

NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ
詳細版（燃料電池分野）

平成 29 年 12 月

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

目 次

1. はじめに.....	3
2. 技術開発目標設定と解決に向けた技術開発項目の体系化	4
2.1 政策目標及び実現のために期待される技術的目標の整理・体系化.....	7
2.1.1 定置用燃料電池.....	7
2.1.2 FCV・移動体.....	13
2.2 技術的目標の達成に必要な技術的アプローチの整理・体系化.....	18
2.2.1 定置用燃料電池.....	18
2.2.2 FCV・移動体.....	27
2.3 技術開発ロードマップの作成.....	31
2.3.1 定置用燃料電池.....	32
2.3.2 FCV・移動体.....	34
3. 委員名簿.....	35

1. はじめに

環境負荷低減、エネルギーセキュリティの確保、新規産業創出等など我が国の社会的課題の解決の方策として、水素エネルギーを利活用する社会（水素社会）の実現が期待されている。2014年4月に策定されたエネルギー基本計画において水素社会の実現に向けた取組の加速が示されるとともに、水素・燃料電池戦略ロードマップ（経済産業省、2014年6月策定、2016年3月改訂）においては家庭用燃料電池の普及、燃料電池自動車の市販開始といった状況を踏まえ、官民の役割分担と取組の方向性、目標などが定められている。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO と称す）においては、水素社会の実現に向け、水素エネルギー利用拡大に向けた技術開発等を推進しているが、より戦略的・効果的に推進するために技術開発ロードマップを策定している。

現在、「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ」策定に向け、最新の政策、国内外の水素エネルギーに関する取組状況、水素・燃料電池戦略ロードマップの目標達成に必要な技術課題の整理・体系化、水素エネルギー関連技術開発動向と将来見通し、技術的目標とアプローチなど必要な情報の調査・検討を行っているが、本報告書は、その結果のうち、燃料電池技術分野について取りまとめたものである。

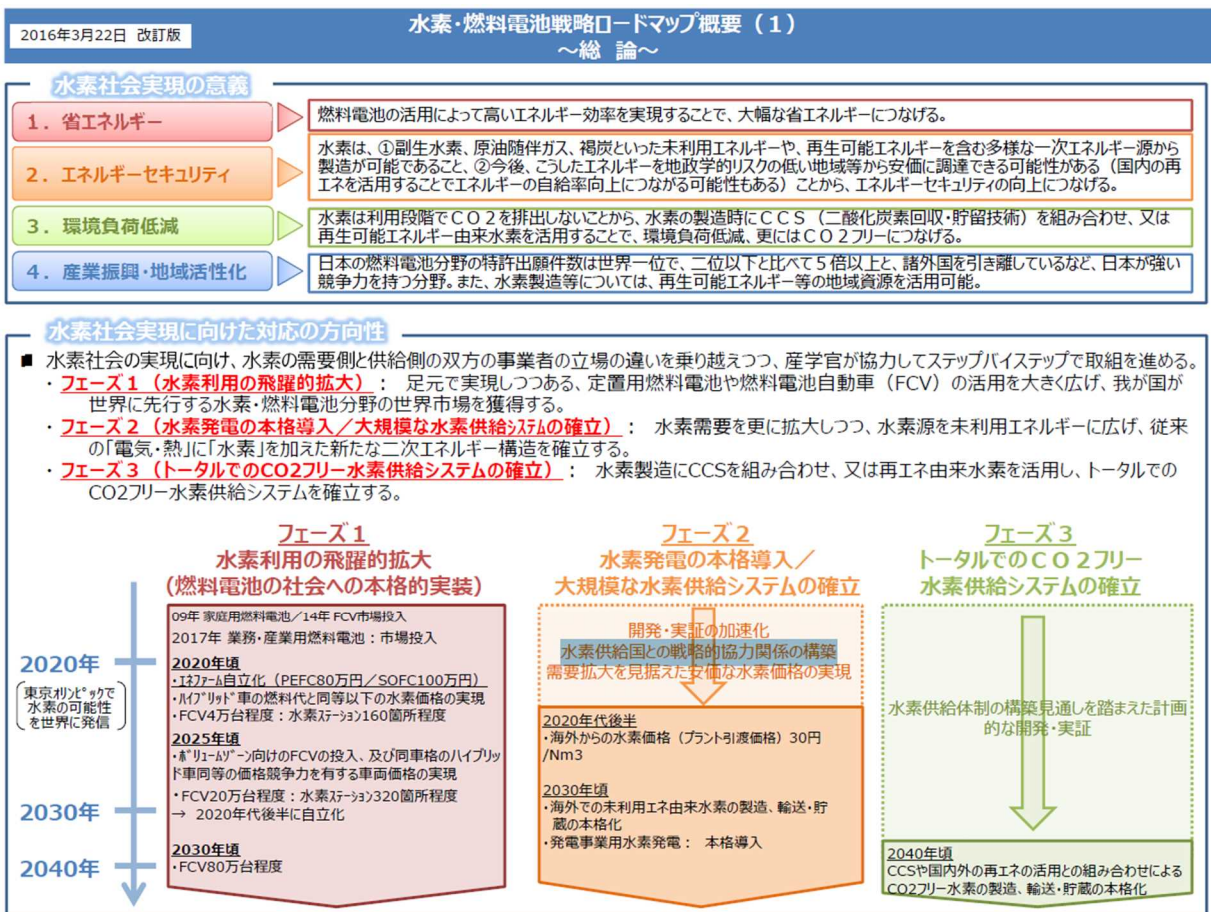


図 1-1 経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」総論

2. 技術開発目標設定と解決に向けた技術開発項目の体系化

技術開発ロードマップ策定にあたり、政策目標及び実現のために期待される技術的目標の整理・体系化（政策目標達成に向けた数値目標と時間軸の整理）、技術的目標の達成に必要な技術的アプローチの整理・体系化（技術開発課題と時間軸の整理）、社会的課題等の課題抽出を行い、検討を実施した。

技術開発ロードマップの前提条件として、基本的に図 2-2～2-4 に示す「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（経済産業省）で策定されている政策上の戦略目標をベースとして、時間軸に対する達成すべき数値目標（技術的目標）の設定、およびそれらの数値目標を達成するための技術開発課題の抽出と時間軸に応じたマッピングを行った。

なお、技術開発課題については一部長期的な継続が必要となる項目もあり、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では 2020 年～2030 年の間に設定が無いが、2025 年頃は FCV や業務・産業用燃料電池の自立的な普及拡大等、水素エネルギー利用拡大に向けた重要なポイントとなること、基本的に 5 年程度のスパンで整理する必要があることから、図 2-1 に示されているように、技術開発ロードマップでは 2025 年頃にも時間軸のマイルストーンを設定することとした。

