

第14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
改訂の方向性
～新たなアクションプランの策定について～**

平成30年12月21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

I. 水素社会実現に向けた方向性

II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）

III. 水素サプライチェーン

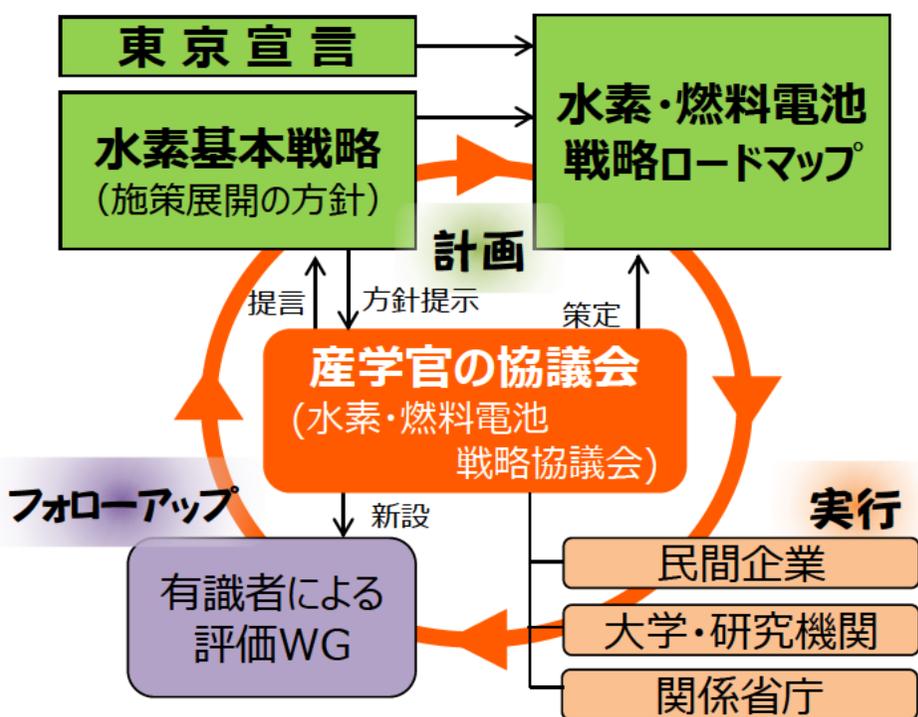
IV. 再エネからの水素製造

V. 国際連携の強化

VI. まとめ

水素・燃料電池戦略ロードマップ～水素社会実現に向けたアクションプラン～

- 日本は世界に先駆けて水素技術の社会実装を推進。水素基本戦略や東京宣言など水素社会実現に係る施策展開の方針を提示。
- 今般、水素基本戦略、第5次エネルギー基本計画、東京宣言を踏まえて水素・燃料電池ロードマップを見直し、水素社会の実現に向けたアクションプランを盛り込む。
- また、水素・燃料電池戦略ロードマップの実行を確実なものとするため有識者による評価WGを設置し、分野ごとにフォローアップする。
- 今回の協議会ではロードマップの方向性について、①水素利活用、②水素サプライチェーン、③再エネからの水素製造の各分野ごとに議論を行う。



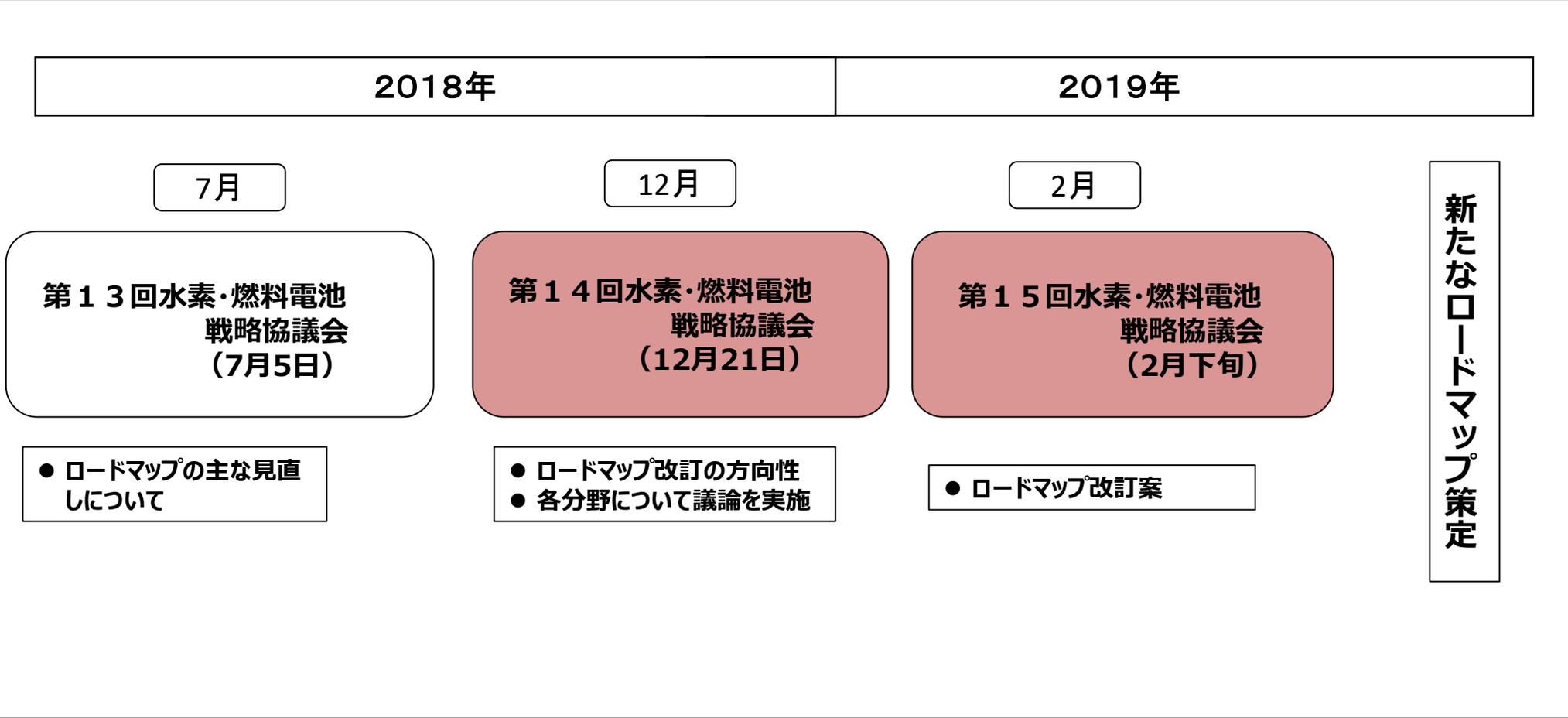
新たな水素・燃料電池戦略ロードマップのポイント

- 水素・燃料電池の技術開発・社会実装の現状認識を共有。
- 「水素利活用」、「水素サプライチェーン」、「再エネからの水素製造」などの水素基本戦略の目標実現に必要な具体的アクションの明記。
- 同目標の積み上げの基礎となる要素技術のスペック及びコスト内訳を明確化し、目標実現に向けたマイルストーンとして提示。
- 東京宣言の実行に向けた具体的な行動を明記（日本のリーダーシップを明記）。

有識者による評価WGのイメージ

- 研究者、専門職、ジャーナリスト等の第三者から構成される5名前後。
- 規制緩和、技術開発、サプライチェーン構築など、分野ごとに事業者等のヒアリングを行い、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1回程度実施。

水素・燃料電池戦略ロードマップ策定のスケジュール



水素関連主要スケジュール

2017年

エネルギー政策

4月13日 情勢懇とりまとめ



7月3日 第5次エネルギー基本計画

- ・カーボンフリーの複数選択技術・開発目標の提示
- ・成長と両立した「エネルギー転換」の国際アライアンス形成。水素を基軸の一つとして位置づけ
- ・水素を再生可能エネルギーと並ぶ新たなエネルギーの選択技術とすべく、環境価値を含め、水素の調達・供給コストを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が不可欠



2018年

2019年

水素関係の主要会議等

2017年12月 水素基本戦略策定

5月 第29回IPHE（国際水素パートナーシップ）@横浜、福島、神戸

- ・実務者レベルの政策プラットフォーム。米エネルギー省提唱により2003年に発足。年2回程度開催。

5月 第9回クリーンエネルギー大臣会合

第3回ミッションイノベーション閣僚会合 @スウェーデン

- ・水素・CCUS・エネルギー貯蔵等に関する官民ラウンドテーブル

9月 第3回Hydrogen Council@サンフランシスコ

- ・ハイレベルの民間イニシアチブ。2017年1月に発足し、39社で構成（2018年6月時点）
- ・エアキード（仏）と現代自動車（韓）が共同議長。トヨタ、ホンダ、岩谷産業、川崎重工等が参加。

10月 第1回水素閣僚会議 10/23@東京

- ・ハイレベルの政府間の政策プラットフォーム。欧米、アジア、資源国等で開催。
- ・2018年10月METI・NEDOの共催で第1回開催。
- ・東京宣言発表。

12月 第30回IPHE（国際水素パートナーシップ）@南アフリカ

1月 世界経済フォーラム@ダボス

春頃 水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂予定

4月 第31回IPHE（国際水素パートナーシップ）@ウィーン

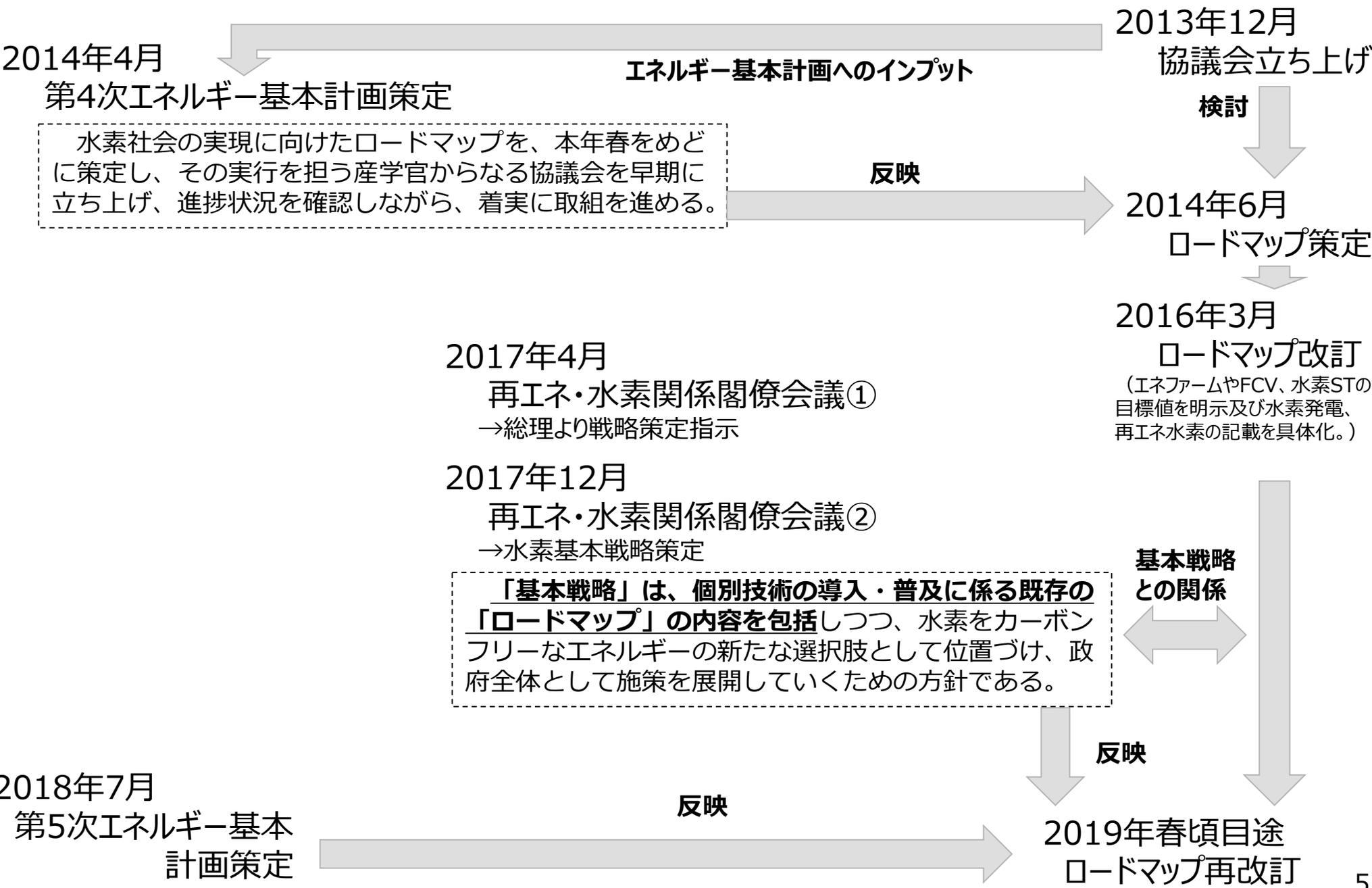
5月 第10回クリーンエネルギー大臣会合

第4回ミッションイノベーション閣僚会合 @バンクーバー

6月 G20エネルギー環境大臣会合@軽井沢

秋頃 第2回水素閣僚会議（予定）

【参考】現行の水素・燃料電池戦略ロードマップの位置づけ



【参考】水素基本戦略

第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議における総理指示（平成29年12月26日）

「水素エネルギーは、イノベーションによってエネルギー安全保障と温暖化問題を解決する切り札となるものです。本日決定した基本戦略は、水素を新たなエネルギーの選択肢として、日本が世界の脱炭素化をリードしていくための、言わば道しるべであります。

