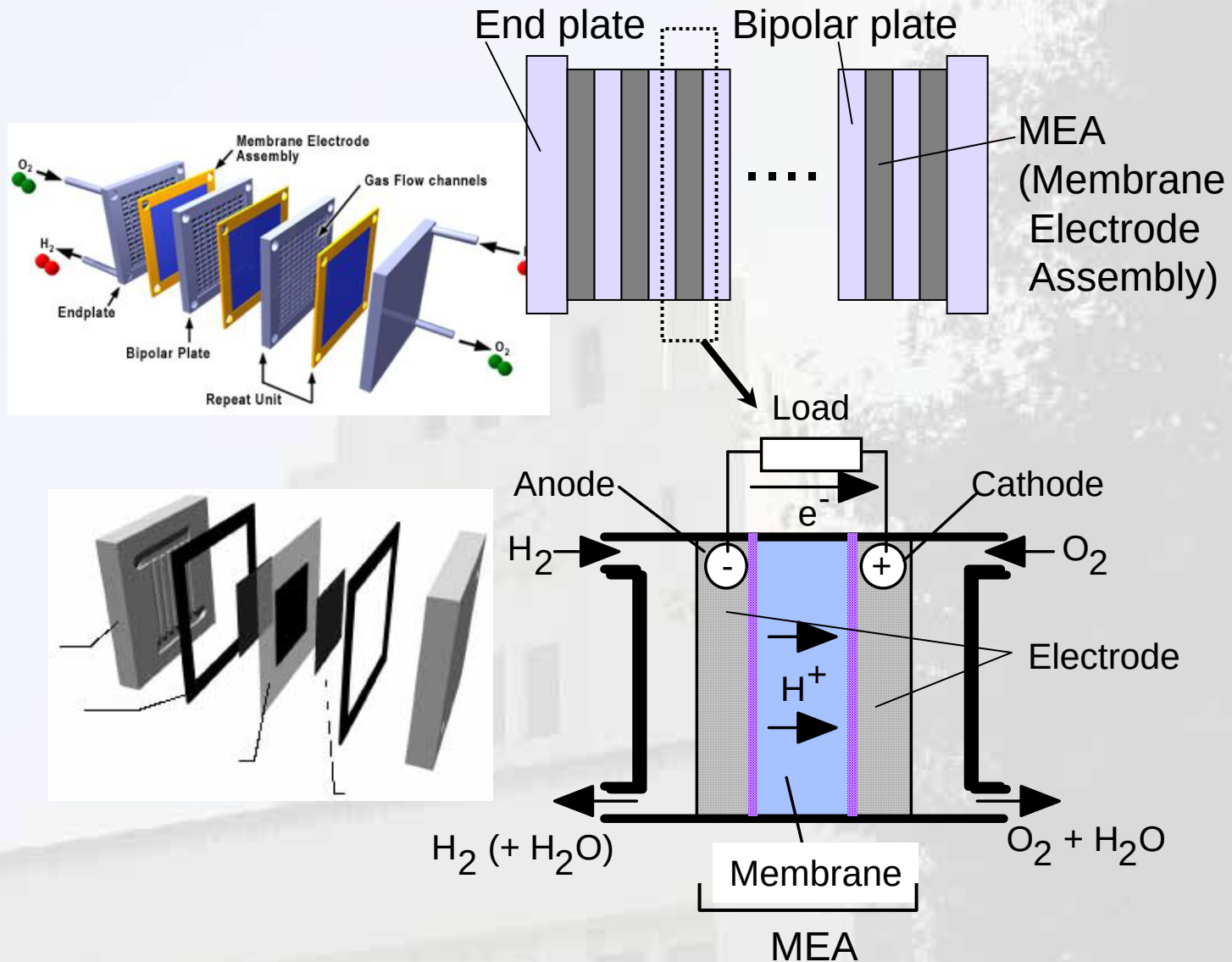
Ni-MH

様々な技術課題

様々な技術課題

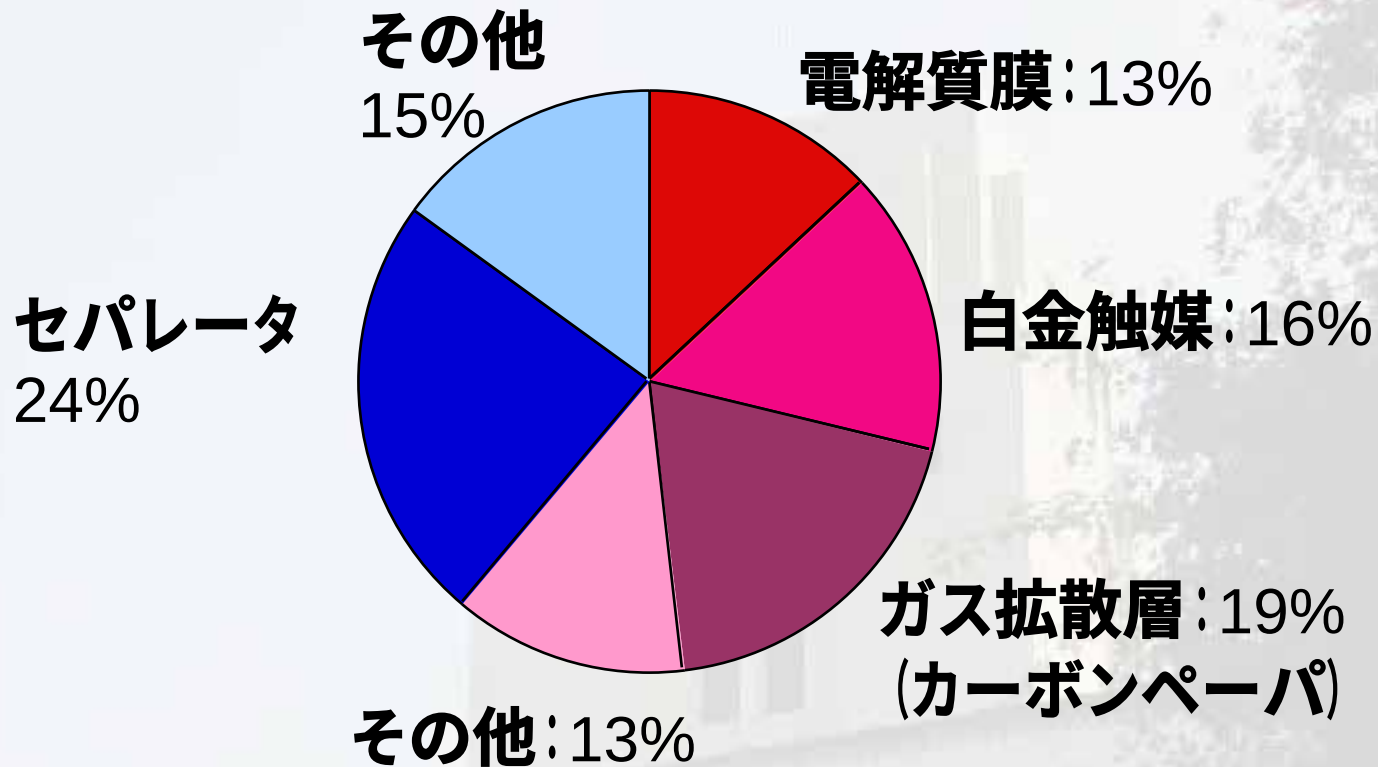
触媒
高分子膜
セパレータ
ガス拡散電極
水素タンク
改質器
等々

出力密度向上
耐久性・信頼性
