

CO2 フリー水素チェーン実現に向けた アクションプラン研究

成果報告書(平成24年度)

平成 25 年 4 月

 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

CO2 フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会

CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究 成果報告書 目次

1 アクションプラン研究会設立の背景・主旨

2 アクションプラン研究会の体制・メンバー

3 アクションプラン研究会の達成目標

4 成果

4.1 成果の総括

4.2 CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約

4.3 水素需要推算(シミュレーション)

4.4 水素エネルギー社会の絵姿

4.5 アクションプラン

4.6 CO2フリー水素の多面的評価

5 課題

6 成果の公表

7 次年度の活動について

添付

資料1-1: CO2フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会の総括

資料4.1-1: 2012年度の研究会活動の総括

資料4.1-2: CCS及びCO2フリー水素需要に関する意見調査結果

資料4.1-3(1/2)(2/2): CO2フリー水素の需要推算(シミュレーション結果)

資料4.1-4: 水素エネルギー社会の絵姿 High H2 シナリオ(2次案)【簡略版】

資料4.1-5: 水素エネルギー社会の絵姿 Low H2 シナリオ(2次案)【簡易版】

資料4.2: 意見調査結果(総括)

資料4.3: 水素需要推算(GRAPEによるケーススタディー条件と結果)

資料4.4-1: 水素エネルギー社会の絵姿 High H2 シナリオ(2次案)【詳細版】

資料4.4-2: 水素エネルギー社会の絵姿 Low H2 シナリオ(2次案)【詳細版】

資料4.5: アクションプラン(実施要領:素案)

資料4.6: CO2フリー水素の多面的評価(実施要領:素案)

資料6-1: AP研究会成果物の公開について

資料6-2: Perspective of CO2-free Hydrogen Global Supply Chain (IEA TASK28での発表資料)

資料6-3: 『CO2フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会』(FC EXPO 2013での発表資料)

資料6-4: エネルギー革新を導く水素の役割(第12回FCCJ総会での山地先生のご講演資料)

はじめに

本資料は、平成24年度よりエネルギー総合工学研究所が主催している自主研究会『CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』（以下、アクションプラン研究会と称す）の平成24年度の成果報告書であり、CO2フリー水素に関する意見調査・需要推算を行い、その結果に基づき、将来のエネルギー社会におけるCO2フリー水素チェーンの絵姿作成、アクションプランの検討、CO2フリー水素の多面的評価の検討等を行った結果をまとめたものである。

なお、平成25年度もアクションプラン研究会を継続実施することが決定している。

1 アクションプラン研究会設立の背景・主旨

アクションプラン研究会は、平成23年度後半から24年度末まで実施した『CO2フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会』（以下、構想研究会と称す）の次ステップとして立ち上げ、構想研究会で残された課題を達成目標として実施したものである。

参考として、資料1-1に構想研究会の総括を示す。資料1-1の中でCO2フリー水素とは何か（即ち、国内製造のみならず海外製造も含むCO2フリー水素であること）、海外製造CO2フリー水素のイメージ、CO2フリー水素の特徴、等を示している。

2 アクションプラン研究会の体制・メンバー

アクションプラン研究会は以下の体制の下、2012年6月26日から2013年2月28日まで、計3回実施した。なお、講師講演は実施しなかったが、次年度のアクションプラン研究会で行う予定である。

表2-1 アクションプラン研究会の体制・メンバー

アクションプラン研究会メンバー <small>(順不同 敬称略)</small>		
体制	メンバー/代理	所属
委員長 山地憲治 (公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)	太田健一郎	横浜国立大学
	岡崎健	東京工業大学
	佐々木一成	九州大学
	堂免一成	東京大学
	長谷川裕夫	(独)産業技術総合研究所(AIST)
	浅野浩志	(一財)電力中央研究所
	菊池和廣	(一財)石油エネルギー技術センター(JPEC)
	亀山秀雄	(一社)水素エネルギー協会(HESS)
	岡田佳巳/伊藤正	千代田化工建設(株)
	小林由則	三菱重工業(株)
	廣瀬正典/立石大作	JX日鉱日石エネルギー(株)
	重定宏明	大阪ガス(株)
	日比政昭	新日鐵住金(株)
	後藤耕一郎	新日鐵住金エンジニアリング(株)
	宮崎淳/梶原昌高	岩谷産業(株)
	安田勇	東京ガス(株)
	吉村健二/新道憲二郎	川崎重工業(株)
	オブザーバー	資源エネ庁 総合政策課
資源エネ庁 資源・燃料部 石炭課		
資源エネ庁 省エネ・新エネ部 新エネ対策課		
資源エネ庁 資源・燃料部 政策課		
経済産業省 産業技術環境局 研究開発課		
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 新エネルギー部 燃料電池・水素グループ		

<体制>

```

          graph TD
            Chair[委員長] --- METI[METI/NEDO  
(オブザーバ)]
            Chair --- IAE[IAE  
(事務局)]
            Chair --- Lect[講師]
            Chair --- Groups[団体]
            Chair --- Private[民間]
            Chair --- Univ[大学]
            IAE --- Gr6["IAE(事務局)  
・坂田興以下水素Gr6名  
・黒沢厚志"]
          
```

3 アクションプラン研究会の達成目標

アクションプラン研究会で設定した達成目標は以下の通りである。

- 1) CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約
- 2) 2050年までのCO2フリー水素の需要量推算(シミュレーション)
- 3) 2050年までの水素エネルギー社会の絵姿・シナリオの作成
- 4) シナリオ実現に向けたロードマップ・アクションプランの作成
- 5) CO2フリー水素チェーンパスの多面的評価

4 成果

4.1 成果の総括

成果の総括を以下の資料に示している。

- ・資料4. 1-1: 2012年度の研究会活動の総括
- ・資料4. 1-2: CCS及びCO2フリー水素需要に関する意見調査結果
- ・資料4. 1-3(1/2)(2/2): CO2フリー水素の需要推算(シミュレーション結果)
- ・資料4. 1-4: 水素エネルギー社会の絵姿 High H2 シナリオ(2次案)【簡略版】
- ・資料4. 1-5: 水素エネルギー社会の絵姿 Low H2 シナリオ(2次案)【詳細版】

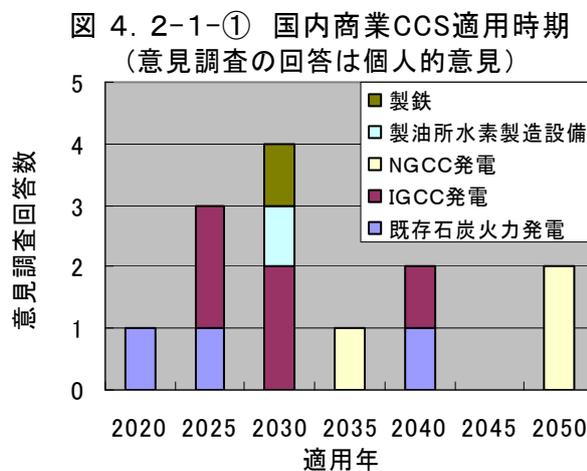
4.2 CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約

エネルギーをはじめ主要な事業者の適切な部署の方々を訪問し、国内商業 CCS 及び CO2 フリー水素の適用時期・許容コスト・想定発電量等に関して、アンケート方式での意見調査への協力をお願いした結果、基本的には個人的意見として、以下に示す貴重な意見が得られた。

1) 国内商業CCS

① 国内商業CCSの適用時期

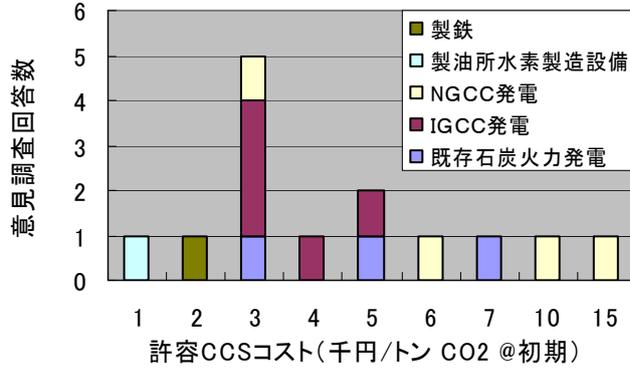
調査結果を図4. 2-1-①に示す。有意回答数 17 に対し 2030 年頃が 4 件(23%)、2025 年頃が 3 件(18%)、不適用が 4 件(23%)であった。



② 国内商業 CCS 適用時の CCS コスト(許容値)

調査結果を図4. 2-1-②に示す。有意回答数 14 に対し、3 千円/トンCO₂が 5 件(36%)、5 千円/トン CO₂ が 2 件(14%)であった。

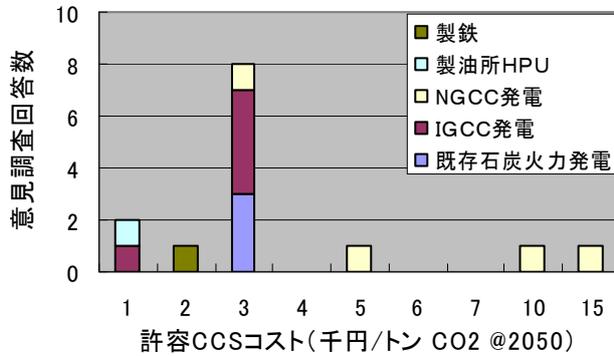
図 4. 2-1-② 国内商業 CCS 適用時の CCS コスト(許容値)
(意見調査の回答は個人的意見)



③ 2050 年での国内 CCS コスト(許容値)

調査結果を図4. 2-1-③に示す。有意回答総数 14 に対し 3 千円/トン CO₂ が 8 件(57%)であった。

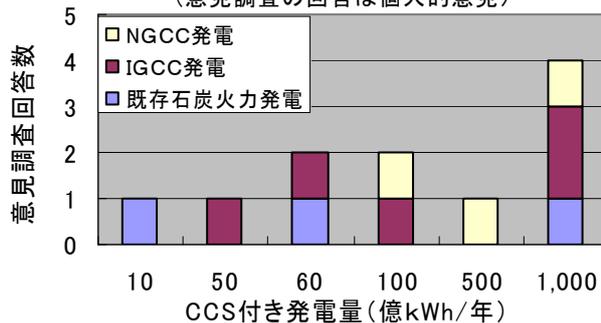
図 4. 2-1-③ 2050年での国内 CCS コスト(許容値)
(意見調査の回答は個人的意見)



④ 2050年での国内 CCS 付き発電量

調査結果を図4. 2-1-④に示す。有意回答総数 11 に対し 1, 000 億 kWh/年が 4 件(36%)であった。

図 4. 2-1-④ 2050年での国内 CCS 付き発電量
(意見調査の回答は個人的意見)



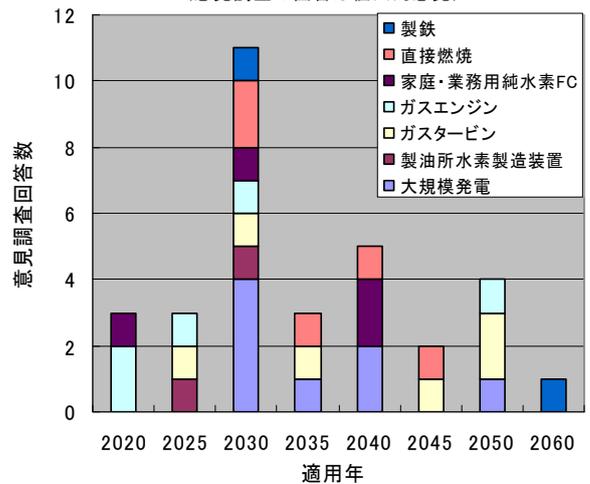
2) CO2フリー水素関係

① 商業 CO2 フリー水素の適用時期

- ・運輸については、「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」に従って進められているので、商業CO2フリー水素の適用時期は意見調査をしなかった。
- ・運輸以外については、有意回答数 34 に対し、2030 年頃が 11 件(32%)、2040 年頃が 5 件(15%)、不適用が2件(6%)であった。(図4. 2-2-①b)

運輸については意見調査をせず。

図 4. 2-2-①b 商業CO2フリー水素の適用時期(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



② 商業 CO2 フリー水素適用時の水素コスト(許容値)

- ・運輸については、80 円/Nm³-H₂ が1件、100 円/Nm³-H₂ が1件であった。(図4. 2-2-②a)
- ・運輸以外については、有意回答数 33 に対し、30 円/Nm³-H₂ が 11 件(33%)、35 円と 40 円が各 5 件(15%)であった。(図4. 2-2-②b)

図 4. 2-2-②a 商業CO2フリー水素適用時の水素許容コスト(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)

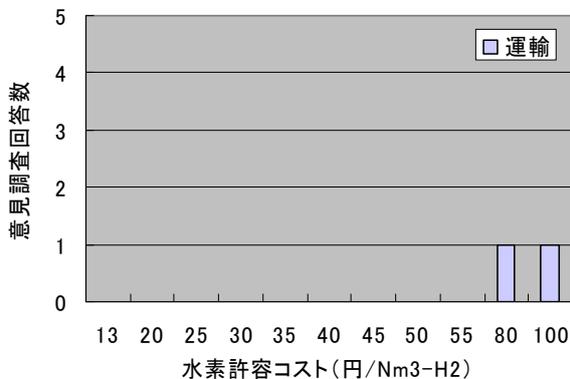
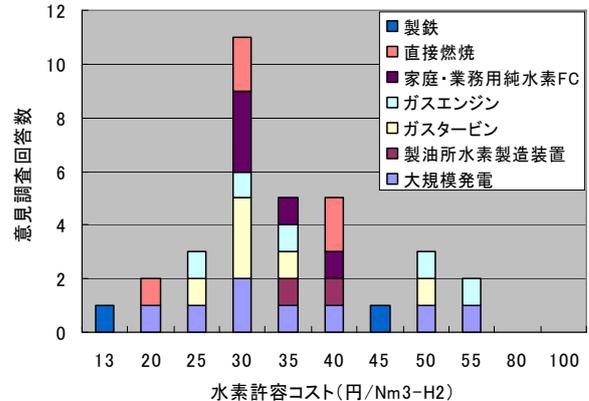


図 4. 2-2-②b 商業CO2フリー水素適用時の水素許容コスト(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



③ 2050年におけるCO₂フリー水素コスト(許容値)

- ・運輸については、40 円/Nm³-H₂ が1件、80 円/Nm³-H₂ が1件であった。(図4. 2-2-③a)
- ・運輸以外については、有意回答総数 32 に対し、30 円/Nm³-H₂ が 15 件(約 47%)、35 円が 6 件(19%)、40 円が 5 件(16%)であった。(図4. 2-2-③b)

図 4. 2-2-③a 2050年におけるCO₂フリー水素の許容コスト(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)

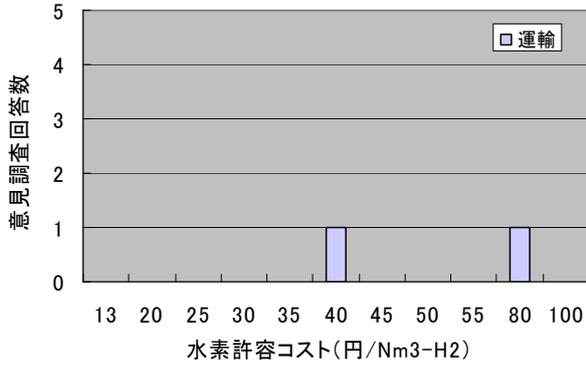
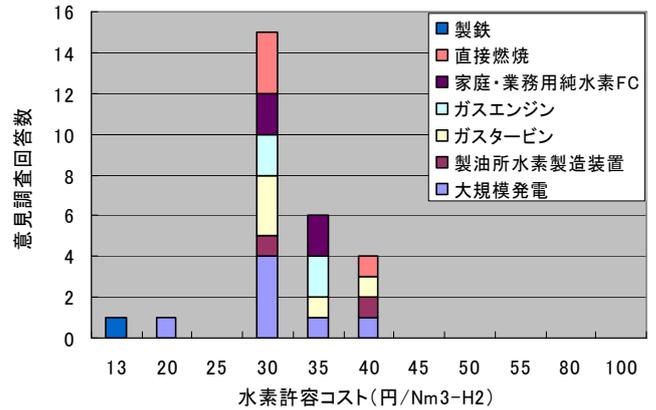


図 4. 2-2-③b 2050年におけるCO₂フリー水素の許容コスト(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



④ 2050年におけるCO₂フリー水素需要量

- ・運輸については、150 億 Nm³/年が1件、400 億 Nm³/年が1件であった。(図4. 2-2-④a)
- ・運輸以外については、有意回答数 20 に対し、1 億 Nm³/年が 5 件(25%)、50 億 Nm³/年が 3 件(15%)、10 億・30 億・300 億・500 億・1100 億 Nm³/年が各2件(10%)であった。(図4. 2-2-④b)

図 4. 2-2-④a 2050年におけるCO₂フリー水素の需要量(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)

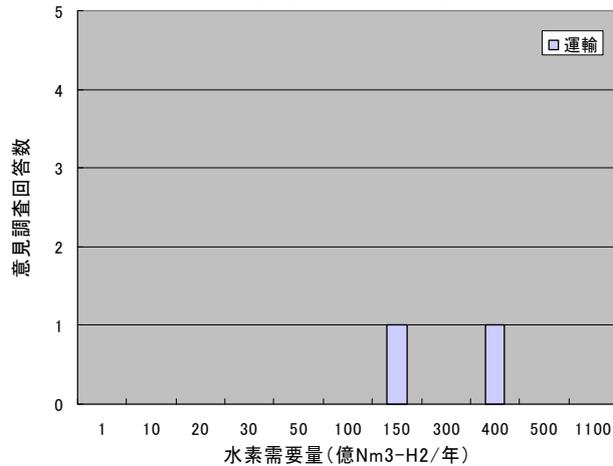
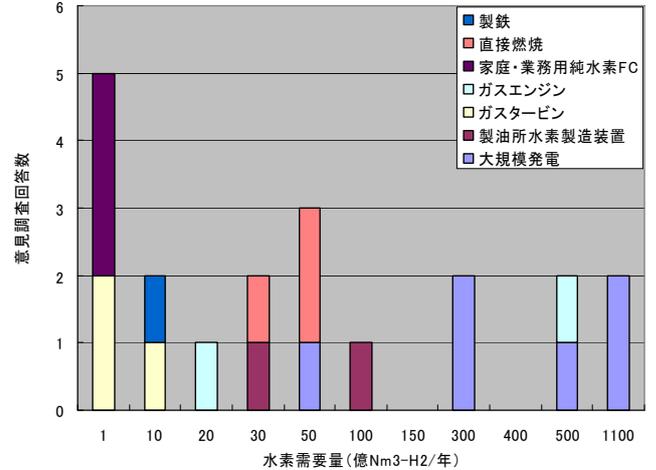


図 4. 2-2-④b 2050年におけるCO₂フリー水素の需要量(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



4. 3 水素需要推算(シミュレーション)

国内 CCS(有と無) × 輸入 CO2 フリー水素価格(40 円と 50 円/Nm³ @CIF at 2020) の4ケースについて、2050年までのCO2フリー水素の需要量を推算し、比較を行った。

1) CO2 フリー水素の CIF 価格の推移

図4. 3-1と図4. 3-2は、国内 CCS 有り、CO2 フリー水素価格が異なる場合の2050年までのCO2フリー水素のCIF価格の推移を示す。

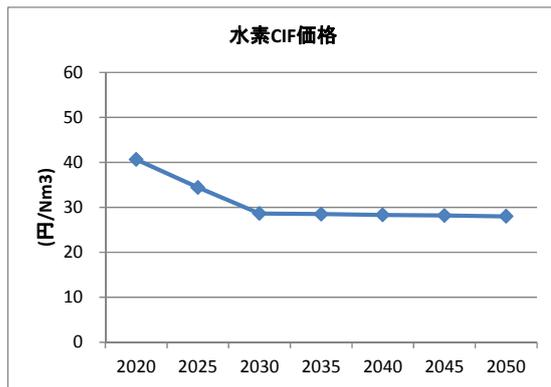


図4. 3-1 ①CCS 有 & 2020 年での輸入 CO2 フリー水素 CIF 価格 40 円/Nm³-H₂

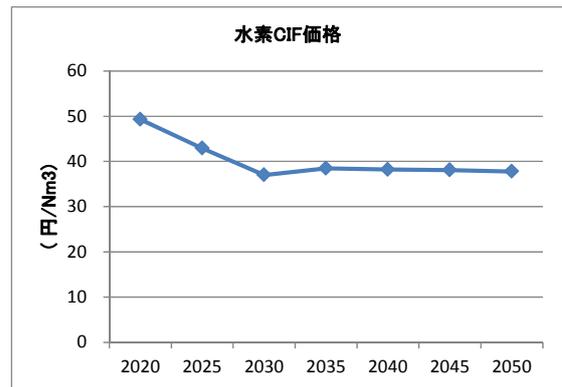


図4. 3-2 ③CCS 有 & 2020 年での輸入 CO2 フリー水素 CIF 価格 50 円/Nm³-H₂

- ・2020 年に約 40 円/Nm³ のケースは、水素製造に必要な電力価格をモデルの内生値を利用するようにした結果、CO₂ 制約等の影響により電力価格の上昇、CO₂ 貯留に EOR(石油増進回収) や ECBM(メタン増進回収) を選択などにより CCS のコストが上昇し、想定した 2020 年の水素価格 30 円/Nm³ よりも約 10 円/Nm³ 高い 2020 年 40 円/Nm³、2030 年以降 30 円/Nm³ となった。

- ・2020 年に約 50 円/Nm³ のケースは、2030 年以降は約 40 円/Nm³ である。

2) CO2 フリー水素の需要量(推算)の推移

図4. 3-3と図4. 3-4は、国内 CCS 有り、CO2 フリー水素価格が異なる場合の2050年までのCO2フリー水素の需要量(推算)の推移を示す。

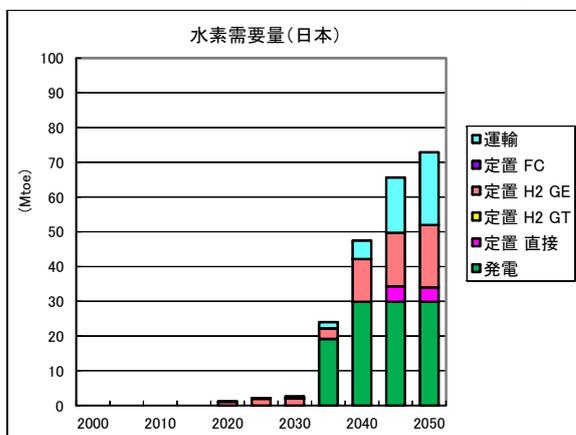


図4. 3-3 ①CCS 有 & CIF 40 円/Nm³-H₂ at 2020 での水素需要量

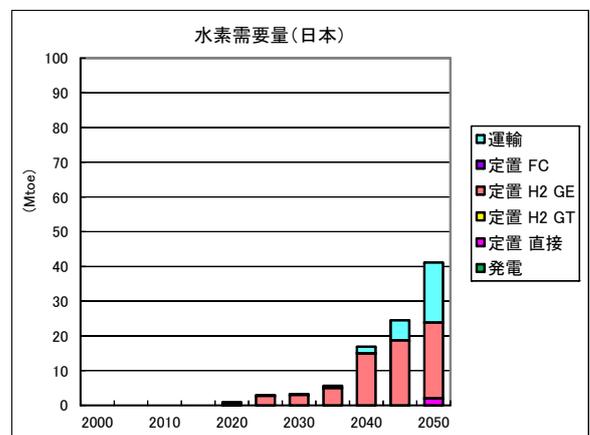


図4. 3-4 ③CCS 有 & CIF 50 円/Nm³-H₂ at 2020 での水素需要量

- ・国内で CCS が利用できる場合でも、水素の価格が下がると 2035 年以降に水素大規模発電が導入される。
- ・2050 年における水素需要量は、73Mtoe(約 2800 億 Nm³)である。
- ・運輸は乗用車の FCV、貨物の FCV、その他から構成される。

3) CO₂ フリー水素の供給量(推算)の推移

図4. 3-5と図4. 3-6は、国内 CCS 有りで、CO₂ フリー水素価格が異なる場合の2050年までの CO₂ フリー水素の供給量(推算)の推移を示す。

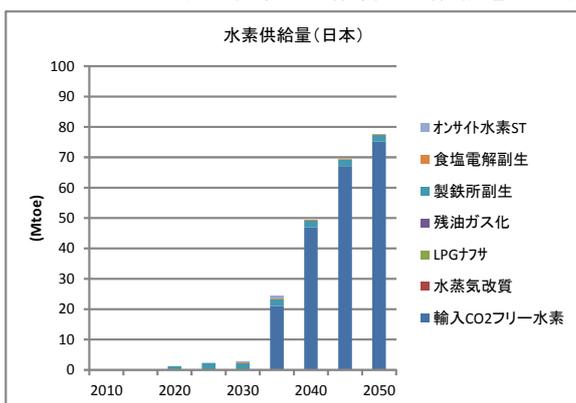


図4. 3-5 ①CCS 有 & CIF 40 円/Nm³-H₂ at 2020 での水素供給量

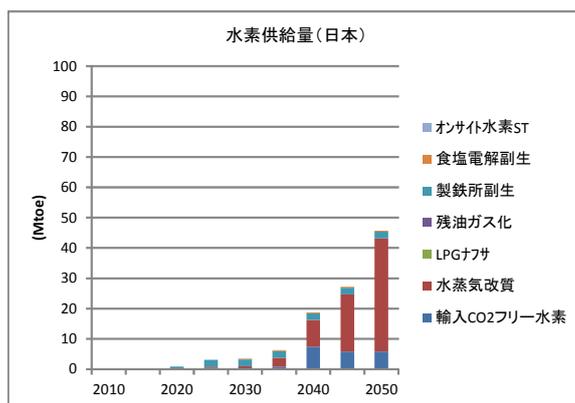


図4. 3-6 ③CCS 有 & CIF 50 円/Nm³-H₂ at 2020 での水素供給量

- ・輸入水素の2020年における CIF 価格が 50 円/Nm³ の場合、最大 8 割程度が天然ガスの水蒸気改質で製造されていたが、40 円/Nm³ になると国内の水蒸気改質は行われなくなる。
- ・2050 年の水素供給量は、78Mtoe(約 3000 億 Nm³)である。

4) ケーススタディー結果の比較

表4. 3-1は2050年におけるCO₂フリー水素需要量(推算)の4ケースの比較結果である。

表4. 3-1 2050年におけるCO₂フリー水素需要量の推算結果

		日本国内のCCS	
		有り	なし
輸入CO ₂ フリー水素価格	40円/Nm ³ @2020年	①CCS有 発電 1,157 億Nm ³ 定置 857 億Nm ³ 運輸 811 億Nm ³	②CCS無 発電 1,693 億Nm ³ 定置 784 億Nm ³ 運輸 855 億Nm ³
	30円/Nm ³ @2050年	合計 2,825 億Nm ³	合計 3,332 億Nm ³
	50円/Nm ³ @2020年	③CCS有 発電 0 億Nm ³ 定置 926 億Nm ³ 運輸 668 億Nm ³	④CCS無 発電 1,687 億Nm ³ 定置 928 億Nm ³ 運輸 788 億Nm ³
	40円/Nm ³ @2050年	合計 1,594 億Nm ³	合計 3,403 億Nm ³

※運輸は乗用車の保有台数シナリオを変更し、保有台数が2050年で2割ほど増えていることも影響している。

- ・国内で CCS が実施される場合でも水素 CIF 価格が 2020 年で 40 円/Nm³ 以下になると 2035 年以降水素大規模発電が導入され、2050年には水素大規模発電に 1,157 億 Nm³/年の CO₂ フリー水素が使用される結果となった。

4.4 水素エネルギー社会の絵姿

主要機器に関する CO₂ フリー水素の導入時期や需要量については、意見調査結果は4.2項に、シミュレーション結果は4.3項に示した通りである。第3回AP研究会では、意見調査結果に基づき、技術導入最早で水素需要最大ケースを High H₂ シナリオと定義し、技術導入最遅で水素需要最少ケースを Low H₂ シナリオと定義し、これら2つの絵姿の一次案を、議論のたたき台として示し、議論をした。

参考として、2050年における水素需要量に関するシミュレーション結果と意見調査結果の High H₂ シナリオを比較すると、シミュレーションでの水素の総需要量が約3,400億 Nm³/年であるのに対し、High H₂ シナリオでは約2,200億 Nm³/年であり、オーダー的に合っている結果となった。また、運輸・火力発電・ガスエンジン・直接燃焼といった機器毎の水素需要量についても、シミュレーション結果と意見調査の High H₂ シナリオの比較を行った結果、総需要量の場合と同様、オーダー的に合っている結果となった。

第3回 AP 研究会で一次案として提示した High H₂ シナリオと Low H₂ シナリオの絵姿に対して、出された主なコメントは以下の通りである。

- ・純酸素燃焼水素タービンはもっと強調すべき。
- ・利用先として鉄道や船舶も入れる。
- ・SOEC/SOFC(研究段階)を入れる。
- ・安全・規制緩和の項目に水素事業法の制定を視野に入れることを示す。
- ・地名は特定しない(場所の特定はシミュレーションの範疇)
- ・需要量と供給場所(国内のみ or 国内&海外)の整合
- ・絵姿(全体像)+部分拡大図(PPで強調等)の組合せ

これらを盛り込んだ水素エネルギー社会の絵姿を資料4.4-1と資料4.4-2に示す。

4.5 アクションプラン

第3回 AP 研究会で、素案(議論のたたき台)として示したものを、資料4.5に示す。それに対して出された主なコメントは以下の通りである。

- ・体制・政策も、ある程度最初から出てくるので、ステップを分けずに、同時並行で進める。
- ・需要開拓からスタートすべきであり、その場合、燃料電池そして少し規模が大きい自家発電(分散型発電)が最初に来ると思われる。
- ・原発は維持されるのではなかろうか。

従って、上記コメントを考慮し、ステップを分けずに、同時並行で進める方法で、アクションプランを見直す必要がある。

4.6 CO₂フリー水素の多面的評価

第3回 AP 研究会で、以下のことを素案(議論のたたき台)として示したものを、資料4.6に示す。それに対して出された主なコメントは以下の通りである。

- ・擬一次エネと考え得るので化石燃料・原子力・再生可能エネ等の一次エネと比較してもいい。

・対供給地支援(信頼関係)を項目に入れるべきである。

従って、上記コメントを考慮し、まずは STEP I の総括評価(CO2フリー水素導入の効果を多面的に評価する)の手法を見直す必要が有る。

5 課題

今年度達成目標に挙げた項目の中で、CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約、については、所期の成果を得たが、まだ需要開拓という意味では不十分である。シミュレーションについては、2013年度には政府のエネルギー・環境に関する基本計画の見直しがされると思われるので、それを踏まえ、さらなるケーススタディーを行う必要がある。その他、水素エネルギー社会の絵姿・アクションプラン・多面的評価については、今後の議論のための素案を示すことができた。

基本的には今年度の達成目標をそのまま継続課題として残し、これらを2013年度に達成することで合意された。

6 成果の公表

資料6-1は、第3回AP研究会で示した成果の公表に関する資料である。

AP研究会の成果報告書は、3月末～4月上旬に2012年度の成果報告書を作成し、PDF としてメンバー&オブザーバー各位に送付する。各位は社内外で有効活用していただくことで合意された。

資料6-2は、2012年10月にIEA(International Energy Agency:世界エネルギー機関)の HIA(Hydrogen Implement Agreement:水素実施協定)の TASK28(Large-scale Hydrogen Delivery Infrastructure:大規模水素インフラ)で発表した構想研究会の活動紹介の資料である。

資料6-3は、2013年2月のFC EXPO 2013で発表した構想研究会の活動紹介の資料である。

資料6-4は、2013年4月5日に開催されたFCCJ(燃料電池実用化推進協議会)の総会で、構想研究会とアクションプラン研究会の委員長である山地先生が、『エネルギー革新を導く水素の役割』と題してご講演をされた資料である。その中で、構想研究会については、エネルギー政策への反映についての提言(具体的には、輸入 CO2 フリー水素は LNG と同様の概念で擬一次エネルギーと考え得るという理由で、一次エネルギー構成要素に新たに水素を加えていただきたい、等の提言)、アクションプラン研究会については、CO2 フリー水素チェーンの構成要素の俯瞰(資料4. 1-4)や GRAPE による水素需要量シミュレーション結果、等の研究会活動の成果をご紹介して下さった。そして最後に、『水素は大きなエネルギー革新を導く。しかし、製造から利用までシステム全体を構築する必要がある。未来は選択するもの。水素によるエネルギー革新を実現するには、Vision とWorkが必要。』と結言されている。

7 次年度の活動について

2012年度と同様の体制・進め方で、2013年度もAP研究会活動を継続実施することとなった。回数は3～4回を予定。

達成目標と成果物	第1回(2011.3.11)	第2回(2011.7.14) & 第3回(2011.10.27)	第4回(2012.2.16)
<p>1 達成目標</p> <p>1) 共通認識の醸成</p> <p>① エネルギー・環境に関する課題 (第1回で達成)</p> <p>② 低炭素社会実現による課題解決への貢献 (第1回で達成)</p> <p>③ CO2フリー水素エネルギーシステムによる課題解決への貢献 (第4回で達成)</p> <p>2) 水素チェーン構想立案 (具体的には下記②パスと③マッピング)</p>	<p>第1回は課題および対策に関する従来議論の説明を行い、目標の①②について共通認識を得た。</p> <p>課題: ①エネルギーの安全保障 ②気候変動対応(CO2削減)</p> <p>IPCCのSRESシナリオやIIASAのWEC試算: 経済成長は2050年に約3倍</p> <p>対策: 政策シナリオ ⇒ IEA: WEO2010(現行政策シナリオ・新政策シナリオ・450シナリオ) ⇒ METI: エネルギー基本計画・新成長戦略(2010.6.18閣議決定)</p> <p>: 技術シナリオ ⇒ IEA: ETP 2010(ベースラインシナリオ・ブルーマップシナリオ)</p> <p>ベースラインシナリオでは明らかに持続不可能であり、低炭素の未来がエネルギー安全保障と経済発展を高める強力なツールでもある。</p> <p>⇒ METI: 新たなエネルギー革新技術(2010.6時、策定中)</p>	<p>第2回 & 第3回はCO2フリー水素に焦点を当て、活発な議論を行った。</p> <p>議題(第2回 & 第3回): GRAPEによるシミュレーション</p> <p>第2回: IAEの構築モデル、設定条件で計算を実施</p> <p>設定条件(一部)</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次エネルギー価格、水素CIF価格(25、35、45円/Nm3) CO2削減目標(1990年比80%削減@2050年) <p>結果(一部)</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素需要予測 一次エネルギー自給率の政府目標(40%@2030年)を2025年に達成 ゼロエミ電源比率の政府目標(70%@2030年)を2025年に達成 <p>モデル、設定条件に関し多くのコメントをいただいた(水素が安すぎる等)。</p> <p>第3回: モデル、設定条件の一部を見直し、想定ケーススタディーの内1ケース計算を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ケーススタディーの想定パラメータ: CO2制約と原子力発電の容量 水素CIF価格の設定: 50円/Nm3 積上による水素のCIF価格は30円/Nm3以下になるという報告が2社から出た。 FCVの設定効率が少し低い、見直すべきというコメントが出た。 <p>議題(第2回): チェーンの技術実証・社会実証の必要性</p> <p>実証の必要性は、CO2フリー水素の貢献性を共通認識できた後議論することとなった。</p>	<p>CO2フリー水素エネルギーシステムの貢献性について共通認識を得る。</p> <p>【シミュレーション: 議題2】</p> <p>CO2フリー水素のゼロエミッション電源比率: 約3% @2030 約42% @2050</p> <p>自給率への寄与: 約1% @2030 約34% @2050</p> <p>CO2フリー水素の貢献性について共通認識を醸成</p>
<p>2 成果物</p> <p>① シミュレーション結果 (来年度も継続)</p> <p>② CO2フリー水素チェーンパス (可能性のあるパスを提示)</p> <p>③ CO2フリー水素チェーンのマッピング (今年度は試行を実施)</p> <p>④ エネルギー政策への反映についての提言 (政策提言と一般提言に分けて実施)</p>	<p>Key technologies for reducing global CO₂ emissions under the BLUE Map scenario</p> <p>A wide range of technologies will be necessary to reduce energy-related CO₂ emissions substantially.</p>	<p>議題(第2回 & 第3回): 低炭素エネルギーサプライチェーン可能性のあるチェーンのブロックフローを提示 ⇒ 各位俯瞰</p> <p>議題(第3回): チェーンの評価マッピング</p> <p>【技術完成度のマッピング イメージ】</p> <p>後日分担決定・各位に試行依頼</p> <p>上流工程 水素チェーンパス①</p> <p>各段階における課題: 基礎→開発: 開発→実証: 実証→実用化: 実用化→経済性成立:</p>	<p>【マッピング試行結果: 議題3】</p> <p>マッピングの目的は優劣を比較するためだけでなく技術成熟度推移の把握である。</p> <p>短中長期のパス、化石燃料パスと再生可能エネルギーパスが上手くミックスされ、エネルギー・環境問題に安定的・継続的に貢献し得る。</p>
<p>CO2フリー水素とは</p> <p>国内製造CO2フリー水素</p> <ul style="list-style-type: none"> ○目的生産水素(石油精製、アンモニア等) ○副生産水素(鉄鋼、ソーダ等) ○化石+CCS水素 ○再生可能エネルギー由来水素 <p>海外製造CO2フリー水素(イメージ)</p> <p>CO2フリー水素の流通: 化石燃料+CCS, 再生可能エネルギー → 輸送 → 利用</p> <p>CO2フリー水素の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ○利用時ゼロエミ ○製造時ゼロエミ(化石+CCS、再生可能資源) ○多様性(製造・輸送・貯蔵・利用) ○新概念: 擬一次エネルギーの可能性 (海外製造の場合、LNG登場時と同じ新概念) 	<p>【METIのエネルギー基本計画(2010.6.18閣議決定版)】</p> <p>従来のエネルギー自給率(現状18%)が倍増する。加えて、自主開発権益下の化石燃料の引取量(現状26%)を倍増させることにより、自主エネルギー比率は約70%(現状38%)となる。</p> <p>【発電電力量の内訳】</p>	<p>議題(第3回): エネルギー政策への反映についての提言</p> <p>現基本計画 (約5億kL) (全て@2030年推計)</p> <p>国内CO2フリー水素</p> <ol style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー由来 原子力由来 石炭由来CCS有 天然ガス由来CCS有 石油由来CCS有 <p>海外製造CO2フリー水素</p> <p>現エネルギー基本計画に追記してもらいたい文言(案): 国内に加え「さらに海外からの水素輸入も考慮に入れたCO2フリー水素チェーンの実現を目指す」</p> <p>主なコメント</p> <ul style="list-style-type: none"> 提言についてはヒアリングのような機会が出てくると思う。 水素は分散型や燃料電池自動車に関連して出てきており、CO2フリー水素に結びつくのはなかなか難しいのが現状。 少し先を見た場合、CO2フリー水素の輸入は十分考えられる。 2050年を見据えて2030年は通過点として、水素調達のある部分は海外に依存することはあり得るかも知れない。 再生可能Eを強調し、制約がある日本では一部海外調達という絵を示す。 国内CCSが2030年に本当にカウントされる量になるのかどうか。 CCS水素のパスが本当に良いか、水素は溜置きが難しい。 日本の資金流出を少なくするという説明が重要。 3Eの基本方針は不変で、その線に沿った提案が必要。例えば、供給安定性(賦存量・価格安定性)、環境性、経済性(新成長戦略に沿った新産業育成)等を示す必要がある。 	<p>【エネルギー政策への反映についての提言: 議題4】</p> <p>研究会の成果を活用し、エネ総によるMETIへの政策提言と一般提言(エネ総HP)に分ける。</p> <p>＜政策提言①＞</p> <p>水素エネルギー社会実現について: 現在の文章は活かし、加えて『海外からの水素輸入も考慮に入れたCO2フリー水素の国際ネットワーク形成を図る』との文言が追加されること。また、『まずは、化石燃料+CCS主体でのCO2フリー水素国際ネットワークを形成し、最終的には、再生可能エネルギー主体での水素国際ネットワークへ円滑に移行する』との文言が追加されること。</p> <p>＜政策提言②＞</p> <p>「水素」という項目が加えられること。</p> <p>【次年度について】</p> <ul style="list-style-type: none"> 継続する。略称『アクションプラン研究会』(暫定) エネルギーユーザの意見を集積し、需要面をもっとつめる。 幅広に将来を見据えて、日本のあるべき姿を描いて、アクションプランを作成する。 事務局が各位の意見を聞き、どういう体制で行うかを提案し、協議・決定する。 年3回程度実施する。

