

あいち低炭素水素サプライチェーン推進会議 講話

日時：2017年10月20日（金） 15:30-17:30

場所：トヨタ自動車(株) 名古屋オフィス 3801

講演タイトル

低炭素社会の実現に向けた展望と課題
ーグローバル化と地域との連携ー

講演内容

水素社会は現実のものになろうとしているが、水素エネルギーの導入には、温暖化対策やエネルギーセキュリティ確保に十分な量的寄与が出なくてはならない。再生可能エネルギー起源のCO₂フリー水素による地域との連携だけでなく、水素大量利用時代に向けて、海外の多様な未利用エネルギーを水素に変換して日本に輸送し、水素発電等で利用するための技術開発も進展している。ただ、地域での再エネ水素の導入は、現在は小規模でも、将来の水素エネルギー導入拡大による低炭素社会実現への展開をイメージしつつ継続的な取り組みを行っていくことが重要である。本格的な取り組みを開始する愛知県に期待したい。

講演者

岡崎 健（おかざき けん）

東京工業大学 科学技術創成研究院 特命教授

（グローバル水素エネルギー研究ユニットリーダー）

〔略歴〕

1973年、東京工業大学工学部機械物理工学科卒業、1978年、同大学院機械物理工学専攻博士課程修了（工学博士）。1978年～1992年、豊橋技術科学大学助手、講師、助教授。1992年～2015年、東京工業大学教授、2015年4月より東京工業大学特命教授、および東京工業大学名誉教授。日本機械学会副会長、水素エネルギー協会会長、日本伝熱学会会長などを歴任。2007年10月～2011年10月、東京工業大学理工学研究科工学系長・工学部長。2011年10月より日本学術会議会員（2017年10月まで）。



低炭素水素社会の実現に向けた展望と課題 - グローバル化と地域との連携 -

岡崎 健

Ken OKAZAKI

東京工業大学 特命教授

科学技術創成研究院

グローバル水素エネルギー研究ユニットリーダー

あいち低炭素水素サプライチェーン推進会議

平成29年度第1回

トヨタ自動車(株) 名古屋オフィス

2017年10月20日(金)

内 容

1. 水素社会実現に向けた課題

- ・地球環境問題、エネルギーセキュリティー
- ・量的寄与、エネルギー源の多様化、エネルギーベストミックス

2. 水素利活用の展開

- ・燃料電池自動車、一般家庭用コジェネ(エネファーム)の社会普及
- ・燃料電池以外の多様な大量水素利用技術への展開
(水素発電、変動電力平準化、エクセルギー増進)

3. METI CO₂フリー水素WG検討概要

- ・再生可能エネルギー由来CO₂フリー水素の導入促進
(地域の電力需要や送電系統空き容量を超える再エネ発電設備導入を可能とする仕組み)
- ・CO₂フリー水素の定義と環境価値認証制度設計に向けて

4. CO₂フリー水素サプライチェーンのグローバル展開

5. 水素社会による多様な社会的付加価値(NEDOプロ)

6. まとめ(愛知県への期待)

安倍首相の施政方針演説

2017/1/20



首相官邸ホームページより

4/11 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議にて水素の重要性を再度強調

水素エネルギーは、エネルギー安全保障と温暖化対策の切り札です。これまでの規制改革により、ここ日本で、未来の水素社会がいよいよ幕を開けます。

3月、東京で、世界で初めて、大容量の燃料電池バスが運行を始めます。
・・・神戸で水素発電による世界初の電力供給が行われます。
・・・世界初の液化水素船による大量水素輸送にも挑戦します。
生産から輸送、消費まで、世界に先駆け、国際的な水素サプライチェーンを構築します。その目標の下に、各省庁にまたがる様々な規制をすべて洗い出し、改革を進めます。

『・・・生産から輸送、消費に至る国際的な水素サプライチェーンの構築を牽引するのは、大量かつ安定的な水素需要を生む水素発電です。サプライチェーンの構築と水素発電の本格導入に向けて、多様な関係者の連携の基礎となる共通シナリオを策定してください。・・・』

西村元彦、東工大グローバル水素コンソーシアム 第6回ワークショップ 2017 6/26

3



水素社会実現に向けた課題

1. 水素社会とは？

- ・小規模水素利用が拡大し、産業基盤をも支えるエネルギーとして、エネルギー消費全体の20%程度以上が二次エネルギーとしての水素を利用する社会
- ・エネルギーセキュリティと地球環境保全に対する十分な量的寄与

2. 水素社会実現のためのキーワード

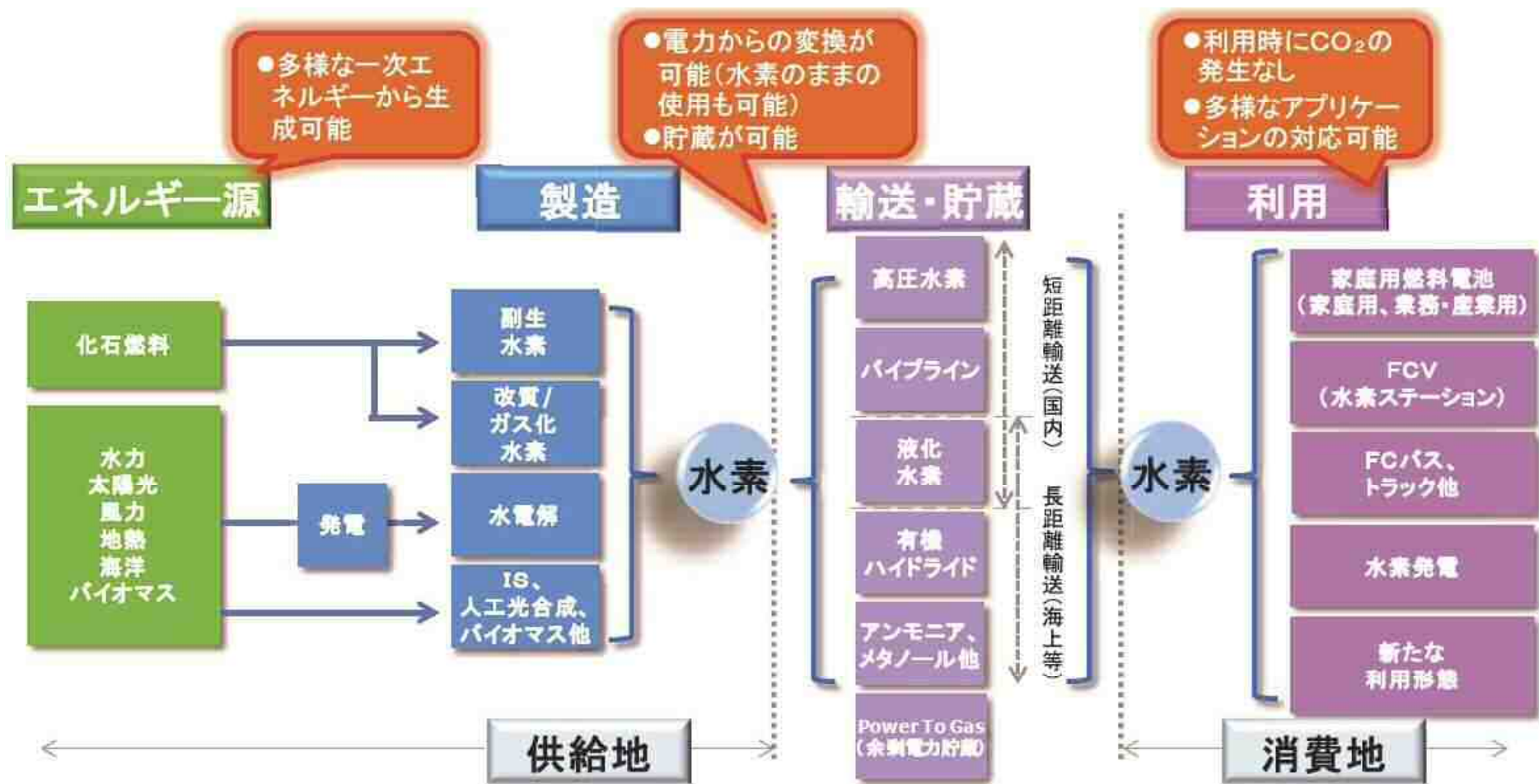
- ・個別技術の成熟(開発→実証→商用化→用途拡大、安全対策)
- ・社会からの認知、許容(社会システムの中での水素の役割の明確化、多様な付加価値)
- ・需要の飛躍的拡大
 - FCV+水素ステーション、エネファームのユーザーの飛躍的拡大
 - 水素発電(水素タービン、ガスエンジン、水素ボイラ(混焼を含む))
- ・需要に応える大量水素のサプライチェーン構築
 - 国内の再生可能エネルギー起源CO₂フリー水素、P2G
 - (変動平滑化、過大発電分エネルギー貯蔵、コスト高対策、アンシラリーサービス)
 - (事業者の自主参加を促す制度上の仕組み、グリーン証書、グリーンボンド…)
 - 海外の未利用エネルギー起源CO₂フリー水素(水素キャリアの正しい選択、棲み分け)
- ・適切な導入中間シナリオ(一挙に大量導入不可能、小規模の普及・拡大)
- ・水素固有の特徴を活用した水素利用技術(水素・酸素燃焼タービン、エクセルギー増進)
- ・エネルギー源のベストミックス(水素源としての石炭の活用の拡大)
- ・全体システムを統括するリーダー(産官学の有機的連携、ハード含むトータルシステム)
- ・国際連携、枠組み(ガラパゴス化しないように)



水素のエネルギー媒体としての優位性

1. 水素は**二次エネルギー**である ⇒ 種々のエネルギー源から作ることができる。
 - ・エネルギー源の多様化
 - ・多様性を核とした新たなベストミックス
2. 水素にしてからエネルギー変換することにより、格段の**総合効率向上**が可能である。
 - ・水素の製造-輸送等を含めた総合効率
 - ・ライフサイクルCO₂(LCCO₂)
 - ・水素燃料電池自動車(高い Well-to-Wheel Efficiency)
 - ・定置型燃料電池-電力と熱のコジェネレーション(高い総合利用効率)
3. 水素ありきから考えると、**排出されるのは水**だけである。(ローカルクリーン)
4. 水素を**再生可能エネルギー**で作れば、**実質CO₂排出は無い**。**P2Gの低コスト化**
5. **化石燃料からの水素製造では、CO₂回収・貯留(CCS)と組み合わせが可能である**。
6. 水素だからこそできる**新しいエネルギーシステム**が可能である。
 - ・水素タービン(ランキンサイクルとブレイトンサイクルの長所の融合)
 - ・エクセルギー増進(低質廃熱の高質化再利用)
 - ・多様なエネルギーを統合したスマートグリッド
7. **海外の余剰エネルギーの長距離輸送媒体**として適している。
 - ・CO₂フリー水素チェーン(有機ハイドライド、液体水素)
 - ・国際展開
8. (課題) 徹底した**安全性確保**、**技術の高度化とコスト低減**、**インフラ整備**、**大量普及**
 - ・正しく取り扱えば安全
 - ・燃焼と爆発との違いの理解
 - ・規制の見直し
 - ・公的支援

水素エネルギーシステム バリューチェーン



水素エネルギーシステムの概要と水素の特徴

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成(2015)

NEDO水素技術戦略(2015.10)



