

1. タスク 1 システム評価に関する調査・研究

1.1 研究開発目標

タスク 1 システム評価に関する調査・研究の第一期目標は、水素導入のための最適シナリオを検討し水素導入戦略を策定することにある。このため、短中期も視野に、再生可能エネルギーだけでなく化石エネルギーから造られる水素も含めた種々の水素利用システムについてエネルギー消費、環境影響および経済性を評価し、有望な技術を明らかにするとともに技術課題を明らかにする。また、現在燃料電池の導入・普及が推進されており、燃料電池を端緒とした将来に向けた水素エネルギー社会に向けて、燃料電池導入シナリオ、さらに、燃料電池導入シナリオを含めた水素エネルギー普及シナリオの検討を行う。

平成 13 年度の調査・研究計画のおもな項目は、候補システムの LCA 解析として、燃料電池自動車導入シナリオ作成に向けたデータ蓄積と検討、燃料を製品とした LCA 手法の改善、システム検討として、水素ステーションのコストおよび事業性の検討ならびに学習曲線による燃料電池コストの分析、燃料電池導入シナリオの検討として、燃料電池自動車導入シナリオの検討ならびに定置用燃料電池導入シナリオ作成のためのデータ整備、水素エネルギー普及シナリオおよび導入戦略等の検討などである。

また、WE - NET プロジェクト研究開発の合理的推進に向け、各タスク間の調整を図るため全体の総合調整を行ない、この目的で研究調整会議を開催している。以下に、成果の概要を記す。

1.2 平成 13 年度研究開発成果

1.2.1 システム検討

(1) 水素供給ステーションのコストおよび事業性の検討

本検討では、燃料電池自動車向け水素導入シナリオの作成の一部として、燃料電池自動車の普及段階に応じた水素需要に対して、副生水素をベースとするオフサイト・ステーションならびにオンサイト・ステーションのコストおよび事業性の検討を実施し、燃料電池自動車の普及に向けた、水素供給インフラ整備のあるべき姿を明らかにすることを目的とした。

尚、検討に当たっては、第 3 章「導入シナリオの作成」で算出した水素需要量および表 1 のステーション数をベースとし、表 1.2.1-2 に示したオフサイト・ステーション 3 ケースおよびオンサイト・ステーション 1 ケースの計 4 ケースを検討対象とした。

a) 各種ステーションにおける水素供給コスト

表 1.2.1-2 に示す 4 ケースのステーションにおける水素供給コストを求めた。ケース 1 ~ 3 のオフサイト・ステーションに関しては、水素製造、輸送、およびステーションの各段階のコストを合算したものである。水素製造、輸送コストに関しては、平成 11 年度成果

報告書に記載されている「コークス炉副生ガスを用いた水素供給システムの検討」における試算結果を基に諸条件の見直しと整合を図った。

表 1.2.1-1 「導入シナリオ」による想定水素需要量・ステーション数（全国）

普及区分		黎明期	導入初期	導入中期	普及期
想定年次	年	2006	2010	2015	2020
全FCV台数	台	4,732	50,255	514,117	4,999,315
水素FCV台数	台	4,732	50,255	389,703	3,051,904
水素需要量	億Nm ³ /年	0.2	1.6	7.4	42.5
ステーション数	ヶ所	56	169	533	2,344
[内訳]					
・ 100Nm ³ /h-オフサイト		56	56	56	56
・ 300Nm ³ /h-オフサイト		0	100	290	463
・ 500Nm ³ /h-オフサイト		0	13	119	1,201
・ 500Nm ³ /h-オンサイト		0	0	68	624

表 1.2.1-2 水素供給コストの検討ケース

	形式	水素製造	輸送機器	ステーション形式	略称
ケース 1	オフサイト	高圧水素	高圧トレーラー	高圧貯蔵 - 高圧充填	CH
ケース 2	同上	液体水素	液水ローリー	液水貯蔵 - 高圧充填	LCH
ケース 3	同上	液体水素	同上	液水貯蔵 - 液水充填	LH
ケース 4	オンサイト	-	-	NG改質 - 高圧充填	RCH

ステーションコストに関しては、4 ケースのステーションの仕様を定め、先ず、現状でのコストを見積もった。また、表 1.2.1-1 にある各普及区分の水素需要量から累積ステーション数を求め、学習曲線による将来コストの推定を行なった。

表 1.2.1-3 に 300Nm³/h 規模のステーションでの学習曲線によるステーションコストの低減度合いを、図 1.2.1-1 に各普及段階での水素供給コストを示す。

b) 水素供給ステーションの事業性

上記で求めた水素供給コストから収支計算書を作成し、各普及段階における水素供給ス

表 1.2.1-3 学習曲線によるステーションコストの低減

普及区分		初期	黎明期	導入初期	導入中期	普及期
水素需要	百万Nm ³	-	21.7	164.7	744.6	4,254.9
累積基数	ヶ所	1	18	137	616	3517
CH-300	百万円	307.4	238.6	203.5	182.7	162.9
LCH-300	百万円	304.9	233.3	197.2	175.8	155.7
LH-300	百万円	244.4	193.7	167.6	152.0	137.0
RCH-300	百万円	538.3	386.6	311.8	268.5	228.4