全体計画

1 目的
構想研究会の成果を踏まえCO2フリー水素チェーン構想の具体的展開の基盤を形成する

2 達成目標

- 2050年までの水素エネルギー社会の絵姿・シナリオの作成
- CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約
- 2050年までのCO2フリー水素エネルギーの需要推算(シミュレーション)
- シナリオ実現に向けたロードマップ・アクションプランの作成
- CO2フリー水素の多面的評価

第1回(2012.6.26)

1 全体計画の説明

2 絵姿・シナリオの作成(論点を提示し協議)

- 水素社会の位置付け
 - エネ・環境システムの中の1システム
 - 構想研究会の成果を反映させる。
 - マイナス要因も議論・整理する。
- 作成の目的
 - ロードマップ、アクションプラン作成に落とし込む。
 - メンバーが内部、外部で有効活用する。(水素に中立の立場の方々にも理解してもらう)
- 絵姿・シナリオのイメージ
 - 年次展開(2020、2030、2050年)を示す。
 - 新しいエネ基本計画やCO2削減目標の見直し結果を反映させる。
 - シミュレーション、意見調査、現地調査等によりリアリティを高める。
- 各位の係わり
 - 事務局: 素案作成 & まとめ
 - メンバー: 素案のチェック & レビュー
 - メンバー: 盛り込むべきキーワードの提示
 - オブザーバ: アドバイス

3 エネユーザの意見集約(考え方を提示し議論)

- アンケート調査方式とする(訪問主旨説明を行う)
- 目的は絵姿やシナリオのリアリティを高めること
- シミュレーションのケーススタディに活用する可能性有り
- 水素への置換条件、置換量等を聞く
- シミュレーション条件と結果を提示し、意見を聞く

4 需要予測(ケーススタディ結果を提示し議論)

水素の需要@2050		国内CCS	
H2コスト=50円/Nm3 @CIFベース		有り	無し
CO2 制約	緩い (*RCP4.5)	発電(億Nm3/年) 0	未計
	定置(")	78	0
	運輸(")	0	0
	合計(")	78	0
厳しい (≒現公約)	発電(億Nm3/年)	0	1,687
	定置(")	926	928
	運輸(")	668	788
	合計(")	1,594	3,403

5 成果の公表
研究会の成果であることを明示すれば公表可
IAEの月例研究会で構想研究会の活動概要を発表予定

6 話題提供(事務局)

- ETP2012
 - ETPの背景と構成、水素の扱いを概説
 - 水素がPart 2 Energy SystemsのChapter 7で取上げられ、3つのシナリオ(2°C・4°C・6°Cシナリオ)について需要推算結果等が示されている。
- アンモニア燃料
 - IAE村田の投稿資料等を参考資料として提示

第2回(2012.11.1)

1 第1回の総括: 本紙「第1回(2012.6.26)」の記述を基に、第1回の総括を実施。

2 CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約

- 調査の目的
 - リアリティの高い水素社会の絵姿、シナリオ作成につなげる。
- 調査方法
 - 関連セクターの適切な方を訪問し、調査への協力を依頼。
 - GRAPEシミュレーションの条件と結果を関連情報として提供。
- 調査結果 → 次頁のグラフ参照

< CCS関係 >

- 国内商業CCS適用時期
有意回答数17に対し2030年頃が4件(23%)、2025年頃が3件(18%)、不適用が4件(23%)
- 国内商業CCS適用時のCCSコスト(許容値)
有意回答数14に対し、3千円/トンCO2が5件(36%)、5千円/トンCO2が2件(14%)
- 2050年での国内CCSコスト(許容値)
有意回答総数14に対し3千円/トンCO2が8件(57%)
- 2050年での国内CCS付き発電量

	2050年での国内CCS付き発電量(億kWh/年)							不明	回答数
	10	50	60	100	500	1,000	2,000		
既存の石炭火力発電(微粉炭火力発電)	1		1			1		1	4
IGCC発電(石炭ガス化複合発電)		1	1	1		2		1	6
NGCC発電(天然ガス複合発電)				1	1	1		2	5
合計	1	1	2	2	1	4	0	4	15

< CO2フリー水素関係 >

- 商業CO2フリー水素の適用時期
有意回答数34に対し2030年頃が11件(32%)、2040年頃が5件(15%)
- 商業CO2フリー水素適用時の水素コスト
有意回答数35に対し30円/Nm3-H2が11件(31%)、35円と40円が各5件(14%)
- 2050年におけるCO2フリー水素コスト
有意回答総数34に対し30円/Nm3-H2が15件(約44%)、35円が6件(18%)、40円が5件(15%)
- 2050年におけるCO2フリー水素需要量

	2050年におけるCO2フリー水素需要量(億Nm3/年)										不明	回答数		
	1	10	20	30	50	100	150	300	400	500			1100	
大規模発電					1						2		3	9
製油所HPU				1		1								2
ガスタービン	2	1												3
ガスエンジン			1							1				3
家庭・業務用純水素燃料電池	3													2
直接燃焼				1	2									3
製鉄		1												1
運輸							1		1					2
合計	5	2	1	2	3	1	1	2	1	2	2	14	36	

< 主なコメント >

- 今後示す絵姿、情報量を増やした時点でご意見を伺う。
- 今までやられていない有用な調査結果なので有効活用していただきたい。

3 GRAPEにより実施すべき水素需要のケーススタディ条件について

- ベースケースの条件改訂
 - 日本のCO2制約: 最近の政策動向(環境計画、革新的環境・エネ戦略)の反映を検討 ⇒ 1990年比 10%減 @2020、20%減 @2030、80%減 @2050 に変更
- ベースケースの計算: 厳CO2制約、国内CCS有り・無しの2ケース
- 感度分析パラメータ
 - 日本での水素導入に影響を与え、かつ不確実性大のパラメータを優先考慮 ⇒ 世界全体のCO2制約、資源価格変化、日本の原発比率、CCS関連

4 2050年における水素エネルギー社会の絵姿(素案)

- CO2フリー水素チェーンの構成要素は構想研究会の成果(技術成熟度評価)を踏まえ、年次展開
- 2050年におけるCO2フリー水素の年間最大需要量の推算比較:
GRAPE=約3,400億Nm3/年、意見調査=約2,200億Nm3/年(オーダー一致)

< 主なコメント >

- 競合技術にもふれること。安全性確保や社会受容性に関わるコストも考慮すべき。
- CO2フリー水素コストのGRAPE設定値と意見調査結果(要求値)を比較すべき。

5 話題提供

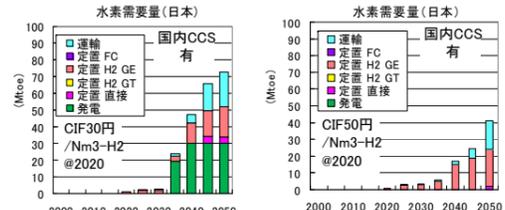
- 千代田化工建設: 中東天然ガス由来CO2フリー水素の供給コストについて
 - 中東で8万m3/h-H2規模でMCHを製造した場合、日本着CIF価格は約27円/Nm3-H2。
 - 2020年にはCIF20円/Nm3-H2以下にしたい(23万kLVLCC船で輸送距離5千km)
- 川崎重工: 豪州褐炭由来CO2フリー水素のFS結果報告
 - 770ton-H2/日(16万m3液水タンク2隻の豪州水素チェーン)で日本着CIF価格は約30円/Nm3-H2。
 - 2017年パイロットチェーン実証(規模は商用の1/77)、2025年商用チェーン実証、2030年商用チェーン事業化。
- 岩谷産業: 国内水素製造・需要の現状
 - 国内の水素製造設備規模は約360億m3、需要は180億m3程度。
 - 2025年にFCVが200万台ほど出てくると、ステーションへは液化水素での供給が現実的。

第3回(2013.2.28)

1 第2回の総括: 本紙を基に第2回を総括。
意見調査結果をグラフ化(次頁)。CO2フリー水素関係のグラフは運輸と運輸以外に分類。

2 水素需要推算

- 計算条件: 水素CIF価格50円⇒30円/Nm3 @2020
- 計算結果(一部): 発電部門
国内CCS有りでも水素CIF価格が30円/Nm3以下になると2035年以降水素大規模発電が導入。



3 水素エネルギー社会の絵姿(1次案)

意見調査結果を基にCO2フリー水素チェーンに焦点を当てHigh H2シナリオとLow H2シナリオについて絵姿を作

- High H2シナリオ: 最早技術導入・最大水素利用ケース
2020年頃からCO2フリー水素の国内利用が多分野で開始。2050年頃には国内パイプラインで大規模水素発電に供給され、水素ハイウェイやスマートコミュニティー(スマコミ)でCO2フリー水素が利用されている。
- Low H2シナリオ: 最遅技術導入・最少水素利用ケース
High H2シナリオに比べ、特に2020年でのCO2フリー水素の国内利用が極端に少なく、後年にシフトする。海外製造・海上輸送・国内製造の事業化可能性はHigh H2シナリオと同。国内パイプライン輸送は未実施で、スマコミでのCO2フリー水素は未利用。

4 アクションプラン(議論のたたき台)

- 目的
CO2フリー水素チェーン実現の共通のボトルネックを特定し、解決に繋がるアクションをとる。
- 展開計画: STEP I、STEP IIの2段階で展開
- 共通のボトルネック
 - 需要開拓: STEP I で実施(アクション1)
 - 利用機器(FCV以外)の技術課題の明確化 & 解決のロードマップ作成
 - 利用水素(FCV以外)の許容価格設定 & 達成のロードマップ作成
 - エネルギー事業者向け資料作成(含FS)
 - 社会受容性: STEP I で実施(アクション2)
 - CO2フリー水素導入のメリットをまとめる
 - 広報活動の実施
 - 社会実証の全体構想立案
 - 体制・政策: STEP II で実施(アクション3)
CO2フリー水素協議会を設立し、民間企業と団体の調整を行う。

5 CO2フリー水素の多面的評価(議論のたたき台)

- 評価手順: 2段階で評価する
 - STEP I: 総括評価
CO2フリー水素導入の効果を多面的に評価する。
 - STEP II: 個別チェーンの評価
チェーンの優劣評価ではなく各チェーンの貢献性と多様なチェーンの必要性を強調する。

6 AP研究会の成果物の公開
意見調査結果は統計処理データに限定し公開。
成果物は社内外で積極的に活用願いたい。

7 情報提供
METI 新エネ対策課 FC推進室と産技環境局 研究開発課よりH25年度予算案の説明をしていただい

8 2013年度の活動継続提案: 異論なく承諾された。

2012年度の総括

1 CO2フリー水素需要に関するエネルギーユーザの意見集約

- 国内CCS及びCO2フリー水素の適用時期・許容コスト・想定発電量等に関する貴重な意見が得られた。
- ⇒ 次年度は需要開拓に繋げる。

2 水素需要推算(シミュレーション)

- 2050年におけるCO2フリー水素需要推算を、水素価格とCCS有無の組合せで4ケース実施し、比較した。

日本国内のCCS			
有り		なし	
40円/Nm3 @2020年	①CCS有り 発電 1,157 億Nm3 定置 857 億Nm3 運輸 811 億Nm3	②CCS無し 発電 1,693 億Nm3 定置 784 億Nm3 運輸 855 億Nm3	合計 2,825 億Nm3
50円/Nm3 @2050年	③CCS有り 発電 0 億Nm3 定置 926 億Nm3 運輸 668 億Nm3	④CCS無し 発電 1,687 億Nm3 定置 928 億Nm3 運輸 788 億Nm3	合計 3,403 億Nm3

※運輸は商用車の保有台数シナリオを前提とし、保有台数が2050年で2割ほど増えていることも影響している。

・国内CCS有りの場合でも水素CIF価格が2020年で40円/Nm3以下になると2050年には水素大規模発電に1,157億Nm3/年のCO2フリー水素が使用される。

⇒ 次年度は以下を予定

- 第3回AP研究会で出されたコメントの反映検討
 - 現実の導入シナリオとの整合(定置用燃料電池等)
 - 再生可能エネルギー電力を送電網を拡張して利用する場合と自家発電利用の総コストの比較
- 事務局提案の感度分析の実施(下記、順不同)
 - 日本のCCS有無、
 - 日本の原子力比率の変化(例 15シナリオ)
 - CO2フリー水素CIF価格変化(約40円/Nm3)
 - 燃料価格の変化
 - 水素導入の遅延(10年程度)
 - FCV補助金等の低減

3 水素エネルギー社会の絵姿

第3回AP研究会での主なコメントは以下の通り。

- 純酸素燃焼水素タービンはもっと強調すべき。
- 利用先として鉄道や船舶も入れる。
- 東芝のSOEC/SOFC(研究段階)を入れる。
- 安全・規制緩和の項目に水素事業法を示す。
- 地名は特定しない(場所の特定はシミュレーションの範疇)
- 需要量と供給場所(国内のみ or 国内&海外)の整合
- シミュレーションとの整合()
- 絵姿(全体像)+部分拡大図(PPで強調等)の組合せ

上記コメントを盛り込んだ修正1次案: 図4-4-1 & 4-4-2
⇒ 次年度も引き続き検討し、充実した絵姿にする。

4 アクションプラン

第3回AP研究会での主なコメント(以下)をフォローし、次年度推進する。

- 体制・政策も、ある程度最初から出てくるので、ステップを分けずに、同時並行で進める。
- 需要開拓からスタートすべきであり、その場合、燃料電池そして少し規模が大きい自家発電(分散型発電)が最初に来ると思われる。
- 原発は維持されるのではなかろうか。

5 多面的評価

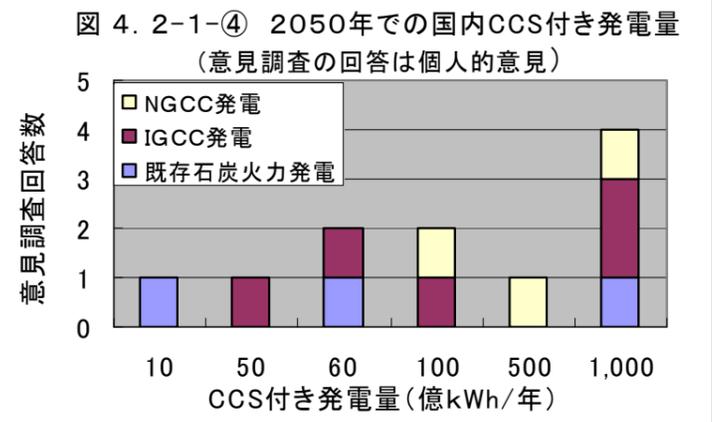
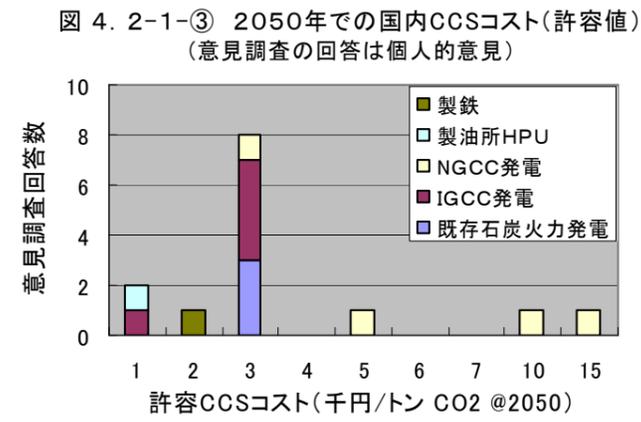
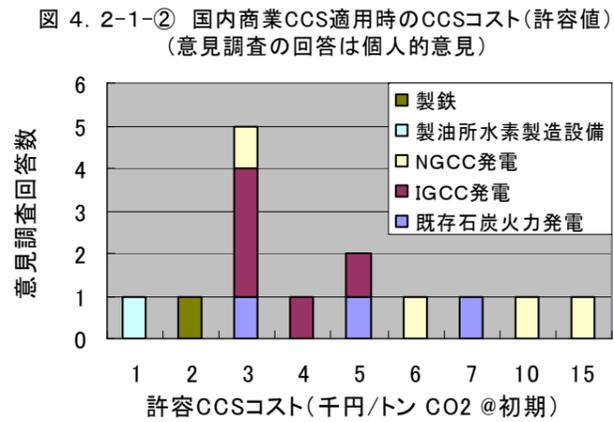
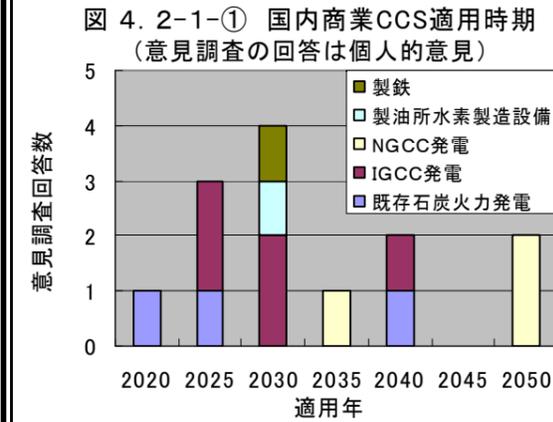
第3回AP研究会での主なコメントは以下の通り。

- 擬一次エネと考え得るので化石燃料・原子力・再生可能エネ等の一次エネと比較してもいい。
- 対供給地支援(信頼関係)を項目に入れるべき。

6 成果報告書

- 意見調査回答者には、4月中旬以降、印刷物を持参し、活動概要を説明する。

<CCS関連>



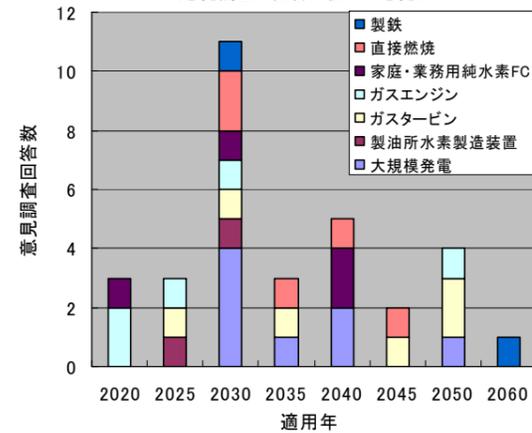
<CO2フリー水素関連>

《運輸》

運輸について商業CO2フリー水素の適用時期は意見調査せず。

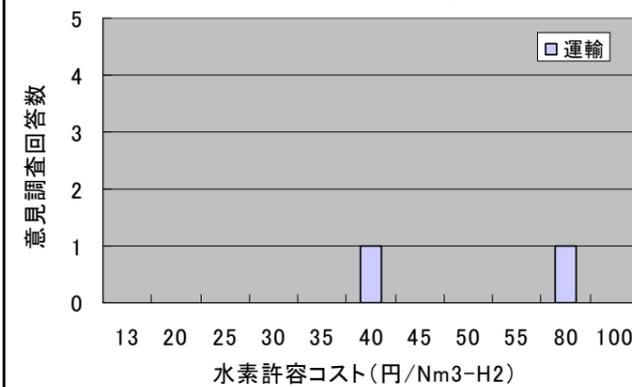
《運輸以外》

図 4. 2-2-①b 商業CO2フリー水素の適用時期(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



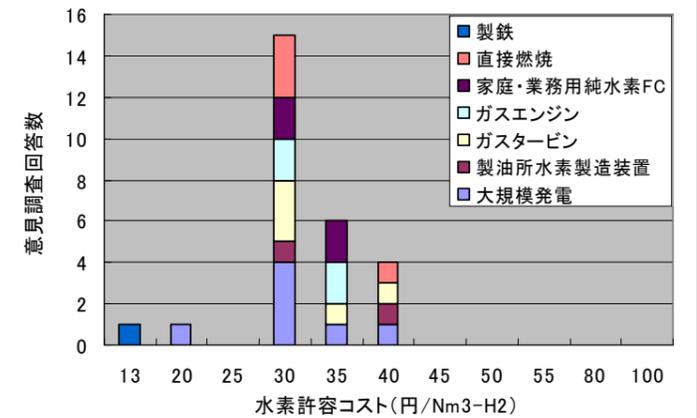
《運輸》

図 4. 2-2-③a 2050年におけるCO2フリー水素の許容コスト(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)



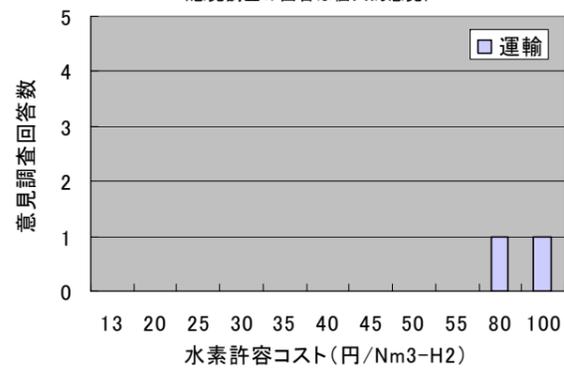
《運輸以外》

図 4. 2-2-③b 2050年におけるCO2フリー水素の許容コスト(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



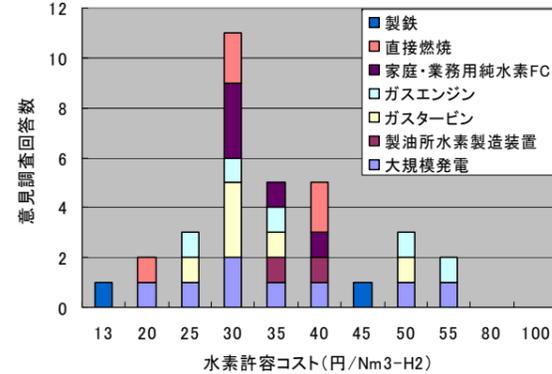
《運輸》

図 4. 2-2-②a 商業CO2フリー水素適用時の水素許容コスト(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)



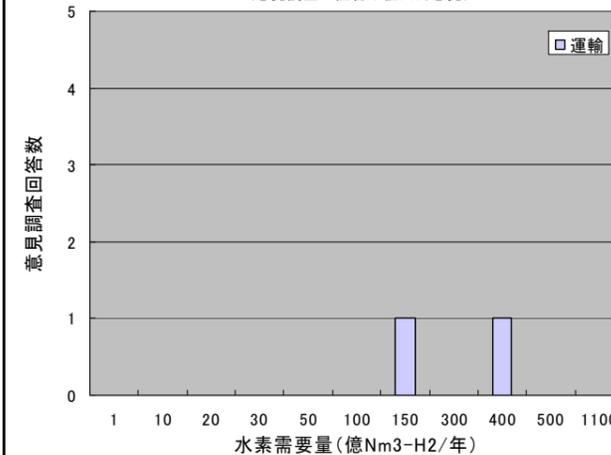
《運輸以外》

図 4. 2-2-②b 商業CO2フリー水素適用時の水素許容コスト(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



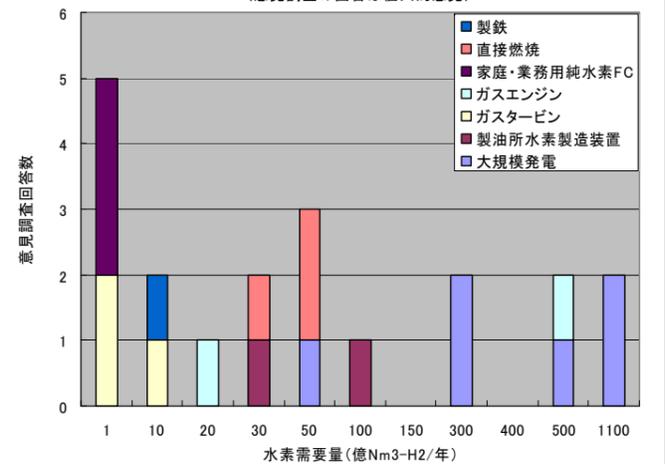
《運輸》

図 4. 2-2-④a 2050年におけるCO2フリー水素の需要量(運輸)
(意見調査の回答は個人的意見)



《運輸以外》

図 4. 2-2-④b 2050年におけるCO2フリー水素の需要量(運輸以外)
(意見調査の回答は個人的意見)



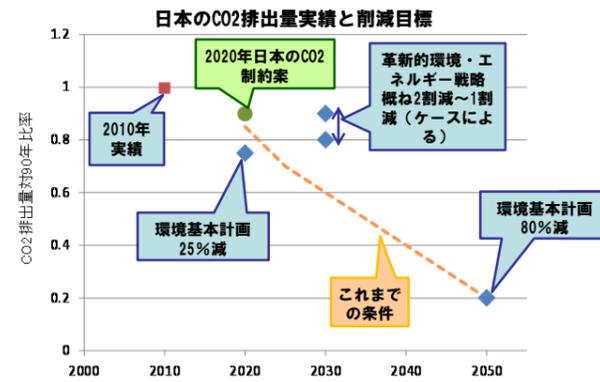
CO2フリー水素の需要推算(シミュレーション結果)

【計算条件】

- 統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュールを用いて、2050年までの日本の水素需要を評価。
 - 日本及び世界各地に厳しいCO2制約を課した(日本については、下記参照)。
 - 海外及び国内の水素製造、水素利用技術の導入は2020年以降。
 - 各原子力発電所の寿命は40年で新設なし(フェーズアウト)
 - フェーズアウトは日本のみ、寿命は40年(福島第一、第二は含めず、新設は、島根3号と大間のみ)

<日本のCO2制約>

- 最近の政策の動きをふまえ、日本のCO2制約を以下の通りとした。
 - 平成24年4月の環境基本計画
 - 2050年に温室効果ガスの80%減。
 - 2020年25%減は、主要国の参加と公平・実効性のある国際的枠組みの構築・目標の合意など、条件つきで記載。
 - 平成24年9月革新的環境・エネルギー戦略
 - 2030年時点の温室効果ガスを1990年比概ね2割減を目指す。
 - 2020年時点の排出量は、計算した値として5~9%減(成長ケースで2~5%減)となっている。
 - 森林吸収源は、2020年で3%程度。
 - 総合資源エネルギー調査会の総合部会で、エネルギー基本計画の策定の議論が3月から開始の見込み。
 - 2020年の日本のCO2制約は、2010年実績と2030年目標(概ね2割減)の内挿値とし、実際の制約は森林吸収分(3.9%)と海外クレジット(1%)を考慮。
 - 1990年比約5%削減
 - CO2以外の温室効果ガスと燃料の燃焼以外のCO2は、横ばいを仮定。
 - 2025年以降は、先進地域全体の制約を適用



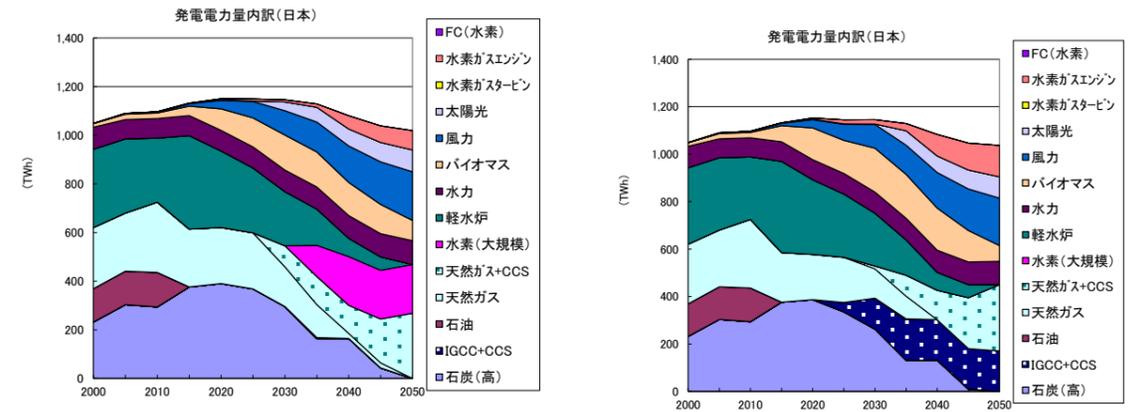
【計算結果】

計算結果の一例として、CCSは有りで、2020年における水素CIF価格(日本の港着の価格)が40円/Nm3の場合と50円/Nm3の場合の、日本の発電電力量・乗用車保有台数・定置用エネルギー消費量・水素需要量・水素供給量の比較、及び、一次エネルギーの比率の推移・ゼロエミッション電源を以下に示す。

<発電電力量(日本)>

《CCS有り》
《水素CIF価格=40円/Nm3@2020年、約30円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~30円/Nm3@2050年》

《CCS有り》
《水素CIF価格=50円/Nm3@2020年、約40円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~29円/Nm3@2050年》

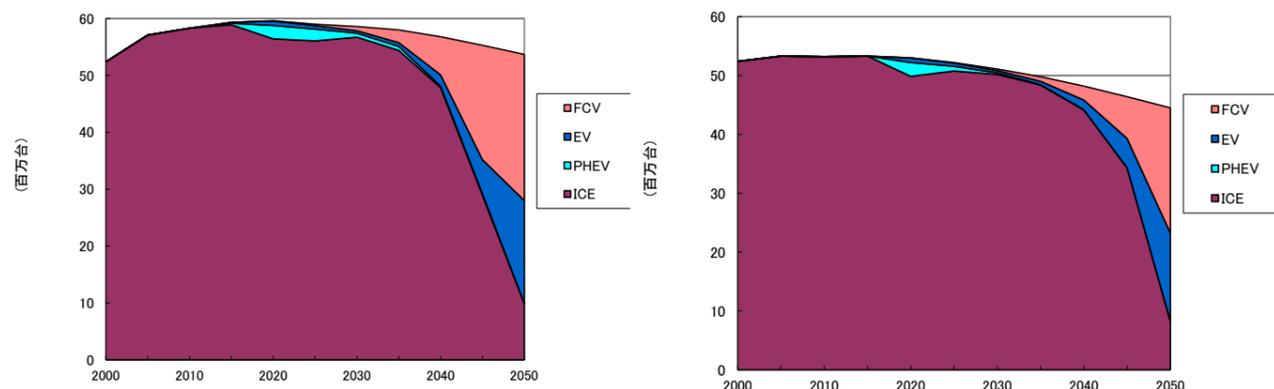


- 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入される。
 - バイオマス発電の一部とCCS付IGCCを水素大規模発電が置き換え
- 水素ガスエンジンコジェネが2025年から導入。

<乗用車保有台数(日本)>

《CCS有り》
《水素CIF価格=40円/Nm3@2020年、約30円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~30円/Nm3@2050年》

《CCS有り》
《水素CIF価格=50円/Nm3@2020年、約40円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~29円/Nm3@2050年》

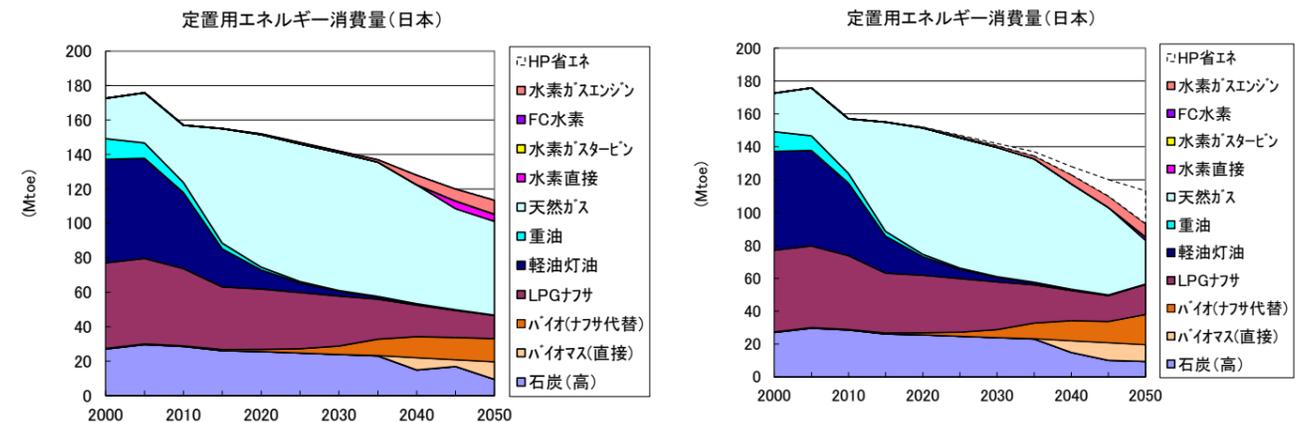


- FCV, EV, PHEVが利用される。
- 2050年にはFCVの保有台数が約2600万台、約230億Nm3の水素需要
- 車種構成に大きな変化はない。

<定置用エネルギー消費量(日本)>

《CCS有り》
《水素CIF価格=40円/Nm3@2020年、約30円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~30円/Nm3@2050年》

《CCS有り》
《水素CIF価格=50円/Nm3@2020年、約40円/Nm3@2050年》
《水素国産価格=16~25円/Nm3@2020年、約16~29円/Nm3@2050年》