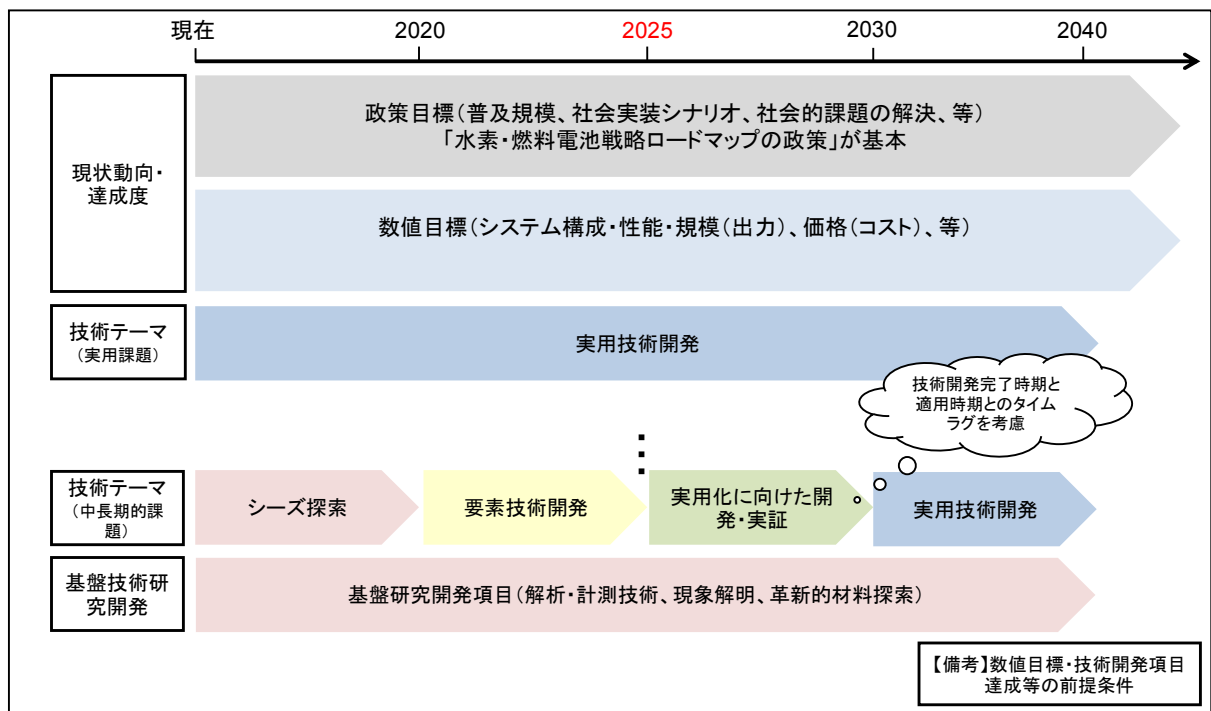


図 2-1 NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップの基本構成

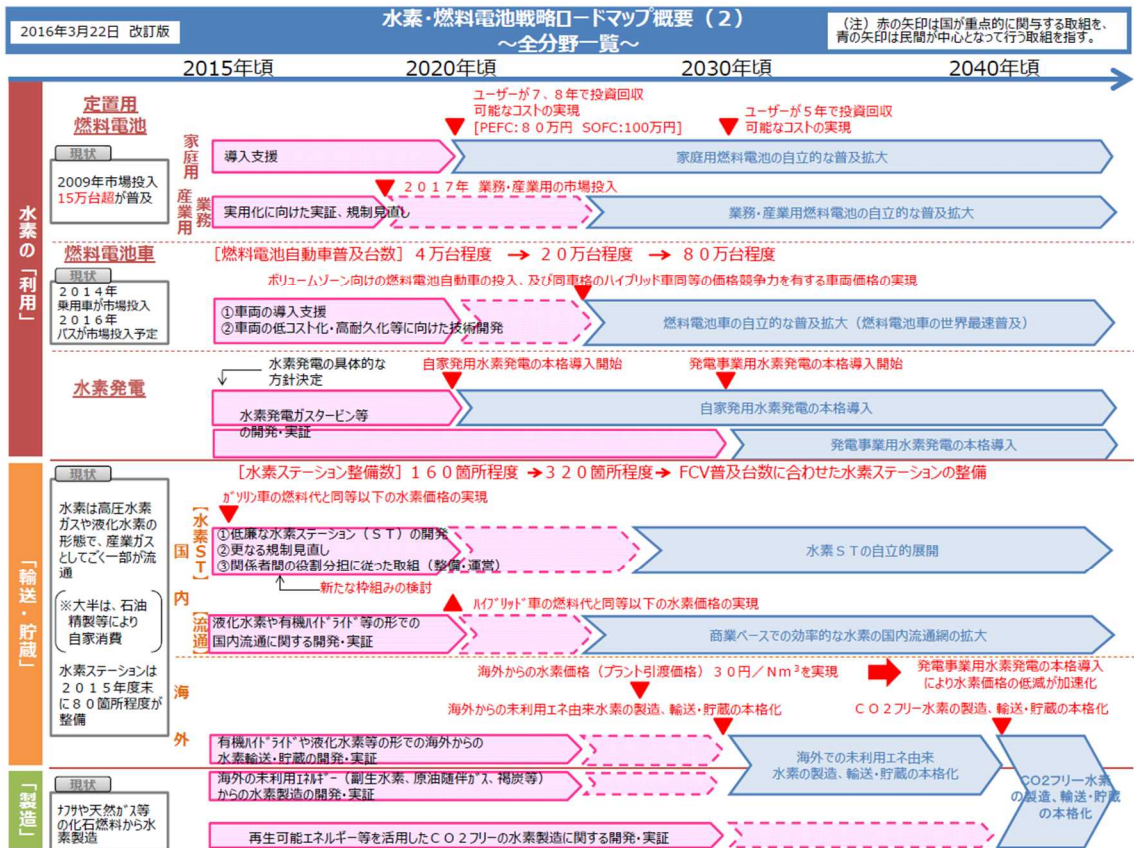


図 2-2 水素・燃料電池戦略ロードマップ（全分野一覧）

【出典】経済産業省

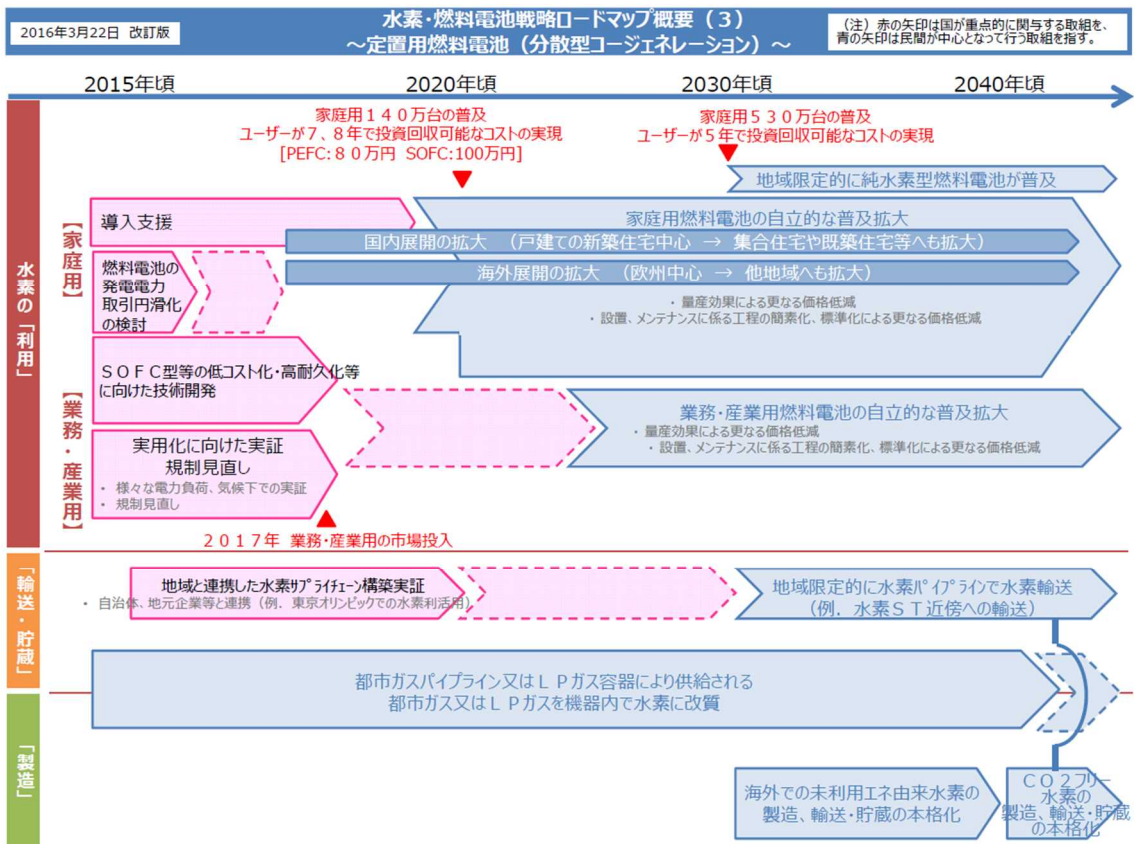


図 2-3 水素・燃料電池戦略ロードマップ（定置用燃料電池（分散型コージェネレーション））

【出典】経済産業省

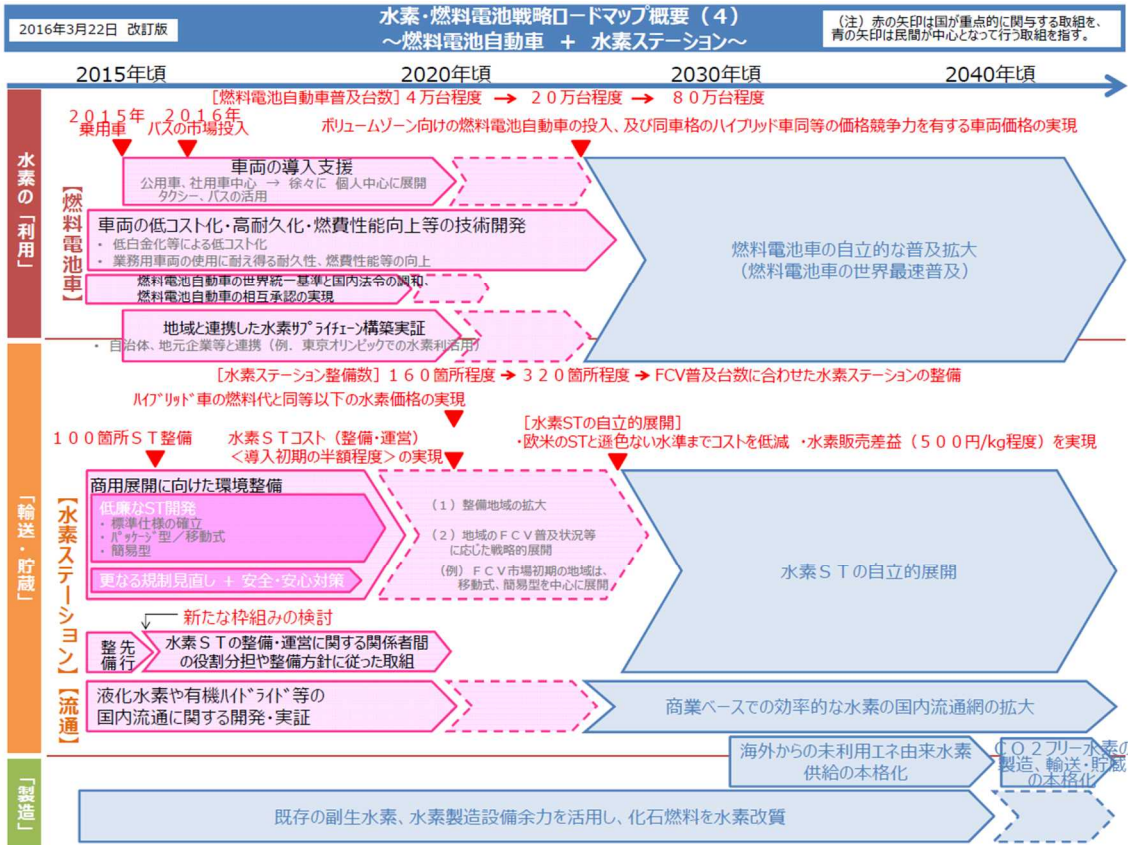


図 2-4 水素・燃料電池戦略ロードマップ(燃料電池自動車+水素ステーション)

[出典] 経済産業省

なお、技術開発ロードマップの検討においては、FC 二輪、FC バスなどの業務用車両、FC フォークリフトなどの産業用車両をはじめとする様々な移動体用途に拡大して水素需要を促進する政策も重要であるため、FCV 分野に新たな「移動体用途」を組み込んだ。

2.1 政策目標及び実現のために期待される技術的目標の整理・体系化

図 1-1 に示した水素・燃料電池戦略ロードマップで策定されたフェーズ（フェーズ 1：水素利用の飛躍的拡大、フェーズ 2：水素発電の導入／大規模な水素供給システムの確立、フェーズ 3：トータルでの CO₂フリー水素供給システム確立）に応じた各分野の政策および普及目標、その達成に向けたシナリオとそのシナリオに基づいた数値目標等の整理・体系化を行った。以下に、技術開発ロードマップ（燃料電池分野）に対する検討結果について説明する。

2.1.1 定置用燃料電池

（1）普及目標

①家庭用燃料電池

家庭用燃料電池は、既に国内での普及が開始されており、PEFC と SOFC のそれぞれのシステムのタイプが市場に存在している。水素・燃料電池戦略ロードマップでは 2020 年頃までの導入支援期と 2020 年頃以降の自立的な普及拡大に分かれており、2020 年頃の普及台数は 140 万台、2030 年頃には 530 万台と策定されている。ここでは普及目標とシナリオを以下のように整理した。

【～2020 年頃（導入支援）】

- 性能および耐久性を向上しつつ、更なる低コスト化を進めた製品投入が最優先課題。低コスト化に向けては、PEFC と SOFC の区別はなく、双方が成し遂げなければならない。
- 2016 年 4 月の電力の小売全面自由化に合わせて、余剰電力の買い取り制度が開始されたことを受け、ユーザ側から見て更なる光熱費の削減や CO₂ 排出量の削減に寄与する付加価値を提供。余剰電力の買い取りのメリットを促進するための更なる高発電効率製品の投入。
- 集合住宅・戸建既設住宅向けへの製品投入（小型化・省スペース化、既存給湯器への接続）、よるユーザ層の拡大。
- LPG 市場は、都市ガスエリアよりも戸建て住宅の比率は多く新築の顧客開拓の余地は大きいですが、現在はメーカーの販路確保が不十分であり、販路確保に向けた取り組みが課題。LPG エリアの普及は、都市ガスエリアでの普及後になると想定され、普及が先行するエリアでのノウハウや製品開発の成果を活かしていく。LPG 事業者は、都市ガス事業者よりも事業規模が小さいことが多く、事業者数も多いため、メーカーの販売工数が多くなり、販売後のメンテナンス対応も含めたメーカー負担の低減が必要。
- 欧州を中心とした海外展開に向け、海外特有の環境（燃料ガスや電力・熱需要パターンへの対応）に適応したロバスト性の高い製品の投入、および海外市場での優位性を確立するための国際標準化推進、等。

【2020 年頃以降（自立的な普及拡大）】

- 2030 年頃の累計 530 万台達成に向け「小型化」の追求による設置条件への大幅緩和（設置工事費の低減）に加え、更なる高発電効率化・高耐久性化と低コスト化の全てが成立する次世代製品の開発と市場投入が鍵。

- PEFC と SOFC それぞれの特徴を活かしながら技術進展と低コスト化を進めることで、各家庭の電力・熱需要パターン等に応じた製品の選択肢の拡大、製品の多様化。
- 国内市場向けでは、低コスト化・高耐久化の推進とともに高発電効率化・高出力化、スマコミ・HEMS 対応向けの製品の投入。
- 海外市場向けでは、海外環境対応（燃料種、需要パターン）、欧米向け高出力型（数 kW 級）、新興国市場開拓向けの廉価製品、系統独立型製品の投入。
- 2030 年頃以降には、省エネルギー、低炭素水素の実現が加速、我が国の家庭用燃料電池が世界市場を牽引。また、地域限定的な純水素供給パイプラインの普及による高効率純水素型 PEFC、高発電効率 SOFC によるモノジェネレーションへの適用も拡大。

②業務・産業用燃料電池

業務・産業用燃料電池は、燃料電池以外の既存のコージェネレーション・システムと比べて発電効率が高いため、熱需要が豊富にある病院やホテル等に加えて、熱需要が少なく、現在は分散型エネルギーの活用が比較的進んでいないデータセンター等の施設での活用も期待されている。

現在、実用化に向けた技術実証および規制見直しが行われている段階であるが、初期導入コストと運用メリットでは競合製品となるガスエンジン等に比べて優位性が低いことから一層の経済性の向上が必要とされている状況である。水素・燃料電池戦略ロードマップでは 2017 年の市場投入、2025 年頃以降の自立的な普及拡大を目標として策定されているが、この自立的な普及拡大に向けては、導入メリットが高い潜在的なユーザを拡大しつつ継続的に価格を低減していく取り組みが必要不可欠である。ここでは普及目標とシナリオを以下のように整理した。