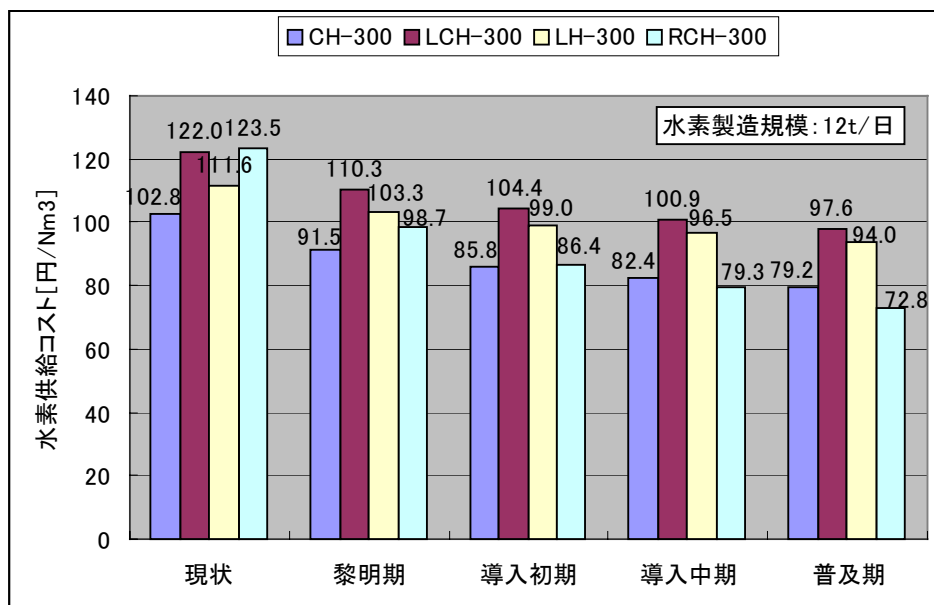


図 1.2.1-1 各種ステーションにおける水素価格（水素製造規模：12t/日）

ステーションの事業性を減価償却費控除前税引後利益の正味現在価値(NPV)で評価した。尚、ステーションの収入となる水素販売単価は、燃料電池自動車と既存内燃機関車の効率比を3.0倍として、現行のガソリン販売価格(95.0円/L)と等価となる103.5円/Nm³、オフサイト・ステーションの支出となる水素仕入単価は、製造基地規模：12t/日、片道輸送距離：50kmを基準として、高圧水素の場合で43.6円/Nm³、液体水素の場合で64.1円/Nm³とした。また、ステーションの償却年数を8年（法定償却年数）、設備稼働率を85%とした。

規模300Nm³/hの各種ステーションの収益性を図1.2.1-2に示す。図中の正味現在価値0は、割引率を4%とした場合の損益分岐点であり、プラス側であれば事業性を有することを意味する。各ステーションの事業性は、ステーションコストの低減に伴い、黎明期から普及期にかけて改善することになるが、正味現在価値においてマイナスの時期に関しては、何らかの補助政策が必要となる。各普及段階で正味現在価値が0となるための補助額は表1.2.1-4のようになった。