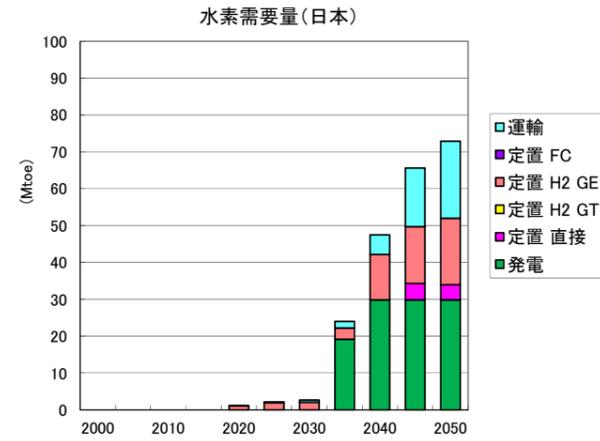


- 2025年から水素ガスエンジンコジェネが導入、2050年で8Mtoe(約310億Nm3)。
- 2020年から水素直接燃焼で2050年断面で4Mtoe(155億Nm3)が水素直接燃焼で利用。ヒートポンプを天然ガスが代替したため、混入できる水素が増加。
- 2050年には、水素は定置用燃料の約8%を占める。

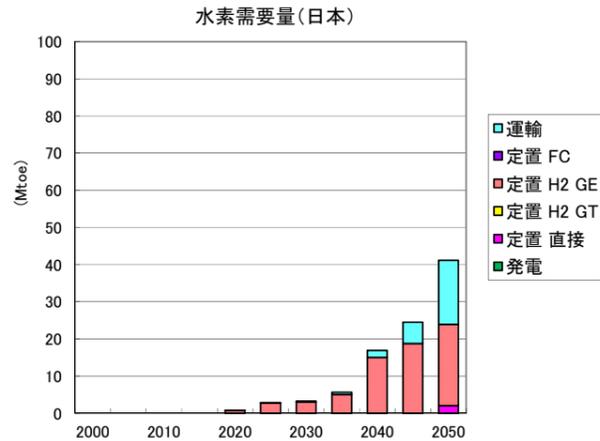
CO2フリー水素の需要推算(シミュレーション結果)

<水素需要量(日本)>

《CCS 有り》
 《水素 CIF 価格= 40 円/Nm³ @2020 年、約 30 円/Nm³@2050 年》
 《水素国産価格= 16~25 円/Nm³ @2020 年、約 16~30 円/Nm³@2050 年》

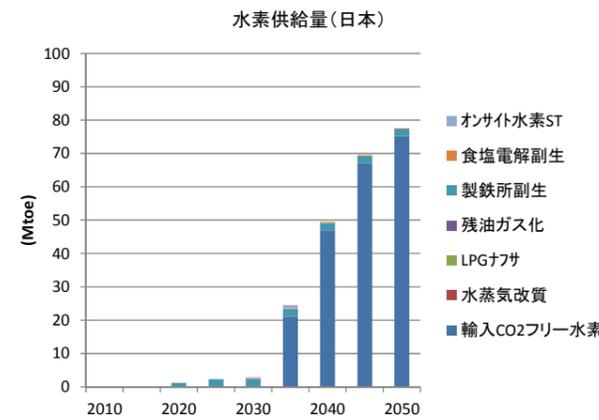


《CCS 有り》
 《水素 CIF 価格= 50 円/Nm³ @2020 年、約 40 円/Nm³@2050 年》
 《水素国産価格= 16~25 円/Nm³ @2020 年、約 16~29 円/Nm³@2050 年》

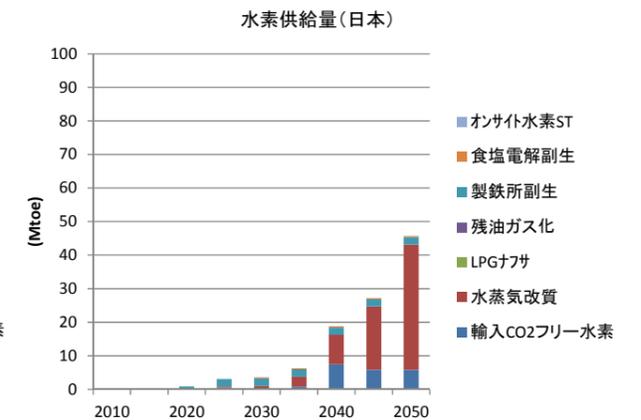


<水素供給量(日本)>

《CCS 有り》
 《水素 CIF 価格= 40 円/Nm³ @2020 年、約 30 円/Nm³@2050 年》
 《水素国産価格= 16~25 円/Nm³ @2020 年、約 16~30 円/Nm³@2050 年》



《CCS 有り》
 《水素 CIF 価格= 50 円/Nm³ @2020 年、約 40 円/Nm³@2050 年》
 《水素国産価格= 16~25 円/Nm³ @2020 年、約 16~29 円/Nm³@2050 年》



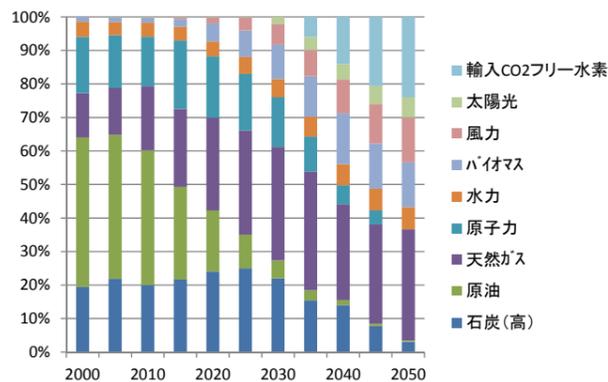
- 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入される。
- 2050年における水素需要は、73Mtoe(約2800億Nm³)。
- 第4回構想研からの増分は、約32Mtoe(約1200億Nm³)
- 運輸は乗用車のFCV、貨物、その他の燃料転換から構成。

- 最大8割程度を天然ガスの水蒸気改質で製造していたが、輸入水素の価格競争力が増すと国内の水蒸気改質は行われなくなる。
- 2050年の水素供給量は78Mtoe(約3000億Nm³)

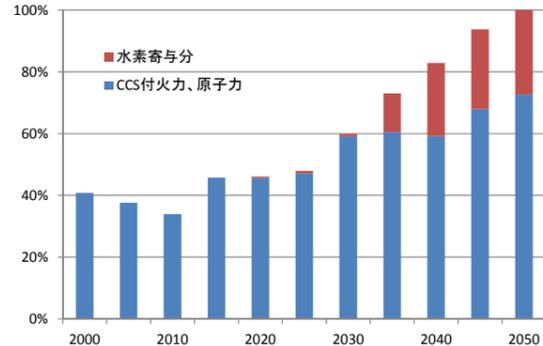
<計算結果の総括>

2050年の水素需要量

<一次エネルギーの比率の推移>



<ゼロエミッション電源比率>



- 2030年におけるCO2フリー水素のエネルギー自給率への寄与は0% (2050年には23%)
- 2030年におけるCO2フリー水素のゼロエミッション電源比率は、約1% (2050年には27%)
- 2035年にゼロエミッション電源比率70%を超える

		日本国内のCCS	
		有り	なし
輸入CO2フリー水素価格	40円/Nm ³ @2020年 ~ 30円/Nm ³ @2050年	①CCS有 発電 1,157 億Nm ³ 定置 857 億Nm ³ 運輸 811 億Nm ³ 合計 2,825 億Nm ³	②CCS無 発電 1,693 億Nm ³ 定置 784 億Nm ³ 運輸 855 億Nm ³ 合計 3,332 億Nm ³
	50円/Nm ³ @2020年 ~ 40円/Nm ³ @2050年	③CCS有 発電 0 億Nm ³ 定置 926 億Nm ³ 運輸 668 億Nm ³ 合計 1,594 億Nm ³	④CCS無 発電 1,687 億Nm ³ 定置 928 億Nm ³ 運輸 788 億Nm ³ 合計 3,403 億Nm ³

※運輸は乗用車の保有台数シナリオを変更し、保有台数が2050年で2割ほど増えていることも影響している。

- 統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュールを用いて、水素価格が低下した際の2050年までの日本の水素需要を評価。
- 水素CIF価格が2050年30円/Nm³のケースでは、CCSが利用可能な場合も大規模発電で水素が利用され、2050年40円/Nm³の時よりもCCS有無の差が小さくなった。

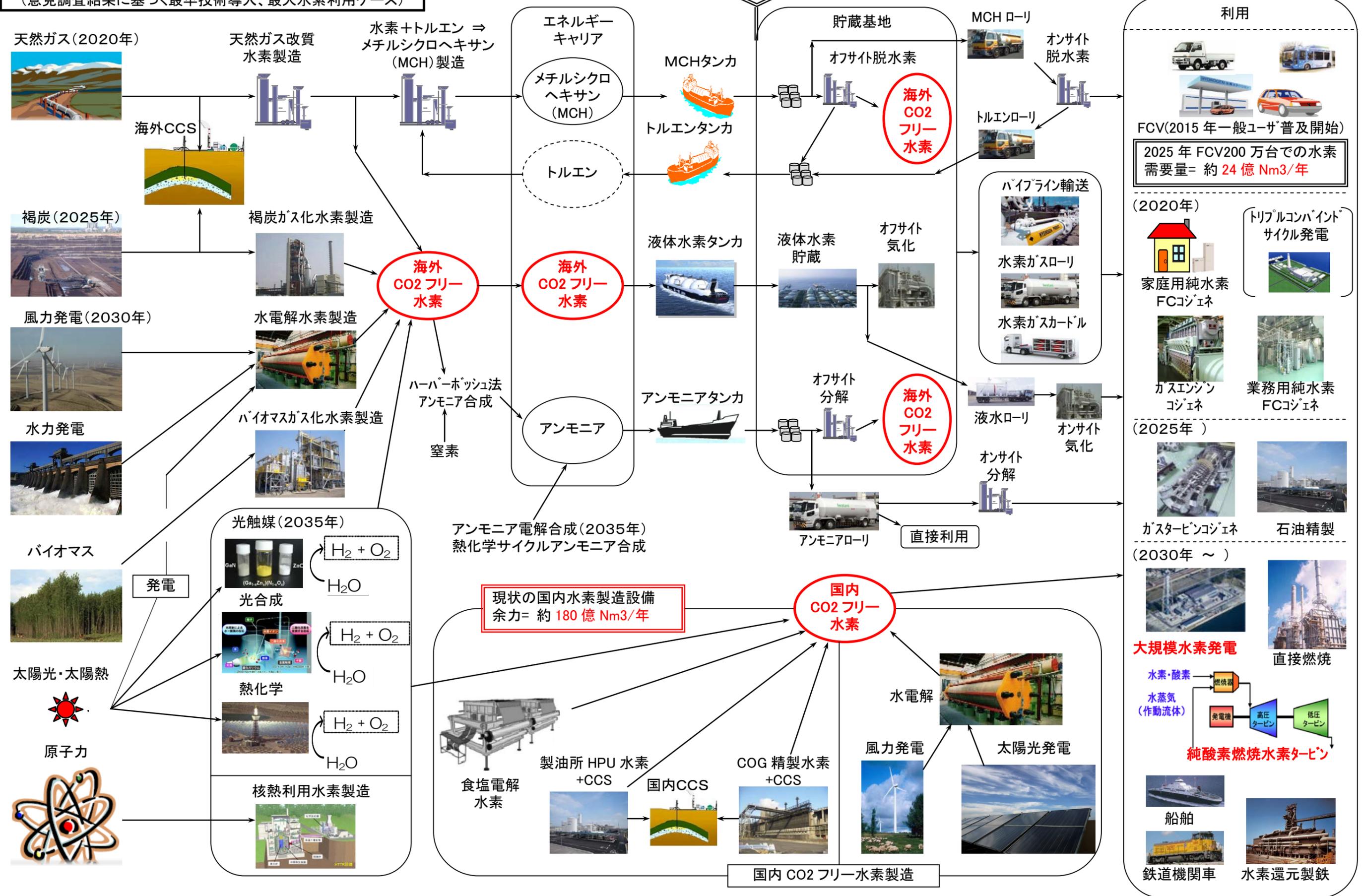
『CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』
水素エネルギー社会の絵姿 High H2 シナリオ(2次案)
(意見調査結果に基づく最早技術導入、最大水素利用ケース)

2020年頃における日本港着の輸入CO2フリー水素コスト(製造事業者のFS)= 30円/Nm3以下

【簡略版】

資料4.1-4

2013.3 IAE



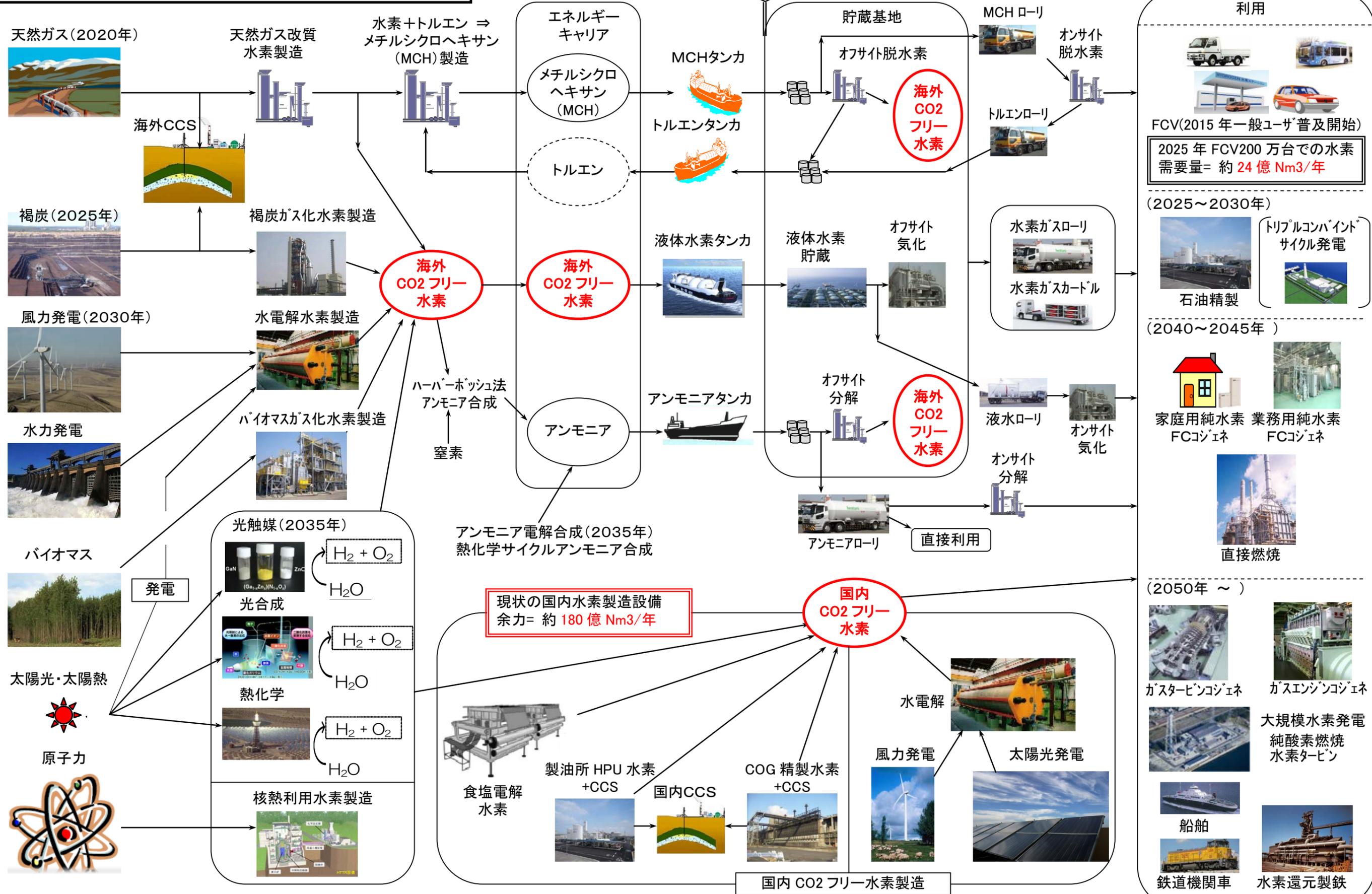
『CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』
水素エネルギー社会の絵姿 Low H2 シナリオ(2次案)
(意見調査結果に基づく最遅技術導入、最少水素利用ケース)

2020年頃における日本港着の輸入CO2フリー水素コスト(製造事業者のFS)= 30円/Nm3以下

【簡略版】

資料4.1-5

2013.3
IAE



『CO₂フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』
CO₂フリー水素の需要に関する意見調査結果(総括)

IAE

1 調査の目的

CO₂フリー水素の用途別需要について、エネルギーユーザーの意見を聞き、リアリティーの高い水素エネルギー社会の絵姿・シナリオ作成につなげることを目的とする。

また、必要に応じGRAPEシミュレーションの入力条件に反映させる。

2 調査方法

・AP研究会委員に紹介していただく等により、CO₂フリー水素事業に関係があると思われる事業者・部署の適切な方を訪問し、調査への協力をお願いした。

・質問に関連したGRAPEシミュレーションの条件と結果を示し、また関連情報をご参考として質問書に示した。

3 調査結果の総括

1人が会社として、残りは全て個人として回答をいただいた。

3.1 CCS関係(資料4. 2-1)

1)国内商業CCSの適用時期

不明という回答を除いた有意回答数17に対し、2025年～2030年頃という回答が7件(40%強)を占めた。一方、不適用が4件(25%弱)あった。

⇒ 議論:国内CCS有りシナリオと無しシナリオに分けるべきかどうか

2)国内商業CCS適用時のCCSコスト(要求値:いくらぐらいでなければならないか)

千円/トンCO₂から1万5千円/トンCO₂まで、非常にばらついている。

その中で、有意回答数14に対し、3千円/トンCO₂が5件(35%強)で、次いで5千円/トンCO₂が2件(15%弱)であった。

3)2050年での国内CCSコスト(要求値)

有意回答総数14に対し、3千円/トンCO₂が8件(60%弱)を占め、適用初期に比べてかなり意見が集約されている。

但し、まだ千円/トンCO₂や1万5千円/トンCO₂という回答もある。

4)2050年での国内CCS付き発電量

有意回答総数11に対し、60～100億kWh/年が4件(40%弱)、1,000億kWh/年も4件(40%弱)あり、意見が大きく異なっている。

3.2 CO2フリー水素関係(資料4. 2-2)

意見調査を行った全エネルギーユーザの回答を総括すると以下の通りとなる。

1) 商業CO2フリー水素の適用時期

不明という回答を除いた有意回答数34に対し、2030年頃という回答が11件(約32%)を占め、次いで2040年頃が5件(約15%)を占めた。

2) 商業CO2フリー水素の適用時の水素コスト

有意回答数35に対し、30円/Nm³-H₂ が11件(約31%)を占め、次いで35円/Nm³-H₂ と40円/Nm³-H₂ がどちらも5件(約14%)を占めた。

3) 2050年におけるCO2フリー水素コスト

有意回答総数34に対し、30円/Nm³-H₂ が15件(約44%)を占め、次いで35円/Nm³-H₂ が6件(約18%)、40円/Nm³-H₂ が5件(約15%)を占め、特にこの範囲に回答が集約されている。

4) 2050年におけるCO2フリー水素需要量

- (1) 大規模発電: 50~1,100億 Nm³-H₂/年で、有意回答数6に対し、300億 Nm³-H₂/年の回答が2件、1,100億 Nm³-H₂/年の回答が2件であった。
- (2) 製油所HPU: 30億 Nm³-H₂/年(実回答20億~50億 Nm³-H₂/年の平均値)が1件、100億 Nm³-H₂/年が1件であった。
- (3) ガスタービン: 1億 Nm³-H₂/年が2件、10億 Nm³-H₂/年が1件であった。
- (4) ガスエンジン: 20億 Nm³-H₂/年が1件、500億 Nm³-H₂/年が1件であった。
- (5) 家庭・業務用純水素燃料電池: 3件の回答は1億 Nm³-H₂/年で一致していた。
- (6) 直接燃焼: 30億 Nm³-H₂/年が1件、50億 Nm³-H₂/年が2件であった。
- (7) 製鉄: 10億 Nm³-H₂/年の回答が1件あった。
- (8) 運輸: 乗用車・トラック・バス等を含め運輸用として150億 Nm³-H₂/年が1件、400億 Nm³-H₂/年が1件であった。

3.3 意見調査結果一覧

CO₂フリー水素の需要に関する意見調査結果の一覧を資料4. 2-3に示す。

1. 国内商業CCS適用時期

	不適用	国内商業CCS適用年							不明	回答数
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		
既存の石炭火力発電(微粉炭火力発電)	2	1	1			1			1	6
IGCC発電(石炭ガス化複合発電)			2	2		1			1	6
NGCC発電(天然ガス複合発電) (*1)	2				1			2	1	6
製油所HPU(水素製造設備)				1						1
製鉄				1					1	2
合計	4	1	3	4	1	2	0	2	4	21

(*1): 別に、石炭火力CCS開始+5年、という回答が1つある。

2. 国内商業CCS適用時のCCSコスト(要求値)

	国内商業CCS適用時のCCSコスト(円/トンCO2)									不明	回答数
	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	10,000	15,000		
既存の石炭火力発電(微粉炭火力発電)			1		1		1			1	4
IGCC発電(石炭ガス化複合発電)			3	1	1					1	6
NGCC発電(天然ガス複合発電)			1			1		1	1	1	5
製油所HPU(水素製造設備)	1										1
製鉄		1								1	2
合計	1	1	5	1	2	1	1	1	1	4	18

3. 2050年での国内CCSコスト(要求値)

	2050年での国内CCSコスト(円/トンCO2)									不明	回答数
	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	10,000	15,000		
既存の石炭火力発電(微粉炭火力発電)			3							1	4
IGCC発電(石炭ガス化複合発電)	1		4							1	6
NGCC発電(天然ガス複合発電)			1		1			1	1	1	5
製油所HPU(水素製造設備)	1										1
製鉄		1								1	2
合計	2	1	8	0	1	0	0	1	1	4	18

4. 2050年での国内CCS付き発電量

	2050年での国内CCS付き発電量(億kWh/年)							不明	回答数
	10	50	60	100	500	1,000	2,000		
既存の石炭火力発電(微粉炭火力発電)	1		1			1		1	4
IGCC発電(石炭ガス化複合発電)		1	1	1		2		1	6
NGCC発電(天然ガス複合発電)				1	1	1		2	5
合計	1	1	2	2	1	4	0	4	15

1. 商業CO2フリー水素の適用時期

	不適用	商業CO2フリー水素の適用時期									回答数
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2060	不明	
大規模発電(輸入)				4	1	2		1		1	9
製油所HPU(輸入)			1	1							2
ガスタービン			1	1	1		1	2			6
ガスエンジン	1	2	1	1				1			6
家庭・業務用純水素燃料電池	1	1		1		2				1	6
直接燃焼				2	1	1	1			1	6
製鉄(*1)				1						1	2
運輸(*2)											
合計	2	3	3	11	3	5	2	4	1	3	37

(*1): 2060年の回答は100%水素製鉄の場合をイメージされたもの

(*2): FCCJの普及シナリオがあるので、質問せず。

2. 商業CO2フリー水素適用時の水素コスト

	(円/Nm3-H2) (円/GJ-H2)	LNG 等価	商業CO2フリー水素適用時の水素コスト											回答数		
			13	20	25	30	35	40	45	50	55	80	100		不明	
			1,200	1,900	2,300	2,800	3,200	3,700	4,200	4,600	5,100	7,400	9,300			
大規模発電				1	1	2	1	1			1	1			1	9
製油所HPU							1	1								2
ガスタービン					1	3	1				1					6
ガスエンジン					1	1	1				1	1				5
家庭・業務用純水素燃料電池						3	1	1								5
直接燃焼					1										1	6
製鉄(*1)			1							1						2
運輸													1	1		2
合計		0	1	2	3	11	5	5	1	3	2	1	1	2		37

(*1): 45円/Nm3-H2の回答は100%水素製鉄の場合をイメージされ、適用時期は2060年頃とされている。

3. 2050年におけるCO2フリー水素コスト

	(円/Nm3-H2) (円/GJ-H2)	LNG 等価	2050年におけるCO2フリー水素コスト											回答数		
			13	20	25	30	35	40	45	50	55	80	100		不明	
			1,200	1,900	2,300	2,800	3,200	3,700	4,200	4,600	5,100	7,400	9,300			
大規模発電		1		1		4	1	1							1	9
製油所HPU						1		1								2
ガスタービン		1				3	1	1								6
ガスエンジン		1				2	2									5
家庭・業務用純水素燃料電池		1				2	2									5
直接燃焼		1				3		1							1	6
製鉄(*1)			1							(*1)						1
運輸									1				1			2
合計		5	1	1	0	15	6	5	0	0	0	1	0	2		36

(*1): 45円/Nm3-H2の回答は100%水素製鉄の場合をイメージされ、適用時期は2060年頃とされているので、本表には出てこない。

4. 2050年におけるCO2フリー水素需要量

	(億Nm3/年) (億kWh/年)	2050年におけるCO2フリー水素需要量											回答数		
		1	10	20	30	50	100	150	300	400	500	1100		不明	
大規模発電						1			2		1	2	3		9
製油所HPU					1		1								2
ガスタービン		2	1											3	6
ガスエンジン				1							1			3	5
家庭・業務用純水素燃料電池		3												2	5
直接燃焼					1	2								3	6
製鉄(*1)			1												1
運輸								1		1					2
合計		5	2	1	2	3	1	1	2	1	2	2	14		36

(*1): 45円/Nm3-H2の回答は100%水素製鉄の場合をイメージされ、適用時期は2060年頃とされているので、本表には出てこない。

CO2フリー水素の需要に関する意見調査結果(一覧)

(注記1:コストは全て要求値)

(注記2:()内の数字は回答数)

1 既存の石炭火力発電 (微粉炭火力発電)	1) 国内商業CCS適用時期	不適用(2)、2020年(1)、2025年(1)(必須)、2040年(1)(既存技術では困難で、膜分離等革新技術のブレークスルーが前提)、不明(1)
	2) 適用時のCCSコスト	3千円/トンCO2(1)、5千円/トンCO2(1)、7千円/トンCO2(1)、不明(1)
	3) 2050年での国内CCS付き発電量	10億kWh/年(1)、60億kWh/年(1)、1000億kWh/年(1)、不明(1)
	4) 2050年でのCCSコスト	3千円/トンCO2(3)、不明(1)
2 IGCC発電 (石炭ガス化複合発電)	1) 国内商業CCS適用時期	2025年(2)、2030年(2)、2040年(1)、不明(1)
	2) 適用時のCCSコスト	3千円/トンCO2(3)、4千円/トンCO2(1)、5千円/トンCO2(1)、不明(1)
	3) 2050年での国内CCS付き発電量	50億kWh/年(1)、60億kWh/年(1)、100億kWh/年(1)、1000億kWh/年(2)、不明(1)
	4) 2050年でのCCSコスト	1千円/トンCO2(1)、3千円/トンCO2(4)、不明(1)
3 NGCC発電 (天然ガス複合発電)	1) 国内商業CCS適用時期	不適用(2)、2035年(1)、2050年(2)、石炭火力CCS開始+5年(1)、不明(1)
	2) 適用時のCCSコスト	3千円/トンCO2(1)、6千円/トンCO2(1)、1万円/t-CO2(1)、約1万5千円/トンCO2(1)、不明(1)
	3) 2050年での国内CCS付き発電量	100億kWh/年(1)、500億kWh/年(1)、1000億kWh/年(1)、不明(2)
	4) 2050年でのCCSコスト	3千円/トンCO2(1)、5千円/トンCO2(1)、1万円/t-CO2(1)、約1万5千円/トンCO2(1)、不明(1)
4 輸入CO2フリー水素による大規模発電	1) 適用時期	2030年(4)、2035年(1)、2040年(2)、2050年(1)、不明(1)
	2) 適用時の発電所供給水素コスト	2000円/GJ(1)、2300円/GJ以下(1)、3000円/GJ(2)、3500GJ(1)、4000円/GJ(1)、4500円/GJ(1)、5000円/GJ(1)、不明(1)
	3) 2050年での発電量	100億kWh/年(1)、500億kWh/年(2)、1000億kWh/年(1)、2000億kWh/年(2)、不明(3)
	4) 2050年での発電所供給水素コスト	2000円/GJ(1)、3000円/GJ(4)、3500GJ(1)、4000円/GJ(1)、LNGと熱量等価(1)、不明(1)
5 HPU+CCS	1) 国内商業CCS適用時期	2030年(1)
	2) 適用時のCCSコスト	1000円/トンCO2(1)
	3) 2050年でのCCS付き製油所HPU水素量	50~100億Nm3/年(1)
	4) 2050年でのCCSコスト	1000円/トンCO2(1)
6 HPU水素を輸入CO2フリー水素で代替	1) 代替開始時期	2025年(1)、2030年(1)
	2) 代替開始時の製油所供給水素コスト	35円/Nm3(1)、40円/Nm3(1)
	3) 2050年での代替水素量	20~50億Nm3/年(1)、100億Nm3/年(1)
	4) 2050年での製油所供給水素コスト	30円/Nm3(1)、40円/Nm3(1)
7 船舶用重油の脱硫用水素	1) 硫黄分規制強化適用時期	不適用(90%がスクラバーを装着すると予測)(1)
8 水素ガスタービン	1) 導入時期	2025年(1)、2030年(1)、2035年(1)、2045年(1)、2050年(2)
	2) 導入時の水素コスト	2300円/GJ(1)以下、3000円/GJ(3)、3500円/GJ(1)、4500円/GJ(1)
	3) 2050年での水素使用量	1億Nm3/年(2)、10億Nm3/年(1)、不明(3)
	4) 2050年での水素コスト	3000円/GJ(3)、3500円/GJ(1)、4000円/GJ(1)、LNGと熱量等価(1)
9 水素カスエンジン	1) 導入時期	不適用(1)、2020年(2)、2025年(1)、2030年(1)、2050年(1)
	2) 導入時の水素コスト	2300円/GJ(1)以下、3000円/GJ(1)、3500円/GJ(1)、4500円/GJ(1)、5000円/GJ(1)
	3) 2050年での水素使用量	20億Nm3/年(1)、500億Nm3/年(1)、不明(3)
	4) 2050年での水素コスト	3000円/GJ(2)、3500円/GJ(2)、LNGと熱量等価(1)
10 家庭用及び業務用純水素燃料電池	1) 導入時期	不適用(1)、2020年(1)、2030年(1)、2040年(2)、不明(1)
	2) 導入時の水素コスト	2800円/GJ(1)以下、3000円/GJ(2)、3500円/GJ(1)、4000円/GJ(1)
	3) 2050年での水素使用量	1億Nm3/年(3)、不明(2)
	4) 2050年での水素コスト	3000円/GJ(2)、3500円/GJ(2)、LNGと熱量等価(1)
11 CO2フリー水素直接燃焼	1) 導入時期	2030年(2)、2035年(1)、2040年(1)、2045年(1)、不明(1)
	2) 導入時の水素コスト	1850円/GJ(1)以下、3000円/GJ(2)、4000円/GJ(2)、不明(1)
	3) 2050年での水素使用量	30億Nm3/年(1)、50億Nm3/年(2)、不明(3)
	4) 2050年での水素コスト	3000円/GJ(3)、4000円/GJ(1)、LNGと熱量等価(1)、不明(1)
12 製鉄プロセスへの国内CCSの適用	1) 適用時期	2030年(1)、不明(1)
	2) 適用時のCCSコスト	約2千円/トンCO2(1)、不明(1)
	3) 2050年でのCCS量	0.5億トン-CO2/年(2)
	4) 2050年でのCCSコスト	約2千円/トンCO2(1)、不明(1)
13 製鉄プロセスへの国内CO2フリー水素の適用	1) 可能性有り/無し	可能性有り(2)
	2) 適用時期	2030年(1)、2060年(1)
	3) 適用時の水素コスト	最大13円/Nm3(1)、45円/Nm3(1)
	4) 2050年での水素利用量	0億Nm3/年(1)、10億Nm3/年(1)
	5) 2050年での水素コスト	最大13円/Nm3(1)、-(1)
14 製鉄プロセスへの輸入CO2フリー水素の適用	1) 可能性有り/無し	可能性有り(1)、無し(1)
	2) 適用時期	2030年(1)
	3) 適用時の水素コスト	13円/Nm3(1)
	4) 2050年での水素利用量	不明(1)
	5) 2050年での水素コスト	13円/Nm3(1)
15 100%水素製鉄	1) 可能性有り/無し	可能性有り(1)、無し(1)
	2) 適用時期	2060年(1)
	3) 適用時の水素コスト	45円/Nm3(1)
	4) 日本の全高炉置換時期	2100年(1)
	5) 全高炉置換時での水素のコスト	20円/Nm3(1)
	6) 全高炉置換時での水素量	200億Nm3/年(1)
16 乗用車	1) 2020年での水素使用量	1億Nm3/年(1)、2億Nm3/年(1)
	2) 2020年での水素の購入価格	80円/Nm3(1)、100円/Nm3(1)
	3) 2030年での水素使用量	20億Nm3/年(2)
	4) 2030年での水素の購入価格	60円/Nm3(1)、80円/Nm3(1)
	5) 2050年での水素使用量	100億Nm3/年(1)、250億Nm3/年(1)
	6) 2050年での水素の購入価格	40円/Nm3(1)、80円/Nm3(1)
17 トラック・バス	1) 2020年での水素使用量	0.04億Nm3/年(1)、0.5億Nm3/年(1)
	2) 2030年での水素使用量	0.4億Nm3/年(1)、10億Nm3/年(1)
	3) 2050年での水素使用量	50億Nm3/年(1)、150億Nm3/年(1)
18 その他運輸 (航空・船舶・鉄道・フォーク等)	1) 2020年での水素使用量	0億Nm3/年(2)、0.1億Nm3/年(2)、不明(1)
	2) 2030年での水素使用量	0億Nm3/年(1)、0.1億Nm3/年(1)、0.5億Nm3/年(1)、2億Nm3/年(1)、不明(1)
	3) 2050年での水素使用量	0億Nm3/年(1)、5億Nm3/年(1)、20億Nm3/年(1)、50億Nm3/年(1)、不明(1)



水素需要推算 GRAPE によるケーススタディー条件と結果

財団法人エネルギー総合工学研究所

1. 計算条件の改訂点

2. 計算結果

3. まとめ

4. 今後の進め方

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

概要

- ・ 統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュールを用いて、2050年までの日本の水素需要を評価。
 - 日本及び世界各地に厳しいCO2制約を課した。
 - 海外及び国内の水素製造、水素利用技術の導入は2020年以降。
 - 各原子力発電所の寿命は40年で新設なし（フェーズアウト）
 - ・ フェーズアウトは日本のみ、寿命は40年（福島第一、第二は含めず、新設は、島根3号と大間のみ）
 - 日本におけるCCSは利用可能とした。
- ・ 今回は、海外CO2フリー水素のCIF価格でケース分けし、第4回構想研究会の結果と比較した。
 - 前回の研究会のご講演の値に沿うよう設定。

		日本国内のCCS	
		有り	なし
2020年の 輸入CO2フ リー水素 価格	約30円/Nm ³	①CCS有、30円/Nm ³ 今回報告	②CCS無、30円/Nm ³ 今回報告(数値のみご 紹介)
	約50円/Nm ³	③CCS有、50円/Nm ³ 第4回構想研報告	④CCS無、50円/Nm ³ 第4回構想研報告

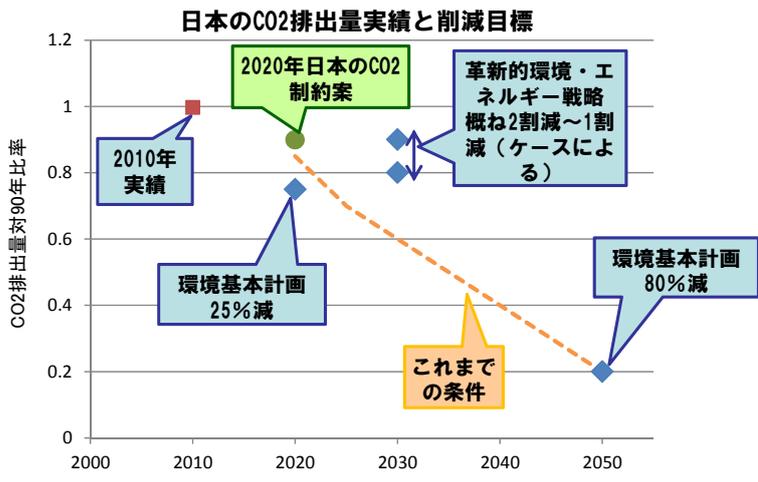
Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. 計算条件の改訂点 CO2制約