水素エネルギー利活用の意義

- 多様な一次エネルギーからの製造、あらゆる形態での輸送・貯蔵が可能な水素は、従来の二次エネルギー構造を大きく変革するポテンシャルを有する。
 ※「将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え水素が中心的役割を担うことが期待され」、「水素社会」の実現に向けた取組の加速が必要（「エネルギー基本計画」（2014年4月））。
- 多岐にわたる分野において水素の利活用を抜本的に拡大することで、①大幅な省エネルギー、②エネルギーセキュリティの向上、③環境負荷低減に大きく貢献できる可能性がある（3E+S）。

水素エネルギー利活用の意義

①省エネルギー

燃料電池の活用によって高いエネルギー効率が可能

②エネルギーセキュリティ

水素は、副生水素、原油随伴ガス、褐炭といった未利用エネルギーや、再エネを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能であり、地政学的リスクの低い地域からの調達や再エネ活用によるエネルギー自給率向上につながる可能性

③環境負荷低減

水素は利用段階でCO₂を排出しない。さらに、水素の製造時にCCS（二酸化炭素回収・貯留技術）を組み合わせ、又は再エネを活用することで、トータルでのCO₂フリー化が可能

④産業振興

日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位である等、日本が強い競争力を持つ分野

水素エネルギー利活用の形態



資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 山澄克、東工大水素シンポ 2016.10.5



FCV, BEVの棲み分けイメージ

- FCVは車両サイズと航続距離の面において、既存のガソリン車を代替できる。
- 小型・短距離用途のBEVとFCVは共存して普及拡大が可能と考えられる。



水素発電により水素利用の大幅な拡大が期待

水素需要量の比較(試算)

(※)一定の仮定を置いた場合の試算値

	年間水素使用量		備考
水素発電 (事業用100万kW・専焼)	23.7億Nm ³	—	LNG火力発電の燃料を水素に熱量換算して試算 ○出力:100万kW ○熱効率想定:51%('コスト等検証委員会'より) ○稼働率想定:49%('電力需給の概要'2010年度実績)
<p>各用途が同程度の水素需要</p>			
水素発電 (自家発10万kW・専焼)	3.5億Nm ³ /基	6.8基	自家発(燃料種不定)の燃料を水素に熱量換算して試算 ○出力:10万kW ○熱効率想定:41%('総合エネルギー統計'より) ○稼働率想定:50%('電力調査統計'より) (※熱率と稼働率は自家発平均)
燃料電池自動車	1,060Nm ³ /台	223万台	燃料電池自動車の試算前提 ○燃費:8.0km/Nm ³ (100km/kg-H ₂) (JHFCプロジェクトより) ○年間走行距離:9,500km (JHFCプロジェクトより)
燃料電池バス (路線バス)	52,000Nm ³ /台	4.5万台	燃料電池バスの試算前提 ○燃費:0.92km/Nm ³ (JHFCプロジェクトより) ○年間走行距離:51,664km (日本バス協会「日本のバス事業」をもとに推計)
家庭用 純水素形燃料電池 (0.7kW)	2,260Nm ³ /台	105万台	家庭用純水素形燃料電池の試算前提 ○家庭用燃料電池の年間発電電力量:3,301kWh (「パナソニックHP」より推計) ○純水素形の発電効率率想定:49% (家庭用燃料電池の発電効率率39%(LHV)、改質器効率80%から算出)

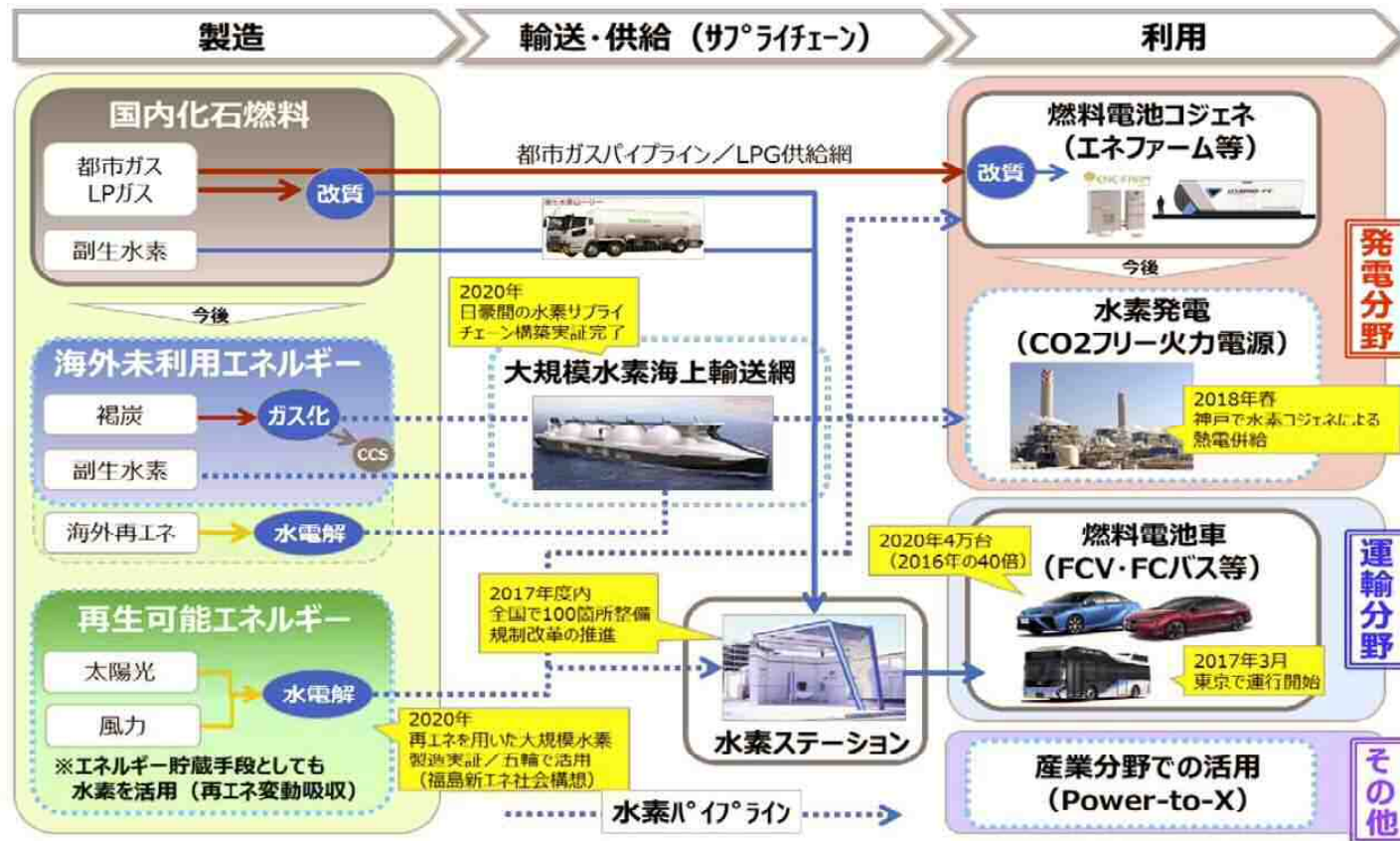
(注)事業用発電、自家発はHHV換算

出典:経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会資料

経済と環境の両立：水素社会の実現に向けた取組の方向性

- 水素は、エネルギー安全保障と地球温暖化対策の切り札。
- 水素社会の実現に向け、以下の3つのフェーズの取組を進める。(ロードマップ改定、2016.3)

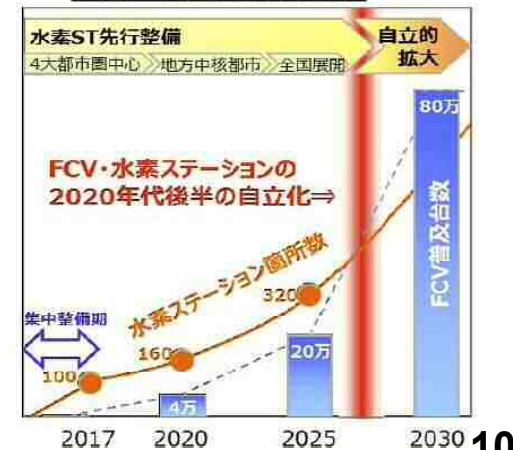
フェーズ1:FCV・水素ステーション、エネファーム等の利用拡大 (現在～)
 フェーズ2:水素発電の本格導入／大規模な水素供給システムの確立 (2030年頃)
 フェーズ3:トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立 (2040年頃)



エネファームの普及



FCV・水素STの普及



エネルギー白書 平成29年6月 資源エネルギー庁

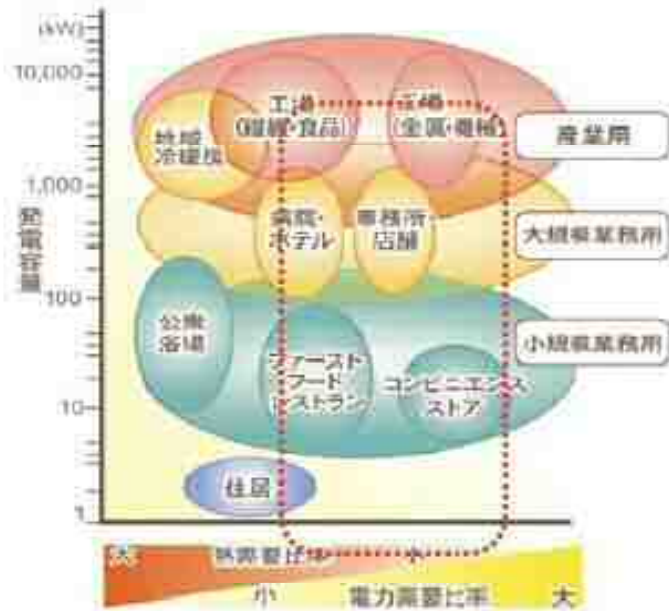


業務・産業用燃料電池の市場投入後の取組の必要性

市場のターゲットとなる需要家

【ターゲット範囲】

- ・都市ガスを使用
- ・ベースロード電源として機能
- ・電熱比が高い需要家
- ・停電リスクに備えBCP対応等が必要な需要家、等



2017年市場投入



市場立ち上がり期における戦略的導入促進

- ✓ 2017年の業務・産業用燃料電池の市場投入後、効果的に市場を拡大していくため、機器メーカーとガス事業者等が一体となった推進体制を構築する。

- ✓ 国は、市場の立ち上がり期において、その後の普及拡大につながる効果的な施策について検討する。

資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 山澄克、東工大水素シンポ 2016.10.5

〔出典〕日本ガス協会HP掲載資料を一部加工



業務・産業用燃料電池の普及・拡大

- 業務・産業用燃料電池については、2017年に発電効率が比較的高いSOFC（固体酸化物形燃料電池）型の市場投入を目指すことがロードマップに記載されている。
- 複数機種において実証等が順調に進められており、ロードマップの目標通り、2017年に一部の機種が市場投入される見通し。