(2) 学習曲線によるコスト分析

燃料電池が実用化されるには、相当なコスト低下が必要であると言われている。このために各種の技術開発が行われている。また大量生産によるコスト低下の可能性を学習曲線

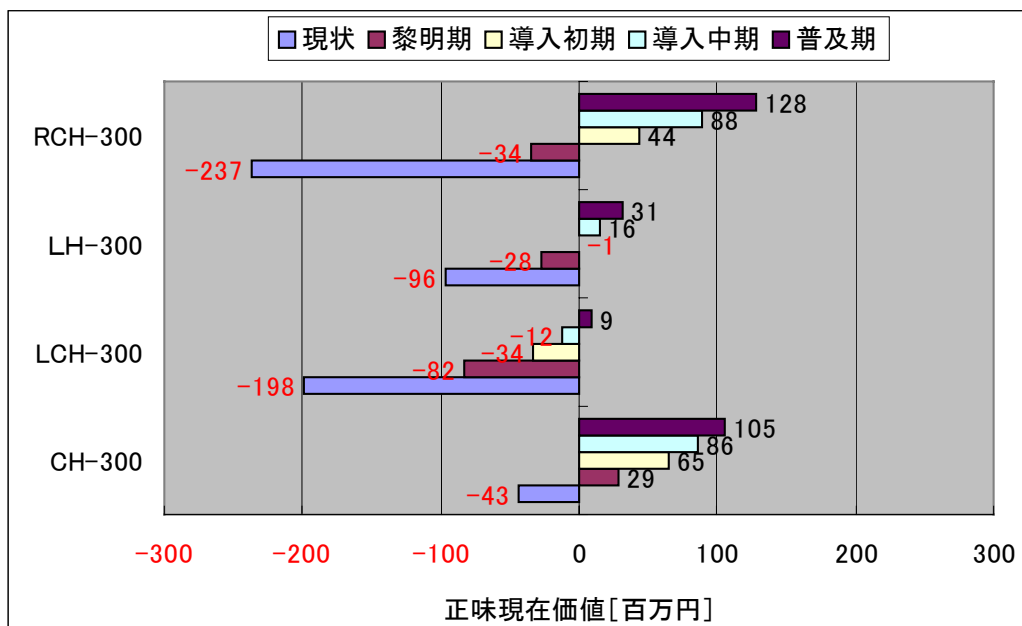


図 1.2.1-2 各種ステーションでの将来コスト低減に伴う事業性の変化

表 1.2.1-4 ステーション事業成立のための補助額（/ヶ所）

（単位：百万円）

普及段階		初期	黎明期	導入初期	導入中期	普及期
CH-300	建設費	307.4	238.6	203.5	182.7	162.9
①水素販売単価	補助額	47.6	(補助なしで自立)			
103.5円/Nm ³	比率	15.5%	—	—	—	—
②水素販売単価	補助額	149.9	71.0	30.8	6.9	—
86.2円/Nm ³	比率	48.8%	29.7%	15.1%	3.8%	—
③水素販売単価	補助額	415.7	334.2	292.8	268.2	244.7
44.9円/Nm ³	比率	135.2%	140.1%	143.9%	146.8%	150.2%
④水素販売単価	補助額	470.9	389.4	348.0	323.4	300.0
37.4円/Nm ³	比率	153.2%	163.3%	171.0%	177.0%	184.2%
RCH-300	建設費	538.3	386.6	311.8	268.5	228.4
①水素販売単価	補助額	211.6	37.7	(補助なしで自立)		
103.5円/Nm ³	比率	39.3%	9.7%	—	—	—
②水素販売単価	補助額	314.0	140.0	54.2	4.6	—
86.25円/Nm ³	比率	58.3%	36.2%	17.4%	1.7%	—
③水素販売単価	補助額	563.9	385.1	298.6	249.0	202.9
44.9円/Nm ³	比率	183.4%	161.4%	146.7%	136.2%	124.6%
④水素販売単価	補助額	618.6	439.2	350.9	299.9	252.6
37.4円/Nm ³	比率	201.2%	184.1%	172.4%	164.1%	155.1%

によって分析・予測する研究が行われている。ここでは、これらの研究を調査検討した上で、実際に学習曲線を用いて燃料電池のコスト低下の可能性検討を行った。

学習曲線は知識の累積によって製造コストが低下してゆく様子を表現するもので、すでに各種工業製品に関して分析が行われている。学習曲線のコスト低下の様子を簡潔に表現

する方法として、一般に進歩指数が使われる。進歩指数は累積生産量が2倍になるたびに、どれだけコストが低下するかを示す数値であり、過去の例では半導体産業では70~80%、機械など組立て産業では85~95%という数値が知られている。この数値が小さいほど急激にコスト低下が生じることを示している。

まず、自動車用の燃料電池の部品構成と現状でのコスト構成を調査し、さらに今後の性能改善とコスト低下の技術的可能性を調査した。資料としては、国際水素エネルギー学会誌の論文や米国のシンクタンクADL(アーサー・デイ・リトル)社の報告などを検討した。さらに学習曲線によって燃料電池のコスト低下を検討した海外論文を調査し、その内容を検討した。いずれも燃料電池のコスト低下を学習曲線によって説明することを研究している。学習曲線を適用するにあたって注意すべき重要なポイントは、初期の段階での累積生産量とコスト、コストの下限値、そして進歩指数であることが述べられている。

次に日本における燃料電池のコスト低下の技術的可能性を検討した。まず前準備として現在までの累積生産量とコストを検討し、次に構成部品を大量生産した場合のコスト低下の下限値を検討した。構成部品は、電解膜、電極、白金、セパレータ、周辺部品に区分して調査を行った。構成部品のなかで電解膜や白金のコストが重要なのは当然である。しかしコスト構成と重量構成を検討した結果、現状、燃料電池重量の80%以上をセパレータが占めており、セパレータのコストの割合が高いことが明らかになった。燃料電池のコスト低減のためにはセパレータのコスト低減が重要であることがわかった。

日本の場合、燃料電池自動車は2010年に5万台、2020年に500万台普及することが目標とされているので、これに沿って自動車用燃料電池の生産量の伸びを想定し、2000年から2020年の期間に学習曲線を適用して計算を行った。

構成部品として、電解膜、電極、白金、セパレータ、周辺部品について、それぞれの初期コストと進歩指数を想定して計算を行った。電解膜、電極、白金、セパレータは燃料電池の単位面積あたりコストとして表現でき、知識の累積によって製造コストが低下してゆく。その一方で研究開発により単位面積あたりの出力密度が向上してゆく可能性がある。そこで両方を切り離してまず扱い、最後にこれらの結果をとりまとめて、1kWあたりの燃料電池コストとして計算を行った。いくつかの公表資料では燃料電池の量産化コストとして、内燃機関エンジンと同等の1kWあたり40ドル程度のレベルがいわれており、その達成が期待されている。表1.2.1-5に示すように、いくつかのシナリオ計算により、累積生産量が500万台のときにこのレベルを実現するために必要な進歩指数の範囲は78~82%程度であることがわかった。

次に水素ステーション設置コストとしては水素コストの低下予測分析を目的に、燃料電池自動車の普及シナリオについて海外の研究例を調査した。米国の例では、純粋水素自動車か車上改質自動車かという比較、また燃料の水素をどのように生産し貯蔵し輸送するかという問題が扱われている。車上改質の場合には液体燃料が貯蔵と燃料の取り扱いの点で有利であり、ガソリンやメタノールがその候補として考えられている。こうした燃料選択

表 1.2.2-5 計算結果：1kW あたりの燃料電池コスト（ ～ は仮定したケース番号）
 （燃料電池自動車普及台数 上段 5万台のとき、下段 500万台のとき）

	シナリオ 進歩指数	高出力（H）	中出力（M）	低出力（L）			
		出力密度 2 5kW/m ²	出力密度 2 4kW/m ²	出力密度 2 3kW/m ²			
高 A	膜 78	HA	MA	LA			
	電極 78						
	セパレータ 78				11,500 円/kW	13,447 円/kW	15,700 円/kW
	周辺部品 95				1,977 円/kW	2,507 円/kW	3,186 円/kW
	白金 0.4mg 0.05mg/cm ²						
中 B	膜 82	HB	MB	LB			
	電極 82						
	セパレータ 82				18,550 円/kW	21,737 円/kW	25,423 円/kW
	周辺部品 95				3,874 円/kW	4,984 円/kW	6,406 円/kW
	白金 0.4mg 0.1mg/cm ²						
低 C	膜 88	HC	MC	LC			
	電極 88						
	セパレータ 88				37,061 円/kW	43,504 円/kW	50,954 円/kW
	周辺部品 95				11,406 円/kW	14,817 円/kW	19,192 円/kW
	白金 0.4mg 0.2mg/cm ²						

