



水素エネルギーに関するNEDOの取り組み



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部
燃料電池・水素グループ
主任研究員 大平 英二

本日の内容



1. 水素エネルギーに関する政策動向
2. 水素エネルギーの導入状況(燃料電池)
3. NEDOにおける取り組み状況
4. まとめ

1. 水素エネルギーに関する政策動向

水素エネルギーの意義

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を実現することで、大幅な省エネルギーにつながる。

2. エネルギーセキュリティ

①未利用資源や、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から製造が可能、
②こうしたエネルギーを地政学的リスクの低い地域等から安価に調達できる可能性があることから、エネルギーセキュリティの向上につながる。

3. 環境負荷低減

利用段階で二酸化炭素を排出しないことから、製造時に二酸化炭素回収・貯留技術を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用することで、環境負荷低減、更にはCO2フリーにつながる。

4. 産業振興・地域活性化

日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位など強い競争力を持つ分野。また、水素製造等については、再生可能エネルギー等の地域資源を活用可能。



“第二に、イノベーションです。気候変動対策と経済成長を両立させる鍵は、革新的技術の開発です。CO₂フリー社会に向けた水素の製造・貯蔵・輸送技術。電気自動車の走行距離を現在の5倍にする次世代蓄電池。来春までに、「エネルギー・環境イノベーション戦略」をまとめます。集中すべき有望分野を特定し、研究開発を強化していきます。”

COP21における安倍首相ステートメント(外務省HPより)

そして2020年には、福島で再生可能エネルギーから、燃料電池自動車1万台に相当する水素を作る。これを県内のみならず、東京オリンピック・パラリンピックで活用・利用していただきたいと思います。

福島を、日本中に水素エネルギーを供給する一大生産地に、未来の水素社会を開く先駆けの地としていきたいと考えています。

2016年3月5日 福島県下訪問時の発言(首相官邸HPより)

福島新エネ社会構想

4

水素エネルギーに関する政策動向

エネルギー基本計画(2014年4月)

- ▶ 水素: 将来の二次エネルギーとして有望
- ▶ 水素社会実現に向けた取り組み加速

水素・燃料電池戦略協議会

- ▶ 水素・燃料電池戦略ロードマップの策定・公表
(2014年6月策定、2016年3月改訂)

次世代火力発電の早期実現に向けた協議会

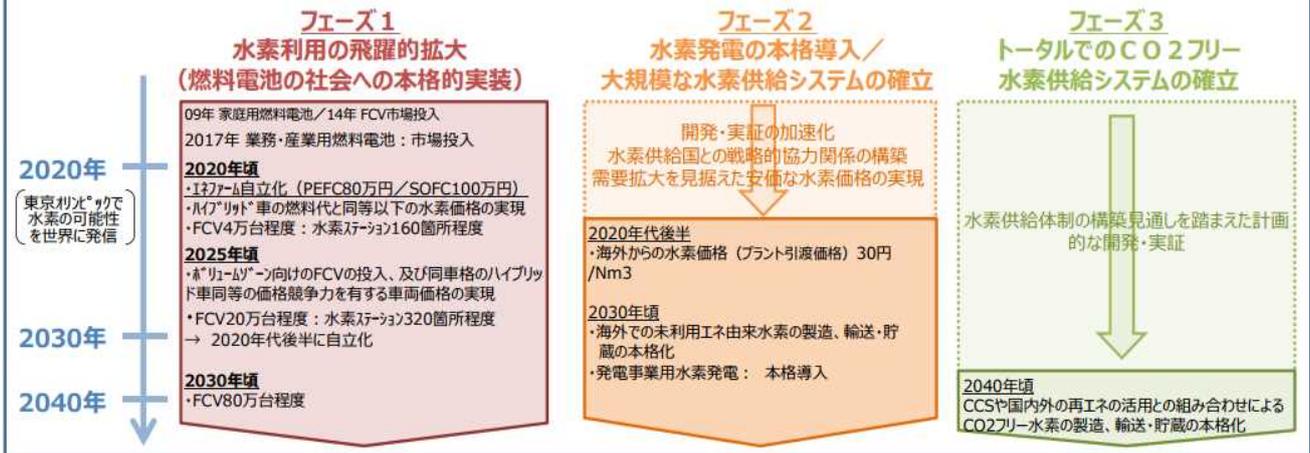
- ▶ 水素発電の位置付け検討(2030年以降の実用化)

現実のものとして議論が進展(但し長期的観点であることに留意)

5

水素社会実現に向けた対応の方向性

- 水素社会の実現に向け、水素の需要側と供給側の双方の事業者の立場の違いを乗り越えつつ、産学官が協力してステップバイステップで取組を進める。
 - ・ **フェーズ1（水素利用の飛躍的拡大）**： 足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車（FCV）の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。
 - ・ **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）**： 水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構造を確立する。
 - ・ **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）**： 水素製造にCCSを組み合わせ、又は再エネ由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。



経済産業省 水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版から

戦略ロードマップ目標

家庭用燃料電池(エネ・ファーム)

導入目標：140万台 (2020年), 530万台 (2030年)

価格目標：PEFC型 800,000円 (2019年)

SOFC型 1,000,000円 (2021年)

(初期投資回収年数：7-8年 (2020年), 5年 (2030年))

燃料電池自動車

累積台数：

4万台 (2020年), 20万台 (2025年), 80万台 (2030年)