低コスト化
低温対策
起動・停止
等々



PEFCスタックの 将来コスト試算の一例

コスト目標値 \$10 - 15 /kW での試算



MEA合計: 61%

※条件により比率がかなり変わるので要注意

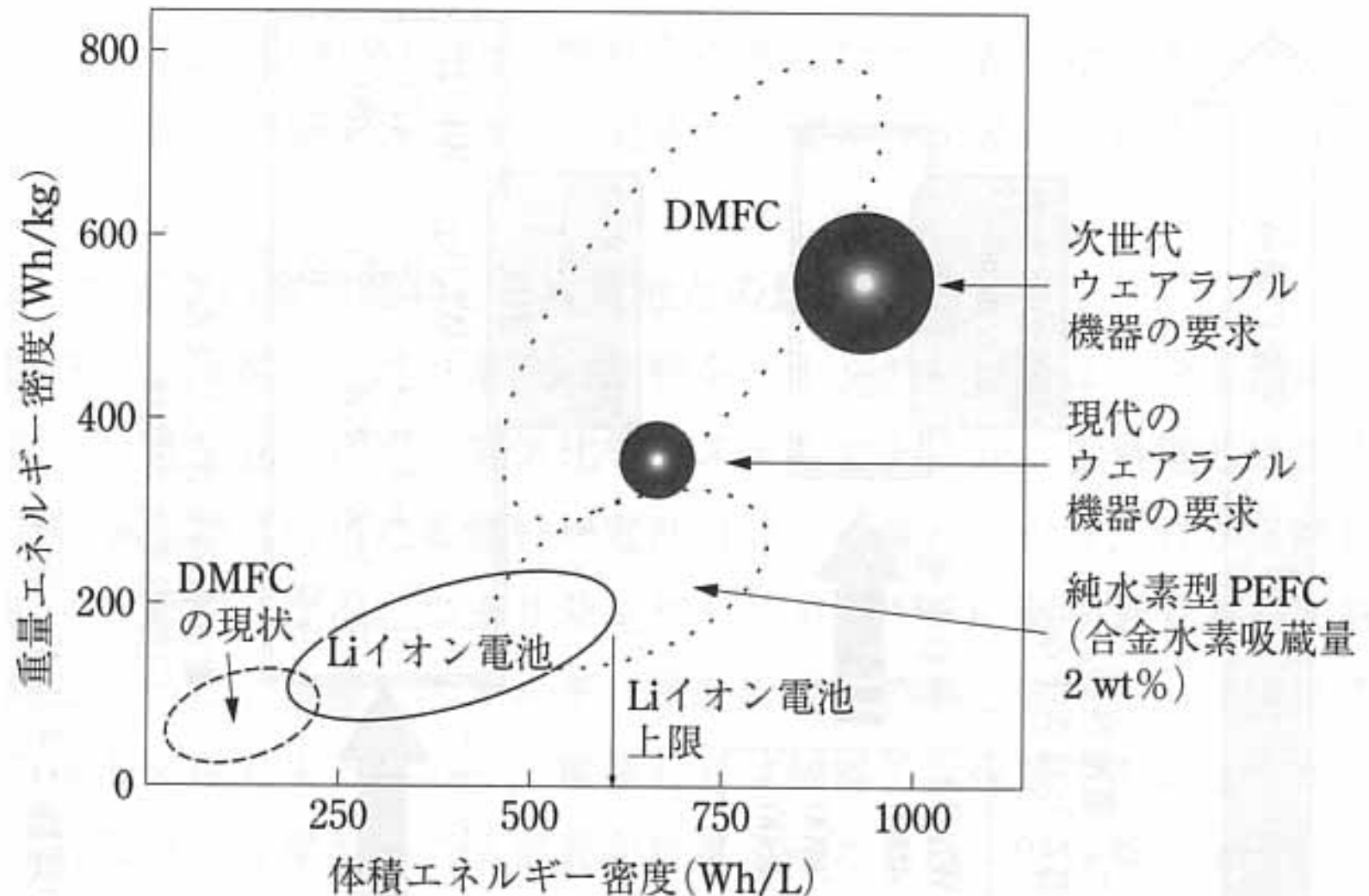
自動車総合効率比較