（2000年における累積生産量 2,000kW、コスト 24万円/kW）

の方法が比較されている。最初は、水素は化学工場の副生ガスからあるいは宇宙航空産業向け生産ラインから供給できると考えられている。つぎの段階では、水素は天然ガスから生産するものと想定されており、集中型の改質工場で水素を生産し、水素ガスの輸送と液化水素の輸送が想定されている。また充填所でのオンサイト改質や家庭用電力による電気分解による水素生産が考えられている。これらについてのシナリオ比較研究が行われている。さらに将来的には太陽電池や風力発電、バイオマスからの水素生産が考えられるとしている。

普及シナリオの研究例では、2003年のカリフォルニア州での10%のZEV（ゼロエミッション車）規制が働いて、ZEVの半分は燃料電池自動車になるとの仮定が立てられている。水素供給インフラのシナリオでは水素の供給規模が拡大するにしたがってコスト低下が生じるものと期待されている。そして水素燃料は走行マイル当たりの費用で比較すると、普及拡大につれて水素価格がガソリンと同等かそれ以下になるとの計算結果が示されている。

この過程は学習曲線に似た量産効果であり、その要因としては、水素充填ステーションがサポートする燃料電池自動車台数の増大、およびオンサイト改質器の量産規模の増大があり、これにより水素供給価格が低下する。この過程で生じる価格低下の様子を見るために、論文に使用されている数値を学習曲線にあてはめて回帰分析し、その進歩指数を算出して分析してみた。結果は、水素充填ステーションがサポートする燃料電池自動車の台数の増加によるコスト低下の進歩指数は75%～88%、オンサイト改質器の生産台数によるコスト低下の進歩指数は88～96%になっていることがわかった。いずれも経験的に知られている進歩指数の範囲にあり、これにより将来の水素供給価格がガソリンと同等かそれ以下に

なるという結論の背景にある計算は無理のないものであると考えられた。

以上のように、燃料電池のコスト予測やその普及シナリオにおいて利用されている学習曲線による分析・予測について調査研究し、日本における燃料電池の研究開発の参考になる結果が得られた。

1.2.2 LCA 解析

燃料電池導入シナリオに向けたLCA解析として、自動車燃料を製品としたLCAを行った。解析手法は昨年と同じである。ガソリン車のエネルギー消費量およびCO₂排出量を基準とする各システムの相対的な比較を行った。調査対象となるフューエルサイクル（一次エネルギーの採掘から使用まで）のフローを作成し、各プロセスのエネルギー効率から総合エネルギー効率を求めた。各プロセスで投入されたエネルギーはすべてスタート時のエネルギーを使用したと仮定することにより、総合エネルギー効率（の逆数）を用いて一次エネルギーとして必要な総エネルギー消費量を求めることができる。本年度は改質効率やステーション内の水素貯蔵、充填効率など様々なプロセスのエネルギー効率を見直した。また、システムを国内と国外のプロセスに分割することを行い、国内でのエネルギー消費量およびCO₂排出量の比較も行った。結果は第3章の燃料電池導入シナリオに反映されている。

さらなる評価精度の向上を目的として、積み上げ法を用いたエネルギー消費量およびCO₂排出量の推計を行った。Well to Tankの各プロセスで投入されたエネルギーはすべて一次エネルギーまで遡って推計を行なった。最終段階の燃料使用時は1km走行に投入されるエネルギー量を推計している。各システムについて、1km走行するのに必要なWell to Wheelでの総エネルギー消費量(すなわち一次エネルギー換算量)および総CO₂排出量を求めた。これまでの各プロセスのエネルギー効率を用いた分析手法のときと異なり相対的な比較ではなく、固有の絶対値として示すことができるようになった。この手法を今後さらに改善していくとともに、各プロセスのエネルギー効率などの解析に必要なデータを見直して、精度を向上していく予定である。

1.2.3 導入シナリオの作成

(1) 燃料電池自動車導入シナリオの作成

本調査では、2020年までの燃料電池自動車（FCV：Fuel Cell Vehicle）導入のあり方について、車両と燃料供給インフラの両者を視野に入れて検討し考察した。FCVの形態としては、水素を搭載する純水素車と、ガソリン等の含水素燃料を搭載し車上改質で水素を得るOBR（On Board Reforming）車の2者を考えた。検討は、複数のFCV導入シナリオを構成し、それらから導出される各種指標を比較評価する方法で行った。具体的な指標は、FCVの車種別台数、水素充填ステーション数、FCV導入による社会的便益（CO₂削減効果、エネルギー代替効果）、FCV導入コスト、ステーション整備コスト、FCV利用者及びステーション事業者の利益等である。この検討結果に基づき、FCVを円滑に導入していくための要件と、解決しておくべき諸課題等を明らかにした。

a) シナリオの構成及び前提条件と分析評価方法

本調査におけるシナリオの構成及び前提条件と分析評価手法の概要は次の通りである。

FCVの台数は、今年度については燃料電池実用化戦略研究会目標に従い、2010年で5万台、2020年で500万台に達するものと設定した。

FCVの導入対象地域及び車種は、導入の黎明期（～2006年）から導入初期（～2010年）においては東京、名古屋、大阪の三大都市圏のバス、乗用車とした。その後、徐々に周辺地域に普及が浸透し、車種も貨物車、特種車（塵芥車）を含むように拡大するものとした。なお、OBR車は乗用車のみを導入されるものとした。

