

水素社会実現に向けた動向と国際連携

- 再生可能エネルギー起源CO₂フリー水素の役割 -

岡崎 健

Ken OKAZAKI

東京工業大学 特命教授(名誉教授)

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

平成29年度エネルギー・鉱物資源に関する

在外公館戦略会議、外務省

2018年2月19日(月)



説明内容

1. 水素社会実現に向けた意義と課題

- ・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
- ・取り組みの方向性

2. 日本政府の政策、国際動向

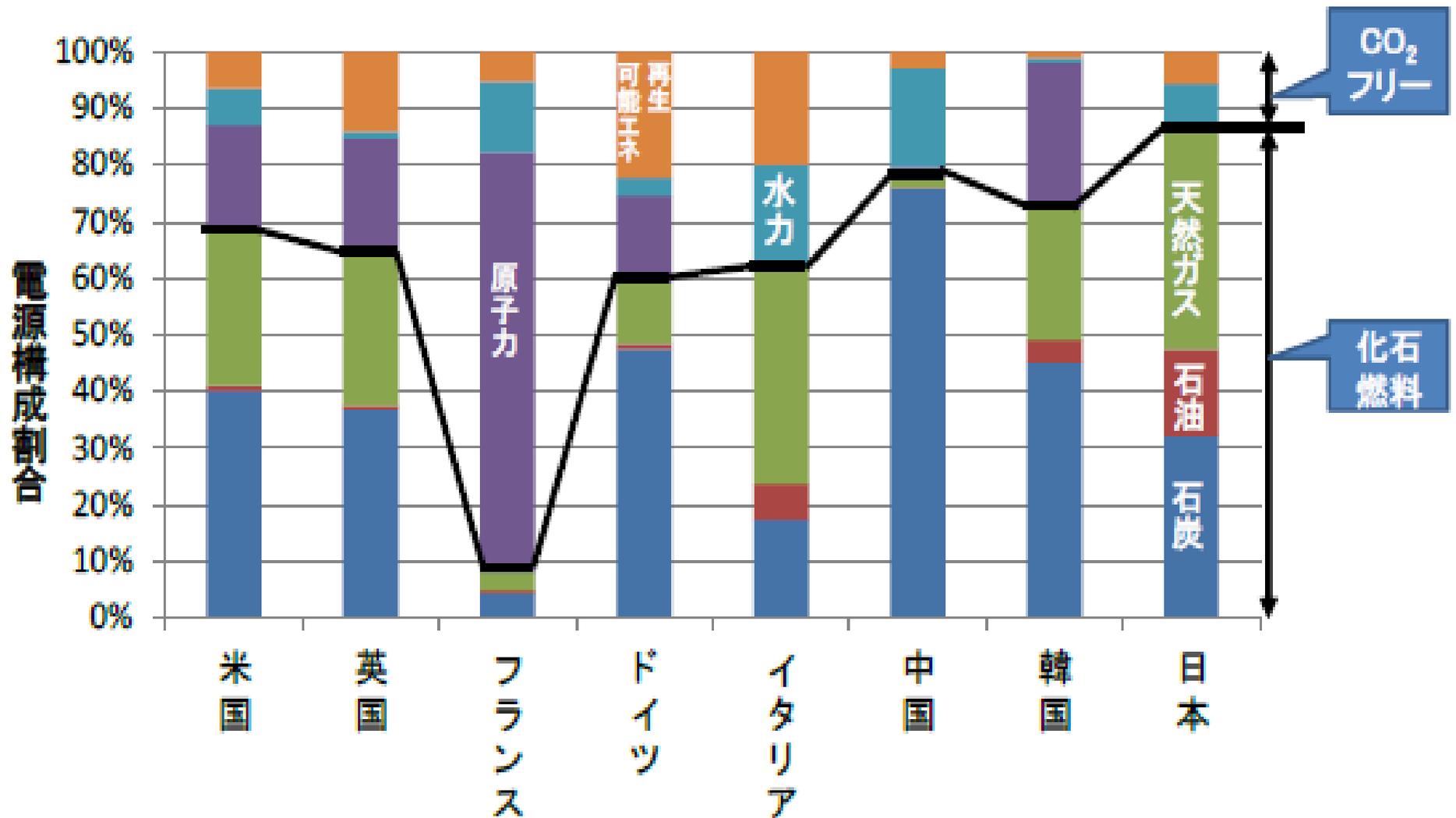
- ・水素基本戦略(再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 2017.12/26)
- ・外務大臣スピーチ(国際再生可能エネルギー機関(IRENA)第8回総会 2018.1/14)
- ・水素エネルギー導入シナリオ・ロードマップ
- ・国際連携(Hydrogen Council)