基本戦略に掲げた施策を速やかに実行に移してください。その先駆けである福島新エネ社会構想は、既に動き始めています。浪江町では、この夏から、再生可能エネルギーを利用し、世界最大級CO2排出ゼロの水素製造プロジェクトが始まりました。2020年には、このグリーンな福島産の水素を東京オリンピック・パラリンピックに活用することで、復興五輪として、新しい福島の復興の姿を世界に発信していきます。

日本が世界をリードして水素社会を実現する。その決意の下に、世耕大臣を始め、関係大臣は、基本戦略に沿って政府一丸となって取り組んでください。」



【参考】水素基本戦略（2017年12月26日：関係閣僚会議決定）（概要）

1. 我が国のエネルギー需給を巡る構造的課題

- (1) エネルギーセキュリティ（海外化石燃料依存）／自給率（OECD34か国中2番目に低い水準）
- (2) CO2排出制約（30年度に13年度比26%減を目標。長期的には2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す。）

2. 水素の意義と重要性

- (1) 供給・調達先の多様化による調達・供給リスクの根本的低減
- (2) 電力、運輸、熱・産業プロセスのあらゆる分野の低炭素化
- (3) 3E+Sの観点からの意義
- (4) 世界へ先駆けたイノベーションへの挑戦を通じた国際社会への貢献
- (5) 産業振興・競争力強化
- (6) 諸外国における水素の取組を先導

3. 水素社会実現に向けた基本戦略

(1) 低コストな水素利用の実現：海外未利用エネルギー／再生可能エネルギーの活用

- 2030年頃に**30円/Nm³程度**、将来的に既存工場と同等程度（環境価値含む）の**20円/Nm³程度**までコストを低減。

(2) 国際的な水素サプライチェーンの開発

- 2020年後半～30年に**液化水素及び有機液体**のサプライチェーンの商用化や**AMOP**のキャパ活用を目指す。CO2フリー水素を用いた**メーション**も検討。

(4) 電力分野での利用

- 2030年頃の商用化（発電コスト：**17円/kWh**、年間**30万t程度**の水素調達量）。将来的には環境価値も含め、**LNG火力と同等の競争力**（発電コスト：**12円/kWh**、年間**500万～1000万t程度**の水素調達量）を目指す。

(6) 産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性

- 将来的にCO2フリー水素による**産業分野等の低炭素化**を図る。

(8) 革新的技術活用

- 効率的な水電解などの**水素製造技術**、低コスト・高効率な**工場キャパ**、高信頼性・低コストな**燃料電池**等を開発。

(10) 国民の理解促進、地域連携

- 国は地方自治体や事業者とも連携しながら、適切に情報発信。

(3) 国内再生可能エネルギーの導入拡大と地方創生

- a. 国内再生可能エネルギー由来水素の利用拡大
水電解システムは2020年までに**5万円/kW**を見通す技術確立。**2032年頃に商用化**。将来的に再生可能エネルギー導入に合わせ**輸入水素並にコスト低減**。
- b. 地域資源の活用及び地方創生
地域資源を活用した低炭素な水素サプライチェーン構築支援。

(5) モビリティでの利用

- **2020年代後半のステーション自立化**に向け、**規制改革、技術開発、官民一体の戦略的整備**を推進。FCVに加えFCiバス（1200台）、FCiトラック（1万台）も2030年目標設定。

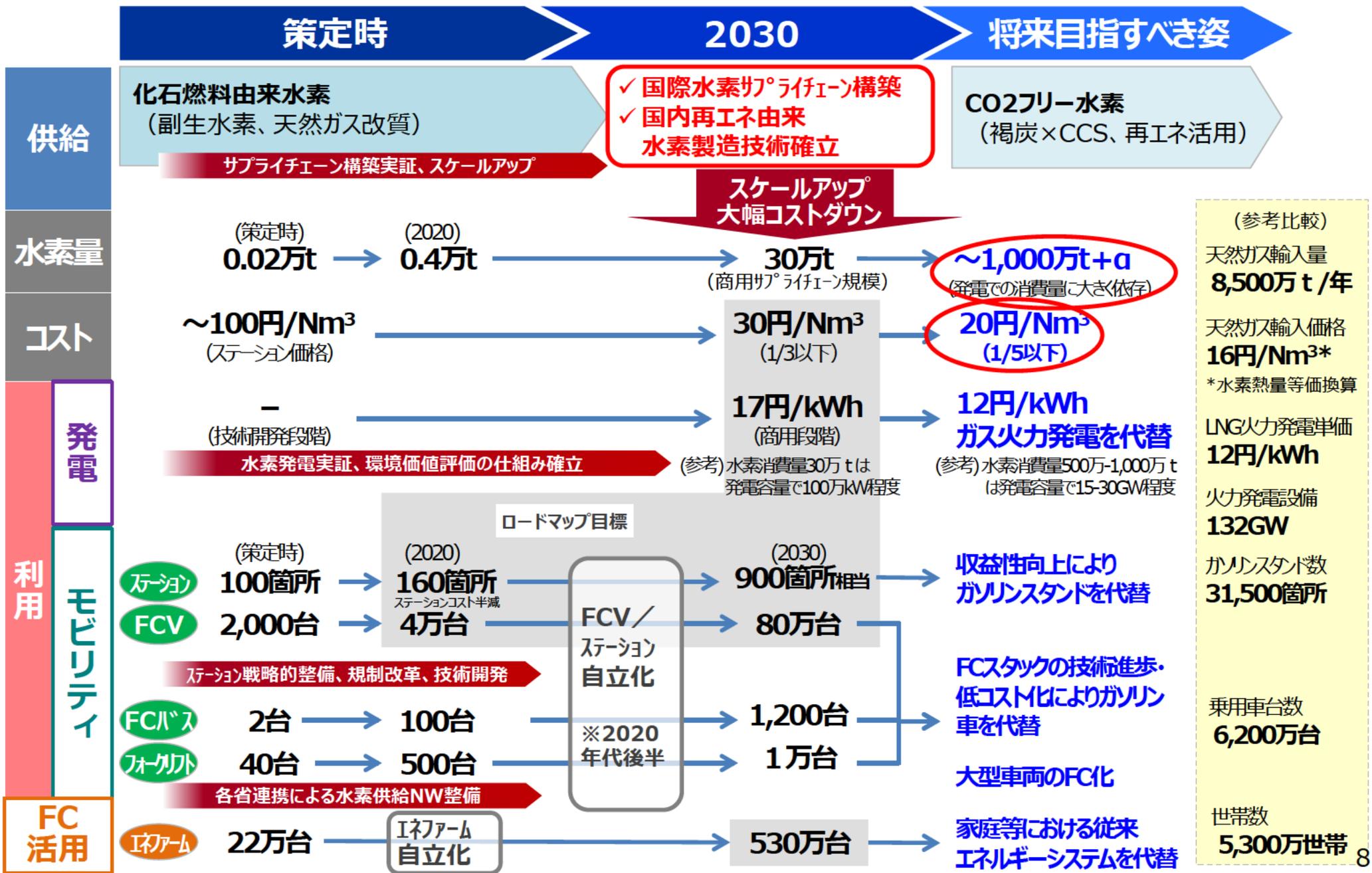
(7) 燃料電池技術活用

- 工場は2020年頃までに低価格を実現し、**自立的普及**を図る。2030年以降、**純水素燃料電池コージェネ**導入拡大。

(9) 国際展開

- 国際的な枠組みを活用しつつ、**国際標準化**の取組を主導。技術開発や関係機関との連携を図る。

【参考】水素基本戦略のシナリオ



第1節 我が国が抱える構造的課題

1. 資源の海外依存による脆弱性
原子力発電所の停止等により状況悪化、2016年度のエネルギー自給率は8%程度に留まる
2. 中長期的な需要構造の変化（人口減少等）
人口減少による需要減+AI IoTやVPPなどデジタル化による需要構造の変革可能性
3. 資源価格の不安定化（新興国の需要拡大等）
需要動向変動（中国等）と供給構造変化（シェール革命等）→2040年油価60～140ドル（IEA）
4. 世界の温室効果ガス排出量の増大
2016年320億トン→2040年約360億トン（IEA新政策シナリオ）、パリ協定・SDGsのモメンタム

第2節 エネルギーをめぐる情勢変化

1. 脱炭素化に向けた技術間競争の始まり
再エネ・蓄電・デジタル制御技術等を組み合わせた脱炭素化エネルギーシステムへの挑戦等
2. 技術の変化が増幅する地政学的リスク
地政学的リスクに左右される構造の継続、地経学的リスクの顕在化、太陽光パネルの中国依存等
3. 国家間・企業間の競争の本格化
国家による野心的ビジョン設定、企業による新技術の可能性追求、金融資本市場の呼応

第2章 2030年に向けた基本的な方針と政策対応

第1節 基本的な方針

1. エネルギー政策の基本的視点（3E+S）の確認：安全性を前提にエネルギー安定供給を第一とし、経済効率性を向上しつつ環境適合を図る。3E+Sの原則の下、2030年エネルギーミックスの確実な実現を目指す
2. “多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の構築と政策の方向：AI IoT利用等
3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置付けと政策の基本的な方向：各エネルギー源の位置づけ、2030年ミックスの実現に向けた政策の方向性、再エネの主力電源化への布石等

第2節 2030年に向けた政策対応

1. 資源確保の推進：化石燃料・鉱物資源の自主開発の促進と強靱な産業体制の確立等
2. 徹底した省エネルギー社会の実現：省エネ法に基づく措置と支援策の一体的な実施
3. 再生可能エネルギーの主力電源化に向けた取組：低コスト化、系統制約克服、調整力確保等
4. 原子力政策の再構築：福島復興・再生、不断の安全性向上と安定的な事業環境の確立等
5. 化石燃料の効率的・安定的な利用：高効率な火力発電の有効活用の促進等
6. 水素社会実現に向けた取組の抜本強化：水素基本戦略等に基づく実行
7. エネルギーシステム改革の推進：競争促進、公益的課題への対応・両立のための市場環境整備等
8. 国内エネルギー供給網の強靱化：地震・雪害などの災害リスク等への対応強化等
9. 二次エネルギー構造の改善：コージェネの推進、蓄電池の活用、次世代自動車の普及等
10. エネルギー産業政策の展開：競争力強化・国際展開、分散型・地産地消型システム推進等
11. 国際協力の展開：米国・ロシア・アジア等との連携強化、世界全体のCO2大幅削減に貢献等

第3節 技術開発の推進

1. エネルギー関係技術開発の計画・ロードマップ：エネルギー・環境イノベーション戦略の推進等
2. 取り組むべき技術課題：再エネの革新的な技術シーズを発掘・育成、社会的要請を踏まえた原子力関連技術のイノベーション、水素コストの低減、メタネーションの技術開発等

第4節 国民各層とのコミュニケーション充実

1. 国民各層の理解の増進：情報提供・広報の継続的な改善、わかりやすい積極的な広報
2. 政策立案プロセスの透明化と双方向的なコミュニケーションの充実
政策立案プロセスの最大限のオープン化、双方向型のコミュニケーション充実、地域共生に関するプラットフォームを通じた原子力に関するコミュニケーションの実施など

第3節 2030年エネルギーミックスの実現と2050年シナリオとの関係

●2030年ミックス実現は道半ば

- ①省エネルギー
2030年度に0.5億kI程度削減を見込み、2016年度時点の削減量は880万kI程度
- ②ゼロエミッション電源比率
2030年度に44%程度を見込み、2016年度は16%（再エネ15%、原子力2%）
- ③エネルギー起源CO2排出量
2030年度に9.3億トン程度を見込み、2016年度時点で11.3億トン程度
- ④電力コスト
2030年度に9.2～9.5兆円を見込み、2016年度時点で6.2兆円程度
- ⑤エネルギー自給率
2030年度に24%を見込み、2016年度時点で8%程度

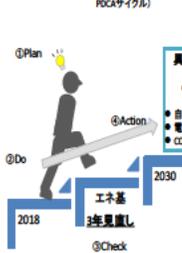
●2030年に向けた考え方

- 相応の柔軟性をもって予見可能な未来（予見性・現実的）
- インフラシステム思考
- 脱炭素化の推進（再エネの技術）
- 脱炭素化の推進（再エネの技術）

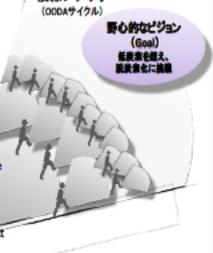
●2050年に向けた考え方

- 不確実であり、それゆえに可能性もあふれる未来（不確実性・野心的）
- インフラシステム思考
- 人材育成
- 技術革新
- インフラ整備

実現重視の直線的取組
POCAサイクル



多様な選択肢による
複線シナリオ
POCAサイクル



第3章 2050年に向けたエネルギー転換・脱炭素化への挑戦

第1節 野心的な複線シナリオ～あらゆる選択肢の可能性を追求～

- 主要国の比較
 - 英国：再エネ拡大・ガスシフト・原子力維持・省エネなど脱炭素化手段を組み合わせ→効果的にCO2を削減
 - ドイツ：省エネ・再エネ拡大のみで脱炭素化を追求→石炭依存によりCO2削減が停滞
- 我が国固有のエネルギー環境（資源に乏しく、国際連系線が無く、面積制約が厳しい）
→あらゆる選択肢の可能性を追求する野心的な複線シナリオの採用

