

第17回水素・燃料電池戦略協議会
事務局提出資料

**水素・燃料電池戦略ロードマップ
評価WGの開催報告**

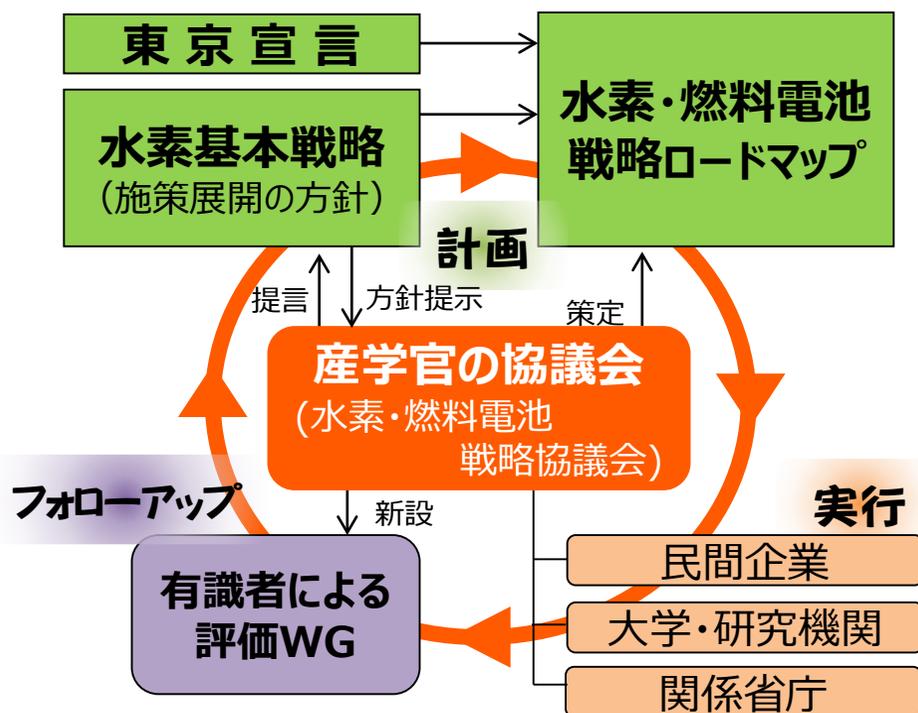
令和元年9月11日

経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室

水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WGについて

- 2019年3月に改訂した水素・燃料電池戦略ロードマップにおいては、同ロードマップにおいて掲げる各分野における取り組みを迅速かつ着実に実行していくため、現状や将来目標の達成の蓋然性等のフォローアップを年に1回程度実施していくことを盛り込んだ。
- これを受けて、2019年6月25日に、第1回目となる水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WGを開催し、分野毎に、現在の状況や今後解決すべき課題の確認等を行った。

水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WGの位置づけ



水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WG 委員名簿

氏名	所属・役職
秋元 圭吾	公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ グループリーダー・主席研究員
柏木 孝夫 (座長)	東京工業大学 特命教授
工藤 拓毅	日本エネルギー経済研究所 理事 電力・新エネルギーユニット担任
佐々木 一成	九州大学 副学長 水素エネルギー国際研究センター センター長・主幹教授
佐藤 嘉晃	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 企業金融第5部 担当部長
古谷 博秀	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 再生可能エネルギー研究センター 研究センター長

【参考】水素・燃料電池戦略ロードマップ～水素社会実現に向けた産学官のアクションプラン～ (全体)

(2019年3月策定)

- 基本戦略等で掲げた目標を確実に実現するため、
- ① **目指すべきターゲットを新たに設定(基盤技術のスペック・コスト内訳の目標)、達成に向けて必要な取組を規定**
- ② **有識者による評価WGを設置し、分野ごとのフォローアップを実施**