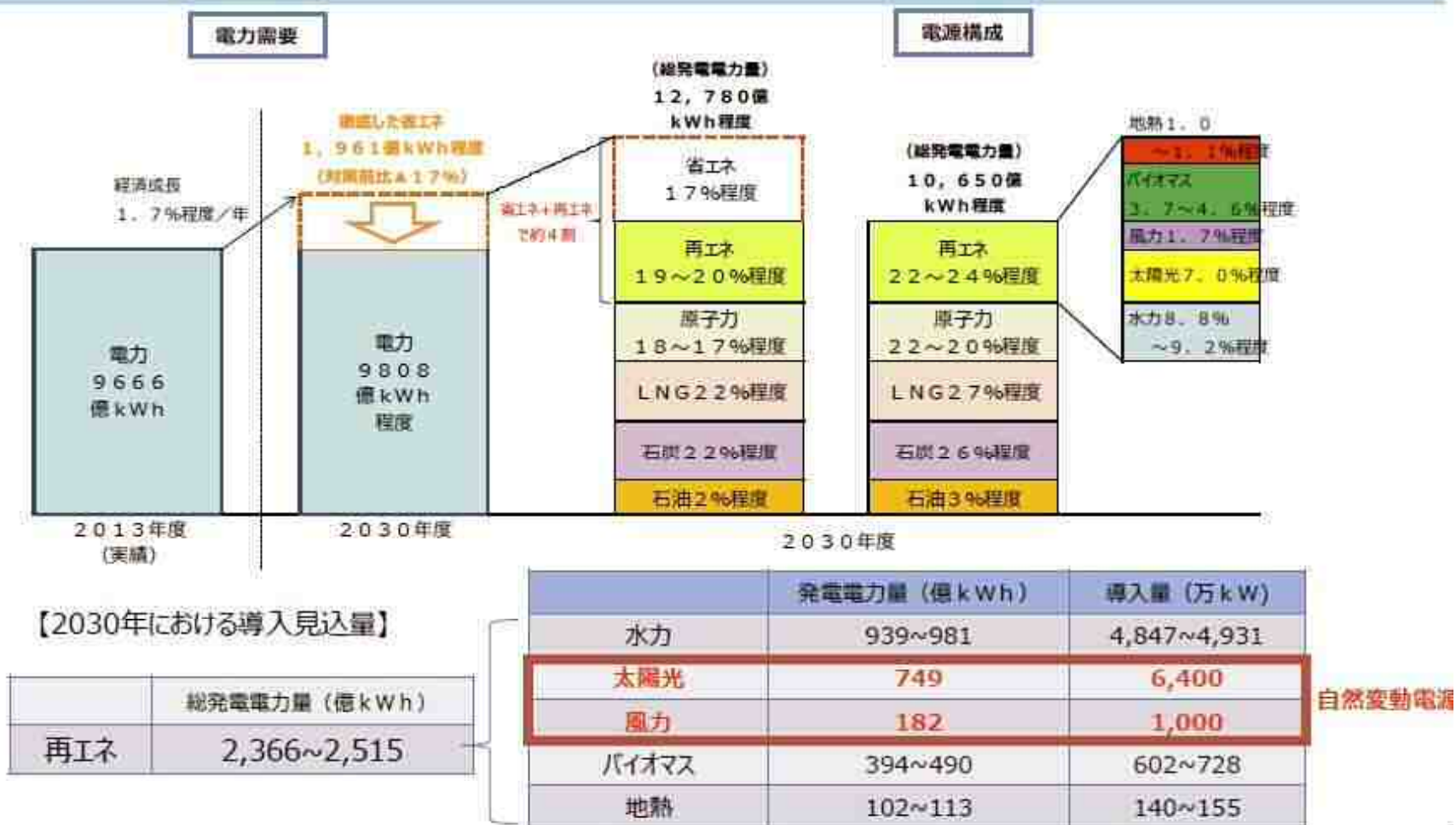
開発中の業務・産業用SOFC機器の例

メーカー	京セラ	三浦工業	三菱日立パワーシステムズ(MHPS)	(参考) Bloom Energy
	実証機			商用機
外観				
出力	3kW	5kW	250kW	200kW
タイプ	コジェネ	コジェネ	コジェネ	モノジェネ
発電効率 (目標値)	50%以上	50%	55%	50-60% (実績値)
総合効率 (目標値)	80%以上	90%	73%(温水) 65%(蒸気)	—
主要想定需要家	理美容院、小規模店舗 ファミレス			データセンター 大規模ビル・ホテル

資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 山澄克、東工大水素シンポ 2016.10.5

再生可能エネルギーを取り巻く状況

- 「長期エネルギー需給見通し」(2015年7月)では、2030年度における再生可能エネルギー比率を22~24%と見込んでいる。



【出典】長期エネルギー需給見通し/小委

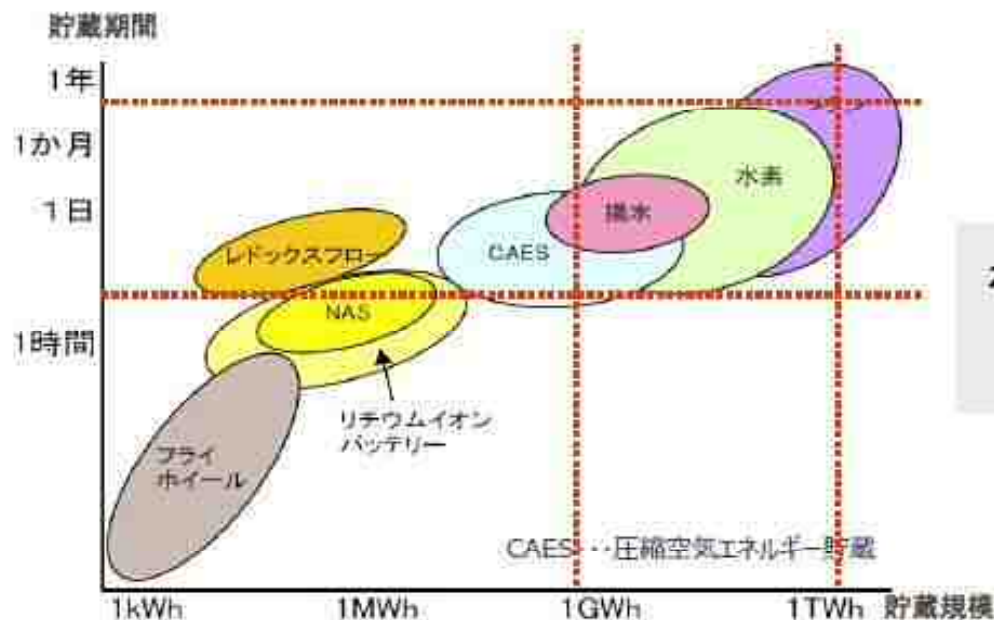
資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 CO2フリー水素WG 第2回資料 2016.6.22



P2G技術の特徴

- 水電解+水素タンクの複合システムは、競合する蓄電池技術との比較優位の観点では、時間経過によるロスが少なく、水素タンクなどの拡張性が高いなどの理由から、現在、大規模かつ長期間の蓄エネ領域における適用可能性が高いと見られている。
- 今後我が国において再生可能エネルギーの導入が拡大していく中で、系統連系等の問題への対応策の有望なアイテムの一つになりうると期待される。

各種電力貯蔵技術の位置づけ



水素 (P2G) によるエネルギー貯蔵の特徴

- ・大規模かつ長期のエネルギー貯蔵で有利
- ・地形や地質など、環境条件による影響小

[出典] 『Energieträger der Zukunft – Potenziale der Wasserstofftechnologie in Baden-Württemberg (ZSW, 2012)』を基に資源エネルギー庁作成