第2節 2050年シナリオの設計

1. 「より高度な3E+S」
 - Safety：安全最優先+技術・ガバナンス改革による安全の革新
 - Energy Security：資源自給率向上+技術自給率向上・多様化確保
 - Environment：環境適合+脱炭素化への挑戦
 - Economic Efficiency：国民負担抑制+産業競争力強化
2. 科学的レビューメカニズム
最新の技術動向と情勢を定期的に把握し、各選択肢の開発目標や相対的な重点度合いを柔軟に修正・決定
3. 脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証とダイナミズム
「電源別のコスト検証」から「脱炭素化エネルギーシステム間でのコスト・リスク検証」に転換
- 電源別では、実際に要する他のコスト（需給調整、系統増強等のコスト）も含めたコスト比較は困難
- 熱・輸送システムも含めてエネルギーシステム間の技術やコストをトータルに検証、ダイナミックなエネルギー転換へ

第3節 各選択肢が直面する課題、対応の重点

- 再エネ：経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す。高性能低価格の蓄電池の開発等
- 原子力：実用段階にある脱炭素化の選択肢。社会信頼回復のため安全炉追求・バックエンド技術開発等
- 化石：脱炭素化実現までの過渡期主力。ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト、CCS・水素転換等

第4節 シナリオ実現に向けた総力戦

- 総力戦対応：官民を挙げて、継続的な技術革新と人材の育成・確保に挑戦
- 世界共通の過少投資問題への対処：必要な投資が確保される仕組みを、着実に設計し構築
- 実行シナリオ：エネルギー転換・脱炭素化に向けた政策資源重点化、市場・制度改革等の政策展開、国際連携の実現、産業の強化とエネルギーインフラの再構築、資金循環メカニズムの構築等

【参考】第5次エネルギー基本計画における水素に関する記載（平成30年7月3日閣議決定）

第2章 第2節

6. “水素社会”の実現に向けた取組の抜本強化

水素を再生可能エネルギーと並ぶ新たなエネルギーの選択肢とすべく、環境価値を含め、水素の調達・供給コストを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が不可欠である。このため、**水素基本戦略等に基づき**、足元では燃料電池自動車を中心としたモビリティにおける水素需要の拡大を加速するとともに、中長期的な水素コストの低減に向け、水素の「製造、貯蔵・輸送、利用」まで一気通貫した国際的なサプライチェーンの構築、水素を大量消費する水素発電の導入に向けた技術開発を進め、脱炭素化したエネルギーとして、水素を運輸のみならず、電力や産業等様々な分野における利用を図っていく。

(1) 燃料電池を活用した省エネルギーの推進

- ・ エネファームについては**2020年頃の市場自立化**を実現。
- ・ **発電効率の向上**や**熱利用率の向上**に向けた技術開発、優位性のある市場を開拓、余剰電力取引を通じて他の需要家にも融通する取組を拡大。
- ・ 業務・産業用燃料電池の普及に向けては、早期に市場自立化を目指し、**インシャルコストの低減に資する技術開発、発電効率（60%）を備える機器の開発、実装を進める**。

(3) 低コストの水素利用実現に向けた国際的な水素サプライチェーンの構築と水素発電の導入

- ・ **2030年頃に商用規模の国際的な水素サプライチェーンの構築**をし、年間**30万程度**の水素を調達するとともに、**30円/Nm³程度**の水素供給コストの実現。
- ・ 導入初期は既設の天然ガス火力における混焼実証に向けた取組を中心に、小規模な自家発電設備等における水素混焼も含め、導入拡大を図るとともに、水素の燃焼特性に応じた燃焼器の開発を進める。**2030年頃の商用化**を実現し、その段階で**17円/kWh**のコストを目指す

(5) 2020年東京五輪での“水素社会”のショーケース化

- ・ 水素・燃料電池技術を、大会を契機に世界にアピールするとともに、これを梃子として、水素・燃料電池技術に係るイノベーションの更なる加速化につなげる。

(2) モビリティにおける水素利用の加速

- ・ **2020年代後半までに水素ステーションビジネスの自立化**。
- ・ **規制改革、技術開発、官民一体による水素ステーションの戦略的整備**を三位一体で推進する。
- ・ 他のアプリケーションへの展開を併せて進めていくことが重要である。そのため、2030年までに燃料電池バス1,200台程度、燃料電池フォークリフト1万台程度等の普及を目指すほか、燃料電池トラック等の導入に向けた技術開発を進める。

(4) 再生可能エネルギー由来水素の利用拡大に向けた技術開発の推進と地域資源を活用した地方創生

- ・ 国内のみならず、欧州等海外市場への展開も含め商用化を進める。水電解システムは、2020年までに**5万円/kW**を見通すことのできる技術の早期確立を目指す。
- ・ 2020年以降は、福島の実証プロジェクト等の成果も踏まえ、P2Gシステムの事業化・社会実装に向けた取組を進め、**2030年頃の商用化**を目指す。
- ・ 地域における水素を活用した分散型エネルギーシステムの将来的な需給や市場規模を想定し、中核である水電解システムの低コスト化、水電解システムの規模の最適化、部品や技術の共通化等に取組む

(6) グローバルな水素利活用の実現に向けた国際連携強化

- ・ I P H E等の既存の枠組みも活用しながら、他国との**共同研究の実施や規制・ルールのハーモナイゼーション、国際標準化**等の取組を進めるとともに、I E AやI R E N Aとの連携を通じて、国際レポート等を通じた**積極的な情報発信**に取り組む
- ・ 2019年の**G20サミットの機会**を捉え、日本が水素・燃料電池技術で世界をリードする姿勢をしっかりと打ち出すべく、官民が一体となって取組を進める。

【参考】水素閣僚会議の開催（国際連携の強化）

- 日時：2018年10月23日（火）
- 場所：第一ホテル東京
- 主催：経済産業省、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
- テーマ：グローバルな水素の利活用に向けたビジョンの形成・共有、国際連携の強化
- 参加者：21か国・地域・機関の代表、関係企業トップを含め300人以上
- 参加国：日本、豪州、オーストリア、ブルネイ、カナダ、中国、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、カタール、南アフリカ、韓国、UAE、イギリス、米国、欧州委員会、国際エネルギー機関（IEA）

プログラム

- 午前：国際連携の強化に向けた各国閣僚間のディスカッション
- 午後：関係機関及び国際企業による講演会
 - ・基調講演：
資源エネルギー庁、IEA、Hydrogen Council、IPHE、MI、NEDO
 - ・セッション1：広がる水素利活用、モビリティとインフラ
Ballard、China Energy、First Element、ヒュンダイ、トヨタ、GM
 - ・セッション2：水素利活用の推進に向けた水素製造とサプライチェーン
千代田化工、Equinor、MHPS、サウジアラムコ、Shell
 - ・セッション3：エネルギーシステムでの利活用（セクターカップリング）
ENGIE、ITM Power、NEL、Siemens



水素閣僚会議に参加した21か国・地域・機関

【参考】東京宣言（国際連携の強化）

- 水素閣僚会議の成果として、各国での連携の重要性などについて認識を共有するとともに、各国の共通認識の下、議長声明としてTokyo Statement（東京宣言）を発表。

Tokyo Statement（東京宣言）のポイント

- ①水素供給コスト及びF C V等の製品価格の低減加速化に向けた技術のコラボレーション、基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの必要性
- ②水素ステーションや水素貯蔵に関する水素の安全性の確保や、様々な地域特性に応じたサプライチェーンの構築など、水素利活用の増大に向けて、各国が連携して取り組んで行くべき研究開発の推進
- ③水素社会実現に向けた認識の醸成・共有に資する水素ポテンシャル、経済効果及びCO₂削減効果に関する調査・評価の意義
- ④水素ビジネスの投資拡大等につながる社会受容性向上のための教育や広報活動の重要性



新たなロードマップの方向性

- 水素・燃料電池戦略ロードマップの改訂に向けて、主に以下のポイントを踏まえて改訂作業を行う。

改訂のポイント

- ロードマップの構成を水素基本戦略の構成を踏まえたものとし、本文は簡素化
- 水素基本戦略、エネルギー基本計画における記載を踏まえたものとする
- 目標実現に向けて必要な要素技術のスペック及びコスト内訳の明確化
- グローバルな市場形成のリーダーシップ（水素閣僚会議で発表された東京宣言4項目の実行）
- CO2フリー水素の産業利用を追記する
- 主に国内の未利用資源等を活用した水素製造のポテンシャル評価の実施
- 定期的なフォローアップの実施
- その他の進捗を踏まえたものとする（革新的技術開発や国際標準化の対応状況など）

構成の見直しについて

- ロードマップの構成を水素基本戦略の構成を踏まえたものとする。

現行ロードマップの構成

(第1章) 総論

1. 水素社会の意義
 1. 1. 我が国がおかれている状況
 1. 2. 水素の果たし得る役割
2. 水素社会実現に向けた対応の方向性

(第2章) 各論

1. フェーズ1 (水素利用の飛躍的拡大)
 1. 1. 定置用燃料電池
 1. 2. 運輸分野における水素の利活用
2. フェーズ2 (水素発電の本格導入/大規模な水素供給システムの確立)
3. フェーズ3 (トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立)

(第3章) 本ロードマップの実行性を確保するための取組

- 【参考1】委員等名簿
【参考2】協議会開催経緯

水素基本戦略

1・総論

1. 1. 水素基本戦略の位置づけ
1. 2. 水素基本戦略の対象期間

2. 我が国のエネルギー需給を巡る構造的課題

2. 1. エネルギーセキュリティ/自給率
2. 2. CO2排出量

3. 水素の意義と重要性

3. 1. 調達・供給面での意義
3. 2. 利用面での意義
3. 3. 3E+Sの視点からの意義
3. 4. 国際的な意義
3. 5. 産業振興・競争力強化の意義
3. 6. 諸外国における水素の取組

4. 水素社会実現に向けた基本戦略

4. 1. 低コストな水素利用の実現
4. 2. 国際的な水素サプライチェーンの開発
4. 3. 国内再生可能エネルギーの導入拡大と
地方創生
4. 4. 電力分野での利用
4. 5. モビリティ分野での利用
4. 6. 産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性
4. 7. 燃料電池技術活用
4. 8. 革命的技術開発
4. 9. 国際展開
4. 10. 国民の理解促進、地域連携

改訂ロードマップの構成 (案)

(第1章) 総論

- ①水素社会の意義・方向性

(第2章) 水素基本戦略の実行に向けた各論

1. 水素サプライチェーン
 - ①低コストな水素利用の実現
 - ②国際的な水素サプライチェーンの開発
 - ③国内再生可能エネルギーの導入拡大と
地方創生
2. 水素の利活用
 - ①電力分野での利用
 - ②モビリティ分野での利用
 - ③産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性
 - ④燃料電池技術活用
3. 技術開発の推進・国際展開・国民理解
 - ①革新的技術開発
 - ②国際展開
 - ③国民の理解促進、地域連携

(第3章) 本ロードマップの実行性を確保するための取組

- ①定期的なフォローアップ
- ②委員等名簿、協議会開催経緯

目標の実現に向けた具体的なアクション

- ロードマップには分野ごとに、例えば以下のような具体的なアクションを盛り込むことを検討する。

I. 水素利活用

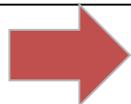
- 更なる技術開発、規制改革の見直しの実施
- FCV普及拡大（2030年80万台）に向けて、2020年頃に次期FCVモデルを市場投入する
- 家庭用燃料電池の自立化に向け、家庭の投資回収年数5年以内が見込める商品を市場投入する等。

II. 水素サプライチェーン

- 水素サプライチェーンの構築（2030年に30万t調達）に向け、液化水素船及び有機ハイドライドの水素化・脱水素化の大型プラントについて、2020年に世界初の実証運転を開始する
- 30円/Nm³、20円/Nm³に向けたコスト削減のための要素技術開発
- 将来の化石燃料並みへのコスト削減に向けた評価及び事業実施判断等。

III. 再エネからの水素製造

- 世界最大級の再エネからの水素製造装置である福島水素エネルギー研究フィールドについて、2020年に実証運転を開始し、製造した水素を東京オリンピック・パラリンピックの際に活用する
- コスト削減、耐久性、効率の向上など、実用化に向けた要素技術開発等。



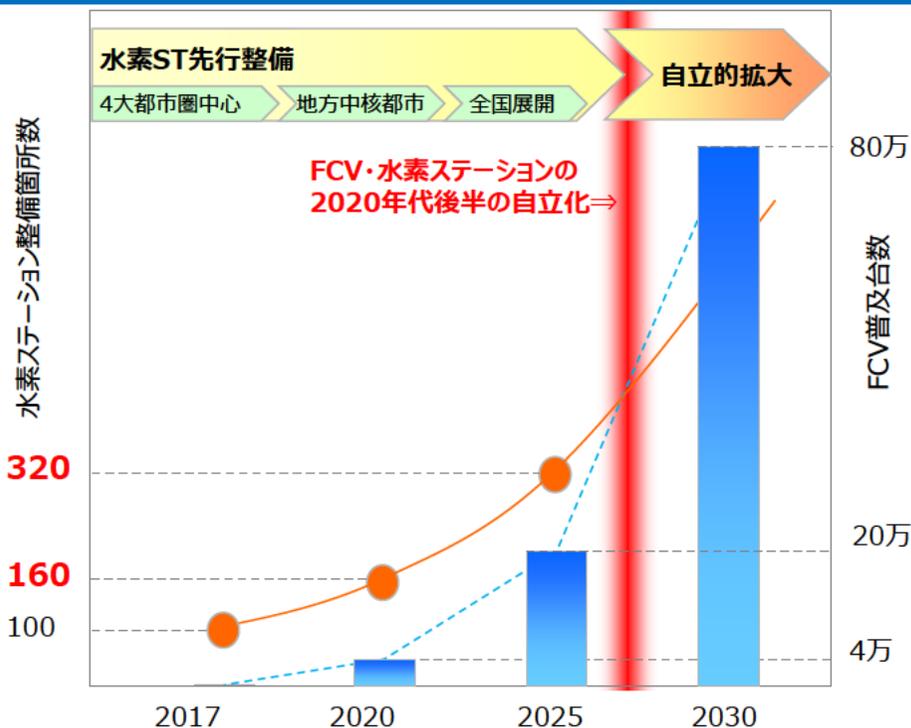
水素社会実現に向けて、具体的なアクションの記載を検討していく。

- I. 水素社会実現に向けた方向性
- II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）
- III. 水素サプライチェーン
- IV. 再エネからの水素製造
- V. 国際連携の強化
- VI. まとめ