水素ステーション

設置箇所：160か所 (2020年), 320か所 (2025年)

水素・燃料電池戦略協議会の下に検討会等を設置、個別テーマについて検討を深堀

水素発電に関する検討会(H26.10~H27.3)

将来目指すべき姿(高い熱効率が見込める予混合燃焼等)を示しつつ、過渡期における取り組み(水素・天然ガス混焼等)について検討

CO2フリー水素ワーキンググループ(H28.5~)

改訂版水素・燃料電池戦略ロードマップに基づき設置。特に再エネ+水素についての課題、取り組みの方向性等を検討(H29.1頃取りまとめ予定)

8

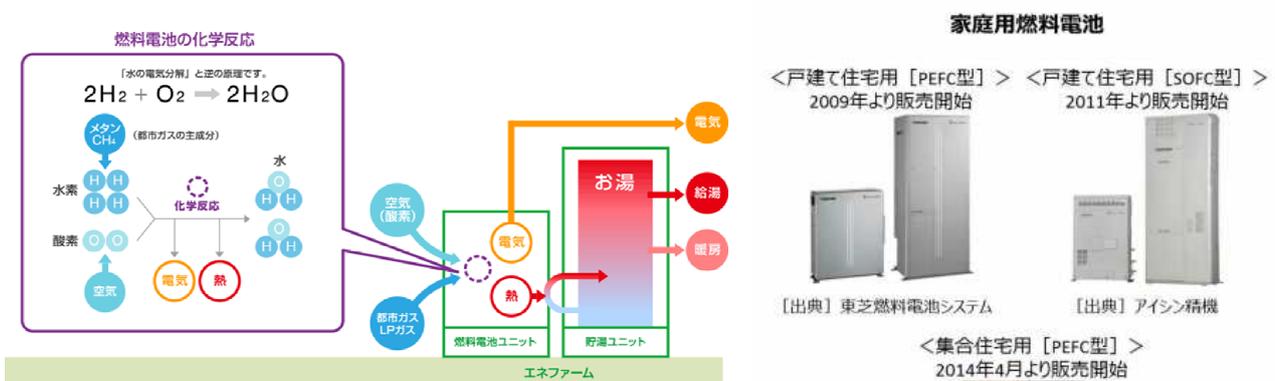


2. 水素エネルギーの導入状況 (燃料電池)

2. 1 定置用燃料電池

家庭用燃料電池(エネファーム)

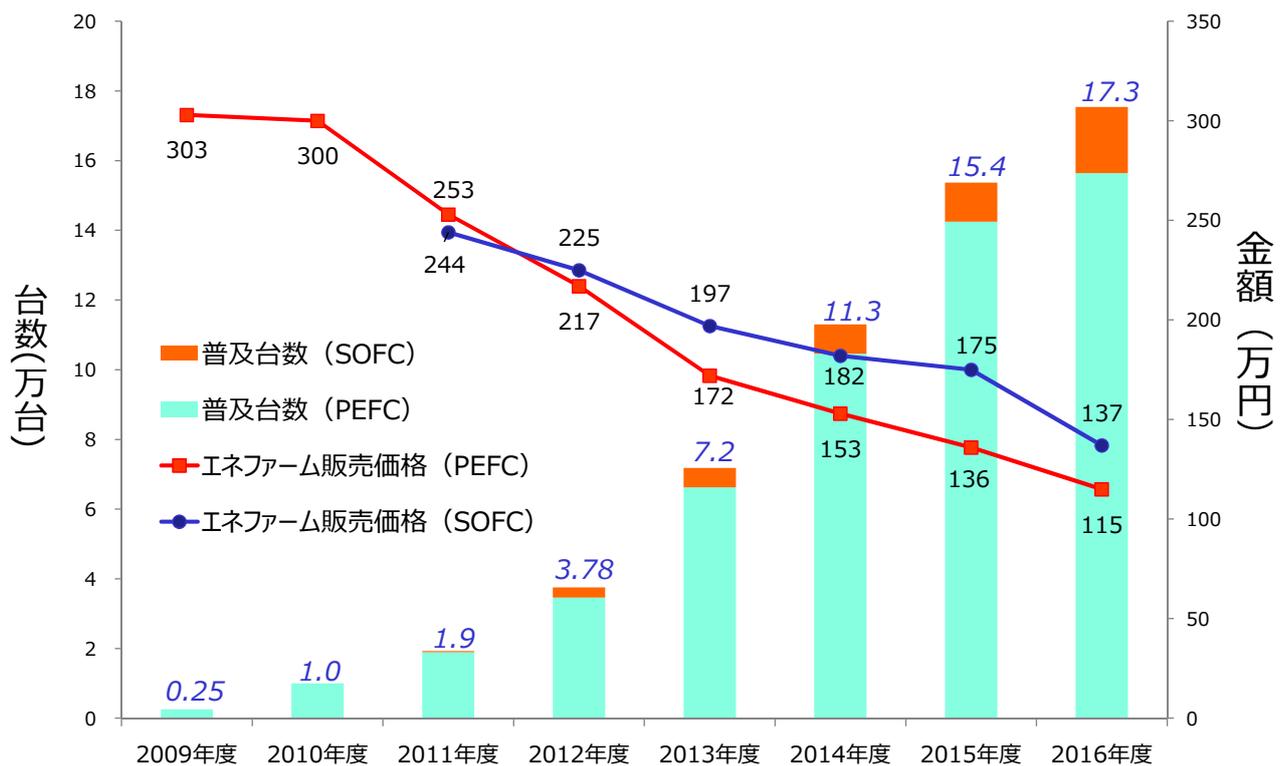
都市ガス・LPガスから取り出した水素と、空気中の酸素の化学反応により発電、同時に発生する熱を給湯などに利用するシステム
(2009年：一般販売開始)