	基本戦略での目標	目指すべきターゲットの設定	ターゲット達成に向けた取組	
利用	モビリティ	FCV 20万台@2025 80万台@2030	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● FCVとHVの価格差 (300万円→70万円) ● FCV主要システムのコスト (燃料電池 約2万円/kW→0.5万円/kW) 水素貯蔵 約70万円→30万円 	<ul style="list-style-type: none"> ● 徹底的な規制改革と技術開発
		ST 320か所@2025 900か所@2030	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● 整備・運営費 (整備費 3.5億円→2億円) 運営費 3.4千万円→1.5千万円) ● ST構成機器のコスト (圧縮機 0.9億円→0.5億円) 蓄圧器 0.5億円→0.1億円) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国的なSTネットワーク、土日営業の拡大 ● ガリスタド/エビゴ併設STの拡大
		バス 1200台@2030	20年代前半 <ul style="list-style-type: none"> ● FCバス車両価格 (1億500万円→5250万円) ※トラック、船舶、鉄道分野での水素利用拡大に向け、指針策定や技術開発等を進める	<ul style="list-style-type: none"> ● バス対応STの拡大
供給	化石+CCS	商用化@2030	2020年 <ul style="list-style-type: none"> ● 水素専焼発電での発電効率 (26%→27%) ※1MW級ガスタービン 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高効率な燃焼器等の開発
		グリッドパリティの早期実現	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● 業務・産業用燃料電池のグリッドパリティの実現 	<ul style="list-style-type: none"> ● セルスタックの技術開発
		水素コスト 30円/Nm3@2030 20円/Nm3@将来	20年代前半 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造：褐炭ガス化による製造コスト (数百円/Nm3→12円/Nm3) ● 貯蔵・輸送：液化水素タンクの規模 (数千m³→5万m³) 水素液化効率 (13.6kWh/kg→6kWh/kg) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 褐炭ガス化炉の大型化・高効率化 ● 液化水素タンの断熱性向上・大型化
供給	再生水素	水電解システムコスト 5万円/kW@将来	2030年 <ul style="list-style-type: none"> ● 水電解装置のコスト (20万円/kW→5万円/kW) ● 水電解効率 (5kWh/Nm3→4.3kWh/Nm3) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 浪江実証成果を活かしたモデル地域実証 ● 水電解装置の高効率化・耐久性向上 ● 地域資源を活用した水素サプライチェーン構築

第1回 水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WGについて

- 水素・燃料電池ロードマップに沿って、下記の6つの分野について議論を行った。
- 委員より、国際標準化や水素・燃料電池技術を活用するアプリケーションの横展開の重要性等について言及があり、これを事業者にフィードバックすること等により、水素・燃料電池戦略ロードマップの着実な実行に繋げていく。

① 国際的な水素サプライチェーンの開発等

- ✓ コストの低減に向けた水素の製造、輸送、貯蔵に係る技術開発等

② 国内再生可能エネルギー由来水素の利用拡大

- ✓ Power to gas技術の確立に向けた水電解装置の開発

③ 電力分野での利用

- ✓ 水素混焼発電の導入可能性調査等

④ モビリティ分野での利用

- ✓ 燃料電池自動車や水素ステーションの低コスト化に向けた技術開発、アプリケーションの拡大等

⑤ 産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性

- ✓ 需用量の拡大を念頭においた、産業プロセス・熱利用における水素使用条件の検討

⑥ 燃料電池技術活用

- ✓ 家庭用燃料電池、業務・産業用燃料電池の低コスト化や性能向上に向けた研究開発等

低コストな水素調達・供給の実現（水素供給コスト）

<ロードマップ>

- 水素コスト(プラント引渡しコスト)については、2030年頃に30円/Nm³程度、将来的に20円/Nm³程度まで水素コストを低減することを目標としつつ、LNG価格の推移を考慮して環境価値を含めて従来エネルギーと遜色のない水準まで低減させていくことを目指す。例えば、LNG価格が10ドル/MMBtu(CIF価格)であれば、環境価値を考慮せずに熱量等価で水素価格に換算すると13.3円/Nm³となる。(水素コスト30円/Nm³、20円/Nm³、13.3円/Nm³は、発電単価換算ではそれぞれ、17円/kWh、12円/kWh、8.7円/kWh。)

<アクションプラン>

- 水素コスト低減に向けた基盤技術開発を継続して実施し、要素技術の必要スペック及びコスト目標の達成を目指す(要素技術のスペック目標については後掲)。
- 2025年頃に、将来の商用水素サプライチェーンの本格導入に向けて、日本向けLNG輸入価格を念頭に、水素サプライチェーンの環境価値を含めたコストを化石燃料並みまで低減させていく計画の実現可能性の検討及び評価を実施し、事業実施判断を行う。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

