

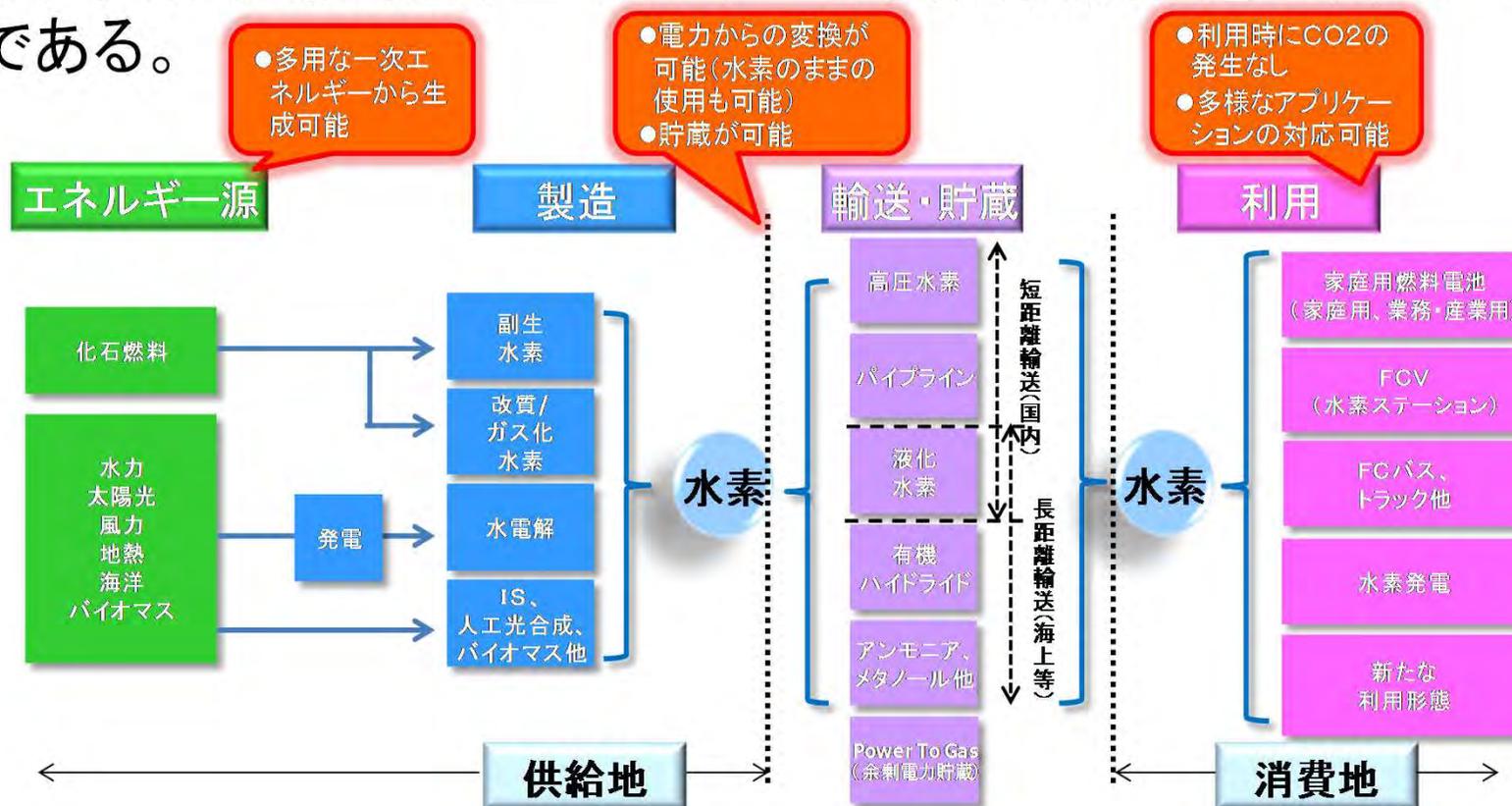
水素エネルギー

- 水素エネルギーの概要
- 水素エネルギー利用の意義と課題
 - ー水素社会のメリット
 - ー水素利用用途の拡大とそれに伴う技術課題
 - ー水素のコスト分析
 - ーグローバル水素サプライチェーン
- まとめ