トヨタホームページより

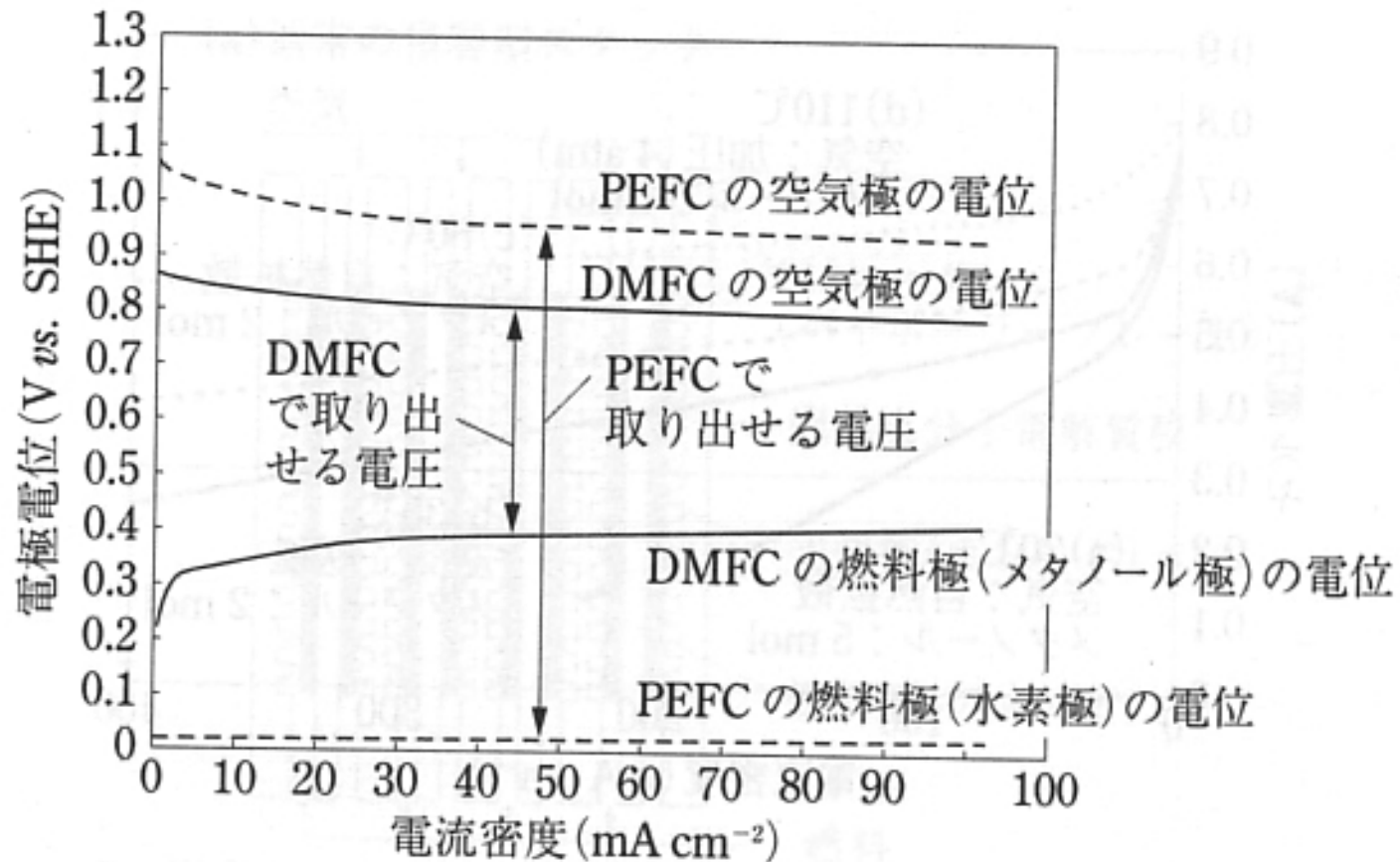
	燃料効率(%) <i>Well to Tank</i>	走行効率(%) <i>Tank to Wheel</i>	総合効率(%) <i>Well to Wheel</i>
ガソリンICE	88	16	14
ガソリンICE hybrid	88	32	28
ガソリンICE hybrid(最新)	88	37	32
高圧H ₂ (g) FCV	58(天然ガス改質)	38	22
高圧H ₂ (g) FCV hybrid	58(天然ガス改質)	50	29
高圧H ₂ (g) FCV hybrid(目標)	70	60	42