現状の国内水素ステーションにおける水素コストは100円/Nm³程度。これを仮に水素発電に用いるとして発電単価換算すると、52円/kWh程度となる。

ロードマップ上の水素コスト(30円/Nm³、20円/Nm³、13.3円/Nm³)はプラント引渡し時点のものであり、現状の100円/Nm³は水素ステーションにおける販売価格。発電単価の換算にあたっては、ロードマップと同様に送電端効率及びHHVを採用した(水素発熱量:142.90MJ/kg)。

1. 解決すべき課題

- ①水素コスト低減に向けた基盤技術開発(後述P4~8参照)。

2. スケジュール

- ①2030年頃:水素コスト30円/Nm³。
- ②それ以降:水素コスト20円/Nm³→13.3円/Nm³(LNG価格が10ドル/MMBtuの場合かつ環境価値を考慮せず)。

【② 国内再生可能エネルギー由来水素の利用拡大】の例

国内再生可能エネルギー由来水素の利用拡大（アルカリ形水電解装置）

<ロードマップ>

- 水電解装置システムコスト5万円/kWを目指すことに加え、アルカリ形水電解装置について、エネルギー消費量等以下の目標値(表1)を実現することを目指す。

<アクションプラン>

- 水電解技術については、現行のNEDOプロジェクトの成果を踏まえて、電流密度や効率、耐久性のさらなる向上に資する技術開発を行う。
- 電流密度や効率、耐久性のさらなる向上に資するため、セル劣化等反応メカニズムの解明や耐久性評価手法の検討・標準化を行い、技術開発にフィードバックする。
- 再生可能エネルギー発電量予測、電力需給調整、水素需要など様々な情報をもとに、最適にシステムを運用する技術開発を行う。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

現状の水電解装置システムコストは12万円/kW。その他のスペックの現状値は表1の通り。

(表1 アルカリ形水電解装置の現状と目標値)

項目	単位	2018年度末	ロードマップの目標値		海外の現状	
			2020年	2030年		
システム	エネルギー消費量	kWh/Nm ³	5.0	4.5	4.3	4.6
	設備コスト	万円/Nm ³ /h (万円/kW)	60 (12)	34.8 (7.8)	22.3 (5.2)	- (5.5-15.4)
	メンテナンスコスト	円/(Nm ³ /h)/年	24,000	7,200	4,500	8,900
スタック	劣化率	%/1000時間	2020年目標達成見込	0.12	0.10	0.13
	電流密度	A/cm ²	0.6	0.7	0.8	0.5
	触媒でのコバルト使用量	mg/W	2020年目標達成見込	3.4	0.7	7.3

※前提条件: 水素純度99.9%、水素圧力0.1MPa、量産ベース(100,000-200,000 Nm³/h)

1. 解決すべき課題

- ① 電解効率の向上、スタック触媒でのニッケル使用量の低減による設備コスト、メンテナンスコストの削減等。

2. 海外の現状

- ① 水電解装置システムコストは5.5-15.4万円/kW。その他のスペックは表1の通り。

水素の電力分野での利用（水素発電の導入①）

<ロードマップ>

- 2030年頃の水素発電の商用化を目指して、技術の確立及び水素コストの低減に向けた取組を行っていく。
- 2020年頃に既設火力発電設備における水素混焼発電導入のために必要な条件を明確化する。
- さらに、将来的には、水素の調達コスト低減の見通しを見極めた上で、水素専焼発電の実現に必要な要素技術の確立を目指す。

<アクションプラン>

- 水素混焼発電導入の条件明確化のため、既設火力発電設備への水素混焼発電を想定し、水素供給システムや限界混焼率、事業性等についてのFS調査を2019年度までに実施する。
- 水素の調達コスト低減の見通しを見極めた上で、低NO_x燃焼器の開発や燃焼振動対策、冷却技術の開発など、将来的な水素専焼発電の実現に必要な技術開発を行う。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

2018年から2019年まで既設火力発電設備への水素混焼発電導入を想定したFeasibility Studyを実施中。

現時点までのFSの結果は次のとおり。

①限界混焼率:9.3vol% (水素流量変動がなければ11.1vol%) であれば天然ガス焚きと同程度の発電性能。
*あくまで今回の調査事業で検討対象としたGTCC固有の数値。

