

水素エネルギーへの期待と利用技術

松崎良雄

東京ガス(株)基盤技術部

2015年1月9日(金)

共進化社会システム創成拠点(CESS)シンポジウム

「九州発、未来の水素エネルギー社会」

アクロス福岡 国際会議場、福岡県福岡市

Contents

1. 水素・燃料電池の導入意義
2. 水素の製造
3. 水素エネルギー利用技術
4. 水素輸送技術
5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

1. 水素・燃料電池の導入意義

- ・METI資源エネルギー省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会第28回会合資料(2012)¹⁾
- ・水素・燃料電池戦略ロードマップ(2014)²⁾
- ・NEDO水素エネルギー白書(2014)³⁾

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、大幅な省エネルギー化へ

② エネルギーセキュリティ

多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能。今後、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。

③ 環境負荷低減

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フリーにつなげる。

④ 産業振興

水素・燃料電池関連の市場規模は、我が国だけでも2030年に1兆円程度、2050年に8兆円程度に拡大するとの試算がされており、今後10～35年間で大きく成長する分野と期待されている。

1) METI資源エネルギー省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会第28回会合資料(2012)
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_problem_committee/028/pdf/28-5.pdf

2) 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

3) NEDO水素エネルギー白書(2014) <http://www.nedo.go.jp/content/100567362.pdf>

Contents

1. 水素・燃料電池の導入意義
2. 水素の製造
3. 水素エネルギー利用技術
4. 水素輸送技術
5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

2. 水素の製造

製造方法の分類

- 副生水素
 - 苛性ソーダ
 - 石油化学
 - 鉄鋼
- 目的生産(既存設備)
 - 石油精製
 - アンモニア

← 180億Nm³/年レベル^{6),7)}

6) 参考文献 : 「水素社会における水素供給者のビジネスモデルと石油産業の位置付けに関する調査」
http://www.pecj.or.jp/japanese/report/research/report-pdf/H15_2003/03cho1.pdf

及び、
7) 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第5回)資料より推計
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/005_02_00.pdf

- 目的生産(新規設備)
 - 化石燃料改質
 - 水電解
- CO₂フリー水素
 - 再生可能E利用の水電解
 - バイオマス

← 国内再生可能Eでは40億Nm³/年レベル⁸⁾
太陽光5000万kW+風力5000万kW導入の場合

8) 参考文献: 次世代エネルギー社会の「エネルギーストレージ」第4回研究会資料(2014/09/05)「水素エネルギー社会の位置づけと見通し」(日本エネルギー経済研究所)より

- 将来技術
 - 光触媒
 - ISプロセス

製造方法の分類

コスト

■ 副生水素

■ 目的生産(既存設備)

■ 目的生産(新規設備)

-化石燃料改質

-水電解

■ CO2フリー水素

-再生可能E利用の水電解

-光触媒

-バイオマス

20円前後/Nm3レベル⁷⁾

31~58円/Nm3レベル⁷⁾
(ランニングのみ)

84円/Nm3レベル(系統電力)⁷⁾
(ランニングのみ)

76(風力)~136(太陽光)円/Nm3レベル⁷⁾

2020年代半ば
30円/Nm3 (プラント引渡価格)²⁾

◎ 海外からの水素価格

²⁾ 参考文献:水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

⁷⁾ 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第5回)資料より推計

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenc hi/suiso_nenryodenc hi_wg/pdf/005_02_00.pdf

Contents

1. 水素・燃料電池の導入意義
2. 水素の製造
3. 水素エネルギー利用技術
4. 水素輸送技術
5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

3. 水素エネルギー利用技術

① 定置用FC

- 導入目標
- 課題等

② FCV

③ 水素火力発電

④ その他

3. 水素エネルギー利用技術

■ 導入目標²⁾

① 定置用FC

【家庭用】

2020年: 140万台

(東京都目標は15万台)

2030年: 530万台

(東京都目標は100万台)

出典: NEDO水素エネルギー白書(2014)³⁾

東芝機
(PEFC)



定格出力	700W	
定格発電効率(LHV)	38.5%以上 (都市ガス)	37.5%以上 (LPガス)
総合効率(LHV)	94%以上	
販売日	2012年3月	
サイズ(mm)	FCユニット: W780 × D300 × H1,000 貯湯ユニット: W750 × D440 × H1,760 (200ℓ)	

パナソニック機
(PEFC)



定格出力	750W
定格発電効率(LHV)	39%
総合効率(LHV)	95%
販売日	2013年4月
サイズ(mm)	FCユニット: W400 × D400 × H1,850 貯湯ユニット: W560 × D400 × H1,850 (147ℓ)

JX機
(SOFC)



定格出力	700W
定格発電効率(LHV)	45%
総合効率(LHV)	87%
販売日	2011年10月
サイズ(mm)	FCユニット: W563 × D302 × H900 貯湯ユニット: W740 × D310 × H1,760 (90ℓ)

アイシン機
(SOFC)



定格出力	700W
定格発電効率(LHV)	46.5%
総合効率(LHV)	90%
販売日	2012年4月
サイズ(mm)	FCユニット: W600 × D335 × H935 貯湯ユニット: W740 × D310 × H1,760 (90ℓ)

【業務用・産業用】

2017年: 市場投入

²⁾ 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

³⁾ NEDO水素エネルギー白書(2014)

<http://www.nedo.go.jp/content/100567362.pdf>

最近の動向

【家庭用】

- ・家庭用燃料電池は2008年より「エネファーム」の統一名称で販売されている。
- ・2013年に普及推進協議体として「エネファーム パートナーズ」が設立。
- ・メーカー販売台数は2014年9月時点で累計10万台を超えた。
- ・エネファームは固体高分子形(PEFC)と固体酸化物形(SOFC)の2種類に大別できる。
- ・PEFCは、パナソニック(株)が2013年に200万円を切る低コスト化を図り、2014年は世界初となるマンション向けエネファームの発売を開始した。
- ・SOFCは、高発電効率を特徴とし、2011年にJX日鉱日石エネルギーから、2012年に大阪ガス(株)から発売開始され、その後低コスト化を図るとともに、スマートフォン操作やエネルギーの見える化への対応など、商品性の向上が進んでいる。

【業務用・産業用】

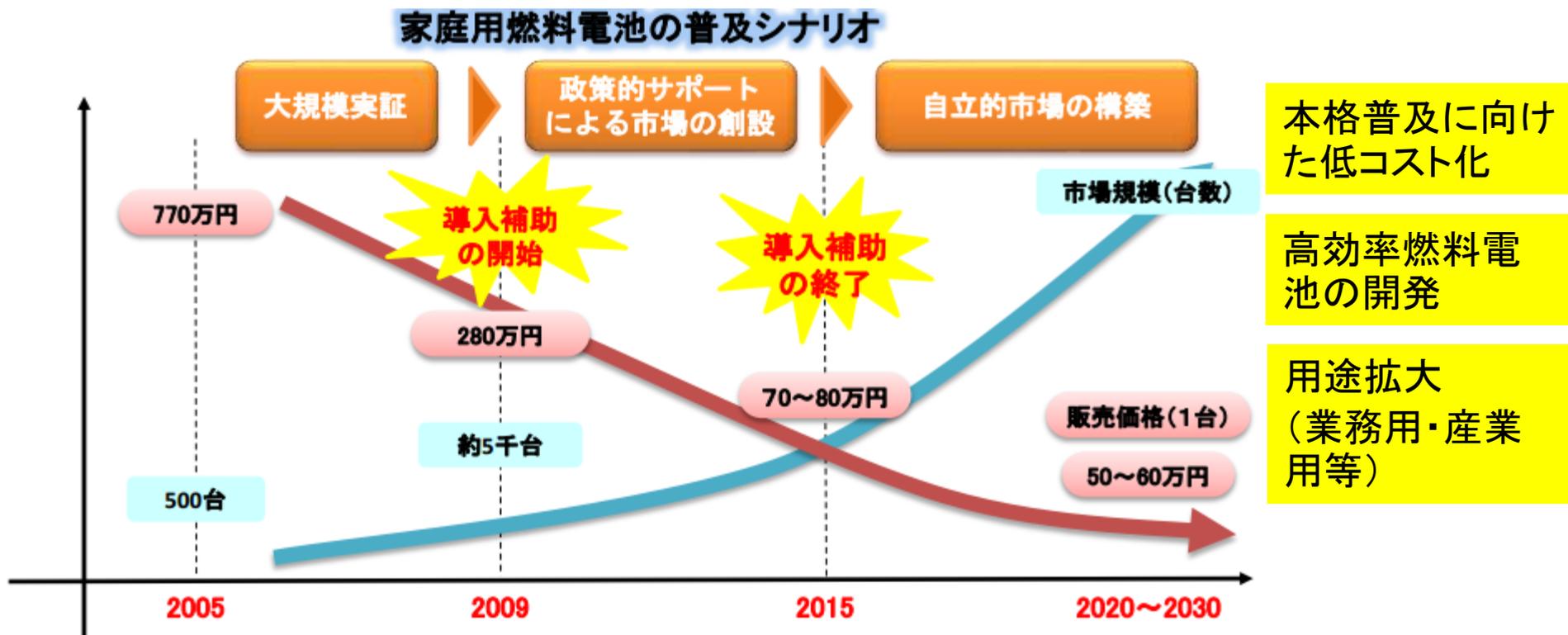
- ・2013年5月にブルームエナジー(米)とソフトバンクが共同でブルームエナジージャパンを設立し、「Bloomエナジーサーバー」(200kW級SOFC)を自家発電用や非常用の電源として官公庁や企業へ販売を開始した。60%(LHV)超の高い初期発電効率とモノジェネ仕様が特徴である。
- ・一方で日本のメーカーにより業務用/産業用高効率コジェネシステムの開発が進められている。開発メーカーとしては5~数十kW級SOFCを開発している三浦工業、富士電機、日立造船、250kW級の加圧SOFCハイブリッドシステムを開発している三菱日立パワーシステムズ社などがあげられる。さらに大型発電システムとして、ガスタービンコンバインドサイクルにSOFCを組み合わせたトリプルコンバインドサイクルが検討されている。天然ガスを燃料とする100 MW超級トリプルコンバインドサイクルシステムでは70%(LHV)以上の送電端発電効率が予想されている。