水素ST及びFCVの普及目標、現在の実績

- FCVは2020年までに4万台、2025年までに20万台、2030年までに80万台の普及を、水素STは2020年度までに160箇所、2025年度までに320箇所の整備を目指す。こうした中で、2020年代後半までに水素ST事業の自立化を目指す。
- 水素STの整備については、現在113箇所まで整備が進み、概ね目標通り進捗している。FCVの普及については現在約2800台が普及しており、2020年に4万台という目標を踏まえると、普及に遅れがみられる。2020年の第二世代モデルの市場投入に向け、量産体制を整え、FCVの低価格化等により、今後普及を促進していく必要がある。

FCV・STの普及イメージ



FCV・STの普及実績

年度	2014	2015	2016	2017	2018
FCV (台)	102 (0.3%) ※3	596 (1.5%)	1,799 (4.5%)	2,459 (6.1%)	2,839 ※1 (7.1%)
ST (箇所)	16 (10.0%)	76 (47.5%)	90 (56.3%)	98 (61.3%)	113 ※2 (70.6%)

※1 2018年10月末時点。

※2 2018年11月末時点（整備中含む）。

※3 2020年目標に対する達成率。



【参考】水素ST整備の体制等

- 水素STの整備は目標に向けて概ね順調に進められている。
- 2018年2月に日本水素ステーションネットワーク合同会社（JHyM）が設立されたことにより、今後JHyMの整備計画に則った戦略的な整備が見込まれる。

官民一体の推進体制の構築

水素ステーションの戦略的整備に向け、
日本水素ステーションネットワーク合同会社(JHyM)を設立



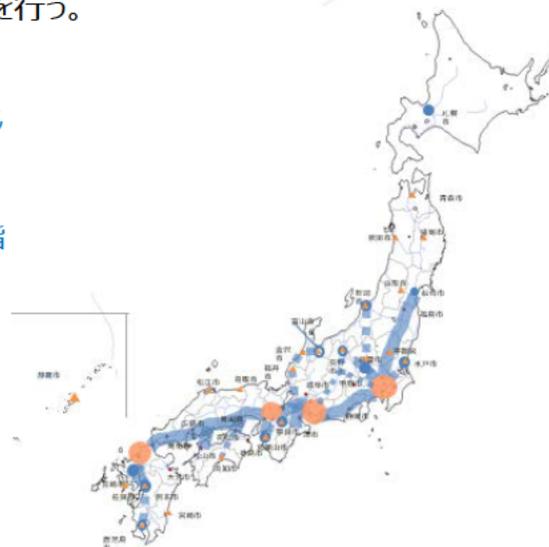
JHyM第I期整備計画方針

下記2点を考慮し、2022年3月末までを目途として、合計80基のSTを整備することを目指す。

1. FCV普及の飛躍的拡大にむけ、FCV需要の最大化を目指した水素STの最適配置、および水素需要に応じた供給能力の確保を目指す。
2. ユーザー利便性向上と水素モビリティ普及に向け、水素STネットワークを、四大都市圏を起点に、点から線へ、線から面へと拡大するよう、主要都市及び交通の要衝を重点に戦略的配置を行う。

【地域別取り組み方針】

- 四大都市圏については、FCVの普及に応じて、地域的な空白地帯を埋める。
- 水素STネットワークを点から線へと広げるため、政令指定都市、四大都市圏や政令指定都市を繋ぐ地域へのST整備を行う。
- それ以外のST未整備地域については、地方自治体等との連携を進め、全都道府県へのST整備を実現するよう活動する。



水素ST等に係る規制改革のこれまでの取り組み

- 水素ステーション等に係る規制改革の取り組みは2002年頃から進められており、これまで125項目を検討の対象とし、96項目について措置済となっている。
- 今後も、安全確保を前提としつつ、規制見直しを着実に進め、水素ステーションのコストを削減し、事業の自立化を図る必要がある。

これまでの規制改革の取り組み

年度	概要	項目数	措置済
2002年	燃料電池の実用化に向けた包括的規制の再点検	28項目	28項目
2010年	規制の再点検に係る工程表	17項目	17項目
2013年	規制改革実施計画	25項目	24項目
2015年	規制改革実施計画	18項目	15項目
2017年	規制改革実施計画	37項目	13項目

※燃料電池の実用化に向けた包括的規制の再点検の28項目については、定置用関係の5項目を含む。

※措置済の項目には、措置が不要であった項目を含む。

ST目標実現に向けて必要な要素技術のコスト内訳

- 現在の水素・燃料電池戦略ロードマップにおいては、水素STのコスト削減目標として、2020年頃までに導入初期との比較で半減し、2025年頃までに欧米並みの価格とすることを掲げている。これを実現するためには、要素技術について以下の内訳を達成することが必要。

検討中のNEDO技術ロードマップにおけるコスト削減目標

	導入初期	2016年頃	2020年頃	2025年頃
圧縮機	1.40億円	0.90億円	ロードマップに 内訳無し	0.50億円 (100台/年・社)
蓄圧器	0.50億円	0.50億円		0.10億円 (500本/年・社)
プレクーラー	0.30億円	0.20億円		0.10億円 (100台/年・社)
ディスペンサー	0.60億円	0.20億円		0.20億円 (100台/年・社)
その他工事費	1.80億円	1.70億円		1.10億円
建設費計	4.60億円	3.50億円	2.30億円	2.00億円

※現在NEDOにおいて検討されている技術開発ロードマップより資源エネルギー庁作成。

※導入初期の価格は2013年の補助金申請額の平均値であり、2016年の3.50億円については2016年の補助実績額の平均値。

※前提としているステーションの仕様は、定置式オフサイトで供給能力が300Nm³のもの。

※補助対象外の経費は、含まれていない。

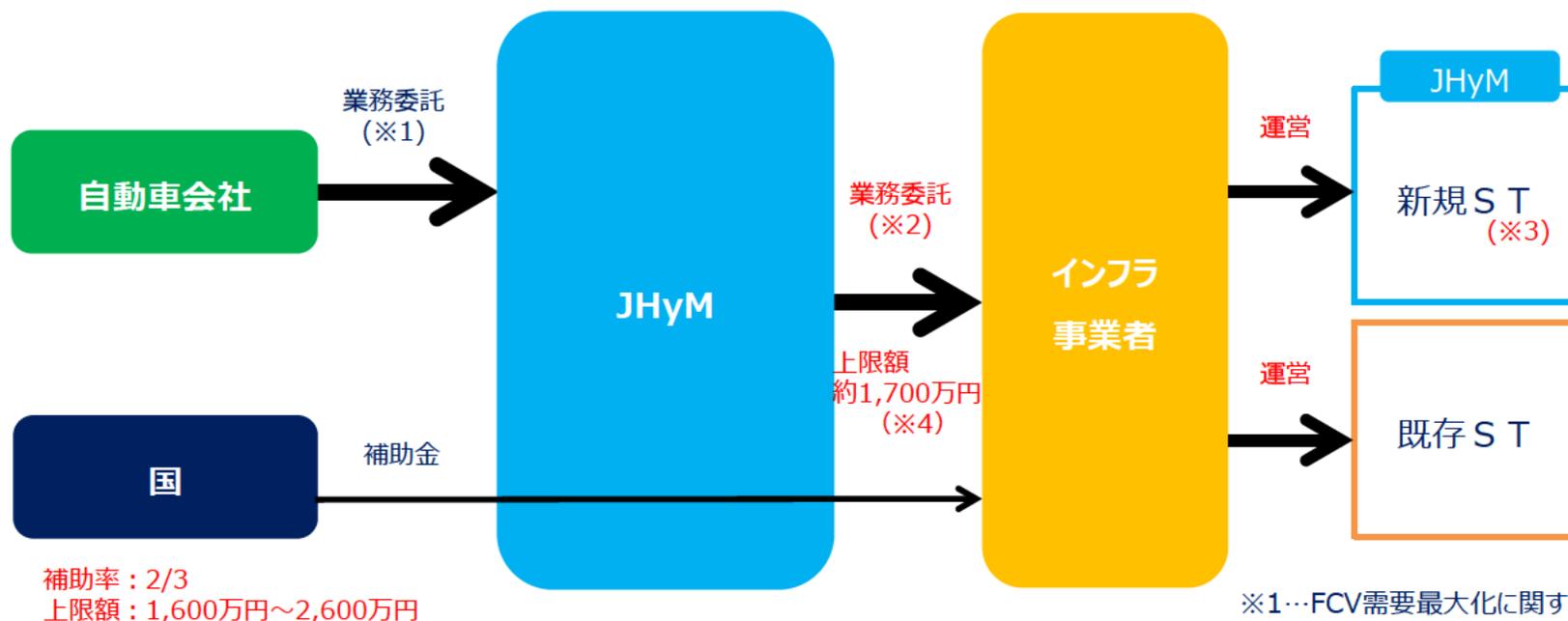
※構成機器のコスト目標については、規制見直し、安定した仕様のもとにおける主要構成機器の量産及び大量受注において適切な納期分散が為されている等の前提条件のもと設定されている。

※〇台（本）/年・社とは、コスト目標の前提条件であり、「1社が1年に〇台（本）生産を行った場合」の意味。

水素ST運営費に対する支援と自立化への道筋

- 水素STの運営については、国における支援に加え、自動車会社からJHyMを通じた業務委託費という形で支援が行われている。
- 2020年代後半に水素ST事業を自立化させるべく、自立化を促すような支援の仕組みが必要。

ST運営費補助のスキーム



- ※1…FCV需要最大化に関する業務委託
- ※2…新規STの維持・管理、情報提供等 (既存STは情報提供のみ)
- ※3…自社ブランドでの運営
- ※4…2018年度における既存の中規模ST (300Nm³) の場合

【参考】FCV普及の実績・経緯

- 日本国内では2,839台（10月時点）のFCVが普及しているが、今後、更なる普及拡大の取り組みが必要である。
- 海外においては、特に米国でFCVの普及が進んでいる。

国内におけるFCV普及台数（累計販売台数）

（単位：台）

年度	2014	2015	2016	2017	2018(※)
普及台数	102	596	1,799	2,459	2,839



海外におけるFCV普及台数

※2018年10月時点 MIRAI (2014年)

クラリティ FUEL CELL (2016年)

国名	保有台数	2020年目標台数	2030年目標台数
アメリカ	約5,600台	—	1,000,000 (CA州目標)
イギリス	約80台	—	—
ドイツ	約500台	—	—
フランス	324台	5,000台 (2023年まで)	20,000~50,000台 (2028年まで)
EU全体	約1,350台	—	—
中国	約60台	10,000台 (商用車含む)	1,000,000台 (商用車含む)
日本	2,839台	40,000台	800,000台

【出典】 IPHE HPより資源エネルギー庁作成

FCV開発のこれまでの取組

- これまで、数社よりFCVの開発がされてきたが、現在、国内においては2社のみが販売している。現状では従来車のみならずEVと比べて、高価格となっている。

FCV開発の歩み（試作車一例）

メーカー	取組み	
トヨタ		FCHV (2002年)
ホンダ		FCX (2003年)
日産		X-TRAIL (2003年)
マツダ		プレマシーFC-EV (2001年) ※メタノール改質型
スズキ		MRワゴン-FCV (2003年)
三菱		MITSUBISHI-FCV (2003年)

〔出典〕 各社HP等より

過去のFCV普及台数目標（一例）

(目標) 2001年
2010年：5万台
2020年：500万台
〔出典〕 燃料電池実用化戦略研究会報告より

(目標) 2010年
2025年：200万台
〔出典〕 燃料電池実用推進協議会（FCCJ）より

(目標) 2010年
2020年：新車販売台数における割合（～1%）
2030年： “ ” （～3%）
〔出典〕 次世代自動車戦略2010より

一台あたりの補助金額比較（EV、FCV）

(単位：万円)

	補助金額	車体価格
EV(※)	40	約315
FCV	202～208	約730～770

※日産リーフSの場合

〔出典〕 一般社団法人 次世代自動車振興センターより 23

自動車業界の動向（販売上位車種）

- 水素基本戦略では「2025年頃のボリュームゾーン向けの車種の投入を目指す」と記載されている。
- 直近の乗用車の車種別販売台数を見ると、コンパクトカーやミニバンが上位に並んでいる。
- FCVについても、より多くのユーザーに訴求するためには、将来的にはセダントypeだけでなく、ミニバンやSUV、コンパクトカーなどボリュームゾーン向けにも展開していく必要があるのではないか。