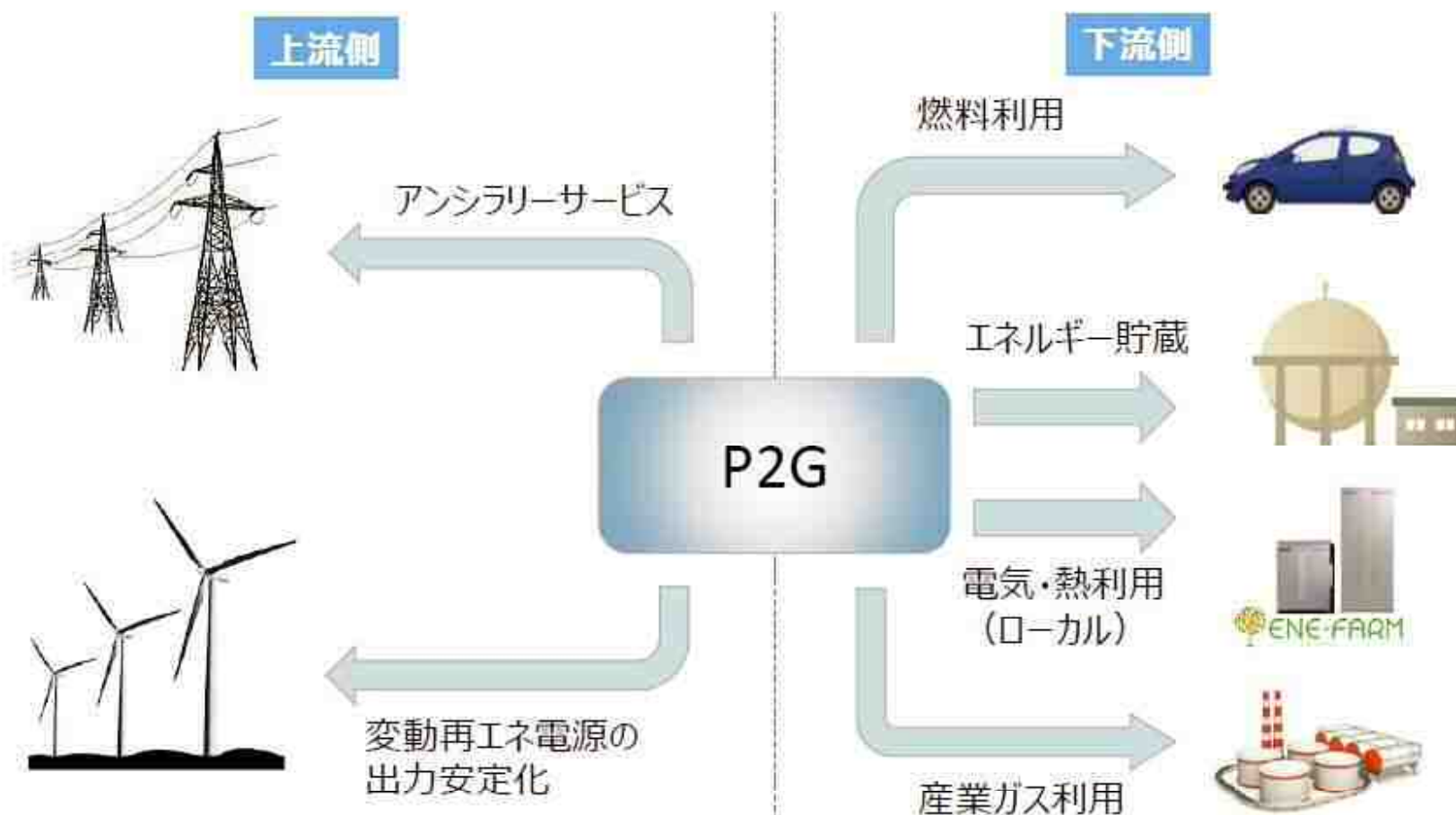


未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業。出典：経済産業省



Power-to-gasの付加価値創出の源泉

- P2Gの付加価値は、大別すると、P2Gの上流（アンシラリーサービスの提供）と下流（CO2フリーガスの供給）において創出される。



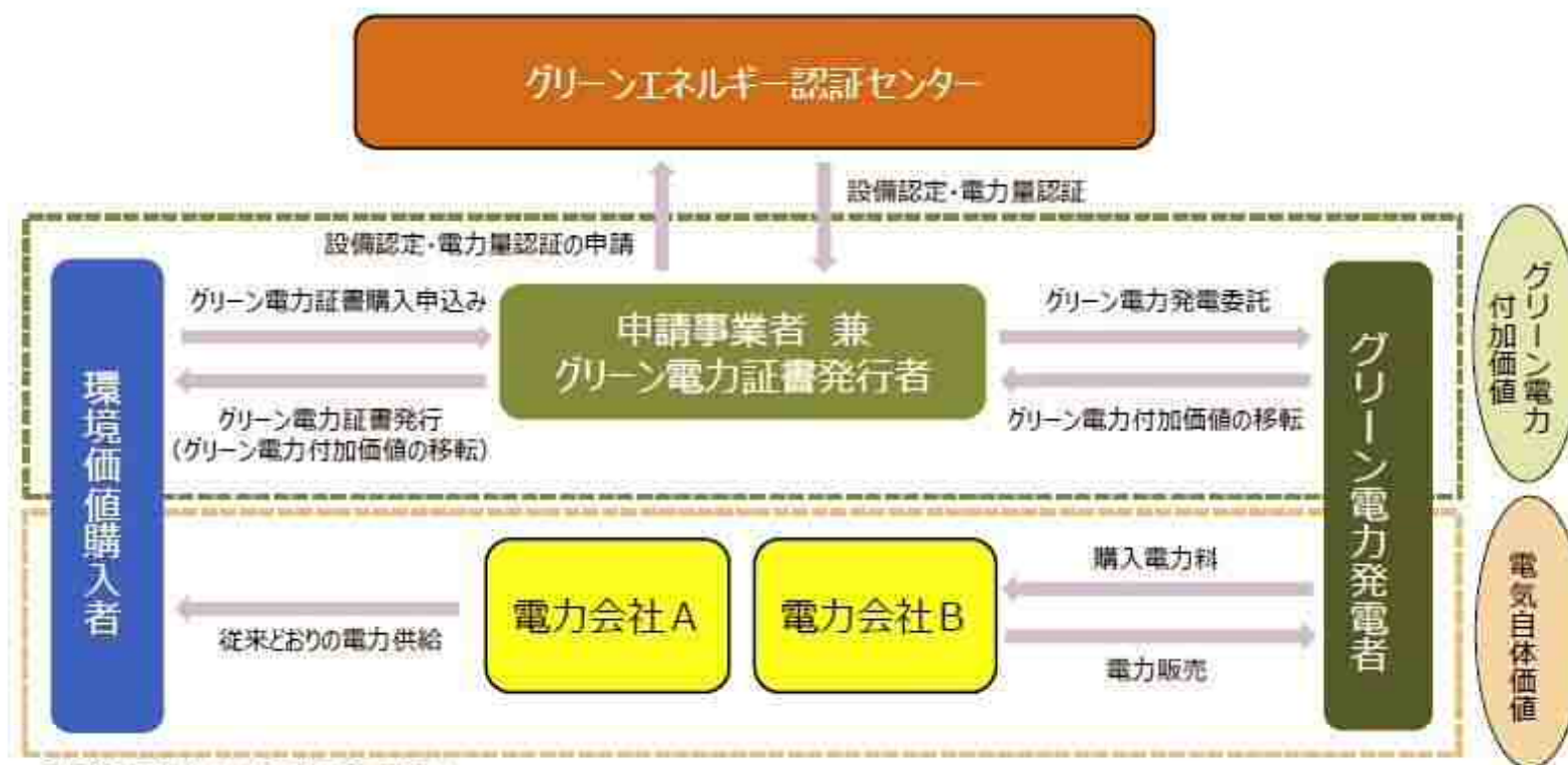
資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 CO2フリー水素WG 第3回資料 2016.8.9



日本におけるグリーン電力証書取引

- 日本では2001年よりグリーン電力証書の認証開始。現在は「グリーンエネルギー認証センター」(財)日本エネルギー経済研究所附置機関)が認証を行っている。
- グリーン電力発電事業者は証書発行事業者と発電委託契約を締結し、証書発行事業者が証書の認証を申請。証書の購入希望者に対して証書を発行し、グリーン電力付加価値を移転する。

【日本におけるグリーン電力証書の認証フロー図】



【出所】日本エネルギー経済研究所HPより事務局作成

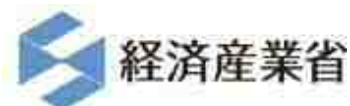
資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 CO2フリー水素WG 第3回資料 2016.8.9



第8回水素・燃料電池戦略協議会
事務局提出資料

CO₂フリー水素ワーキンググループ
報告書概要

平成29年3月10日



経済産業省

【I章】水素・燃料電池戦略ロードマップでの位置づけ

／WGの設置趣旨

【II章】再生可能エネルギー普及拡大への対応

【III章】水素サプライチェーンの低炭素化

【IV章】海外からのCO₂フリー水素の調達

【V章】CO₂フリー水素の利活用拡大に向けた取組の方向性

【VI章】今後の課題と取組の方向性



【I章】水素・燃料電池戦略ロードマップでの位置づけ及びWGの設置趣旨

CO₂フリー水素の位置づけ

- 水素・燃料電池戦略ロードマップでは、フェーズ3として、CO₂の排出が少ない水素供給構造を実現していくこととしている。現段階では、国内では化石燃料由来の水素が主に用いられており、水素の製造段階でCO₂が発生するため、将来的には、CCS等を組み合わせることや、再生可能エネルギーを活用して水素製造することで、よりCO₂の排出が少ない水素供給構造を実現していくことが求められる。

現状と課題

- 一方、エネルギーミックスにおいては、2030年度の電源構成比で再生可能エネルギーが22～24%を占めるとされているが、近年の再生可能エネルギーの急速な導入拡大に伴い、導入が集中しがちな地方での系統の空き容量不足や、火力電源等の調整力不足といった課題が顕在化している。

課題解決の方向性

- 国内外において、電気エネルギーを大規模かつ長期的に貯蔵可能な「水素」が注目されており、今後、Power-to-gas技術の低コスト化・高効率化・耐久性向上・大規模化等の進歩により、電力系統の安定化対策や再生可能エネルギー導入拡大に貢献できる可能性がある。

検討趣旨

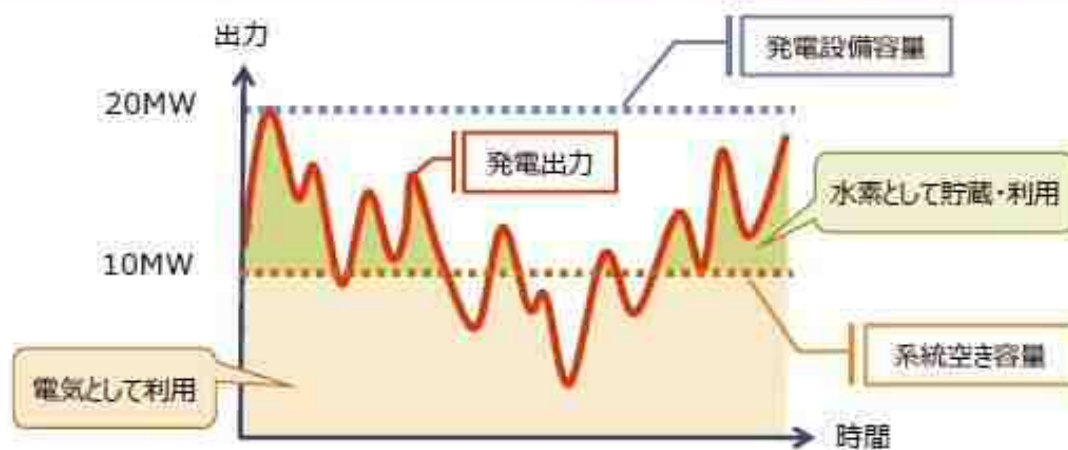
- 上記のような目下の社会課題への対処にPower-to-gas技術を応用しつつ、将来のCO₂フリー水素の利活用拡大に向けた足がかりとしていくため、現状の課題等を整理するとともに、産学官における今後の対応の方向性について検討を重ね、報告書として取りまとめた。



【Ⅱ章】余剰電力の考え方

- 「余剰電力※」とは、送電線・変電所の空き容量不足や、調整力不足に伴う出力制御指令による発電制限等により、本来の発電ポテンシャルを発揮できていない未利用のエネルギーと言える。
- 再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、局所的な系統の容量不足や、系統全体の調整力不足などの問題が生じているが、将来的にPower-to-gas技術が社会実装可能な状況となれば、余剰電力を水素として利用することにより、上記の課題を解決し、再生可能エネルギーの利用量拡大の一助になると考えられる。
- 現状、電気としての利用を前提として再生可能エネルギー発電設備の規模に応じた系統対策が実施されているが、Power-to-gas技術の実装段階には、水素としての利用を前提として、系統の空き容量を超える発電設備の導入を許容する仕組みを検討すべきではないか。

系統空き容量を超える発電設備の導入イメージ



[出典] 資源エネルギー庁作成

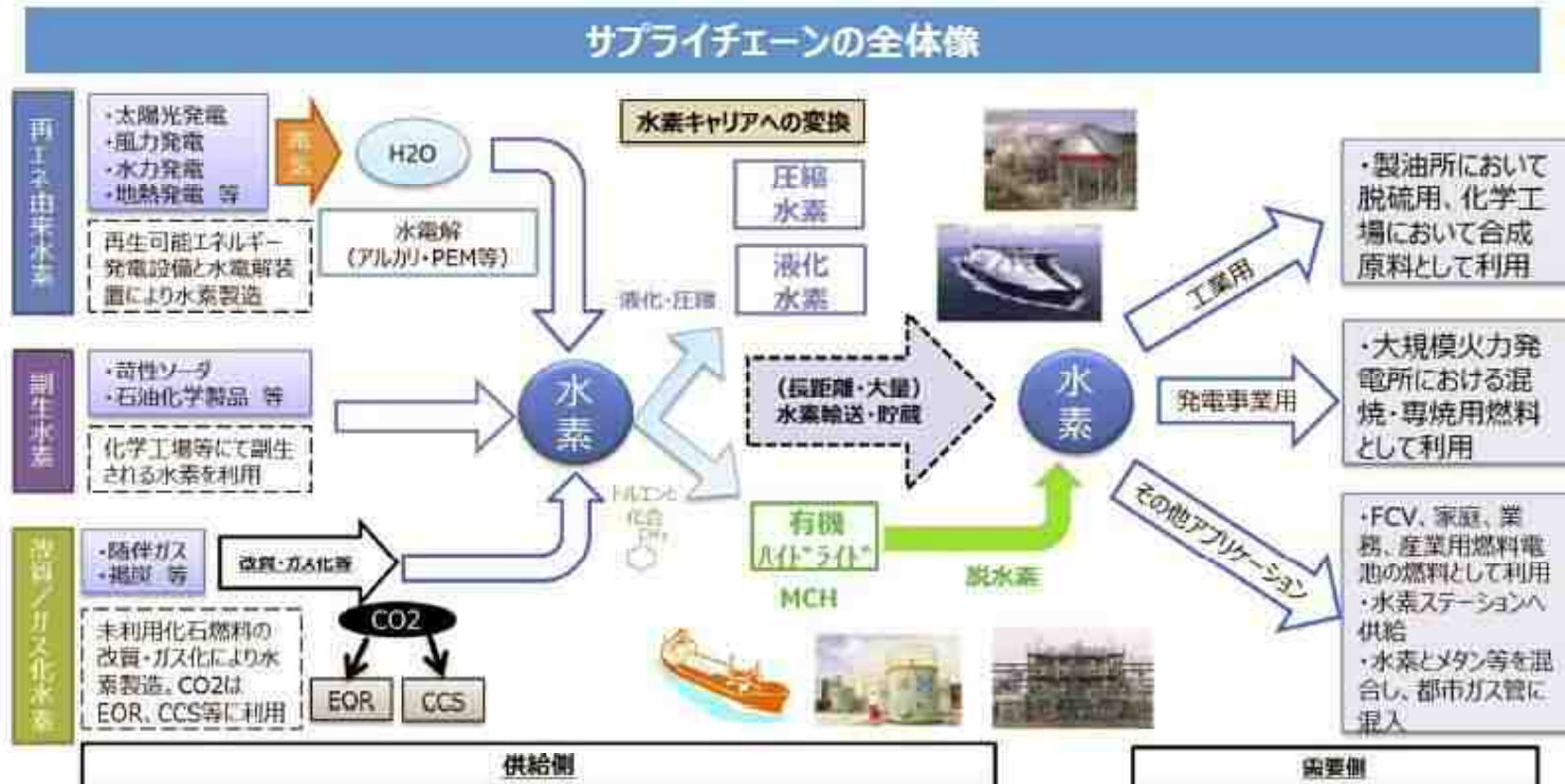
- ✓ 系統の空き容量が10MWの場合に、20MWの発電設備と10MW分の発電容量を吸収可能なPower-to-gas設備を導入するケース。
- ✓ 10MW以上の発電が行われた場合には系統に流さず、水素としてエネルギー貯蔵を行う。