3. 水素エネルギー利用技術

① 定置用FC

■ 課題等

出典:水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第2回)資料(資料1 家庭用燃料電池について)⁹⁾



⁹⁾ 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第2回)資料(資料1 家庭用燃料電池について)

3. 水素エネルギー利用技術

① 定置用FC

② FCV

- 導入目標
- 課題等

③ 水素火力発電

④ その他

3. 水素エネルギー利用技術②FCV

■ 導入目標

水素・燃料電池戦略ロードマップ概要²⁾

【燃料電池自動車(FCV)】

- ・2015年商品化²⁾
- ・東京都:2020年に都内で6000台、2025年10万台目標

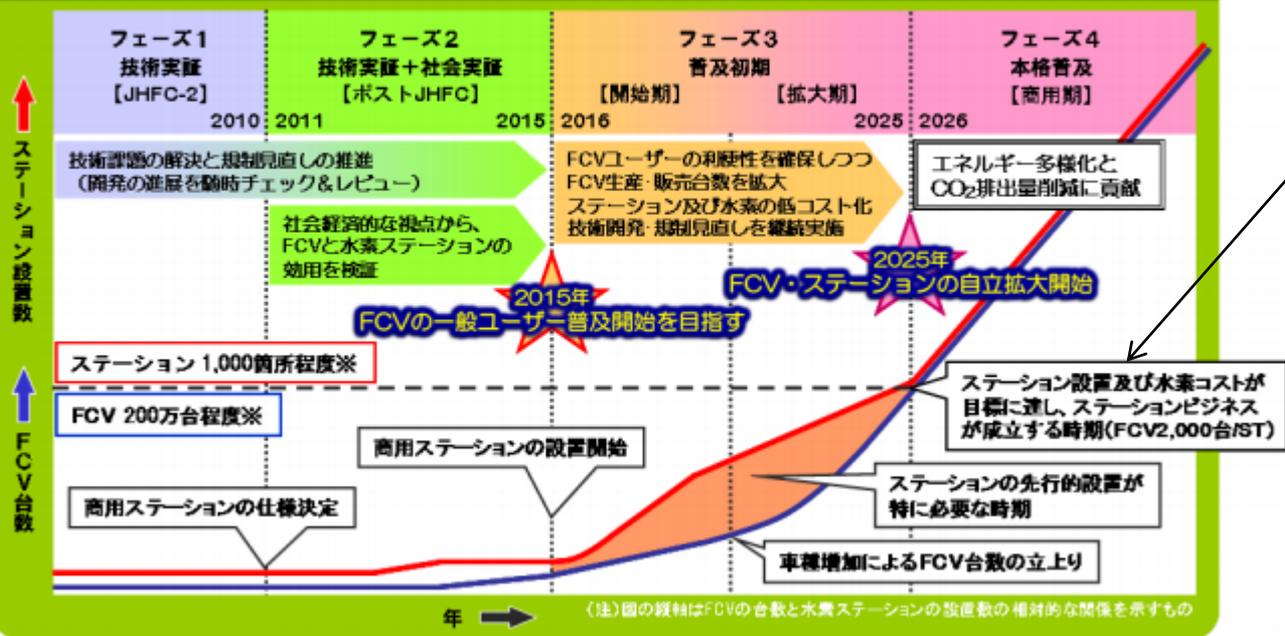
トヨタ:2014年12月に723万6千円(税込)でFCV「ミライ」の販売開始
購入補助金(METI)202万円

【水素ステーション】

- ・2015年までに、四大都市圏を中心に100箇所程度の水素供給場所を確保²⁾
- ・東京都:2020年に都内で35か所、2025年80か所

出典:燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ 2010¹⁰⁾

FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ



2025年時点でFCV200万台、水素ステーション1000箇所程度を普及¹⁰⁾

2) 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要 (2014)

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

10) 燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ 2010

http://fccj.jp/pdf/22_csj.pdf

※前提条件:FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

3. 水素エネルギー利用技術

② FCV

■ 課題等

- ・FCV: 商用化開発、低コスト化
- ・水素ステーション: 低コスト化(現状中規模5~6億円→2.7億円へ)、規制緩和
- ・水素価格目標:
 - ・当面は平均的なガソリン車(20km/1L)並み: 約80円/10km
 - ・2020年にはHV並み: 約45円/10km

(岩谷産業:FCV向け水素販売価格を1,100円/kgにすると発表。「2020年にはハイブリッド車の燃料代と同等以下を実現する」という目標を、5年前倒し(当面は収益を度外視し、産業用水素ガスと合わせて採算を確保)。体積換算で100円/Nm³。ガソリン1リットルで16km走行するハイブリッド車と同程度の燃料価格。)

(水素需要量について)¹¹⁾

FCV 200万台で約30 億 Nm³/年

(FCV 燃費 100 km/kg-水素、年間走行距離 12,000 km)

- ・・・現在の水素のエネルギー用途(200~300万Nm³)を大きく上回る
- ・・・しかし、日本国内の年間水素消費量(約200億Nm³以上)の2割程度)

¹¹⁾ 参考文献: 平成24年度NEDO成果報告書

水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/次世代技術開発・フュージビリティスタディ等/水素需給の現状と将来見通しに関する検討(2013)

3. 水素エネルギー利用技術

- ① 定置用FC
- ② FCV
- ③ 水素火力発電
 - 導入目標
 - 課題等
- ④ その他

3. 水素エネルギー利用技術

③ 水素火力発電

水素火力発電(水素の専焼及び混焼):ガスタービン又はボイラーで水素を燃焼させることによって行う発電

■ 導入目標²⁾

2020年頃:自家発用水素発電の本格導入開始

2030年頃:発電事業用水素発電の本格導入開始

²⁾ 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

3. 水素エネルギー利用技術

課題等

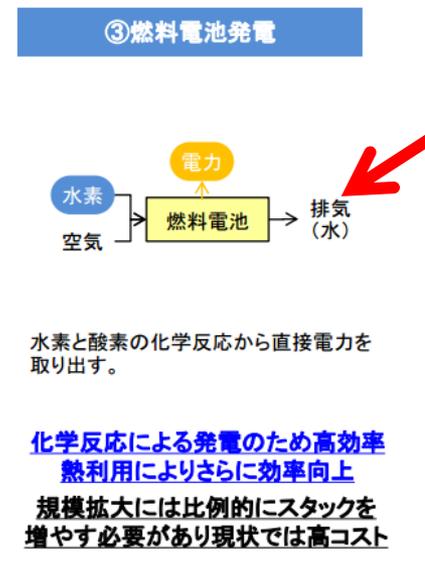
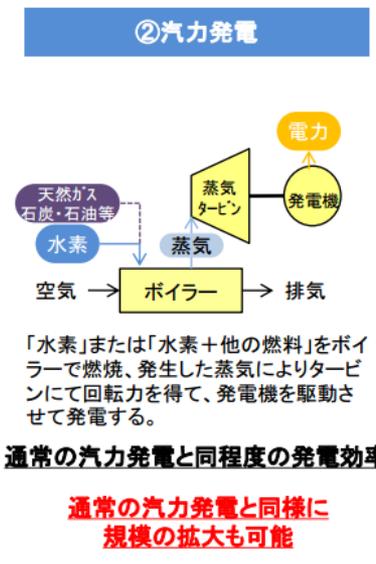
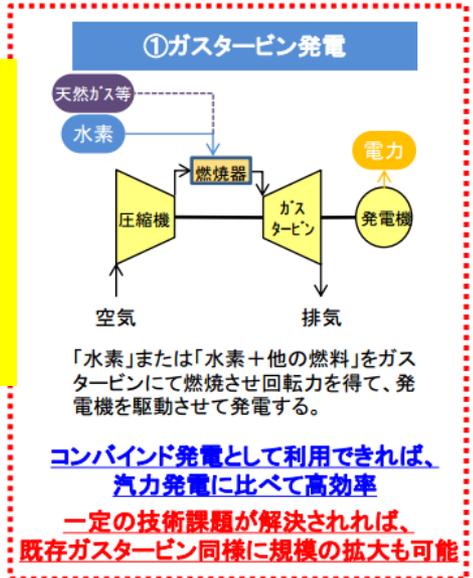
③ 水素火力発電