水素エネルギーシステムの概要と水素の特徴

- 水素は様々なエネルギー源から製造可能な二次エネルギー媒体であり、利用方法も発電・熱利用など多様である。再生可能エネルギーあるいはCCS付き化石燃料から製造する場合はCO₂を出さない製造が可能となり、また、貯蔵・輸送も可能である。これらのことから、水素は環境性、エネルギーの安定供給性という面からも重要である。



(1) エネルギー供給源の多様化に貢献する

- 水素は、製造原料の代替性が高く、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、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造することができる。このため、**供給安定性(エネルギーセキュリティ)向上**のための手段としての期待が大きい。

(2) 環境負荷の低減に貢献する

- 燃料電池等の水素利活用技術は、利用段階ではCO₂を排出しないことから、水素の製造時にCCS(二酸化炭素回収・貯留技術)を組み合わせる、または再生可能エネルギーから水素を製造するといった水素の製造方法次第では、CO₂排出量を大幅に削減でき、さらには**CO₂フリーのエネルギー媒体**として活用し得る。

(3) エネルギー効率の向上に貢献する

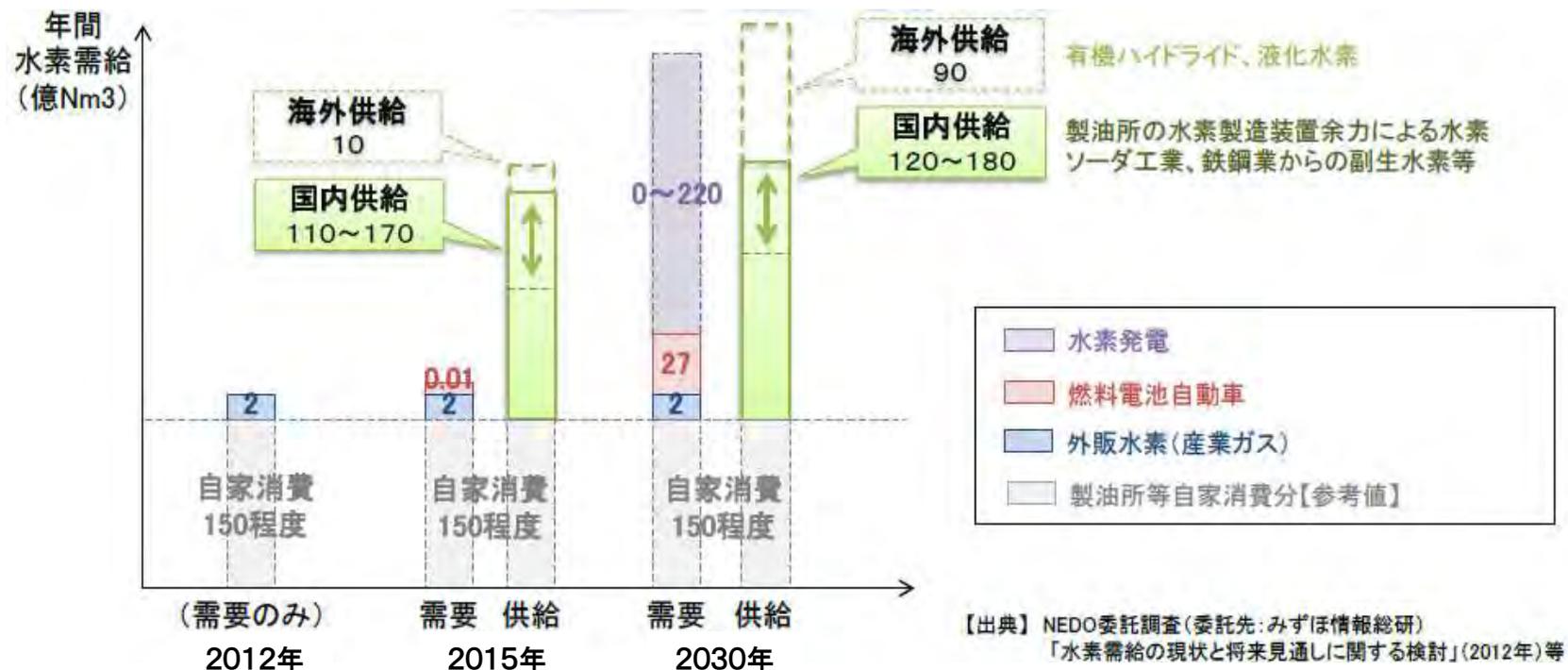
- 燃料電池の発電効率は35-60%だが、電気と熱を合わせた総合エネルギー効率は80%を超え、高効率でのエネルギー利用が可能。