- 最近の政策の動きをふまえ、日本のCO2制約を変更
 - 平成24年4月の環境基本計画
 - 2050年に温室効果ガスの80%減。
 - 2020年25%減は、主要国の参加と公平・実効性のある国際的枠組みの構築・目標の合意など、条件つきで記載。
 - 平成24年9月革新的環境・エネルギー戦略
 - 2030年時点の温室効果ガスを1990年比概ね2割減を目指す。
 - 2020年時点の排出量は、計算した値として5~9%減（成長ケースで2~5%減）となっている。
 - 森林吸収源は、2020年で3%程度。
 - 総合資源エネルギー調査会の総合部会で、エネルギー基本計画の策定の議論が3月から開始の見込み。
- 2020年の日本のCO2制約は、2010年実績と2030年目標（概ね2割減）の内挿値とし、実際の制約は森林吸収分（3.9%）と海外クレジット（1%）を考慮。
 - 1990年比約5%削減
 - CO2以外の温室効果ガスと燃料の燃焼以外のCO2は、横ばいを仮定。
- 2025年以降は、先進地域全体の制約を適用（これまでと同様）

これまでの条件

- 2020年：90年比15%減（海外クレジット等考慮）
- 2050年：先進地域全体で80%減



Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. 計算条件の改訂点 水素製造

- 世界の水素製造地域の追加
 - 米国（天然ガス）、カナダ（天然ガス）、ロシア（天然ガス）、化石燃料はCCSを適用可とする。



資源名 水素源となる資源（化石燃料由来はCCS付）

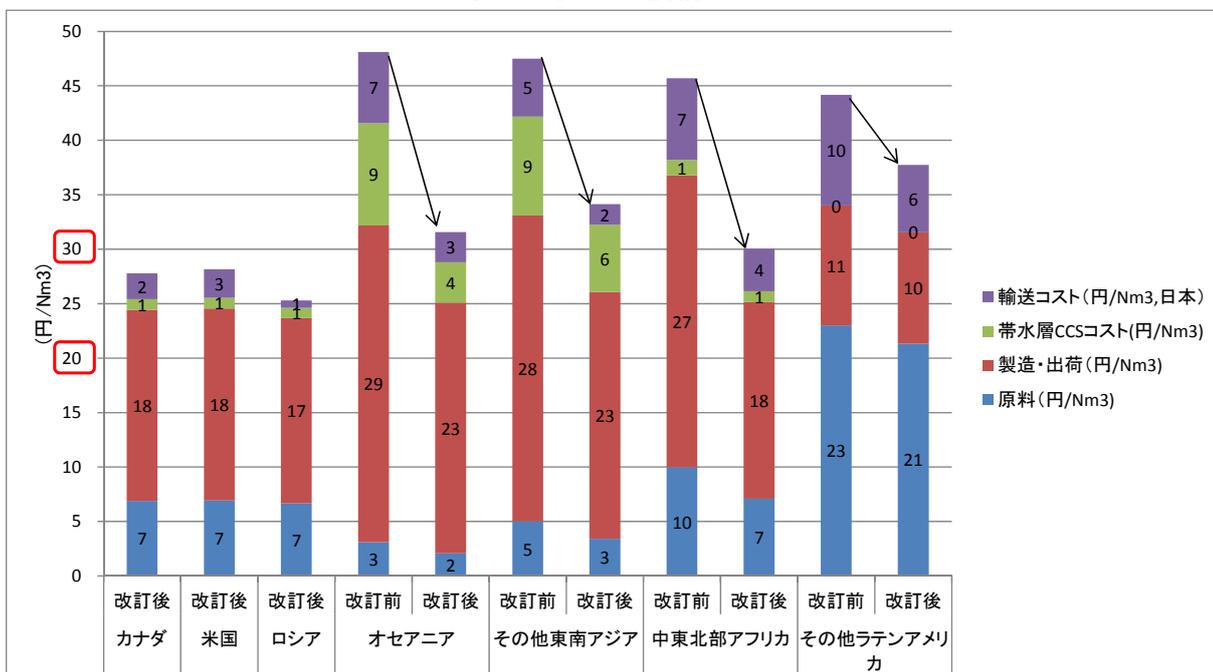
- | | | | | |
|----------|----------------|--------|-------------|---------------|
| 1: カナダ | 2: USA | 3: 西欧 | 4: 日本 | 5: オセアニア |
| 6: 中国 | 7: その他アジア | 8: インド | 9: 中東・北アフリカ | 10: サハラ以南アフリカ |
| 11: ブラジル | 12: その他ラテンアメリカ | 13: 中欧 | 14: 東欧 | 15: ロシア |

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. 計算条件の改訂点 水素製造

- 海外水素CIF価格改訂
 - CIF価格が2020年約30円/Nm³、2030年約20円/Nm³となるよう製造、輸送コストを設定。
 - 第2回AP研の千代田化工殿、川崎重工業殿の資料を参考に設定。
 - 天然ガス改質の設備費は、米国NETLのCCS付の化石燃料改質の評価レポート（DOE/NETL-2010/1434）も参考とした。
 - 原料や電力価格が内生され、地域により異なるため、以下は参考値。
- 国内水素製造の水蒸気改質の設備費も共通の値とした。

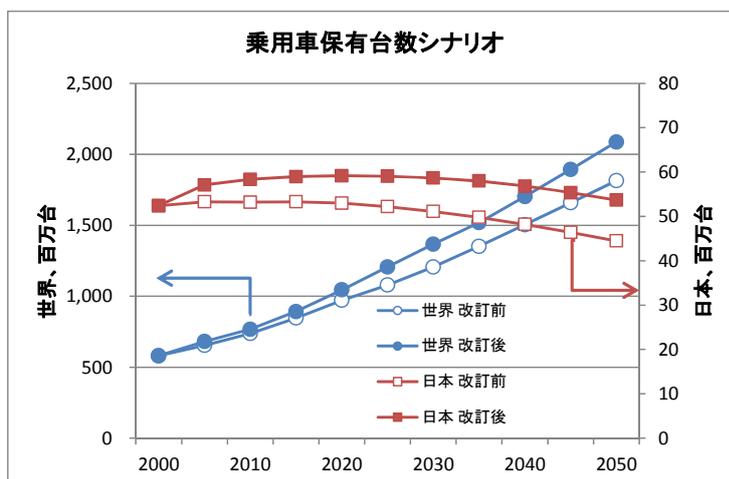
2020年の日本のCIF価格



Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. 計算条件の改訂点 運輸需要 他

- 運輸需要のアップデート
 - 2050年の世界全体の乗用車保有台数が、文献値に近くなるよう変更。
 - 2050年において改訂前より、世界全体で約2.7億台、日本で約9百万台の増加
 - 出典：International Transport Forum、Transport Outlook2012（IEAの運輸モデルのMobility Model (MoMo) を用いて計算した結果）
- 車両寿命の増加
 - 1期（5年）から2期（10年へ）変更
 - 直近の平均使用年数（登録から～抹消まで）12.43年を考慮し、2期（10年）に変更できるよう車両のストックを新たに考慮。

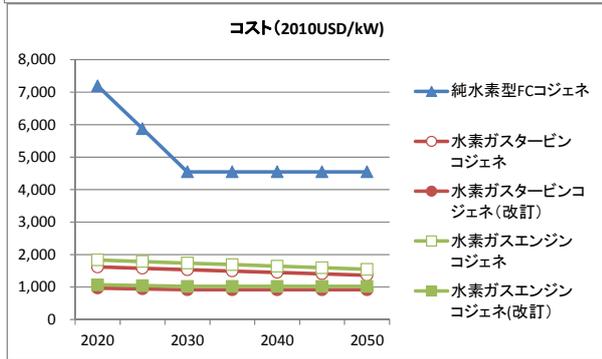
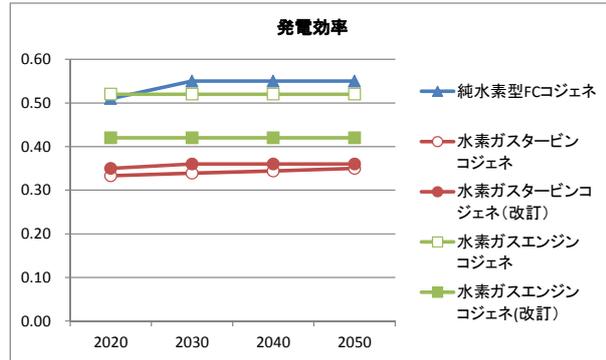
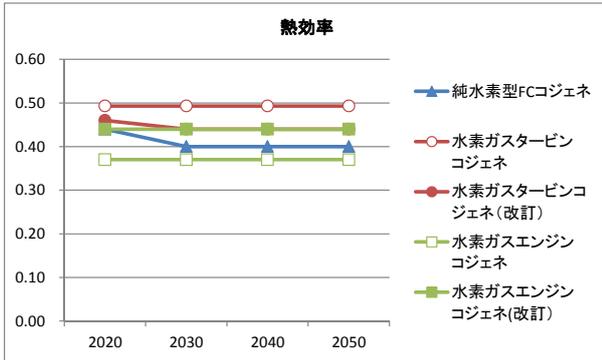


Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. 計算条件の改訂点 コジェネの効率、コスト

・ コジェネの効率、コスト

- IEA/ETSAPの技術データに差し替え (IEA ETSAP Technology Brief E04)

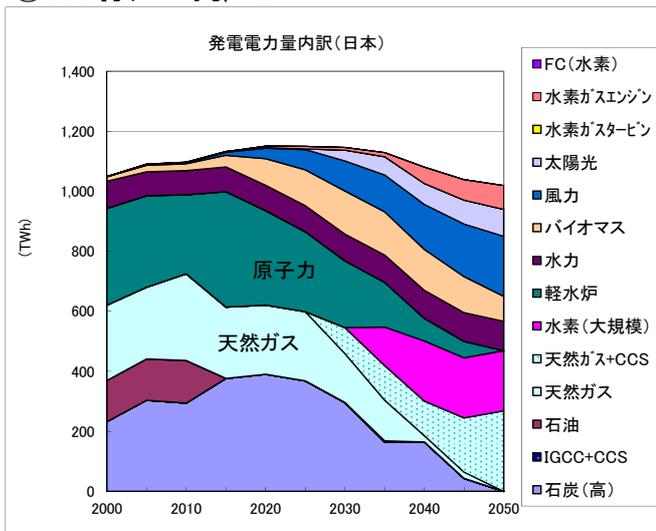


Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

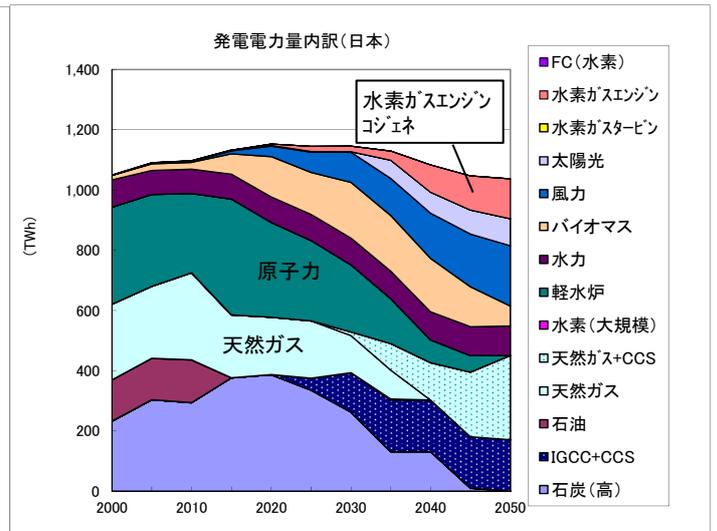
2. 計算結果 発電電力量

日本のCCS可

① CCS有、30円/Nm³



③ CCS有、50円/Nm³ (第4回構想研究会報告)

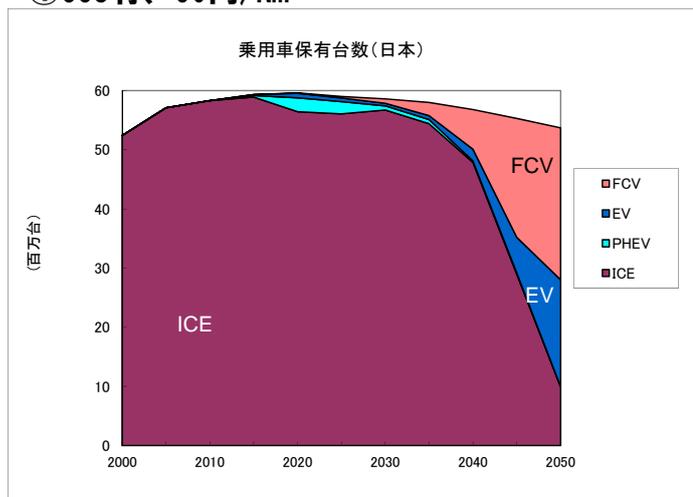


- ・ 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入される。
 - ・ バイオマス発電の一部とCCS付IGCCを水素大規模発電が置き換え
- ・ 水素ガスエンジンコジェネが2025年から導入。

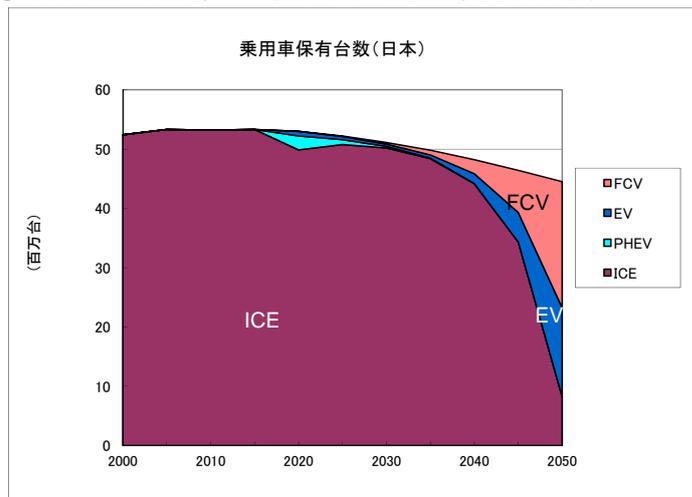
Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 乗用車保有台数

①CCS有、30円/Nm³



③CCS有、50円/Nm³ (第4回構想研究会報告)

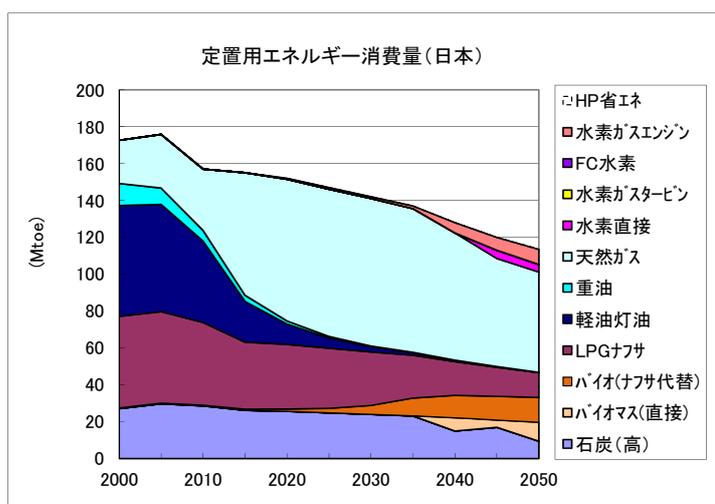


- FCV, EV, PHEVが利用される。
- 2050年にはFCVの保有台数が約2600万台、約230億Nm³の水素需要
- 車種構成に大きな変化はない。

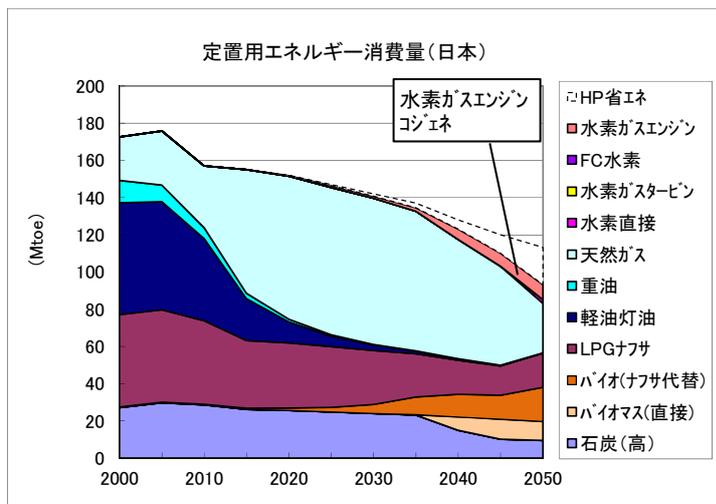
Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 定置用エネルギー消費量

①CCS有、30円/Nm³



③CCS有、50円/Nm³ (第4回構想研究会報告)



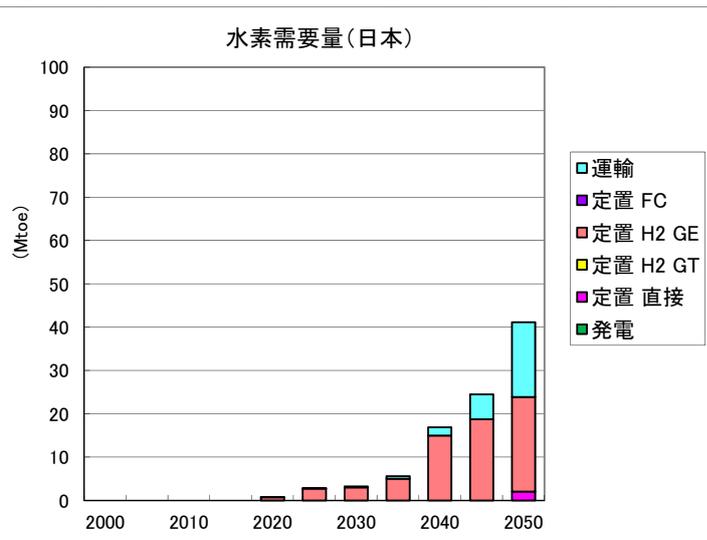
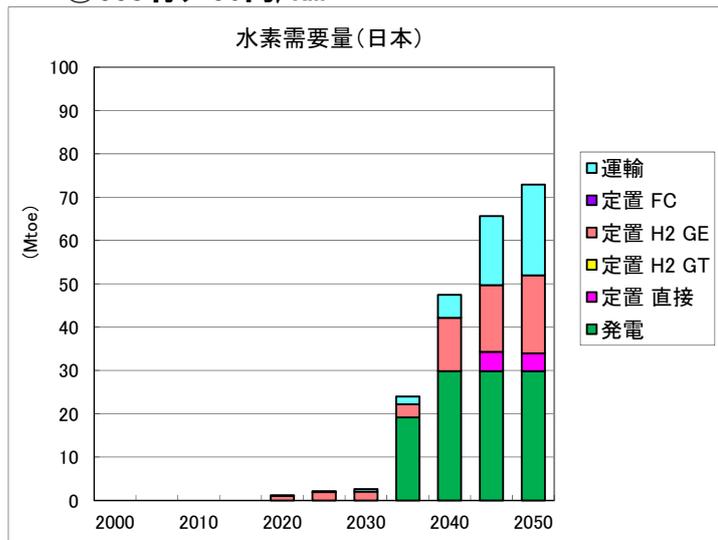
- 2025年から水素ガスエンジンコージェネが導入、2050年で8Mtoe (約310億Nm³)。
- 2020年から水素直接燃焼で 2050年断面で4Mtoe (155億Nm³) が水素直接燃焼で利用。ヒートポンプを天然ガスが代替したため、混入できる水素が増加。
- 2050年には、水素は定置用燃料の約8%を占める。

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 定置用エネルギー消費量

①CCS有、30円/Nm³

③CCS有、50円/Nm³ (第4回構想研究会報告)



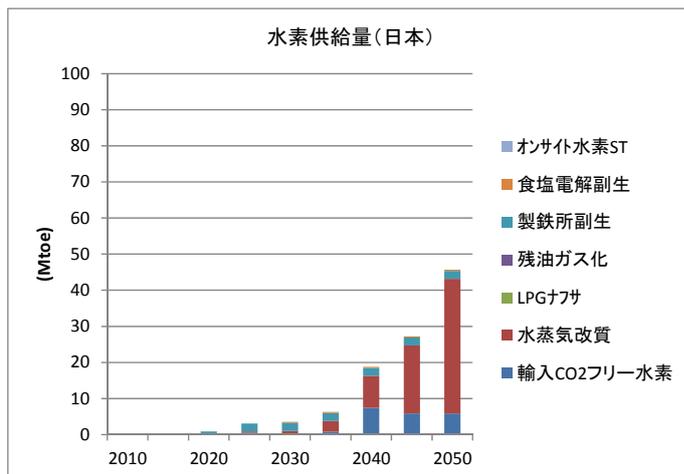
- 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入される。
- 2050年における水素需要は、73Mtoe (約2800億Nm³)。
- 第4回構想研からの増分は、約32Mtoe (約1200億Nm³)
- 運輸は乗用車のFCV、貨物のFCV、その他から構成。

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 水素供給量

①CCS有、30円/Nm³

③CCS有、50円/Nm³ (第4回構想研究会報告)



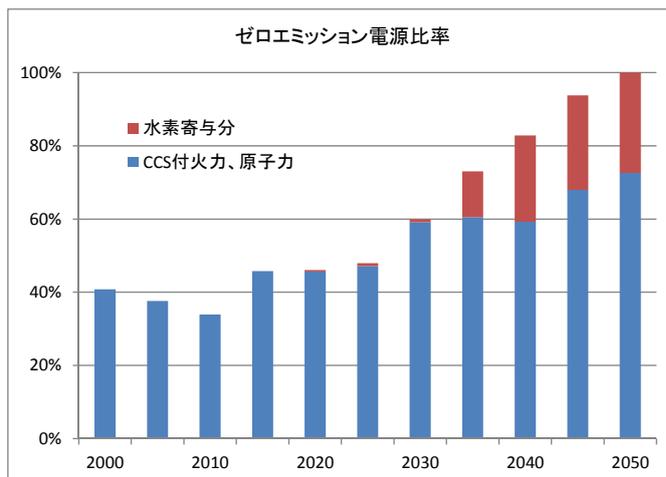
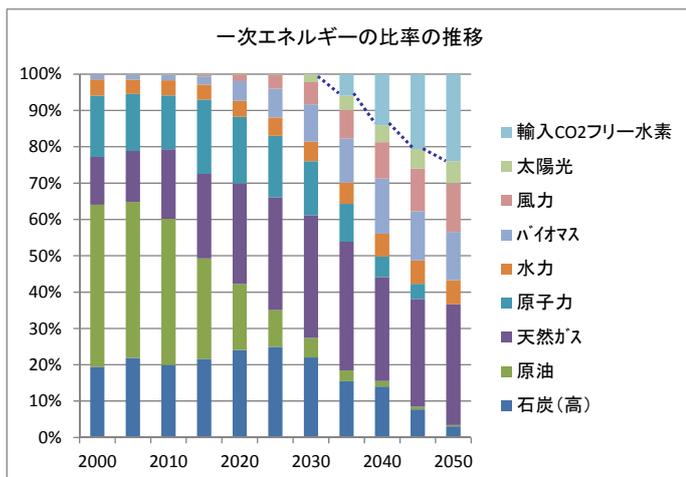
- 最大8割程度を天然ガスの水蒸気改質で製造していたが、輸入水素の価格競争力が増すと国内の水蒸気改質は行われなくなる。
- 2050年の水素供給量は78Mtoe (約3000億Nm³)

注：定置向け、運輸向けは配送ロス(10%)を含めているため、需要量の合計より総量が大きくなっている。

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 CO2フリー水素の寄与

①CCS有、30円/Nm³



- 2030年におけるCO2フリー水素のエネルギー自給率への寄与は0%（2050年には23%）
- 2030年におけるCO2フリー水素のゼロエミッション電源比率は、約1%（2050年には27%）
 - 2035年にゼロエミッション電源比率70%を超える

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算結果 水素需要量のサマリ

- 統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュールを用いて、水素価格が低下した際の2050年までの日本の水素需要を評価。
- 水素CIF価格が30円/Nm³のケースでは、CCSが利用可能な場合も大規模発電で水素が利用され、50円/Nm³の時よりもCCS有無の差が小さくなった。

		日本国内のCCS	
		有り	なし
2020年の輸入CO2フリー水素価格	30円/Nm ³ (今回報告)	①CCS有、30円/Nm ³ 発電 1,157 億Nm ³ 定置 857 億Nm ³ 運輸 811 億Nm ³ 合計 2,825 億Nm³	②CCS無、30円/Nm ³ 発電 1,693 億Nm ³ 定置 784 億Nm ³ 運輸 855 億Nm ³ 合計 3,332億Nm³
	50円/Nm ³ (第4回構想研報告)	③CCS有、50円/Nm ³ 発電 0 億Nm ³ 定置 926 億Nm ³ 運輸 668 億Nm ³ 合計 1,594 億Nm³	④CCS無、50円/Nm ³ 発電 1,687 億Nm ³ 定置 928 億Nm ³ 運輸 788 億Nm ³ 合計 3,403億Nm³

※運輸は乗用車の保有台数シナリオを変更し、保有台数が2050年で2割ほど増えていることも影響している。

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

3. まとめ

計算結果ハイライト

水素価格を2020年断面で50円/Nm³から30円/Nm³として計算を実施した。

①発電部門

- 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入される。
- バイオマス発電の一部とCCS付IGCCを水素大規模発電が置き換え
- 水素ガスエンジンコージェネが2025年から導入。

②定置用需要分野

- 2025年から水素ガスエンジンコージェネが導入、2050年で8Mt_{oe} (約310億Nm³)。
- 2020年から水素直接燃焼で 2050年断面で4Mt_{oe} (155億Nm³) が水素直接燃焼で利用。ヒートポンプを天然ガスが代替したため、混入できる水素が増加。
- 2050年には、水素は定置用燃料の約8%を占める。

③運輸部門

- FCV, EV, PHEVが利用される。
- 2050年にはFCVの保有台数が約2600万台、約230億Nm³の水素需要
- 車種構成に大きな変化はない。

④水素

- 国内でCCSが利用できる場合でも、水素の価格が下がると2035年以降に水素大規模発電が導入され、水素需要は増加し、2050年における水素需要は、73Mt_{oe} (約2800億Nm³)。

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

4. 今後の進め方

下記の作業を実施。

- ① 本日のコメントの考慮した条件の変更
- ② 感度分析ケースの実施 (案、順不同)
 - ① 日本のCCS有無、
 - ② 日本の原子力比率の変化 (例 15シナリオ)
 - ③ CO₂フリー水素CIF価格変化 (約40円/Nm³)
 - ④ 燃料価格の変化
 - ⑤ 水素導入の遅延 (10年程度)
 - ⑥ FCV補助金等の低減

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

以下参考資料

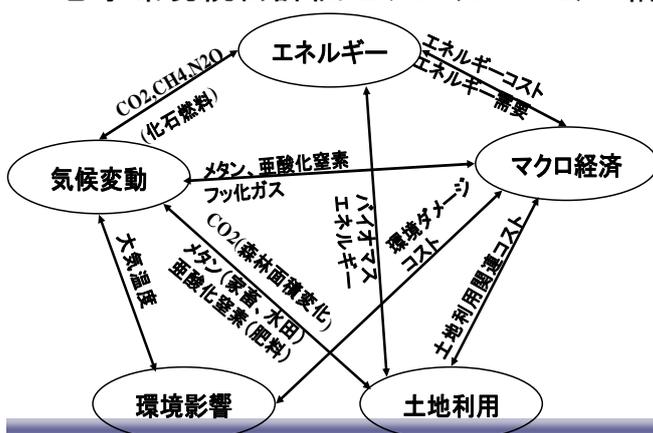
1. モデルの概要

GRAPE (地球環境統合評価モデル) とその利用

気候変動に関する各種持続可能シナリオの検討において、
1. 当研究所が運用する地球環境統合評価モデル(GRAPE)を活用した解析を実施し、
2. 気候変動対策に関し、原子力、水素、CCSに着目した提言を行うこととしています。

- ① 2050年または2100年までを対象に、統合評価モデルGRAPEを利用した低炭素エネルギーシステムの可能性を検討
- ② 原子力の役割の評価 発電における原子力の役割検討、高速増殖炉の導入効果分析
- ③ 水素の役割の評価 水素導入シナリオと水素社会のイメージ検討
- ④ CCSの役割の評価 日米クリーンコール研究協力の一環としてCCS付き合成燃料の導入可能性を評価

地球環境統合評価モデル(GRAPE)の構造



GRAPEを活用した実績の事例

- 1. IPCC第3次報告書 京都議定書の経済影響評価
同 第4次報告書 マルチガス削減、GHG削減ポテンシャル評価
- 2. 米国EPRIの炭素循環プロジェクトでは、MIT、ミシガン大学等と並んで、評価ツールとして選定されました

1. モデルの概要

シミュレーションの流れ

（エネルギー需要、技術メニュー等）
入力条件設定

- ・人口 国連中位推計に準拠 (World Population Prospects) (2005-2050の世界平均伸び率0.80%/年)
- ・GDP 2030年まではIEA WEO2009レファレンスシナリオ。それ以降は途上国の一人あたりGDPの伸びが先進国を上回り、格差縮小を仮定。(2005-2050の世界平均伸び率(実質)2.9%/年、一人あたりGDP世界平均伸び率(実質)2.1%/年)
- ・基準エネルギー最終需要 (電力、定置用非電力、運輸の3区分の需要。2030年まではIEA WEO2010準拠、それ以降はGDPおよび人口等のマクロ条件に対する推定式外挿)
- ・転換効率(発電効率、水素製造効率、石油精製効率等)
- ・コストパラメータ(燃料生産、輸送、転換、配送等)
- ・CO2排出原単位(石炭、石油、ガス)
- ・制約条件 CO2排出制約(例えば2050年世界CO2排出は2005年の1/2)
- ・利用可能な技術メニューのパラメータ想定
クリーン化石燃料発電, 高速増殖炉, 高効率太陽光発電, 電気自動車, 水素燃料電池自動車を含む技術, 産業・民生における省エネなどの想定をパラメータ化

計算

- ・想定したエネルギーフローのもとで、世界エネルギーシステムコストが
- ・最小になる供給、転換と技術メニューの組み合わせ探索(線形計画法による)。

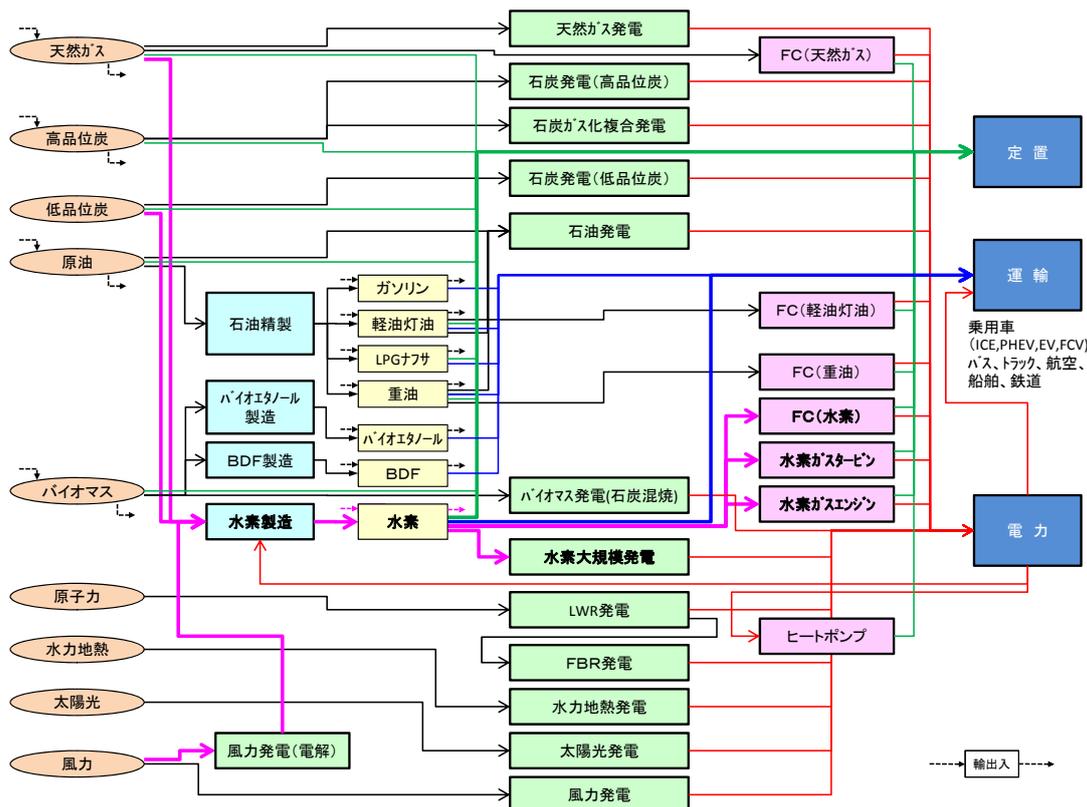
出力整理

- ・世界地域別のエネルギー需給、CO2排出などの諸量の出力
- ・主な出力パラメータ
エネルギー供給構成、需要構成、転換構成(発電等)、CO2排出量、CCS量
エネルギーコスト

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. モデルの概要

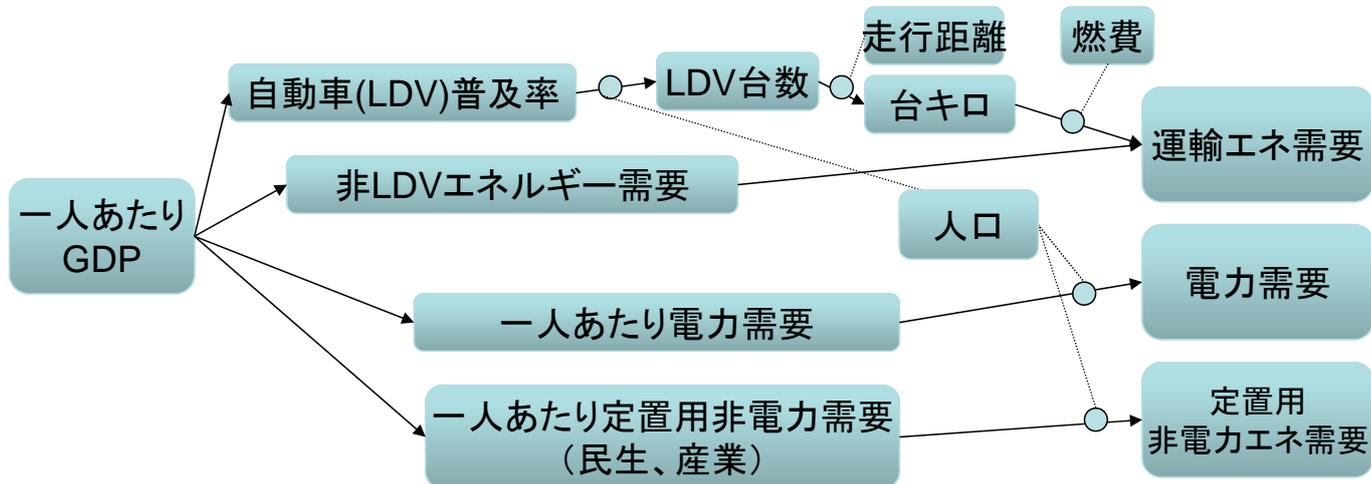
エネルギーフローの例



Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. モデルの概要 マクロパラメータとエネ需要の関係

- 人口は所与
- グローバル化により世界各地の一人あたりGDP格差は縮小、一人あたりGDPは徐々に収束すると想定
- 一人あたりエネルギー(またはエネルギーサービス)需要は一人あたりGDPの関数。非LDVエネルギー需要は所与



Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. モデルの概要 前回報告からの変更内容 補足

① 定置用のコジェネシェア上限の見直し

- FCコジェネ上限は、給湯用を上限として、総合エネルギー統計2007年度と、EDMC'09の家庭と業務の用途別エネルギー源別エネルギー消費量による、非電力消費量に対する給湯用非電力消費量の比率(=民生給湯用非電力消費/民生非電力消費量)を39.7%と設定。
- ガスタービンとガスエンジン合計の上限は、熱需要を上限として、総合エネルギー統計2007年度による産業用熱需要/産業用非電力需要の値11.5%と設定。