3. 水素利活用の展開

- ・再生可能エネルギー由来CO₂フリー水素の普及拡大(P2G)
- ・福島新エネ社会構想－水素社会実現への試金石
- ・業務・産業用燃料電池の市場への展開

4. 海外未利用エネルギー由来CO₂フリー水素の大量導入

- ・多様なエネルギー資源によるエネルギーセキュリティーの確保
- ・エネルギーキャリアの選択と棲み分け



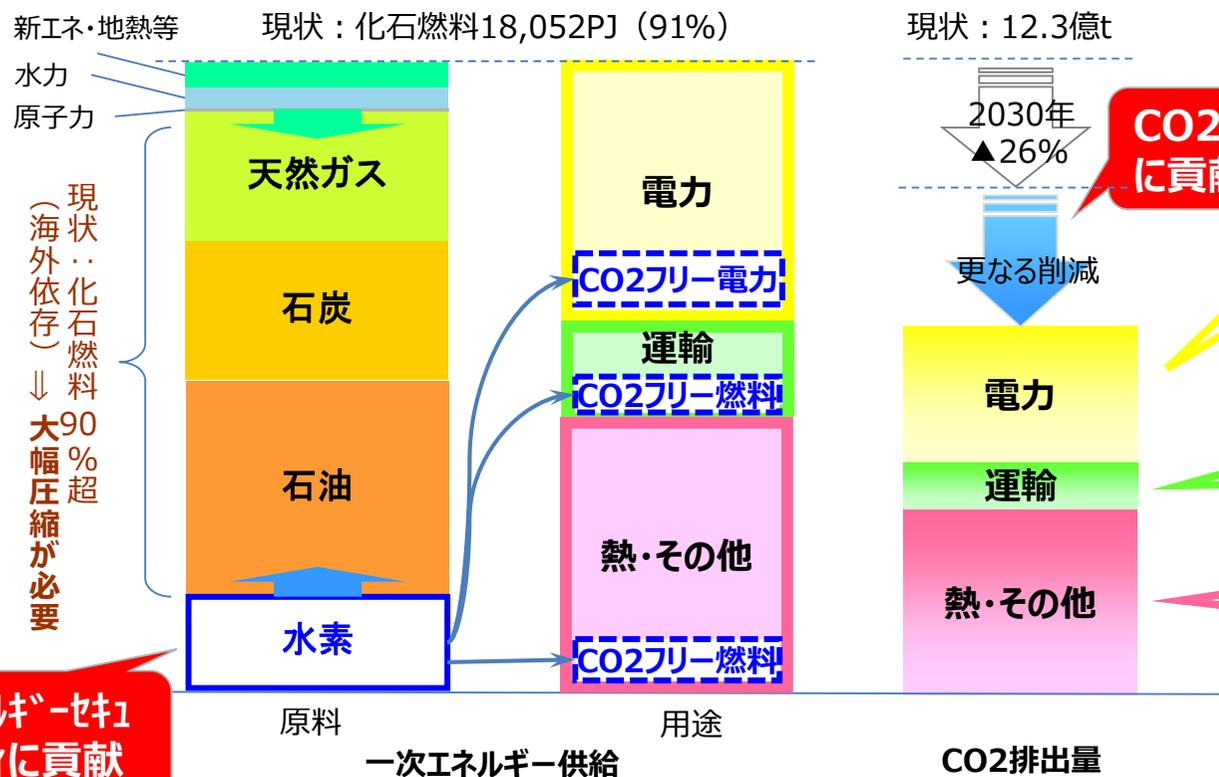
出典： 経済産業省資源エネルギー庁エネルギー白書2015

主要国の電源構成割合 2012年実績

水素エネルギー利用の意義・エネルギー政策上の位置づけ

- 水素エネルギー利用は、90%以上の一次エネルギーを海外化石燃料に依存する日本のエネルギー供給構造を多様化させ、大幅な低炭素化を実現するポテンシャルを有する手段。
- ✓ 化石燃料を水素に代替することによるエネルギー源の多様化・エネルギーセキュリティの向上
- ✓ 水素発電やFCV、産業分野での水素利用（熱、プロセス）によるエネルギー利用の低炭素化

水素による一次エネルギー供給構造変革とCO2排出削減



水素利用の方向性

- 水素発電による火力電源の低炭素化
- 再エネ大量導入に必要なとなる変動吸収・電力貯蔵
- 運輸部門のCO2排出量の大半(85%)を占める乗用車・貨物車の低炭素化
- 産業分野等での熱利用・プロセスの低炭素化（鉄鋼、石油精製等）

エネルギーセキュリティに貢献

現状・化石燃料
(海外依存) ↓ 大幅圧縮が必要
90%超

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ーと地球環境保全に対する十分な**量的寄与**

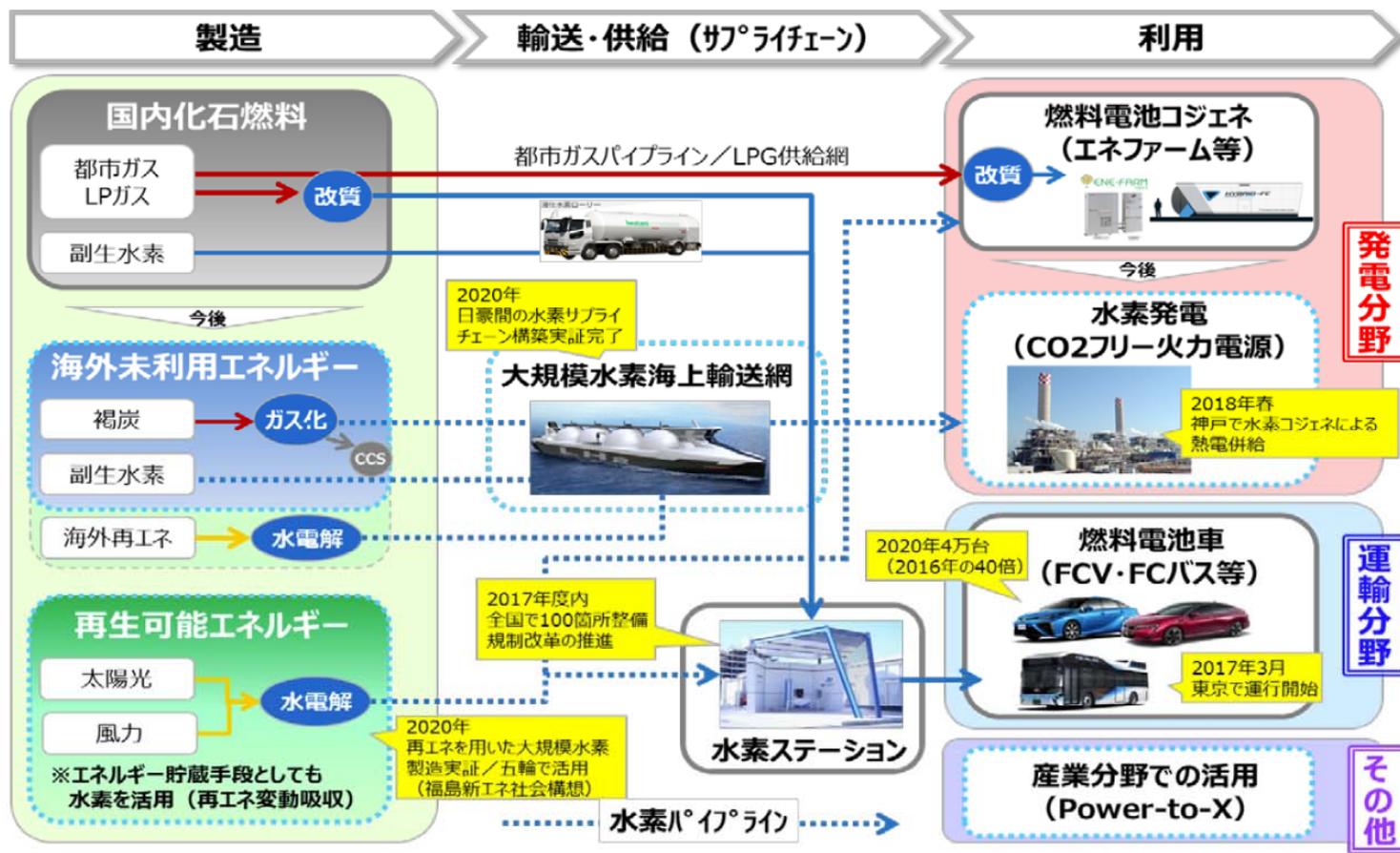
2. 水素社会実現のための論点

- ・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**・・・)
 - 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)
- ・水素社会実現の意義は、EVかFCVか といった次元の話ではない。
- ・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