(4) エネルギーの有効利用を促進する

- 炭化水素系燃料から転換した水素を燃焼させる場合には、原料となった炭化水素を直接燃焼する場合と比較して最終的に利用可能な熱量が大きくなる。これは、炭化水素を直接燃焼させる場合には、燃焼過程においてC-H結合（結合エネルギー：約100kcal/mol）を解離させる反応（吸熱反応）が必要になり、**燃焼熱の一部がC-Hの解離エネルギーとして消費されることによるものである。**
- 炭化水素系燃料の一種であるメタノールは、200°C程度の比較的低温の産業排熱を用いた水蒸気改質によって、水素と二酸化炭素へ転換可能。転換後の燃料において利用可能な熱量は原料となったメタノールよりも2割程度高くなる。これは、炭化水素系の燃料を水素に転換するプロセスにおいて、**産業排熱等のもつ熱エネルギーを水素の燃焼熱(化学エネルギー)に変換して利用できることを意味。**
- メタンでも900°C程度の熱で解離が生じるので、高温排熱を活用し、メタンを水素と二酸化炭素に分離し燃焼させると、発熱量が2割増加
- $\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{高温排熱} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{CO}_2$ [発熱量が2割増加]

水素利用用途の拡大とそれに伴う技術課題

- 当面の水素利用用途には、既に実用化しているエネファームやFCVが考えられ、これらの需要は、化石燃料改質、苛性ソーダ、製鉄等の製造プロセスから生じる副生水素で賄えると見込まれる。
- 将来の水素需要の拡大には、水素によるCO₂を発生しない発電の実用化が不可欠である。発電用等に水素需要が拡大すると、**不足分を海外から長距離輸送する技術が必要**となる。



水素供給の将来見通し(試算の一例)

- FCVや水素発電等の水素利用技術が普及するためには、競合する技術に対して優位性を持つ必要がある。FCVであれば、**ハイブリッド自動車同等以下の燃料コスト**であることが求められる。
- 水素発電コストと競合するのは、**既存の火力の発電コスト**となる。「水素・燃料電池戦略ロードマップ」による目標では、2020年代後半に、水素のCIFコスト30円/Nm³、程度を下回ることを目指す。

輸送・貯蔵方法のコスト比較(液水、メタノール、アンモニア)



TSC Energy system & Hydrogen Unit

■ 1990年代に実施されたWE-NETでの試算では、CIFコストは液化水素32.2円/Nm³、メタノール21.9円/Nm³(CO₂回収なし)、アンモニア27.3円/Nm³となった。水素燃焼タービンでの発電コストは、液化水素32.6円/kWh、メタノール(CO₂回収あり)30.8円/kWh、アンモニア32.9円/kWh。技術が進展している現在、再試算が必要となる。

		単位: 10 ⁹ kcal/年		
	項目	液体水素システム	メタノールシステム	アンモニアシステム
条件	タービン出力(MW)	1,000	1,000	1,000
	輸送距離(km)	5,000	5,000	5,000
	水電解効率(%)	90	85	86
入力	水力発電エネルギー	12,477(100)	9,041(52.7)	16,256(98.3)
	石炭エネルギー	—	8,123(47.3)	—
	タンカー燃料(C重油)	—	—	257(1.7)
	入力計	12,477(100)	17,163(100.0)	16,531(100.0)
損失	水素製造損失	986(7.9)	1,258(7.3)	2,100(12.8)
	石炭ガス化損失	—	1,044(8.1)	—
	窒素製造損失	—	—	334(2.0)
	液化損失	2,465(19.8)	—	—
	合成損失	—	4,019(23.4)	2,457(14.9)
	輸送中損失	87(0.7)	271(1.6)	257(1.7)
	その他損失	150(1.2)	—	—
	小計	3,688(29.6)	6,593(38.4)	5,176(31.3)
到着エネルギー		8,789(70.4)	10,570(61.6)	11,355(68.7)
改質(分解)・精製損失		—	1,781(10.4)	2,566(15.5)
水素エネルギー		8,789(70.4)	8,789(51.2)	8,789(53.2)
タービン熱損失		3,515(28.2)	3,516(20.5)	3,515(21.3)
発電エネルギー(発電端)		5,274(42.3)	5,274(30.7)	5,274(31.9)
所内電力損失		570(4.5)	1,012(5.9)	1,487(9.0)
発電エネルギー(送電端)		4,704(37.7)	4,262(24.8)	3,787(22.9)