出典:エネファームパートナーズHP

- 1992年～ 固体高分子形燃料電池研究開発プロジェクト開始
- 2000年 家庭用燃料電池システム・プロトタイプ開発
- ～2004年 システム性能向上(効率、耐久性など)
規制見直し(一般電気工作物化)
※当時の規制では、事業所と同等の基準が適用
- 2005年～ 一般家庭に設置、実環境下でのデータ取得
※全国に約3,300台設置
燃料電池の周辺機器低コスト化(共通仕様の開発)
- 2009年 一般販売開始

エネファームの導入状況





既設給湯器の活用モデル

出典：大阪ガスHP



集合住宅向けモデル

出典：パナソニックHP



海外展開モデル

出典：Senertec



一部売電

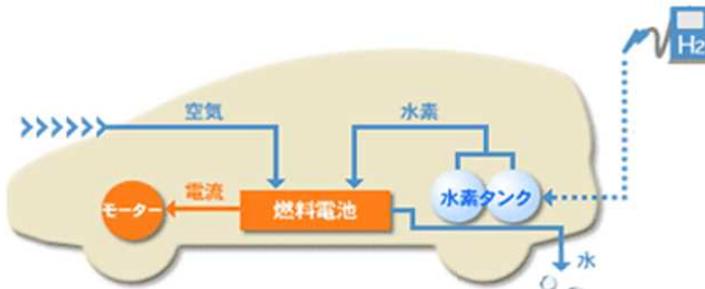
出典：大阪ガスHP

14

2.2 燃料電池自動車



燃料電池自動車:究極のエコカー?



FCVの概念図 (出展: JHFCホームページより)



- 高いエネルギー効率
- 走行時に排出するのは水のみ
→ CO₂、NO_x、CO、SPMの排出ゼロ
- ガソリン自動車と同等の利便性
→ 一回充填で500km走行、3分間で満充填可能
- 家庭への給電も可能(満充填で5日間程度)

出典: 各社ホームページから 16

FCV市場投入まで

- 1992年～ 固体高分子形燃料電池研究開発プロジェクト開始
- 1993年～ 水素エネルギー利用技術開発プロジェクト開始
- 2002年 国内初、水素ステーション完成
公道でのFCV実証事業開始(～2013年度まで)
- 2003年～ 水素エネルギー安全利用に関するプロジェクト開始
- 2005年 FCV安全基準策定(世界初)
- 2013年 FCV世界統一基準策定(日本基準がベース)
ガソリンスタンド併設型水素ステーション実証
※規制見直しの成果
- 2014年 商用水素ステーション開所(尼崎)
FCV一般販売開始

FCV + 水素ステーションの導入状況



中京圏：22箇所

- 岐阜県 土岐市
- 静岡県 羽島郡 静岡市 浜松市
- 愛知県 名古屋③② 豊橋市 岡崎市 刈谷市② 豊田市② 安城市 稲沢市 日進市 みよし市
- 三重県 あま市 四日市市 津市



東北・首都圏：41箇所

- 宮城県 仙台市
- 茨城県 つくば市
- 埼玉県 さいたま市②② 越谷市 春日部市 狭山市 戸田市 千葉市 松戸市 成田市 練馬区 千代田区 港区 江東区①② 目黒区 大田区①① 杉並区 荒川区 板橋区 八王子市
- 千葉県 川崎市 川崎市 横浜市③②② 相模原市② 藤沢市 伊勢原市 海老名市 甲府市
- 東京都 千代田区 港区 江東区①② 目黒区 大田区①① 杉並区 荒川区 板橋区 八王子市
- 神奈川県 川崎市 川崎市 横浜市③②② 相模原市② 藤沢市 伊勢原市 海老名市 甲府市
- 山梨県 甲府市

中国・北部九州圏：15箇所

- 広島県 東広島市 広島市 呉市
- 山口県 周南市
- 福岡県 北九州市② 福岡市②① 大野城市 古賀市 宮若市 糟屋郡 佐賀市 大分県 大分市

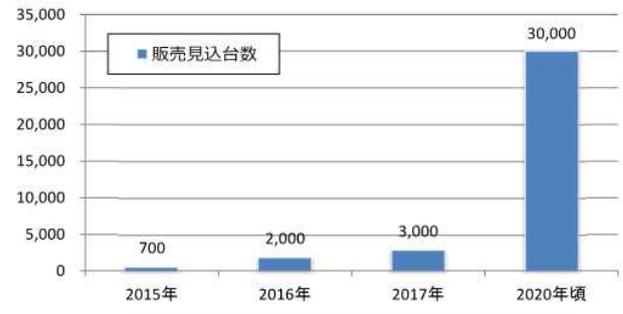
関西・四国圏：15箇所

- 滋賀県 大津市
- 京都府 京都市①① 大阪市②① 枚方市 茨木市② 泉南郡 神戸市 尼崎市
- 兵庫県 神戸市 尼崎市
- 徳島県 徳島市②
- 香川県 高松市