【～2025 年頃（導入支援）】

- 2017 年に業務用 5kW 級 SOFC および業務用 250kW 級 SOFC ハイブリッドシステムの市場初期導入を開始、さらに、業務用数 10kW 級 SOFC についても 2017～2018 年にかけて市場初期導入を開始。
- 100kW 級 PAFC（リン酸形燃料電池）については導入を継続（ただし、国内唯一のプレーヤーも SOFC に参入予定）。
- CO₂ フリー水素や副生水素を用いた自立分散型エネルギーシステムにおける純水素型 PEFC の導入も開始。
- 現在の実証機より低価格帯で導入開始、導入メリットが高い潜在的ユーザ（コージェネレーションの導入の進まなかった熱需要が比較的小さい需要家、停電リスクに備え BCP 対応が必要な需要家、等）を拡大しつつ自立的な普及拡大に向けて継続的に価格を低減。

【2025 年頃以降（自立的な普及拡大）】

- 高発電効率の SOFC の特徴を活かしつつ分散型電源（モノジェネレーションおよびコージェネレーション）としての導入を拡大。
- 2030 年以降は再生可能エネルギー・蓄電・高温蓄熱システムとの連携、最適制御によるスマートコミュニティの実現、CO₂ フリー水素を用いた自立分散型エネルギーシステムの普及、SOFC の特徴を活かした超高効率発電システムの実現を目指す。
- 大容量コンバインドシステムについては、基本的に 2016 年 6 月に策定された次世代火力発電技術ロードマップ（GTFC：ガスタービン燃料電池複合発電、IGFC：石炭ガス化燃料電池

複合発電)に基づいて設定。燃料電池は発電効率が高いものの大型化によるスケールメリットが得られ難い状況であるため、コスト低減のための技術確立、ハイブリッドシステムの普及拡大による量産効果の実現等を通じて普及を進めていく必要がある。

(2) 数値目標

①家庭用燃料電池

家庭用燃料電池は2009年に市場投入が開始され、現在まで累計20万台程度に到達している。今後の自立的な普及拡大に向けては、エンドユーザ負担額を減らし、投資回収期間を短縮することが重要である。2009年の市場投入当初は300万円程度であったユーザ負担額(設置工事費込)は、現在、PEFCで概ね140万円程度と半減以下の水準まで到達(2016年度ではPEFC:113万円、SOFC:130万円後半)しているが、より一層のコスト低減が必要である。

図2-5に示すとおり、PEFCについては燃料電池スタックの低コスト化が進んでおり、全体に占める燃料電池スタックの割合が15%であるのに対し、SOFCについては30%となっていることから、コスト低減余地等を踏まえ、SOFCでは燃料電池スタック、PEFCでは燃料処理器等のコスト低減の高い効果が得られる分野に集中して技術開発を進めることが重要である。

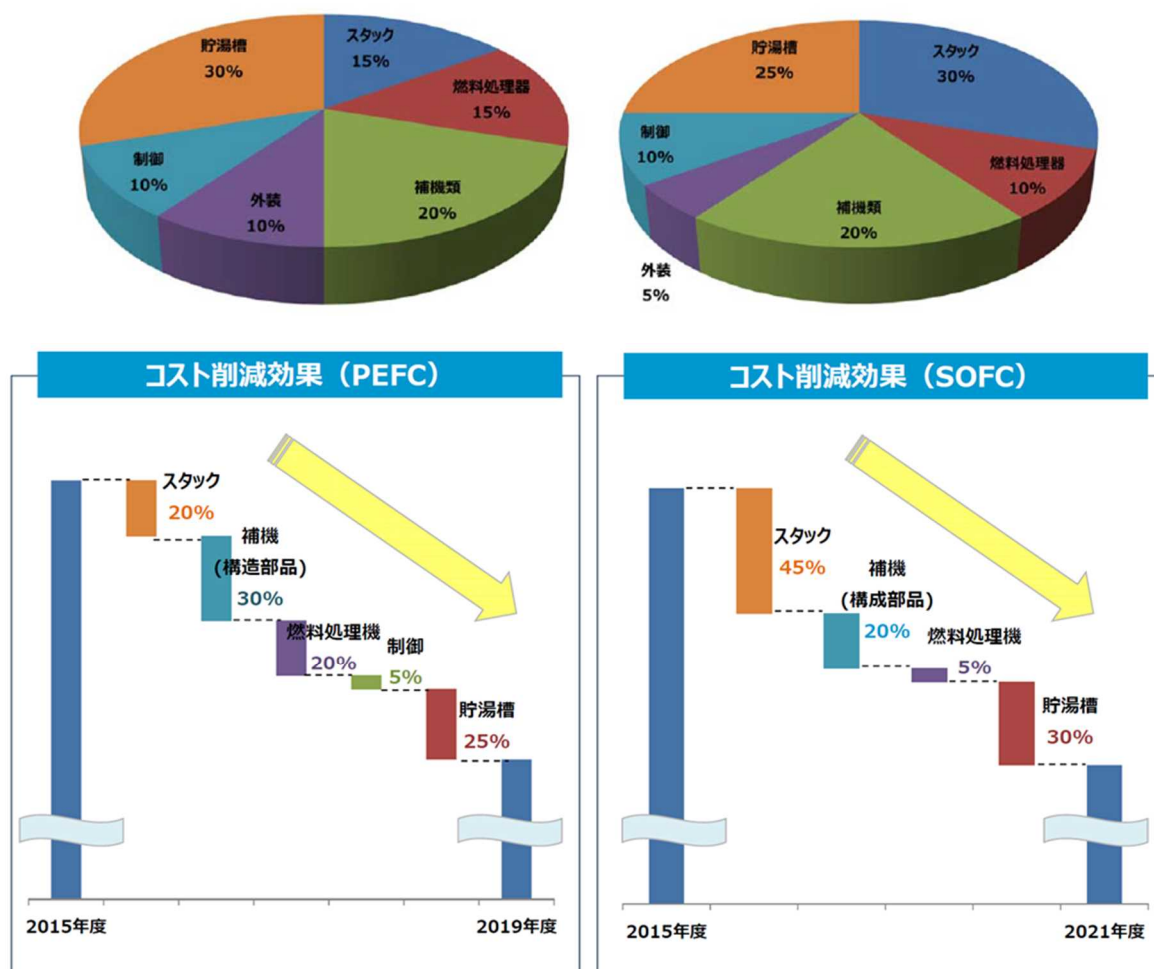


図 2-5 家庭用燃料電池のコスト構造

【出典】経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」

家庭用燃料電池の普及拡大と量産による更なるコスト低減に向けては、住宅の比率のうち 40% を占める集合住宅に対応した仕様、全需要家の 40% を占める LP ガスに対応した仕様、更には電力価格に比べてガス価格が比較的安くかつ熱需要が多い欧州等の地域を中心とした海外展開が重要である。燃料多様化の観点では、将来的な低炭素化ガスへの対応を視野に入れた開発も必要であり、災害時にも有効に活用できる家庭用燃料電池の可能性も拡大する。現在の家庭用燃料電池は、都市ガスあるいは LP ガスを改質して水素を生成させ発電する改質型が大部分であるが、直接、水素を燃料とする純水素型 PEFC とすることで燃料改質器が不要となり、大幅な低コスト化が可能と考えられる。今後、FCV 用の水素ステーションの整備に伴い、市街にも限定的ではあるが水素パイプラインによる供給インフラが整うことにより、純水素型家庭用 PEFC の利用が拡大する可能性がある。また、燃料電池システム本体だけではなく、小型化・システム簡素化等による設置工事に伴うコストの低減も重要である。

以上の取り組みから、将来の目指すべきシステム価格（設置工事を含むユーザ負担額ベース）は 2020 年頃に 7、8 年で投資回収可能な金額、2030 年頃までに 5 年で投資回収可能な金額を目指す。

- PEFC は 2019 年までに 80 万円、SOFC は 2021 年までに 100 万円を実現^{※3}
- 2030 年頃には 50 万円程度を実現（20 万円程度の給湯器との価格差を年間ランニングコスト 6～7 万円×5 年で回収）

家庭用燃料電池の性能と耐久性については、2020 年頃までは現行の発電効率および耐久性を維持しつつ低コスト化を目指す。2020 年以降はユーザメリットを更に高めるために発電効率向上と耐久性向上を目指す。ただし、耐久性向上に関しては開発・実証に長期間を要するため、特に SOFC の後発セル・スタックメーカーの将来的な市場参入も考慮して、2025 年頃までは現行レベルと同等以上に設定した。表 2-1 に、総合効率～95%（LHV）を前提条件とした家庭用燃料電池の達成性能レベルを示す。なお、発電効率については 2040 年以降の究極目標も同時に設定した。

表 2-1 家庭用燃料電池の達成性能レベル

項目	現在	2020 年頃	2025 年頃	2030 年頃	2040 年以降
発電効率 ^{※1}	38～52%	38～52%	40～55%	40～55%以上	45～60%以上
耐久性 ^{※2}	10 年	10 年	10 年以上	15 年	—
システム価格 ^{※3}	PEFC : 113 万円 SOFC : 137 万円	PEFC : 80 万円 (2019 年度) SOFC : 100 万円 (2021 年度)	—	50 万円程度	—

※1 「発電効率」、「総合効率」は、LHV で記載。数値は、家庭用 FC として製品が多様化することを想定し、PEFC と SOFC を区別せずに幅をもって記載。

※2 「耐久性」は、所定の耐久年数後において出力維持および電圧低下量が初期から 10% 以内を満たす条件。

※3 「システム価格」は 700W 級家庭用燃料電池システムの標準機タイプ、流通費および設置費を含むエンドユーザ負担額。

②業務・産業用燃料電池

業務・産業用燃料電池については、初期導入コストと運用メリットでは競合製品となるガソリンエンジン等に比べて優位性が低いことから一層の経済性の向上が必要とされているが直近では達成が難しいため、現在の実証機より低価格帯で導入開始し、導入メリットが高い潜在的ユーザを拡大しつつ自立的な普及拡大に向けて継続的に価格を低減するシナリオを想定した。なお、系統電力料金および都市ガス料金が出力容量で異なること、発電装置が燃料電池単体からガスタービンとのハイブリッドシステムまで存在すること等の理由により、以下のように、燃料電池の容量およびシステム別に数値目標を分類した。

- 小容量定置用（業務用）数 kW 級
- 中容量定置用（業務用）数 10～数 100 kW 級
- 中容量ハイブリッドシステム（業務・産業用）数 100 kW～数 MW 級
- 大容量コンバインドシステム（事業用・自家発電用）数 10 MW～

業務・産業用燃料電池は発電効率が低い特徴を活かしてユーザへ訴求していくために、継続的に性能・耐久性を向上させていくことが必要である。また、将来の目指すべきシステム価格（設置工事を含むユーザ負担額ベース）については自立的な普及拡大の時期では競合製品とほぼ同等の価格競争力が要求される。なお、各メーカーの事業化に向けた目標価格は算出条件等の前提が異なるため、ここでは関係各社へのヒアリング調査を通じて妥当な数値を設定した。表 2-2 に、業務・産業用燃料電池の送電端効率（LHV）、耐久性（運転時間）およびシステム価格（設置工事を含むユーザ負担額）に対する達成目標レベルを示す。各段階の技術開発終了後、次の達成性能レベルへの移行は数年程度の期間を考慮している。なお、SOFC の特徴である発電効率については 2040 年以降の究極目標も同時に設定した。