※本書において記載する「余剰電力」とは、「未活用である電力」を指し、FITの10kW未満の太陽光発電に係る「余剰電力（余剰売電）」とは異なる。



【Ⅲ章】水素サプライチェーンの低炭素化

- 水素社会の実現には水素を大量かつ効率的に輸送する技術の開発が不可欠であるが、水素のサプライチェーンの形態は輸送方式に応じていくつかのバリエーションが考えられる。
- フェーズ3においてよりCO2の排出が少ない水素供給構造を実現していくためには、製造段階のみならず、サプライチェーン全体について低炭素化を図っていくことが必要である。



[出典] 資源エネルギー庁作成 (第5回CO2フリー水素ワーキンググループ資料)



【IV章】海外の未利用エネルギーの活用とポテンシャル

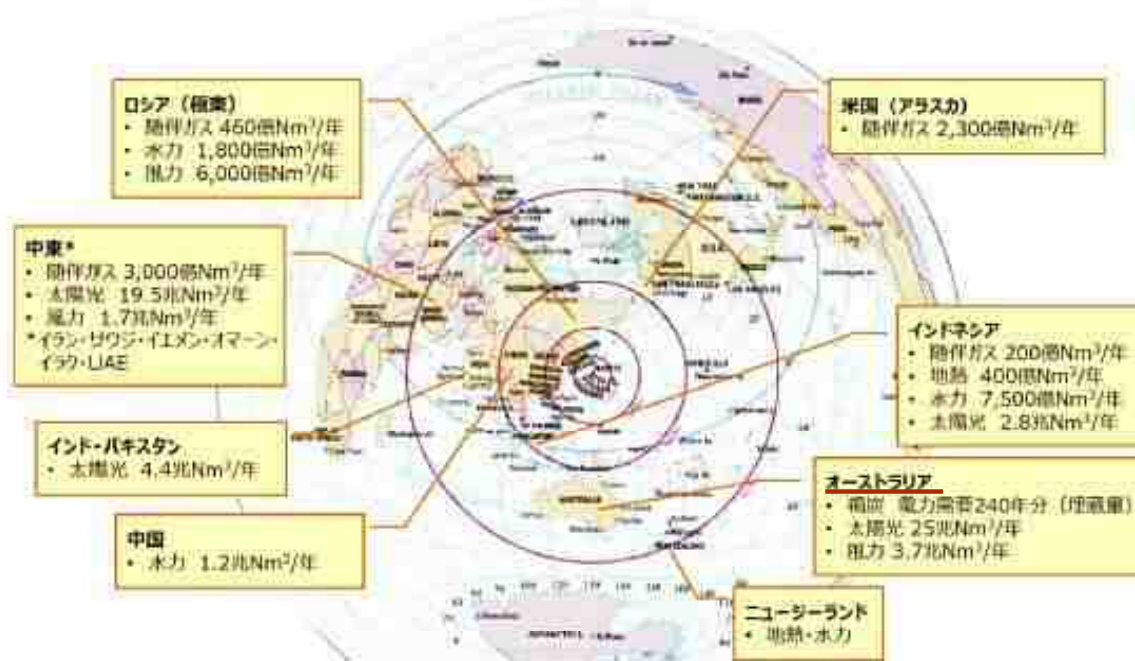
- 民間企業の調査によると、海外には莫大な量の未利用化石燃料や再生可能エネルギーのポテンシャルが賦存すると推定されている。
- LNG技術が天然ガスの価値を飛躍的に高めたように、水素等のエネルギーキャリアはエネルギー資源の地域偏在を解消する潜在性を持っていると考えられ、将来の新たなエネルギー調達の仕組みの実現が期待される。

未利用資源の例

水資源	特徴
副生水素	<ul style="list-style-type: none"> 国内での副生水素は熱源等に自家消費される事例がほとんどだが、海外では有効活用されていないケースも多く存在。 初期投資の抑制が可能。 水素量が目的生産物の生産量に依存し、プラントごとの調達可能量が限定的。
原油随伴ガス	<ul style="list-style-type: none"> 油田に原油随伴ガスの一定量が再圧入されているが、未活用ガスも存在。 燃焼廃棄されているガスの有効活用が可能。 現地での大規模な水素製造装置を設ける費用と期間、及びCO2削減のためにはCCSが必要。
褐炭	<ul style="list-style-type: none"> 可採埋蔵量が豊富で世界各地に賦存するが、水分を多く含み、乾燥させると自然発火する性質を有するため、長距離輸送や貯蔵に不向きであり活用が不十分。 未利用化石燃料の有効活用が可能。 現地での大規模な水素製造装置を設ける費用と期間、及びCCSが必要。
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 現時点の技術水準では水電解による水素製造を想定するが、大量製造技術としては基礎的な研究開発が必要。 再エネの偏在性を吸収する手段として有効であり、製造段階でもCO2フリーとされる。 供給地が偏在し、特に太陽光、風力発電については出力変動を伴う。

[出典] 資源エネルギー庁作成（第6回CO2フリー水素ワーキンググループ資料）

未利用エネルギー賦存量マップ

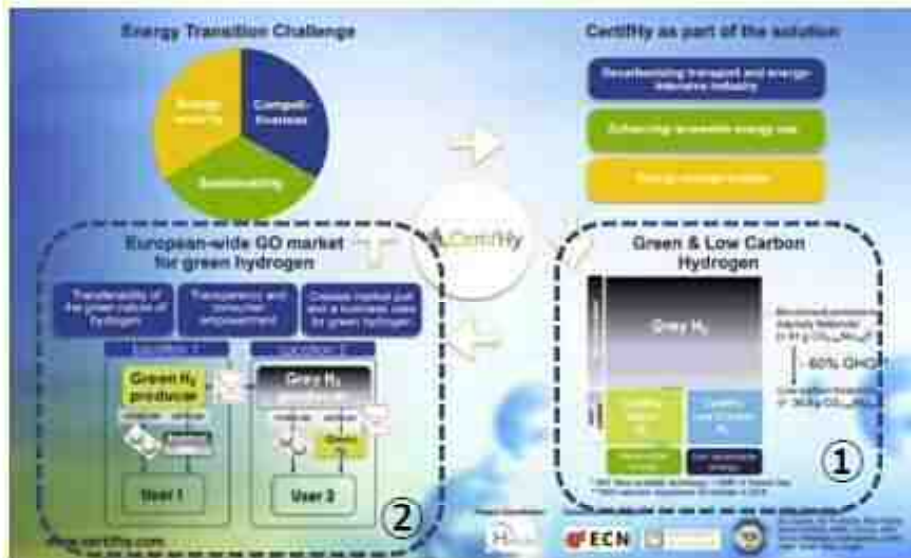


[出典] 千代田化工建設(株)による調査を元に資源エネルギー庁作成



【V章】環境価値取引推進に向けた取組

- 水素は利用段階ではCO₂を排出しないが、製造や輸送の段階まで含めたライフサイクルで見た場合、必ずしもトータルでCO₂フリーとは言えないため、ライフサイクルでのCO₂排出量にも着目した評価が必要と考えられる。
- 「CO₂フリー水素」という呼称は環境価値の高い水素を指すことが想定されるが、日本での統一的な考え方や、CO₂排出量に係る算定方法はまだ存在しない。したがって、水素のCO₂排出量の評価に当たりどのような境界条件を設定し、CO₂フリー水素と呼ぶか、その定義が問題となる。
- 欧州では、“CertifHy Project”により、環境価値の高い水素についての議論が行われ、定義に関する整理が既になされたことを踏まえ、日本でも、水素の環境価値を顕在化し、円滑に取引がなされるよう、CO₂フリー水素の定義について、官民での検討を進めるべきではないか。



[出典] FCHJU webサイトより

① “Green & Low Carbon Hydrogen”の定義

- ✓ 欧州においては、環境価値の高い水素の認証を行うスキームを検討するに当たり、水素製造に係るCO₂排出量について、一定の閾値（36.4g_{CO₂}/MJ_{H₂}）を下回った水素を“Premium Hydrogen”として定義した。
- ✓ なお、この算定に当たっては水素の輸送や各々のプロセスにおいて使用される機器製造に係るCO₂排出量までは評価されていない。

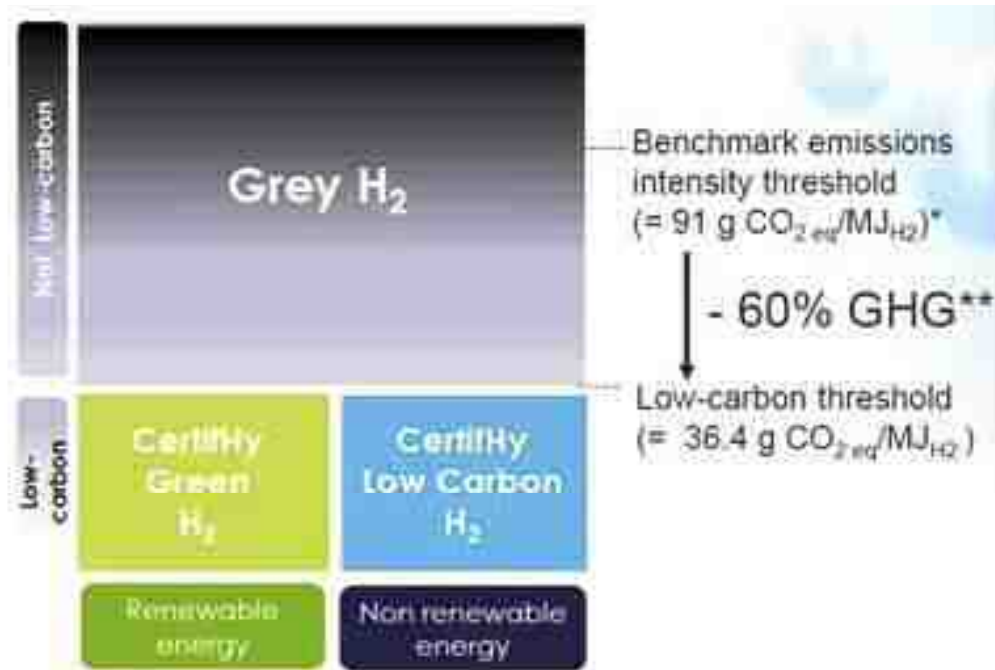
② 証書取引に係るスキーム検討

- ✓ Premium Hydrogenとして認証されると、そのまま環境価値の高い水素として取引できるほか、環境価値を証書の形で分離し、当該証書のみを取引することも可能となる。
- ✓ 認証を受けていない水素（Grey Hydrogen）であっても、この証書を組み合わせることで、Premium Hydrogenと主張することが可能になる。