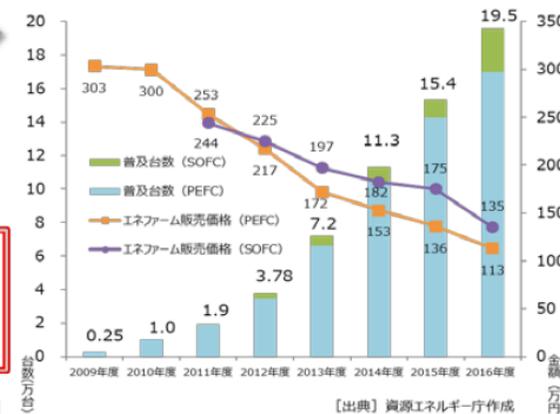
経済と環境の両立：水素社会の実現に向けた取組の方向性

- 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)

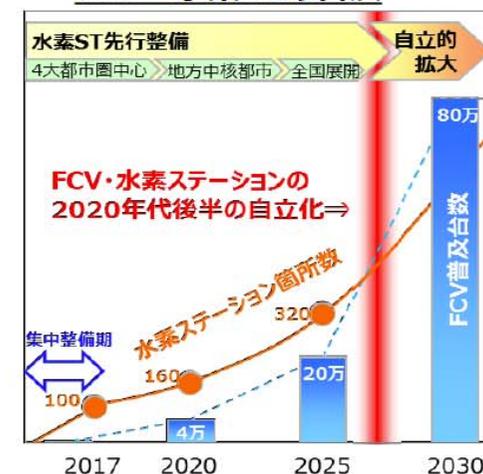
フェーズ1:FCV・水素ステーション、エネファーム等の利用拡大 (現在～)
 フェーズ2:水素発電の本格導入／大規模な水素供給システムの確立 (2030年頃)
 フェーズ3:トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立 (2040年頃)



エネファームの普及



FCV・水素STの普及



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

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。

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

『・・・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

7



2050年を視野に入れ、将来目指すべき姿や目標として官民が共有すべき大きな方向性・ビジョンを示すもの

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／自給率

- 一次エネルギー供給の約94%を海外化石燃料に依存。自動車は燃料の98%が石油系、うち約87%を中東に依存。
- エネルギー自給率は6~7%で低迷。OECD34か国中2番目に低い水準。

(2) CO2排出制約

- 30年度、13年度比26%減（05年度比25.4%減）が目標。
- パリ協定を踏まえ、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

- 水素は、**再エネ含め多様なエネルギー源からの製造・貯蔵・運搬が可能**。特定のエネルギー源に依存しない多様な構造に変革。

(2) 電力、運輸、熱・産業プロセスのあらゆる分野の低炭素化

- 水素は利用時にCO2を排出しない。製造段階でのCCSや再エネの活用で、**トータルでCO2フリー**のエネルギー源に。
- 燃料または燃料電池との組合せであらゆる分野での究極的な低炭素化が可能。