水素供給ステーションはすべて高圧水素充填設備であるとした上で、供給能力100Nm³/h、300Nm³/h、500Nm³/hの3種のオフサイトステーションと、供給能力500Nm³/hのオンサイトステーションを想定した。

FCV普及台数の年次推移と必要となる水素供給ステーション数を算出した上で、それらの数量に基づき、車両及びステーションの導入所要コストを算出した。このとき、車両、ステーションのコストについて、大量生産による低減効果（学習曲線により表現）が働くものと想定した。

FCV利用者の利益は、所有している既存燃料車をFCVに代替することで追加的に発生するコスト（車両取得コスト及び車両使用期間の燃料コスト）で代表されるものとした。

ステーション事業者の利益は、ステーション運営事業期間の累積収益の現在価値から初期投資額を控除した価額（正味現在価値：NPV：Net Present Value）で代表されるものとした。また、このNPVがマイナスにならないようにするために必要となる価額を補助金額として求めた。

b) シナリオの評価結果

本調査では、2つのFCVの導入シナリオを設定した。一つはFCVに純水素車とOBR車の2つが共存する場合（シナリオA）で、もう一つはFCVが純水素車のみの場合（シナリオB）である。これらの2つのシナリオを、a)で設定した評価手法を用いて分析した。以下分析結果の概要を示す。

図1.2.3-1にFCV保有台数の普及推移を一般的な成長曲線であるロジスティック曲線に従うものとして想定した結果を示す。普及推移は2時点の普及台数と設定上限値で決まる。2時点の普及台数は2010年で5万台、2020年で500万台とした目標値である。上限値についてはFCVの導入が可能であると考えられる車種全ての台数として5,000万台と設定した。このとき、現状の保有台数とその車種別構成は変化せず、軽自動車、大型トラック、タクシー等へのFCV導入は困難であると想定した。

で得た2020年までの普及推移に整合する、車種別のFCV普及台数をシナリオ別に

推計した（表 1.2.3-1）。このとき、シナリオ A では、表 1.2.3-2 に示す条件で OBR 車が導入されるものとしたが、その結果シナリオ A における OBR 車の普及台数は、2020 年で 200 万台弱（全体の 4 割弱）に達する。

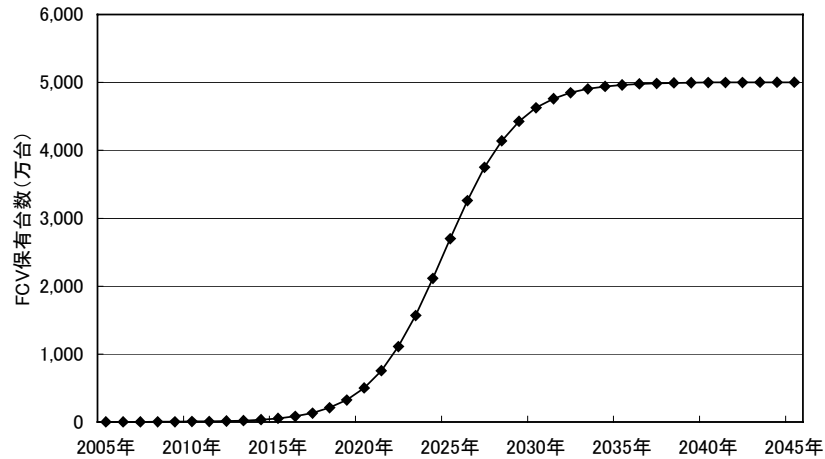


図 1.2.3-1 FCV の普及推移

表 1.2.3-1 車種別 FCV 普及台数（シナリオ別）

（単位：万台）

車種	シナリオ A		シナリオ B	
	2010 年	2020 年	2010 年	2020 年
小型貨物車	0.2	42.2	0.2	42.2
普通貨物車	0.0	5.9	0.0	5.9
バス	0.6	3.8	0.6	3.8
乗用車(純水素車)	4.1	251.1	4.1	445.8
乗用車(OBR 車)	0.0	194.7	0.0	0.0
塵芥車	0.2	2.2	0.2	2.2
合計	5.0	499.9	5.0	499.9

表 1.2.3-2 シナリオ A における OBR 車導入比率（対乗用車 FCV 登録台数）

2011 年	2020 年	備 考
20%	50%	2011 年から 2020 年の間は、漸次増加、それ以降は低下

表 1.2.3-3 に FCV の走行に必要な水素供給ステーション数をタイプ別に示す。OBR 車が共存するシナリオ A では 2020 年に 2,300 カ所、純水素車だけのシナリオ B では 3,300 カ所となった。OBR 車は既存ガソリンスタンドを利用することができるため、水素ステーション数が少なくて済む。

表 1.2.3-4 に 2020 年までの FCV 普及に必要な初期投資コスト（FCV の車両購入コストとスタンドの設置コストの総額）を示す。シナリオ A で 9,500 億円、シナリオ B で 10,000 億円となった。総額では 500 億円程度の開きになったが、内訳は両者で大幅に異なる。OBR 車があるシナリオ A では車上改質器が必要となるため車両コストの影響が大きく、純水素車だけのシナリオ B ではスタンド設置コストの影響が大きい。

表 1.2.3-3 FCV 導入に必要となるステーション数 (シナリオ別)

供給能力 形態	OBR 車ありシナリオ (シナリオ A)		OBR 車なしシナリオ (シナリオ B)	
	2010 年	2020 年	2010 年	2020 年
100Nm ³ /h オフサイト	56	56	56	56
300Nm ³ /h オフサイト	100	463	100	580
500Nm ³ /h オフサイト	13	1,201	13	1,779
500Nm ³ /h オンサイト	0	624	0	926
合計	169	2,344	169	3,341