METI 資源エネルギー庁 CO₂フリー水素WG報告書(概要版)2017 3/10

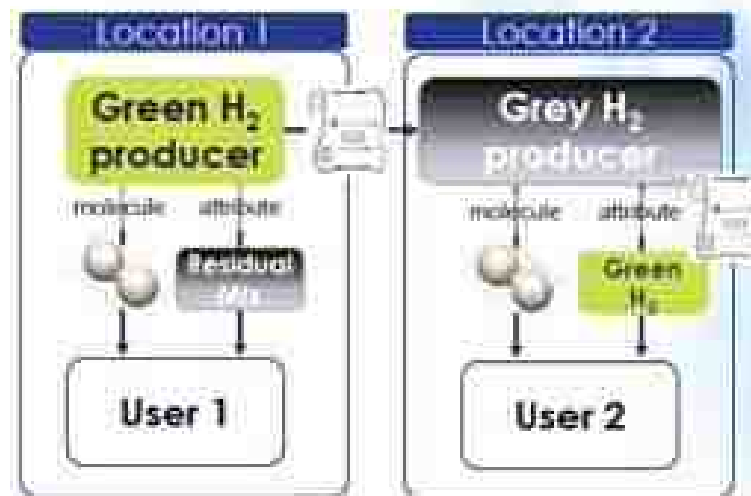
23





* Best Available Technology = Natural gas steam methane reforming
 = ~95% of the provided merchant hydrogen market
 ** cf. RED reduction requirement for biofuels in 2018

After GO transfer

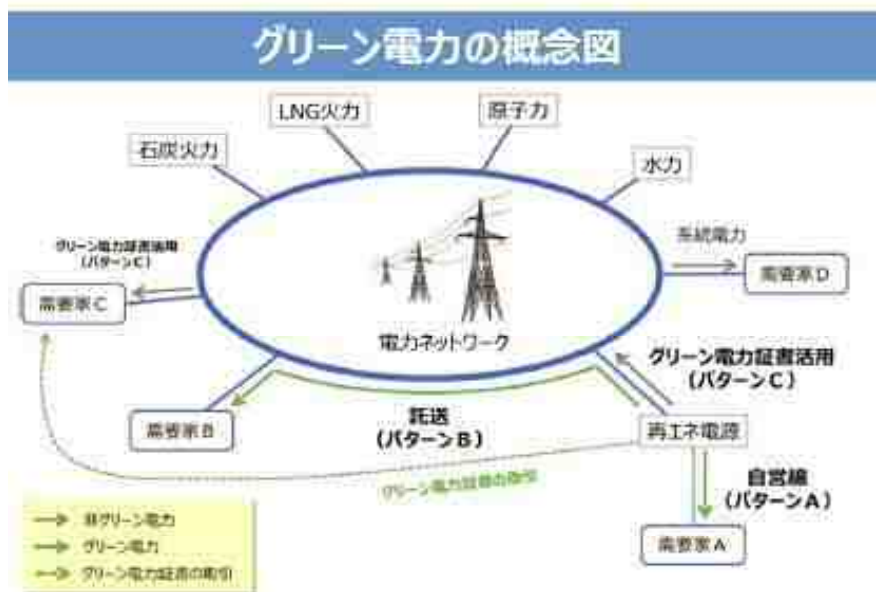


METI CO₂フリーWG 第5回資料
 トヨタ小島、2017 10/25

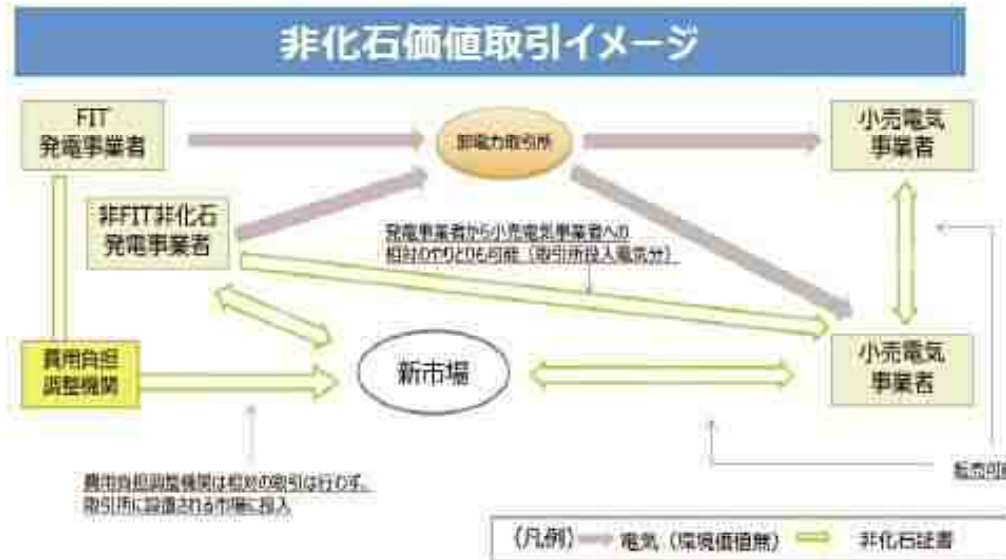


【V章】CO2フリー水素利活用拡大に向けた今後の取組

- CO2フリー水素の利活用拡大に向けては、再生可能エネルギーを活用した水素製造を推進するとともに、①託送供給制度、②グリーン電力証書、③J-クレジット制度等を活用することで量的な課題の解決を図り、CO2フリー水素を広く認知してもらうことが重要になる。
- さらに、CO2フリー水素の持つ環境価値を取引することのできる仕組みが整備されれば、より一層のCO2フリー水素利活用拡大につながると考えられる。
- 「エネルギー革新戦略」では、省エネ法やエネルギー供給構造高度化法を通じて電力分野でのCO2削減目標実現の後押しをすることとしており、こうした制度における水素エネルギーの取扱いについて検討が進むことが期待される。



【出典】資源エネルギー庁作成（第3回CO2フリー水素ワーキンググループ資料）



【出典】電力システム改革貫徹のための政策小委員会 第3回市場整備ワーキンググループ資料



【V章】CO2フリー水素利活用拡大に向けた今後の取組

- CO2フリー水素のバリューチェーンには、分野横断的に様々なプレーヤーが各々の目的に基づき複雑に関与する。CO2フリー水素の利活用を拡大させていくためには、需要の喚起（インセンティブ設計）のみならず、関係するプレーヤーの役割の整理が必要。
- 併せて、地方や離島における余剰電力活用モデル、工業団地等の大規模需要地における利活用モデル、地方の再生可能エネルギーを都市で使うモデル等といった様々なCO2フリー水素の利活用拡大に向けたシナリオも具体的に検討していく必要がある。

CO2フリー水素に係るプレーヤーと取組の方向性

アウトカム	電力グリッド安定化	再生エネルギー拡大	低炭素水素の利用拡大
観点	・FCGシステムが普及していくこと	・電力需要に受け付けられない再生可能エネルギーの活用促進（再生可能エネルギーの活用促進）	・CO2フリー水素の製造、輸送・貯蔵・利用の促進 ・再生可能エネルギーによる水素製造の促進 ・海外からのCO2フリー水素の輸入
プレーヤー			
送配電事業者	調整力としての活用検討を製造する水素はCO2フリー	系統の安定性を高める再生可能エネルギーの導入を許容する仕組みの検討	
再生エネルギー事業者			P2G設備整備で製造する水素の利用方法の検討（地産地消/送電網への輸送）
水素サプライヤー			リサイクルへの低炭素化 輸入水素のCO2フリー化
設備メーカー	調整力として活用可能な水素製造設備の開発。低炭素性+エネルギー変換効率向上+コスト削減	変動再生エネルギーへの対応（蓄電性確保+オーバーロード対応）	
制度面観点	調整力市場（調整力公開リアルタイム市場、容量市場等）の創設検討等	系統の安定性を高める再生可能エネルギーの導入を許容する仕組み	環境価値の高い水素の取組の促進

【出典】資源エネルギー庁作成

想定されるCO2フリー水素導入シナリオ

(a) 地方、離島における再生可能エネルギー余剰電力活用モデル

離島における電力系統は、本島と比較すると小規模であり、なおかつ他の連系線とつながっていないため、再生可能エネルギー発電の出力変動の影響を受けやすい状況にある。Power-to-gas技術の社会実装に当たっては離島が先行事例となる可能性があり、離島における水素需要や島外に輸送する場合のコスト等を踏まえた分析を行っていくことが必要である。

(b) 工業団地等の大規模需要地における再生可能エネルギー・水素利用モデル

工場や空港などエネルギー需要の大きいエリアでは、水素を用いたエネルギーシフトや、ボイラやフォークリフトといった熱・燃料需要に対してCO2フリー水素を活用するモデルが想定される。

また、苛性ソーダ等の製造過程で発生する副生水素には、大気放出される、あるいは単独に燃やされているような未利用の水素も存在すると考えられる。こうした副生水素を活用することで、将来的なCO2フリー水素の利活用拡大につながると思われる。

(c) 地方の再生可能エネルギーを都市で使う将来モデル

将来的に再生可能エネルギーとPower-to-gas技術が十分に導入された社会では、再生可能エネルギーのポテンシャル高い地域において大量の水素を製造し、水素需要の大きい都市部へと輸送することで、国内における水素供給構造をより低炭素なものにすることが可能となるのではないかと考えられる。