(3) 3E+Sの観点からの意義

- **水素社会の実現は手段**。水素社会を実現することで3E+Sの達成を目指す。

(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

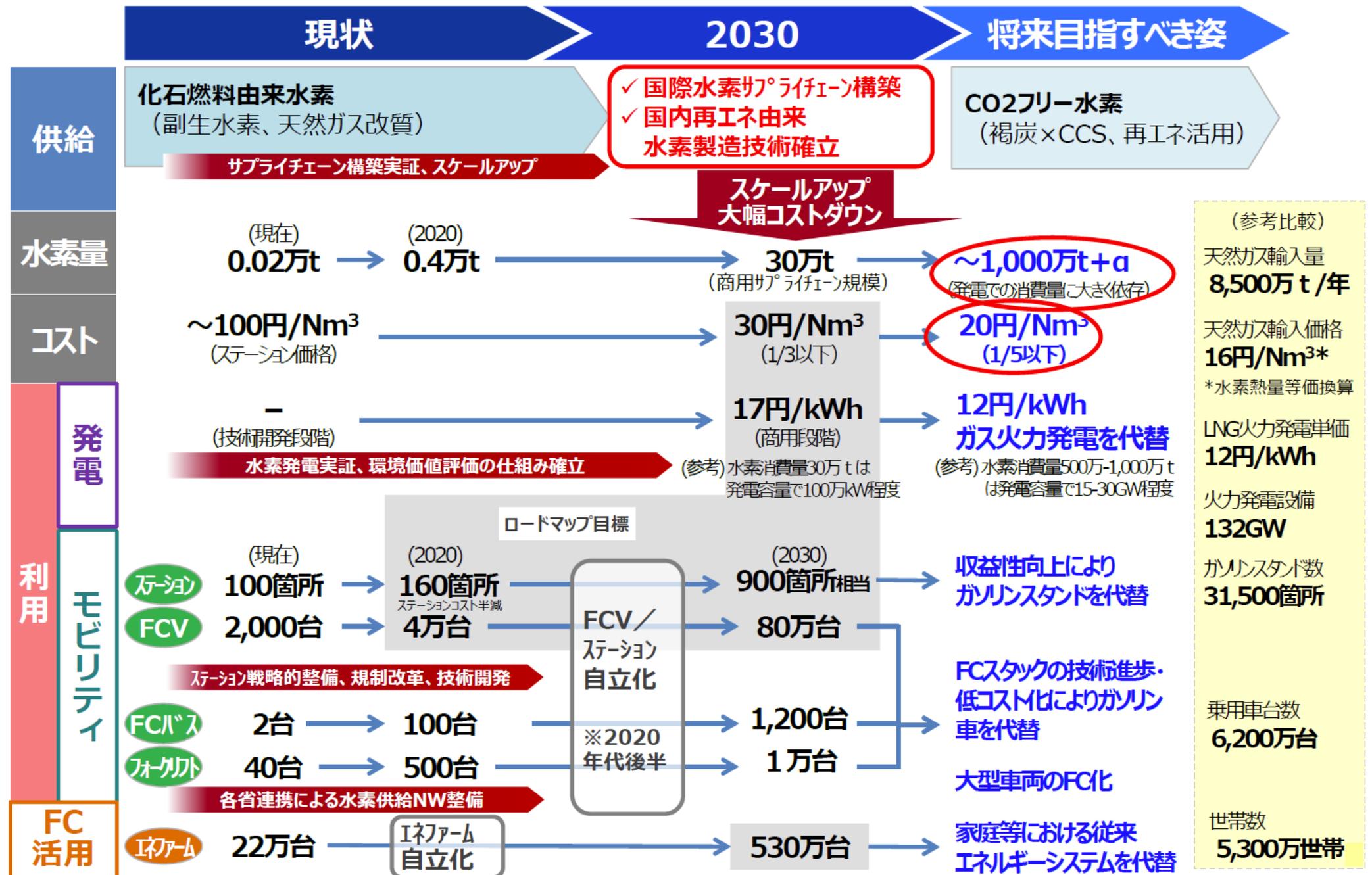
- **日本の水素技術を海外展開**し、世界の低炭素化を日本がリード。

(5) 産業振興・競争力強化

- 日本の水素・燃料電池技術は世界最高水準。国内外での積極展開により、**新たな成長産業の一つ**に。

(6) 諸外国における水素の取組を先導

- グローバルな動向を常に把握し、**日本が世界の水素社会実現のトップリーダー**に。



グローバル企業の動き Hydrogen Council



Supported by Hydrogen Europe & FCHEA.

- エネルギー・運輸・製造業の世界的なリーディングカンパニー13社で構成する **Hydrogen Council**（水素協議会）が発足
- 水素を利用した新エネルギー移行に向けた共同のビジョンと長期的な目標を提唱する **グローバル・イニシアチブ**（活動体）
- 水素がエネルギー移行にもたらす役割の認識のもと、政府や主要なステークホルダーとともに、**効果的な実行計画を作り出すことを目指す**

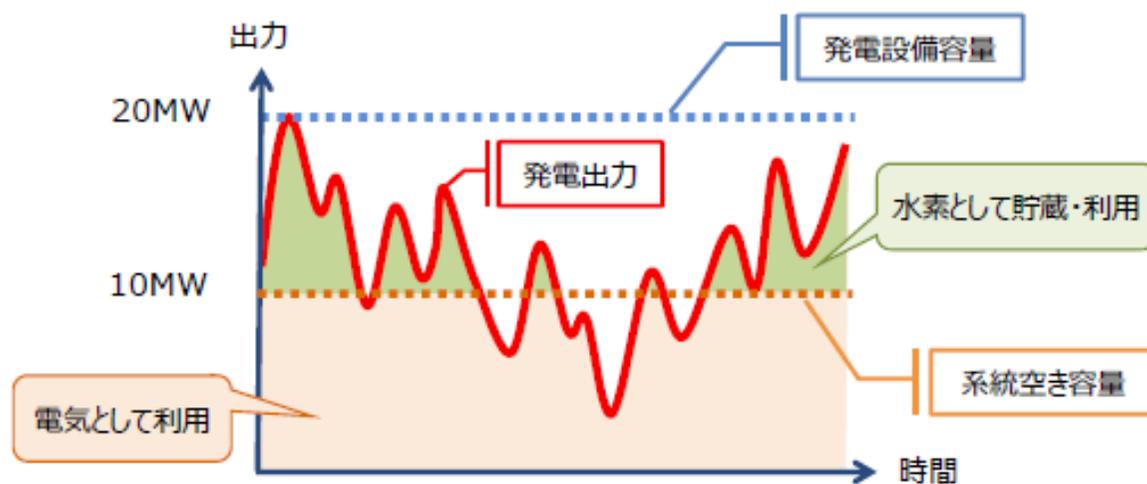
西村元彦(KHI) 東工大 グローバル水素エネルギーコンソーシアム 第6回ワークショップ 2017 6/26 10



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、局所的なシステムの容量不足や、システム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

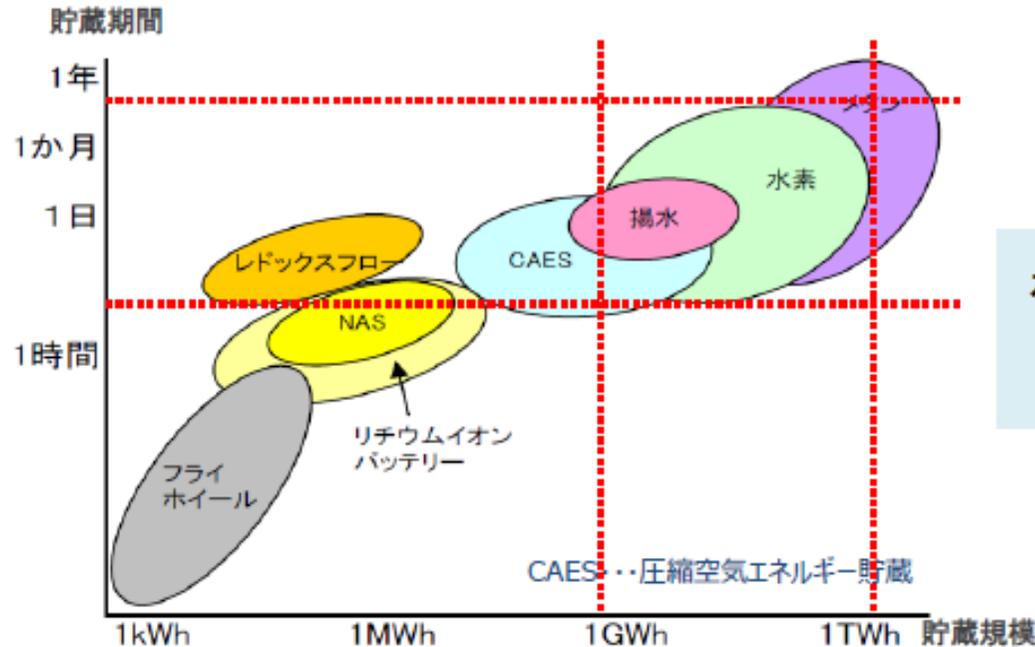
- ✓ 系統の空き容量が10MWの場合に、20MWの発電設備と10MW分の発電容量を吸収可能なPower-to-gas設備を導入するケース。
- ✓ 10MW以上の発電が行われた場合には系統に流さず、水素としてエネルギー貯蔵を行う。