② 水素の国内調達追加

- 目的生産水素は、天然ガス改質、ナフサ改質、副生水素は、コークス炉ガス(COG)、食塩電解を考慮

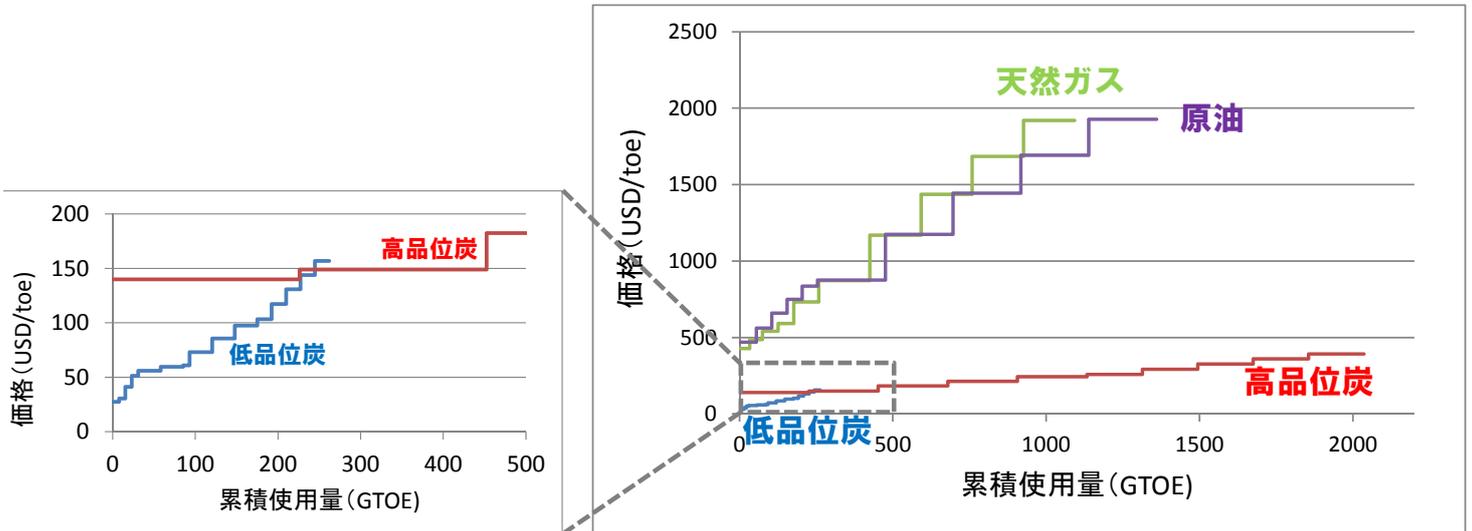
表 定置需要の産業と民生需要に対する上限比率と時点比率(=部門別非電力需要上限/部門別非電力需要)

	部門	上限	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
民生	FCコジェネ	39.7%	0.0%	3.0%	6.0%	10.0%	15.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%
	FCコジェネ		0.0%	3.0%	6.0%	10.0%	15.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%
産業	ガスタービン	11.5%	0.0%	3.0%	6.0%	10.0%	15.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%
	ガスエンジン		0.0%	3.0%	6.0%	10.0%	15.0%	20.0%	40.0%	60.0%	80.0%	100.0%

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件 燃料価格

- 資源価格は、各地域ごとに累積使用量の増加とともに価格が上昇する様子を表現。
 - 採掘コストが低い箇所から採掘していくため。
 - 資金流入による市場価格の乱高下は反映していない。
- 資源価格 = 生産コスト + ロイヤリティ
- 資源価格の初期値
 - 原油：80\$/bbl
 - 天然ガス：12.8\$/MMBtu、
 - 高品位炭（無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭）100\$/t
 - 低品位炭（褐炭）：27.4\$/toe
- 資源量評価には大きな不確実性がある。

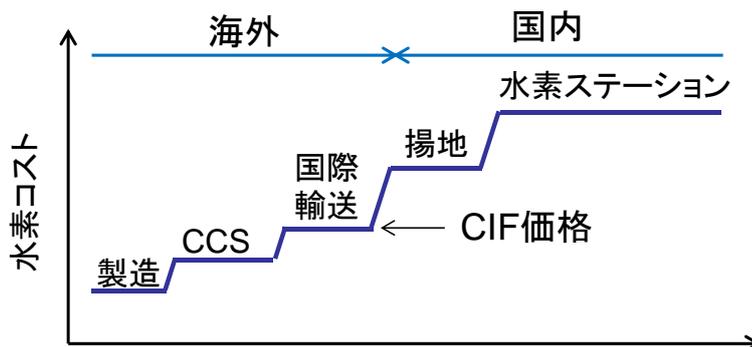


Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件 水素価格 (第2回AP研まで)

- 文献等を参考に水素のCIF価格を 50円/Nm³ (0.56USD/Nm³) を仮置き
- 詳細積み上げは次回報告

文献	CIF価格	出典
南米パタゴニアから水素輸送（液体水素）	24～52円/Nm ³	渡部他、季報エネルギー総合工学、Vol33-1、2010
南米パタゴニアから水素輸送（有機ハイドライド）	約35円/Nm ³	村田、日本エネルギー学会、2010年8月3日
中東ナフサ改質（CCS込）	42～56円/Nm ³	（財）石油産業活性化センター、PEC-2009L-04、2010年



1USD/toe=0.023円/Nm³
1USD=88円@2010年

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件 機器パラメータ

水素関連設定パラメータ概要①

(1) 発電

- ・水素の発電効率は、LHVベースで天然ガス火力と同じ。
- ・設備費450\$/kW、設備利用率85%、年経費率17%。
- ・発電量のシェア上限70%。

(2) 配送コスト

- ・水素の運輸と定置用の国内配送コストは、輸送経路毎に設定。
- ・電力の配送コストは9cent/kWh、送配電効率は95%。
- ・水素の配送ロス、運輸と定置用10%、大規模発電0%。

(3) 車両効率（消費エネルギーとパワートレイン投入エネルギーの比率、Tank to Wheel効率、空力ロス、転がり摩擦ロスを含む）

- ・内燃機関、水素燃料電池車 (FCV)、電気自動車 (EV) の車両効率を設定。FCV、水素内燃機関自動車、バイオ燃料自動車、EVは2020年以降導入。
- ・FCVの車両効率は、NEDOのロードマップ及びJFHCのシャシダイナモの測定値を参考に決定。

車両効率 (%)

年	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
内燃機関車	16	16	16	18.7	23.9	32.3	35.5
水素燃料電池車(FCV)	46.9	51.95	57	57	57	57	57
電気自動車(EV)	67.6	67.6	67.6	68	68.4	68.8	69.2

・上記は、先進5地域 (CAN, USA, WEU, JPN, OCE) の効率、それ以外の地域は10年遅れ

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件 機器パラメータ

水素関連設定パラメータ概要②

(4) 水素利用コジェネ（第2回AP研まで）

- ・水素系コジェネ機器として、定置用純水素燃料電池 (FC)、水素ガスタービンコジェネ、水素ガスエンジンコジェネを仮定。

FCは2020年以降本格導入を想定。

- ・FC設備コストは、2010年はkw当り150万円（設備費300万円ー補助金150万円）、2030年以降40万円。
- ・FCから発生する電力および熱は、民生電力需要の50%および給湯需要を上限（逆潮しない）。
- ・水素ガスタービンコジェネ、水素ガスエンジンコジェネから供給される電力および熱は、産業用電力需要および熱需要を超えないこととする。

(5) 直接燃焼

- ・ハイタン（20% H_2 体積）を想定し、熱量ベースで天然ガス100に対して7.5を超えないこととする。

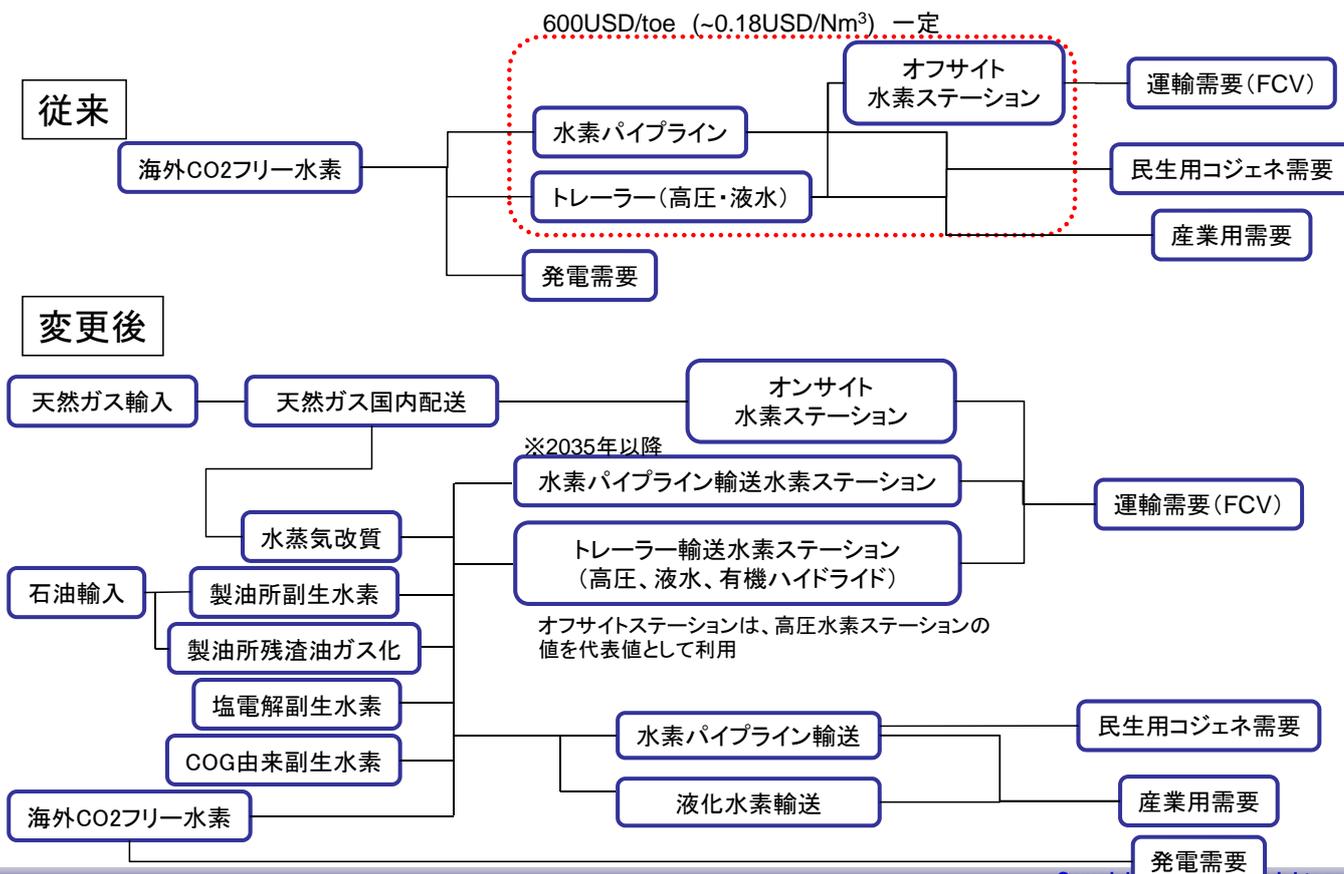
コジェネ設備効率 (%)

機器	年	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	
		純水素型FCコジェネ	熱効率	0.480	0.480	0.440	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
	発電効率	0.470	0.470	0.510	0.550	0.550	0.550	0.550	0.550	0.550	0.550	0.550	
	総合効率	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	
水素ガスタービンコジェネ	年	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	
		熱効率		0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493	0.493
		発電効率		0.327	0.333	0.339	0.344	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
		総合効率		0.820	0.826	0.832	0.837	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843
水素ガスエンジンコジェネ	年	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	
		熱効率		0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370
		発電効率		0.485	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520
		総合効率		0.855	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
FCコジェネ	年	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
		万円	300	200	150	75	63.3	51.7	40	40	40	40	40
		2010年基準\$	26,400	17,600	13,200	6,600	5,570	4,550	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
		水素ガスタービンコジェネ	年	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
万円			15.00	14.63	14.25	13.88	13.50	13.13	12.75	12.38	12.00		
2010年基準\$			1,320	1,287	1,254	1,221	1,188	1,155	1,122	1,089	1,056		
水素ガスエンジンコジェネ	年	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
		万円			17.00	16.58	16.15	15.73	15.30	14.88	14.45	14.03	13.60
		2010年基準\$			1,496	1,459	1,421	1,384	1,346	1,309	1,272	1,235	1,197

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件

②、⑤国内水素インフラの設定



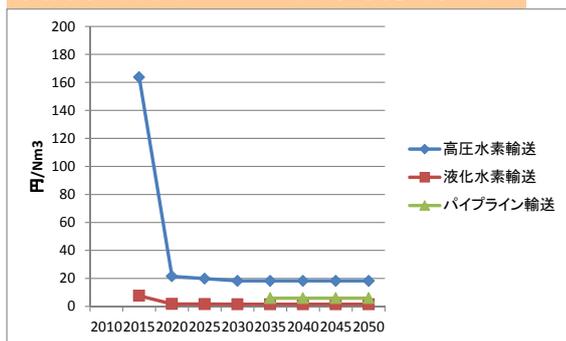
Copyright rights reserved.

2. 計算条件

②、⑤国内水素インフラの設定

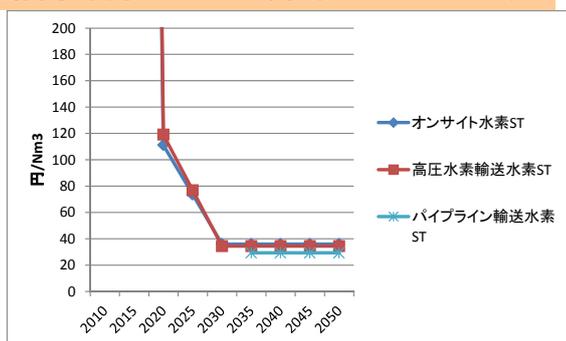
注：2015年以前の値は参考値

国内水素配送コスト（定置需要向け）



出典：H20年度NEDO報告書「水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ」から配送部分を抜き出した。
パイプライン輸送はIAE試算

国内水素配送コスト（水素ステーション）



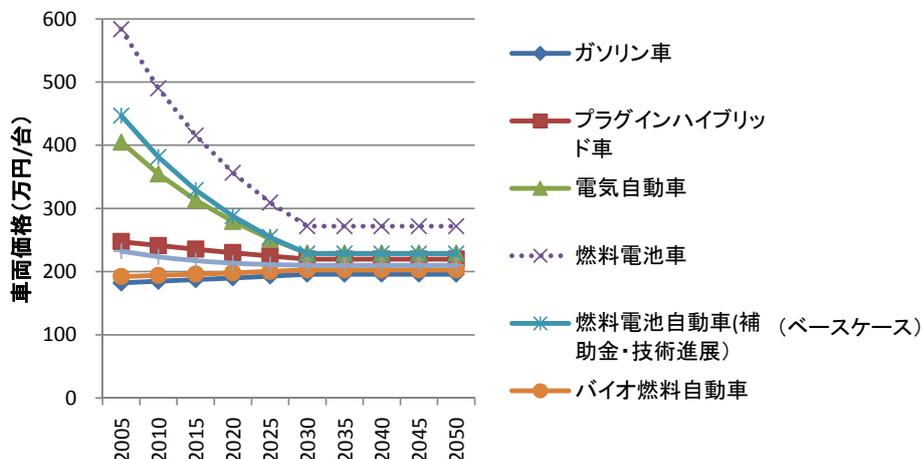
出典：H20年度NEDO報告書「水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ」の水素供給価格から水素製造に必要な設備費を差し引いて試算。
オフサイトは、ステーションまでの配送費も含む。
オンサイト水素STはIAE試算

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1. モデルの概要

前回報告からの変更内容 補足

- ⑥車両価格の見直し
 - FCVの車両価格に補助金と技術進展を考慮
 - ・ IEAの車両価格はベース車と追加分（FCVであればFCシステムと水素タンク）から構成。
 - ・ 導入初期はEVの補助金額を参考に、また、2030年に向けて技術進展を仮定して追加分を30%減少させた。
- ⑭車両効率の見直し
 - FCVの車両効率をJHFCの結果を反映
 - ・ 60%はシャンダイナモの計測のため、実走行であることを考慮し、57%とした。
 - ・ NEDOのロードマップでは現状60%、2030年以降60%以上であるため、FCVの車両効率は一定と仮定。



出典：IEA, Passenger light duty vehicle efficiencies and costs (2009)

注1：※EVは2010年に補助金込みの日産リーフの値になるよう2005年を設定

注2：※FCVは2015年に5万ドルとなるよう2005年を設定（補助金・技術進展考慮前）

Copyright, 2013 IAE. All rights reserved.

2. 計算条件

CO2制約、CCSポテンシャル

- CO2制約
 - 2020年に1990年比10%削減（真水）
 - 2020年以降は、2050年に先進国・地域で80%削減の制約
 - 2020～2050年は線形補完
- 国内のCCSポテンシャル
 - 貯留ポテンシャルを0.73Gt-CO₂から3.5Gt-CO₂へ変更
 - ・ RITE資料の 카테고리-A1（背斜構造で、坑井・震探データ豊富）の値3.5Gt-CO₂を採用

水素需要量のサマリ (第2回AP研究会報告)

- ・ 統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュールを用いて、2050年までの日本の水素需要を評価。
 - 日本及び世界各地に厳しいCO2制約を課した。
 - 海外及び国内の水素製造、水素利用技術の導入は2020年以降。
- ・ CO2に係わる制度と技術が水素の導入量に大きな影響を与える。
 - CO2制約の厳しさ。
 - CCSの有無。

		日本国内のCCS	
		有り	なし
CO2 制約	緩い (制約緩和、RCP 4.5※)	①CCS有・緩CO2制約 発電 0 億Nm ³ 合計 78 億Nm ³ 定置 78 億Nm ³ 運輸 0 億Nm ³	②CCS無・緩CO2制約 未実施。①でCCSは利用されておらず、 結果に大きな差はないと考えられる ため現状、優先度は低い。
	厳しい (現状の コミット ベース)	③CCS有・厳CO2制約 発電 0 億Nm ³ 合計 1,594 億Nm ³ 定置 926 億Nm ³ 運輸 668 億Nm ³	④CCS無・厳CO2制約 発電 1,687 億Nm ³ 合計 3,403億Nm ³ 定置 928 億Nm ³ 運輸 788 億Nm ³

※RCP4.5はETP2012の2DSと4DSの間にあるが、かなり4DS寄りにある。(補足：IPCC第4次報告によれば、RCP4.5に対する平衡温度上昇は3.5℃程度となる。)

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

付録：熱量換算表

～から	メガジュール megajoule (MJ)	キロワット時 kilowatthour (kWh)	キロカロリー _{IT} kilocalorie (kcal _{IT}) 国際定義 *1	キロカロリー _J kilocalorie (kcal _J) 国内定義 *2	原油換算 キロリットル kiloliter of crude oil equivalent *3	石油換算トン ton of oil equivalent (toe) *4	British thermal unit (Btu)
メガジュール	1	2.77778×10 ⁻¹	2.38846×10 ²	2.38889×10 ²	2.58258×10 ⁻⁵	2.38846×10 ⁻⁵	9.47817×10 ²
キロワット時	3.60000	1	8.59845×10 ²	8.59999×10 ²	9.29729×10 ⁻⁵	8.59845×10 ⁻⁵	3.41214×10 ³
キロカロリー _{IT}	4.18680×10 ⁻³	1.16300×10 ⁻³	1	1.00018	1.08127×10 ⁻⁷	1×10 ⁻⁷	3.96832
キロカロリー _J	4.18605×10 ⁻³	1.16279×10 ⁻³	9.99821×10 ⁻¹	1	1.08108×10 ⁻⁷	9.99821×10 ⁻⁸	3.96761
原油換算 キロリットル	3.87210×10 ⁴	1.07558×10 ⁴	9.24834×10 ⁶	9.25000×10 ⁶	1	9.24834×10 ⁻¹	3.67004×10 ⁷
石油換算トン	4.18680×10 ⁴	1.16300×10 ⁴	1×10 ⁷	1.00018×10 ⁷	1.08127	1	3.96832×10 ⁷
Btu	1.05506×10 ⁻³	2.93071×10 ⁻⁴	2.51996×10 ⁻¹	2.52041×10 ⁻¹	2.72477×10 ⁻⁸	2.51996×10 ⁻⁸	1

*1 International System of Units (Bureau International des Poids et Mesures)による定義から計算

*2 計量法(日本)による定義から計算

*3 原油換算 1L=9,250kcal_Jとして計算(2000年度分より原油の発熱量は9,126kcal_J/Lに改訂されている)

*4 1toe=10⁷kcal_{IT}として計算

toe⇔Nm³-H₂の変換(LHV換算)

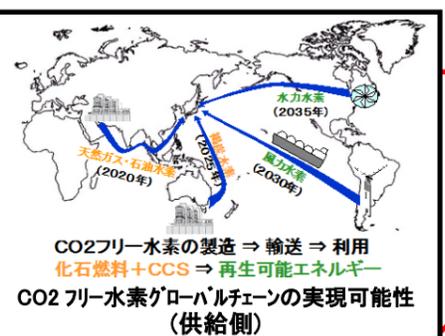
$$1 \text{ Nm}^3\text{-H}_2 = 2.56 \times 10^{-4} \text{ toe}, \quad 1 \text{ Mtoe} = 38.87 \text{ 億 Nm}^3\text{-H}_2$$

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

『CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』
水素エネルギー社会の絵姿 High H2 シナリオ (2次案)
(意見調査結果に基づく最早技術導入、最大水素利用ケース)

【詳細版】

2020年頃からCO2フリー水素の<国内利用>が多分野で開始される。
2050年には国内パイプラインで大規模水素発電に供給され、水素ハイウェイやスマートコミュニティーが形成されている。



CO2フリー水素のグローバルチェーンは、水素需要量が国内製造設備余力を超える場合、CO2制約に対して国内でCCSが出来ない場合、あるいはCO2フリー水素が非常に安価に供給できる、等の場合に実現される。

- <共通基盤研究>
 - ・安価な極低温&高圧水素材料開発
- <安全・規制緩和>
 - ・IGCコード対応
 - ・水素事業法
- <社会受容性>
 - ・推進協議会
 - ・啓発・教育活動
 - ・実証試験

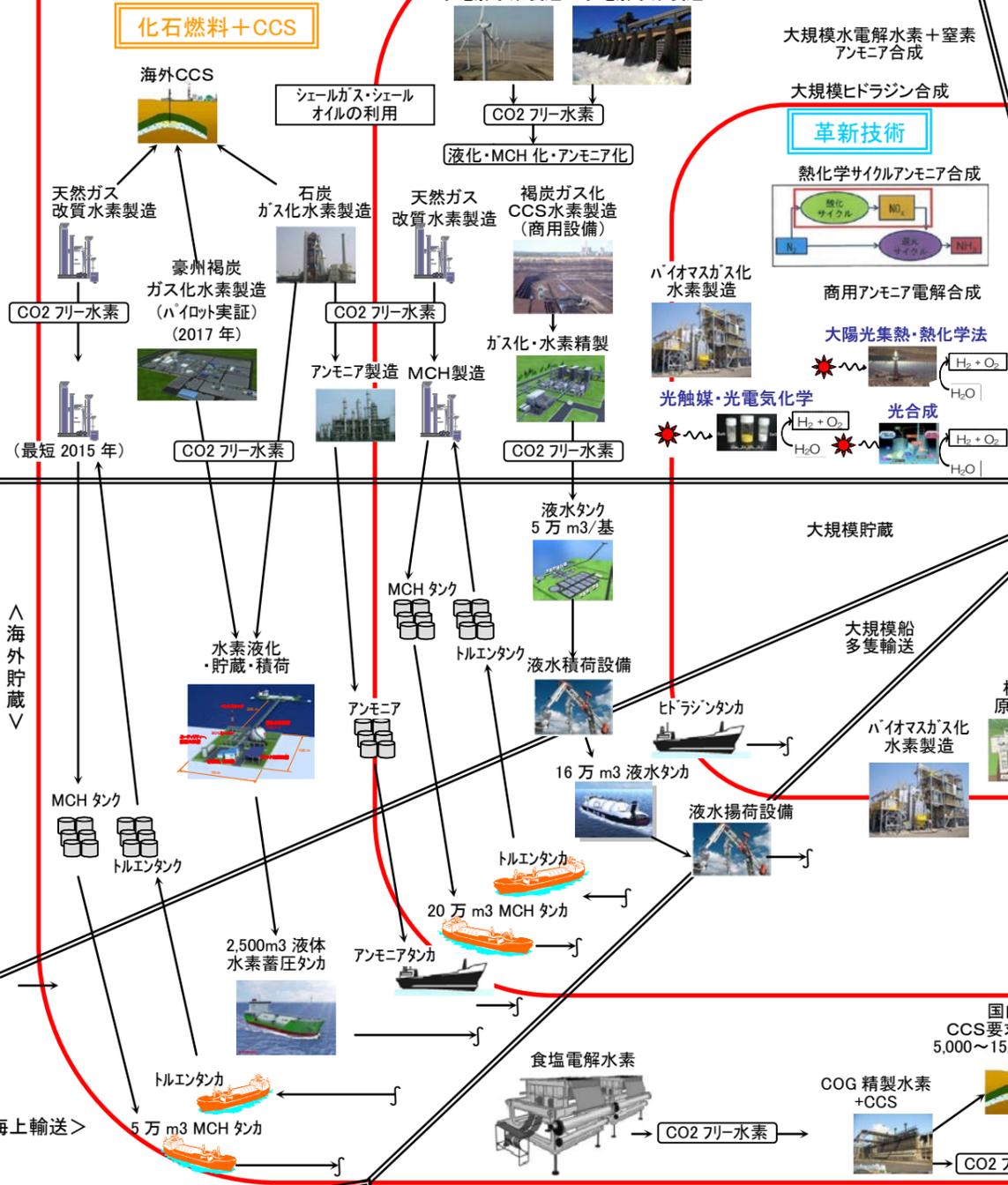
<2020年>
 輸送用 CO2フリー水素許容コスト= 100 円/Nm3
 輸送用以外 CO2フリー水素許容コスト= 45 円/Nm3
 輸送用 CO2フリー水素需要量= 2 億Nm3/年
 輸送用以外 CO2フリー水素需要量= ? 億Nm3/年

<2030年>
 輸送用 CO2フリー水素許容コスト= 90 円/Nm3
 輸送用以外 CO2フリー水素許容コスト= 45 円/Nm3
 輸送用 CO2フリー水素需要量= 32 億Nm3/年
 輸送用以外 CO2フリー水素需要量= ? 億Nm3/年

<2050年>
 輸送用 CO2フリー水素許容コスト= 80 円/Nm3
 輸送用以外 CO2フリー水素許容コスト= 45 円/Nm3
 輸送用 CO2フリー水素需要量= 400 億Nm3/年
 輸送用以外 CO2フリー水素需要量= 1,770 億Nm3/年

2050年における水素需要量(最大意見)の内訳

運輸	400
大規模発電(輸入)	1,100
ガスエンジン	500
製油所HPU(輸入)	100
直接燃焼	50
ガスタービン	10
船舶	10
家庭・業務用純水素燃料電池	1
合計	2,171



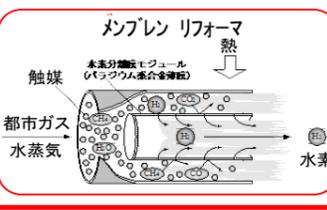
2020年頃における日本港着の輸入CO2フリー水素コスト(製造事業者のFS)= 30 円/Nm3 以下

<国内製造>

<国内貯蔵>

現状の国内水素製造設備余力= 約 180 億 Nm3/年

国内CCS 要求コスト(最高) 5,000~15,000 円/t-CO2

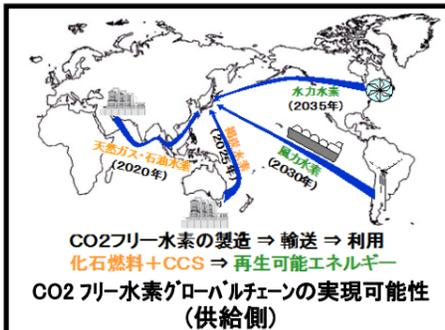


『CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会』
水素エネルギー社会の絵姿 Low H2 シナリオ(2次案)
(意見調査結果に基づく最遅技術導入、最少水素利用ケース)

【詳細版】

赤字の導入年は High H2 ケースと異なることを示す。
High H2 シナリオに比べて、特に2020年におけるCO2フリー水素の<国内利用>が極端に少なく、2030年・2050年にシフトする。
<海外製造><海上輸送><国内製造>の事業可能性は High H2 シナリオと変わらない。
国内パイプライン輸送は未実施で、スマートコミュニティも実現されていない。

資料4. 4-2
2013.3
IAE



CO2フリー水素のグローバルチェーンは、水素需要量が国内製造設備余力を超える場合、CO2制約に対して国内でCCSが出来ない場合、あるいはCO2フリー水素が非常に安価に供給できる、等の場合に実現される。

＜共通基盤研究＞
・安価な極低温&高圧水素材料開発

＜安全・規制緩和＞
・IGCコード対応
・水素事業法

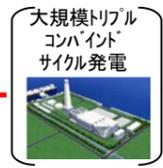
＜社会受容性＞
・推進協議会
・啓発・教育活動
・実証試験

＜国内利用＞

＜2020年＞
運輸用 CO2フリー水素許容コスト= 80 円/Nm3
運輸用以外 CO2フリー水素許容コスト= 25 円/Nm3
運輸用 CO2フリー水素需要量= 1.6 億 Nm3/年
運輸用以外 CO2フリー水素需要量=? 億 Nm3/年

＜2030年＞
運輸用 CO2フリー水素許容コスト= 60 円/Nm3
運輸用以外 CO2フリー水素許容コスト= 25 円/Nm3
運輸用 CO2フリー水素需要量= 20 億 Nm3/年
運輸用以外 CO2フリー水素需要量=? 億 Nm3/年

＜2050年＞
運輸用 CO2フリー水素許容コスト= 40 円/Nm3
運輸用以外 CO2フリー水素許容コスト= 25 円/Nm3
運輸用 CO2フリー水素需要量= 155 億 Nm3/年
運輸用以外 CO2フリー水素需要量= 127 億 Nm3/年

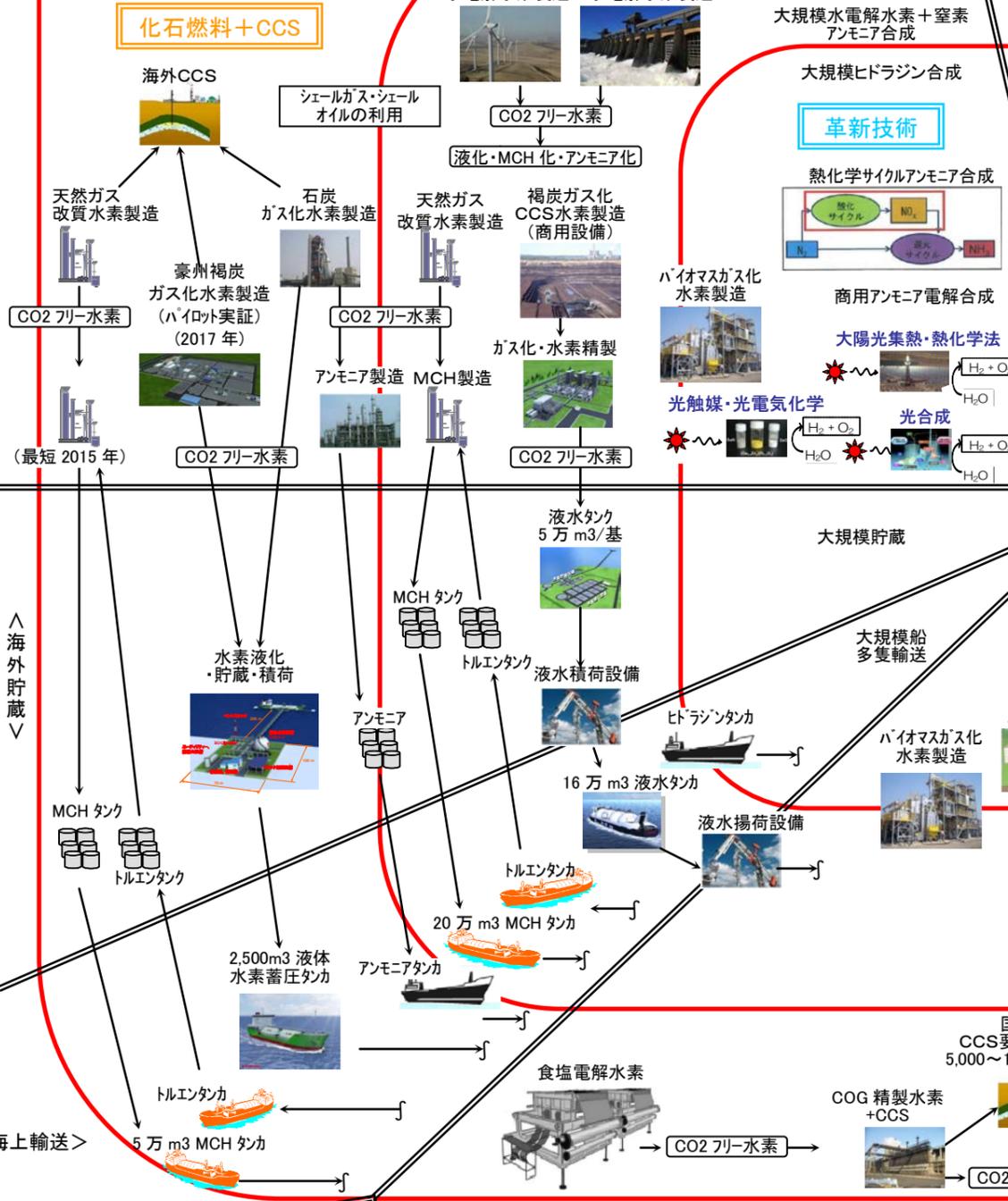


導入初期は国内製造水素(CCSなし)による小規模分散型発電

2025年FCV200万台での水素需要量 = 約 24 億 Nm3/年

2050年における水素需要量(最小意見)の内訳

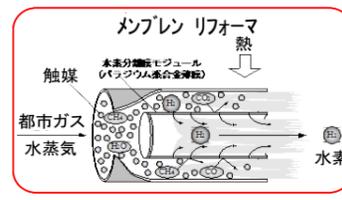
運輸	155
大規模発電(輸入)	56
ガスエンジン	20
製油所HPU(輸入)	20
直接燃焼	30
ガスタービン	1
製鉄	
家庭・業務用純水素燃料電池	
総計	282



2020年頃における日本港着の輸入CO2フリー水素コスト(製造事業者のFS)= 30 円/Nm3 以下

＜国内製造＞

＜国内貯蔵＞



現状の国内水素製造設備余力= 約 180 億 Nm3/年

- 1 目的：
CO2フリー水素チェーン実現の共通のボトルネックを特定し、解決に繋がるアクションをとる。

- 2 展開計画：
STEP I、STEP IIの2段階で展開する

- 3 共通のボトルネック
- 1) 需要開拓 : STEP I で実施する (アクション1)
 - 2) 社会受容性 : STEP I で実施する (アクション2)
 - 3) 体制・政策 : STEP II で実施する (アクション3)

- 3-1 アクション1：
需要開拓 (STEP I)
- 1) 利用機器 (FCV以外) の技術課題の明確化&解決のロードマップ作成
 - 2) 利用水素 (FCV以外) の許容価格設定と達成のロードマップ作成
 - 3) エネルギー事業者向け資料の作成 (FSを含む)

- 1) CO2フリー水素導入のメリットをまとめる (多面的評価 <STEP I : 総括評価>、等)

- 2) 広報活動の実施

- 3) 社会実証の全体構想立案 (個別展開はSTEP II で行う)

- 3-2 : アクション2
社会受容性 (STEP I)

- ・要素技術実証
- ・部分システム実証 (小規模分散実証)
- ・全体システム実証 (チェーン実証・社会実証)

- 1) CO2フリー水素推進協議会を設立する

- (1) 目的：

主として民間企業と政府・団体の調整を行う。

- (2) 活動内容

- ① 実証計画が実行に移行するための支援 (対民間企業)

・実証計画用基礎資料の作成 (多面的評価 <STEP II : 個別チェーンの評価>、等)

・コンソーシアム形成 (参加合意) の側面支援

- ② 事業化が円滑に進むための支援 (対政府・団体)

COCN (例) 等政策提言団体経由で下記提言をする。

・体制整備提言 : (例) METI内に「CO2フリー水素室」を新設

・法整備提言 : (例) 高圧ガス保安法 → 水素事業法

- 3-3 アクション3：
体制・政策 (STEP II)

アクションプラン
(実施要領：素案)

CO2フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会
CO2フリー水素の多面的評価(実施要領:素案)

2013.4.2
IAE

1 評価手順

2段階で評価する

STEP I : 総括評価(CO2フリー水素導入の効果を多面的に評価する)

STEP II : 個別チェーンの評価

2 STEP I

総括評価を行う

(CO2フリー水素導入の効果を多面的に評価する)

1) 評価要素

- ・供給安定性
- ・価格安定性
- ・国富流出防止
- ・社会受容性
- ・安全性
- ・環境性(CO2排出)

注記: 水素のエンドユーザーへの供給価格は、現在検討されているが、場所等を特定しないと推定が困難であるため、ここでは示さない。

2) 比較対象:

(1) 考え方

二次エネルギー同士の比較を行う

(2) 比較対象電力

- ・電力
- ・CO2フリーでない水素
- ・都市ガス
- ・石油製品

<IAEの代案>

輸入水素を擬一次エネルギー

一次エネルギーと比較する。

比較対象は以下の通り。

- ・石油
- ・石炭
- ・LNG

3 STEP II

個別チェーンの評価を行う

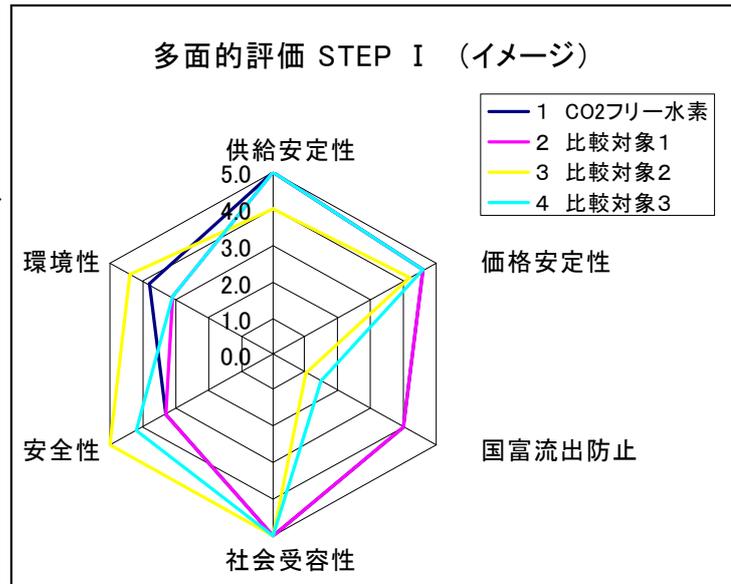
但し、チェーンの優劣をするのではなく、各チェーンの貢献性と多様なチェーンの必要性を強調する。

1) 評価要素

- ・供給安定性
- ・価格安定性
- ・国富流出防止
- ・社会受容性
- ・安全性
- ・環境性(CO2排出)
- ・国際競争力(革新性)
- ・成長性(新産業育成)
- ・技術成熟度

2) 比較対象(例):

- ・中東天然ガス有機HDチェーン
- ・豪州褐炭液体水素チェーン
- ・パタゴニア風力水素チェーン
- ・太陽光光触媒水分解水素チェーン



AP研究会成果物の公開について

1 意見調査結果

- ・ 統計処理したデータ(資料4. 1-2、 4. 2-1、 4. 2-2)を今後の発表で活用する予定であり、これについては回答者全員に承諾を得ている。
- ・ それ以外の調査結果は、原則公開しない。

2 AP 研究会の成果報告書。

- ・ 3月末～4月上旬に2012年度の成果報告書を作成し、PDFとしてメンバー&オブザーバー各位に送付する予定であり、社内外で有効活用していただきたい。
- ・ 意見調査回答者には、4月中旬以降、印刷物を持参して、活動概要を説明する予定。

3 公開実績・今後の予定

1)国際発表:検討中

- ①EFCF 2013(構想研究:ポスター)(2013.7.2～5 @スイス)
- ②WHEC 2014(構想研究)(2014.6.15～20 @韓国)

2)国際発表:実施済み

- ①WHEC 2012(シミュレーション:ポスター)(2012.6.4～7 @カナダ)
- ②IEA HIA Task 30(構想研究:口頭)(2012.10 @オスロ by 東ガス 安田委員)

3)国内発表:検討中または決定

- ①エネルギー・資源学会(シミュレーション)(2013.6:検討中)
- ②日本エネルギー学会(シミュレーション)(2013.8:検討中)

4)国内発表:実施済み

- ①HESS 大会(シミュレーション:口頭)(2011.12.1 @東京)
- ②IAE 月例研究会(構想研究:口頭)(2012.7.27 @東京)
- ③HESS 特別講演会(構想研究:口頭)(2012.10.1 @東京)
- ④IEA HIA Task 28(構想研究:口頭)(2012.10.1 @東京)
- ⑤HESS 大会(シミュレーション:口頭)(2012.12.7 @広島)
- ⑥FC EXPO 2013(構想研究:口頭&ポスター)(2013.2.27～3.1 @東京)

5)国内寄稿:検討中 or 決定

- ①IAE 季報(構想研究)(2013年4月号:決定)

6)国内寄稿:実施済み

- ①日本原子力学会誌解説(シミュレーション)(2012.2)

Perspective of CO₂-free Hydrogen Global Supply Chain

October 1, 2012

The Institute of Applied Energy (IAE)
Action Plan Study Group
Secretariat, Masaharu Sasakura



The Institute of Applied Energy



Copyright; 2012 IAE. All rights reserved.

