

水素社会に向けたシナリオ（案）について

2004. 3. 11

燃料電池実用化戦略研究会事務局

1. 燃料電池実用化戦略研究会におけるこれまでの議論

2001 年の燃料電池実用化戦略研究会の報告書において、燃料電池の積極的な導入に向け期待する導入目標として、以下のとおり記載した。また、必要となる技術課題や目標に関し、「技術開発戦略」を取りまとめた。

	2010 年	2020 年
燃料電池自動車	約 5 万台	約 5 百万台
定置用燃料電池	約 2. 1 百万 kW	約 1 0 百万 kW

加えて、第 11 回の燃料電池実用化戦略研究会において、燃料電池自動車 5 万台、500 万台に必要な水素の需要量（2 億 Nm^3 /年、62 億 Nm^3 /年）、水素ステーションの数（数百カ所、3,300 カ所）を提示している。

今回は、これまでの燃料電池実用化戦略研究会の議論を踏まえ、2030 年に向けてどのような水素エネルギー社会が実現することが望ましいかを考察する。

2. 水素エネルギー社会の将来像

水素は、利用段階ではゼロエミッションのエネルギー媒体であり、様々なエネルギー源から製造可能であることから、エネルギーの安定供給、環境負荷低減といった観点から、水素エネルギーの利用拡大には大きな期待がかかる。

近年、世界各国で水素エネルギー社会に向けた取組みが加速化しており、その際に 30～50 年後の将来像をイメージしたシナリオ策定が進められている。

また、総合資源エネルギー調査会においても、エネルギー環境問題に取り組むためには、適切な外交戦略や、時間とコストを要するインフラ整備、リスクを伴う技術開発とその実用化、温暖化等の地球規模の問題への対処などが必要であるとの観点から、2030 年頃までの中長期的な視点からの検討が進められている。

このため、燃料電池実用化戦略研究会においても、2030 年における水素エネルギー社会の将来像を提示し、達成に向けて必要となる政策や技術課題を整理することで、中長期的

な視点を持ちつつ水素エネルギー社会に向けた取組みを加速することが重要であると考え
る。

燃料電池実用化戦略研究会として、2030年までを見通し、次のような水素エネルギー社
会が実現されることを期待する。

- 多くの燃料電池自動車の普及により、排気ガスやエンジンに起因する騒音が低減し、道
路沿いの環境が向上する。
- 水素ステーションが全国に普及し、自動車部門のエネルギー需要の一定割合が水素によ
って賄われることにより、運輸部門のエネルギー効率が向上し、石油依存度が低減する。
- 一定置用の燃料電池が普及し、電気と熱が高効率に供給される分散型エネルギーシステ
ムが構築される。また、地域において、電気や熱を相互に融通するようなエネルギーモデ
ルが構築される。また、工業地域等で比較的副生水素が近くで得られるようなところ
では、水素のパイプラインによる輸送が行われる。

次に、部門ごとに、期待する将来像を考察する。

(1) 燃料電池自動車

燃料電池自動車は、水素インフラの制約があるため、導入初期は路線バス、公用車等
の都市内フリート車、普及期は業務用乗用車及び小型貨物車、本格普及期には自家用乗
用車への導入が拡大すると考える。また、出力特性の面で大型貨物車等への適用はハー
ドルが高く、この時点では普及しないとする。

なお、車上改質型の燃料電池自動車は既存のインフラが活用できるため大きな普及の
ポテンシャルを有しているものの、現時点では起動性や効率等について技術的な課題が
多いことから、本シナリオでは想定しない。

ただし、蓄電装置、革新的水素貯蔵材料、車上改質技術等、大幅な技術的ブレークス
ルーが達成されれば、上記の想定は変わりうることに留意が必要である。

①2005～2010（導入期）

- ・水素インフラの整備には相当な資金と時間を要し、当面は現実的には制約があることか
ら、燃料電池自動車は、大都市圏、及び工業地域等で副生水素が比較的近くで得られる
エリア、において導入が進む。
- ・この段階では都市内フリート走行車に導入が進展すると考えられ、路線バス、公用車等
を中心に、2010年において5万台の燃料電池自動車の導入を期待する。
- ・想定される水素需要量は約3.6万t（約4億Nm³）であり、必要な水素ステーションは、
500カ所程度（ガソリンスタンドの約1%）と見込まれる。
- ・水素ステーションで供給する水素の燃料源については、基本的に各種燃料のコストや燃
料補給の難易度等を比較衡量して事業者が判断するものであるが、この段階では、水素