※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。

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

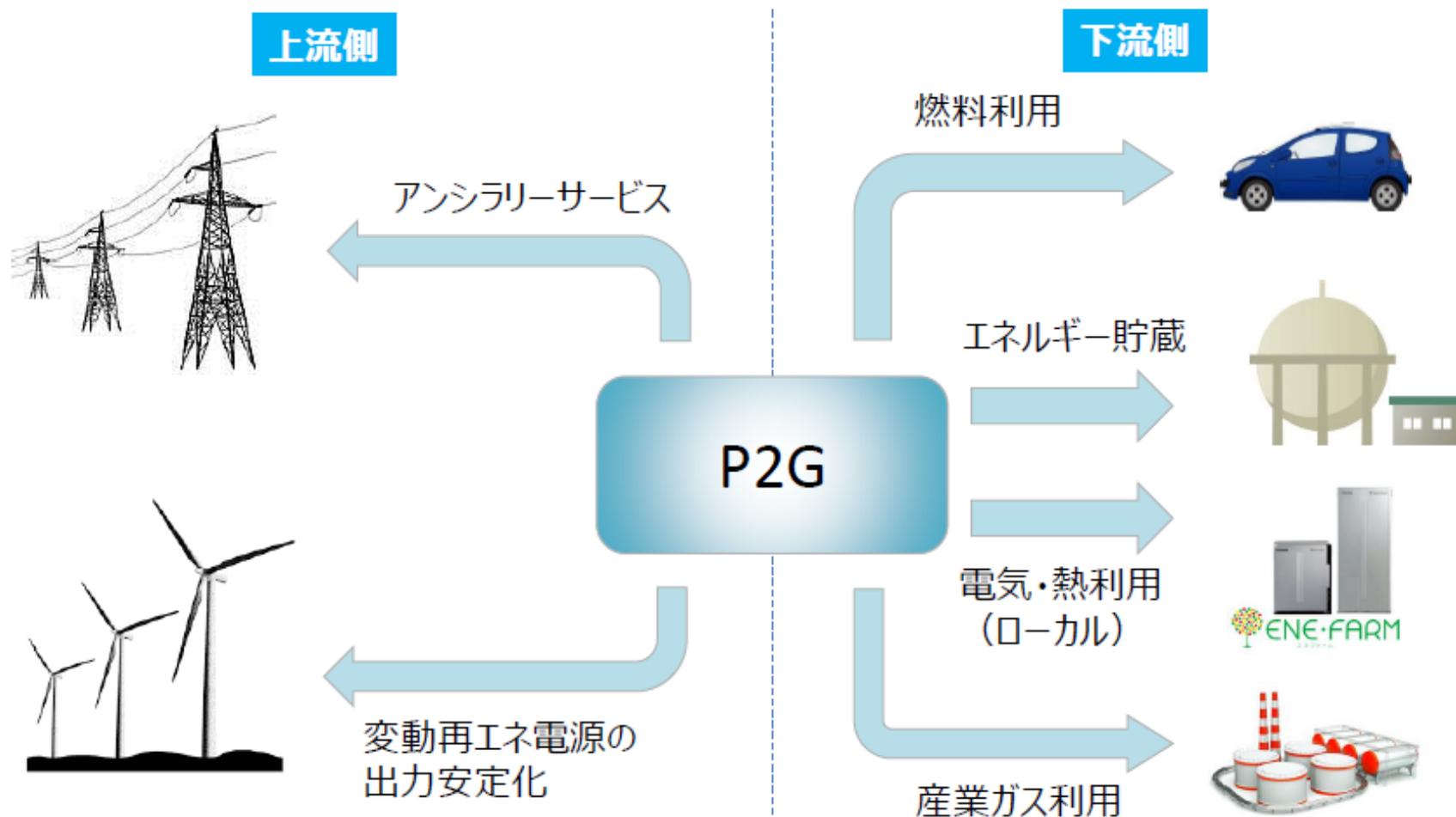
- ・大規模かつ長期のエネルギー貯蔵で有利
- ・地形や地質など、環境条件による影響小

全固体電池へ(東工大-トヨタ)

[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

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。

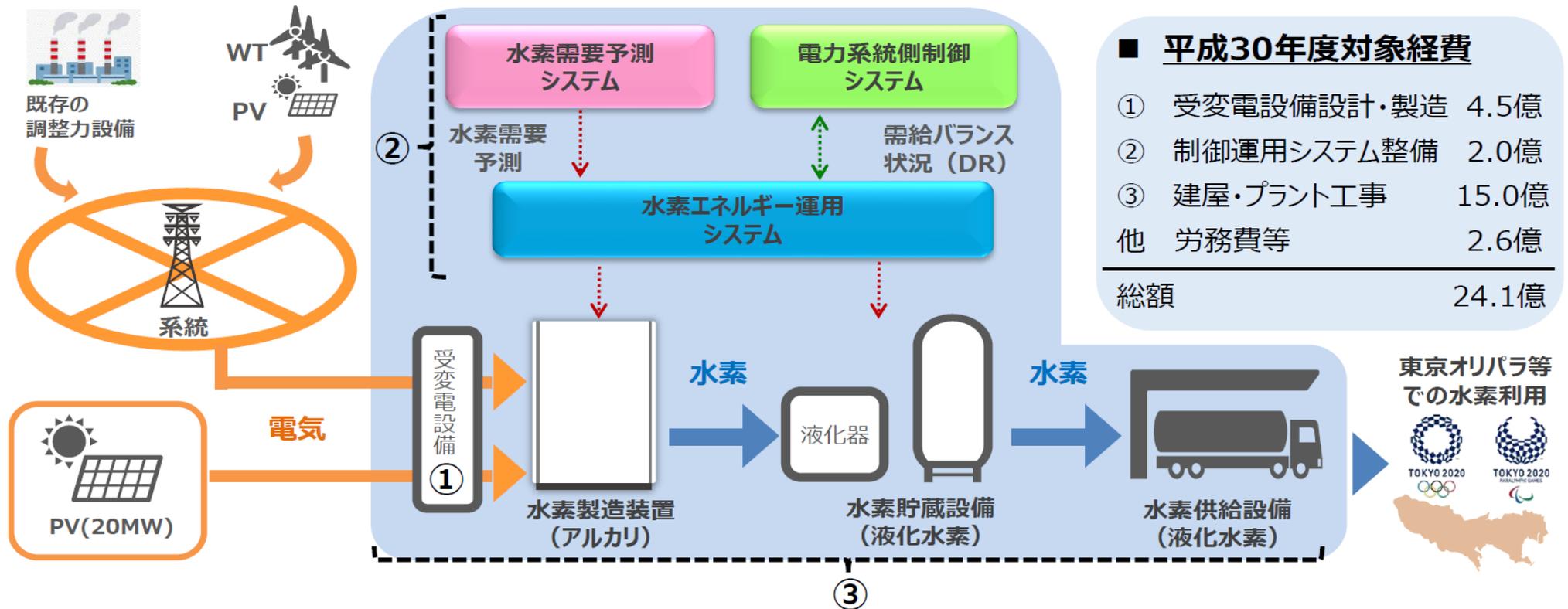


資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 CO2フリー水素WG 第3回資料 2016.8.9



- 水素は利用段階ではCO2を排出しないクリーンなエネルギー。製造時に再エネを活用すること等により、製造から利用まで、トータルでCO2フリーとすることが可能。また、余剰再エネが生じた場合に、水素に変換し、貯蔵・利用することで、再エネの有効活用が可能。
- 福島新エネ社会構想に基づき、福島県浪江町において2017年8月から大規模水素製造実証事業を実施。世界最大級となる1万kWの水電解装置により再生可能エネルギーから大規模に水素を製造し、福島県内のみならず、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の際にも活用することを目指す。