大容量コンバインドシステムは、前述の次世代火力発電技術ロードマップに基づき設定し、表中の左側の数値は GTFC、右側の数値は IGFC の目標値を表している。

表 2-2 業務・産業用燃料電池の達成性能レベル

項目	開発・実証段階	初期導入段階 (2017年頃～)	普及段階 (2025年頃～)	2040年頃以降
小容量定置用 (業務用) 数kW級	50% 4万時間見通し 数100万円/kW	50% 9万時間見通し 数100万円⇒50万円/kW(数MW/年、生産ケース)	>55% 13万時間見通し <50万円/kW(数10MW/年、生産ケース)	>60%
項目	開発・実証段階	初期導入段階 (2017、18年頃～)	普及段階 (2025年頃～)	2040年頃以降
中容量定置用 (業務用) 数10～数100kW級	50% 4万時間見通し 数100万円/kW	50% 9万時間見通し 数100万円⇒50万円/kW(数MW/年、生産ケース)	>55% 13万時間見通し <50万円/kW(50kW未満) <30万円/kW(50kW以上、数10MW/年、生産ケース)	>70%
項目	開発・実証段階	初期導入段階 (2017年頃～)	普及段階 (2025年頃～)	2040年頃以降
中容量ハイブリッドシステム (業務・産業用) 数100kW～数MW級	55% 4万時間見通し 数100万円/kW	55% 9万時間見通し 数100万円⇒30万円/kW(数10MW/年、生産ケース)	>60% 13万時間見通し <30万円/kW(数100MW/年、生産ケース)	>75%
項目	開発・実証段階 (2020年頃～)	初期導入段階 (2025年頃～)	普及段階 (2040年以降)	2040年頃以降
大容量コンバインドシステム (事業用・自家発電用) 数10MW～	— 9万/4万時間見通し 数100万円/kW	63%/55% 13万時間見通し 量産後従来機並みの発電単価(数100MW/年、生産ケース)	—	—

※1 小・中容量定置用システムおよび中容量ハイブリッドシステムにはコージェネレーションを含む。

※2 設置工事費を含むユーザ負担額、ただし初期導入段階においては導入補助金を考慮しつつ継続的な価格低減を目指す。また、カッコ内の「OMW/年 生産ケース」は、システム価格試算のためのものであり、各年度での市場規模を指すものではない。

2.1.2 FCV・移動体

(1) 普及目標

FCVは2014年12月にトヨタ自動車がMIRAIの一般販売を開始し、2016年3月には本田技研工業がClarity Fuel Cellの法人・自治体向けのリース販売を開始した。水素エネルギーの見本市としても位置づけられている東京オリンピック開催の2020年頃には乗用車の累計普及台数4万台程度、一般消費者のボリュームゾーン向けのFCV投入時期の2025年頃には累計20万台程度、以後、FCVの世界最速普及と自立的な普及拡大を目指して2030年頃には累計80万台程度として、加速的に増加する目標が水素・燃料電池戦略ロードマップで策定されている。

①乗用車(LDV: Low Duty Vehicle)

- 現在：各社単一車種(乗用車)、車両価格700万円強
- 2025年頃：ボリュームゾーン向けのFCVの投入、同車格のHV同等価格競争力を有する車両価格の実現
- 2030年頃：多数車種への拡大

②バス、タクシー、商用車(トラック)、フォークリフト、その他

- 2016年：バス・フォークリフトの市場導入
- 2020年頃：二輪、商用車(トラック)への導入開始
- 2025年以降：その他移動体(船舶・鉄道、産業用車両等)への更なる拡大

ただし、2030年頃の累計80万台レベルでは年間で20万台程度であり、更なる本格普及を目指すために、2040年頃には燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)が発表したシナリオ(図2-6)と同レベルである300~600万台¹を究極の目標として設定した。この普及目標を達成するためには、多数車種への拡大とボリュームゾーン拡大が必須であり、そのための車両の達成性能レベルは後述のとおり挑戦的な数値目標となっている。

また、2025年以降は、FCV以外の移動体(二輪、フォークリフト、船舶・鉄道、等)の普及に向けては、燃料電池スタック、周辺機器の製造・供給プレーヤーの創出による市場の拡がりが必要であり、将来的には、こうしたプレーヤー間の競争を含めて低コスト化を目指すシナリオも考慮した。

¹ FCCJが2015年公表のIEA「Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells」を参考に策定した目標台数(2050年の目標である温室効果ガス排出量80%削減に貢献すべく設定した数値、大幅な技術進展を期待したハイシナリオでは2040年頃で600万台)。

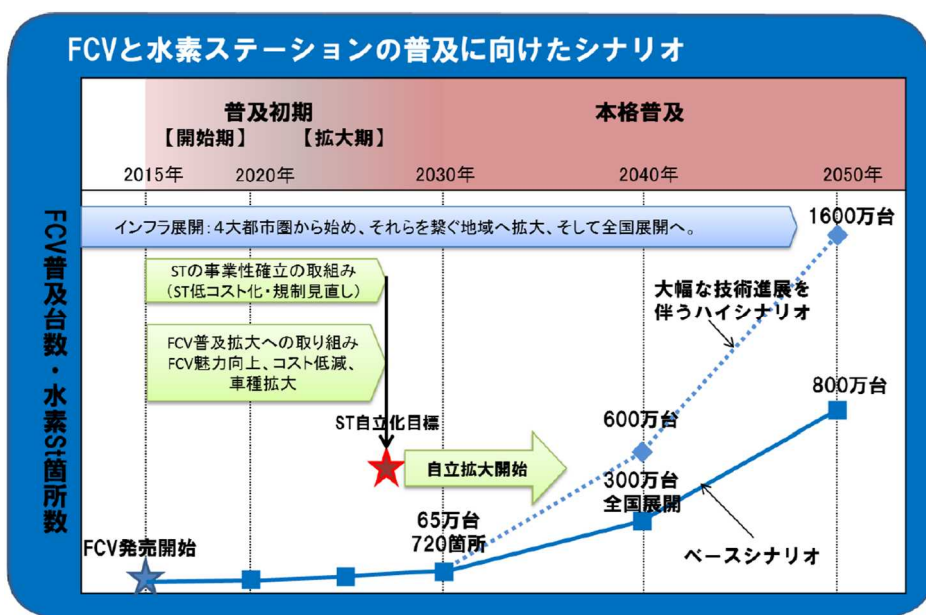


図 2-6 FCV と水素ステーション普及に向けたシナリオ

【出典】燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) HP 2016年3月11日

(2) 数値目標

ここでは、フル FC システムの乗用車を対象（耐久性は商用車も対象）とした達成性能レベルを表 2.3 のように設定した。特に、2040 年頃の普及目標を達成するために、車両システムとして究極目標の数値を設定した。具体的には「航続距離：1000 km 以上」、「スタック出力密度：9 kW/L」「最大負荷点電圧：0.85V」および「作動最高温度：120℃」である。これらの究極目標の設定に至った技術的背景は以下のとおりである。

- 2030 年頃以降の普及拡大を考えると多数車種への拡大およびボリュームゾーンの拡大が必須であるが、出力密度の観点から考えると現状の FC システムでは難しく、現在のガソリンエンジンに比べて同等の出力を同じパッケージスペースで達成しようとする FC の出力密度が不足し、約 2 倍にする必要があるというレベルである。
- 約 2 倍の出力密度の FC システムからの廃熱を放出するために、現状技術で実現されるラジエータの大きさを約半分程度に小型化しなければ、現在のレベルと同じにならず、車両に搭載できないことになる。
- ラジエータを小型化するためには、作動温度を上げて大気への放熱の効率を良くするとともに、FC の発電効率を上げて、FC からの廃熱そのものを低減する必要があり、作動温度 120℃ と最大負荷点の電圧 0.85V の組み合わせで、現在のクルマのラジエータスペースに、現在のエンジン出力と同等の FC システムが搭載できる。
- 航続距離は燃費と水素貯蔵量の積で決まるが、発電効率と廃熱効率、水素貯蔵密度を向上させて、航続距離 1000 km 以上を目指す。

製造コストについては、2030年頃まではDOEベースの値²を設定し、2040年頃については車両の商品要求から降りてくる目標値を国内の自動車メーカーから提示された位置付けとして、FCシステム0.2万円/kW（内、スタック0.1万円/kW）、水素貯蔵システム10万円と設定した。

図2-7に水素・燃料電池戦略ロードマップの累計普及台数目標から各年の生産台数を予測した結果を示す。2020年頃には約1万台/年、2025年頃には約5万台/年、2030年頃には約20万台/年となる。これを図2-7に示すDOEが算出した年間生産台数に対するFCシステムおよびスタックコスト分析結果を比較し、表2-3に示すと通りの製造コスト値を設定した。

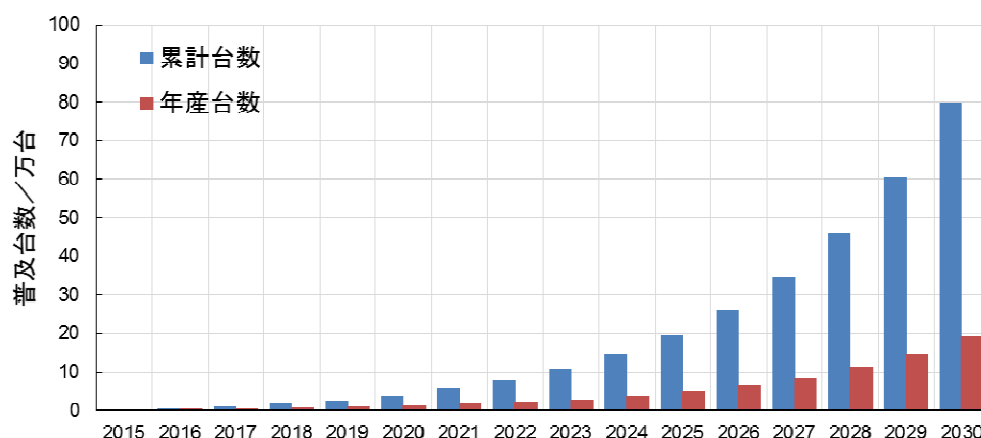
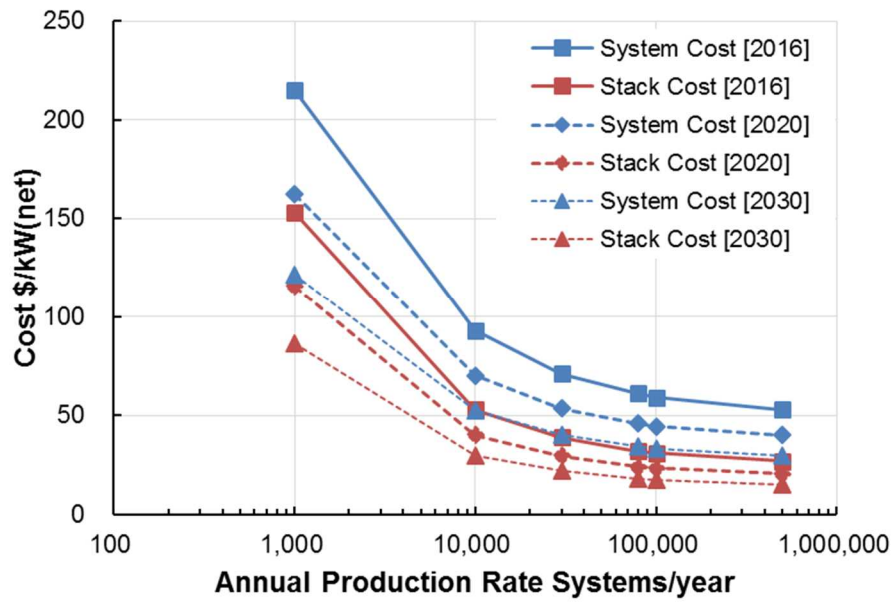


図 2-7 水素・燃料電池戦略ロードマップ普及台数目標から算出した普及台数予測

耐久性に関しては、NEDOの技術開発目標として乗用車では5,000時間作動、6万回の起動停止、商用車では最大50,000時間作動、60万回の起動停止が設定されているが、実際は運転モードによって作動時間、起動停止回数が変わるため、ここでは従来の乗用車に要求されるレベルと同様に、15年間あるいはそれ以上でFCシステム無交換という表現とした。現在は乗用車レベルで15年耐久性が確保されているため「乗用車無交換（15年）」、2020年頃は乗用車で15年以上の耐久性「乗用車無交換（15年以上）」、2025年頃には、既に市場導入が開始されているバスや商用車の普及拡大を目標とした「商用車無交換（15年）」、本格普及期の2030年頃には、多数車種で「乗用車・商用車無交換（15年以上）」という設定とした。

² "Fuel Cell System Cost - 2016", DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Record, Record #16020, 2016/9/30