	液体水素	メタノール	アンモニア
前提条件	・水素燃焼タービン容量 1000MW ・水力発電電力価格 ¥2/kWh ・輸送距離 5000km		
発電コスト	¥32.6/kWh	¥30.8/kWh (CO ₂ 回収) ¥24.7/kWh (CO ₂ 回収なし)	¥32.9/kWh
水素コスト(CIF)	¥32.2/Nm ³	¥21.9/Nm ³ (CO ₂ 回収なし)	¥27.3/Nm ³

WE-NETシステムコスト比較(WE-NET水素エネルギーシンポジウム講演予稿集(NEDO、1999))

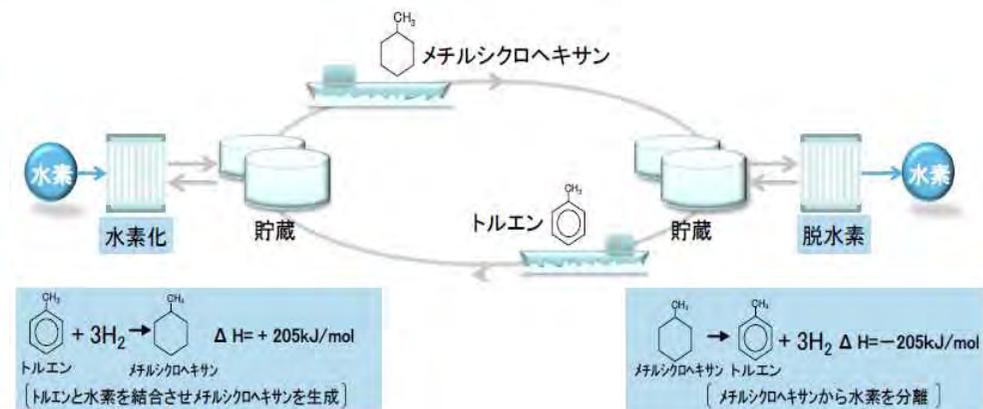
- 液化水素、MCHによる水素の海外からの輸送・貯蔵技術については、海外でも商用化の例が無い中、日本の上記企業が世界に先行して実用化に近づきつつあり、技術的優位性を持っている。

【水素輸送・貯蔵技術】	国内	海外
液化水素	<ul style="list-style-type: none"> ・川崎重工業 ・岩谷産業 	—
有機ハイドライド	<ul style="list-style-type: none"> ・千代田化工建設 ・JX 日鉱日石エネルギー ・横浜国立大学 	—
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> ・産業技術総合研究所 ・東北大学 ・広島大学 	—

水素輸送・貯蔵技術の主なプレイヤー 利用国（日本）



川崎重工業 水素サプライチェーン構想
(NEDOフォーラム講演資料(川崎重工業、2015))



千代田化工建設 水素サプライチェーン構想
(水素社会の実現に向けた東京戦略会議講演資料
(千代田化工建設、2014))

- 燃料電池自動車 (FCV) の実用化、燃料電池の普及に伴い、水素社会の実現に対する期待が増大している。
- FCVは国内供給水素で対応できるが、水素発電等の発電利用に対しては海外からの長距離輸送を伴う供給が必須。
- 価格的にも、FCVではハイブリッド車燃料費相当以下、発電用には、30円/Nm³を相当程度下回る低コストが必要。
- 水素の持つ多様な一次エネルギー源から生成可能であること、エネルギー貯蔵が可能であること、利用時にCO₂を発生しないこと、排熱の回収が可能であることを活かすことが大切。
- CO₂フリー水素の製造、長距離輸送技術、水素発電等の利用技術の開発・実証、および、全体としてのサプライチェーンの構築・実証が重要。