乗用車ブランド通称名別の販売台数（2017年度）

	通称名	メーカー	車種	台数（台）
1	プリウス	トヨタ	セダン	149,083
2	ノート	日産	コンパクトカー	131,119
3	アクア	トヨタ	コンパクトカー	128,899
4	C-HR	トヨタ	SUV	102,465
5	フィット	ホンダ	コンパクトカー	99,734
6	フリード	ホンダ	ミニバン	95,483
7	ヴォクシー	トヨタ	ミニバン	91,185
8	シエンタ	トヨタ	ミニバン	90,756
9	ヴィッツ	トヨタ	コンパクトカー	86,214
10	セレナ	日産	ミニバン	81,005

FCV目標実現に向けて必要な要素技術のスペック及びコスト目標・内訳

- 水素基本戦略ではFCVのコスト削減目標として、「2025年頃には同車格のハイブリッド車同等の価格競争を有する車両価格の実現を目指す」としているが、具体的な価格目標等は設定されていない。また、これらを実現させるには要素技術等については以下のスペック及びコスト目標があり、これを実現していくことが必要。
- そのため、自動車会社は協調領域の技術情報や課題を共有し、大学や研究機関が解決策を提案していくなど、産学官が連携した多層的な技術開発の体制を構築していく必要がある。

目標達成のために求められるスペック

[出典] NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップより資源エネルギー庁作成

スペック目標	現在	2020年頃	2025年頃	2030年頃
航続距離	650km	⇒	⇒	800km
最大出力密度	3.0kW/L	4.0kW/L	5.0kW/L	6.0kW/L
耐久性	乗用車15年	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
水素貯蔵システム (貯蔵量5kg相当の場合)	5.7wt%かつ 125L	6wt%かつ 100L		

目標達成のために求められるコスト・価格水準

コスト・価格水準	現在	2020年頃	2025年頃	2030年頃
車両価格 (ミライ級)	700万円強	—	同車格のHV車同等の 価格競争力を有する車両価格	—
FCシステム (内、スタック)	—	<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)
水素貯蔵システム (貯蔵量5kg相当の場合)	—	30~50万円	<30万円	10~20万円

【参考】FCVの車両価格の現状

FCV

	MIRAI (トヨタ)	CLARITY FUEL CELL (ホンダ)
車種	セダン	セダン
外観		
価格	約730万円	約770万円

ハイブリッド車

CROWN HYBRID (トヨタ)

車種	セダン
外観	
価格	約500万円～

価格差
約200万円～



(参考) その他ハイブリッド車 (一例)

	CROWN HYBRID (HV) (トヨタ)	INSIGHT (HV) (ホンダ)	NOAH (HV) (トヨタ)	VEZEL (HV) (ホンダ)
車種	セダン	セダン	ミニバン	SUV
外観				
価格	約500万円～	約330万円～	約305万円～	約250万円～

その他のモビリティにおけるFC利用の取組（1）

- バス、フォークリフト、トラック等のモビリティ分野において燃料電池利用の取組みが進んでいる。
- こうした分野での燃料電池の活用には、限られたエリアで稼働するフォークリフト等の水素供給インフラのあり方や、大量の燃料を要する大型商用トラック等における液体水素燃料の利用可能性など、検討を行っていく必要がある。

燃料電池バス

【普及状況】

- ✓ 2017年3月に市場投入
- ✓ 国土交通省の支援を受け、東京都が事業用の路線バスとして5台導入済。
- ✓ 東京都では、燃料電池バスについて、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会までに100台以上を導入（都バスに先導的に導入）予定。

【目標】

- ✓ 2020年度までに100台程度。
- ✓ 2030年度までに1,200台程度。



【燃料電池バス（SORA）】

出典：トヨタ自動車

燃料電池フォークリフト

【普及状況】

- ✓ 2016年11月に市場投入
- ✓ 環境省の支援を受け、関西国際空港や卸売市場等に導入済。
- ✓ 国内では、2018年10月末時点で約100台が普及。

【目標】

- ✓ 2020年度までに500台程度。
- ✓ 2030年度までに10,000程度。



【燃料電池フォークリフト】

出典：豊田自動織機

燃料電池トラック

【普及状況】

- ✓ セブン・イレブンとトヨタ自動車は、動力及び冷蔵・冷凍ユニットの電源を燃料電池化した小型燃料電池トラックを2019年春頃に首都圏にて導入し、実証を開始する予定。

【海外動向】

- ✓ 中国上海市では、2018年1月に燃料電池トラック500台が導入が発表。
- ✓ アメリカのカリフォルニア州では、2017年4月に大型商用トラックの実証実験を開始。



【燃料電池小型トラック】

出典：トヨタGlobal Newsroom



【FC大型商用トラック】

出典：トヨタ

その他のモビリティにおけるFC利用の取組（2）

- バス、フォークリフト、トラック等のモビリティ分野において燃料電池利用の取組みが進んでいる。

燃料電池船

【普及状況】

- ✓ 国土交通省の支援を受けて、2016年度末から、燃料電池船の技術的課題の整理を目的とし、広島県において実験船「神峰」の実船試験が実施。
- ✓ 試験結果を踏まえ、2017年度末に「水素燃料電池船の安全ガイドライン」を策定。
- ✓ 環境省・国土交通省において、2018年度から、船舶分野における水素利用拡大に向けた指針の策定等を実施中。

【海外動向】

- ✓ 欧州では、CO2フリー水素で航行する世界初の燃料電池船を発表（海水を利用した水電解で水素を製造。電気は太陽光、風力由来。）



【実験船：Energy Observer】
出典：ECから提供

燃料電池鉄道車両

【普及状況】

- ✓ トヨタ自動車と東日本旅客鉄道は、2018年9月に鉄道と自動車のモビリティ連携の検討を開始したと発表。

【海外動向】

- ✓ ドイツでは、2018年9月に世界初となる燃料電池列車の商用運転を開始と発表。



【燃料電池鉄道】
出典：Alstom

その他FCアプリケーション

【普及状況】

- ✓ スズキは、燃料電池二輪車の型式認証を受け、日本初の公道走行を行った。
- ✓ また、燃料電池ごみ収集車や燃料電池トーイングトラクターなどの開発・試作・実証も進められている。



【燃料電池二輪車（バークマンフューエルセル）
出典：SUZUKIプレスリリース



【燃料電池ごみ収集車】

出典：環境省「CO2排出削減対策強化型開発・実証事業」

定置用燃料電池の現状（家庭用）

- 家庭用燃料電池（エネファーム）は、27万台以上が普及しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、94万円程度まで低下した。
- この間、補助金額は、PEFCの場合、2009年度の140万円/台から、足下では6万円/台に低下。
- 新築戸建のPEFCについては、来年度より自立化見込み。水素分野において、自立化を達成し、普及拡大をしていくという視点が必要。

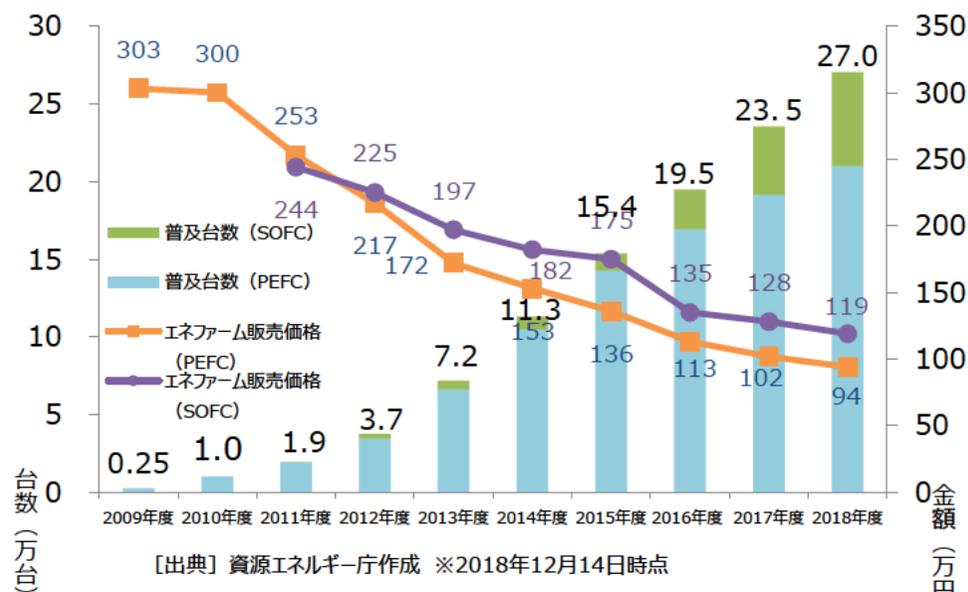
家庭用燃料電池の販売機器

メーカー	パナソニック	アイシン精機
タイプ	PEFC	SOFC
外観		
出力	700W	700W
発電効率 (LHV)	39%	52%
総合効率 (LHV)	95%	87%
価格(工事費込み)	約95万円	約120万円

補助額の推移（PEFCの場合）

2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2016年度	2017年度	2018年度
140	130	85～105	45～70	38	30	15	11	6

普及台数と販売価格の推移



[出典] 資源エネルギー庁作成 ※2018年12月14日時点

(単位: 万円)

定置用燃料電池の現状（業務・産業用）

- 業務・産業用燃料電池については、ロードマップの目標通り、2017年に複数の機種で販売開始が発表されている。2018年3月末時点で、16台が販売されている。

販売開始発表済みの業務・産業用SOFC機器の例

メーカー	京セラ	三浦工業	三菱日立パワーシステムズ (MHPS)
外観			
出力	3kW級	4.2kW級	250kW級
タイプ	コージェネ	コージェネ	コージェネ
発電効率（LHV基準）	52%	48%	55%
総合効率	90%	90%	73%(温水) 65%(蒸気)
主要想定需要家	理美容院、小規模店舗 ファミリーレストラン		データセンター 大規模ビル、ホテル

工業プロセスにおける水素利用・供給

- 製油所や化学プラント、製鉄所、食品工場等の工業プロセスにおいて水素は既に利用されている。
- また、製鉄所では、高炉での還元剤として、コークスの一部を水素に代替させるCOURSE50プロジェクトが進められている。
- このように工業プロセスにおいて水素の活用方法を増やすことができれば、工業プロセスの低炭素化を図るとともに水素利用を拡大することが可能。
- さらに、現状、工業プロセスで発生する副生水素は熱源等として所内利用されている場合が多いが、経済合理性にかなえば、将来的には水素の供給源としても活用できる可能性がある。

水素の工業用途

石油精製

- 脱硫プロセス等で利用

石油化学製品

- エチレンプラントにおける芳香族等の合成プロセス

製鉄

- ステンレスなどの鋼製品の表面を処理するための還元剤

その他

- 光ファイバーなどのガラス製造
- 半導体、LEDの製造
- マーガリンの製造では、原料油脂を固める硬化剤



石油化学



製鉄



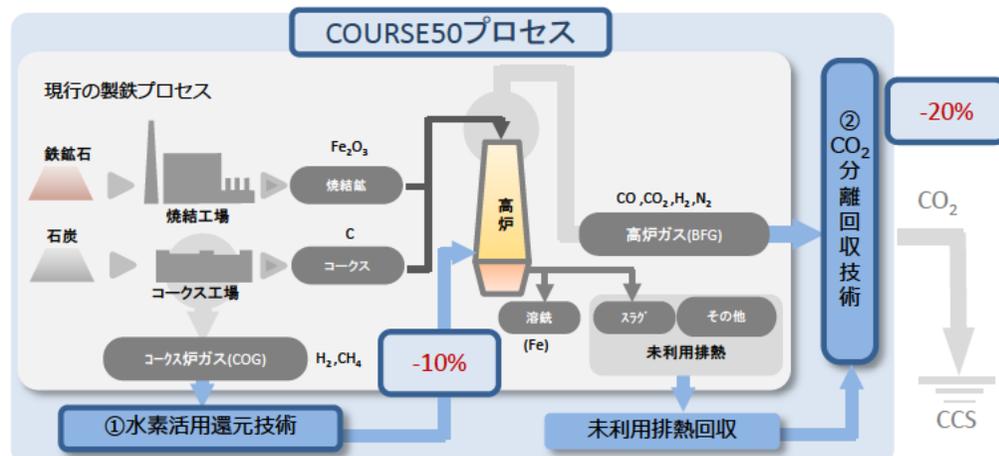
半導体



マーガリン

COURSE50プロジェクト

- 一貫製鉄所の既存インフラを最大限活用することを前提に以下を実施
- ① 水素を多く含むコークス炉ガスを用いた鉄鉱石還元への水素活用技術開発
 - ② 製鉄所内の未利用排熱を利用した高炉ガスに含まれるCO₂を分離・回収する技術開発
- これらの技術により製鉄所からのCO₂排出を削減することが目標