※赤字は移動式
※下線は整備中

出典：経済産業省

燃料電池自動車販売見込台数（トヨタ自動車）



販売メーカー	本田技研工業
車名	CLARITY FUEL CELL
メーカー希望小売価格（税込）	7,660,000円
2016年3月発売	

約80か所開所済み

多様化する燃料電池アプリケーション



豊田自動織機HPより



日刊建設工業新聞HPより



アクアフェアリー講演資料より



Symbio(仏)HPより



Intelligent Energy(英)HPより

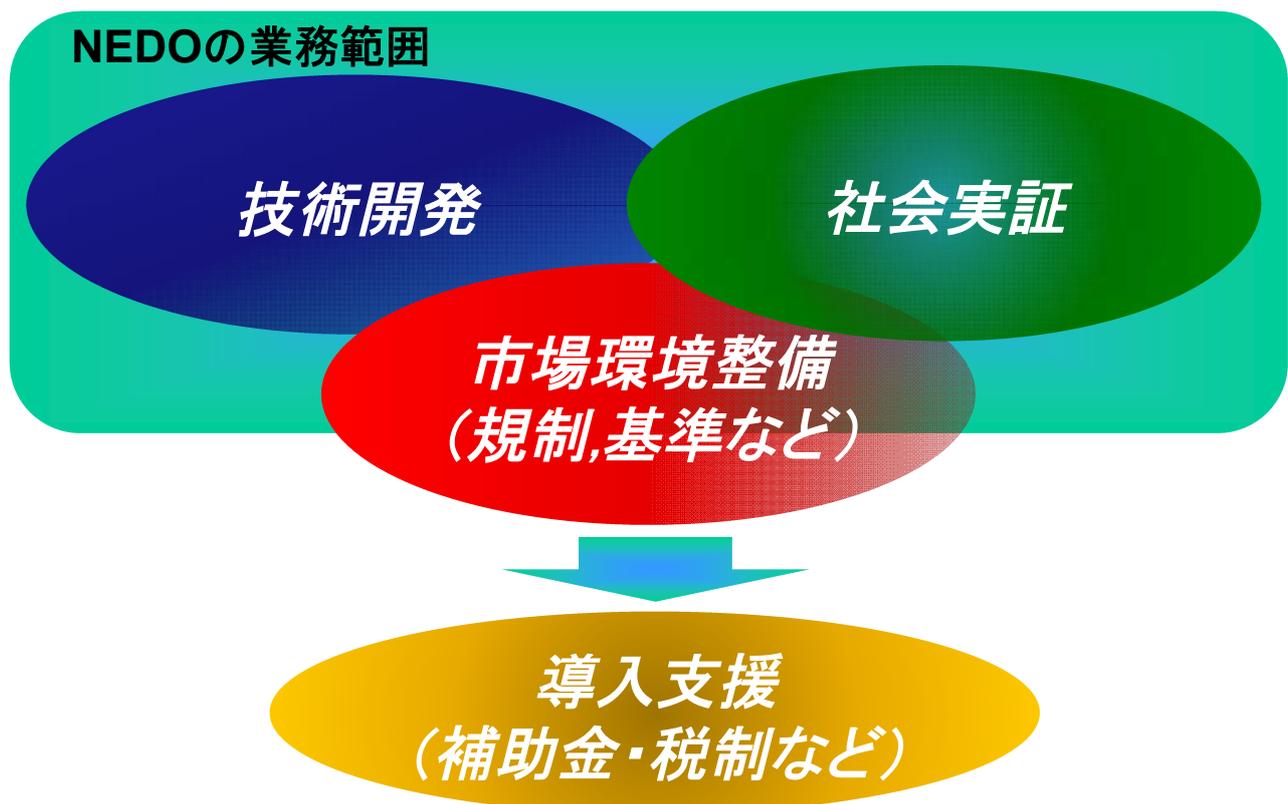


Ballard-powered Tangshan Railway Vehicle tram during its demonstration in Hebei Province, China

Ballard(加)HPより

3. NEDOにおける取組状況

新技術の導入に向けた政策措置



1. 燃料電池の着実な普及に向けて:

- ・PEFC (主に輸送用):2025年頃の自立的普及
 - 性能向上(高効率化、高耐久化)
 - 生産性向上
- ・SOFC (業務・産業用):2017年度の市場投入
 - 製品としての信頼性確保
- ・水素ステーション設置コスト半減
 - 機器低コスト化、規制見直し、運用効率化

2. 水素エネルギー利用の本格的拡大:

- 水素ガスタービン、大量輸送技術
- 再エネ拡大に資する水素エネルギーシステム

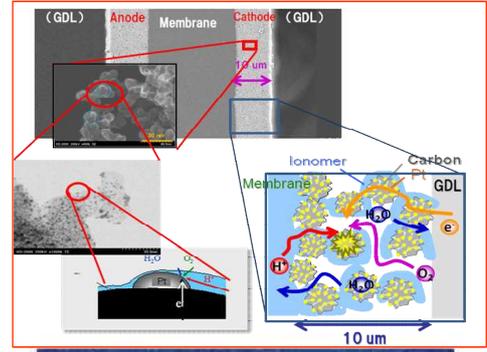
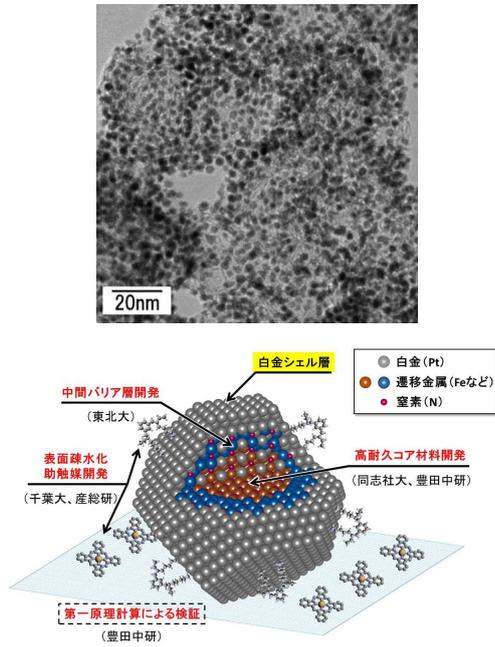