Table of contents

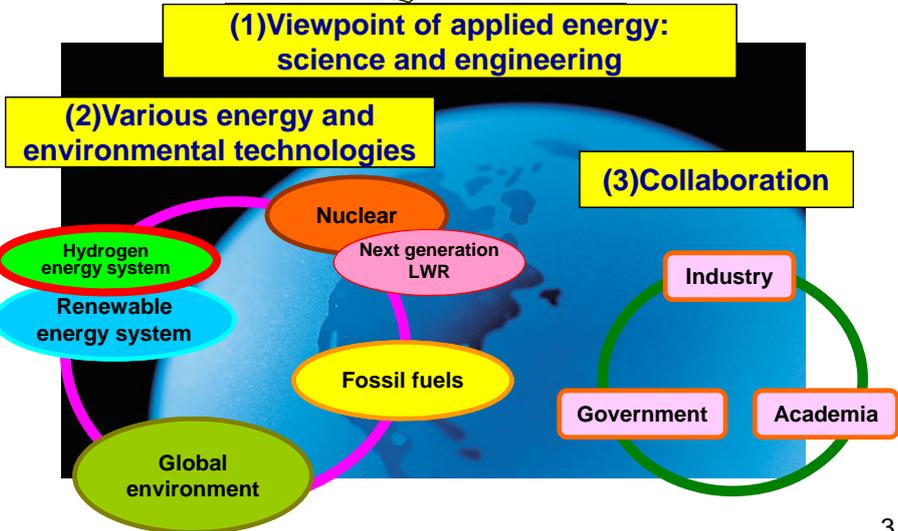
- 1 Profiles of IAE & Hydrogen Group
- 2 Overall Schedule of the Voluntary Study Groups
- 3 Concept Study Group
- 4 Action Plan Study Group
- 5 Chiyoda's Hydrogen Energy Supply Chain
- 6 KHI's CO₂-free Hydrogen Energy Supply Chain

1 Profile of The Institute of Applied Energy

- **Nonprofit corporation, operated under the General Policy Planning Division of the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan**
- **Foundation: April 1st, 1978**
- **Basic assets: approx. 6 million USD**
- **Scale of op.: approx. 33 million USD (as of FY2008)**
- **Office: Tokyo, Japan**
- **Employees: 70 (inc. board members)**
- **Supporting company: 82**
- **Home page: <http://www.iae.or.jp>**

Mission
To contribute to solving issues on energy development, supply and use from technological standpoints

Activity
Since 1978, IAE has conducted research and development in collaboration with the industry, the academia and the government as a leading Think Tank specialized in energy technology

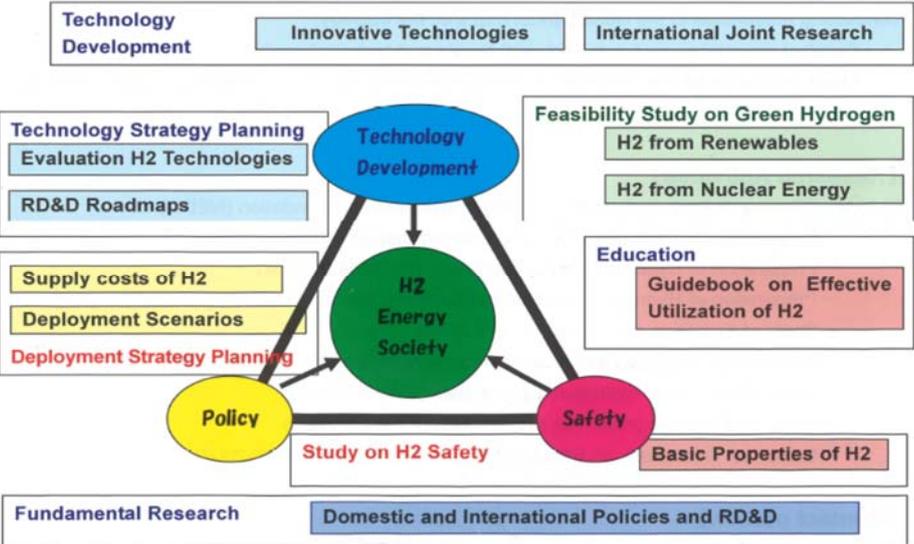


Profile of the Hydrogen Group

- **Grouping**
Started as the WE-NET Center in 1994 in line with the launch of the National "WE-NET Project"
- **Current members: 6**

Mission
To contribute to suppressing global warming by realizing global **green H2** energy system (using Renewable Energy) through **clean H2** energy system (using Fossil Fuel with CCS)

Activity
Since 1994, H2 Group has conducted entrusted H2 related Strategy Planning, R&D, Feasibility Study Education, etc as a leading Think Tank specialized in H2 technology.



2 Overall Schedule of the Voluntary Study Groups

	FY2010	FY2011				FY2012		
Concept Study 1) Fostering of Common Understanding 2) Planning of Chain Concept 3) Proposing for New Basic Energy Plan	▼ (#1: Mar.) Energy & Env. Issues (IPCC doc.)	▼ (#2: July) Low-C Society's Contribution (IEA doc.)	▼ (#3: Oct.) CO2-free H2's Contribution (Simulation)	▼ (#4: Feb.)				
			Potential chains • Listing • Tech. progress evaluation & prospects					
			Proposals reflecting 3.11 disaster to the Government reviewing the current Basic Energy Plan.					
Action Plan Study 1) Demand Survey 2) Simulation (Case studies) 3) Visual Vision, Scenarios 4) Road Map, Action Plan 5) Many-sided Evaluations					▼ (#1: June) ① Total Sch. ② Objective ③ Simulation ④ Topics • ETP2012 • NH3	▼ (#2: Nov.) ① To discuss drafts of Item 1)~4) ② To discuss FS reports by KHI & Chiyoda		

3 Concept Study Group <Background to the Setup>

Government's Trend

1 The Basic Energy Plan (decided in 2010)

1) Targets (@2030)

- (1) Self-sufficiency ratio : 40 %
- (2) Independent energy ratio : 70 %
- (3) Zero-emission power ratio : 70 %

2) Realization of H2 Society

- (1) Vision goals ⇒ Now: Fossil H2, By-product H2
 Future: Fossil with CCS H2
 Ultimately: Non-fossil H2

- (2) Concrete Efforts ⇒ Public-Private partnerships

- 2 CO2 reduction : ▲25% @2020 (from 1990 levels)
 : ▲80% @2050 (ditto)

Associations' Trend

1 HySUT (The Research Association of Hydrogen Supply/Utilization Technology) est. in July 2009

- H2 Highway PJ (under market demonstration)
- H2 Town PJ (under market demonstration)

2 FCCJ (Fuel Cell Commercialization Promotion Council)

- Commercialization Scenario for FCEV & H2 ST (announced in March 2010) :
 1000 H2 STs & 2 million FCEVs at 2025

Private Firms' Trend : Very Active

- KHI: Liquefied H2 based global supply chains
- Chiyoda: MCH based global supply chains

IAE H2 Group's Awareness of the Issues:

H2 suppliers are very active and their technologies seem to have been considerably progressed, but end-users' H2 demands other than FCEVs are not clear, and

① What concrete contributions with CO2-free H2?

② What possible chains?

③ What large demands other than FCEVs?

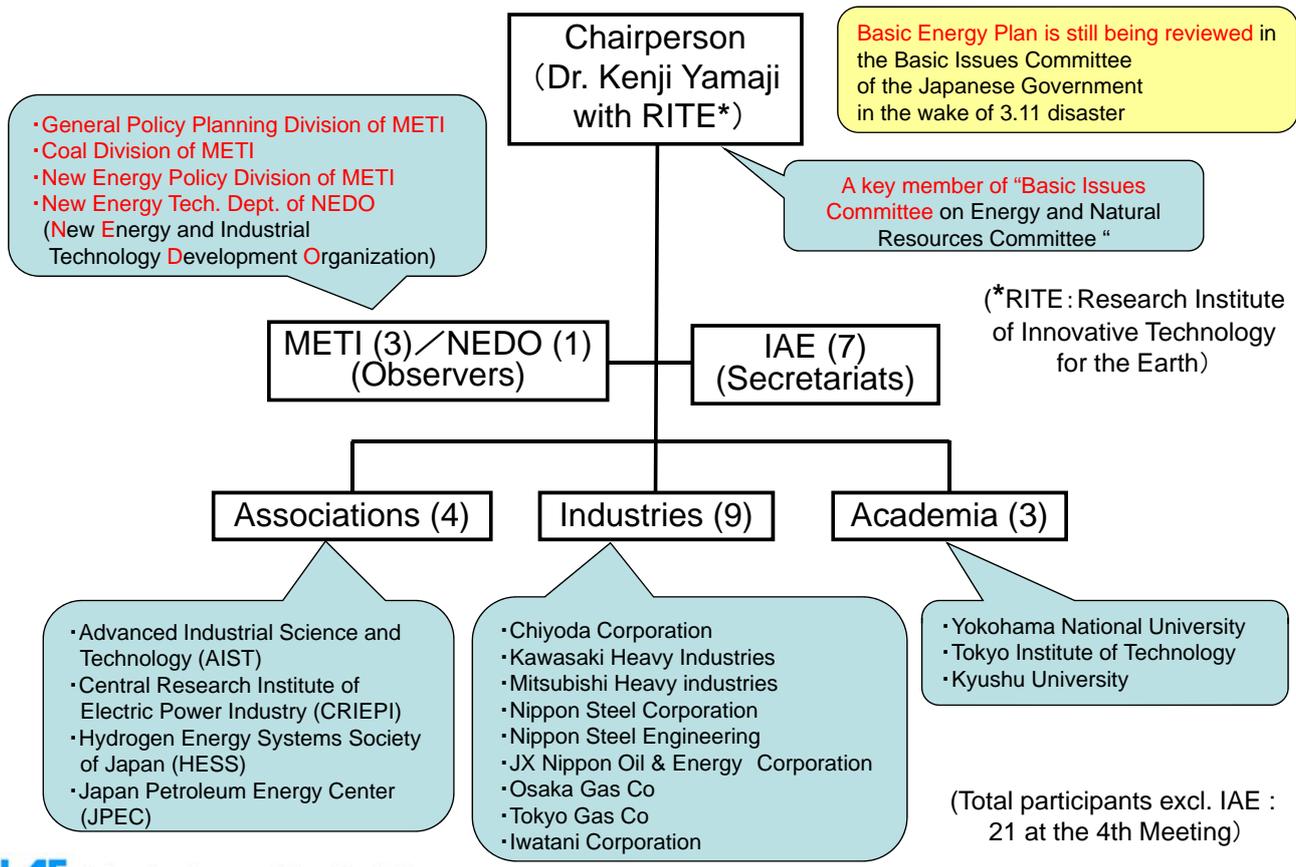


Now is the time to discuss and foster common understanding of the above issues



IAE organized the Concept Study Group and held #1 meeting in the morning of March 11, 2011.

<Organization of the Concept Study Group>



<Simulation Results of Zero-emission Electric Power Ratio>

《Comparison between domestic CCS Yes and No》

Results based on IAE's GRAPE Model

GRAPE stands for Global Relationship Assessment to Protect the Environment

Input conditions:

- **Nuclear Power Plants** : Phasing out in 40 years : no new installations & no expansions
- **CO2 reduction** = ▲15% @2020 (from 1990 levels)
▲80% @2050 (ditto)
- **H2 cost** ≙ 50 yen/Nm3 = US\$ 7/kg-H2 @CIF (yen 80/US\$)
(Note: US\$ 4 & less /kg-H2 @CIF is said to be possible by makers)

	(Japanese Government's Current targets)	(Calc. results) (unit: %)					
		<Domestic CCS : Yes>			<Domestic CCS : No>		
	@2030	@2030	@2035	@2040	@2030	@2035	@2040
Fossil with CCS	(-)	12.3	22.8	27.2	0	0	0
Renewables	(ca.20)	32.9	40.8	45.3	28.2	36.2	40.6
Nuclear	(ca.50)	19.4	13.2	7.0	19.4	13.2	7.0
Hydroge	(-)	1.6	2.7	8.4	2.8	10.3	22.7
Zero-emissions	(ca.70)	66.2	79.5	87.9	50.4	59.7	70.3

For Japan, potential options are either **execution of domestic CCS** or **import of CO2-free H2** in order to keep both the CO2 reduction targets and zero-emission electric power ratio under these input conditions.

<List of CO2-free H2 Chains (part)>

(A: Conventional)
(B: Non-conventional)

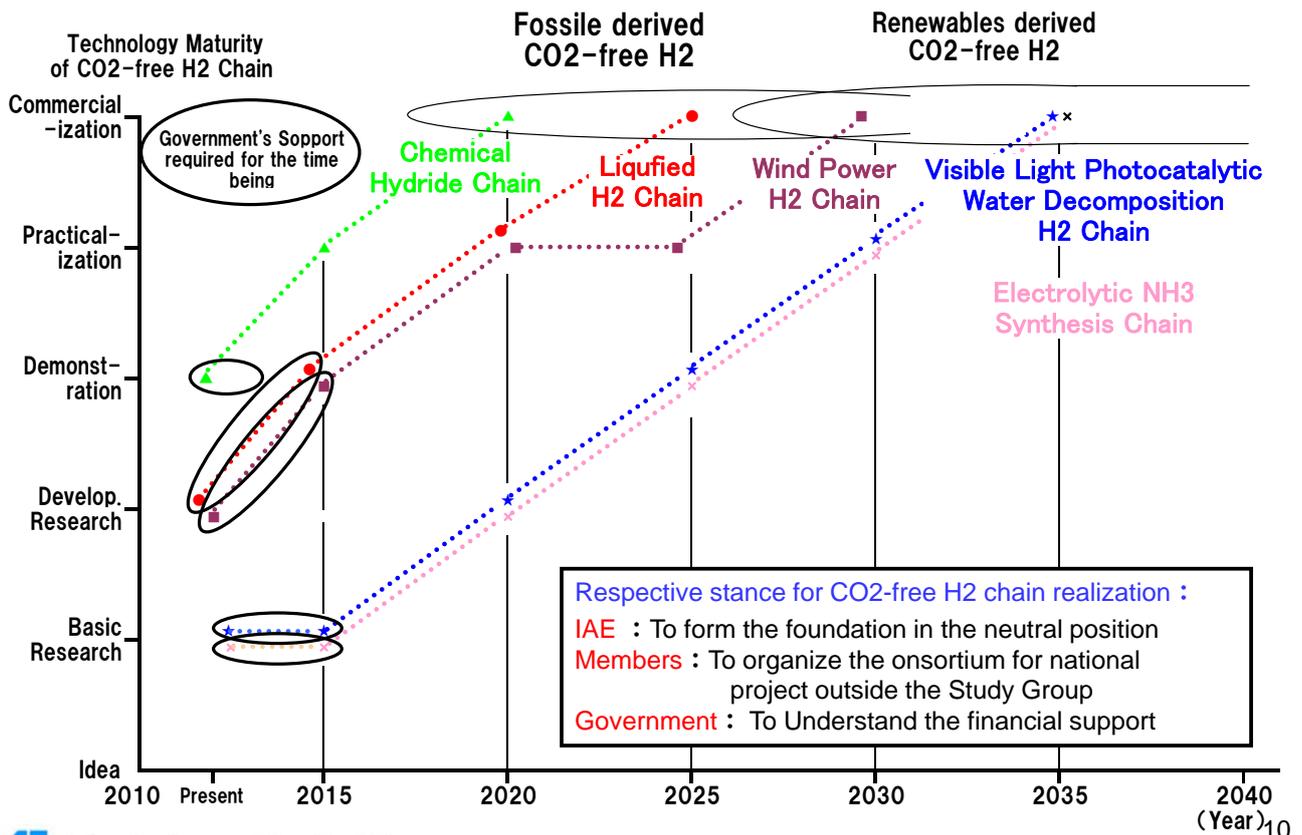
<Upstreams> → ←<Downstreams>

Pass	Overseas		Ocean transport ation	Domestic	End Users
	Resources	Process		Process	
1A & B	Petroleum		Petroleum	Refining·CCS·H2 (via LPG·Naphtha, via Heavy oil)	①H2 Stations /FCVs
2	Coal		Coal	Gasification·CCS·H2	②Household Fuel Cells
7		CCS·H2·Liq.	Liq. H2	Vaporization	③Business Fuel Cells
10		CCS·H2·MCH	MCH	Dehydrogenation	
13		CCS·NH3	NH3	Decomposition	
3A & B	Natural Gas	CCS·LNG	LNG	Vaporization·CCS·H2	④Gas Turbine CHPs
8A & B		CCS·H2·MCH	Liq. H2	Vaporization	⑤Gas Engine CHPs
11A & B		CCS·H2·MCH	MCH	Dehydrogenation	
14A & B		CCS·NH3	NH3	Decomposition	
22	RE (Power Generation)	Power gen.·Electrolysis·Liq.	Liq. H2	Vaporization	⑥H2 Power Gen. Plants (Air combustion)
23	(Wind·Solar Heat·Photo-	Power gen.·Electrolysis·MCH	MCH	Dehydrogenation	
24	voltaic·Hydraulic·etc)	Power gen.·Photo-electro. syn NH3	NH3	Decomposition	⑦H2 Power Gen. Plants (O2 combustion)
25	Photovoltaic (Direct Utilization)	Visible light Photocatalitic H2·Liq.	Liq. H2	Vaporization	
26		Visible light Photocatalitic H2·MCH	MCH	Dehydrogenation	
27		Visible light Photocatalitic H2·NH3	NH3	Decomposition	

Note) Toluene + H2 ⇌ Methylcyclohexane(MCH)

9

<Expected Technology Progress of CO2-free H2 Chains>



<Proposals for New Basic Energy Plan>

(in the wake of 3.11 Disaster)

⇒ received as a person's proposals

《Proposal 1 :

Wordings would like to be added to the current ones》

- ① CO2-free H2 global networks to be formed
- ② CO2-free H2 global networks derived from fossil fuels with CCS to be formed firstly, and smoothly be shifted to ones derived from renewable energy.

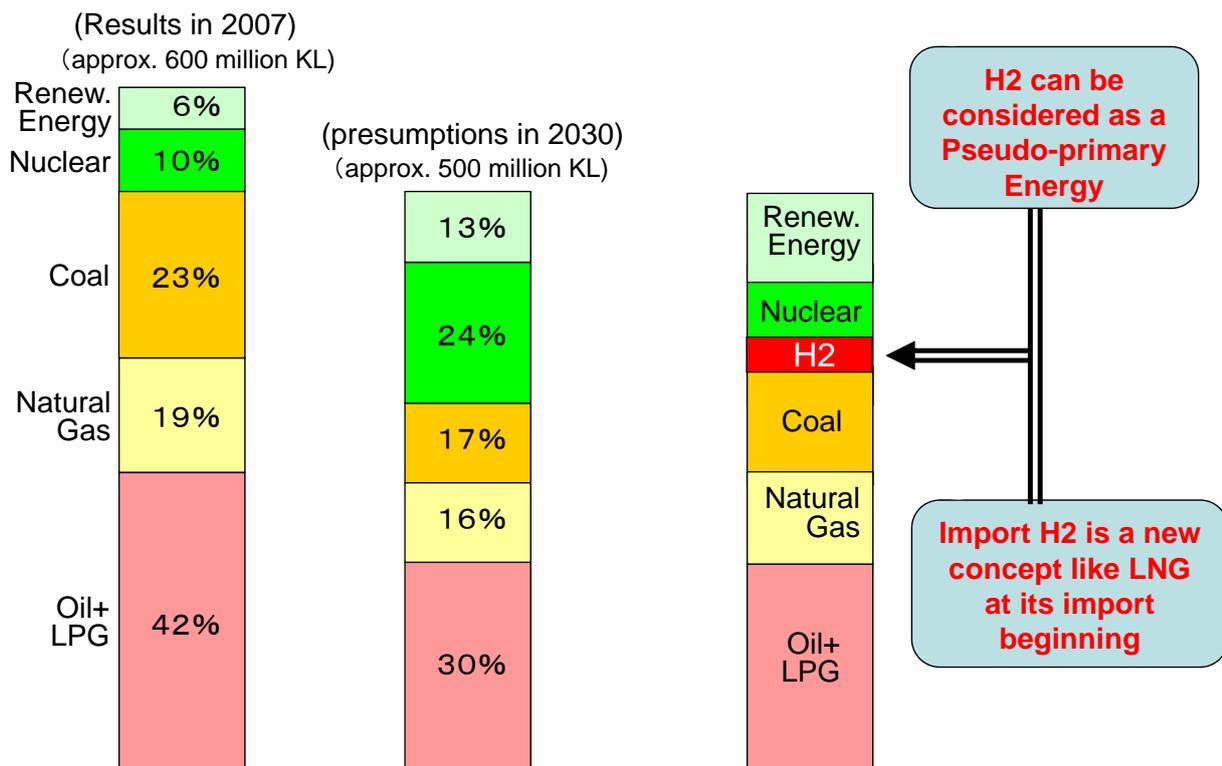
Current Basic Energy Plan

Current wordings are focused on domestic supply networks in the article of 4. 2 Realization of H2 Society

- (1) Vision goals ⇒ Now: Fossil H2、By-product H2
 Future: Fossil with CCS H2
 Ultimately: Non-fossil H2

《Proposal 2 : H2 would like to be added in the Primary Energy Constitution 》

Current Basic Energy Plan (primary energy)



<Summary & Issues of the Concept Study Group>

《Summary》

- ① CO₂-free H₂ is an potential option contributing to solving energy and environmental issues
- ② Versatility is very important, so, multiple CO₂-free H₂ chains need to be realized.
- ③ CO₂-free H₂ chains can be realized under the collaboration of Industry , Academia and Government.

《 Issues》

- ① Survey on end-users' H₂ demand
- ② Simulation of H₂ demand (case studies)
- ③ Drawing visual vision and scenarios for H₂ energy society realization
- ④ Road mapping and action planning
- ⑤ Many-sided evaluations of CO₂-free H₂ chains (cost/supply stability, competitiveness, innovation, etc.)

4 Action Plan Study Group

<Schedule>

Targets		Schedule of the AP Study Group		
		#1 (2012.6.28)	#2 (2012.11.1 fixed)	#3 (2013.2 planned)
①	Survey on end-users' H ₂ demands (questionnaire)	Method discussion	Status reporting	Completion
②	Simulation of H ₂ demands (case studies)	Case studies: 【Domestic CCS: Yes/No】× 【CO ₂ restriction: mild/severe】	Case Studies	Completion
③	Visual Vision for H ₂ Society	Method discussion	Ideas & discussion	Drafting
	Scenarios	Method discussion	Ideas & discussion	Drafting
④	Road Mapping		Method discussion	Drafting
	Action Planning		Method discussion	Drafting
⑤	Many-sided Evaluations		Method discussion	Drafting

<Results of simulation case studies on H2 demands>

(@ #1 AP Study Group meeting)

H2 Demand @2050

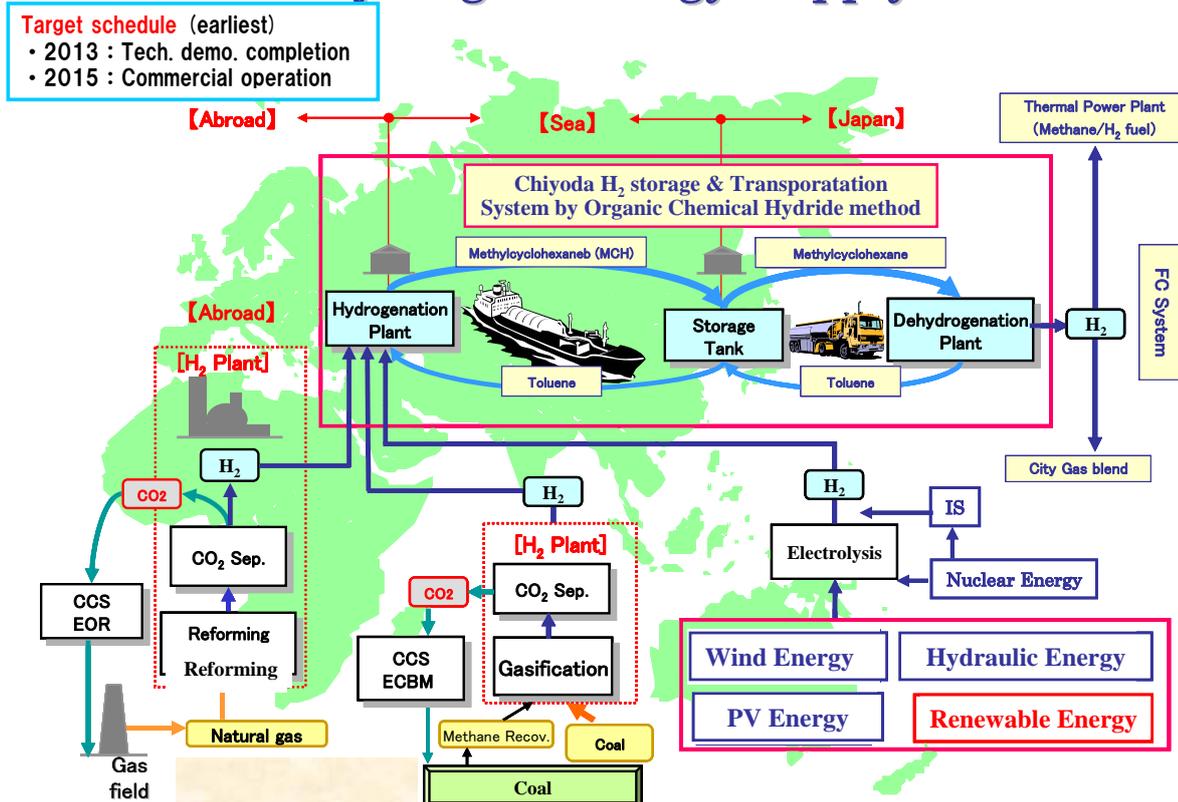
(unit: billion Nm³/y)

H2 cost ≐ 50 Yen/Nm ³ @CIF ≐ US\$ 7/kg @CIF (80 yen/US\$)		Domestic CCS		
		Yes	No	
CO2 restriction	Mild (*RCP4.5)	Power Generation	0	No calc.
		Stationary	8	
		Transportation	0	
		Total	8	
	Severe (Gov. current commitment)	Power Generation	0	170
		Stationary	93	90
		Transportation	67	80
		Total	160	340

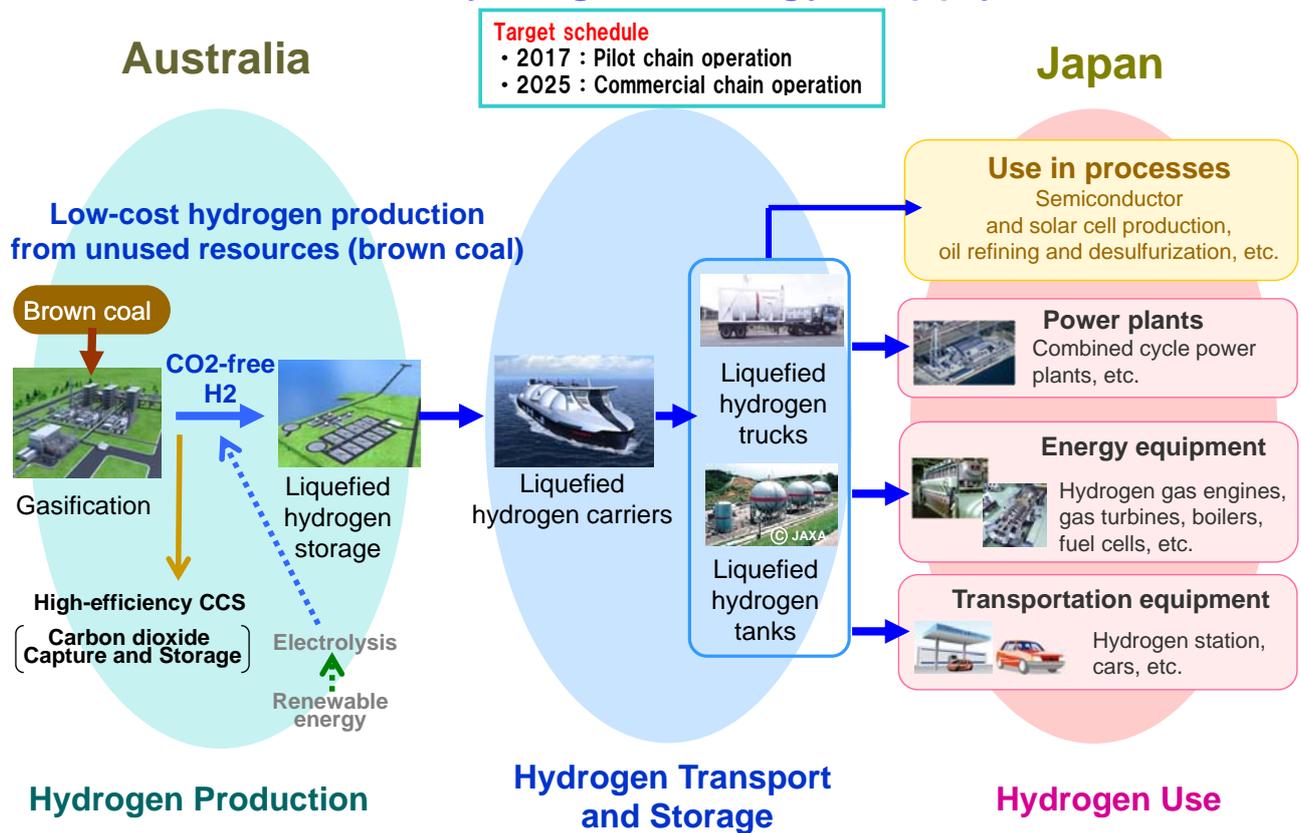
*RCP4.5 (Representative Concentration Pathway 4.5) is a scenario that stabilizes radiative forcing at 4.5 Watts per meter squared in the year 2100 without ever exceeding that value.