エネルギー関連技術の重要な分野（まとめの俯瞰図）

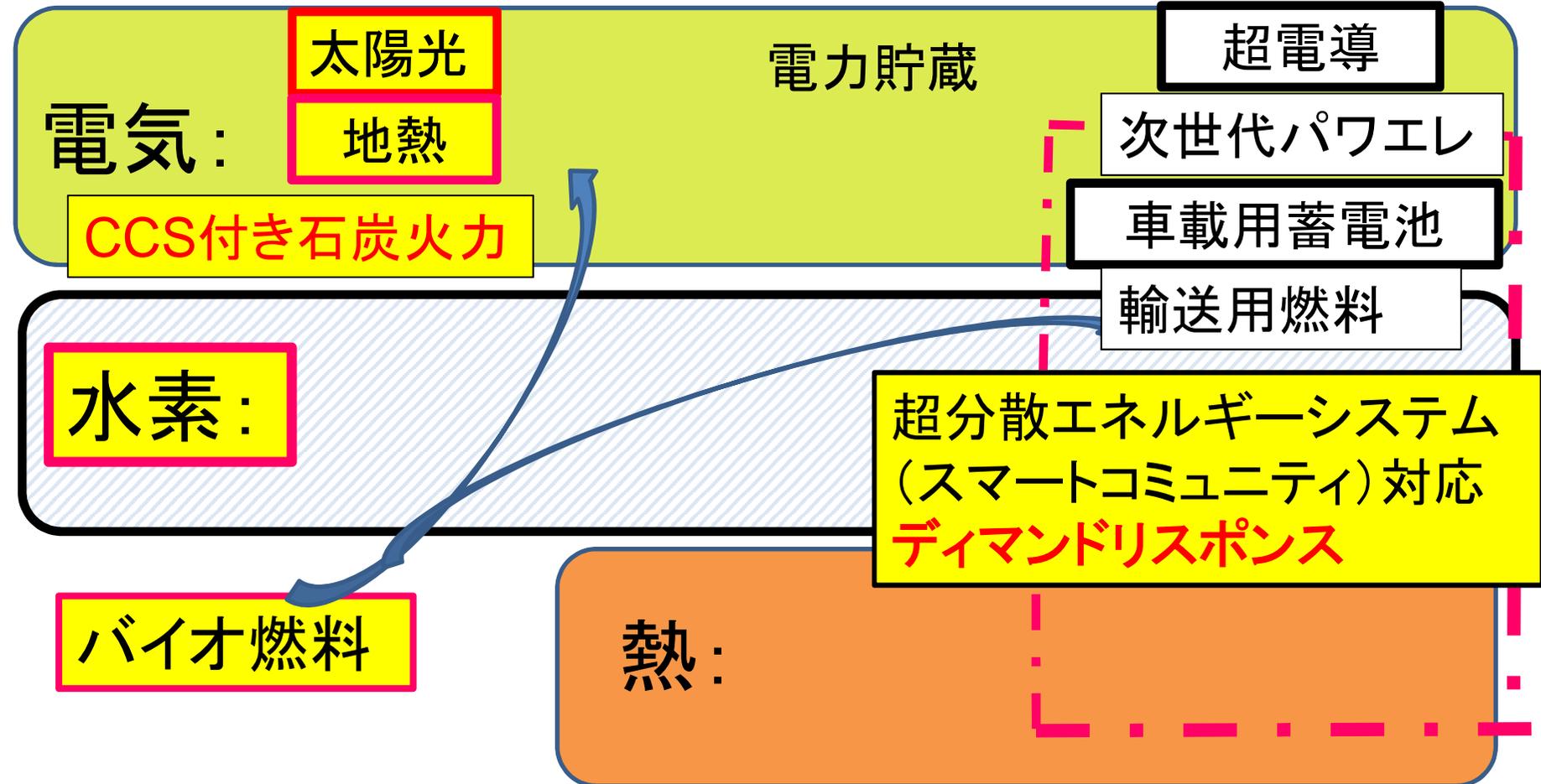


TSC RE / Energy system & Hz Unit

二次エネルギー 生産

輸送・貯蔵

利用



日本企業等の競争力、エネルギー政策上の重要性、市場規模、技術開発の余地等から検討