実証の概要



■ 平成30年度対象経費

① 受変電設備設計・製造	4.5億
② 制御運用システム整備	2.0億
③ 建屋・プラント工事	15.0億
他 労務費等	2.6億
総額	24.1億

資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 山影雅良、東工大水素シンポ 2017.10.16

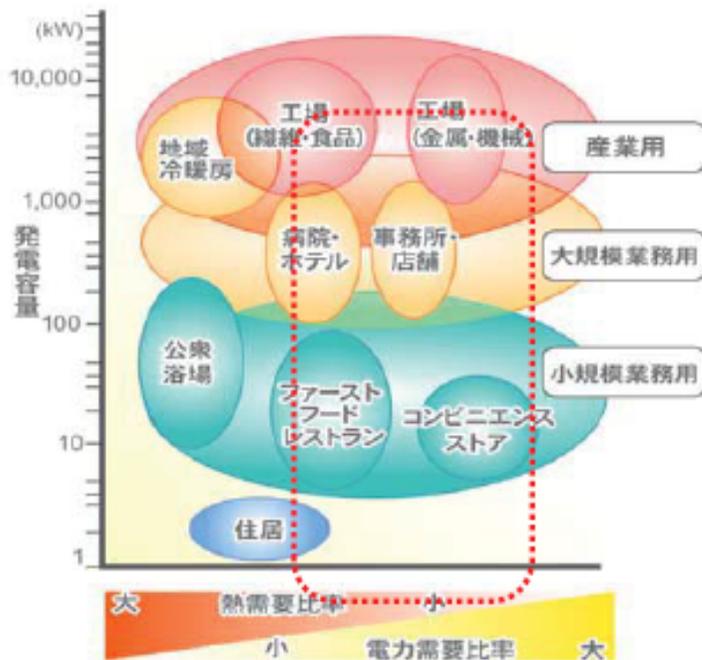


業務・産業用燃料電池の市場への展開

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。

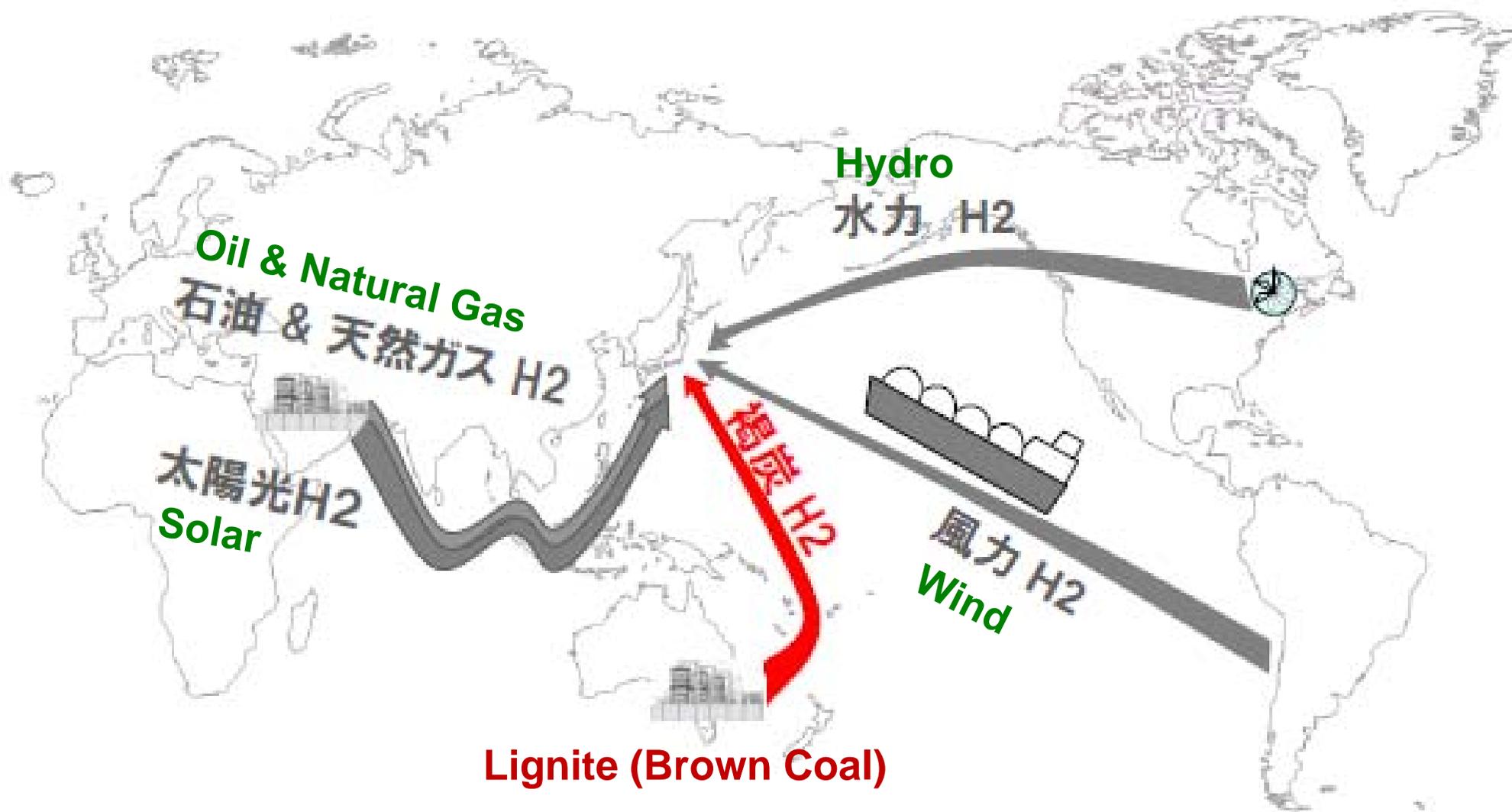
- ✓ 国は、市場の立ち上がり期において、その後の普及拡大につながる効果的な施策について検討する。