5 Hydrogen Energy Supply Chain



6 KHI's CO2-free Hydrogen Energy Supply Chain



(For reference)

Electric Power Constitutions in 2030 shown by the Japanese Government

(not yet committed)

	Nuclear Power Generation	Renewable Energy	Fossil Fuel Power Generation	Combined Heat & Power	Energy savings (Electricity savings)	Energy-related CO2 emissions (Electric power-related CO2 emissions) [from 1990 levels]
Option (1)	0%	ca.35%	ca.50%	ca.15%	【From FY 2010 levels】 Energy savings: ca.20% (Electricity savings: ▲ca.10%) → ca.1trillion yen	▲16% (+5%)
Option (2)	ca.15%	ca.30%	ca.40%	ca.15%		▲20% (▲8%)
Option (3)	ca.20%~ca.25%	ca.25%~ca.30%	ca.35%	ca.15%		▲23% (▲15%)
Reference Scenario	ca.35%	約25%	ca.25%	ca.15%		▲28% (▲33%)
Current Plan (decided in FY 2010)	45%	20%	27%	8%	—	▲31% (▲27%)
Results in FY 2010	26%	11%	60%	3%	—	+6% (+25%)

**Thank you very much
for your attention!**

**The Institute of Applied Energy (IAE)
Action Plan Study Group
Secretariat, Masaharu Sasakura**



The Institute of Applied Energy



『CO₂フリー水素チェーン 実現に向けた構想研究』 ～弊社主催の自主研究会の活動概要～

平成25年2月27日

(財)エネルギー総合工学研究所 (IAE)
AP研究会 (略称) 事務局 笹倉



Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1

発表内容

- 1 全体スケジュール
- 2 構想研究会 <2010年度後半～2011年度
>
 - 1) 設立の背景・主旨
 - 2) 体制・メンバー
 - 3) 成果(一例)
 - 4) まとめと課題
- 3 最後に

2

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

1 全体スケジュール

	2010年度	2011年度		2012年度		
構想研究会 1) 共通認識の醸成 2) チェーン構想立案 3) エネ政策への反映提言	▼ (#1:3月) エネ・環境に関する課題 (IPCC資料)	▼ (#2:7月) 低炭素社会の貢献性 (IEA資料)	▼ (#3:10月)	▼ (#4:2月)	補足説明: 【CO2フリー水素】 ・化石燃料+CCS由来水素 ・再生可能エネ由来水素 【チェーン】 ・製造～利用までの一貫通貫工程 ・国際チェーン&国内チェーン	
			CO2フリー水素の貢献性 (GRAPE シミュレーション)			
			可能性のあるチェーンの ・リストアップ ・技術成熟度評価 & マッピング 新しいエネ基本計画に向けた意見募集窓口 (資源エネ庁総合政策課)に提言			
AP研究会 1) 需要調査 2) GRAPE推算 3) 絵姿・シナリオ 4) RM・AP 5) 多面的評価	IAEのスタンス ①民間等水素チェーン構想の実現の基盤を研究会で構築する。 (中立の立場で研究会を主導し、事業化の必要性を政府関係者に認識していただき、国プロ化され、実証で世界にインパクトを与える) ②Clean水素/Green水素エネルギー社会実現に向けた産学官連携の取り組みにおいて、 エネルギー総合工学のシンクタンクとして中心的役割を果たす。			▼ (#1:6月) 全体説明 論点議論 話題提供 ・ETP2012 ・アンモニア	▼ (#2:11月)	▼ (#3:2月)
				需要意見調査 ・水素社会の絵姿(素案) ・委員のFS報告 ・GRAPE推算 ・絵姿(1次案) ・RM・AP(素案) ・多面的評価(素案)		

3

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

2 構想研究会

1) 設立の背景・主旨

政府の動向 1 エネルギー基本計画 (2010年6月閣議決定) 1) 達成目標 (@2030) (1) エネ自給率 : 40% (2) 自主エネ比率 : 70% (3) ゼロエミ電源比率 : 70% 2) 水素エネ社会の実現 (1) 目指すべき姿 ⇒ 当面: 化石水素、副生水素 将来: 化石+CCS水素 最終: 非化石水素 (2) 具体的取組 ⇒ 官民一体 2 CO2削減公約 : ▲25% @2020 (1990年比) : ▲80% @2050 (同上)	団体の動向(例) 1 HySUT(水素供給・利用技術研究組合) 2009年7月設立 ・水素ハイウエーPJ(社会実証) ・水素タウンPJ(社会実証) 2 FCCJ(燃料電池実用化推進協議会) ・FCVと水素STの普及シナリオ(2010年3月発表)
民間の動向: 水素チェーンを積極的に展開中 ・千代田化工: 有機HDによるCO2フリー水素国際チェーン ・川崎重工: 液体水素によるCO2フリー水素国際チェーン	

IAE水素グループの問題意識:

水素エネルギー社会の実現に向け、いろんな取り組みがされている中で、CO2フリー水素の必要性を認識しつつ、

- ① CO2フリー水素が**具体的にどう貢献し得るのか?**
- ② CO2フリー水素**チェーンとしてどのようなものが考えられるか?**
- ③ 供給側の技術開発は着実に進んでいるが、**水素の大規模需要については、必ずしも見通しははっきりしていない。**

研究会設立の必要性:

- ・産学官の関係者が集まり、議論し、認識を共有する必要がある

設立&開催:

- ・第1回構想研究会(略称)を2011. 3. 11に開催

4

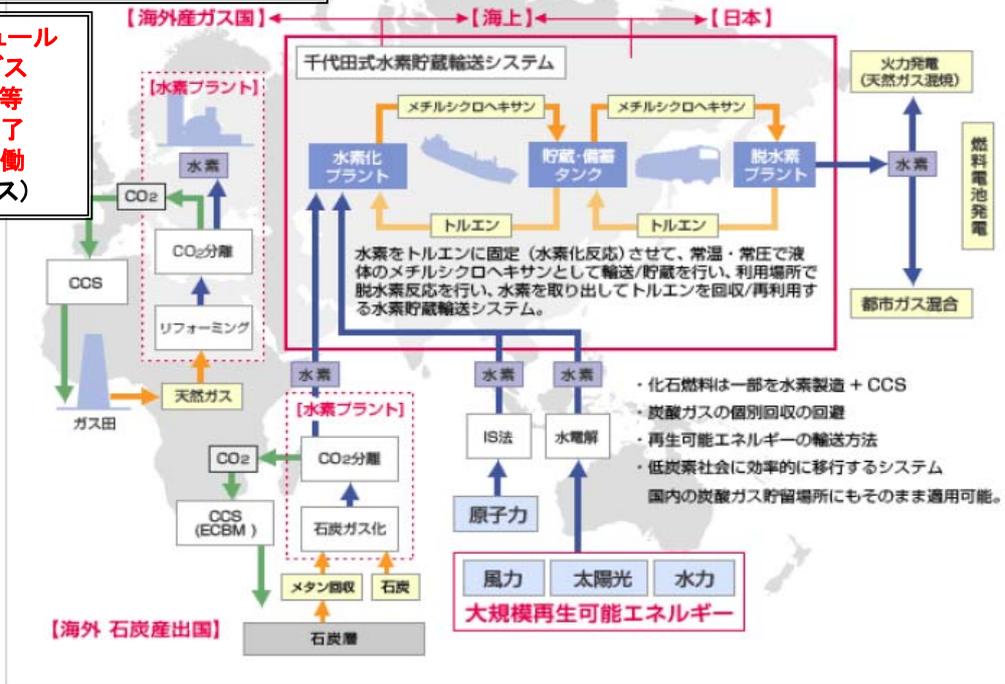
Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

<民間の動向①: 千代田化工>

**メチルシクロヘキサン(MCH)による
輸送・貯蔵に基づく
CO2フリー水素の国際ネットワーク展開**

水素サプライチェーン構想 (出典: 同社HP)

**事業化の目標スケジュール
対象資源: 中東天然ガス
随伴ガス、等
2013年: 技術実証完了
2015年: 商業設備稼働
(最短ケース)**

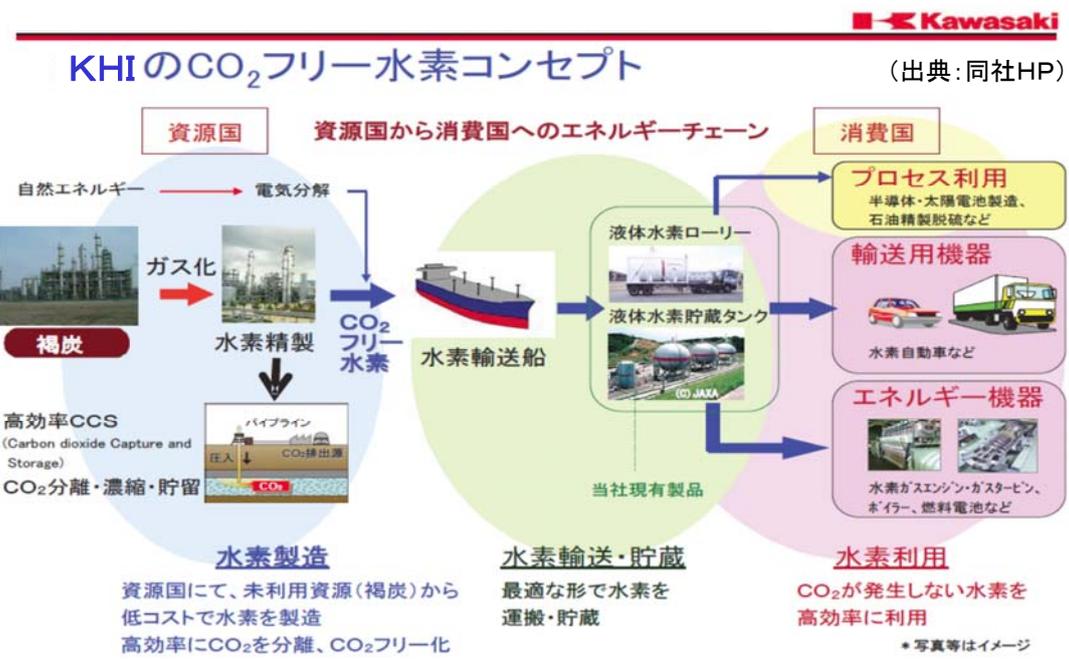


<民間の動向②: KHI>

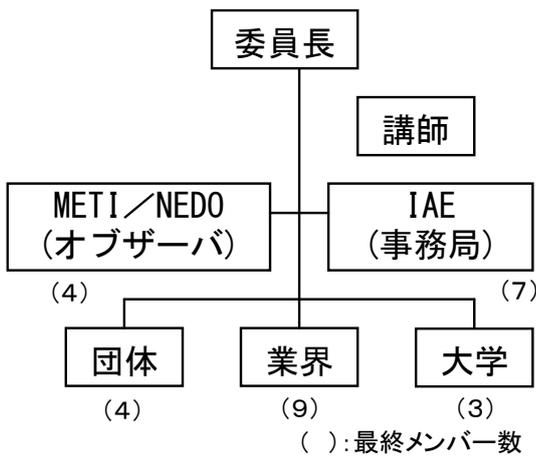
液体水素による輸送・貯蔵

2010年4月に長谷川社長が経営計画を発表され、資源国と消費国を水素で結ぶエネルギーチェーンを築きたいと述べられている。

**事業化の目標スケジュール
対象資源: 豪州褐炭、等
2017年: パイロットチェーンの運開
2025年: 商用チェーンの運開**



2) 構想研究会の体制・メンバー



〔注記: 講師講演は、時間的制約もあり、結局は実施せず。〕

(注記: 各位は所属の代表としてではなく、個人として出席)

体制	当初委員 追加委員(追) 交代委員(交) 代理委員(代)	所属
委員長	山地憲治	(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
委員	太田健一郎	横浜国立大学
	岡崎健	東京工業大学
	佐々木一成	九州大学
	長谷川裕夫	(独)産業技術総合研究所(AIST)
	浅野浩志	(一財)電力中央研究所
	菊池和廣	(一財)石油エネルギー技術センター(JPEC)
	堂免一成	(一社)水素エネルギー協会(HESS)
	岡田佳巳	千代田化工建設(株)
	小林由則	三菱重工業(株)
	斎藤健一郎	JX日鉱日石エネルギー(株)
	重定宏明	大阪ガス(株)
	実原幾雄	新日本製鐵(株)
	日比政昭(交)	
	東義	新日鉄エンジニアリング(株)
	後藤耕一郎(代)	
	宮崎淳	岩谷産業(株)
安田勇	東京ガス(株)	
吉村健二	川崎重工業(株)	
オブザーバー	資源エネルギー庁 総合政策課	
	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課	
	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課	
	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)	
	新エネルギー部 燃料電池・水素グループ	

【当初19名、最終21名】

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

3) 成果(一例)

1) 共通認識の醸成

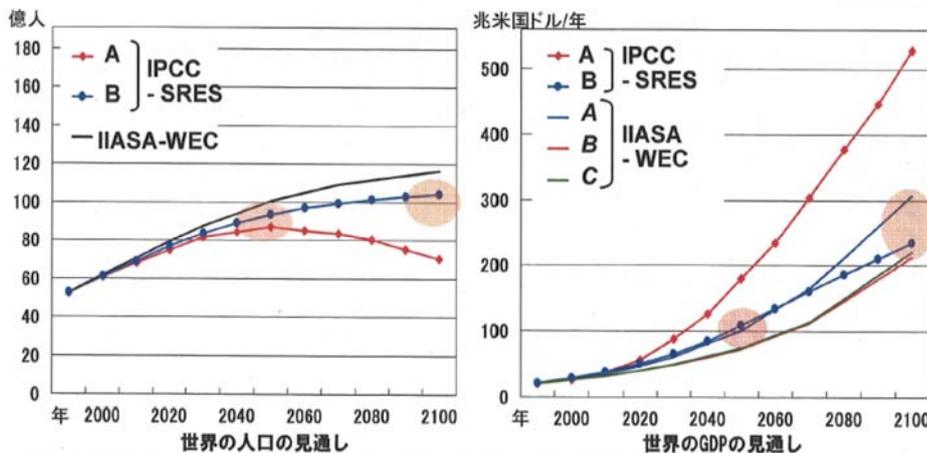
(1) エネルギー・環境に関する課題

世界の人口・経済は増大する

○ 世界の人口は増加し、経済(GDP)も成長し続けるものと見通される。

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル
IIASA: 国際応用システム解析研究所
SRES: 排出に関する特別報告

人口増加・経済成長に伴う
① エネルギーの安全保障
② 気候変動(CO2削減)対応



○ IPCCやIIASAの中位的見通しによれば、世界の経済成長は2050年に約3倍、2100年に約10倍になる。

【IPCC-SRES】 A: 高度経済成長が続き、新技術や高効率技術は早期導入が進む。地域格差が縮小するケース

B: 中層なケース

【IIASA-WEC】 A: 高成長ケース、 B: 中層ケース、 C: エコロジー投資ケース

(2) 低炭素社会実現による
課題解決への貢献
(共通認識の醸成)

IEA(世界エネルギー機関)のメッセージ:
ベースラインシナリオでは明らかに持続不可能
であり、**低炭素の未来がエネルギー安全保障と
経済発展を高める強力なツールでもある。**

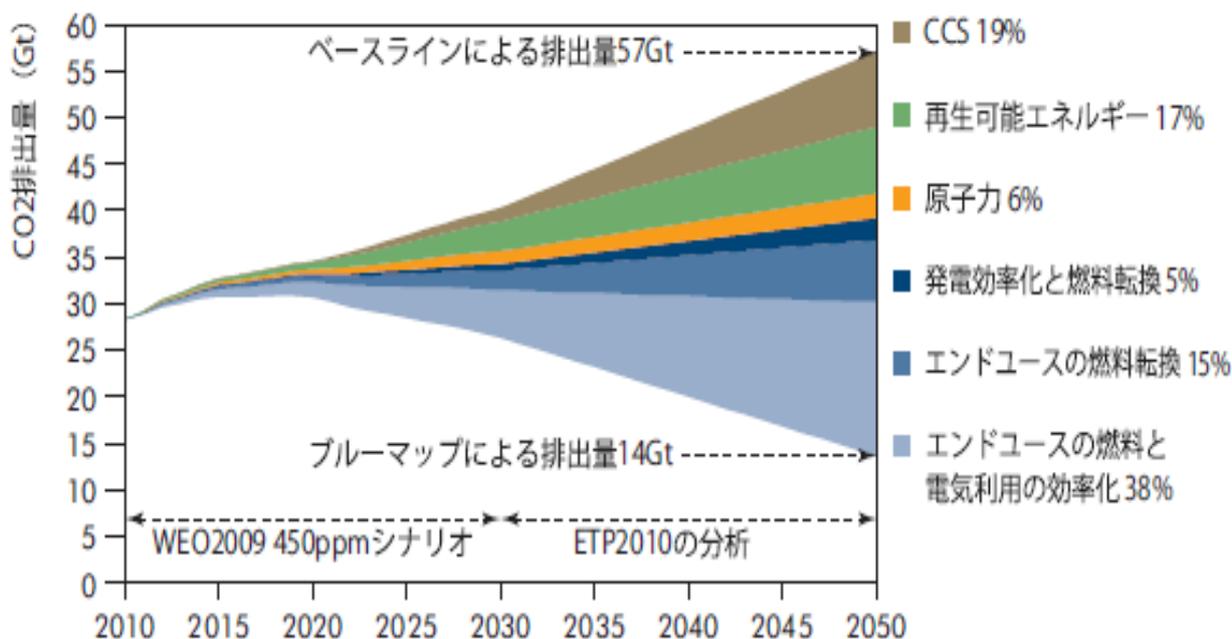
ベースラインシナリオおよびブルー・マップシナリオによる
エネルギーと排出の動向 : 2007年と2050年の比較
(出典: IEA's ETP 2010)(一部を要約)

	2008 現在 (出典: WEO 2010)	ベースライン シナリオ	ブルーマップ シナリオ
●エネルギー関連 CO2排出量	290 億トン	ほぼ倍増	50% 減少
●一次エネルギー 使用量	123 億 toe	84% 増加	32% 増加
●対発電、 化石燃料割合	68%	3分の2以上	28%
●輸送関連エネの 石油需要		90%	50%以下

ベースライン・シナリオ : 現行政策ベース

ブルーマップ・シナリオ : 2050 年迄に 2005 年比で CO2 を 50%削減

ブルーマップ・シナリオによるCO2
排出量削減のための主要な技術



(3) CO2フリー水素エネルギーシステムによる課題解決への貢献

(共通認識の醸成)

GRAPE(地球環境統合評価モデル)によるCO2フリー水素需要量の推算結果を活用

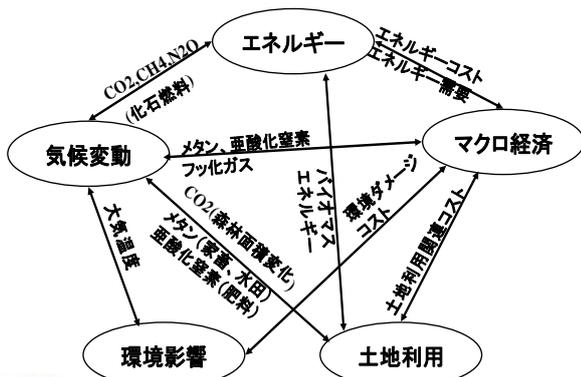
<GRAPEモデルの概要>

気候変動に関する各種持続可能シナリオの検討において

1. 当研究所が運用する地球環境統合評価モデル(GRAPE)を活用した解析を実施する。
2. 気候変動対策に関し、原子力、水素、CCSに着目した提言を行う。

- ①2050年または2100年までを対象に、低炭素エネルギーシステムの可能性を検討
- ②原子力の役割の評価 発電における原子力の役割検討、高速増殖炉の導入効果分析
- ③水素の役割の評価 水素導入シナリオと水素社会のイメージ検討
- ④CCSの役割の評価 日米クリーンコール研究協力の一環としてCCS付き合成燃料の導入可能性を評価

GRAPEの構造

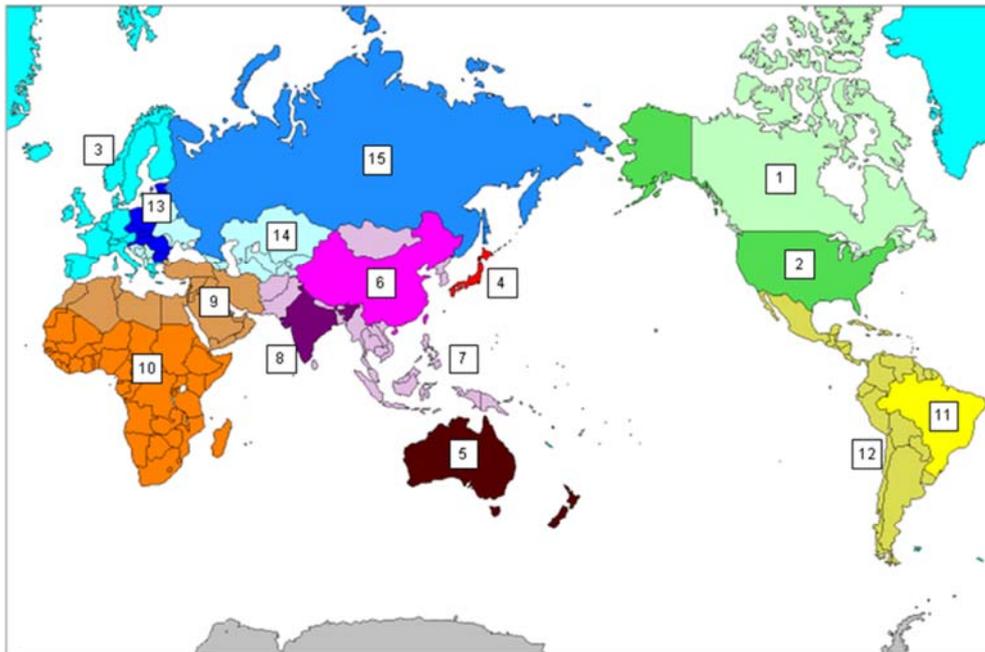


GRAPEを活用した実績の事例

1. IPCC第3次報告書 京都議定書の経済影響評価
同 第4次報告書 マルチガス削減、GHG削減ポテンシャル評価
2. 米国EPRIの炭素循環プロジェクトでは、MIT、メーランド大学等と並んで、評価ツールとして選定されました

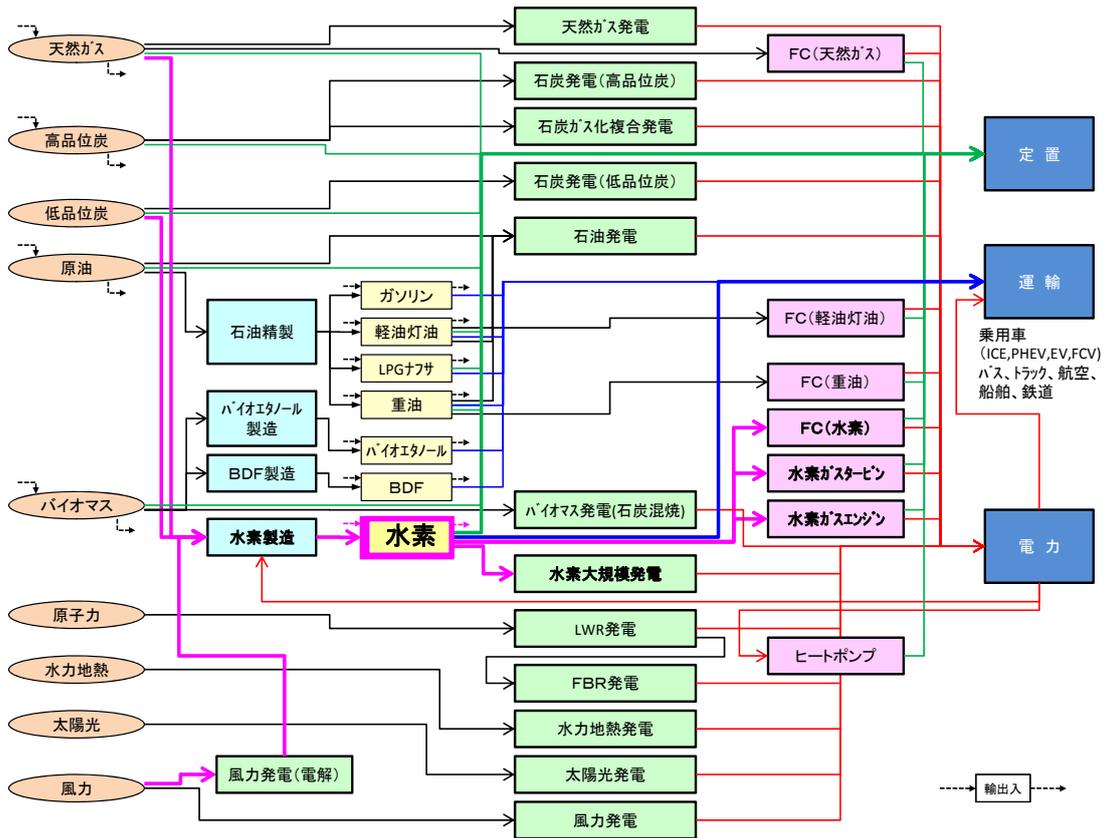
<地域分け>

世界を15地域に分け、世界全体で最適化、日本のデータを中心に出力

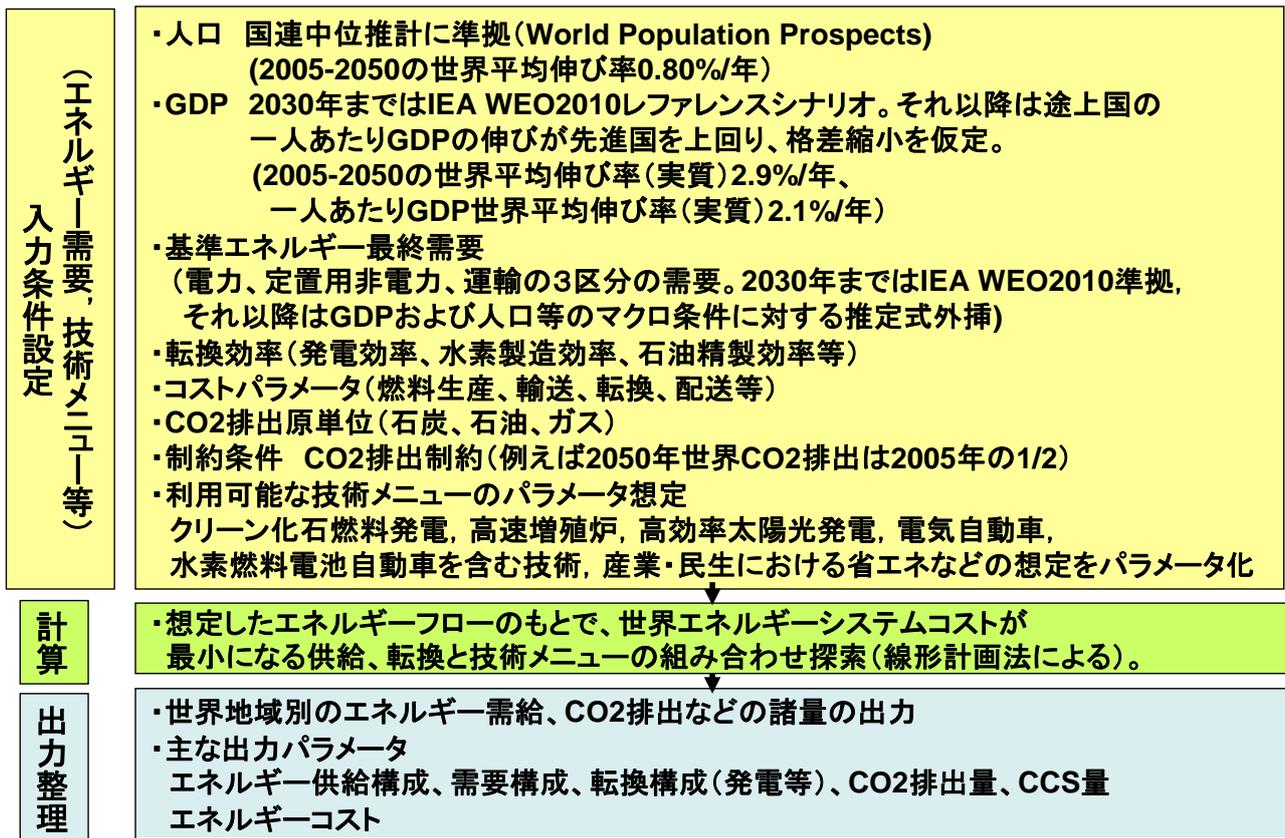


- | | | | | |
|----------|----------------|--------|-------------|---------------|
| 1: カナダ | 2: USA | 3: 西欧 | 4: 日本 | 5: オセアニア |
| 6: 中国 | 7: その他アジア | 8: インド | 9: 中東・北アフリカ | 10: サハラ以南アフリカ |
| 11: ブラジル | 12: その他ラテンアメリカ | 13: 中欧 | 14: 東欧 | 15: ロシア |

<エネルギーフロー>



<シミュレーションの流れ>



(4) ゼロエミ電源比率への
CO2フリー水素の貢献性
(共通認識の醸成)

CO2削減の現公約を守り、かつゼロエミ電源比率の現目標を達成する手段は、本条件下では
① 国内でCCSをする。
② CO2フリー水素を輸入する。
のどちらかである。

GRAPEによる
シミュレーション結果

国内CCS有りとなしの比較を実施

計算条件:

- ・原発は40年寿命で、新設なし
- ・CO2削減率=▲15% @2020 (1990年比)
▲80% @2050 (1990年比)
- ・水素CIF価格=50円/Nm3 (数字:%)

	(政府目標) @2030	(計算結果) <国内CCS有り>			(計算結果) <国内CCS無し>		
		@2030	@2035	@2040	@2030	@2035	@2040
化石+CCS	(-)	12.3	22.8	27.2	0	0	0
再生可能等/発電電力量	(約20)	32.9	40.8	45.3	28.2	36.2	40.6
原子力/発電電力量	(約50)	19.4	13.2	7.0	19.4	13.2	7.0
水素/発電電力量	(-)	1.6	2.7	8.4	2.8	10.3	22.7
ゼロエミ/発電電力量	(約70)	66.2	79.5	87.9	50.4	59.7	70.3

本計算条件での、ゼロエミ電源比率の現行政府目標の達成年は、
・国内CCS有りの場合：2035年
・国内CCS無しの場合：2040年

ゼロエミ電源比率向上に関する輸入CO2フリー水素の貢献性は、国内CCS有りの場合は低く、無しの場合は経年とともに高くなる。

15

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

(5) 水素チェーン構想の立案
<可能性のあるCO2フリー水素チェーン
のリストアップ(一部)>

備考)有機HD:有機ハイドライド
水素添加:トルエン+水素 ⇒ メチルシクロヘキサン
脱水素:メチルシクロヘキサン ⇒ トルエン+水素

(A:在来型)

(B:非在来型)

<上流工程> → ← <下流工程>

パス	海外		海上輸送	国内		最終ユーザ
	資源	プロセス		プロセス	プロセス	
1A & B	石油		石油	石油精製・CCS・水素 (LPG・ナフサ経由、重質油経由)	①水素ステーション /燃料電池自動車	
2	石炭		石炭	石炭ガス化・CCS・水素	②家庭用燃料電池	
7		CCS・水素・液化	液体水素	気化	③業務用燃料電池	
10		CCS・水素・有機HD	有機HD	脱水素		
13		CCS・アンモニア	アンモニア	分解		
3A & B	天然ガス	CCS・液化	LNG	LNG気化・CCS・水素	④ガスタービンコージェネ	
8A & B		CCS・水素・液化	液体水素	気化	⑤ガスエンジンコージェネ	
11A & B		CCS・水素・有機HD	有機HD	脱水素		
14A & B		CCS・アンモニア	アンモニア	分解		
22	再生可能エネ(発電)	発電・水電解水素・液化	液体水素	気化	⑥(対象から削除)	
23	(風力・水力・地熱・バイオマス・太陽光・太陽熱)	発電・水電解水素・有機HD	有機HD	脱水素		
24		発電・電解合成アンモニア	アンモニア	分解	⑦水素発電所 (空気燃焼)	
25	太陽光 (直接利用)	光触媒水分解水素・液化	液体水素	気化		
26		光触媒水分解水素・有機HD	有機HD	脱水素		
27		光触媒水分解水素・アンモニア	アンモニア	分解		
					⑧水素発電所 (酸素燃焼)	

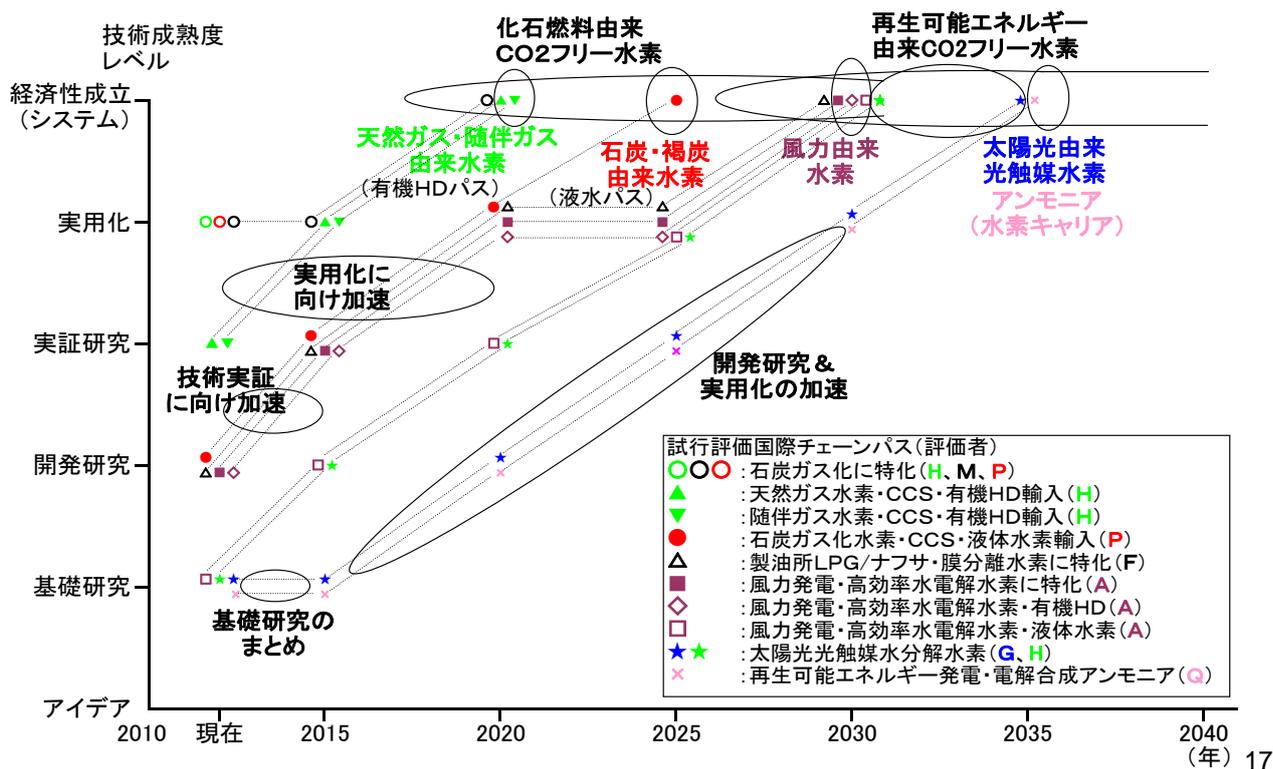
16

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

<技術成熟度のマッピング>

【上流工程 国際チェーン】

〔上流工程：CO2フリー水素が最終ユーザーへ配送されるまでの工程〕



(6) エネルギー政策への反映についての提言

(東日本大震災発生により、研究会の途中で、新たな目標として追加)

<提言 1：エネルギー基本計画への文言の追加>

<現在の文章>

水素エネルギー社会実現について：
現在の文章は活かし、加えて
『海外からの水素輸入も考慮に入れたCO2フリー水素の国際ネットワーク形成を図る』との文言が追加されること。また、
『まずは、化石燃料+CCS主体でのCO2フリー水素国際ネットワークを形成し、最終的には、再生可能エネルギー主体での水素国際ネットワークへ円滑に移行する』との文言が追加されること。

第4節. 新たなエネルギー社会の実現
2. 水素エネルギー社会の実現
(1) 目指すべき姿
(前略) 当面は、化石燃料由来の水素を活用し、化石燃料の有効利用を図るとともに、製鉄所等からの副生水素等を活用する。
将来的には化石燃料由来水素にCCSを組み合わせた製造過程においてCO2を排出しない水素製造技術の確立や、非化石エネルギー由来水素の開発・利用を推進する。(後略)

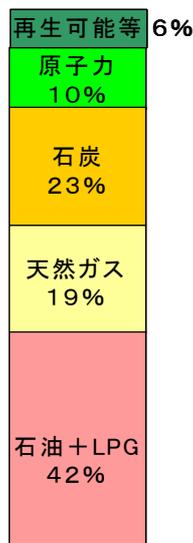
提言の理由：
現在の文章はあくまで国内の水素製造とCCSを念頭に置いたものであることから、国内完結型でなく、グローバルな視点に立ったシステム構築に関する文言の追加が必要と考えたから。

＜提言2 : エネルギー供給の姿＞

＜2007年実績＞

＜2030年推計＞

(約6億kL)



＜現基本計画＞

(約5億kL)



＜提言＞
「水素」という項目が
加えられること。



提言の理由:

海外から輸入するCO₂フリー水素は、LNG登場時と同様、**新概念**であり、**擬一次エネルギー**として考え得るから。

19

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

4) 構想研究会のまとめと課題

(1) まとめ

- ① **CO₂フリー水素**はエネルギー・環境問題における課題の解決に貢献し得る**有力な選択肢の一つ**である。
- ② **多様性が重要**であり、資源・場所・プロセス・輸送等について**複数のCO₂フリー水素チェーン**を順次実用化することが必要である。
- ③ CO₂フリー水素の国際チェーンは、**産学官が一体**となり初めてできる。

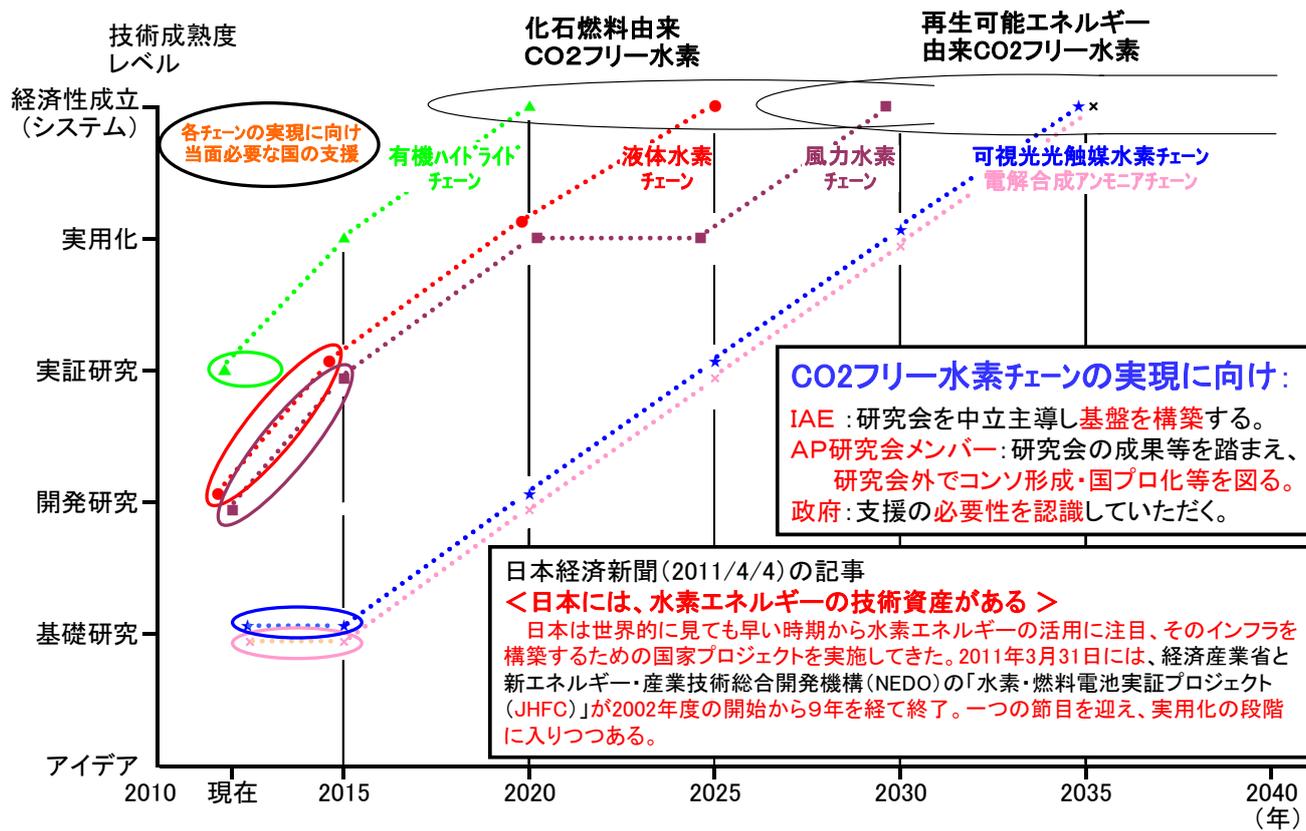
(2) 課題 ⇨ **AP研究会で達成目標に設定し、活動中**

- ① CO₂フリー水素エネルギーの**需要量調査(意見調査)**
- ② 水素需要推算(**シミュレーション**)
- ③ 水素エネルギー社会の**絵姿の作成**及び**シナリオの作成**
- ④ シナリオ実現に向けた**ロードマップ**の作成、及び**アクションプラン**の作成
- ⑤ CO₂フリー水素チェーンパスの**多面的評価**

20

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

3 最後に



21

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

ご静聴ありがとうございました



The Institute of Applied Energy

22

Copyright; 2013 IAE. All rights reserved.