表 1.2.3-4 FCV 導入の初期投資コスト累計額 (シナリオ別)

(単位: 億円)

区分	シナリオ A		シナリオ B	
	2010 年	2020 年	2010 年	2020 年
車両	481	2,933	481	746
ステーション	349	6,554	349	9,237
合計	830	9,487	830	9,983

表 1.2.3-5 に水素需要量を示す。純水素車のみのシナリオ B の方が 2020 年で約 20 億 Nm³/年大きい。

表 1.2.3-5 FCV 導入による水素需要量 (シナリオ別)

(単位: 億 Nm³)

シナリオ	2010 年	2020 年
シナリオ A	1.7	42.6
シナリオ B	1.7	61.7

表 1.2.3-6 に CO₂ 排出削減量を示す。これはシナリオ A と B でほぼ同等という結果となった。本分析では、わが国の水素は輸入化石燃料から製造するものと想定した上で、わが国に一次エネルギーが入ってきたところから、水素製造、供給そして走行まで (Port to Wheel) を計量範囲とし、燃料ライフサイクルでの評価を行なっている。そのため、両シナリオ間の差は車両走行段階の効率の差だけとなり小さくなったと考えられる。純水素車の走行段階での CO₂ 排出はゼロであるため、車両走行段階だけでみれば CO₂ 削減量は大幅に増える。

表 1.2.3-6 FCV 導入による CO₂ 排出削減量 (シナリオ別)

(単位: 万 t-C/年)

シナリオ	2010 年	2020 年
シナリオ A	4.5	255.1
シナリオ B	4.5	260.7

表 1.2.3-7 に 2010 年における FCV 利用者の損益分岐水素価格を示す。2010 年に製造される小型ガソリン乗用車代替の純水素車を利用する者が経済的メリットを得るためには、水素価格は 66 円/Nm³ 以下でなければならない。ただし、米国カリフォルニア州で実施される ZEV (Zero Emission Vehicle) 規制による FCV 生産の加速を、車両製造コストの算出に加味した場合、より早く車両取得コストが低下すると見込まれ

るため、上記の損益分岐水素価格は 98 円/Nm³となる。

表 1.2.3-7 2010 年における FCV 利用者の損益分岐水素価格（シナリオ別）

シナリオ - ケース設定		水素価格（円/Nm ³ ）	ガソリン等価（円/ℓ）
シナリオ A	ZEV 規制未考慮	66.2	60.8
	ZEV 規制考慮	98.9	90.9
シナリオ B	ZEV 規制未考慮	66.2	60.8
	ZEV 規制考慮	98.9	90.9

で求めた FCV 利用者の損益分岐水素価格で、水素供給ステーション事業者が水素を販売する場合、事業者が事業期間内に経済的損失を被らないよう補填しなければならない価額を補助金額として見積もった結果を表 1.2.3-8 に示す。ステーション事業者の水素仕入価格について、2 通りの設定を行ったため、ケース設定は合計 8 ケースとなっている。1 カ所当たりの補助金額をみると、高々1 億円程度であり、現行のエコ・ステーション事業における、CNG スタンドへの補助金額である 9 千万円と同程度の額となった。

表 1.2.3-8 ステーション事業者がメリットを得るために必要な補助金額（シナリオ別）

（単位：億円）

シナリオ - ケース設定			補助金総額 （2020 年累計）	1 ステーション当たり 補助金額
シナリオ A	ZEV 規制未考慮 （66 円/Nm ³ ） ^{注1}	仕入高 ^{注2}	2,553	1.09
		仕入低	2,233	0.95
	ZEV 規制考慮 （98 円/Nm ³ ）	仕入高	28	0.01
		仕入低	23	0.01
シナリオ B	ZEV 規制未考慮 （66 円/Nm ³ ）	仕入高	3,437	1.03
		仕入低	2,964	0.89
	ZEV 規制考慮 （98 円/Nm ³ ）	仕入高	28	0.01
		仕入低	23	0.01

注 1) 販売水素価格は括弧内の通り。

注 2) 仕入価格は、高い方が 43.6 円/Nm³、低い方が 40.0 円/Nm³とした。

c) 燃料電池自動車の導入に関する課題の整理

FCV を導入するためには、技術面、投資面、法制度面等における課題の解決が重要となる。本調査では次の課題が明らかになった。

技術課題

- ・ 純水素車の車載水素貯蔵技術と OBR 車の改質技術の向上
- ・ FCV 走行効率の改善

投資面、法制度面

- ・ 水素製造設備、水素供給ステーションに係る法制度、技術基準の整備
- ・ 自動車会社の FCV 生産設備への投資促進

今後のシナリオ作成の検討課題

- ・ 水素供給ステーションにおけるコストダウン可能性の明確化
- ・ FCV 導入対象の見直し及び明確化

- ・ 自動車側、ステーション側に対する具体的方策の検討とその進行管理
- ・ 水素源となる一次エネルギーから、水素の製造・輸送・貯蔵及び使用（走行）に至る最適経路の選択に資する情報の整備

（２） 定置用燃料電池導入シナリオの検討

定置用燃料電池の導入シナリオの作成に向け、基本的なシステムフローを基にヒート・マスバランスを検討し、検討結果に基づき効率および経済性、環境負荷低減効果について様々な運転モードでの特性評価を行った。また、家庭用燃料電池の導入イメージならびに業務用燃料電池導入効果が期待できる業種をまとめた。