②環境性能:GT出口NO_x濃度は、天然ガス焚きと比較し、10%程度増加する。

1. 解決すべき課題

①具体的な水素供給システムの設計、水素の限界混焼率、各種規制、事業性などの条件の明確化。

2. スケジュール

①2018年度:既設火力発電設備での限界水素混焼率を調査するとともに、水素供給システムを設計した。

②2019年度:2018年度の検討結果を踏まえ、技術的課題を抽出するとともに、水素混焼発電の事業性を評価予定。

3. 海外の現状

①イタリアEnel社において、12MW(GE製)ガスタービンにて水素混焼(80%)を実施した。

モビリティ分野での利用（燃料電池自動車：FCシステム）

<ロードマップ>

- 燃料電池自動車の主要な要素技術である燃料電池システム及び水素貯蔵システムについて、技術開発の目標とするスペック及びコスト水準を以下の通りとする。

<アクションプラン>

- 燃料電池システムについては、①電解質膜に関して、薄膜化させつつ、クロスリーク（燃料極の水素や空気極の酸素が電解質膜を通過すること）を防止し、耐久性も維持・向上させる技術開発等を行うとともに、②触媒として使用されている貴金属に関して、触媒としての性能や耐久性を維持・向上させつつ、使用量の低減や他の触媒への代替を図る技術開発（コアシェル触媒の量産技術の確立、ナノワイヤー・ナノシート等といった新構造触媒の活用等）を行う。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

現在のFCシステムのスペックは最大出力密度3.1kW/L、コストは約2万円/kW^{※1}と推計。

燃料電池システムの生産設備拡充の実施や、技術研究によりFCスタックを小型化する技術確立。ロードマップ達成に向け、技術課題を発信し、ニーズとシーズのマッチング検討などを開始している。

1. 解決すべき課題

- ①耐久性向上に向けた電解質膜の耐久性向上。
- ②白金(Pt)使用量の低減化や代替触媒の高性能化など。

2. スケジュール

- ①2020年以降の次期モデル投入に向けて、引き続き生産設備・拡充、技術革新に取り組む。

スペック目標	現在	2020年頃	2025年頃	2030年頃
最大出力密度	<u>3.1kW/L</u>	4.0kW/L	5.0kW/L	6.0kW/L
耐久性	<u>乗用車15年</u>	乗用車15年以上	乗用車15年以上 商用車15年	乗用車15年以上 商用車15年以上
貴金属使用量	—	—	—	0.1g/kW
コスト・価格水準	現在	2020年頃	2025年頃	2030年頃
FCシステム (内、スタック)	<u>約2万円/kW^{※1}</u>	<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)

3. 海外の現状

- ①今後、調査。

※1：米国DOE資料等より資源エネルギー庁推計。

【④ モビリティ分野での利用】の例（２）

水素ステーションの整備費

<ロードマップ>

- 水素ステーションの整備費について、2020年頃までに導入初期との比較で半減(2.3億円)し、2025年頃までに導入初期との比較で大幅削減(2.0億円)することを目指し、要素技術毎に下表のとおりコスト目標を定める。

<アクションプラン>

- 水素ステーションの建設費削減に向けた技術開発・規制見直しの推進。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

技術開発や規制の見直しにより、建設費は、建設当初の4.60億円から3.10億円まで低減。

	圧縮機	蓄圧器	ブレッカー	ディスペンサー	その他工事費	建設費計
導入初期	1.40億円	0.50億円	0.30億円	0.60億円	1.80億円	4.60億円
<u>2018年(実績値)</u> 【平均値】	<u>0.60億円</u>	<u>0.70億円</u> ※3	<u>0.20億円</u>	<u>0.20億円</u>	<u>1.40億円</u>	<u>3.10億円</u>
2018年(実績値) 【ベストプラクティス】※今後調査	—	—	—	—	—	—
2020年(目標値)	—	—	—	—	—	2.30億円
2025年(目標値)	0.50億円	0.10億円	0.10億円	0.20億円	1.10億円	2.00億円