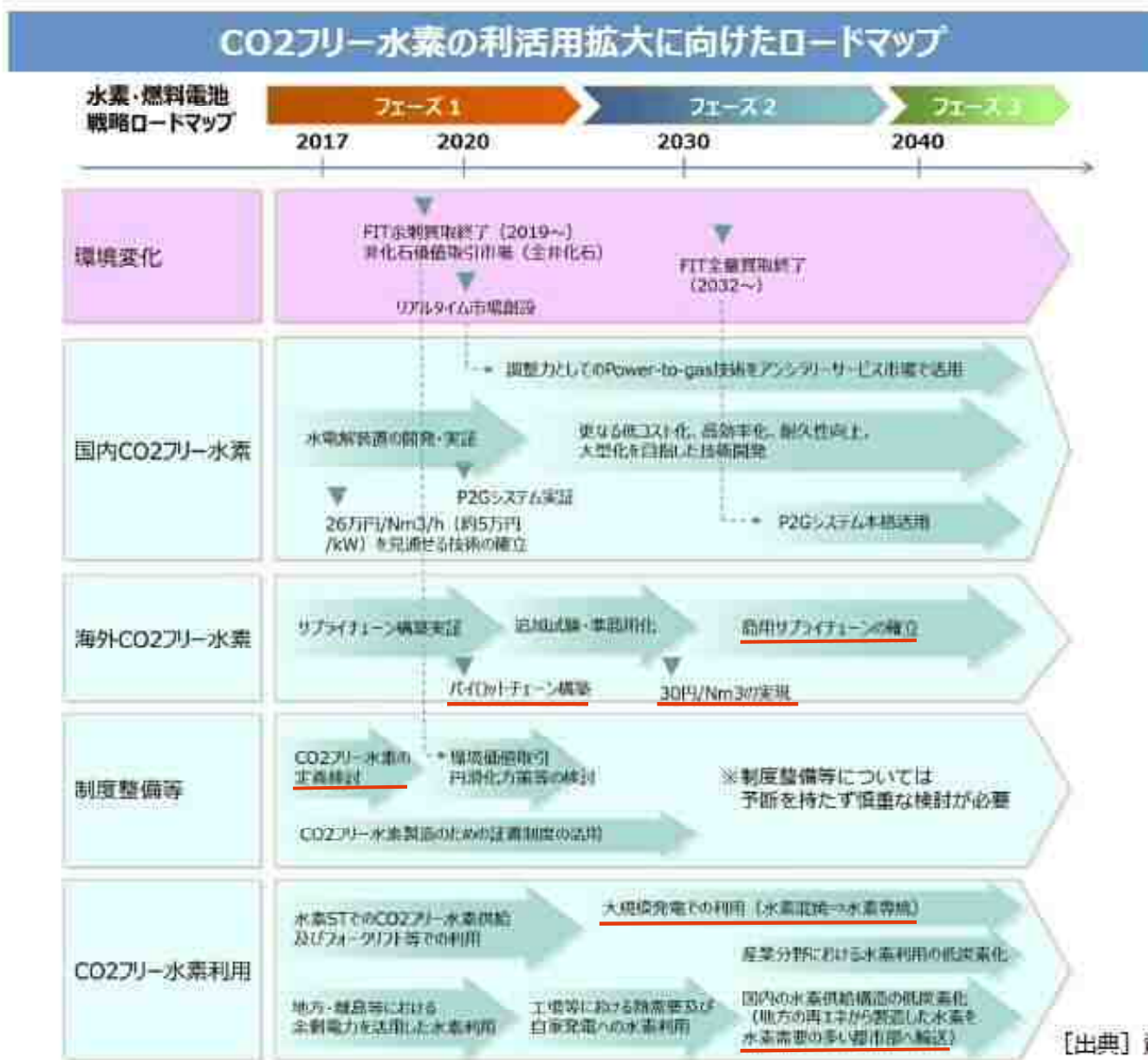
【VI章】今後の課題と取組の方向性

- 技術と制度の観点から、今後更なる検討が必要な事項を以下の通り整理した。

技術面	<ul style="list-style-type: none">・ 調整力として利用可能なPower-to-gasシステムの実現・ 水電解装置について、①エネルギー変換効率の向上、②コストの低減、③耐久性の向上を目指した技術開発・ 水電解システムのコストとして26万円/ (Nm³/h) (約5万円/kW) を見通すことのできる技術の確立
制度面	<ul style="list-style-type: none">・ <u>CO2フリー水素の定義と制度化に向けた詳細設計</u>・ <u>水素の製造から利用までのCO2排出量の評価方法 (LCA) と認証スキームの構築</u>・ <u>水素の持つ環境価値が取引可能なスキームの構築 (省エネ法、エネルギー供給構造高度化法等)</u>・ <u>系統空き容量を超える再エネ発電設備を導入する仕組みの構築</u>
その他	<ul style="list-style-type: none">・ 燃料・熱・産業利用など、低炭素化のポテンシャルを踏まえたCO2フリー水素のさらなる応用分野の拡大・ CO2フリー水素の普及拡大に向けた技術・制度の両面での国際的イニシアティブの発揮



【VI章】今後の課題と取組の方向性



METI 資源エネルギー庁 CO2フリー水素WG報告書(概要版)2017 3/10 28



福島新エネ社会構想

- イノベーション・コースト構想における再生可能エネルギー等のエネルギー分野における取組を加速し、その成果も活用しつつ、福島復興の後押しを一層強化するべく、福島全県を未来の新エネ社会を先取りするモデルの創出拠点とすることを旨とする。（2016年9月7日／福島新エネ社会構想実現会議）

イノベーション・コースト構想

エネルギー関連産業プロジェクト

再エネの導入拡大

- 産総研福島再エネ研究所
・2014年4月開設、郡山市
- 福島浮体式洋上風力
・2013年に2MW、2015年に7MW基を設置・稼働、2016年中に5MWを設置
- 再生可能エネルギー導入支援
・FITに加えて設備導入を支援（2014年度補正:92億円）
- 系統用大型蓄電池実証
・東北電力南相馬変電所（2016年2月運転開始）

水素社会実現のモデル構築

- 水素キャリア（MCH）に関する基盤技術研究
・産総研福島再エネ研究所（2014年～）

スマートコミュニティの構築

- 復興まちづくりのためのスマートコミュニティ形成プロジェクトの実施

取組加速化
成果活用

新たな
取組
の展開

福島全県を未来の新エネ社会を先取りするモデル拠点

- 各省予算プロジェクトの福島での集中実施
- 福島発の技術、モデルの国内外への発信
・在京外交団の視察ツアー、水素関連国際会議の開催

再エネの導入拡大

～更なる導入拡大に向けた送電網の増強等～

- 阿武隈、双葉エリアの風力発電のための送電線増強
→2017年3月に送電事業会社が設立。
2017年度より、詳細設計、送電網の敷設工事を開始。

水素社会実現のモデル構築

～再エネから水素を「作り」「貯め・運び」「使う」一貫モデルを創出～

- 再エネを活用した大規模水素製造（世界最大1万kW級）
→2016年9月末に、実証を実施する候補企業を選定。
現在、候補企業がFS調査実施中。（夏頃に調査取りまとめ）
- 次世代の水素輸送・貯蔵技術の実証（東京2020オリパラ競技大会期間中の活用）
- 水素利用の拡大
・水素ステーション整備の支援、FCV、FCバス、FCフォークリフトの導入拡大

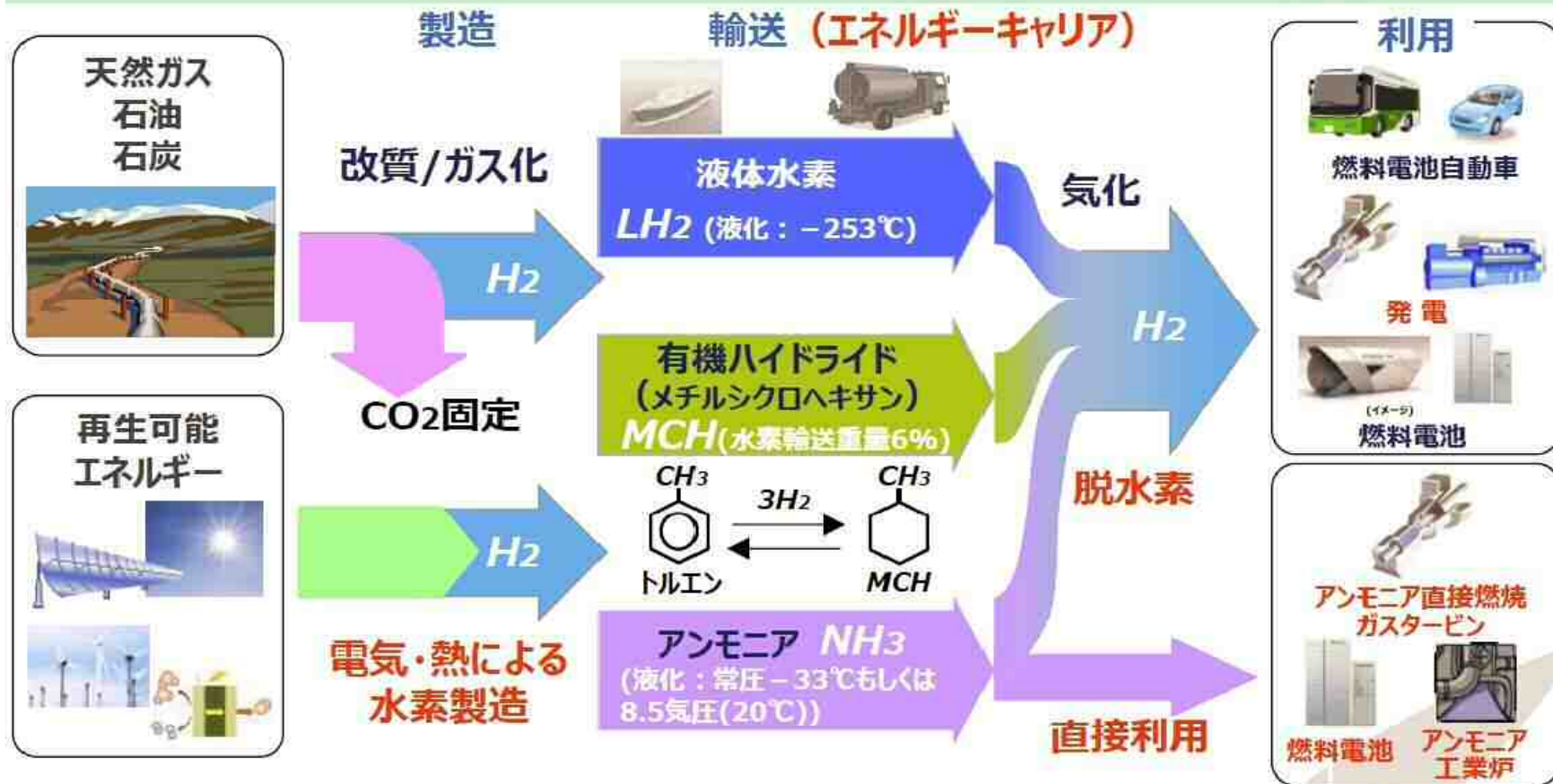
スマートコミュニティの構築

～再エネ・水素活用による復興まちづくりを後押し～

- CO2フリー水素タウンのモデル創出
- 全県大への展開（FS調査の実施）
→楢葉町、新地町、相馬市においてマスタープランが完成。
浪江町でも2017年夏目処でマスタープランを策定予定。



計画の概要～「エネルギーキャリア」課題の取組み～ 〈CO₂フリー水素バリューチェーンの構築〉



- 水素は様々なエネルギー源から製造可能で、燃料にも電気にもなる。
 (大幅なCO₂排出削減が可能)
- 水素は低熱量の気体であり、運搬・貯蔵が困難。水素を大量輸送する技術
 (エネルギーキャリア) や水素をエネルギー源として利用する関連技術の開発が重要。