- ・ 水素は、天然ガス等の既存の燃料に比べると、①発熱量が低い、②燃焼速度が速い、③断熱火炎温度が高い等の燃焼特性を持つ¹²⁾。
- ・ このため、例えば、火炎温度が高いことで、局所的にホットスポットが生じ、NO_xが発生するため、これを低減することは大きな課題¹²⁾。
- ・ LNG 火力への混合について、混合率が50%程度までは、技術的に解決しなければならない大きな問題はない¹¹⁾

出典：水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)資料(資料2 水素発電について)¹²⁾

水素を燃料とした発電の種類

ENEL社(伊)
水素専焼コン
バインド発電
(2010-):
出力16MW
効率:約42%



SOFCによる
超高効率
発電の可能性

¹²⁾ 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)資料(資料2 水素発電について)(2014)
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/004_02_00.pdf

¹¹⁾ 平成24年度NEDO成果報告書 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/次世代技術開発・フィージビリティスタディ等/水素需給の現状と将来見通しに関する検討(2013)

水素利用技術と水素需要量

出典：水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)資料(資料2 水素発電について)¹²⁾

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

各用途が同程度の水素需要

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)、改質器効率80%から算出)

¹²⁾水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)資料(資料2 水素発電について)(2014)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/004_02_00.pdf

3. 水素エネルギー利用技術

- ① 定置用FC
- ② FCV
- ③ 水素火力発電
- ④ その他

3. 水素エネルギー利用技術

④ その他

■ 燃料電池バス

■ フォークリフト → 米国では4000台以上導入済み³⁾

出典: NEDO水素エネルギー白書(2014)³⁾ 電動フォークリフトと燃料電池フォークリフト

電動フォークリフト



鉛バッテリー



体積: 0.4m³
重量: 約1,000kg

置き換え
可能

燃料電池フォークリフト

燃料電池システム



体積 : 0.4m³
FC重量: 約500kg



- 走行時ゼロエミッション
- ランニングコスト低
- 低騒音・低振動
- × 連続稼働に課題(バッテリー交換作業が必要)。
- × 充電に時間がかかる(6~8時間)
- × 連続稼働に必要な予備バッテリーの置き場が必要
- × バッテリーの寿命は3~5年程度

- 走行時にCO₂を排出しない
- ランニングコストは水素価格次第
- 連続稼働8時間
- 水素の充填は3分
- 予備バッテリーは不要
(→省スペース化に資する(ただし、水素充填設備は必要))
- 燃料電池の寿命は10年程度
- 低騒音・低振動

³⁾ NEDO水素エネルギー白書(2014)

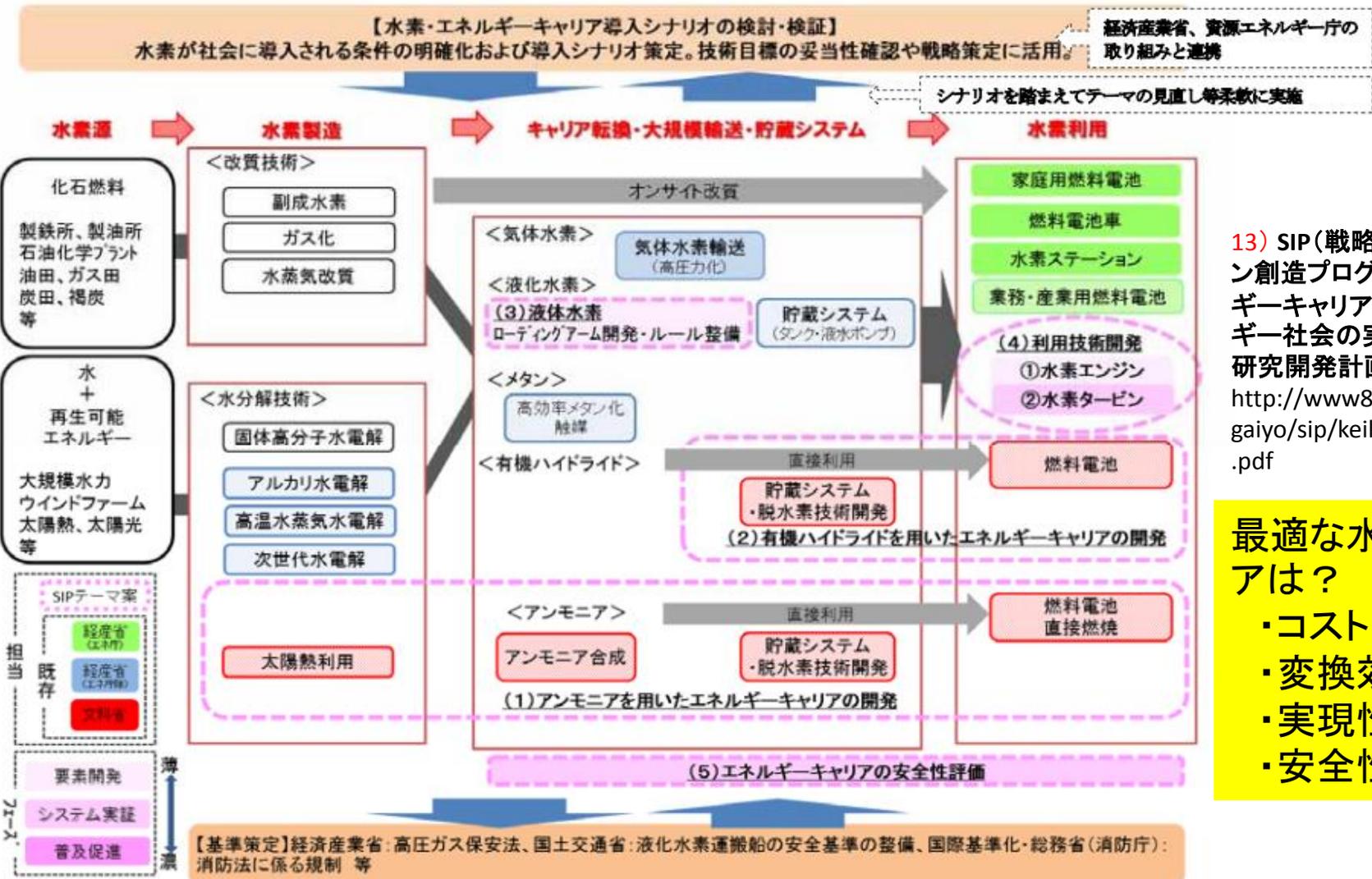
Contents

1. 水素・燃料電池の導入意義
2. 水素の製造
3. 水素エネルギー利用技術
4. 水素輸送技術
5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

■ 海外からの輸送(エネルギーキャリア)

出典: SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) エネルギーキャリア(新しいエネルギー社会の実現に向けて) 研究開発計画(内閣府) ¹³⁾

図表 2-1 水素関連研究開発・技術開発全体像



13) SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) エネルギーキャリア(新しいエネルギー社会の実現に向けて) 研究開発計画(内閣府) http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/4_enekyari.pdf

最適な水素キャリアは？

- ・コスト
- ・変換効率
- ・実現性
- ・安全性

→ 実用的にいくつかの候補存在。それぞれメリット・デメリットあり。
→ 新規キャリアも含めた様々な研究開発

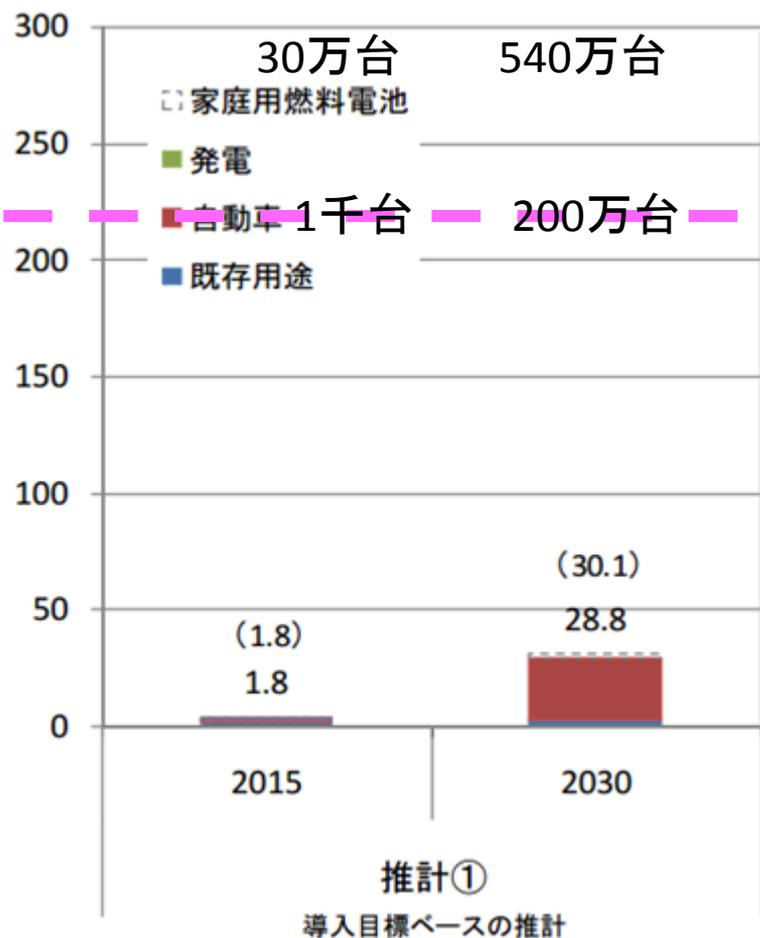
Contents

1. 水素・燃料電池の導入意義
2. 水素の製造
3. 水素エネルギー利用技術
4. 水素輸送技術
5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