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



海外からのCO₂フリー水素サプライチェーン構想



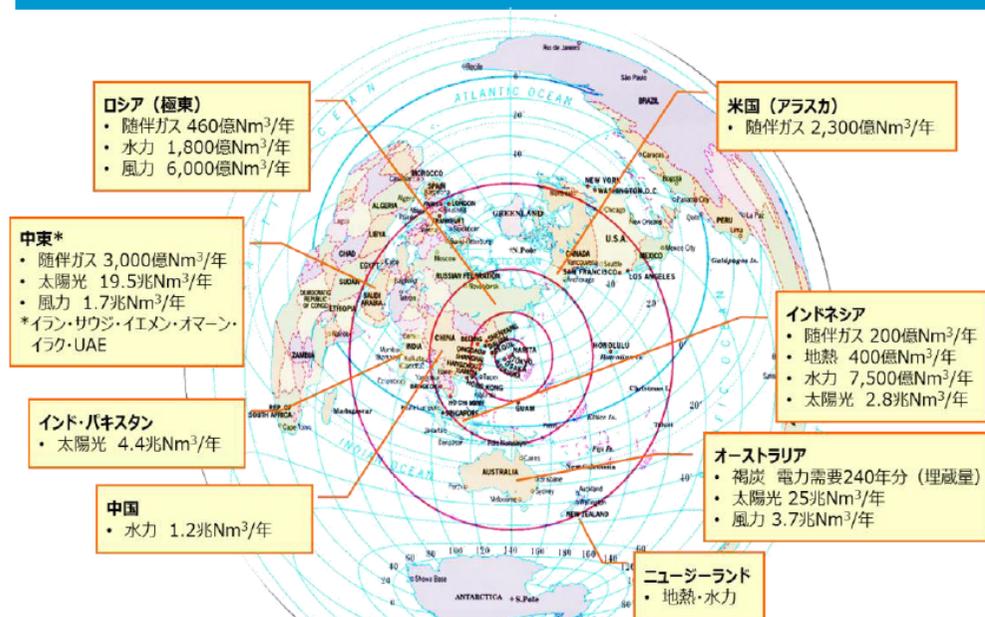
IAE-CO₂フリー水素チェーン-アクションプラン研究会



水素の大量調達～海外CCS×未利用エネルギー等の活用～

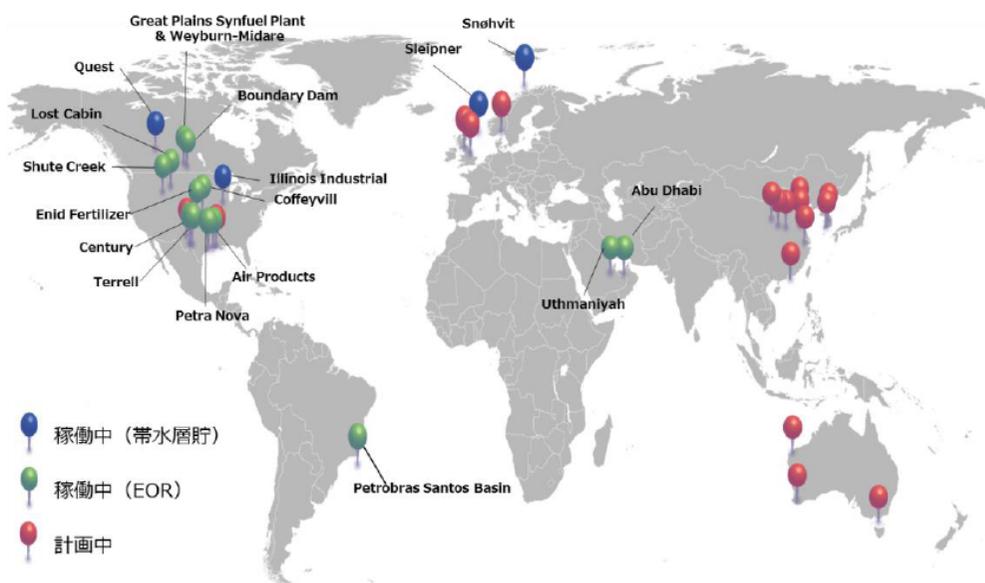
- エネルギーコストを抑制しつつ、エネルギーセキュリティとCO2排出削減に貢献する方策の一つとして、海外の安価な未利用エネルギーとCCSを組み合わせ、水素として大量調達することが考えられる。
- 更に、再生可能エネルギーの賦存量の大きい地域等において、将来的に発電コストが十分に低廉化*すれば、直接CO2フリー水素を製造することも可能となる。
* 例えば、米国で2019年に稼働する太陽光の最小コストは5.8円/kWh、洋上風力は3.8円/kWh (LCOE、110円/\$) (DOE, 2017)
- こうした海外のCCS適地や安価な未利用エネ・再エネを我が国が活用するためには、水素の「製造、貯蔵・輸送、利用」まで一気通貫したサプライチェーンの構築が必要。