都市ガスを燃料とした都市ガス改質燃料電池システムでは、燃料電池セルスタック効率 50%の場合、発電効率（AC 端、補機動力考慮）は約 30%（HHV）、熱回収効率約 30%、総合熱効率 60%である。スタック効率、S/C 比、インバータ効率などをパラメータとして検討を行った結果、スタック効率 5%向上で発電効率は約 3.3%向上するが、熱回収を含んだ総合効率はほとんど変化しない。熱回収効率向上のためには排ガス中の蒸発潜熱を回収する必要がある。純水素を供給する燃料電池システムでは、燃料電池スタック効率 50%の場合、発電効率（AC 端、補機動力考慮）は約 41%、総合効率 70%となる。都市ガスを改質して水素を供給する場合の水素製造、供給のエネルギーを考慮すると、発電効率約 25%、総合効率 42%となる。

種々の運転パターンを検討した結果、貯湯槽を有したシステムで電力主運転が効果的であることが明らかとなった。また、システムとしては給湯熱需要以上の発電は効果がなく、さらに、同一総合効率でも発電効率が高いほど経済性に優れている。都市ガスを燃料とした家庭用燃料電池システムの効率、都市ガスコストと光熱費削減額の間を関数を図 1.2.3-2 に示す。燃料電池普及には、システムの効率向上とガス価格が安価になることが期待される。

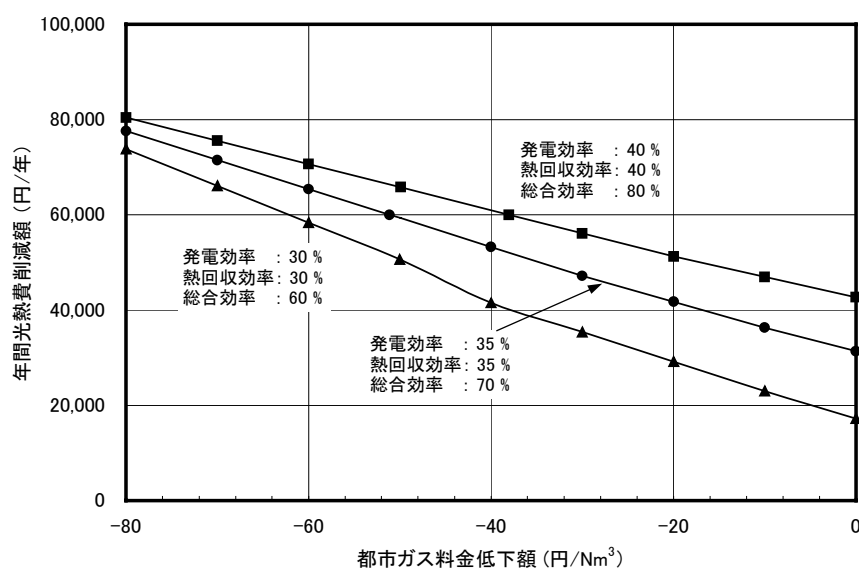


図 1.2.3-2 都市ガスコストと光熱費削減額

都市ガスを使用している家庭は約 50%であり、残りの家庭では LPG が使用されている。LPG は燃料単価が高く燃料電池導入による経済効果が少ない。一方、灯油を燃料とする燃料電池は最も経済性に優れている。家庭用燃料電池の導入・普及は経済性、環境性から都市ガス（13A、12A）グリッドが整備されている地域への導入が中心となるものと考えられる。大都市圏で 3 人以上の持家軒数は約 867 万軒であり、1kW 容量の燃料電池を導入するとした場合、2020 年目標の 5.7 百万 kW は 66%に相当する。特に、京浜葉地域、京阪神地域、中京地域での導入が期待できる。全国で都市ガス 13A、12A 以外の都市ガス、LPG、灯油が供給されている地域が約 50%あり、LPG の燃料単価が安価になることが期待される。また、これらの地域では純水素供給型ならびに灯油改質型の燃料電池の導入・普及も考えられる。

業務部門のエネルギー消費などを調査し、導入が期待される業種を取りまとめた。飲食店、保育園、ホテル、旅館、病院、福祉施設、理美容業、洗濯業、フィットネスクラブなどで導入が期待できる。簡易的な試算により導入が期待できる発電容量は約 5.8 百万 kW であり、2020 年目標の 4.4 百万 kW は約 75%に相当する。

本年度は、家庭用燃料電池導入シナリオ検討のためのデータ整理、効率、経済性、環境性などの検討を実施したが、具体的にインフラ整備などを含めた導入時期と導入・需給規模の検討を実施していない。また、瞬時の負荷変動、部分負荷効率を考慮した検討を行っていない。今後、これらのデータを収集・整理し、さらに、燃料電池実用化推進協議会で定置用燃料電池の実証試験が計画されており、それらのデータを用いてより具体的な導入シナリオの検討を行う予定である。また、業務用については、業種、規模（延床面積）、地域、一日の負荷率などのデータを収集し、最適な燃料電池容量、経済性、環境性を評価していく必要がある。

（ 3 ） 水素エネルギー普及シナリオの作成

水素エネルギー導入目標量の設定に向け、今年度は、長期エネルギー需給モデルによる水素エネルギーの価格競争力評価を行なうとともに、日本での水素エネルギー需要の積上げを行ない水素エネルギー目標量の検討を行なった。また、技術の方からのアプローチとして最適形モデルの検討結果を調査し、シナリオフレームワークの検討などを行なった。

長期エネルギーモデルによる分析では、在来型・非在来型化石燃料の資源量および再生可能エネルギーの資源性等を調査し、世界のエネルギー需給等を論理的・整合的・定量的に分析可能な「超長期エネルギー需給モデル」を構築し、再生可能エネルギー起源の水素エネルギーについて経済性および需給の可能性を検討した。