3. 1 燃料電池の着実な普及

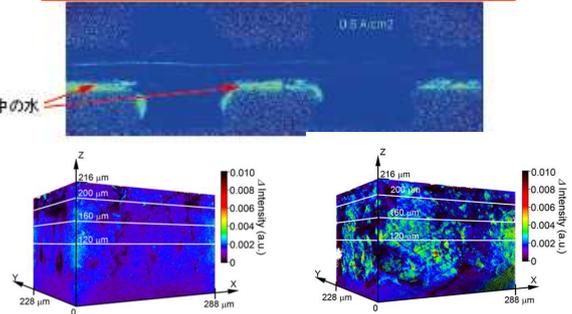
産学連携・基盤研究に特化→成果を企業に展開

新材料構造コンセプト: 理論的解明

高度解析・評価技術



ガス拡散層中の水



大学中心の取り組み

産学連携体制

業務・産業用燃料電池: 商用モデル実証



(5kW: 三浦工業)



(50kW: 富士電機)



(250kW: MHPS)



(5kW: デンソー)



(20kW: 日立造船)

3. 2 水素エネルギー利用の拡大

3. 2. 1 水素発電とサプライチェーン

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 (注)事業用発電、自家発はHHV換算
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:58%(「電力調査統計」より) (※効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:8.9km/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:0.99km/Nm ³ (JHFCプロジェクトより) ○年間走行距離:51,684km (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	家庭用純水素型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想定:49% (家庭用燃料電池の発電効率39%(LHV)、改変器効率80%から算出)

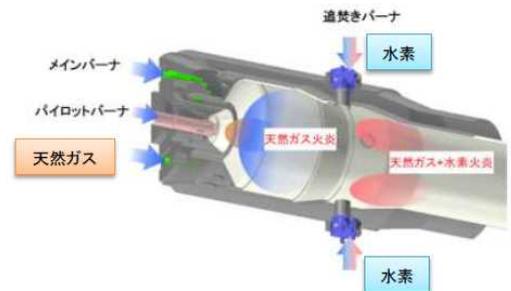
各用途が同程度の水素需要

出典:経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会資料

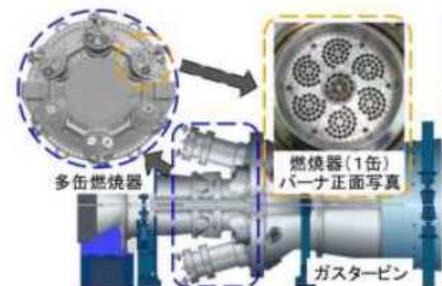
水素ガスタービンの開発

水素の燃料特性とガスタービンの技術課題

水素ガスの燃焼特性 (天然ガス=メタンとの比較)	水素ガス燃焼 にあたっての留意点
燃料発熱量が低い (体積当たり1/3以下)	ガス流量を増加させる必要 (ガス配管やノズルの工夫)
燃焼速度が速い (約7倍)	逆火による燃焼機の損傷 (予混合方式の場合)
断熱火炎温度が高い (+10%程度)	局所的なホットスポットの発生 →NO _x の発生を抑える必要