前提条件：システム出力 80kW(net)、スタック効率 52%、セル電圧 0.659V at 1.14 A/cm²、エアストイキ 1.4、エア圧力 atm

Production Volume./(year)	2016		2020		2030 (Ultimate)	
	System	Stack	System	Stack	System	Stack
1,000	215	153	162	115	122	87
10,000	93	53	70	40	53	30
30,000	71	39	54	29	40	22
80,000	61	32	46	24	35	18
100,000	59	31	45	23	33	18
500,000	53	27	40	20	30	15

図 2-8 DOE の FC システムおよびスタックコスト分析結果

表 2-3 FCV の達成性能レベル

項目	現在	2020 年頃	2025 年頃	2030 年頃	2040 年以降
航続距離※1	650 km			800 km	>1,000 km
スタック性能					
最大出力密度	3.0 kW/L	4.0 kW/L	5.0 kW/L	6.0 kW/L	9.0 kW/L
最大負荷点電圧	0.6 V				0.85V
耐久性 ※2	乗用車無交換 (15 年)	乗用車無交換 (15 年以上)	乗用車無交換 (15 年以上) / 商用車無交換 (15 年)	乗用車・商用車 無交換 (15 年以 上)	
システム仕様					
起動条件	最低温度-30℃ (外気)	最低温度-30℃ (外気)			最低温度-40℃ (外気)
スタックシステム	作動最高温度 90℃ 圧力 1.2 atm 水素 St=1.1※3	作動最高温度 ~100℃、30%RH 作動圧力<1.2atm 水素 St<1.1	起動温度の拡大、出力密度向上、作 動最高温度向上、冷却性能向上、燃 費向上等による車両パワートレイ ンとしての汎用化		作動最高温度 120℃ エア系過給による ダウンサイジング または常圧運転に よる補機仕様緩和 水素 St=1.0 付近
水素貯蔵システム	5 .7 wt%以上かつ 125L、円筒容器 ※4	6.0 wt%以上かつ 100L、円筒容器			7.5 wt%以上かつ 70L 以下、容器形状 自由度有
コスト※5	車両価格				
FC システム (内、スタック)	700 万円強	<0.8 万円 /kW <0.5 万円 /kW	<0.5 万円 /kW <0.3 万円 /kW	<0.4 万円 /kW <0.2 万円 /kW	0.2 万円 /kW 0.1 万円 /kW
水素貯蔵システム		30~50 万円	<30 万円	10~20 万円	10 万円

※1 水素貯蔵料 5kg 相当の JC08 モード^{*}における燃費性能に基づく値。

※2 「耐久性」は各年のコスト目標を前提とした値、必要とされる運転条件に応じた起動停止回数に対応することも含まれる。
商用車の耐久性目標は「システム仕様」・「コスト」と対応している訳ではない。

※3 「St (ストイキ)」とは電池反応における理論上の燃料消費量に対する燃料供給量の比率を示す。(余剰燃料は再循環すること
で利用率を 100%近くにする)

※4 現状の高圧タンクシステムに対して車載時の占有容積が大幅に縮小する等、画期的な技術的優位性が見込まれる技術が開発
された場合には、実用性を鑑み目標を再設定。

※5 2030 年頃までは DOE コスト分析 (2016) をベースとして生産台数を 2020 年頃 1 万台/年、2025 年頃 5 万台/年、2030 年
頃の 20 万台/年と仮定した場合の値。2040 年頃の値は最終目標として目指すべき製造コスト。FC システムはスタック、周辺機
器等の合計。

2.2 技術的目標の達成に必要な技術的アプローチの整理・体系化

前節で検討した数値目標（達成性能レベル）を達成するために、技術動向調査および政策動向調査の結果、および業界関係者へのヒアリング調査の結果に基づいて各分野における技術開発課題、規制緩和・標準化等の整理・体系化を行った。以下に、定置用燃料電池及びFCV・移動体分野の技術開発ロードマップに対する検討結果について説明する。

2.2.1 定置用燃料電池

(1) 家庭用燃料電池

表 2-1 に示した家庭用燃料電池の数値目標を達成するために、実用技術開発を中心とした現行技術開発の進展と量産効果による製品力向上およびコスト低減のアプローチと 2030 年頃の実用化に向けた次世代技術開発に分類した。PEFC と SOFC によってセル・スタックおよびそれらを構成する部材に要求される技術開発課題、周辺機器を含めたシステムの技術開発課題が異なる。

【技術開発課題（PEFC）】

- 現行技術開発の進展と量産効果
 - ✓ 高温低加湿作動、MEA 不純物耐性向上、改質触媒の高性能化・低コスト化、不純物長期耐性向上
 - ✓ 高電流密度化（による小型化、部材使用量削減）、熱回収技術向上、補機類・周辺機器の低コスト化、高耐久化、等
- 2030 年に向けた次世代技術開発
 - ✓ 15 年耐久性を見通せる電解質材料、触媒・担体の高耐久化と高電流密度化、高温・低加湿作動セルの開発、等

【技術開発課題（SOFC）】

- 現行技術開発の進展と量産効果
 - ✓ 発電効率向上、高出力密度化・部分負荷効率向上、スタックの小型化・軽量化、触媒、金属系インターコネクトの高耐久化、等
 - ✓ 製造プロセスの低コスト化、補機類・周辺機器の低コスト化、高耐久化、等
- 2030 年に向けた次世代技術開発
 - ✓ 高発電効率型、金属基板型、低温作動型、直接炭化水素型セルの開発、材料レベル・化学プロセスの探索、耐久性評価の加速、計測精度向上による開発期間の短縮、等
 - ✓ 将来的には、高発電効率 SOFC（60%以上、モノジェネにも適用可能）、直接内部改質型燃料電池、超小型 SOFC（オンボード型電源、家庭用壁掛け FC）への展開

【技術開発課題（共通）】

- ✓ FC 本体との通信標準化による多様なメーカーの貯湯槽採用、メンテナンス頻度の低減、部品交換不要、設置工事（試運転工数低減、小型化による基礎の簡素化、ドレイン水工事の簡素化）、等
- ✓ スマコミ対応に向けたエネルギーネットワークでの効率的な運用と安定性および信頼性を確保するための燃料電池システム最適制御技術の確立

以上の技術的アプローチに基づいて技術開発課題を抽出し、それらの達成されるべき時期を含

め、企業および学術研究者に対するヒアリング調査等に基づいて整理した結果を表 2-4～表 2-6 に示す。

表 2-4 家庭用燃料電池の技術開発課題 (PEFC)

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 (2017年頃までに達成すべき課題)	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2022年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2027年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
MEA	<ul style="list-style-type: none"> CO 耐性向上 (CO 濃度 500ppm)、不純物耐性向上 CCM の Roll to Roll 量産技術の開発 高温 (90°C)・低加湿 (< 30%RH) 作動 MEA 開発 	<ul style="list-style-type: none"> 不純物高ロバスト性 MEA の開発 CCM 大量生産技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる高性能・高耐久化、低コスト化 FCV の普及拡大による PEFC 部材コスト低減への波及効果 	<p>現行技術進展による高性能化・低コスト化</p>
電極触媒	<ul style="list-style-type: none"> 炭化水素系膜製造プロセスの開発 フッ素系膜原材料低コスト合成プロセスの開発 高温 (90°C)・低加湿 (< 30%RH) 作動膜の開発 水素バリア性向上技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質膜大量生産製造プロセス技術の確立 不純物耐性の大幅向上技術開発 		
電極触媒	<ul style="list-style-type: none"> 貴金属使用量削減 (< 1g/kW) 技術の開発 高濃度耐 CO 被毒触媒開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒大量生産技術の確立 廃棄製品からの貴金属リサイクル技術の確立 		
セパレータ・GDL・ガスケット等	<ul style="list-style-type: none"> カーボンセパレータ高速成形プロセス技術 GDL、ガスケット等部材の低コスト化製造技術 	<ul style="list-style-type: none"> 低廉材料、部品の適用 (GDL、ガスケット等) 低コストセパレータ大量生産技術の確立 		
燃料改質系	<ul style="list-style-type: none"> 燃料改質系触媒の高性能化 (CO 変成触媒、CO メタン化触媒) 	<ul style="list-style-type: none"> 改質触媒の不純物耐性 (硫黄、等) 長期耐性向上 		
実用化技術	<ul style="list-style-type: none"> 燃料多様化 (国内天然ガス) 燃料多様化 (海外天然ガス) 高出力密度化、セル大面積化、セル構造見直し 廃棄・リサイクル等の対応 高温作動による貯湯ユニットの小型化、電力変換装置 (インバータ、コンバータ等) の大電流化、低コスト化 補機類 (ブロワ、流量計、弁、熱交換器、等) の効率向上、小型化、低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> スタック大量生産技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料多様化技術 (低炭素化ガス対応) 純水素型システムの低コスト化 部品のモジュール化 周辺機器 (補機類、電力変換装置等) の高耐久化 	
次世代開発 (～2030 実用化)	<ul style="list-style-type: none"> 15 年の耐久性を見通せる電解質材料の開発 触媒担体の腐食、貴金属の溶解を大幅抑制する相界面設計 高温・低加湿作動時の高出力密度、高耐久性セルの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 高出力密度化と 15 年の耐久性、負荷追従性を両立したセル・スタック技術の確立 		
基盤技術開発 (継続的研究課題)	<ul style="list-style-type: none"> 膜中の水分・ガス・プロトン輸送現象の解明 計測・解析技術開発 (電極表面反応機構、電解質膜、電極触媒劣化機構、電極形成プロセス、触媒、電解質、MEA 内部現象の高度に連成した性能、耐久性解析) セル評価方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質膜、電極劣化機構の解明 性能、耐久性解析技術、セル評価技術の産業界での適用、実証 計測技術 (時間、空間分解能)、計算科学技術 (スケール、精度) の高度化 原子、分子レベルでの燃料電池材料設計手法および新規材料探索の手法確立 	<ul style="list-style-type: none"> 計測・解析技術、現象・機構解明に立脚した燃料電池スタック計の技術確立 	

表 2-5 家庭用燃料電池の技術開発課題 (SOFC)

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 (2017年頃までに達成すべき課題)	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2022年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2027年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
セル・スタック・モジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性・信頼性の向上 ・セルスタック・モジュールの高性能化（高出力密度化、部分負荷効率向上、等） ・発電効率の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・セルデザイン改善による発電効率向上、スタッキング改善 ・セルスタック、モジュールの小型、軽量化 ・セルスタックの高耐久化、起動、停止時劣化抑制 ・セルスタック・モジュールの更なる低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・スタック構造（薄膜化、金属サポート、マイクロチューブ等）高度化 	現行技術進展による高性能化・低コスト化
材料 (電解質・電極・インターコネク)	<ul style="list-style-type: none"> ・金属系インターコネクト耐久性向上 ・セルスタック原料・部材の低コスト化（耐熱材料、等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・電極の高耐久化（アノード：Ni焼結抑制、炭素析出抑制、耐硫黄被毒、等） （カソード：構造破壊抑制、耐クロム・硫黄被毒、等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化への適応性、耐久性の更なる向上 	
製造プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・製造プロセス（造粒、焼成、押し出し成形、スクリーン印刷、スタッキング、等）の低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・量産技術確立による更なる低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・新規材料、セル・スタックの製造プロセス技術確立 	
実用化技術	<ul style="list-style-type: none"> ・運用性向上（起動停止、負荷追従性、等） 			
	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化（国内天然ガス） ・燃料多様化（海外天然ガス） 		<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化技術の更なる向上（低炭素化ガス対応） 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・歩留まり率の改善 ・高温断熱材の技術開発（低熱伝導度、厚み低減）、低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・システム簡素化、低廉材料・部品採用 ・廃棄、リサイクル等への対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・部品のモジュール化 ・周辺機器（補機類、電力変換装置等）の高耐久化 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・貯湯ユニットの小型化、電力変換装置（インバータ、コンバータ等）の大電流化、低コスト化 ・補機類（ブロワ、流量計、弁、熱交換器、等）の効率向上、小型化、低コスト化 			
次世代セル開発（～2030実用化）				
高発電効率型 (モノジェネへの適用)	<ul style="list-style-type: none"> ・高燃料利用率対応技術の開発（酸化物アノードによる希薄燃料下への対応、高燃料利用率達成に向けた電極構造の開発） ・排熱の化学的回収、蓄熱と熱交換器の高効率化による熱利用の最適化 ・蒸気回収時の総合効率向上 ・排熱の化学的回収法の基礎検討（吸熱反応と組み合わせた化学ポトミングサイクル、金属酸化物の酸化還元反応に等による新しい排熱回収、等） 		<ul style="list-style-type: none"> ・高発電効率化、直接燃料導入、金属サポート、低温度作動等のセル・スタックの耐久性実証、技術の確立 ・高電熱比、燃料多様化、超小型化等、幅広い市場ニーズへの対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・高発電効率 SOFC（60%以上、モノジェネにも適用可能） ・電力、熱の双方を効率良く利用するための家庭用エネルギーマネジメントシステム ・水素以外の炭化水素燃料供給による直接内部改質型燃料電池 ・超小型 SOFC（オンボード型電源、家庭用壁掛け FC）
金属基板型	<ul style="list-style-type: none"> ・金属基板セルの開発（金属基板上への製膜技術、構造制御金属基板の作成法の開発、界面相の検討） 			
低温度作動型 (300-500℃作動)	<ul style="list-style-type: none"> ・シール材料の開発（電極の被毒を生じないシール材の開発） ・新規電解質の探索（プロトン伝導性酸化物、欠陥ペロブスカイト等の新規材料） ・低温高活性アノード、カソード電極材料の探索 ・新規電解質、高活性電極材料の開発 ・積層型電池構造確立、薄膜電極の概念実証による超小型化 			