の需要が限定的であるため、オフサイト型では副生水素のローリー輸送による供給、オンサイト型では化石燃料改質が中心になると想定される。

②2010～2020（普及期）

- ・水素インフラのエリアが拡大し、全国の主要都市と、その周辺地域に普及する。
- ・全国の路線バスと公用車に加え、業務用乗用車等に導入が進み、2020年においては500万台の燃料電池自動車の導入が期待される。
- ・想定される水素需要量は約58万t（約65億Nm³）であり、必要な水素ステーションは、3,500カ所程度（ガソリンスタンドの約7%）と見込まれる。
- ・水素供給の中心は、引き続き副生水素及び化石燃料改質と想定される。
- ・水素需要が増加するため、副生水素の供給源に近くかつ大規模なステーションでは、パイプラインによる水素の供給が始まる。
- ・効率的な水素貯蔵技術が確立されれば、ローリー輸送によるオフサイト型水素ステーションが主流となる可能性もある。
- ・水素ステーションから近くのエリアへの直接水素供給や、ステーションに定置用燃料電池を設置し、電気や熱を供給するようなモデルも想定される。

③2020～2030（本格普及期）

- ・水素インフラのエリアが全国に拡大し、燃料電池自動車も全国に普及する。燃料電池自動車の生産拡大とコスト低下が相まって、自律的な導入が進展する。
- ・自家用乗用車にも導入が進展し、2030年において導入が期待される燃料電池自動車は、1,500万台と見込まれる。
- ・想定される水素需要量は約151万t（約170億Nm³）であり、必要な水素ステーションは、8,500カ所程度（ガソリンスタンドの約17%）。
- ・水素需要量が副生水素による供給可能量を上回ることとなるため、オンサイトの化石燃料改質に加え、再生可能エネルギーによる電気を用いた水電解による水素製造や、石炭ガス化ガスからの改質による水素製造も、現実的な製造方法の一つとなる可能性がある。
- ・効率的な水素貯蔵材料（金属系、化学系、炭素系等）が実用化されれば、オフサイト水素が大規模集中システムで製造され、水素ステーションに効率的に水素が輸送されるシステムが確立する。

（参考）燃料電池自動車の2030年における期待される導入量1,500万台は、以下のように試算した。

燃料電池自動車は、当面イニシャルコストが高くなることから、比較的重量があって高価な車種に導入が進むと考え、車種別に以下のような導入が進むと見込んだ。

－軽自動車では、トップランナー基準等による低燃費化が主流になると想定し、総台数の1割。

－乗用車のスモールクラスも、総台数の1割。

－乗用車の大衆クラスは、総台数の5割。

一乗車のミドルクラス・ラージクラスは、全車。

以上をハイブリッド車と燃料電池自動車と占めると考え、上記車種の合計約 3,000 万台のうち半分が燃料電池自動車となるものと想定する。加えて、路線バスの約半分（約 5 万台）が燃料電池バスになると考え、合計 1,500 万台。

(2) 定置用燃料電池

家庭用、業務用として設置される定置用燃料電池の水素の燃料源については、最終的にはユーザーメリットの観点から、燃料ごとのコスト（システムコスト＋ランニングコスト）や燃料補給の難易度等による総合的に判断されるものである。ただし、水素はエネルギー密度が低く輸送効率が低いことから、定置用燃料電池への水素供給には、天然ガス、LP ガス、灯油等の既存の化石燃料の供給インフラが当面は活用されると見込む。

また、起動停止や負荷変動対応に優れ、小規模に向く固体高分子形燃料電池と、発電効率が高く定格運転に向く高温形燃料電池が競争しながら導入が進むものと考えられる。

特に、高温形燃料電池では、将来的にはガスタービンとのコンバインドによる超高効率発電が実用化され、分散型電源のみならず電気事業者用にも導入が進展するものと見込まれる。