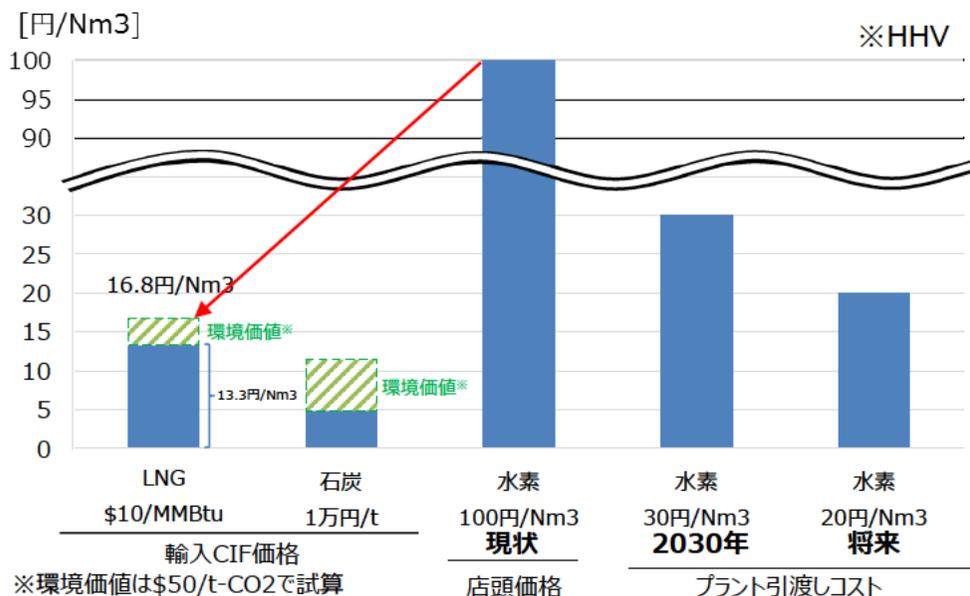


- I. 水素社会実現に向けた方向性
- II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）
- III. 水素サプライチェーン**
- IV. 再エネからの水素製造
- V. 国際連携の強化
- VI. まとめ

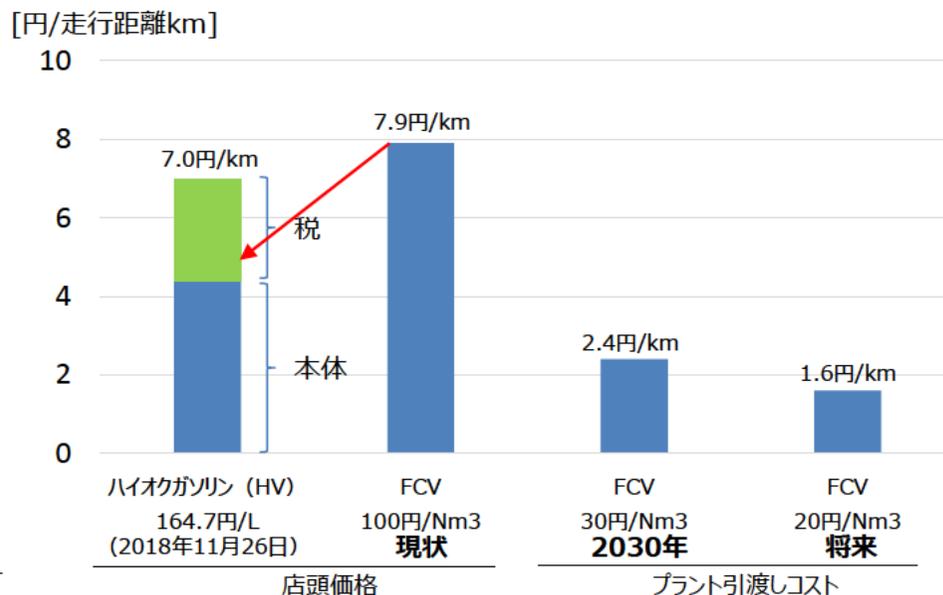
水素の製造・輸送コストとLNG、石炭、ガソリン価格との比較（エネルギー基本計画における水素の位置づけ）

- 将来の水素コストについて、エネルギー基本計画、水素基本戦略では以下の記載。
 - 水素を再生可能エネルギーと並ぶ新たなエネルギーの選択肢とすべく、**環境価値を含め、水素の調達・供給コストを従来エネルギーと遜色のない水準まで低減**させていくことが不可欠（第5次エネルギー基本計画）
 - 将来的に20円/Nm³程度まで水素コストを低減し、**環境価値も含め、既存のエネルギーコストと同等のコスト競争力を実現**することを目指す（水素基本戦略）
- 現状のLNG価格（JKM）は\$10/MMBtu程度であり、これは**水素価格13.3円/Nm³に相当**。発電用燃料としては、これに**環境価値を考慮した水準を将来的に目指す必要**がある。

既存エネルギーと水素コストの比較（発電用燃料・熱量等価）



既存エネルギーと水素コストの比較（モビリティ・燃費等価）



【参考】水素サプライチェーン実証事業

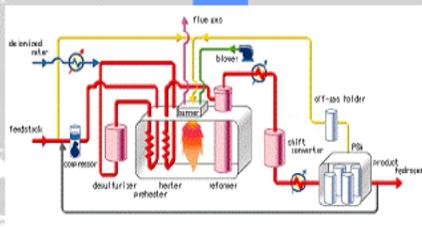
日ブルネイ水素サプライチェーンプロジェクト



未利用ガス



水蒸気改質



水素化
(TOL→MCH)



ケミカル
タンカー



脱水素*
(MCH→TOL)



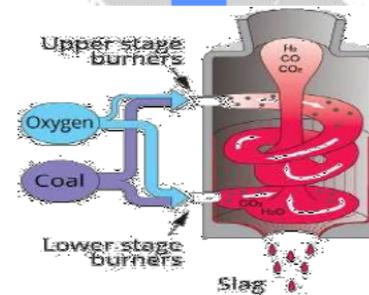
日豪褐炭水素サプライチェーンプロジェクト



褐炭+CCS



ガス化
※IGCC技術利用



液化水素運搬船*



液水荷役設備*

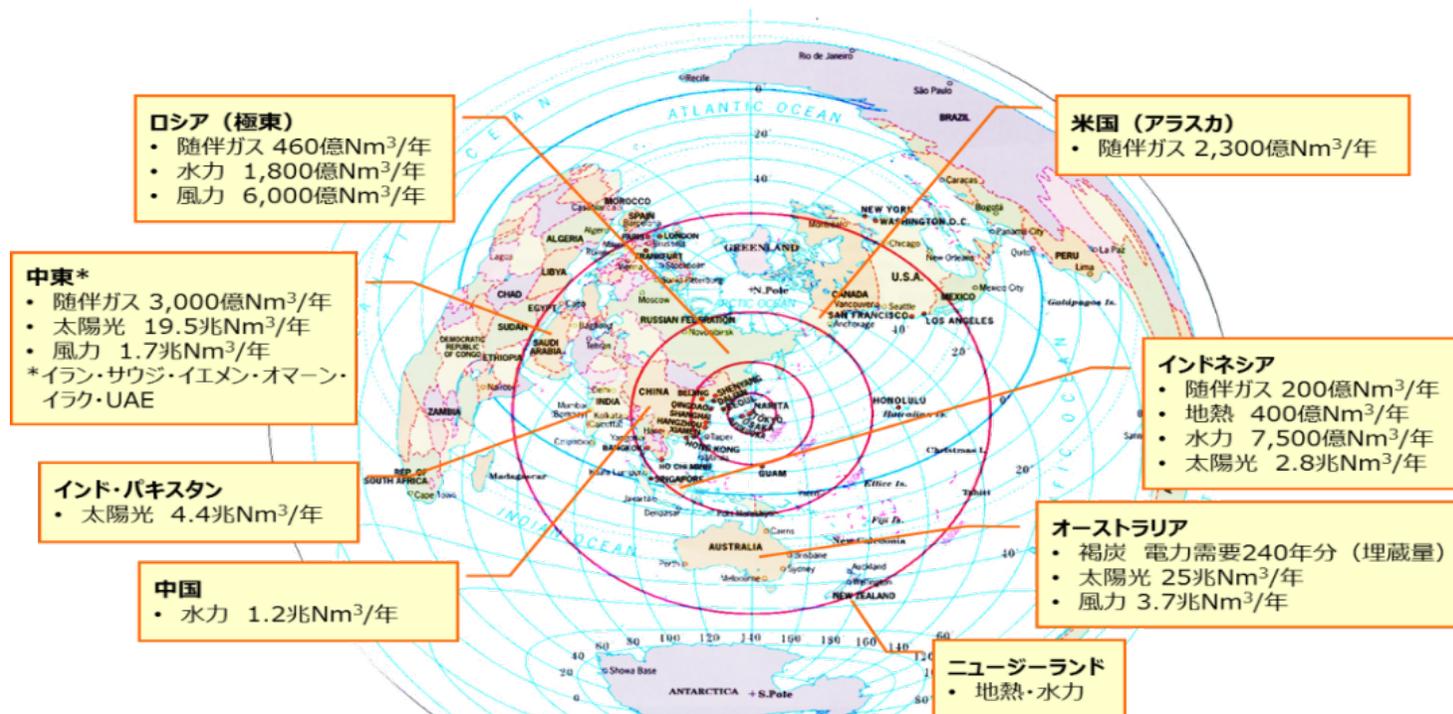


* イメージ

【参考】水素製造のポテンシャルを有する未利用資源

- 水素の製造・調達コストの低減に向けては、安価な未利用資源の活用が有望。
- 海外には、褐炭や随伴ガス等の未利用の化石資源に加え、適地においては安価な再生可能エネルギーが賦存。
- 国内においても、苛性ソーダ製造工程における副生水素や石油精製業における水素供給能力に余力があると見られており、ポテンシャルを把握することが必要。

海外における再生可能・未利用エネルギー賦存量

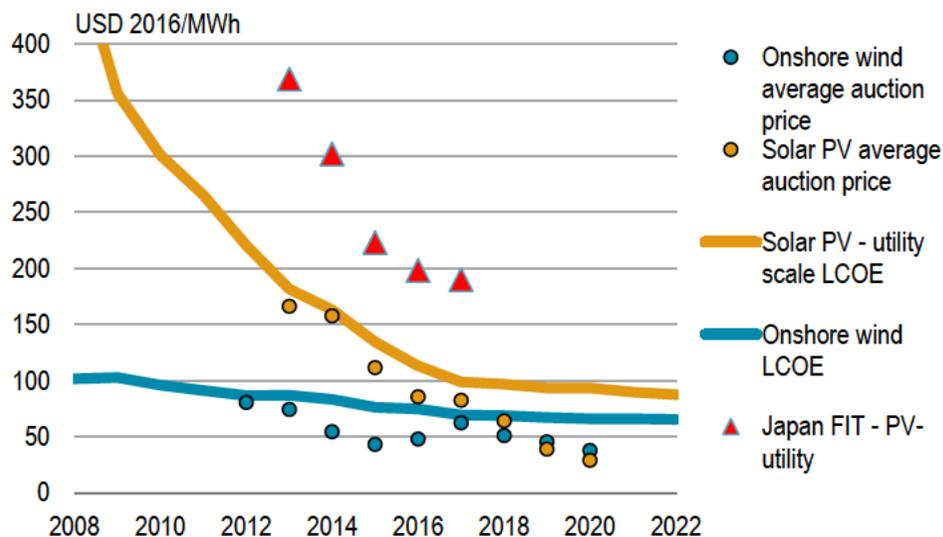


- I. 水素社会実現に向けた方向性
- II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）
- III. 水素サプライチェーン
- IV. 再エネからの水素製造**
- V. 国際連携の強化
- VI. まとめ

再生可能エネルギー大量導入に向けたPower-to-gas技術の活用

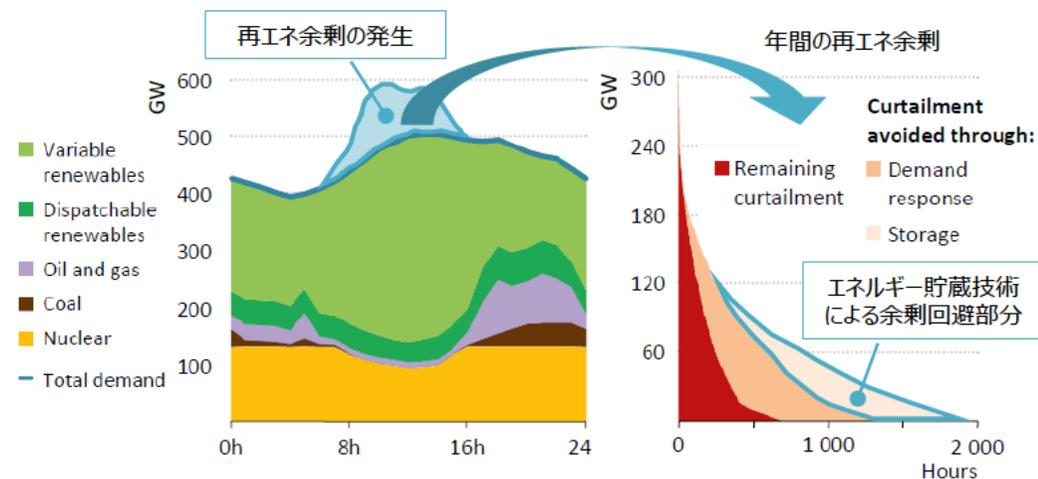
- IEA等において、将来の再生可能エネルギーの大量導入に伴い、発電コストが大幅に低下するとともに、年間を通じて再エネ電気の供給過剰が発生し、再エネの大規模な出力制御が必要となることが予測されている。
- 日本においても系統や調整力の問題は既に顕在化しているが、今後、再生可能エネルギー利用を拡大するためには、調整電源の確保のみならず、**余剰電力を貯蔵する技術**が必要。
- 特に、蓄電池では対応の難しい季節を超えるような**長周期の変動に対しては、水素としてエネルギー貯蔵を可能とするPower-to-gas技術**が国内外で注目されている。