直接炭化水素型	<ul style="list-style-type: none"> ・無加湿炭化水素からの直接発電可能なセルの開発 ・直接改質可能な酸化物アノードや新しい金属サーメットアノード材料の探索 		
基盤技術開発 (継続的な研究課題)	計測・解析技術の開発	計測・解析技術の産業界への展開	<ul style="list-style-type: none"> ・計測・解析技術を活用した燃料電池スタック・モジュールの性能、耐久性評価の大幅短縮の達成 ・システム診断技術の確立
	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性迅速評価法の確立 ・劣化機構解明(熱力学的・化学的・機械的課題、三相界面) ・界面制御に関する反応・輸送現象の解明 ・不純物、燃料種影響対策、等 	<ul style="list-style-type: none"> (耐久性評価の活用による開発期間の短縮、等) ・稼働時の監視、診断、寿命ツールの開発 	
		<ul style="list-style-type: none"> ・計測技術(時間、空間分解能)、計算科学技術(スケール、精度)の更なる向上 ・原子レベル、ナノレベルでの燃料電池材料設計手法の確立 ・シミュレーション技術による燃料電池設計、製造プロセス設計手法の確立 ・高温可視化評価手法の確立 	

表 2-6 家庭用燃料電池の技術開発課題(共通)と規制・規格課題

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 (2017年頃までに達成すべき課題)	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2022年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2027年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
貯湯槽	<ul style="list-style-type: none"> ・FC本体との通信標準化による多様なメーカーの貯湯槽採用 ・貯湯ユニットとFCユニットの一体化 			系統電力への連携・再生可能エネルギー大量導入時のスマートコミュニティに関する開発・実証
機器メンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンス頻度の低減、部品交換不要化 ・ネットワーク(IoT)による遠隔地からの管理、人件費削減 			
設置工事	<ul style="list-style-type: none"> ・試運転操作の簡易化による工数削減、遠隔地運転、等 ・施工場所の工夫による配線・電線長および本数の削減、消費電力計測信号線(CT線)等の通信化 ・機器全体の小型化・低重心化に伴う基礎の簡素化、フットプリントの低減 ・ドレイン水工事の簡素化 			
スマートコミュニティへの対応	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーネットワークの構成、特徴、有効性、導入効果、省エネルギー性、環境性の検討 ・エネルギーネットワークでの効率的な運用と安定性および信頼性を確保するための燃料電池システム構成機器に関する最適制御技術の確立 			
規制・規格課題	<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準化推進(IEC/TC105(燃料電池)、ISO/TC197(水素技術)、TC206(ファインセラミックス)への対応) ・データベース構築(材料特性、不純物データ等) ・国際標準規格への反映による海外市場での優位性確立、国際間取引の円滑化 ・ホームエネルギーマネジメントシステム(HEMS)連携のためのインターフェース共通化、標準化 			

(2) 業務・産業用燃料電池

表 2-2 に示した業務・産業用燃料電池の数値目標を達成するために、実用技術開発を中心とした現行技術開発の進展と量産効果による製品力向上およびコスト低減のアプローチ、2030 年頃の実用化に向けた次世代技術開発、更に超発電効率等の目指した次々世代技術開発に分類した。

業務・産業用の SOFC については、セル・スタック・モジュールとそれらを構成する部材に要求される技術開発課題、周辺機器を含めたシステムの技術開発課題を整理し、小・中容量業務用と中容量ハイブリッドシステム・大容量コンバインドシステムに分けて検討し、小・中容量業務用における究極目標として、更なる超発電効率 SOFC の達成 (80%LHV 以上) を設定した。

また、将来の CO₂ フリー水素による地産地消自立分散型エネルギーシステムに対応した純水素型 PEFC の開発についても重要な位置付けとして技術開発課題を整理した。家庭用 PEFC と比べて異なる技術開発の主なポイントは以下のとおりと考えられる。

- 貴金属使用量の大幅削減 (0.5g/kW レベル)
- 触媒活性向上 (高発電効率を達成するための活性化過電圧の低減)
- 高出力密度化 (大容量化に伴い、セル枚数、部材使用量の削減率をより大きくコンパクト化)
- 負荷追従性向上、触媒耐久性向上 (PV 等の出力を補完する需給調整として負荷変動対応の要求レベルは高い)

【技術開発課題 (SOFC)】

- 現行技術開発の進展と量産効果
 - ✓ 発電効率向上、高出力密度化・部分負荷効率向上、スタックの小型化・軽量化、触媒、金属系インターコネクトの高耐久化、等
 - ✓ 製造プロセスの低コスト化、補機類・周辺機器の低コスト化、高耐久化、等
- 2030 年に向けた次世代技術開発
 - ✓ 高発電効率型、金属基板型、低温作動型、直接炭化水素型、耐化学非被毒セル (石炭ガス化ガス対応) の開発、材料レベル・化学プロセスの探索、耐久性評価の加速、計測精度向上による開発期間の短縮、等
- 2030 年以降に向けた次々世代技術開発
 - ✓ 可逆 SOFC (低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵)、化学・電気・熱を同時供給するトリジェネレーションシステムの開発、材料、化学プロセスの開発、カーボンニュートラル・メタンの活用等

【技術開発課題 (純水素型 PEFC)】

- 現行技術開発の進展と量産効果
 - ✓ 高温低加湿作動、MEA 不純物耐性向上、不純物長期耐性向上
 - ✓ 高電流密度化 (による部材使用量削減)、熱回収技術向上、補機類・周辺機器の低コスト化、高耐久化、等
- 2030 年に向けた次世代技術開発
 - ✓ 15 年耐久性を見通せる電解質材料の開発、触媒活性向上、貴金属使用量大幅低減技術開発 (0.5 g/kW)、負荷変動対応耐久性技術開発
 - ✓ 高電流密度化 (による小型化、部材使用量削減)、負荷追従性向上
 - ✓ 補機類・周辺機器の低コスト化、高耐久化、等

【技術開発課題（共通）】

- ✓ 試運転操作の簡易化による工数削減、遠隔地運転、機器全体のオールインワンパッケージ化（屋外設置）、機器コンパートメント化（屋上設置）ネットワーク（IoT）による遠隔地からの管理、人件費削減
- ✓ スマコミ対応に向けたエネルギーネットワークでの効率的な運用と安定性および信頼性を確保するための燃料電池システム最適制御技術の確立

以上の技術的アプローチに基づいて技術開発課題を抽出し、それらの達成されるべき時期を含め、企業および学術研究者に対するヒアリング調査等に基づいて整理した結果を表 2-7～表 2-10 に示す。

表 2-7 業務・産業用燃料電池の技術開発課題（小・中容量業務用）

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 (2017年頃までに達成すべき課題)	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2022年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2027年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
セル・スタック・モジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性・信頼性の向上 ・セルスタック・モジュールの高性能化（高出力密度化、部分負荷効率向上、等） ・発電効率の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・セルデザイン改善による発電効率向上、スタッキング改善 ・ブロウ動力を抑制する冷却技術（直接冷却等） ・セルスタックの高耐久化、起動、停止時劣化抑制 ・セルスタック・モジュールの更なる低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・スタック構造（薄膜化、金属サポート、マイクロチューブ等）高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ・現行技術進展による高性能化・低コスト化 ・国内補機プレーヤーの創出、調達を含めた低コスト化の加速
材料 (電解質・電極・インターコネク)	<ul style="list-style-type: none"> ・金属系インターコネクト耐久性向上 ・セルスタック原料・部材の低コスト化（耐熱材料、等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・電極の高耐久化（アノード：Ni焼結抑制、炭素析出抑制、耐硫黄被毒、等） （カソード：構造破壊抑制、耐クロム・硫黄被毒、等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化への適応性、耐久性の更なる向上 	
製造プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・製造プロセス（造粒、焼成、押し出し成形、スクリーン印刷、スタッキング、等）の低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・量産技術確立による更なる低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・新規材料、セル・スタックの製造プロセス技術確立 	
実用化技術	<ul style="list-style-type: none"> ・運用性向上（起動停止、負荷追従性、等） 			
	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化（国内天然ガス） ・燃料多様化（海外天然ガス） 		<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化技術の更なる向上（低炭素化ガス対応） 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・歩留まり率の改善 ・高温断熱材の技術開発（熱伝導度・厚み低減）、低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・システム簡素化、低廉材料・部品採用 ・廃棄、リサイクル等への対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・部品のモジュール化 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・貯湯ユニットの小型化、電力変換装置（インバータ、コンバータ等）の低コスト化 			
	<ul style="list-style-type: none"> ・補機類（ブロウ、流量計、弁、熱交換器、等）の低コスト化、高耐久化技術開発 			
次世代セル開発（～2030実用化）				
高発電効率型 (モノジェネへの適用)	<ul style="list-style-type: none"> ・高燃料利用率対応技術の開発（酸化物アノードによる希薄燃料下への対応、高燃料利用率達成に向けた電極構造の開発） ・排熱の化学的回収、蓄熱と熱交換器の高効率化による熱利用の最適化 ・蒸気回収時の総合効率向上 ・排熱の化学的回収法の基礎検討（吸熱反応と組み合わせた化学ボトムリングサイクル、金属酸化物の酸化還元反応に等による新しい排熱回収、等） 		<ul style="list-style-type: none"> ・高発電効率化、金属サポート、低温度作動、直接燃料導入、耐化学被毒対応、等のセル・スタックの耐久性実証、技術の確立 ・モノジェネ、低炭素化ガス等への燃料多様化、小型化による幅広い市場ニーズへの対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・更なる超高発電効率 SOFC の達成（80%以上） ・電力、熱の双方を効率良く利用するための地域エネルギーマネジメントシステム ・水素以外の炭化水素燃料供給による直接内部改質型燃料電池 ・幅広いアプリケーションへの適用（移動体用補助電源、等）
金属基板型	<ul style="list-style-type: none"> ・金属基板セルの開発（金属基板上への製膜技術、構造制御金属基板の作成法の開発、界面相の検討） 			
低温度作動型 (300-500℃作動)	<ul style="list-style-type: none"> ・シール材料の開発（電極の被毒を生じないシール材の開発） ・新規電解質の探索（プロトン伝導性酸化物、欠陥ペロブスカイト等の新規材料） ・低温高活性アノード、カソード電極材料の探索 ・新規電解質、高活性電極材料の開発 ・積層型電池構造確立、薄膜電極の概念実証による超小型化 			
直接炭化水素	<ul style="list-style-type: none"> ・無加湿炭化水素からの直接発電可能なセルの開発 			