ただし、既存の化石燃料のインフラの状況や、革新的水素貯蔵材料の開発等、大幅な環境変化が起これば、上記の前提は変わりうることに留意する必要がある。

①2005～2010（導入期）

- ・家庭用については、世帯人員や床面積の観点から、比較的熱需要が多いと想定される世帯に 1kW の家庭用燃料電池の導入が進むと見込む。
- ・また業務用については、既存技術である内燃機関のコージェネレーションでは高い発電効率が得られなかった数 kW クラスの規模を中心に、燃料電池の導入が進む。
- ・天然ガス、LPG、灯油等の既存のインフラを活用する形で、2010 年において 220 万 kW の定置用燃料電池の導入を期待する。

②2010～2020（普及期）

- ・生産量の増加、技術開発の更なる進展により、定置用燃料電池の価格が低下し、比較的熱需要が多いと想定される世帯の多くに 1kW クラスの燃料電池が導入されると見込む。
- ・また、高温形の燃料電池の性能も向上し、業務用を含む比較的大きな規模の需要についても、燃料電池の導入進展が想定される。
- ・定置用燃料電池の普及率が高まることにより、集合住宅や、工業地域等の需要家が密接している地域において、改質器を共有して水素を直接配管で供給するシステムや、改質器と燃料電池を共有し、各需要家に直接電気と温水を供給するようなシステムが実現することも想定される。

- ・ さらに、特定の地域においては、各家庭や事業所等に設置された燃料電池を相互に連携制御し、熱電エネルギーの大半を域内で賄うシステム（マイクログリッド）が実現する。
- ・ 2020 年において導入が期待される定置用燃料電池は、1,000 万 kW と見込まれる。

③2020～2030（本格普及期）

- ・ 2020 年までに導入された燃料電池は、引き続き運転を続けると想定する。
- ・ また、高温形燃料電池のコンバインドサイクルによる超高効率発電が実用化してくることが見込まれる。
- ・ 2030 年において導入が期待される定置用燃料電池は、1,250 万 kW と見込まれる。

（参考）定置用燃料電池の 2030 年における期待される導入量 1,250 万 kW は、以下のように試算した。

家庭用、業務用について、それぞれ熱需要から想定される潜在導入量を試算し、学習曲線を用いて 2030 年の導入量を試算した。

- 家庭用については、熱需要が多い世帯人員 3 名以上の一戸建て、持ち家の世帯数を潜在導入量とする。
- 業務用については、業種別の床面積当たりのエネルギー消費原単位を用いて、潜在導入量を算出。
- 一定定数（導入が開始されてから、潜在導入量の半分に達する時間）は 10 年と想定する。

3. 将来に向けたシナリオ

総合資源エネルギー調査会において、2030 年までを見通したエネルギー需給見通しの策定が進んでいる。この中で、2010 年及び 2030 年における社会像の議論がなされているところであるが、燃料電池実用化戦略研究会として、以上の水素エネルギー社会の将来像を踏まえ、以下のシナリオを提案することとしてはどうか。

		現行の目標	研究会からの提案
燃料電池自動車	2010	5 万台	5 万台
	2030	—	1,500 万台
定置用燃料電池	2010	210 万 kW (地球温暖化大綱では 220 万 kW)	220 万 kW
	2030	—	1,250 万 kW

○燃料電池自動車の導入のイメージ

- ・ 2010 年の期待される導入量は、5 万台。燃料電池自動車が 2005 年頃から市販が開始され、2005 年頃以降のフローの導入台数が毎年約 3 千台ずつ増えていく。
- ・ 2030 年の期待される導入量は、1,500 万台。2010 年以降、フローの導入台数が毎年約 8 万台ずつ増加し、2030 年にはフローで 120 万台/年程度（5 台に 1 台程度）。

○定置用燃料電池の導入のイメージ

- ・ 2010 年の期待される導入量は、220 万 kW。2005 年頃から市販が開始され、2005 年頃以降のフローの導入台数が毎年約 10 万 kW ずつ増えていく。
- ・ 2030 年の期待される導入量は、1,250 万 kW。2010 年以降、フローの導入台数が毎年約 5 万 kW ずつ増加し、2030 年頃にはフローで 100 万 kW/年程度。