【出典】川崎重工業



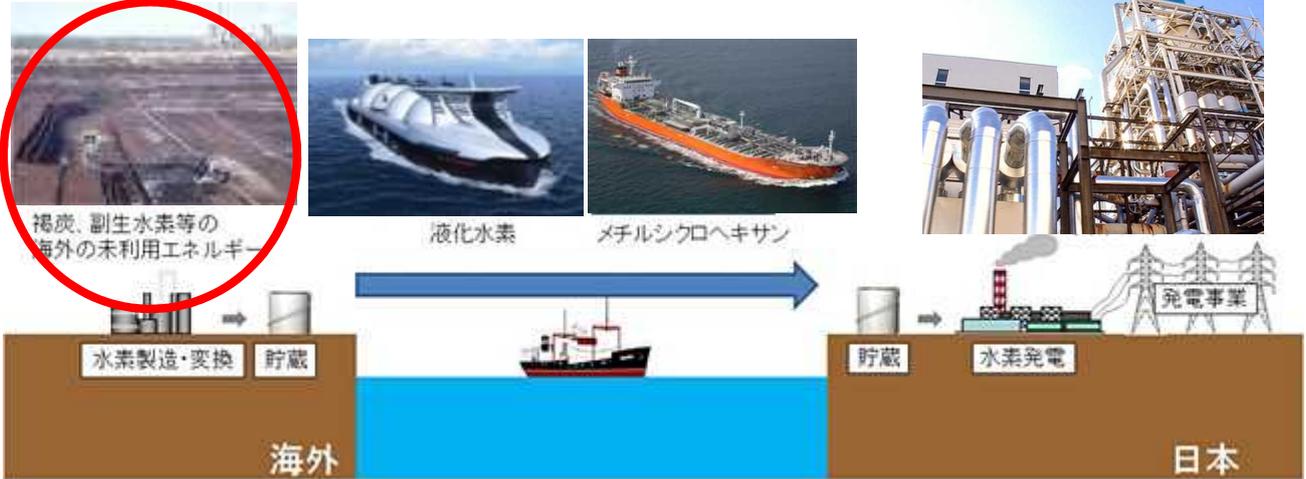
【出典】日立製作所

水素ガスの燃焼に向けて
ガスタービンの各種構造の最適化が必要

出典:経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会資料

水素を燃料とした発電技術、海外の未利用水素源を活用し安定的に国内に供給する技術開発を一体的に推進中

様々な資源を原料とできる水素の特徴



30



3. 2. 2 再生可能エネルギーと水素

再エネ由来水素の課題

再生可能エネルギー（電力）で水素を製造すると、よりクリーンだが、

- 再エネ由来電力→水素製造→利用の間に、大幅なエネルギーロスが生じる



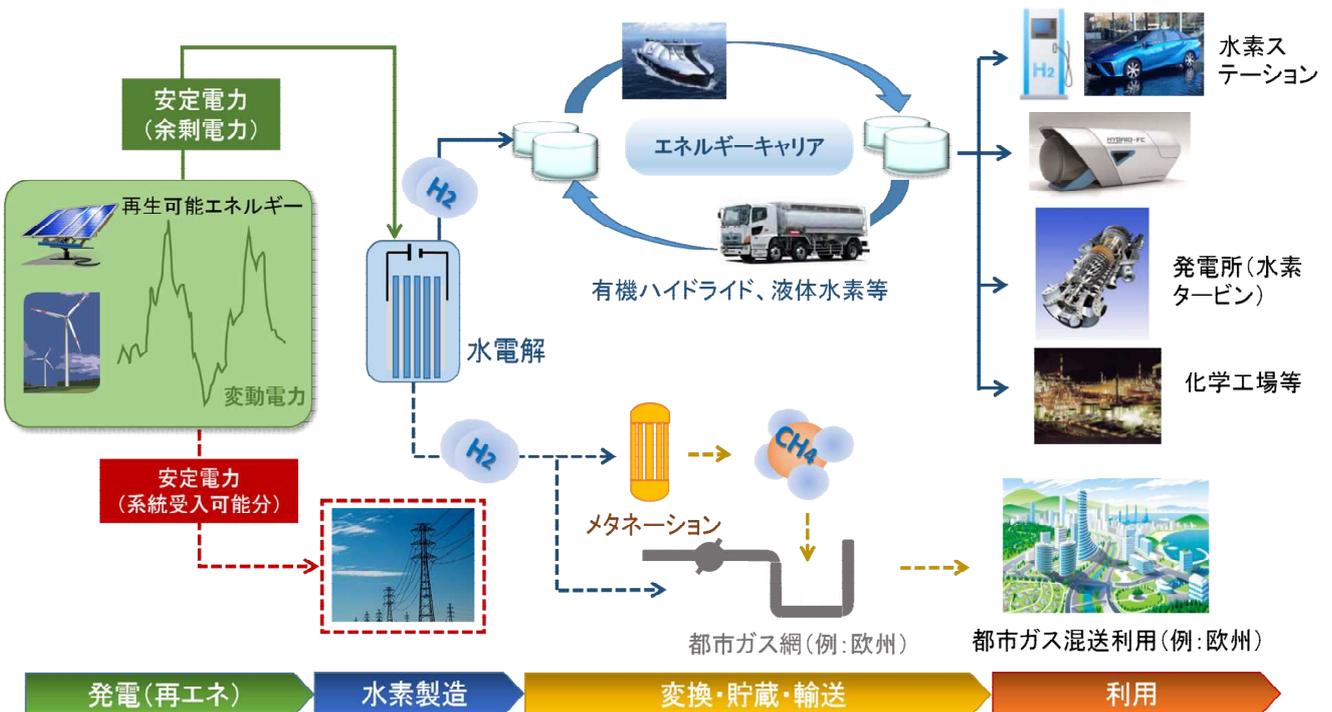
Note: The numbers denote useful energy; except for gas turbines, efficiencies are based on HHV; the conversion efficiency of gas turbines is based on LHV.

KEY POINT: Total round-trip efficiencies of hydrogen-based energy storage applications are low.