- 水素導入の需要と供給バランス
- 海外水素の供給ポテンシャル
- コスト(経済性)
- 高効率化・低炭素化への期待

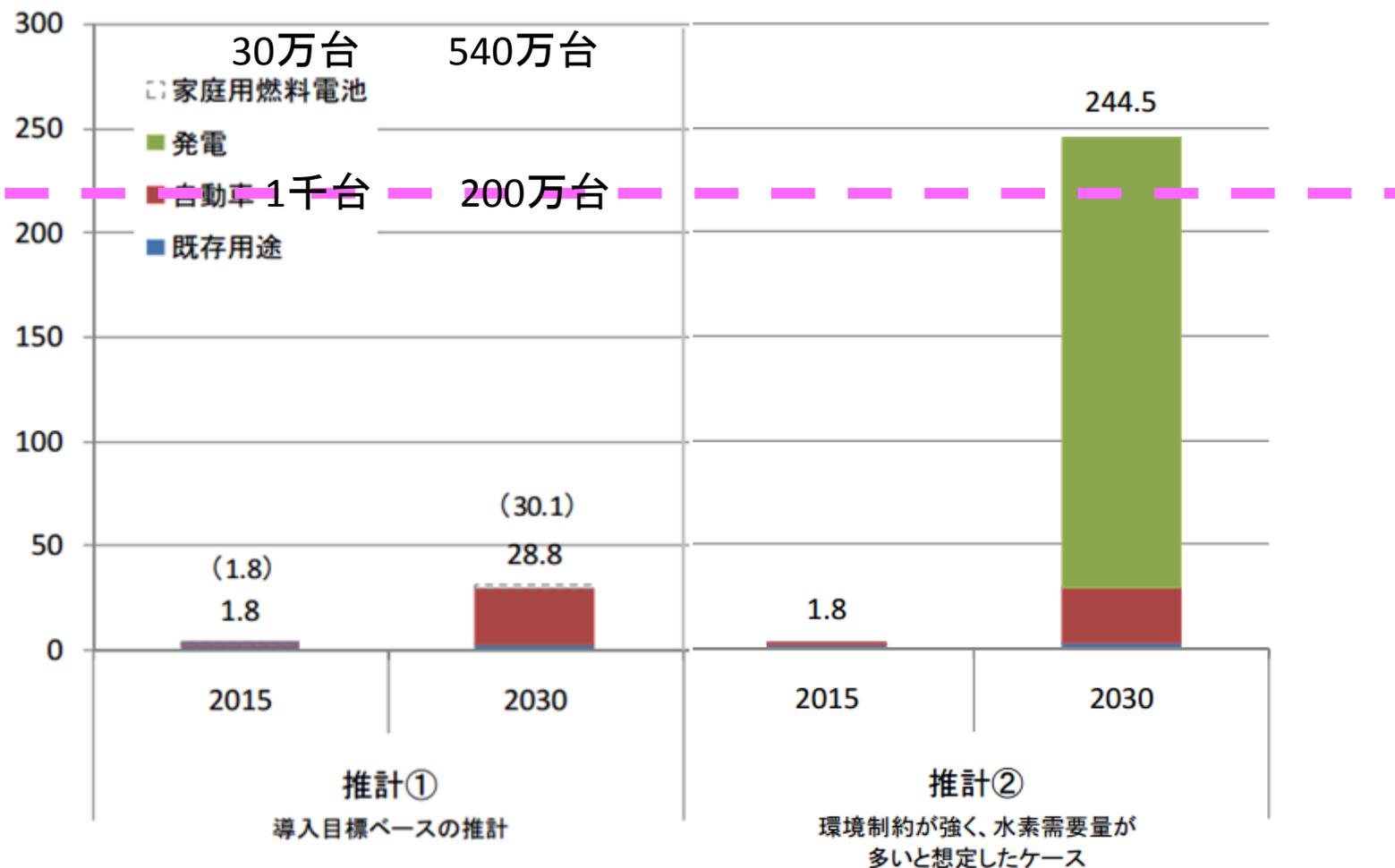
■ 水素の需要と供給バランス



11) 出典：平成24年度NEDO成果報告書 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発／次世代技術開発・フィージビリティスタディ等／水素需給の現状と将来見通しに関する検討

■ 水素の需要と供給バランス

年間水素需要量(億Nm³/年)¹¹⁾



水素需要量推計

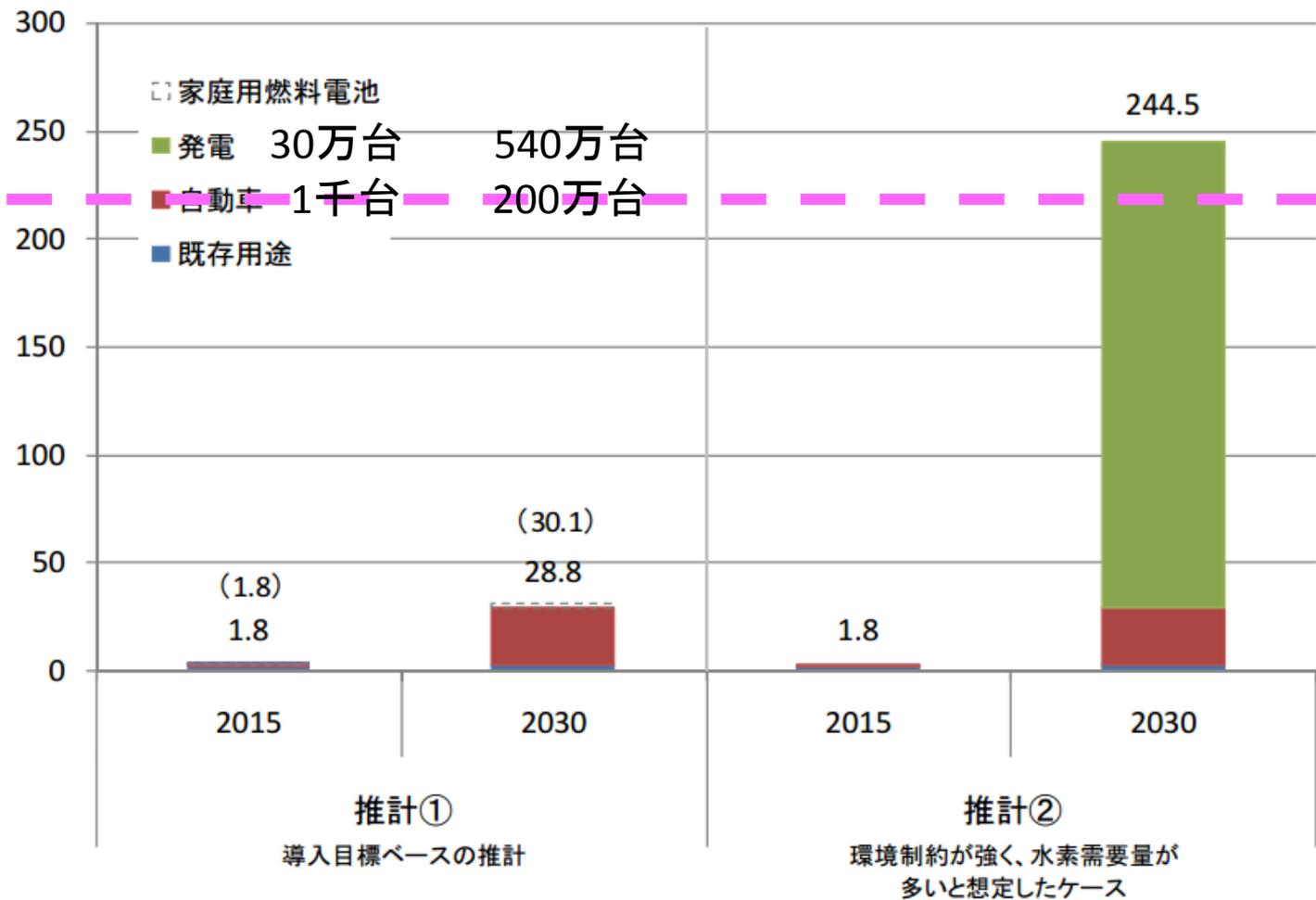
注) グラフ内の数値は各推計・年の合計値を示す(推計①の括弧に示した数値は家庭用燃料電池による間接利用を含めた水素需要量である)。

11) 出典: 平成24年度NEDO成果報告書 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/次世代技術開発・フィージビリティスタディ等/水素需給の現状と将来見通しに関する検討