上記の目的を達成するため、BAU（自然体）ケース、省エネルギー促進ケース、水素導入促進ケース及び省エネ・水素導入促進ケースの 4 つのシナリオを設定し、世界の地域別、時系列別に、経済指標、エネルギー価格、最終エネルギー需要、一次エネルギー供給・構成（再生可能エネルギー起源の水素導入時期、導入量等）、CO₂ 排出量等の試算を行なった。

検討したケース設定の内の一つである省エネ・水素導入促進ケース(図 1.2.3-3)では、一次エネルギー消費量は、世界計で石油換算 90 億トンから同 207 億トンへ増大する。水素発生源としての再生可能エネルギーのシェアは、水素エネルギーの導入およびその後の市場拡大に伴い、49.5%へと増加する。

同ケースで最終エネルギー需要に占める水素エネルギー量は、2020 年から石油換算 2 億トン程度の導入が始まり、2050 年に同 17 億トン、シェア 16.7%(BAU ケースでは同 4.2%)、2100 年には 49 億トン、シェア 37.2%(同 11.8%)を占めるに至る。

水素エネルギーは、燃料電池の将来性等から研究開発投資が進み技術進歩およびスケールメリットが働くことによりコストダウンが実現すれば、21 世紀前半から市場への導入が加速され、主要な最終エネルギーの一つとなる可能性がある。

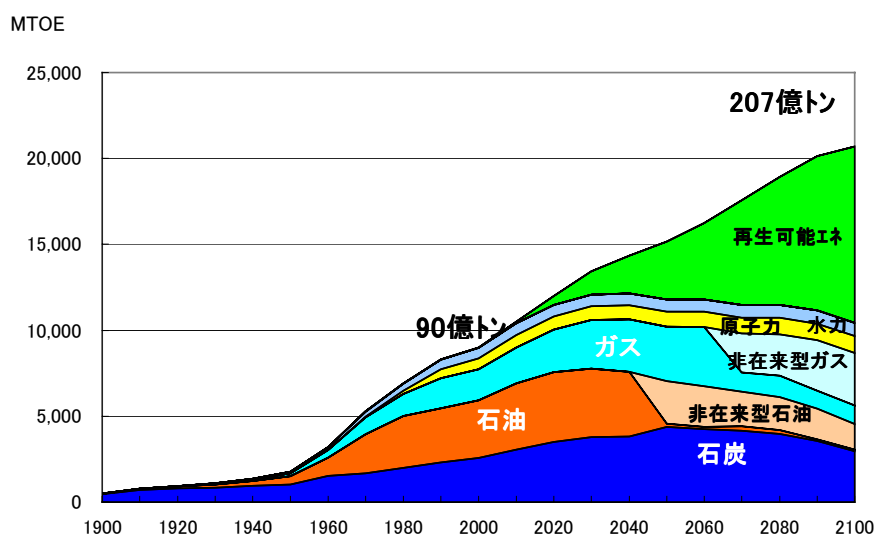


図 1.2.3-3 省エネ・水素導入促進ケースの一次エネルギー供給量

1.3 今後の研究開発課題

燃料電池自動車導入シナリオの作成では、本年度は燃料電池実用化戦略研究会の普及目標を前提とした燃料電池導入シナリオを作成した。また、定置用燃料電池導入シナリオの作成では、シナリオ作成のベースとなるデータを検討整理した。今後、燃料電池導入シナリオのブラッシュアップを行ない検討の確度を高めるとともに、燃料電池導入シナリオを礎としたその後の水素エネルギー社会実現までの水素エネルギー普及シナリオを作成する必要がある。

燃料電池自動車導入シナリオの作成では、今後、目標の見直しも含め、以下の項目を検討することにより、より蓋然性の高いシナリオとすることを考えている。

- ・ 燃料電池の普及は燃料電池システムのコストおよび水素コストに依存する。本年度の検討をブラッシュアップし、燃料電池や水素ステーションの将来コスト推定の確度を高める。

- ・ 燃料電池自動車に相応した燃料およびエネルギールートを選択を行なう。このため水素搭載燃料電池自動車については液体水素、水素吸蔵合金も検討し水素搭載方法別に水素搭載燃料電池自動車の将来コストを分析する。
- ・ 水素搭載燃料電池自動車については、オンサイトステーションとオフサイトステーションの特質を分析し将来を見越したインフラ整備のあり方をシナリオとして作成し、燃料電池車導入シナリオの蓋然性向上を図る。

定置用燃料電池導入シナリオの作成では、効率、経済性などのデータの整理を行ったが、導入シナリオの作成には到っていない。今後、以下の検討を進め将来のシステムコストの予測とともに、定置用燃料電池導入シナリオを作成する予定である。

- ・ 13A、12A の都市ガスグリッドが整備されている地域以外の導入可能性を検討するため、6A、6B、6C などの都市ガスについて燃料電池の可能性を評価する。
- ・ 定置用燃料電池の経済性検討として、日本の各地の気象条件による動作点の設計と経済性の関係の検討を行なう。業務用については業種床面積に対する最適燃料電池容量と経済性の関係を明らかにする。

水素エネルギー普及シナリオの策定では、本年度用いた経済モデルに化石エネルギー起源の水素を構築することにより、水素製造源を多様化し、より現実的な水素需要を検討し、燃料電池導入シナリオを含む水素エネルギー普及シナリオを補強するとともに、費用対効果の高い水素技術を最適化形エネルギーモデルなどを活用して求め、技術シナリオの側面を検討し、2010年までの水素技術開発の技術ロードマップを作成する予定である。

さらに、候補システムの LCA では、自動車について、総合エネルギー効率解析を行ない、燃料選択の一助とするとともに、燃料電池を含めた水素エネルギー関係のエネルギー効率を引き続き調査し検討結果の精度、確度を高めていく必要がある。