エネルギー革新を導く水素の役割

山地憲治

地球環境産業技術研究機構(RITE)

第12回燃料電池実用化推進協議会総会

2013年4月5日

@ホテルニューオータニ

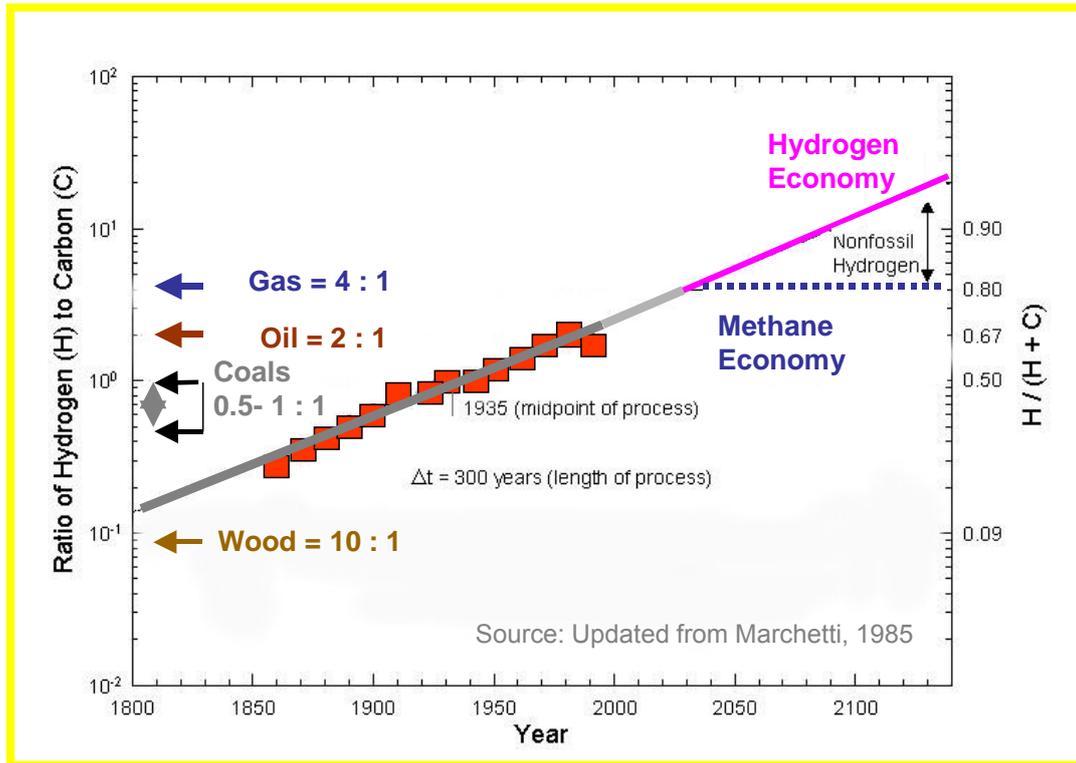
1

エネルギーシステムから見た水素の位置づけ

- ・エネルギーシステムの歴史的展開と水素
百年オーダーで進む水素リッチな燃料へのトレンド(効率化と環境保全)
石炭=蒸気機関、石油=内燃機関、天然ガス=ガスタービン、水素=燃料電池？
- ・水素エネルギーによるエネルギーシステムの構造変化
上流における水素製造(脱CO₂が最終的目標)
下流における水素利用(利用の効率化、電気と同様なクリーン燃料)
ただし、水素即燃料電池ではない、内燃機関との相性も良い
燃料→熱→電気の変換から 燃料→電気→熱へ(エネルギー変換の逆転)
- ・水素エネルギーシステムの特長
化学エネルギーとしての高いエクセルギー効率に注目
輸送・貯蔵に系統的課題(新しいエネルギーキャリアーによるインフラ形成)
- ・水素社会への道筋
2020年より先も見通したロードマップが必要
安易に夢を売りすぎると失望する
- ・システム変化のダイナミクス
動力革命や電力の導入と同じタイプのシステム革新
分散型システムの大量生産が始まると市場浸透は速い

2

Hydrogen to Carbon Ratio of Primary Energy



Nakicenovic

IIASA 2000 ³

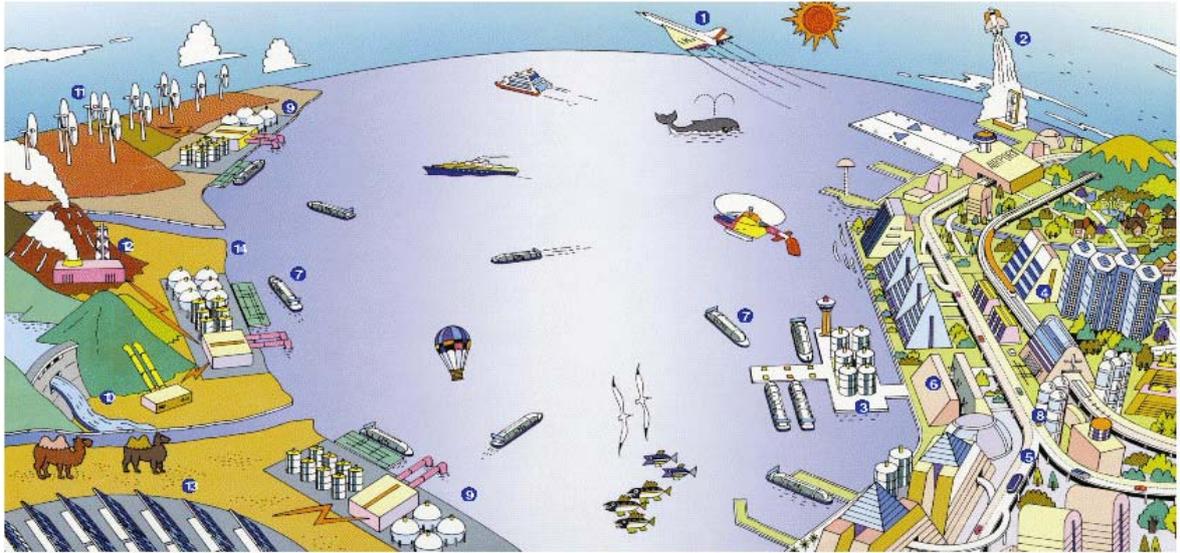


目次

- 1 水素と水素エネルギー
- 2 水素の製造技術
- 3 水素の輸送・貯蔵・供給システム
- 4 水素の利用技術
- 5 安全な水素の取り扱いと規制緩和
- 6 水素エネルギー社会を支える基盤技術
- 7 水素エネルギー社会に向けた取り組み
- 8 水素エネルギー社会への展望

本文:416ページ

エネルギー・資源学会の研究プロジェクト成果を書籍として出版
(2008年)



- ① 水素飛行機(Hydrogen Aircraft)
- ② 水素ロケット(Hydrogen Rocket)
- ③ 水素所蔵タンク(Hydrogen Storage Tank)
- ④ エネルギー消費地(Energy Consumption Site)
- ⑤ 水素バス(Hydrogen Bus)
- ⑥ 水素燃焼発電所(Hydrogen-Combustion Power Station)
- ⑦ 水素輸送タンカー(Hydrogen Tanker)
- ⑧ 水素自動車(Hydrogen Vehicle)
- ⑨ 水素製造プラント(Hydrogen Production Plant)
- ⑩ 水力発電所(Hydropower Station)
- ⑪ 風力発電所(Wind Power Station)
- ⑫ 地熱発電所(Geothermal Power Station)
- ⑬ 太陽光発電所(Photovoltaic Power Station)
- ⑭ エネルギー供給地(A Region Rich in Renewable Energy)

図 1. 3 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)の概念図⁵⁾ 5

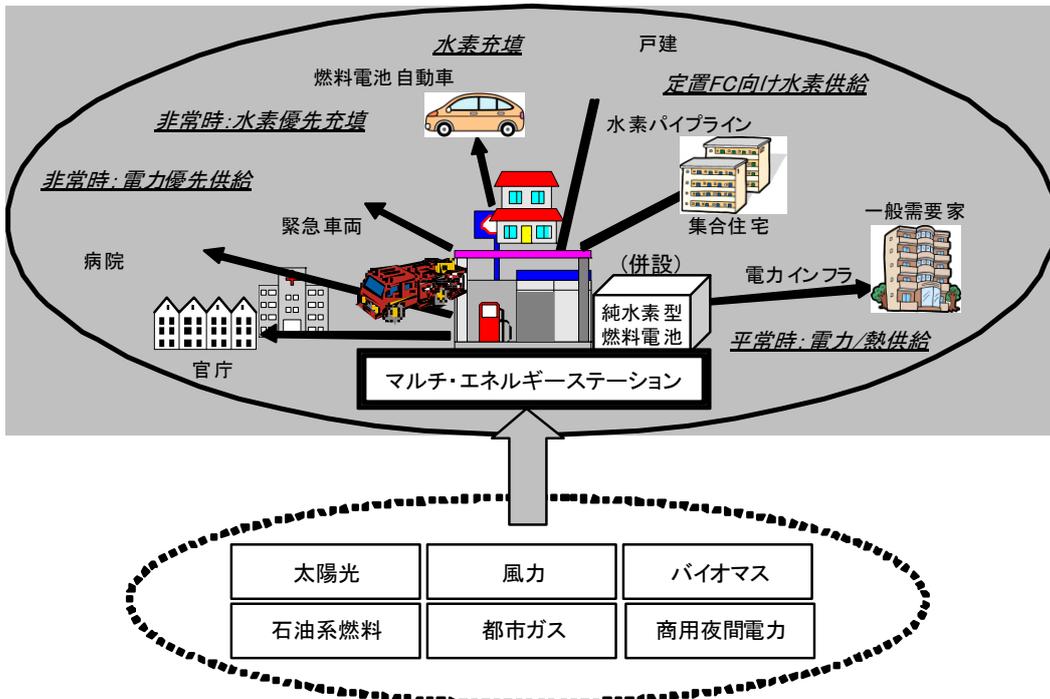


図 1. 4 水素マルチエネルギーステーションの概念図⁶⁾

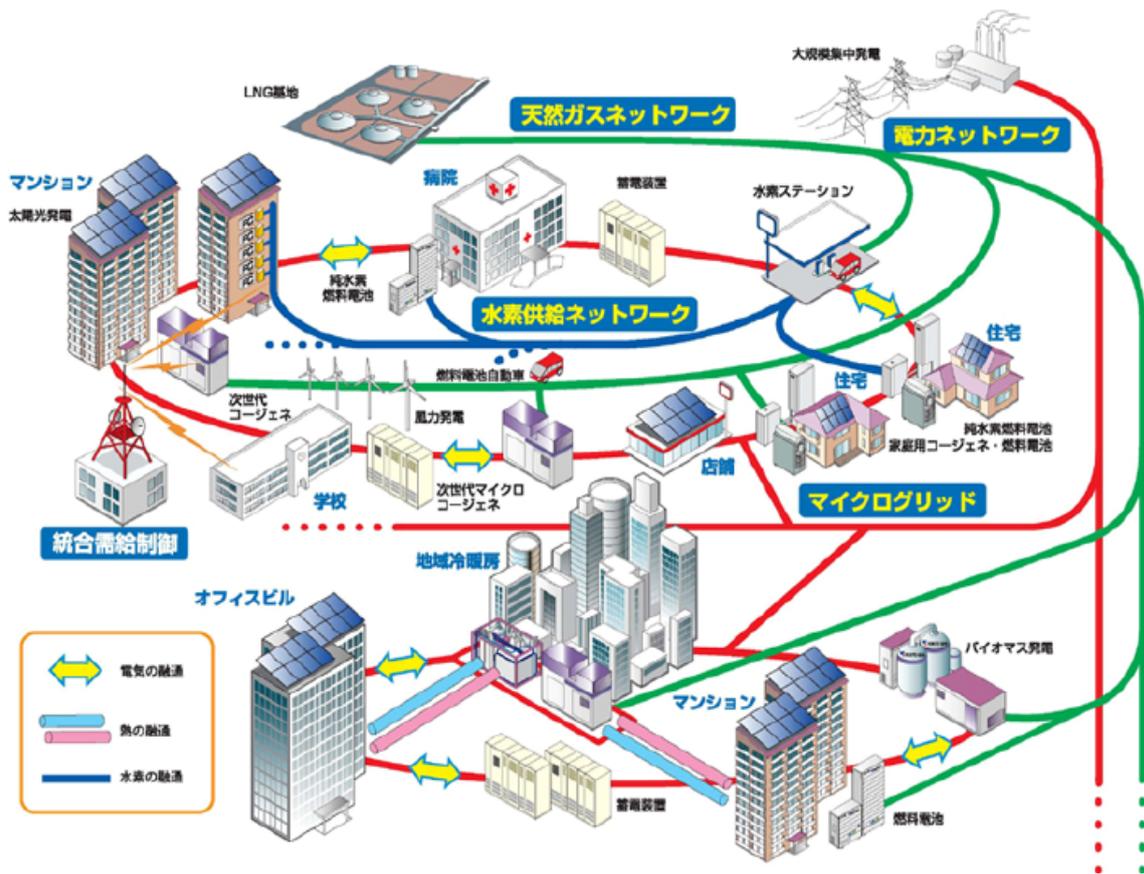
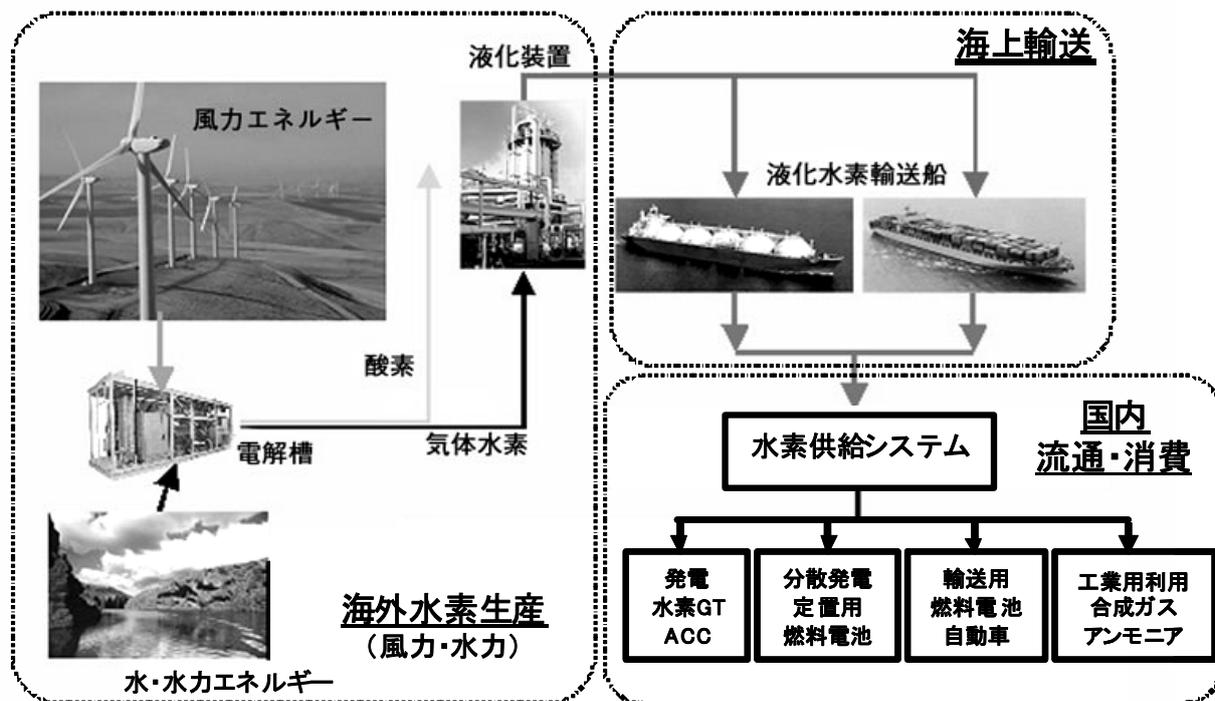


図1. 5 ホロニックエネルギーシステム概念⁷⁾

7



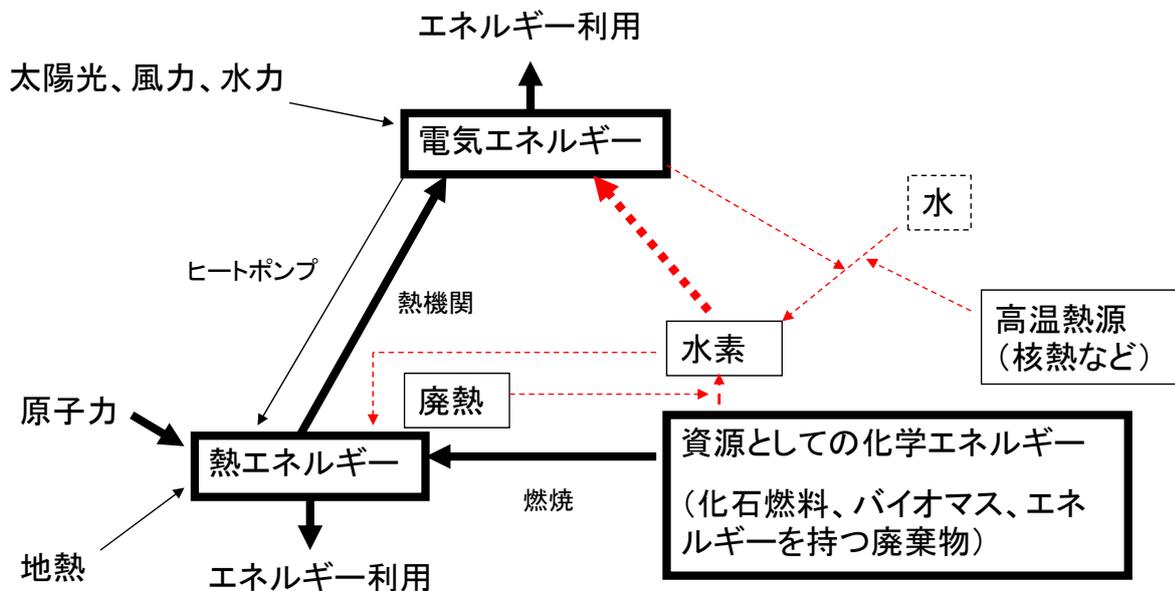
海外での風水力発電による水素生産と海上輸送・国内供給の概念

8

水素に期待されるもの

- 1) 燃料として**利用時点でクリーン**(生成物が水)であること
- 2) **多様なエネルギー資源から製造**できるため特定資源の供給制約を避けられること
- 3) **小規模でも高効率**で電気に変換されること
- 4) 原子力や各種再生可能エネルギーからも生産できるため製造時にも**CO₂排出を避けられる**こと
- 5) CO₂回収貯留(**CCS: CO₂ Capture and Storage**)と組み合わせれば大量に貯蔵する石炭資源からもCO₂排出を伴わずに水素を製造できること
- 6) 製鉄や石油精製、ソーダ工業など種々の産業プロセスで**副生される水素**を有効利用できること
- 7) **長距離大量輸送**が可能であるため僻地の自然エネルギー資源を水素に変換して利用できること
- 8) 廃アルミなどエネルギーを含む廃棄物を利用して製造できるため**循環型社会形成**に寄与できること
- 9) 低温廃熱を利用して必ずしもクリーンでない**他の化学物質から製造**できる(エクスルギー再生)こと
- 10) 水素の電気化学特性を利用した**蓄電池やヒートポンプ**などを通してエネルギーシステムの効率化に寄与できること

9



水素によって利用可能になる新たなエネルギー変換経路(破線で表示)

10

エネルギー総合工学研究所(IAE)の構想研究

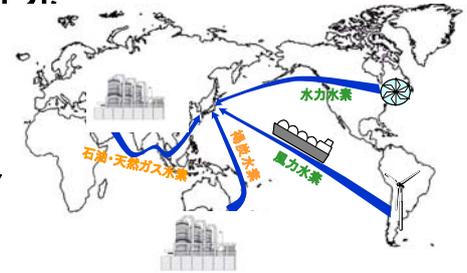
エネルギーと環境に関するグローバルな課題
日本のエネルギー基本計画(2010.6閣議決定)

低炭素・CO2フリーエネルギー社会実現の
機運上昇(特に民間メーカーが積極的取組)

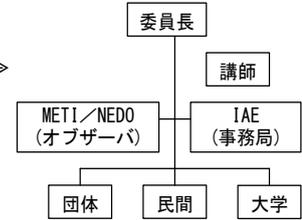
『CO2フリー水素チェーン構想研究会』設立活動
・H22.10~H23.1:メンバー候補訪問、主旨説明

第1回研究会(2011.3.11)

- ・体制:
- ・達成目標(設定):
 - ①共通認識の醸成
 - ・エネルギー・環境に関する課題(エネルギー安全保障、気候変動等)
 - ・CO2フリー水素チェーンの貢献性(CO2削減、ゼロエミ電源等)
 - ②水素チェーン構想の立案と評価試行(技術成熟度等)



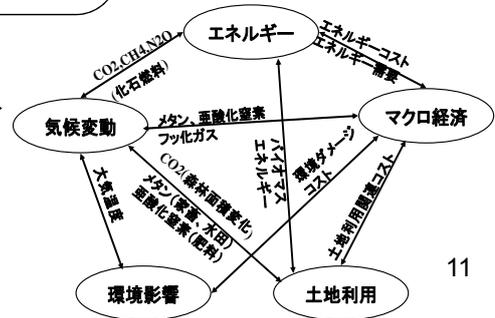
CO2フリー水素の製造 → 輸送 → 利用
化石燃料+CCS
再生可能エネルギー



第2回研究会(2011.7.14)

第3回研究会(2011.10.27)

- ・可能性のある水素チェーンの検討
- ・統合評価モデルGRAPEによる
低炭素エネルギーシステムの可能性検討、
水素の役割評価(水素需要量)



11

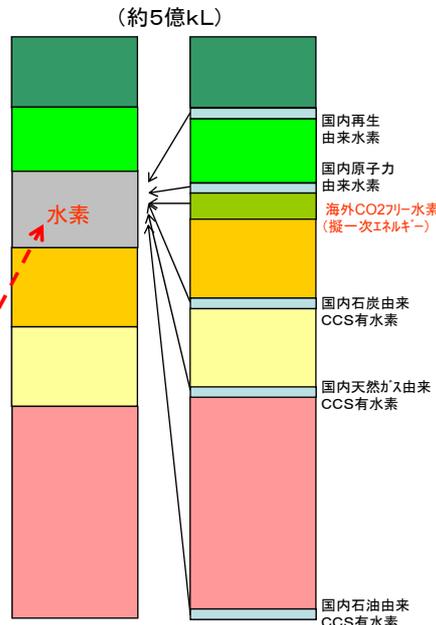
第4回研究会(2012. 2. 16)

- ・シミュレーション
(原子力発電やCO2削減制約等をパラメータとしたケーススタディー)
- ・CO2フリー水素チェーンの評価試行
(技術成熟度の年次評価)
- ・エネルギー政策への反映についての **提言**
を提示し、協議

- 1)『海外からの水素輸入も考慮に入れたCO2フリー水素の国際ネットワーク形成を図る』
- 2)『まずは、化石燃料+CCS主体でのCO2フリー水素国際ネットワークを形成し、最終的には、再生可能エネルギー主体での水素国際ネットワークへ円滑に移行する』
- 3)「2030年のエネルギー需給の姿」の「供給側の絵姿①(一次エネルギー供給)」で示されている一次エネルギー構成の棒グラフに『水素』という項目を加えて考察する。

2012年度
CO2フリー水素チェーンAP(アクションプラン)研究会により活動継続
2013年度も活動を継続予定。

(構想研究会の提言イメージ)
(2030年推計)



(現基本計画の
2030年推計)

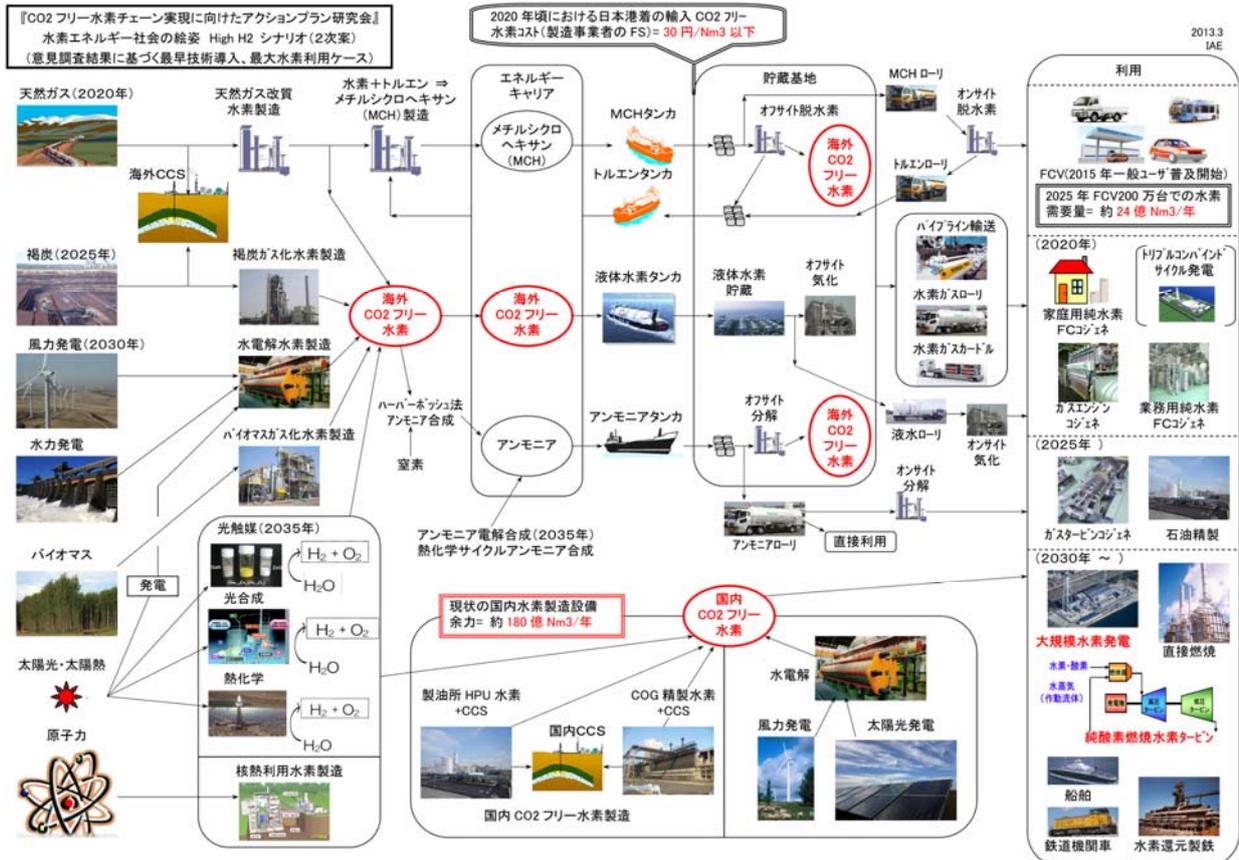


(2007年度実績)
(約6億kL)



12

CO2フリー水素チェーンの構成要素の俯瞰 (AP研究会による整理)



ゼロエミ電源比率へのCO2フリー水素の貢献(GRAPEモデルによる解析)

CO2削減の現公約を守り、かつゼロエミ電源比率の現目標を達成する手段は、本条件下では

- ① 国内でCCSをする。
- ② CO2フリー水素を輸入する。

のどちらかである。

GRAPEによるシミュレーション結果

国内CCS有りとなしとの比較を実施

計算条件:

- ・原発は40年寿命で、新設なし
- ・CO2削減率=▲15% @2020 (1990年比)
▲80% @2050 (1990年比)
- ・水素CIF価格≒50円/Nm3 (2020年) (数字:%)

	(政府目標)	(計算結果) <国内CCS有り>			(計算結果) <国内CCS無し>		
		@2030	@2035	@2040	@2030	@2035	@2040
化石+CCS	(-)	12.3	22.8	27.2	0	0	0
再生可能等/発電電力量	(約20)	32.9	40.8	45.3	28.2	36.2	40.6
原子力/発電電力量	(約50)	19.4	13.2	7.0	19.4	13.2	7.0
水素/発電電力量	(-)	1.6	2.7	8.4	2.8	10.3	22.7
ゼロエミ/発電電力量	(約70)	66.2	79.5	87.9	50.4	59.7	70.3

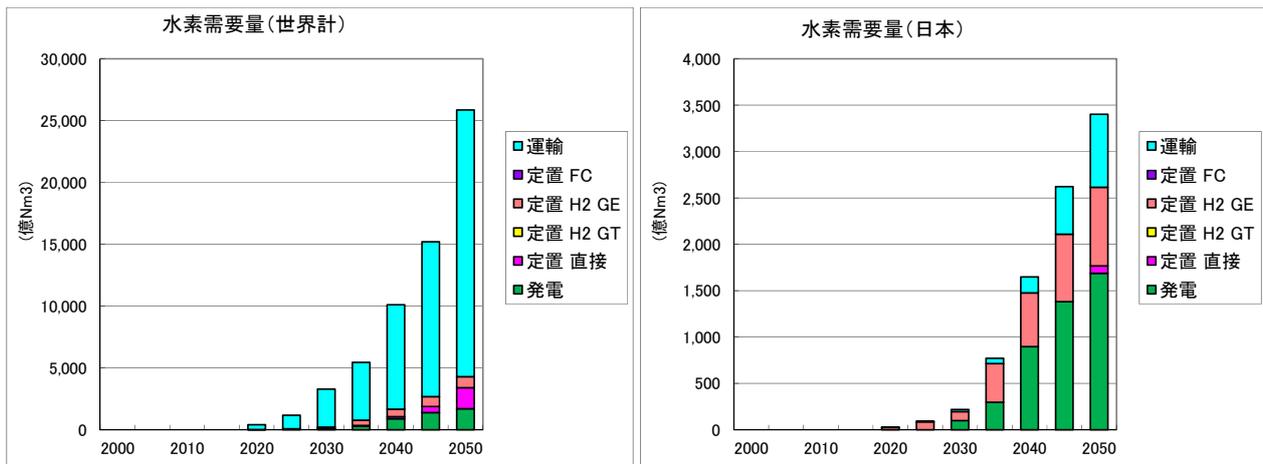
本計算条件での、ゼロエミ電源比率の現行政府目標の達成年は、

- ・国内CCS有りの場合：2035年
- ・国内CCS無しの場合：2040年

ゼロエミ電源比率向上に関する輸入CO2フリー水素の貢献性は、国内CCS有りの場合は低く、無しの場合は経年とともに高くなる。

GRAPEモデルによる水素需要量シミュレーション結果

出所: 石本、黒沢、笹倉、坂田、HESS大会(2012年12月)



※日本の原子力発電は、新增設無・既設炉寿命40年のフェーズアウトを仮定
 ※日本国内でのCCS技術は利用不可を仮定

世界の水素需要は、2050年で約2.5兆Nm³程度で運輸向けが多い。(水素1兆Nm³=約3億TOE)
 2050年には米国、中国、西欧、インドの4地域が水素の需要量の約9割を占める。
 大規模発電は日本のみ導入される。

Copyright; 2012 IAE. All rights reserved.

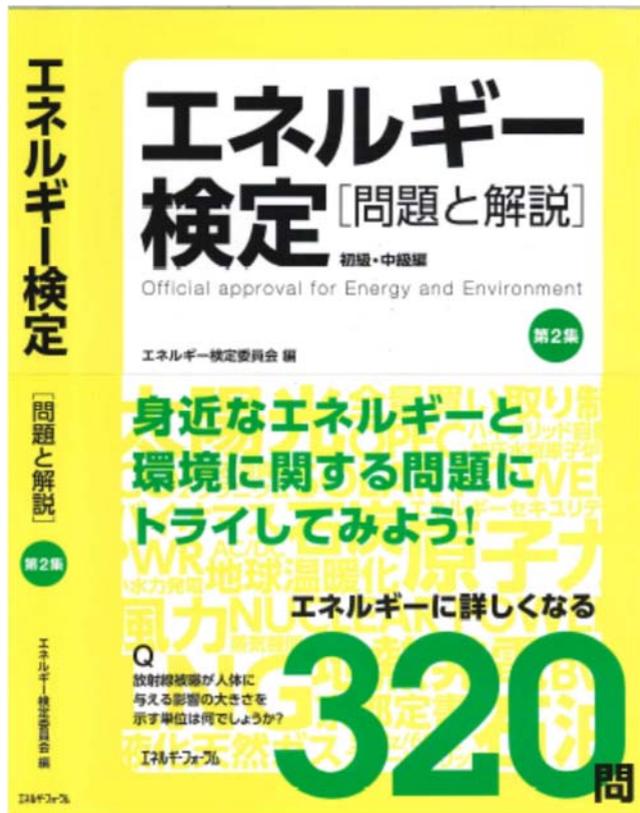
水素は大きなエネルギー革新を導く。

しかし、製造から利用までシステム全体を構築する必要がある。

未来は選択するもの。

水素によるエネルギー革新を実現するには、

VisionとWorkが必要。



ウェブ検定(無料)

<http://www.ene-kentei.jp/>

日本エネルギー学会とエネルギー・資源学会が、2013年9月7日(土)に会場筆記試験実施予定(東京、大阪)