■ 水素の需要と供給バランス

2050年
FCV2000万台、水素発電50GWのケースでは
約1600億Nm³ ⁸⁾

年間水素需要量(億Nm³/年) ¹¹⁾



水素需要量推計

11) 出典：平成24年度NEDO成果報告書 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発／次世代技術開発・フィージビリティスタディ等／水素需給の現状と将来見通しに関する検討に追記

8) 参考文献：次世代エネルギー社会の「エネルギーストレージ」第4回研究会資料(2014/09/05)「水素エネルギー社会の位置づけと見通し」(日本エネルギー経済研究所)より

5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

■ 水素導入の需要と供給バランス

- 定置用FCとFCVの普及には水素輸入の制約は少ない
- 大規模水素発電が導入・拡大されると海外水素輸入が必要に

■ 海外水素の供給ポテンシャル

■ コスト(経済性)

■ 高効率化・低炭素化への期待

海外水素導入(1)褐炭等

■ 海外の未利用エネルギーである、副生水素、原油随伴ガス、褐炭から水素を製造することが、将来的なコストと賦存量の両面から有望視されている¹⁴⁾。

14) 水素・燃料電池戦略ロードマップ(2014)

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf>

■ 全世界水素製造量換算⁸⁾。

褐炭 : 6600億Nm³/年

随伴ガス : 5300億Nm³/年

副生水素 : 1900 Nm³/年

8) 次世代エネルギー社会の「エネルギーストレージ」第4回研究会資料(2014/09/05)
「水素エネルギー社会の位置づけと見通し」(日本エネルギー経済研究所)(2014)より

■ 海外からの水素価格: 2020年代半ばに30円/Nm³ (プラント引渡価格)²⁾

2) 参考文献: 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)

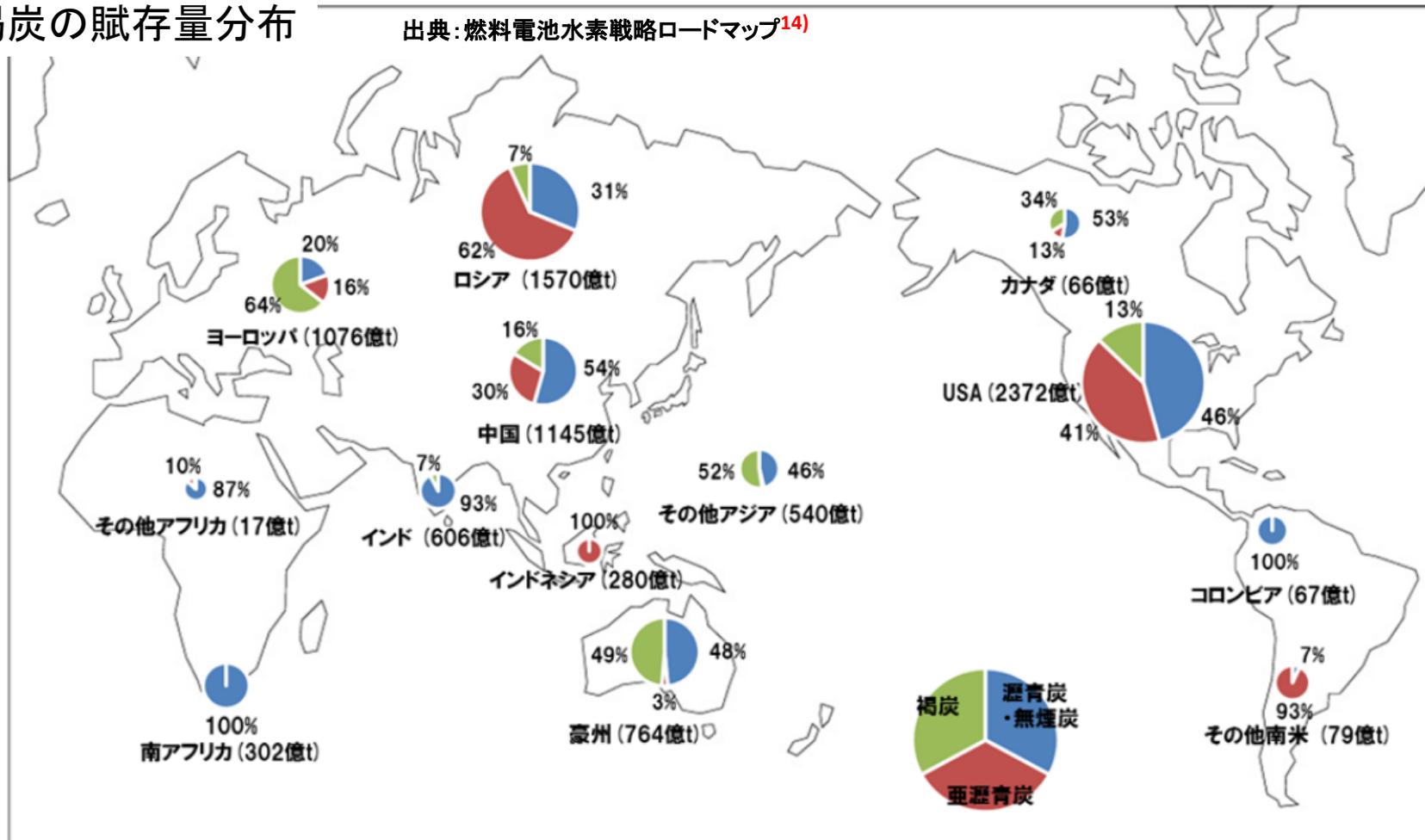
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

海外水素導入(1)褐炭等

(エネルギー資源遍在リスクの低減にもなり得る)

褐炭の賦存量分布

出典: 燃料電池水素戦略ロードマップ¹⁴⁾



14) 出典: 水素・燃料電池戦略ロードマップ

海外水素導入(2)再生可能エネルギー

■以下のケースでは、将来的に当該電力を活用して安価に水素を製造することができる可能性がある¹⁴⁾。

- ・水力発電が地理的な要因等によって大規模需要地と系統連系していないために用途のない余剰電力が生じている場合
- ・系統制約等により再生可能エネルギーのポテンシャルを十分に活かしていない場合

■パタゴニアなど海外風力由来の水素を輸入する場合のCIF価格の試算例¹⁵⁾
(液体水素、タンカー輸送)

2020年: 29円-39円/Nm³

2030年(水電解効率・液化効率向上): 25円-33円/Nm³

¹⁴⁾ 水素・燃料電池戦略ロードマップ

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf>

¹⁵⁾ T. Watanabe et al., J. Japan Society of Energy and Resources, Vol.31, No.6, pp.24-31 (2010)