事業用太陽光発電 世界のコスト動向



[出典] IEA Renewables 2017をもとに資源エネルギー庁作成。

2040年時点の再エネ余剰発生予測（米国）



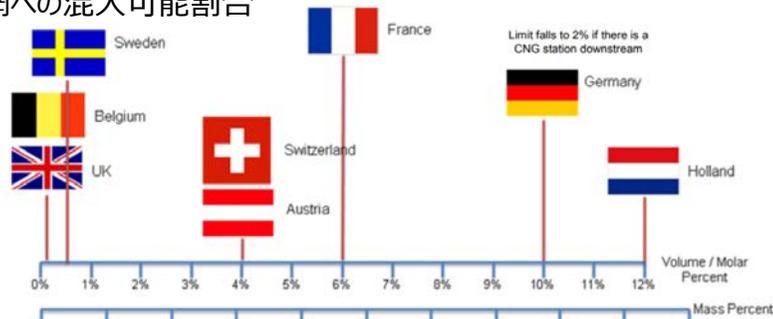
[出典] "World Energy Outlook 2016" (IEA, 2016)

欧州におけるP2Gの活用検討

- 欧州では、P2Gで製造した水素を既存のガスパイプラインに直接混入することが複数の国で認められており、ドイツでは体積割合10%まで混入が可能とされている※。 ※下流にCNGステーション等ない場合
- また、水素をメタネーション反応によってメタン化し、既存の都市ガスと同様に扱う実証事業も存在しており、P2G普及に向けて、将来的には水素の直接混入又はメタネーションの比較検討が必要となるのではないか。

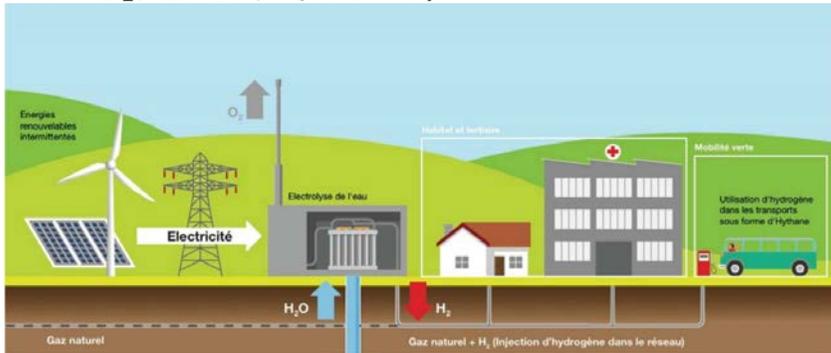
欧州におけるガスパイプラインの混入

○ガス網への混入可能割合



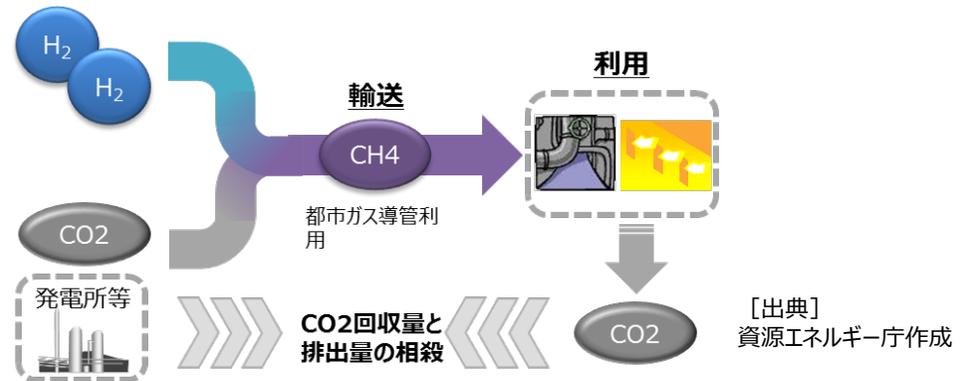
出典：ITM Power「Power-to-Gas : Storing Renewable Energy in the gas grid」

○「GRHYD」プロジェクト（ダンケルク）



【出典】 F. Mabile “L’hydrogène pour l’énergie”

メタネーション



【出典】
資源エネルギー庁作成



FCHJUプロジェクト
「Store&GO」において、メタネーションに関する実証がドイツ、イタリア、スイスの3カ国で行われている。ドイツではバイオエタノールプラントからのCO2と、風力発電から水電解で製造した水素を原料にメタネーションを行う実証を実施。

【出典】 STORE&GO HP

P2Gを巡る欧米における目標値

- FCHJUやDOEでは、P2Gの中核技術である水電解装置について、機器コストだけでなく、水素製造コストやシステムエネルギー効率、耐久性、負荷追従性などについても目標値が設定されている。

FCHJU目標値

Table 3.1.1.2 State-of-the-art and future targets for Hydrogen production from renewable electricity for energy storage and grid balancing

		State-of-the-art	2017	2020	2023
KPI 1	H2 production electrolysis, energy consumption (kWh/kg) @ rated power	57-60 @100kg/d	55 @500kg/d	52 @1000+kg/d	50 @1000+kg/d
KPI 2	H2 production electrolysis, CAPEX @ rated power including ancillary equipments and commissioning	8.0 M€/((t/d)	3,7 M€/((t/d)	2.0 M€/((t/d)	1.5 M€/((t/d)
KPI 3	H2 production electrolysis, efficiency degradation @ rated power and considering 8000 H operations / year	2% - 4% / year	2% / year	1,5% / year	<1% / year
KPI 4	H2 production electrolysis, flexibility with a degradation < 2% year (refer to KPI 3)	5% - 100% of nominal power	5% - 150% of nominal power	0% - 200% of nominal power	0% - 300% of nominal power
KPI 5	H2 production electrolysis, hot start from min to max power (refer to KPI 4)	1 minute	10 sec	2 sec	< 1 sec
	H2 production electrolysis, cold start	5 minutes	2 minutes	30 sec	10 sec

Notes:

(* KPI 4 and KPI 5 shall be considered as optional targets to be fulfilled according to the profitability of the services brought to the grid thanks to the addition of flexibility and (or) reactivity (considering also potential degradation of the efficiency and lifetime duration).

"H2 Production . . . @ rated power" - * corrected for 30 bar hydrogen output pressure

DOE目標値

○分散型水素製造

Characteristics	Units	2011 Status	2015 Target	2020 Target
Hydrogen Levelized Cost ^d (Production Only)	\$/kg	4.20 ^d	3.90 ^d	2.30 ^d
Electrolyzer System Capital Cost	\$/kg	0.70	0.50	0.50
	\$/kW	430 ^{e, f}	300 ^f	300 ^f
System Energy Efficiency ^g	% (LHV)	67	72	75
	kWh/kg	50	46	44
Stack Energy Efficiency ^h	% (LHV)	74	76	77
	kWh/kg	45	44	43
Electricity Price	\$/kWh	From AEO 2009 ⁱ	From AEO 2009 ⁱ	0.037 ⁱ

○集中型水素製造

Characteristics	Units	2011 Status ^c	2015 Target ^d	2020 Target ^e
Hydrogen Levelized Cost (Plant Gate) ^f	\$/kg H ₂	4.10	3.00	2.00
Total Capital Investment ^b	\$M	68	51	40
System Energy Efficiency ^g	%	67	73	75
	kWh/kg H ₂	50	46	44.7
Stack Energy Efficiency ^h	%	74	76	78
	kWh/kg H ₂	45	44	43
Electricity Price ⁱ	\$/kWh	From AEO '09	\$0.049	\$0.031

日本におけるP2Gの取組状況、今後の方向性

- 福島県浪江町においてP2G実証プロジェクトを推進。世界最大級の1ユニット10MWの水電解装置を設置し、実証を行う予定である。
- 日本では、水素基本戦略では、「2020年までに5万円/kWを見通すことのできる技術の早期確立を目指す」と記載しているものの、将来的なコスト目標や要素技術の目標値（効率・耐久性等）は設定されていない。

福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）



【出典】東芝エネルギーシステムズ（株）

項目	仕様
年間水素製造能力	900t-H ₂ /年
水素製造装置 入力電力	(最大) 10MW (製造量2,000Nm ³ /h) (定格) 6MW (製造量1,200Nm ³ /h)

日本における主なベンチマーク

水素基本戦略

- 2020年までに5万円/kWを見通すことのできる技術の早期確立を目指す
- FIT制度による全量買取期間が終了する案件が出現する2032年頃には商用化を、更に、将来的に再生可能エネルギーの導入状況に合わせて輸入水素並みのコストを目指す

NEDO基本計画

- 電解電圧1.8Vにおいて電流密度0.6A/cm²以上の性能を維持しつつ、単セルの電極面積を1～3m²程度まで大型化する技術等により、大量生産時の水電解装置コスト、電力変換装置コストとして20万円/Nm³/h、6万円/Nm³/h以下が見通せる技術を確立する。

カーボンフリー水素・グリーン水素を巡る議論について

- 欧州を中心に、水素製造方法及びCO2排出の観点から、水素を分類する議論が盛んに行われている。そうした中で、各国のエネルギー状況や資源ポテンシャルによってどの“水素”を推進するかスタンスが異なっている。
- 欧州では、「CertifHy」プロジェクトにおいて水素関連事業者や認証機関等で再エネ由来水素及び低炭素水素の「定義」を行うとともに、その認証スキーム構築に向けた検討が行われている。
- 今後は、LCAベースで見た低炭素水素の定義を考えていく必要がある。

製造方法・CO2排出による水素の分類の例

化石燃料改質

…ブラウン水素 (Brown Hydrogen)

化石燃料改質+CCUS

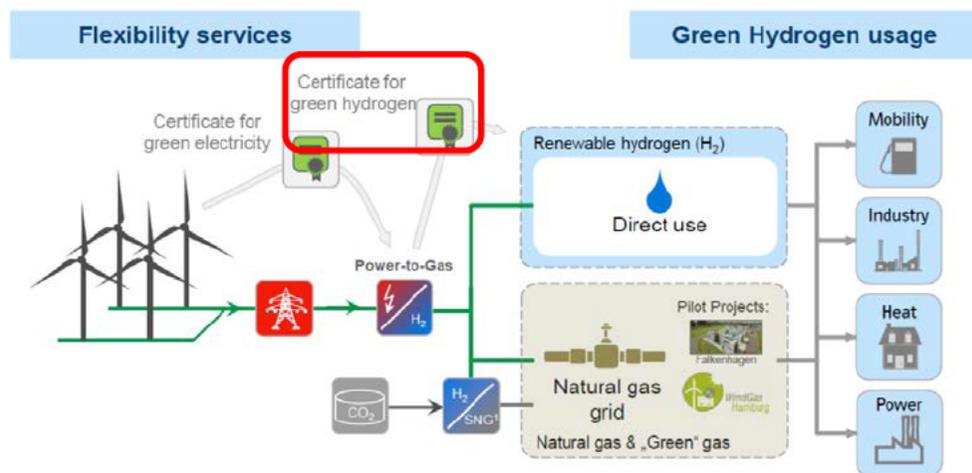
…ブルー水素 (Blue Hydrogen)

再エネ電力+水電解

…グリーン水素 (Green Hydrogen)

欧州など再エネ資源の豊富な地域においては、グリーン水素を推進しようとする動きが強い。
一方、資源国は自国資源の有効活用のため、ブルー水素も含めて推進をしていく方向性。

CertifHyにおける低炭素水素



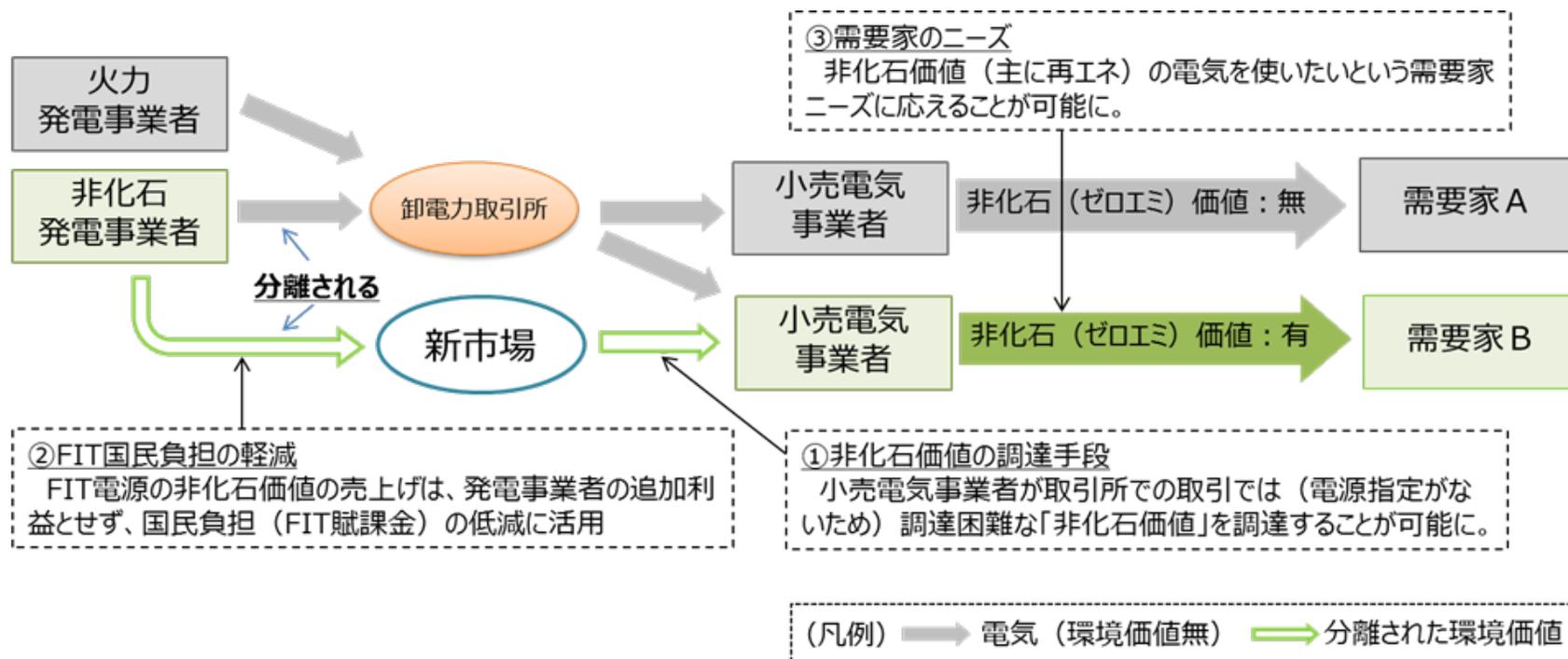
【出典】Uniper

製造時のCO2排出量が一定のしきい値（天然ガス起源の約4割）を下回っている場合は、低炭素水素として認証するスキームである

水素の環境価値の顕在化について

- エネルギー基本計画の記載を踏まえて、環境価値を有する**水素についてはその価値を顕在化することが重要**。**水素の環境価値の取引が可能**となれば、水素の普及拡大の一助となることが期待される。
- 高度化法においては、非化石電源の環境価値について取引が行われている。水素の環境価値を整理した上で、水素の環境価値が取引可能となるよう検討を進めていく必要があるのではないか。