※効率計算値は想定する条件によりかなり変化するので注意が必要

小型電源のエネルギー密度

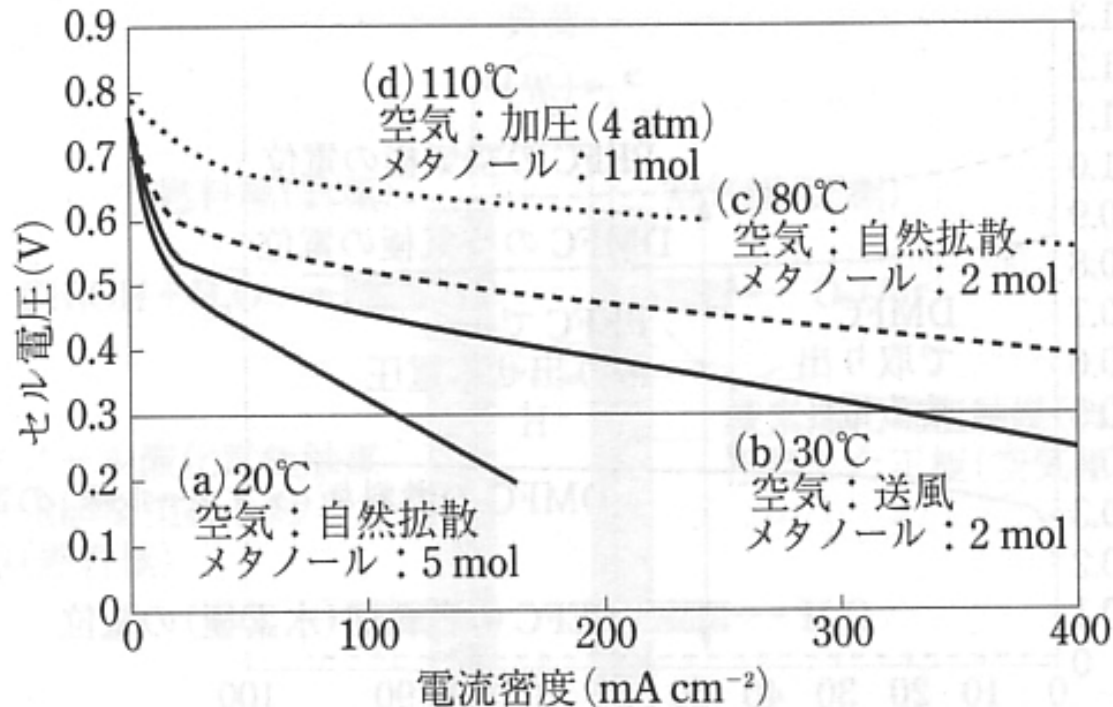


PEFCとDMFC



**アノードでの反応の遅さ
クロスオーバーによるカソード電位低下**

DMFC: 比較的最近のデータ



(a)セル温度: 20°C, 空気: 自然拡散, メタノール濃度: 5 mol (約 16 %), (b)セル温度: 30°C, 空気: 送風, メタノール濃度: 2 mol (約 6 %), (c)セル温度: 80°C, 空気: 自然拡散, メタノール濃度: 2 mol, (d)セル温度: 110°C, 空気: 加圧 (4 気圧), メタノール濃度: 1 mol (約 3 %)。

(a)~(c)は韓国 Samsung 社, (d)は独 ZSW。

小型FCの性能目標

民生低出力電子機器用燃料電池性能目標

Motorola主催, DOE支援Workshop設定

	リチウムイオン電池	燃料電池	燃料電池
	現状:2002	短期:2005	長期:2010
マーケット例		携帯電話充電器	携帯電話/ノートPC
比出力	50 W/kg	30 W/kg	100 W/kg
出力密度	60 W/L	30 W/L	100 W/L
エネルギー密度	150 Wh/L	500 Wh/L	1000 Wh/L
コスト	\$3/W	\$5/W	\$3/W
寿命／耐久性	300-500サイクル	1000時間	5000時間