5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

■ 水素導入の需要と供給バランス

- 定置用FCとFCVの普及には水素輸入の制約は少ない
- 大規模水素発電が導入・拡大されると海外水素輸入が必要に

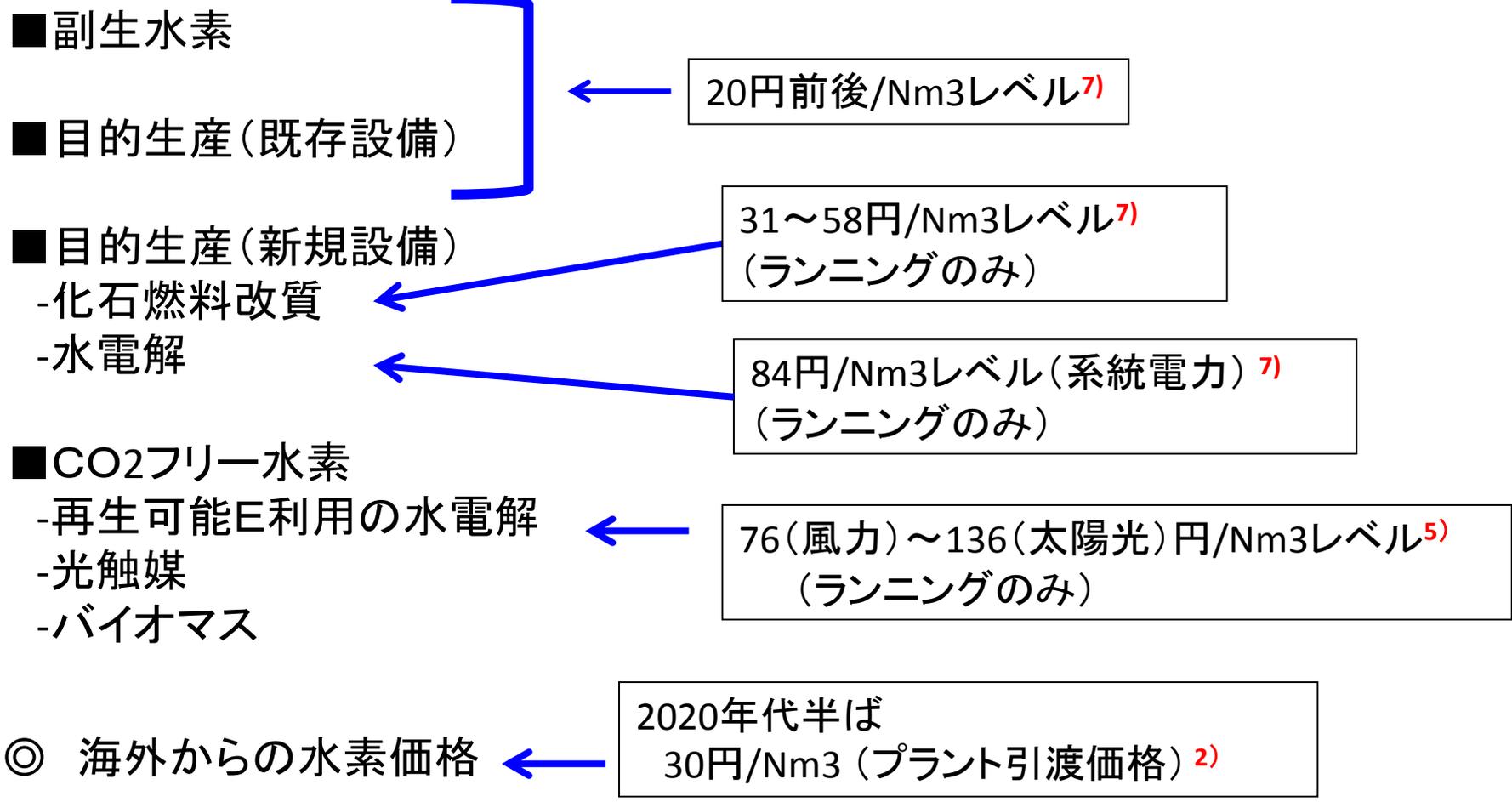
■ 海外水素の供給ポテンシャル

- 供給可能量は豊富
- 30円程度の目標価格・試算報告
- エネルギー資源遍在リスクの低減に寄与

■ コスト(経済性)

■ 高効率化・低炭素化への期待

製造方法の分類



2) 参考文献: 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

7) 参考文献: 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第5回)資料より推計
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenc hi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/005_02_00.pdf

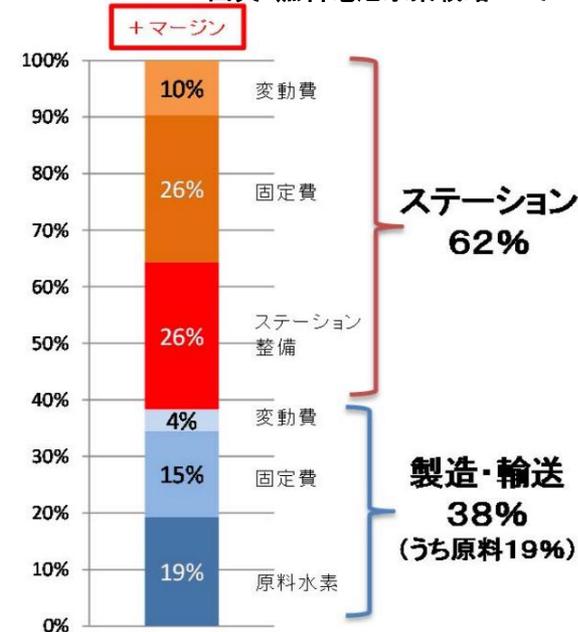
CNG価格との比較

平成26年11月CNG単価(東京ガス) ¹⁶⁾

年換算使用量 (m ³)	平成26年11月適用単価 (円/m ³)
5千m ³ 未満	124.54
5千m ³ 以上～1万m ³ 未満	122.38
1万m ³ 以上～2万m ³ 未満	120.22
2万m ³ 以上～3万m ³ 未満	118.06
3万m ³ 以上～4万m ³ 未満	115.90
4万m ³ 以上～5万m ³ 未満	113.74
5万m ³ 以上～10万m ³ 未満	111.58
10万m ³ 以上～20万m ³ 未満	110.50
20万m ³ 以上	110.20

水素コスト構造(ナフサ改質)

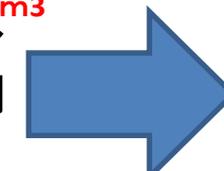
出典: 燃料電池水素戦略ロードマップ¹⁴⁾



都市ガス(13A)

45MJ/Nm³

110～
125円
/m³



H₂熱量換算

水素: 12.8MJ/Nm³

熱量換算でH₂価格
31～36円/m³
相当

注意事項

- ・移動体用燃料としては、CNG車よりもFCVの方が効率が高い(燃費がいい)
- ・CNGは売価で前ページのH₂は製造コスト ⇒単純比較はできない

¹⁶⁾ 東京ガス(株)業務用・工業用お客様向けホームページ
<http://eee.tokyo-gas.co.jp/product/ngv/price/price2611.html>

¹⁴⁾ 水素・燃料電池戦略ロードマップ
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf>

水素と化石燃料の熱量当たりの単価

出典: 燃料電池水素戦略ロードマップ¹⁴⁾

CIFコスト	燃料価格 (円/MJ)	熱量等価水素価格 (円/Nm ³)
石炭	0.4	5.2
LPG	1.6	20.1
原油	1.6	19.8
天然ガス	1.3	16.7

都市ガス13A:
45MJ/Nm³換算
58.5円/Nm³

(水素燃焼熱: 12.8MJ/Nm³)

¹⁴⁾ 出典: 水素・燃料電池戦略ロードマップ を元に一部追記
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf>

■ 海外からの水素価格

2020年代半ば

30円/Nm³ (プラント引渡価格)²⁾

²⁾ 参考文献: 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要

<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-1.pdf>

■ パタゴニアなど海外風力由来の水素を輸入する場合のCIF価格の試算例¹⁵⁾ (液体水素、タンカー輸送)

2020年:

29円-39円/Nm³

2030年(水電解効率・液化効率向上): 25円-33円/Nm³

¹⁵⁾ 参考文献: T. Watanabe et al., J. Japan Society of Energy and Resources, Vol.31, No.6, pp.24-31 (2010)

http://www.jser.gr.jp/journal/journal_pdf/2010/journal201011_4.pdf

海外からの水素の経済性

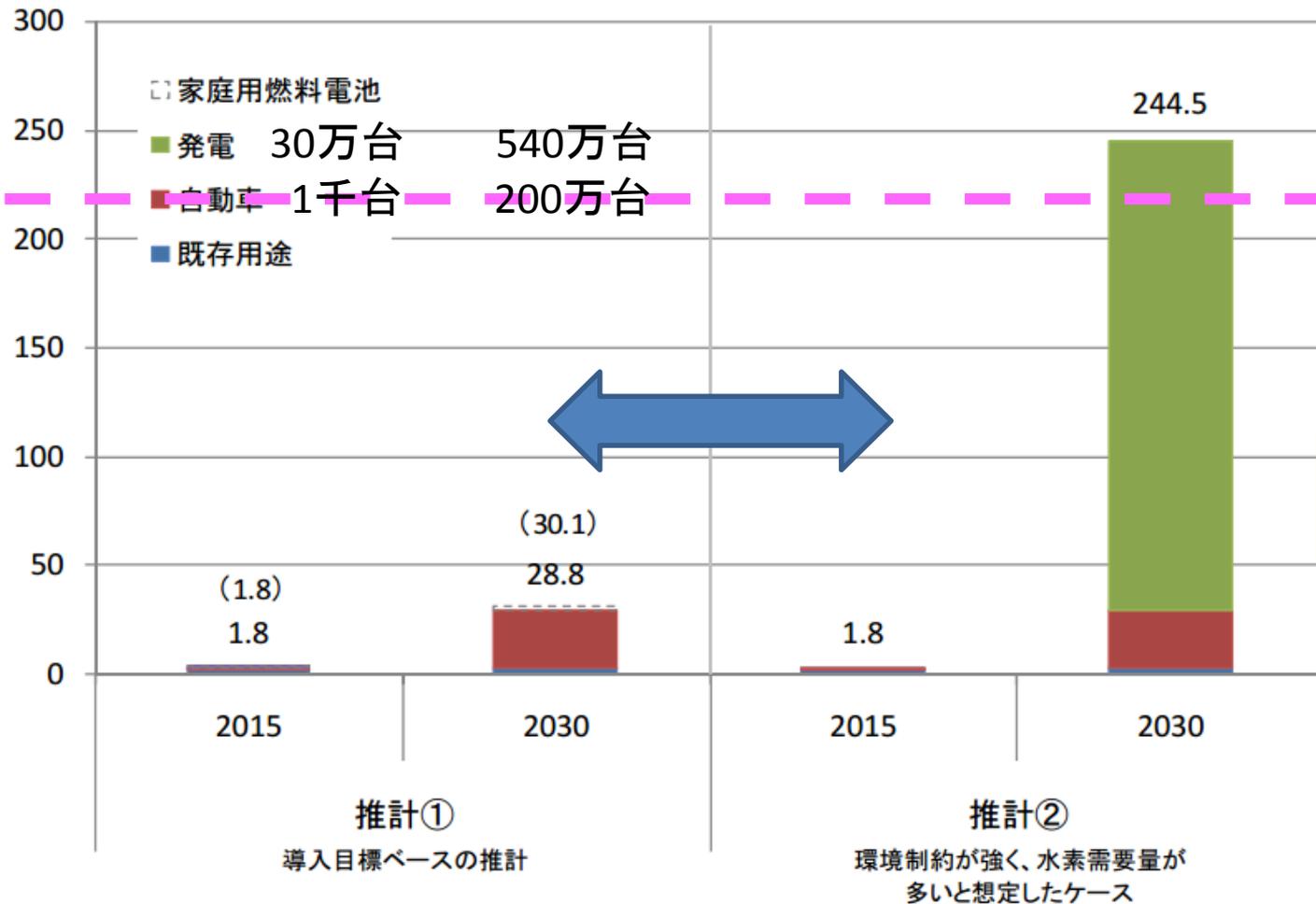
LNG熱量等価17円/Nm³レベルに対して、割高

→ 利用技術の高効率化が重要

■ 水素の需要と供給バランス

年間水素需要量(億Nm³/年)¹¹⁾

2050年
FCV2000万台、水素発電50GWのケースでは
約1600億Nm³⁶⁾



この推計(前出)のように振れ幅大

水素需要量推計

6) 参考文献: 次世代エネルギー社会の「エネルギーストレージ」第4回研究会資料(2014/09/05)「水素エネルギー社会の位置づけと見通し」(日本エネルギー経済研究所)より