IEA: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells

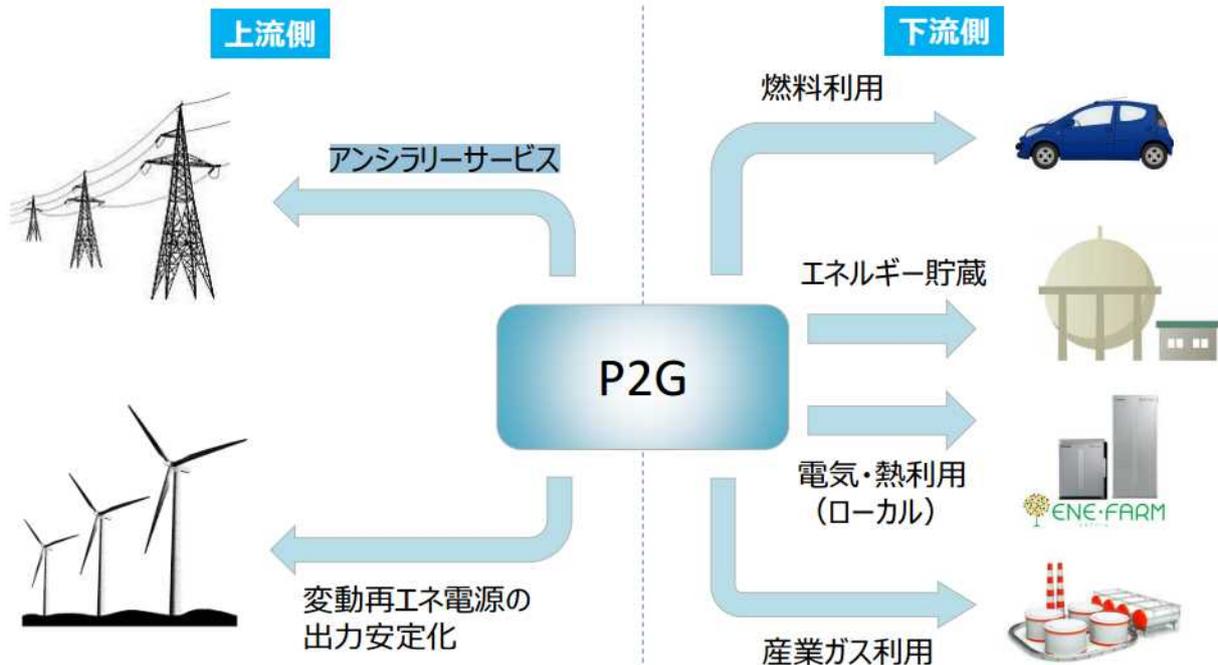
- 加えて水素の価格は電力価格に大きく影響 (5kW/Nm³-H₂)

再エネ+水素のエネルギーシステム(Power to Gas)



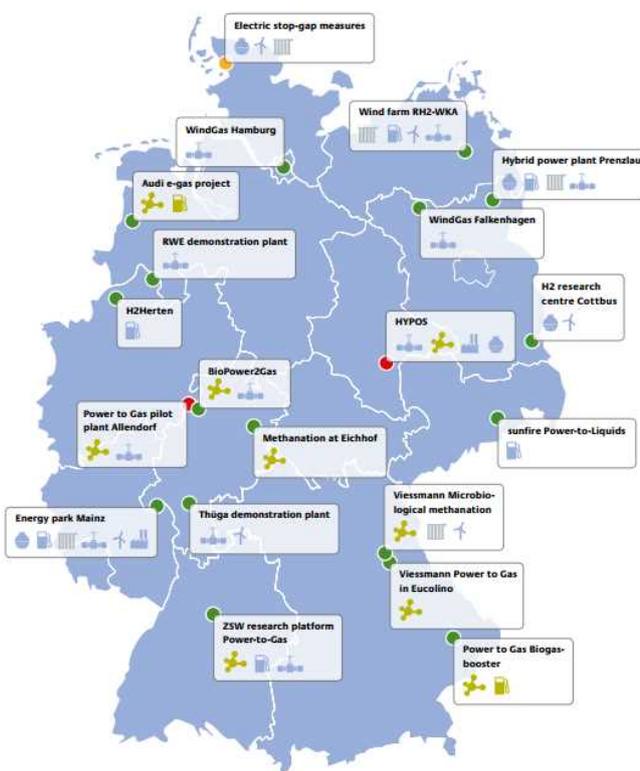
Power to Gasによる付加価値

- 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。

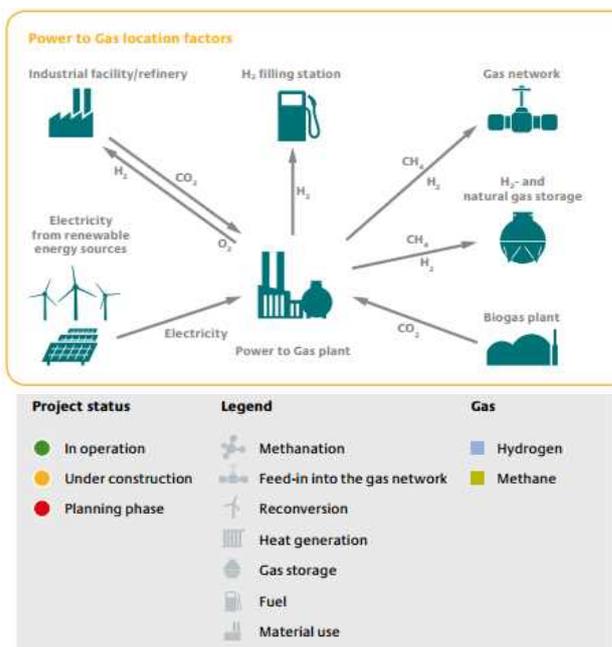


経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会 CO2フリー水素ワーキンググループ第三回資料

ドイツ等では積極的に推進中



ドイツではPower-to-Gasの実証が進む
(実施中:17、建設中:1、計画中:2)



出典: dena 「Power to Gas system solution. Opportunities, challenges and parameters on the way to marketability」