※1 実績値は、補助金実績額（2018年度）より試算（固定式オフサイト・300Nm³/h）。

なお、補助金支給対象とならない各種設備費（キャノピー、障壁等）が存在することに留意。

※2 2025年のコスト目標については、一定の出荷数等を確保するといった前提条件あり。

※3 蓄圧器については、運営費を含めたトータルコスト削減の観点から、長寿命・高価格なタンク種類の導入により、コストが増加。

1. 解決すべき課題

- ① 機器間のインターフェース及び制御仕様等の業界標準化に向けた検討を進めている。
- ② 低コスト材料の使用可能化や、リスクアセスメントの再実施による技術基準(必要設備)の見直しに向けた検討を進めている。
- ③ 安全確保を前提に、新たな規制見直しによるコスト削減を進めていく。
- ④ 低コストで高耐久かつ信頼性が高い機器の開発を実施する。

2. 海外の現状

- ① 事業者責任に基づき安価な材料が使用可能であり、2.4などの低い設計係数を用いた機器の設置・使用が容易である。
- ② 水素ステーションの建設に当たって求められる安全対策が日本と比べて少ない。

【⑤ 産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性】の例

<ロードマップ>

- 産業プロセスごとにCO₂フリー水素が代替し得る既存の燃料・原料の種別(化石燃料や、CCSを伴わない化石資源由来の水素)及びそのコストは異なることから、経済合理性確保の見通しが得られたプロセスから順次CO₂フリー水素の利用を検討する。

<アクションプラン>

- 各産業プロセスにおけるCO₂フリー水素の利用について、純度や受入方法、電化の困難性などの技術的な要件や経済合理性を持つための価格条件を精査し、ポテンシャルを評価する調査を実施する。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

現時点ではCO₂フリー水素は利用されていない。

なお、経済的に代替可能な水素コストは産業によって異なるが、7.7~30円/Nm³と試算。

産業プロセス		原料	使用量(万t/年)	水素換算 (億Nm ³ /年)	経済的に代替可能な 水素コスト (円/Nm ³)
鉄鋼		石炭 (製鉄工程の還元剤)	5,400	1,300	<u>7.7</u> (原料炭2万円/tの場合)
石油精製※		LPG	170	52	<u>20-30</u>
化学	アンモニア製造事業	オイルコークス 廃プラスチック	不明	16.4	<u>不明</u>
	エチレンプラント事業等	ナフサ・LNG・LPG	不明	不明	<u>不明</u>

※大手石油精製会社からのヒアリング結果を基に、資源エネルギー庁で全国の使用量を概算。

1. 解決すべき課題

- ①製鉄プロセス等の水素利活用に向けた技術開発

2. 海外の現状

- ①(鉄鋼) EUのHORIZON2020等の支援を受けて異業種コンソーシアムによる複数のプロジェクトが進行中。
- ②(石油精製) オランダのRotterdam製油所で再エネ水素利用についてFS中。ドイツのシェルが欧州政府の支援を受け、再エネ電気を用いた電気分解水素の導入計画を検討中。

燃料電池技術活用（家庭用燃料電池：PEFC）

<ロードマップ>

- 2020年頃までに、PEFC(固体高分子形燃料電池)型標準機については80万円、SOFC(固体酸化物形燃料電池)型標準機については100万円の価格を実現(投資回収年数を7~8年に短縮)した上で、その後の自立的普及を図る。それ以降もユーザーメリットの向上に資する取組を進め、2030年頃までに投資回収年数を5年に短縮することを目指す。

<アクションプラン>

- エネファームの価格低減に向けた技術開発に取り組むとともに、システムの小型化、簡素化に取り組む。

■ ロードマップ達成に向けた対応状況

2019年3月末時点でイニシャルコストは約93万円(機器コスト約75万円、工事費約18万円※)であり、投資回収年数は約9.7年。

※既築住宅等も考慮した価格。

1. 解決すべき課題

- ①機器コストについては、高性能触媒の研究開発を進め、白金(Pt)使用量を低減や、部品の見直し等によりコストを低減した。
- ②工事費については、機器の軽量化や小型化、試運転短縮等によりコストを低減した。
- ③設置性向上のため、奥行500mm設置を実現(別置型)し、設置可能物件が増加した。
- ④機器コストについては、将来的には総合効率(熱回収効率)の高さを利用した熱源機を必要としない(回収熱のみで成立する)システム開発や海外市場を視野に入れた数量効果増等によりコスト低減を目指す。
- ⑤工事費については、100V出力2線接続による電気工事の低減を目指す。

2. 海外の現状

- ①ドイツでは、2014年よりフィスマン社が家庭用向けの定置用燃料電池を販売している。