11) 出典: 平成24年度NEDO成果報告書 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/次世代技術開発・フィージビリティスタディ等/水素需給の現状と将来見通しに関する検討に追記

5. 水素社会への課題と高効率化・低炭素化への期待

■ 水素導入の需要と供給バランス

- 定置用FCとFCVの普及には水素輸入の制約は少ない
- 大規模水素発電が導入・拡大されると海外水素輸入が必要に

■ 海外水素の導入ポテンシャル

- 供給可能量は豊富
- 30円程度の目標価格・試算報告例あり
- エネルギー資源遍在リスクの低減に寄与

■ コスト(経済性)

→ 経済性:LNG熱量等価17円/Nm³レベルに対して割高(海外水素)。・・・**利用技術の高効率化が重要**

→ 海外水素の輸入規模は、環境制約(CO₂価格など)やエネルギー価格動向、高効率化の進展等に依存して振れ幅大。

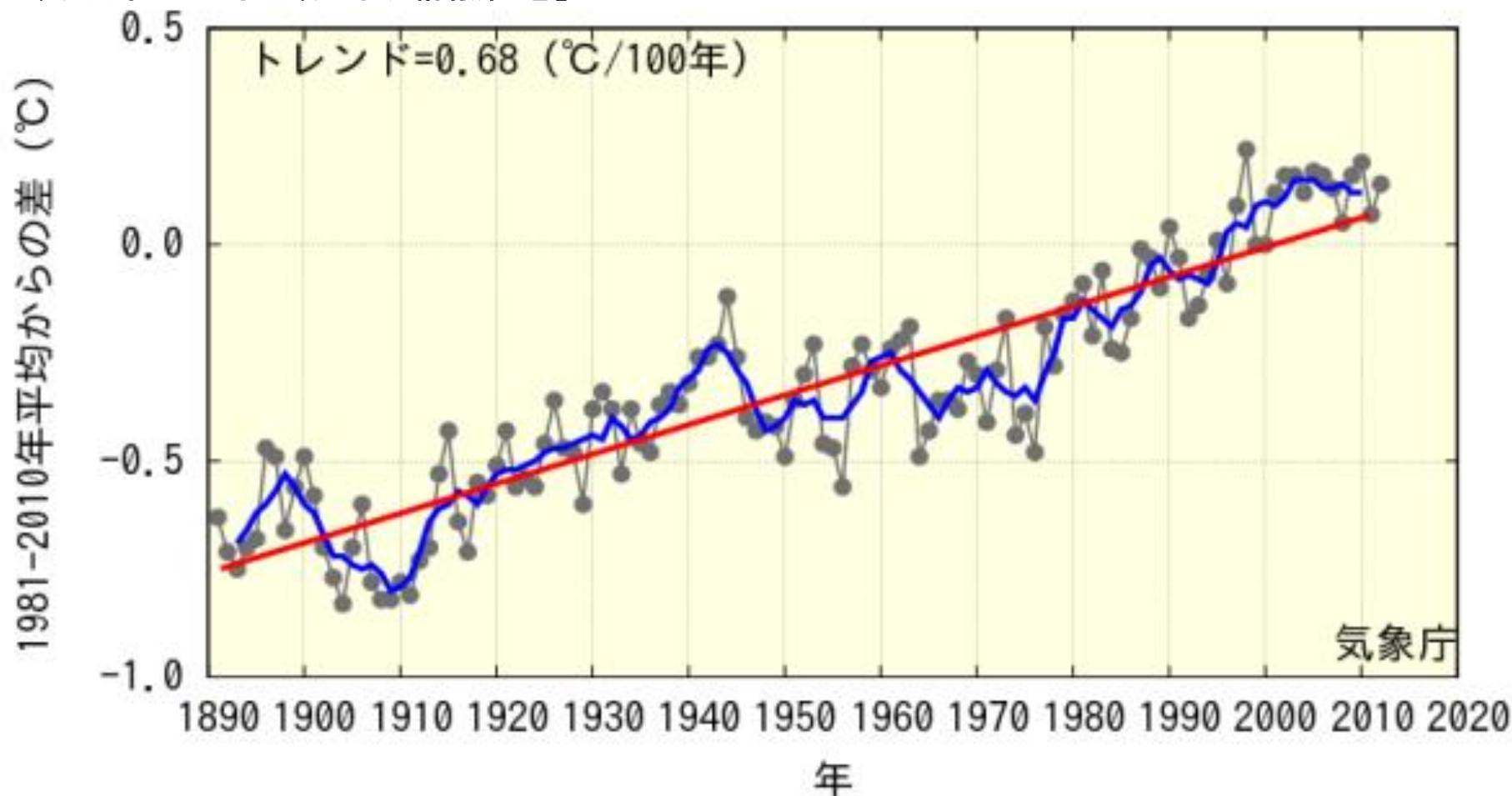
■ 高効率化・低炭素化への期待

■ 高効率化・低炭素化への期待

気温変動

世界の年平均気温偏差

出典: 気象庁「地球温暖化予測情報第8巻」¹⁸⁾



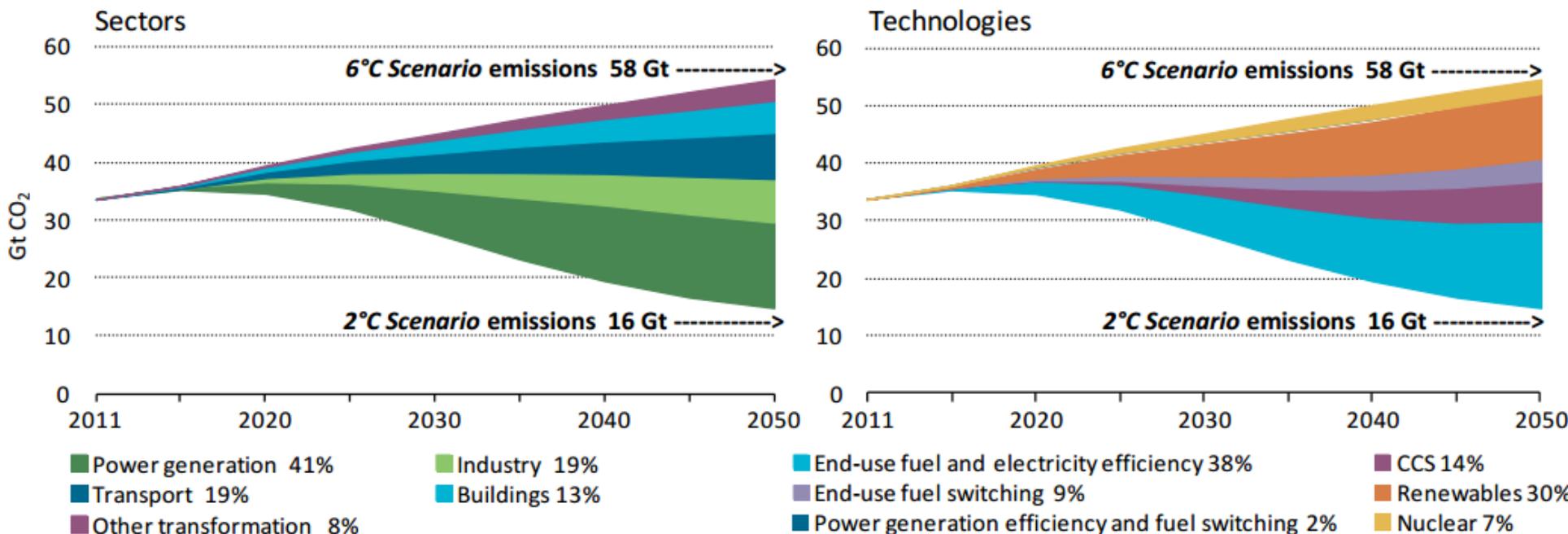
¹⁷⁾ 気象庁「地球温暖化予測情報第8巻」(2013)
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol8/pdf/01.pdf>

環境制約リスクの増大

■ 高効率化・低炭素化への期待

CO2排出対策への各技術貢献度

出典: IEA Roadmap Vision/Scope/Structure/Process, IEA Hydrogen Technology Roadmap Asia Workshop(2014)¹⁹⁾