型	・直接改質可能な酸化物アノードや新しい金属サーメットアノード材料の探索		
耐化学被毒型	<ul style="list-style-type: none"> ・耐化学被毒の高いセルの開発（石炭ガス化ガスへの応用） ・耐硫黄、リン等への化学的耐久性のある新規アノード材料の探索 ・酸化物アノード、希土類、アルカリ土類元素を含まないカソード材料の探索 		
次々世代技術開発（2030以降実用化）	<ul style="list-style-type: none"> ・可逆動作（発電・水電解）に適したアノード/カソード材料、シール材料の探索 ・トリジェネレーションシステムに向けた反応系（ジメチルエーテル、メタンの部分酸化）探索と最適化、燃料極触媒材料の探索 		<ul style="list-style-type: none"> ・大規模蓄エネルギーを実現する可逆 SOFC の開発（電極・シール材料、蓄熱機能を有するセル、水素を蓄積するための化学的プロセスの開発） ・化学—電気—熱を同時に生成する SOFC の開発
基盤技術開発（継続的な研究課題）	<ul style="list-style-type: none"> 計測・解析技術の開発 ・耐久性迅速評価法の確立 ・劣化機構解明（熱力学的・化学的・機械的課題、三相界面） ・界面制御に関する反応・輸送現象の解明 ・不純物、燃料種影響対策、等 	<ul style="list-style-type: none"> 計測・解析技術の産業界への展開（耐久性評価の活用による開発期間の短縮、等） ・稼動時の監視、診断、寿命ツールの開発 計測技術（時間、空間分解能）、計算科学技術（スケール、精度）の更なる向上 ・原子レベル、ナノレベルでの燃料電池材料設計手法の確立 ・シミュレーション技術による燃料電池設計、製造プロセス設計手法の確立 ・高温可視化評価手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・可逆 SOFC（低コスト水素製造および高効率発電を利用した電力貯蔵）等、次世代燃料電池、新たな用途の実用化 ・高温蓄熱システムとの融合 ・化学・電気・熱を同時供給するトリジェネレーションシステム、カーボンニュートラル・メタンの活用

表 2-8 業務・産業用燃料電池の技術開発課題（中容量ハイブリッドシステム・大容量コンバインドシステム）

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 （開発・実証課題）	【2025年頃の実用化に向けた課題】 （初期導入に向けた課題）	【2030年頃の実用化に向けた課題】 （実用化に向けた課題）	大量普及に向けた更なる課題
	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能セルスタック開発、カートリッジ開発 ・高圧運転技術、複合発電システム制御技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイブリッドシステムの更なる運用性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・更なるシステム運用性/ロバスト性の向上 ・更なる高耐久化（13万時間見通し） 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・超高圧運転技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・大容量コンバインドシステム最適化 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・スタック・システム大容量化（小容量から中容量、中容量から大容量） 			
	<ul style="list-style-type: none"> ・コスト低減に向けた大量生産技術開発 		<ul style="list-style-type: none"> ・更なる低コスト化と量産技術の一層の向上 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料多様化技術確立（石炭ガス、バイオガス） 		<ul style="list-style-type: none"> ・石炭ガス化ガスクリンアップシステム最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・IGFC 発電システムの最適化

表 2-9 業務・産業用燃料電池の技術開発課題（純水素型 PEFC）

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 （2017年頃までに達成すべき課題）	【2025年頃の実用化に向けた課題】 （2022年頃までに達成すべき課題）	【2030年頃の実用化に向けた課題】 （2027年頃までに達成すべき課題）	大量普及に向けた更なる課題	
MEA	<ul style="list-style-type: none"> 不純物耐性向上 CCMのRoll to Roll量産技術の開発 高温(90℃)・低加湿(<30%RH) 作動 MEA 開発 	<ul style="list-style-type: none"> 不純物高ロバスト性 MEAの開発 CCM 大量生産技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる高性能化・高耐久化、低コスト化 FCVの普及拡大によるPEFC部材コスト低減への波及効果 	<ul style="list-style-type: none"> 現行技術進展による高性能化・低コスト化 地産CO₂フリー水素を利用した高効率純水素型システム（発電効率60%以上、超水素利用率運転） 電力、熱の双方を効率良く利用するための地域エネルギーマネジメントシステム 国内補機プレーヤーの創出、調達を含めた低コスト化の加速 	
電解質材料	<ul style="list-style-type: none"> フッ素系膜原材料低コスト合成プロセスの開発 高温(90℃)・低加湿(<30%RH) 作動膜の開発 水素バリア性向上技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質膜大量生産製造プロセス技術の確立 不純物耐性の大幅向上技術開発 			
電極触媒	<ul style="list-style-type: none"> 貴金属使用量削減 (<1g/kW) 技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒大量生産技術の確立 			
セパレータ・GDL・ガスケット等	<ul style="list-style-type: none"> カーボンセパレータ高速成形プロセス技術 GDL、ガスケット等部材の低コスト化製造技術 	<ul style="list-style-type: none"> 低廉材料、部品の適用 (GDL、ガスケット等) 低コストセパレータ大量生産技術の確立 			
実用化技術	<ul style="list-style-type: none"> 高出力密度化、セル大面積化、セル構造見直し 負荷追従性向上 	<ul style="list-style-type: none"> スタック大量生産技術の確立 			<ul style="list-style-type: none"> 部品のモジュール化 周辺機器（補機類、電力変換装置等）の高耐久化
	<ul style="list-style-type: none"> 高温作動による貯湯ユニットの小型化、電力変換装置（インバータ、コンバータ等）の大電流化、低コスト化 補機類（ブロワ、流量計、弁、熱交換器、等）の低コスト化、高耐久化技術開発 				
次世代セル開発 （～2030 実用化）	<ul style="list-style-type: none"> 15年の耐久性を見通せる電解質材料の開発 触媒活性向上技術開発、貴金属使用量大幅削減 (0.5g/kW) 技術開発 負荷変動に対応した長期耐久性触媒技術開発 触媒担体の腐食、貴金属の溶解を大幅抑制する相界面設計 高温・低加湿作動時の高出力密度、高耐久性セルの開発 		<ul style="list-style-type: none"> 高出力密度化と15年の耐久性、負荷追従性を両立したセル・スタック技術の確立 		

表 2-10 業務・産業用燃料電池の技術開発課題（共通）

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 （2017年頃までに達成すべき課題）	【2025年頃の実用化に向けた課題】 （2022年頃までに達成すべき課題）	【2030年頃の実用化に向けた課題】 （2027年頃までに達成すべき課題）	大量普及に向けた更なる課題
設置工事、機器メンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> 試運転操作の簡易化による工数削減、遠隔地運転、等 機器全体のオールインワンパッケージ化（屋外設置）、機器コンパートメント化（屋内設置） ネットワーク（IoT）による遠隔地からの管理、人件費削減 			
スマートコミュニティへの対応	<ul style="list-style-type: none"> エネルギーネットワークの構成、特徴、有効性、導入効果、省エネルギー性、環境性の検討 エネルギーネットワークでの効率的な運用と安定性および信頼性を確保するための燃料電池システム構成機器に関する最適制御技術の確立 			<ul style="list-style-type: none"> 系統電力への連携・再生可能エネルギー大量導入時のスマートコミュニティに関する開発・実証

2.2.2 FCV・移動体

表 2-3 に示した FCV の数値目標を達成において、特に究極目標である「航続距離：1000 km 以上」、「スタック出力密度：9 kW/L」「最大負荷点電圧：0.85V」および「作動最高温度：120℃」を達成するためのスタックシステムの技術開発課題を整理した。

特に、120℃作動電解質膜、最大負荷点で 0.85V を達成する高電位高活性かつ高耐久性電極触媒、貴金属使用量の大幅低減 (0.03g/kW レベル) の他、セパレータ・ガスケット・GDL の高温・高電位耐久性とこれらの部材およびスタックに対する現行ガソリンエンジン車レベルまでの量産速度向上など、現行の技術開発の延長上には無い挑戦的な技術開発課題を解決していく必要がある。そのための電極表面反応機構、電解質膜・電極触媒劣化機構、電極形成プロセスの解明等、基礎に立ち返った基盤研究も引き続き重要な役割となる。

FC 二輪をはじめとする小型移動体用についても、当面はシステム構成部品数の大幅な削減と小型・軽量化に対応できる空冷式 FC システムの開発と低コスト化が優先であるが、将来的には、高出力化に対応した水冷式 FC システムおよび周辺機器 (冷却水ポンプ、エアコンプレッサ等) の開発も検討すべき項目である。

また、水素貯蔵システムについても当面は圧縮水素容器 (車載用複合容器) で実用化、低コスト化が進展する。特に、現行の高価な CF (Carbon Fiber : 炭素繊維) に代替する低コスト・高強靱性 CF の開発、安定かつ大幅時間短縮するワインディング技術の開発、等が重要な課題となる。さらに、長期的な技術革新による最適な水素貯蔵システムを選択できる可能性として、極低温圧縮水素容器 (クライオコンプレッス容器)、大型車両への展開に可能性がある液体水素容器、あるいは水素貯蔵材料容器についても技術開発課題を整理した。

以上の技術的アプローチに基づいて技術開発課題を抽出し、それらの達成されるべき時期を含め、企業および学術研究者に対するヒアリング調査等に基づいて整理した結果を表 2-11～表 2-13 に示す。

表 2-11 FCV・移動体の技術開発課題（スタックシステム）

部材	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2020年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2025年頃までに達成すべき課題)	【2040年頃の本格普及に向けた課題】 (2030~2035年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
MEA	<ul style="list-style-type: none"> 大型車両用高耐久 MEA の開発(50万 km 見通し) CCM の Roll to Roll 量産技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 大型車両用超高耐久 MEA の開発 (100万 km 見通し) CCM 大量生産技術の確立 低温 (-40°C) 起動技術開発 		<ul style="list-style-type: none"> 高温・高電位作動、極低貴金属化、高プロトン伝導化セルの実用化、高速・高品質製造技術、システムの大規模簡素化が進展 革新的燃料電池システム（貴金属レス、無加湿電解質材料、MEA）の実現
	<ul style="list-style-type: none"> 高温（～100°C（<30%RH））作動 MEA 開発 物質移動（ガス・水分・プロトン等）高度化技術開発 触媒利用率高度化技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 貴金属使用量大幅低減（0.05～0.1g/kW） 不純物高ロバスト性 MEA 技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 極低貴金属化 MEA 技術開発（0.03g/kW） 高温（120°C）作動 MEA 技術開発 高電位作動（0.85V@最大負荷点を可能にする）MEA 技術開発 	
	<ul style="list-style-type: none"> 高出力高耐久 MEA 設計コンセプト創出 (出力密度×耐久時間／単位出力あたりの貴金属使用量＝10倍以上) 	<ul style="list-style-type: none"> 高電位耐久 MEA 技術開発 高電位作動 MEA 技術開発 		
	<ul style="list-style-type: none"> 触媒、電解質、MEA 内部現象の高度に連成した性能、耐久性解析 MEA 中の水分・ガス・プロトン輸送現象の解明 電極形成プロセスの解明、相界面設計 			
電解質材料	<ul style="list-style-type: none"> フッ素系膜原料低コスト合成プロセス開発 炭化水素系膜製造プロセス技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質膜大量生産製造プロセス技術の確立 大型車両用高耐久化技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる高性能・高耐久化、低コスト化 車両別スタックシステム仕様の確立による電解質膜、製造技術の共通化 	
	<ul style="list-style-type: none"> 高温低加湿作動膜の開発（～100°C（<30%RH）） 水素バリア性向上技術開発 不純物耐性向上技術開発 高酸素透過、高プロトン伝導性イオノマーの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 不純物耐性の大幅向上技術開発 水素バリア性向上技術開発（炭化水素系膜レベル） 高温低加湿作動膜の開発（100～120°C（<30%RH）） プロトン伝導性向上技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> プロトン伝導性向上（>現行の4～5倍） 120°C無加湿作動膜の開発 	
	<ul style="list-style-type: none"> 新規高プロトン伝導性電解質材料の探索 高温無加湿膜（プロトン伝導に水が介在しない）材料の探索 膜中の水分・ガス・プロトン輸送現象の解明 電解質膜劣化機構の解明 			
電極触媒	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒量産技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 電極触媒大量生産技術の確立 廃棄製品からの貴金属リサイクル技術確立 大型車両用高耐久化技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる高性能・高耐久化、低コスト化 車両別スタックシステム仕様の確立による電極触媒材料、製造技術の共通化 	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト燃料電池スタック技術を汎用化、その他移動体等への動力源としての適用範囲の拡大 新興国への普及を加速する超低価格な燃料電池システムの開発
	<ul style="list-style-type: none"> 貴金属使用量低減技術開発 耐久性向上技術開発 (出力密度×耐久時間／単位出力あたりの貴金属使用量＝10倍以上) 低拡散性、非金属コア材料の開発 不純物耐性触媒技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 貴金属使用量大幅低減（0.05～0.1g/kW） (低拡散性、非金属コア材料の適用、等) 高電位耐久性向上技術開発 (高耐食性カーボン系・非カーボン系担体、貴金属溶解大幅抑制技術等) 高電位活性向上技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> プロトン伝導性向上（>現行の4～5倍） 120°C無加湿作動膜の開発 	