(参考) 非化石価値取引市場の概要



- I. 水素社会実現に向けた方向性
- II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）
- III. 水素サプライチェーン
- IV. 再エネからの水素製造
- V. 国際連携の強化**
- VI. まとめ

水素閣僚会議の開催（国際連携の強化）（再掲）

- 日時：2018年10月23日（火）
- 場所：第一ホテル東京
- 主催：経済産業省、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
- テーマ：グローバルな水素の利活用に向けたビジョンの形成・共有、国際連携の強化
- 参加者：21か国・地域・機関の代表、関係企業トップを含め300人以上
- 参加国：日本、豪州、オーストリア、ブルネイ、カナダ、中国、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、カタール、南アフリカ、韓国、UAE、イギリス、米国、欧州委員会、国際エネルギー機関（IEA）

プログラム

- 午前：国際連携の強化に向けた各国閣僚間のディスカッション
- 午後：関係機関及び国際企業による講演会
 - ・基調講演：
資源エネルギー庁、IEA、Hydrogen Council、IPHE、MI、NEDO
 - ・セッション1：広がる水素利活用、モビリティとインフラ
Ballard、China Energy、First Element、ヒュンダイ、トヨタ、GM
 - ・セッション2：水素利活用の推進に向けた水素製造とサプライチェーン
千代田化工、Equinor、MHPS、サウジアラムコ、Shell
 - ・セッション3：エネルギーシステムでの利活用（セクターカップリング）
ENGIE、ITM Power、NEL、Siemens



水素閣僚会議に参加した21か国・地域・機関

- 水素閣僚会議の成果として、各国での連携の重要性などについて認識を共有するとともに、各国の共通認識の下、議長声明としてTokyo Statement（東京宣言）を発表。

Tokyo Statement（東京宣言）のポイント

- ①水素供給コスト及びF C V等の製品価格の低減加速化に向けた技術のコラボレーション、基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの必要性
- ②水素ステーションや水素貯蔵に関する水素の安全性の確保や、様々な地域特性に応じたサプライチェーンの構築など、水素利活用の増大に向けて、各国が連携して取り組んで行くべき研究開発の推進
- ③水素社会実現に向けた認識の醸成・共有に資する水素ポテンシャル、経済効果及びCO₂削減効果に関する調査・評価の意義
- ④水素ビジネスの投資拡大等につながる社会受容性向上のための教育や広報活動の重要性



国際連携の強化

先進国・資源国・中国 それぞれをターゲットにした戦略の展開

✓ 対先進国：先行市場の獲得、技術開発・標準化分野の協力

✓ 対資源国：水素活用による「エネルギー転換」

- ①化石×CCS ⇒ カーボンフリー水素製造・輸出
- ②再エネ開発 ⇒ 水素にして輸出

✓ 対中国：巨大市場（自動車、電力、ガス）への戦略的進出
（FCVの参入障壁になっている保安規制のハーモナイズ）

先進国



ドイツ



フランス

- 先行市場の獲得：FCV、エネファーム、水電解技術等
- 再エネ水素(Power-to-Gas)による電力貯蔵に関心が高い



カナダ



米国

- 水電解・燃料電池技術の輸出に関心が高い
- 先行市場の獲得：FCV、水電解技術等
- ZEV規制によりFCV普及台数世界最多

資源国

(水素供給国)



UAE



サウジアラビア

- 石油資源を活用した水素の輸出に関心
- ADNOC・トヨタ・エアリアがFCV走行実証中
- 石油資源を活用した水素の輸出に関心



オーストラリア



ブルネイ

- 川重・岩谷・電発・Shellが実証中
(褐炭+CCSを活用した日豪水素サプライチェーンプロジェクト)
- 千代化・三菱商事・三井物産・日本郵船がNEDO実証中
(オフガスを活用した日ブルネイ水素サプライチェーンプロジェクト)

化石×CCS

再エネ由来水素

中国



中国

- 産業政策として技術開発に注力
- NEV規制によるEV・FCV市場創出
- FCVの参入障壁になっている保安規制のハーモナイズ



ロシア



ニュージーランド

- 再エネ水素（水力）の輸出に関心
- 再エネ水素（地熱）輸出に関心
- 大林組が地熱エネ利用の水素製造共同研究

- I. 水素社会実現に向けた方向性
- II. 水素利活用（モビリティ、定置用FC、工業プロセス）
- III. 水素サプライチェーン
- IV. 再エネからの水素製造
- V. 国際連携の強化
- VI. まとめ**

新たなロードマップの方向性（再掲）

- 水素・燃料電池戦略ロードマップの改訂に向けて、主に以下のポイントを踏まえて改訂作業を行う。

改訂のポイント

- ロードマップの構成を水素基本戦略の構成を踏まえたものとし、本文は簡素化
- 水素基本戦略、エネルギー基本計画における記載を踏まえたものとする
- 目標実現に向けて必要な要素技術のスペック及びコスト内訳の明確化
- グローバルな市場形成のリーダーシップ（水素閣僚会議で発表された東京宣言4項目の実行）
- CO2フリー水素の産業利用を追記する
- 主に国内の未利用資源等を活用した水素製造のポテンシャル評価の実施
- 定期的なフォローアップの実施
- その他の進捗を踏まえたものとする（革新的技術開発や国際標準化の対応状況など）

構成の見直しについて（再掲）

- ロードマップの構成を水素基本戦略の構成を踏まえたものとする。

現行ロードマップの構成

(第1章) 総論

1. 水素社会の意義
 1. 1. 我が国がおかれている状況
 1. 2. 水素の果たし得る役割
2. 水素社会実現に向けた対応の方向性

(第2章) 各論

1. フェーズ1（水素利用の飛躍的拡大）
 1. 1. 定置用燃料電池
 1. 2. 運輸分野における水素の利活用
2. フェーズ2（水素発電の本格導入/大規模な水素供給システムの確立）
3. フェーズ3（トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立）

(第3章) 本ロードマップの実行性を確保するための取組

- 【参考1】委員等名簿
【参考2】協議会開催経緯

水素基本戦略

1・総論

1. 1. 水素基本戦略の位置づけ
1. 2. 水素基本戦略の対象期間

2. 我が国のエネルギー需給を巡る構造的課題

2. 1. エネルギーセキュリティ/自給率
2. 2. CO2排出量

3. 水素の意義と重要性

3. 1. 調達・供給面での意義
3. 2. 利用面での意義
3. 3. 3E+Sの視点からの意義
3. 4. 国際的な意義
3. 5. 産業振興・競争力強化の意義
3. 6. 諸外国における水素の取組

4. 水素社会実現に向けた基本戦略

4. 1. 低コストな水素利用の実現
4. 2. 国際的な水素サプライチェーンの開発
4. 3. 国内再生可能エネルギーの導入拡大と
地方創生
4. 4. 電力分野での利用
4. 5. モビリティ分野での利用
4. 6. 産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性
4. 7. 燃料電池技術活用
4. 8. 革命的技術開発
4. 9. 国際展開
4. 10. 国民の理解促進、地域連携

改訂ロードマップの構成（案）

(第1章) 総論

- ①水素社会の意義・方向性

(第2章) 水素基本戦略の実行に向けた各論

1. 水素サプライチェーン
 - ①低コストな水素利用の実現
 - ②国際的な水素サプライチェーンの開発
 - ③国内再生可能エネルギーの導入拡大と
地方創生
2. 水素の利活用
 - ①電力分野での利用
 - ②モビリティ分野での利用
 - ③産業プロセス・熱利用での水素活用の可能性
 - ④燃料電池技術活用
3. 技術開発の推進・国際展開・国民理解
 - ①革新的技術開発
 - ②国際展開
 - ③国民の理解促進、地域連携

(第3章) 本ロードマップの実行性を確保するための取組

- ①定期的なフォローアップ
- ②委員等名簿、協議会開催経緯

目標の実現に向けた具体的なアクション（再掲）

- ロードマップには分野ごとに、例えば以下のような具体的なアクションを盛り込むことを検討する。

I. 水素利活用

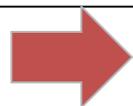
- 更なる技術開発、規制改革の見直しの実施
- FCV普及拡大（2030年80万台）に向けて、2020年頃に次期FCVモデルを市場投入する
- 家庭用燃料電池の自立化に向け、家庭の投資回収年数5年以内が見込める商品を市場投入する等。

II. 水素サプライチェーン

- 水素サプライチェーンの構築（2030年に30万t調達）に向け、液化水素船及び有機ハイドライドの水素化・脱水素化の大型プラントについて、2020年に世界初の実証運転を開始する
- 30円/Nm³、20円/Nm³に向けたコスト削減のための要素技術開発
- 将来の化石燃料並みへのコスト削減に向けた評価及び事業実施判断等。

III. 再エネからの水素製造

- 世界最大級の再エネからの水素製造装置である福島水素エネルギー研究フィールドについて、2020年に実証運転を開始し、製造した水素を東京オリンピック・パラリンピックの際に活用する
- コスト削減、耐久性、効率の向上など、実用化に向けた要素技術開発等。



水素社会実現に向けて、具体的なアクションの記載を検討していく。

ロードマップでスペック及びコスト内訳の目標を示す要素技術の一例

- FCスタック、水素ST要素技術、水素輸送技術、水電解システムの主要技術について、NEDO技術開発ロードマップの内容も踏まえ、ロードマップにおいてスペックやコスト内訳の目標を示す。

FCシステム

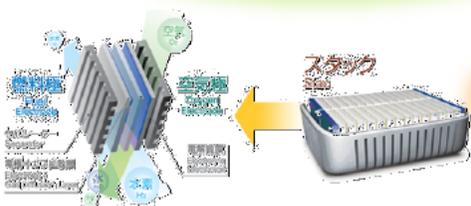
- 航続距離や耐久性などのスペック



[出典] トヨタ

[出典] 京セラ

- FCシステムなどのコスト



ST要素技術

- 水素STの圧縮機や蓄圧器などのコスト

【圧縮機】



[出典] 神戸製鋼所

【蓄圧器】



[出典] サムテック

【ディスペンサ】



[出典] トキコテクノ

水素輸送技術

- 水素液化機の液化効率、液化水素タンク容量などのスペック

【液化水素基地イメージ】



[出典] HySTRA

【プラント完成予想図】



[出典] AHEAD

水電解システム

- 水電解システムの耐久性・効率などのスペック

【水素製造装置】



[出典] 東芝エネルギーシステムズ (株)



[出典] 日立造船

その他、ロードマップ改訂において考慮すべきこと

- 水素基本戦略に記載された「革新的技術開発」、「国際標準化」、「国民の理解の促進・地域連携」については今回のロードマップ改訂において記載を検討する。

革新的技術開発

水素基本戦略

- 水素基本戦略では、「製造」、「輸送・貯蔵」、「利用」に至る革新的技術の着実な開発の方向性が記載されている。
(例) 新たな水素製造に係る研究、低コストかつ高効率なエネルギーキャリアの開発、コンパクト・高効率・高信頼性・低コストな燃料電池技術開発など。

水素・燃料電池戦略ロードマップへの記載を検討

- 水素基本戦略で記載されている「製造」、「輸送・貯蔵」、「利用」に至る革新的技術開発の方向性を踏まえ、開発状況等を記述する。

国際標準化

水素基本戦略

- 水素基本戦略では、「水素技術に係る国際標準化ISO/TC197や水素及び燃料電池自動車に関する世界統一基準（g t r）改訂など、日本からの積極的な提案を行うこと」や「水素STやFCVに関する国内の規制を見直すことなどにより、より容易に海外に展開できるような環境を整備。」といった方向性が記載されている。

- 国際標準化の検討や取組状況の確認や必要に応じて新たな国際標準化の検討を行う必要性について記述する。

国民の理解の促進・地域連携

水素基本戦略

- 水素基本戦略では、「国民に対して水素の意義や安全性など地方自治体や事業者と連携しながら情報発信すること」や「国・地方自治体間での情報共有」といった方向性が記載されている。

- 国民に対して水素の意義や安全性などを引き続き情報発信し、国・地方自治体間での情報共有等の具体例について記述する。

【参考】水素関係予算の推移

● 2009年からの10年間で約4000億円以上の水素関係予算を投入。