海外における再生可能・未利用エネルギー賦存量



[出典] 千代田化工建設(株)による調査を基に資源エネルギー庁作成

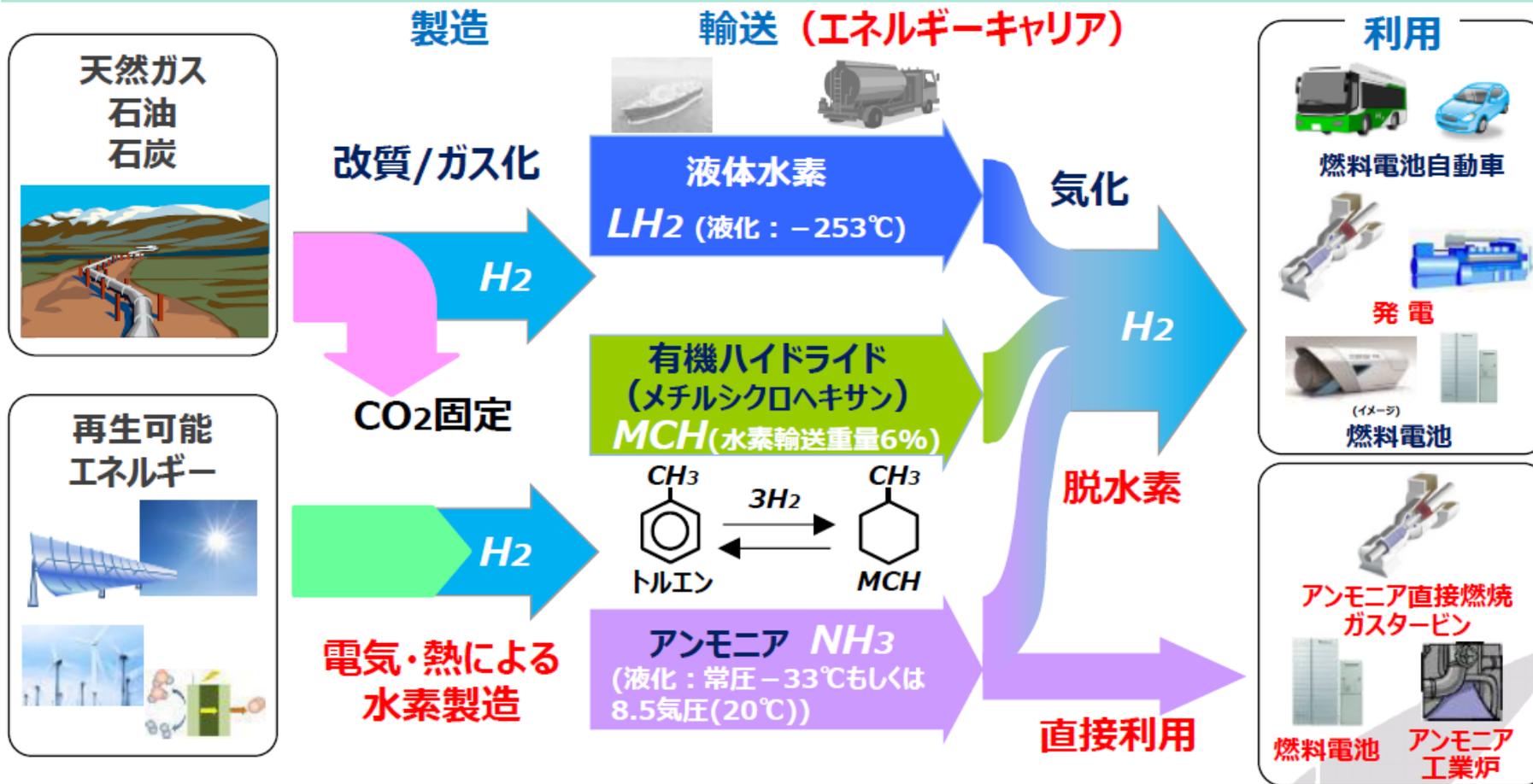
海外の大規模CCSサイト



[出典] Global CCS Instituteのデータを基に資源エネルギー庁作成

25

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

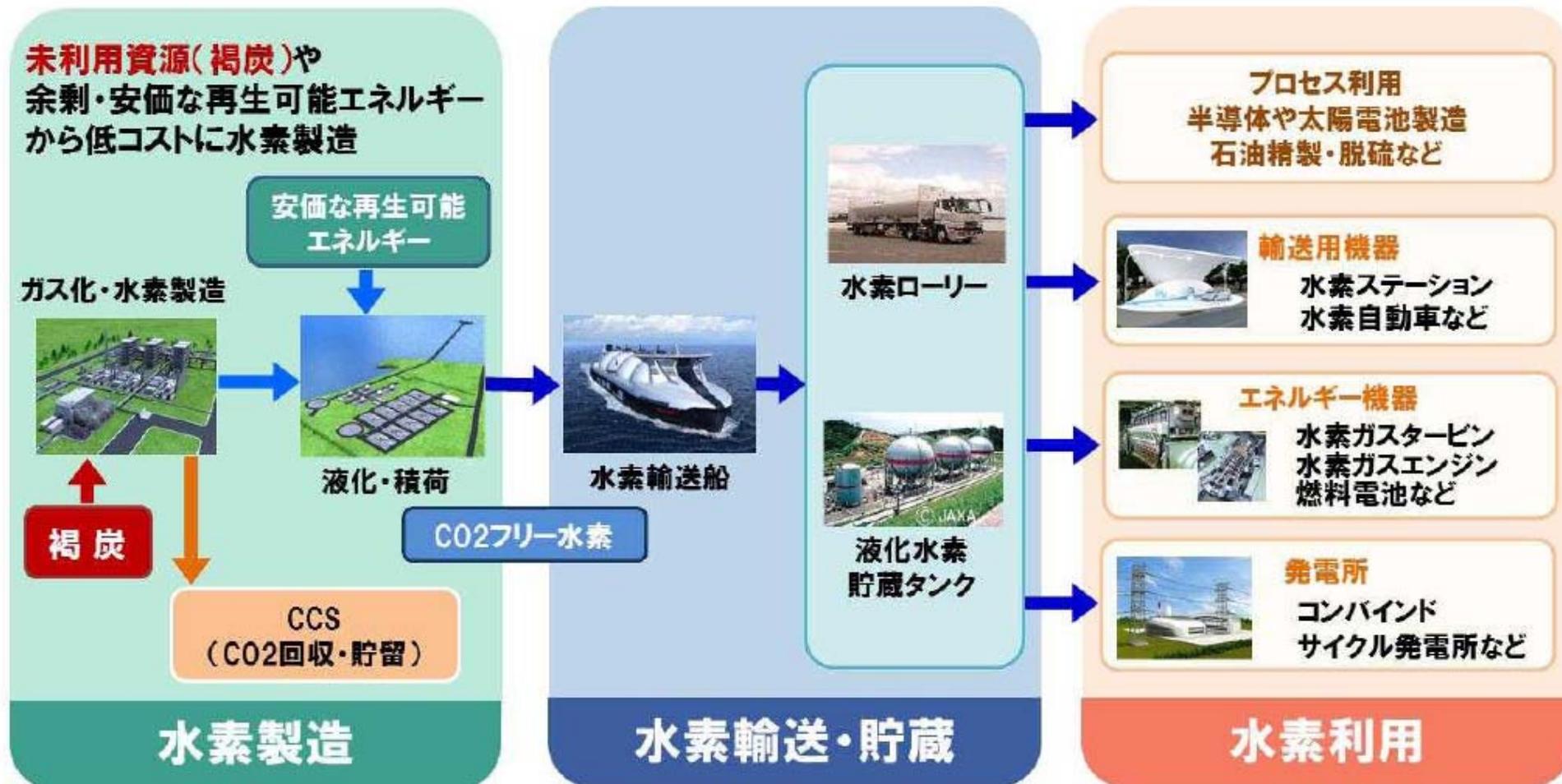
(液体水素輸送の例)



— 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）



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作りが急務である。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進んでいる。
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。