村木茂、エネルギー・資源学会 2016 2/2



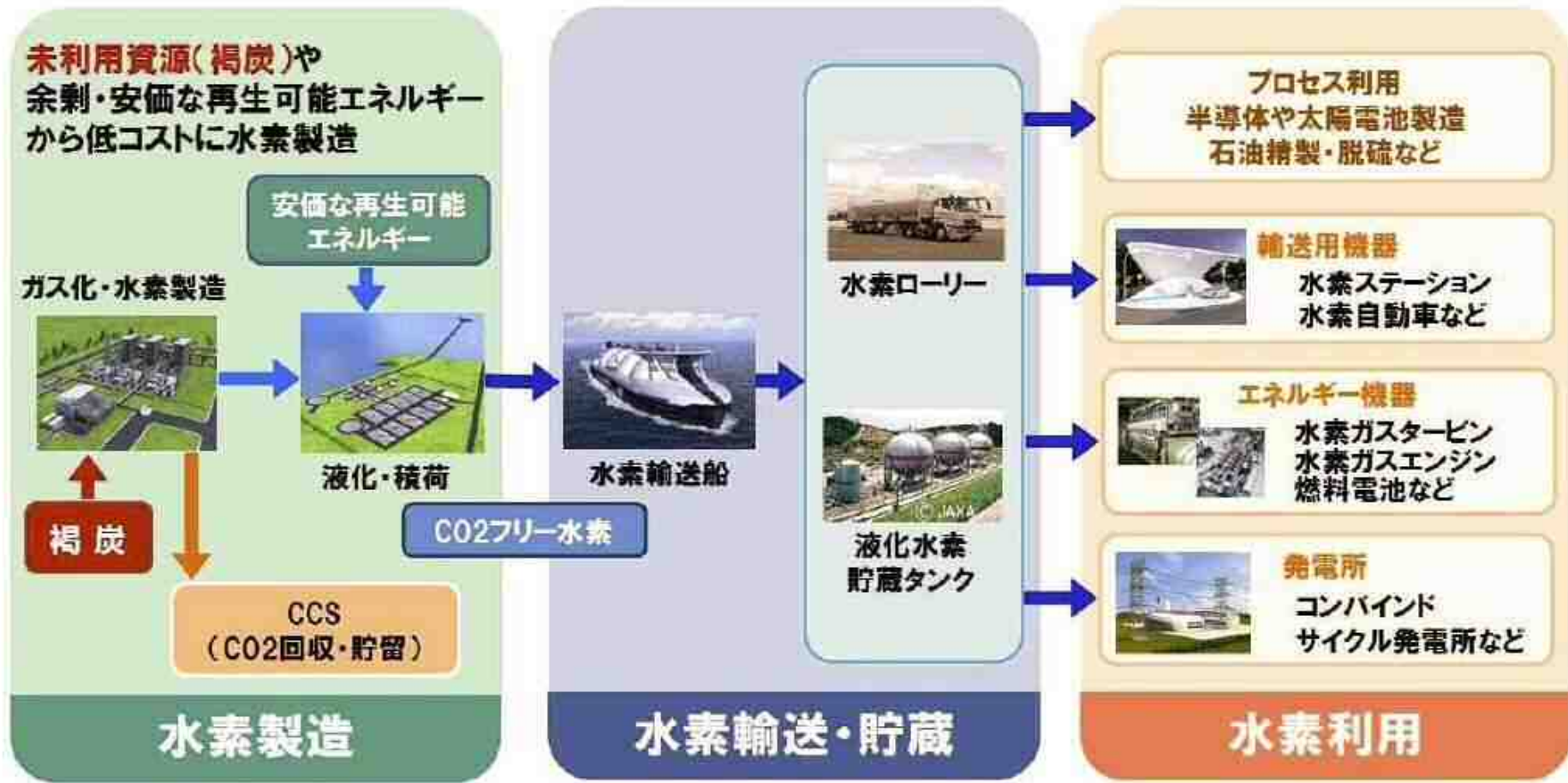
海外のCO₂フリー水素 (液体水素輸送の例)



— CO₂の排出を抑制しながらエネルギーを安定供給 —

資源国 (豪州)

利用国 (日本)



豪州の褐炭の分布



褐炭採掘現場(露天掘り)



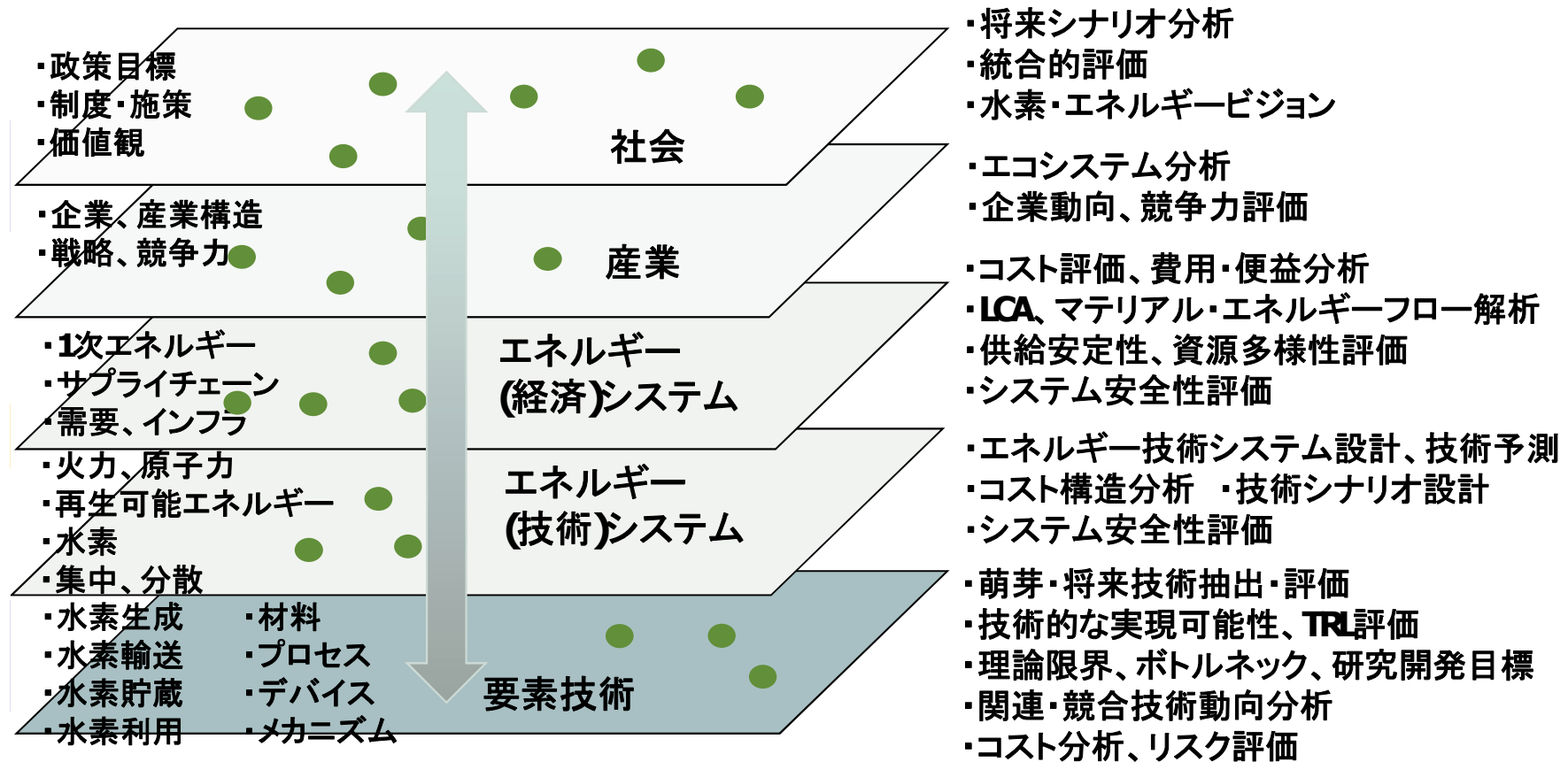
水素プロジェクトの展開



西村元彦、東工大グローバル水素コンソーシアム 第6回ワークショップ 2017 6/26 33

技術開発シナリオの作成（産総研・エネ総工研・東工大）

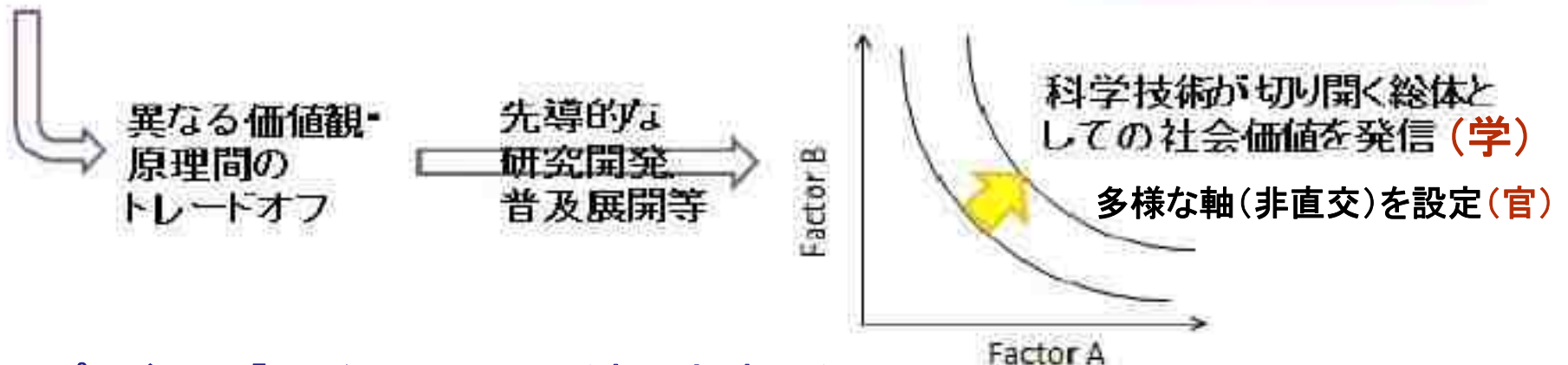
- マクロ分析と多様な評価軸分析による水素エネルギーの位置づけの明確化
- ケーススタディーによる具体的導入形態の例示と、開発中の技術の位置づけの明確化
- ケーススタディーと技術の将来予測による強化すべき領域の例示



水素エネルギー社会により形作られる多様な社会価値

水素エネルギーの社会的価値に着目した体系的なレビューを実施

- ✓ 気候変動等のグローバルな環境問題解決への貢献 Environmental safeguard
- ✓ グリーンな排気ガス等のローカルな環境問題解決への貢献
- ✓ 電力・エネルギー価格の低廉化への貢献 Economic efficiency
- ✓ 再生可能エネルギー由来のエネルギー貯蔵等の電力の安定供給 Energy security
- ✓ エネルギー資源の多様化等によるエネルギー安全保障
- ✓ エネルギーシステムの安全性 Safety
- ✓ 水素エネルギーに関する新たな産業創造による経済成長 Industrial development
- ✓ 日本が強みを有する技術の海外展開による国際的貢献 International contribution



NEDOプロジェクト「トータルシステム」(東工大・梶川)

まとめ

1. 水素導入の本質的意義は、将来的には大量導入されて、地球環境保全やエネルギーセキュリティに、十分な量的寄与が出ることであり、グローバルな視点で議論することが重要である。
2. 燃料電池以外の多様な水素利活用技術を含め、エネルギーキャリアとしての水素の優れた特徴と、水素エネルギー社会の多様な社会的付加価値を正しく評価することが重要である。
3. 国内の再生可能エネルギー起源CO₂フリー水素の導入拡大に向けて、P2G技術の確立・コストダウンと導入促進のための制度上の仕組みづくりが急務である。さらに、地域活性化への貢献が期待されている。
4. 大量水素導入に向けて、海外の未利用エネルギーを水素に変換して日本に輸送するグローバルなスケールでのCO₂フリー水素サプライチェーンの構築と水素発電の実用化が重要である。
5. 水素社会の実現には、水素社会のイメージを正しく把握し、個別技術開発から全体システムの成立性、社会システムとの融合、国際連携を踏まえて、長期的な視点に立った具体的な戦略が必要である。
6. 愛知県の先導的な低炭素社会づくりへの取り組みに期待する。