- 6°C Scenario – business-as-usual; no adoption of new energy and climate policies
- 2°C Scenario - energy-related CO₂-emissions halved by 2050 through CO₂-price and strong policies

18) IEA Roadmap Vision/Scope/Structure/Process, IEA Hydrogen Technology Roadmap Asia Workshop(2014)
http://www.iea.org/media/workshops/2014/asiahydrogenworkshop/1_SessionITamIEARoadmapoverview.pdf

環境制約リスクの増大、水素・燃料電池への期待

■ 高効率化・低炭素化への期待

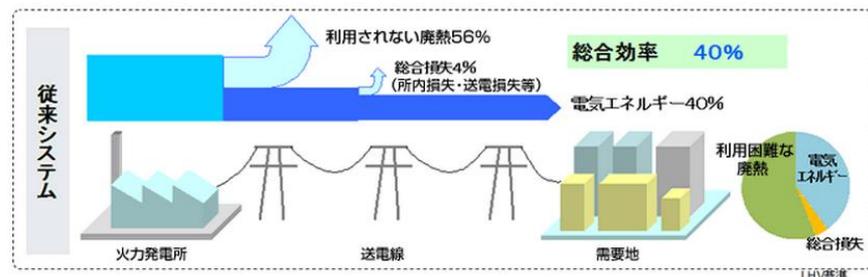
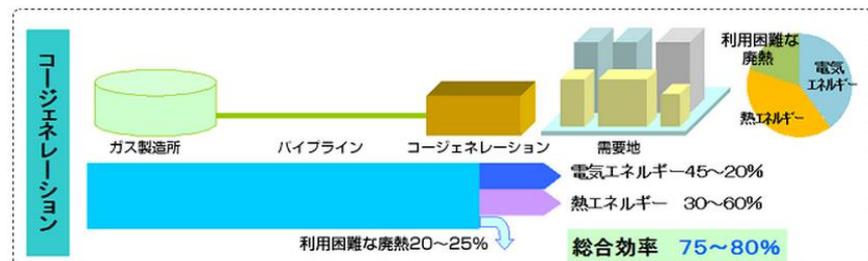
コージェネレーションによるエネルギー有効利用と セキュリティ向上について

コージェネ財団

19) http://www.ace.or.jp/web/works/works_0010.html

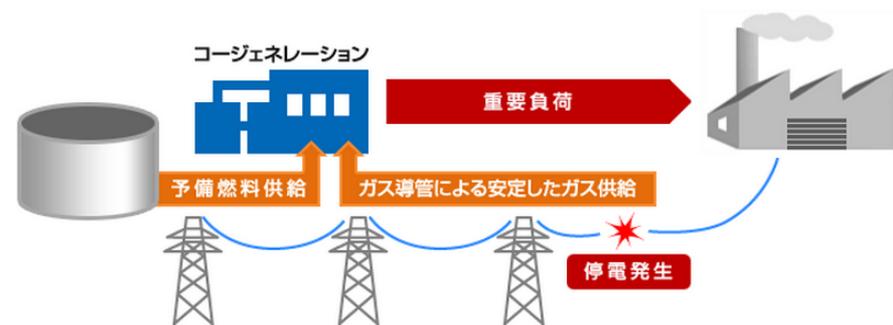
省エネルギー・CO2排出削減

コージェネレーション導入で下図のように商用系統と同等以上の発電効率と廃熱を有効利用することで省エネルギー効果（1次エネルギー換算）、CO2削減効果、経済性向上といったメリットが得られる。



エネルギーセキュリティの向上

コージェネレーションと商用電力が連系することにより電源の二重化、安定化を図ることができる。特にブラックアウトスタート仕様にすることにより、商用系統の停電時における重要負荷への電力確保ができるため、非常時でも事業継続計画（BCP）が可能となり、信頼性の高いエネルギー供給システムが構築できる。さらに、一定の条件を満たせば防災兼用とすることも可能である。



※本図はコージェネレーションの燃料に燃料ガスを使用した一例

■ 高効率化・低炭素化への期待

コージェネ Co-Generation System

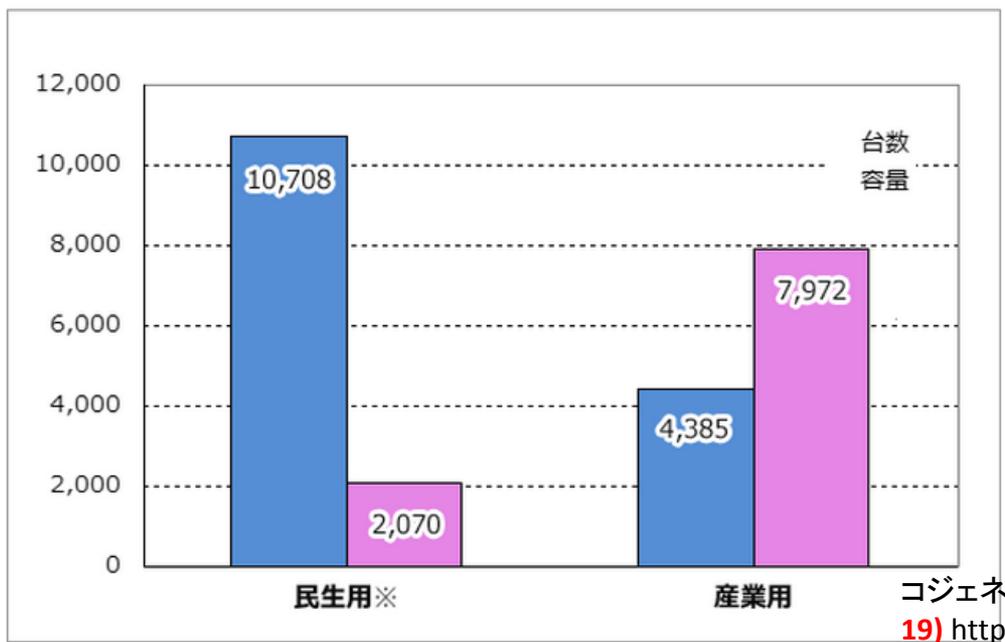


コージェネが導入量1000万キロワットを突破 新たな成長をもたらす次世代インフラの要に

国内のCHP導入状況（累積導入台数および累積発電容量） (2014年3月末)

コージェネレーション（CHP）導入状況 (2014年3月末)

	全体	民生用 ※	産業用
累積導入台数	15,093	10,708	4,385
累積導入容量 (MW)	10,042	2,070	7,972



2013年度は約
22万kW増



目標: 3000万kW
@2030年

(2000万kW ÷ 17年 → 118万kW/年)

超高効率発電への期待

■ 高効率な分散発電システムであるSOFCを様々な市場に普及させることで...

⇒ 環境問題やエネルギーセキュリティに大きく貢献できる

■ 適用性の拡大・大量普及のネック = 「排熱」有効利用

⇒ 「排熱」の利用を必ずしも前提・必要としない、すなわち「排熱」の少ない**革新的な超高効率発電**を可能にする技術が最も有効

高効率化・低炭素化への期待まとめ

- 定置用FC、移動体用FC
 - 適用性拡大・普及拡大に向け、**高効率発電・超高効率発電**への期待
- **CO2大幅低減**に向けた本格水素社会
 - 経済性成立を考慮すると、**利用技術の高効率化**が大きな推進要因となる
- 技術開発
 - (時間的・規模的振れ幅が大の状況下で)
 - 国・自治体主導による将来を見据えた研究開発の重要性

参考資料・文献リスト

- 1) METI資源エネルギー省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会第28回会合資料(2012)
- 2) 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(2014)
- 3) NEDO水素エネルギー白書(2014)
- 4) 「低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言」(環境省)(2012)
- 5) エネルギー基本計画(2014)
- 6) 水素社会における水素供給者のビジネスモデルと石油産業の位置付けに関する調査(2003)
- 7) 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第5回)資料(2014)
- 8) 次世代エネルギー社会の「エネルギーストレージ」第4回研究会資料(2014/09/05)「水素エネルギー社会の位置づけと見通し」(日本エネルギー経済研究所)(2014)
- 9) 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第2回)資料(資料1 家庭用燃料電池について)(2014)
- 10) 燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ(2010)
- 11) 平成24年度NEDO成果報告書/水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/次世代技術開発・フィージビリティスタディ等/水素需給の現状と将来見通しに関する検討(2013)
- 12) 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)資料(資料2 水素発電について)(2014)
- 13) SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)エネルギーキャリア(新しいエネルギー社会の実現に向けて)研究開発計画(内閣府)(2014)
- 14) 水素・燃料電池戦略ロードマップ(2014)
- 15) T. Watanabe et al., J. Japan Society of Energy and Resources, Vol.31, No.6, pp.24-31 (2010)
- 16) 東京ガス(株)業務用・工業用お客様向けホームページ
- 17) 気象庁「地球温暖化予測情報第8巻」(2013)
- 18) IEA Roadmap Vision/Scope/Structure/Process, IEA Hydrogen Technology Roadmap Asia Workshop(2014)
- 19) コジェネ財団ホームページ

END