再エネ利用最大化のためのエネルギーシステム検討

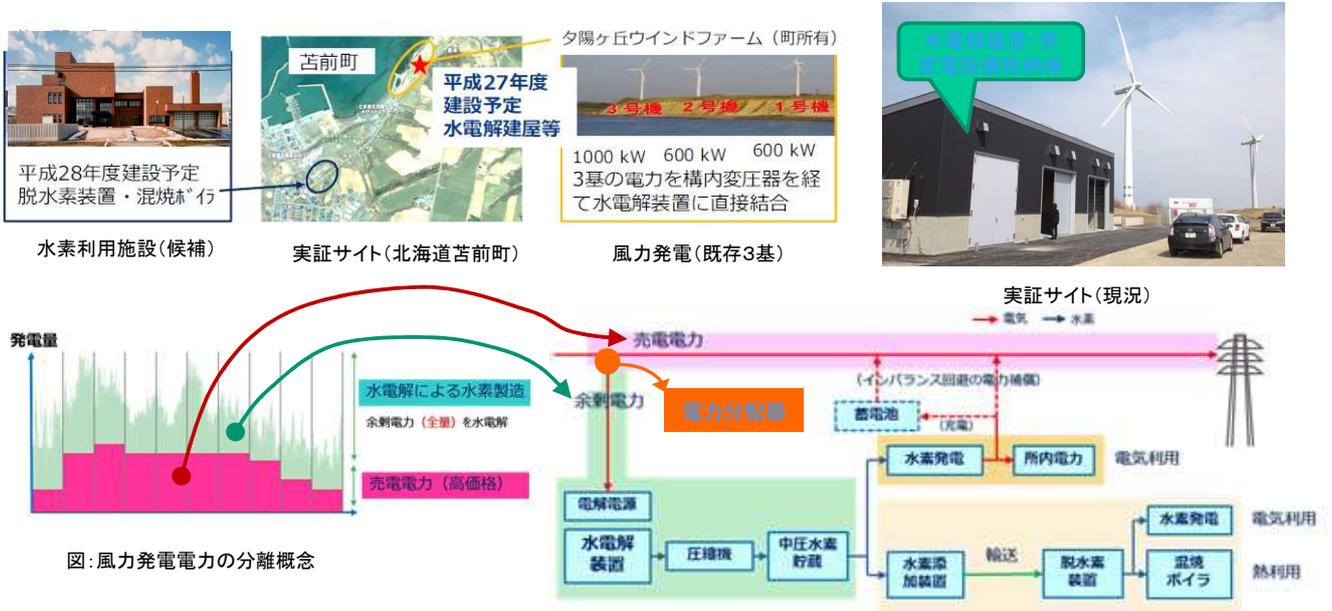
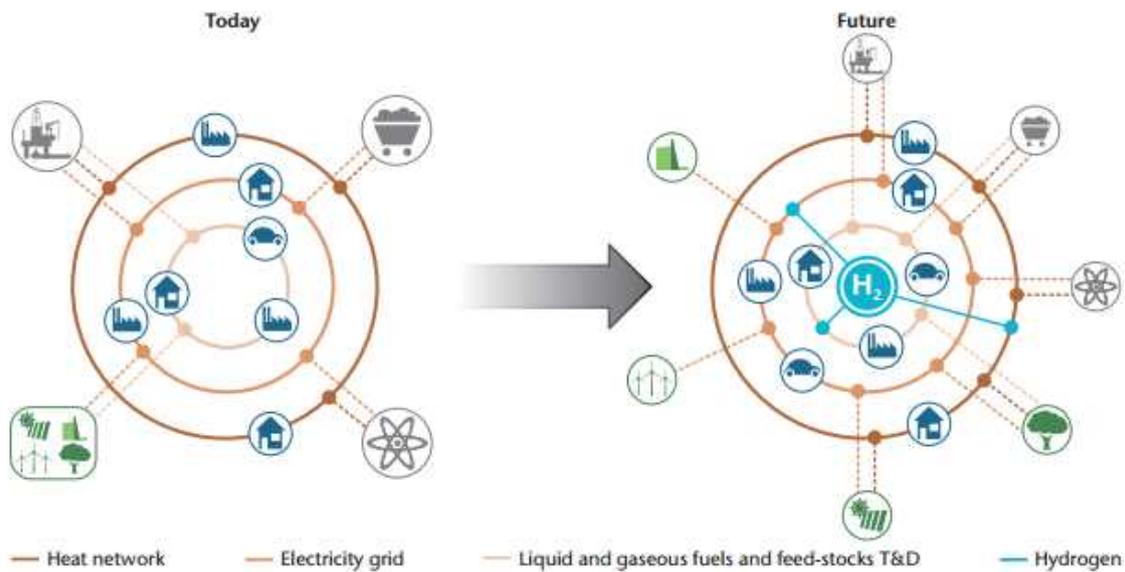


図: 将来目標のPower to Gasシステム基本構成図

4. おわりに

- 将来のエネルギーシステムにおいて、柔軟性を持たせるオプション



KEY POINT: Hydrogen can link different energy sectors and energy T&D networks and thus increase the operational flexibility of future low-carbon energy systems.

IEA: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells 40

おわりに

- 水素エネルギーについて、政策上の位置付けが更に具体化しつつある。
- 単体（定置型燃料電池・FCV）の導入についてはコスト等の課題はありつつも、一定程度の見通し。用途拡大も含めた本格的普及に向けた取り組み推進。
- 更に、エネルギー「システム」としての取り組みが展開。水素の特徴を考慮し、付加価値を創出するシステムを目指す。