	<ul style="list-style-type: none"> 革新的高電位高活性カソード触媒の探索 非貴金属触媒（酸化物系、カーボンアロイ等）の探索 電極表面反応機構の解明 電極触媒劣化機構の解明 		
セパレータ・GDL・ガスケット等	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト製造技術（GDL/セパレータ） 高速成形ガスケット、MEA 一体成形技術の開発 金属セパレータの耐食性向上と高電気伝導性の両立 車載用カーボンセパレータ開発（材料、成形プロセス） 	<ul style="list-style-type: none"> 低廉材料、部品の適用（GDL、ガスケット等） 低コストセパレータ大量生産技術および品質担保手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 高電位・高温（120℃）対応部材（セパレータ、ガスケット、GDL）の確立 セパレータ、ガスケット等の製造スピードの高速化（1枚/秒）
	<ul style="list-style-type: none"> 低コストセパレータ、GDL、ガスケット材料の開発 省スペースシール技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 高電位・高温（120℃）作動耐食性セパレータの開発 広温度範囲対応（-40～120℃）ガスケットの開発 低電気抵抗、高ガス透過性GDL材料の開発 	
	<ul style="list-style-type: none"> 高温作動（120℃）対応セパレータ材料の開発 広温度範囲対応（-40～120℃）ガスケット材料の開発 		
実用化技術・周辺機器	<ul style="list-style-type: none"> 高出力密度化による部材使用量低減 低コスト、高効率水素ポンプ、エアコンプレッサの開発 スタック量産技術開発 強電システムの小型化、低コスト化、大型スタック対応（バス、トラック用）システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> スタック大量生産技術の確立 冷却性能の大幅向上 高温作動対応のエアコンプレッサ、加湿器の開発 	<ul style="list-style-type: none"> セル、スタック組立速度の高速化（1ユニット/秒） 高出力密度化による部材使用量大幅削減 システム大幅簡素化（スタック高温作動による冷却系の簡素化、等） エア系の過給によるスタックのダウンサイジングまたは常圧化による簡素化
実用化技術・周辺機器（小型移動体用）	<ul style="list-style-type: none"> 空冷システムの開発、高出力密度化 	<ul style="list-style-type: none"> 水冷化システム開発に向けた周辺機器（水ポンプ、エアコンプレッサ等）のコンパクト化 	<ul style="list-style-type: none"> 作動領域に応じた少量生産のスタック部材・周辺機器調達に係る技術開発
基盤技術開発（継続的研究課題）	<ul style="list-style-type: none"> 計測・解析技術開発（電極表面反応機構、電解質膜、電極触媒劣化機構、電極形成プロセス、触媒、電解質、MEA 内部現象の高度に達成した性能、耐久性解析） セル評価方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 性能、耐久性解析技術、セル評価技術の産業界での適用、実証 	<ul style="list-style-type: none"> 計測・解析技術、現象・機構解明に立脚した燃料電池スタック設計の技術確立
		<ul style="list-style-type: none"> 計測技術（時間、空間分解能）、計算科学技術（スケール、精度）の高度化 原子、分子レベルでの燃料電池材料設計手法および新規材料探索の手法確立 	

表 2-12 FCV・移動体の技術開発課題（水素貯蔵システム）

対象	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2020年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2025年頃までに達成すべき課題)	【2040年頃の本格普及に向けた課題】 (2030~2035年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
圧縮水素容器 (車載用複合容器)	<ul style="list-style-type: none"> ・CFの低コスト化と使用量の低減 ・口金、ライナー形状の適正化、CFRPの薄肉化 ・補機部品（減圧弁、安全弁等）の低コスト化、高性能化 ・接合技術の開発、等 ・低廉かつ強靱性の高いCFの検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・CFRP最低使用量設計、等の最適設計手法の確立、量産化技術開発 ・安定したCFRPワインディング製造技術（バラツキ削減）の開発 ・低廉かつ強靱性の高い革新プロセスCFの開発 ・低コスト高速硬化樹脂の開発 ・多給糸等による繊維巻き付け時間大幅短縮 	<ul style="list-style-type: none"> ・低コストCNTの長繊維化、高強度化による大幅なコスト低減 ・超高強度アルミ材による軽量Type-III容器 ・型内樹脂充填、硬化 ・超高強度繊維（10GPa）による繊維使用量低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・当面は圧縮水素容器で実用化が進むが、技術革新の進展により最適な水素貯蔵システムの選択の可能性 ・低コスト、高貯蔵密度、形状自由度の高い水素貯蔵システムの実用化 ・複合容器並みの低コスト化 ・充填圧力の低圧化 ・水素吸蔵・放出性能が高く、コンパクトな水素貯蔵材料の実現 ・大型車両への展開
液体水素容器 (含.クライオコンプレッサー)	<ul style="list-style-type: none"> ・極低温圧縮水素容器（クライオコンプレッサー）の開発 ・水素放出時の熱制御技術、容器温度管理技術の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ・CF、ライナー材（内部容器）の低コスト化 ・レギュレーター、バルブ等の高性能化・低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> ・更なるBOG低減 	
水素貯蔵材料容器 (貯蔵材料内蔵ハイブリッド容器)	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器の軽量・高性能化 ・合金飛散防止技術・振動対策技術、合金材料開発、等 	<ul style="list-style-type: none"> ・9wt% BOG: 1-2%/日 開始時間: 100h ・BOG対応技術、耐圧性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・17wt% BOG: 0.5-1%/日、 開始時間 200h ・BOG対応技術の高度化 ・車載に適した扁平型容器の開発 	
水素貯蔵材料	<ul style="list-style-type: none"> ・水素吸蔵合金、無機系材料、吸着系材料、革新的水素貯蔵材料の探索、開発 			

表 2-13 FCV・移動体の技術開発課題（規制・規格課題）

対象	【2020年頃の実用化に向けた課題】 (2017年頃までに達成すべき課題)	【2025年頃の実用化に向けた課題】 (2022年頃までに達成すべき課題)	【2030年頃の実用化に向けた課題】 (2027年頃までに達成すべき課題)	大量普及に向けた更なる課題
規制・規格課題	<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準化推進（ISO/TC197（水素技術）、IEC/TC105（燃料電池）、ISO/TC22/SC21（電気自動車）、SAE/FCSC（燃料電池車）等への対応） ・国内規制見直しの推進と国際基準調和活動（HFCV-gtr phase2の円滑な導入）、およびそれらの活動に資するデータ取得 ・事故後の安全措置、廃車措置、リサイクル等を含めた標準化 ・その他移動体（船舶、鉄道車両等の各種産業車両）に関する燃料電池国際標準化に向けた国内での連携体制の整備 ・データベース構築（不純物データ、極低温時の水素脆性特性、使用可能な水素貯蔵材料の温度域、等） 			

2.3 技術開発ロードマップの作成

前節までの普及目標、数値目標および技術開発課題の内容を踏まえた上で、最終的に作成した以下の分野に対する NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップを以下に示す。

- 「家庭用燃料電池」技術開発ロードマップ（図 2-9）
- 「業務・産業用燃料電池」技術開発ロードマップ（図 2-10）
- 「FCV・移動体」技術開発ロードマップ（図 2-11）



図 2-10 「業務・産業用燃料電池」技術開発ロードマップ

3. 委員名簿

2章で説明した「家庭用燃料電池」、「業務・産業用燃料電池」及び「FCV・移動体」技術開発ロードマップ案について、有識者による検討委員会を開催し、そこで得られた意見を各ロードマップ案に反映させた。表 3-1～3-2 に検討委員会の委員名簿を示す。さらに、水素インフラ技術や水素発電等を含めた水素エネルギー分野全般にわたる有識者による全体委員会を開催し、そこで得られた意見を最終的に各ロードマップに反映させた。表 3-3 に全体委員会の委員名簿を示す。

表 3-1 定置用燃料電池ロードマップ検討委員会 委員名簿

	氏名	所属
委員長	江口 浩一	国立大学法人京都大学大学院 工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
委員	鹿園 直毅	国立大学法人東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター 教授
委員	里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 事務局次長 兼 企画部長
委員	橋本 登	一般社団法人日本電機工業会 (パナソニック株式会社 アプライアンス社 スマートエネルギーシステム事業部 燃料電池技術部 グローバル標準化担当)
委員	田畑 健	大阪ガス株式会社 リビング事業部 商品技術開発部 部長
委員	矢加部 久孝	東京ガス株式会社 リビング本部 燃料電池事業推進部 燃料電池開発グループマネージャー
委員	水谷 安伸	東邦ガス株式会社 技術研究所 主席
委員	永田 裕二	東芝燃料電池システム株式会社 技術顧問
委員	川口 洋史	パナソニック株式会社 アプライアンス社 スマートエネルギーシステム事業部 燃料電池技術部 部長
委員	萩原 敦	日清紡ケミカル株式会社 事業部長
委員	重久 高志	京セラ株式会社 総合研究所 SOFC 開発部
委員	山本 英貴	三浦工業株式会社 新事業開発部 新事業推進部 部長
委員	北川 雄一郎	三菱日立パワーシステムズ株式会社 燃料電池事業室長

表 3-2 FCV・移動体ロードマップ検討委員会 委員名簿

	氏名	所属
委員長	飯山 明裕	国立大学法人山梨大学 特任教授・燃料電池ナノ材料研究センター長
委員	安田 和明	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 電池技術研究部門 副研究部門長
委員	里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 事務局次長 兼 企画部長
委員	橋本 登	一般社団法人日本電機工業会 (パナソニック株式会社 アプライアンス社 スマートエネルギーシステム事業部 燃料電池技術部 グローバル標準化担当)
委員	鈴木 稔幸	トヨタ自動車株式会社 技術開発本部 FC 技術・開発部 グローバル R&D グループ 主査
委員	荒井 孝之	日産自動車株式会社 総合研究所 EV システム研究所 主管研究員 兼 企画・先行技術開発本部 先行車両開発部 主管
委員	齊藤 信広	株式会社本田技術研究所 第5技術開発室 上席研究員
委員	真柴 岳彦	スズキ株式会社 電動車開発部 管理課 専任職
委員	萩原 敦	日清紡ケミカル株式会社 事業部長

表 3-3 全体委員会 委員名簿

	氏名	所属
委員長	江口 浩一	国立大学法人京都大学大学院 工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
委員	飯山 明裕	国立大学法人山梨大学 特任教授・燃料電池ナノ材料研究センター長
委員	栗山 信宏	国立研究開発法人産業技術総合研究所 電池技術研究部門 副研究部門長
委員	坂田 興	一般財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部・部長
委員	正田 一貴	一般社団法人日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループマネージャー 部長
委員	小林 拡	一般財団法人石油エネルギー技術センター 自動車・新燃料部 水素利用推進室 室長
委員	里見 知英	燃料電池実用化推進協議会 事務局次長 兼 企画部長
委員	河合 大洋	トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー 先進技術統括部 主査 担当部長
委員	和久 俊雄	JX エネルギー株式会社 新エネルギーカンパニー 水素事業推進部 部長
委員	北川 雄一郎	三菱日立パワーシステムズ株式会社 燃料電池事業室長