4. 水素エネルギー社会に向けた政策のあり方

以上のシナリオを達成するためには、技術面や制度面での様々なブレークスルーを実現することが必要であり、官民を含めた関係者による最大限の努力が必要となる。

このような観点から、段階ごとに必要な取組みは以下のとおりと考えられる。

(1) 2005～2010（導入期）

【実証・導入支援】

- ・ 燃料電池自動車、定置用燃料電池に関する地方自治体も含めた政府の率先導入。
- ・ 定置用燃料電池については、導入初期の製品を育成・支援するための大規模モニター事業の実施。
- ・ 初期需要の創出のため、定置用燃料電池や燃料電池自動車の導入支援推進。
- ・ 燃料電池自動車の普及に必要なインフラ整備に向け、水素ステーションの実証試験の拡大、導入支援の推進。

【ソフトなインフラの整備】

- ・ 設備のモジュール化等を通じた経済性向上のための、機器・設備の標準化の推進。
- ・ 燃料電池の適用範囲を拡大するための、規制・制度面の更なる再点検と整備。

【技術開発】

- ・ 実用化に向けてハードルの高い耐久性・経済性の向上等を中心にした、燃料電池に関する基礎的・基盤的技術開発、革新的技術開発の推進。
- ・ 水素インフラの整備に必要な、水素の製造・輸送・貯蔵等に関する技術開発の推進。

(2) 2010～2020（普及期）

【実証・導入支援】

- ・ 水素インフラの段階的・面的拡大支援策
- ・ 燃料電池自動車、定置用燃料電池の導入・普及支援策（税制等）

【技術開発】

- ・民間では実施が困難な基礎的・基盤的技術開発の推進。

(3) 2020～2030（本格普及期）

- ・税制等を中心とした、燃料電池自動車、定置用燃料電池の普及支援策
- ・民間では実施が困難な基礎的・基盤的技術開発の推進。

5. 水素エネルギー社会構築に向けた技術開発戦略

以上のシナリオの達成に向け、特に技術面について必要となる技術目標を提示することが重要である。また、この目標に向けて、取り組むべき燃料電池・水素関連技術開発を以下のとおり整理する。（短期：2010年頃を中心に。中長期：2020年頃を中心に）

(1) 水素製造技術

【技術目標】

- ・水素の小売価格：450円/kg（40円/N m³）以下

（短期）

- ・改質器の効率化、小型化、低コスト化
- ・水素精製装置（PSA、水素分離膜等）の効率化、小型化、低コスト化
- ・水電解装置の効率化、小型化、低コスト化

（中長期）

- ・各種化石燃料からの高効率水素製造、CO₂回収システムの開発。
- ・バイオマス発酵、水の熱化学分解等の新たな水素製造方法の開発。ただし、大規模集中的な水素製造は、効率的な水素貯蔵技術の確立が前提。

(2) 水素輸送・貯蔵技術

【技術目標】

- ・水素の車載量：7kg以上

（短期）

- ・効率的、経済的な高圧タンク及び圧縮機の開発
- ・液体水素製造技術の効率化、低コスト化。安全かつ経済的な超低温材料の開発

（中長期）

- ・効率的な水素貯蔵材料（金属系、化学系、炭素系等）の開発（目標：6wt%以上）

(3) 水素利用技術（燃料電池技術）

【技術目標】

- ・ 効率 : 自動車用 : 60%以上（車両効率）
定置用 : 40%以上（システム発電効率）
高温形 : 50%以上（システム発電効率）、コンバインドで 60%以上
- ・ 耐久性 : 自動車用 : 5 千時間以上、起動停止 6 万回以上
定置用 : 9 万時間以上
- ・ 経済性 : 自動車用 : 4 千円/kW 以下（スタックコスト）
定置用 : 40 万円以下（システム価格）

（短期）

- ・ 既存フッ素系電解質膜の改良（低加湿作動等）
- ・ 耐 CO 被毒、耐硫黄被毒電極触媒の開発
- ・ 触媒の白金担持量低減の開発
- ・ 劣化メカニズムの解明
- ・ スタック、システムの量産化技術の開発

（中長期）

- ・ 高温作動膜（フッ素系、非フッ素系）の開発（目標 : 120°C以上）
- ・ 非炭素系セパレータの開発
- ・ 白金代替触媒の開発
- ・ 高温形燃料電池のガスタービンとの連携による超高効率発電の実用化

（以上）