

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(5) Hydrogen Council(社会の変化)

- ・2017年1月欧州・アジアの主要企業13社によりhydrogen councilが設立された
- ・パリ協定合意の実現に向けて、水素社会構築を目指す

- ・再エネ発生量は変動が大きく、先進的なドイツでは需給バランスが課題
- ・(再生可能エネルギーには、燃料費・変動費が少ないメリットがある)

- ・再エネ増加に伴う電力需給の不均衡を、水素で解決する
- ・新エネルギーの配送と緩衝機能として水素を利用し、CO2を削減する
- ・水素は大規模かつ長期にわたり貯蔵可能

- ・長距離走行または重量車両には燃料電池車が適している
- ・(短距離・軽量車両には蓄電池車が適している)

Hydrogen Council 設立参加社



ALSTOM



BMW GROUP

DAIMLER



HONDA

HYUNDAI



THE LINDE GROUP



TOTAL

TOYOTA

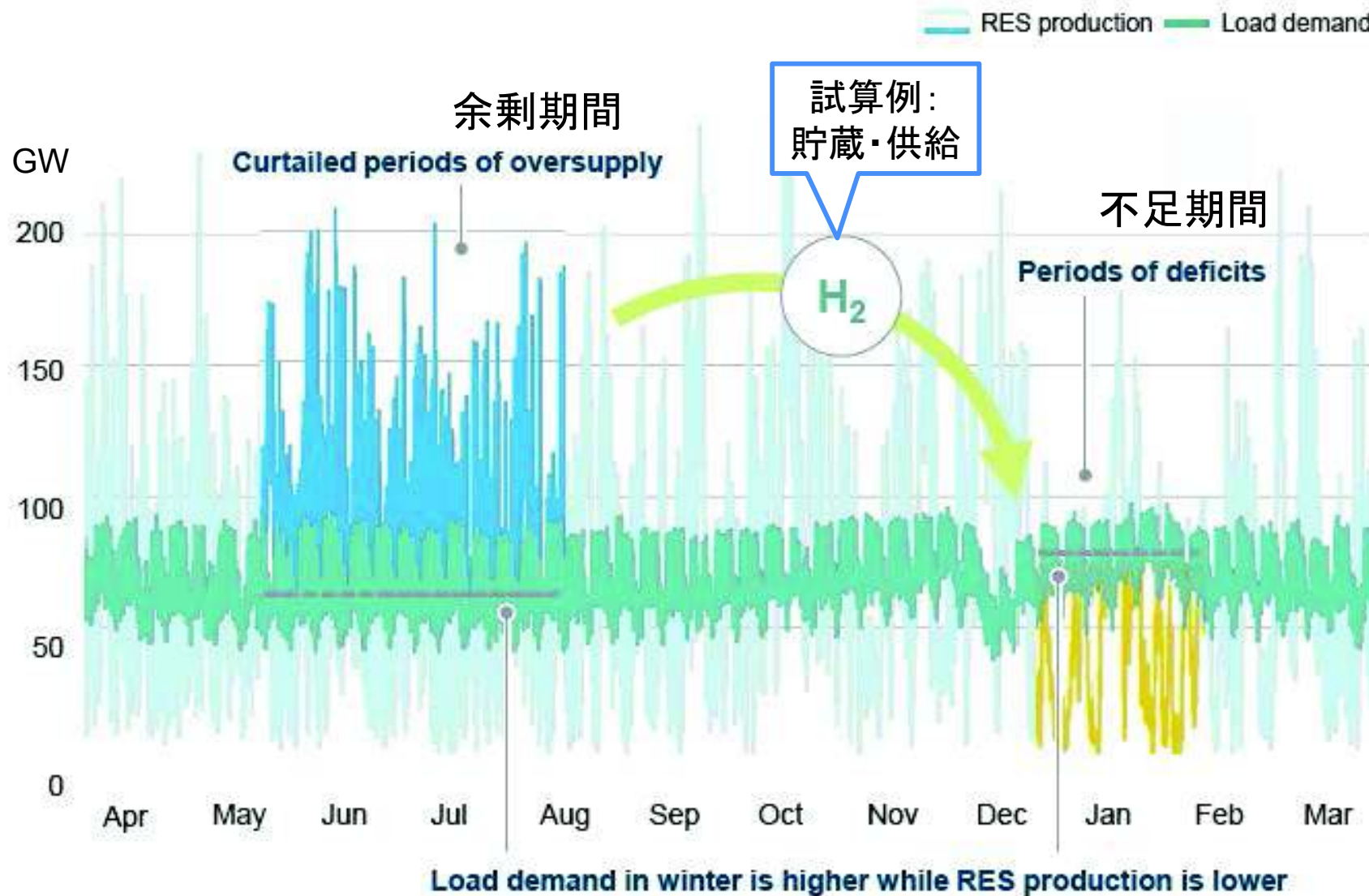
2017年1月17日 ダボス会議開催中に 欧州、アジアの主要企業13社により設立された。

Air Liquide S.A.(仏 産業ガス製造)、Alstom(仏 鉄道車両製造)、
Anglo American plc(英 鉱業会社)、BMW Group(独 自動車)
Daimler AG(独 自動車) Engie S.A.(仏 電力・ガス供給会社)、
Honda Motor Co. Ltd(日 自動車)、Hyundai Motor Company(韓 自動車)
Kawasaki Heavy Industries Ltd.(日 エンジニアリング)
Royal Dutch Shell(英・蘭 石油メジャー) The Linde Group(独 化学工業)
Total S.A(仏 石油メジャー) Toyota Motor Corporation(日 自動車)

パリ協定合意の実現に向け、水素社会構築を目指し設立

ドイツのエネルギー需給バランス

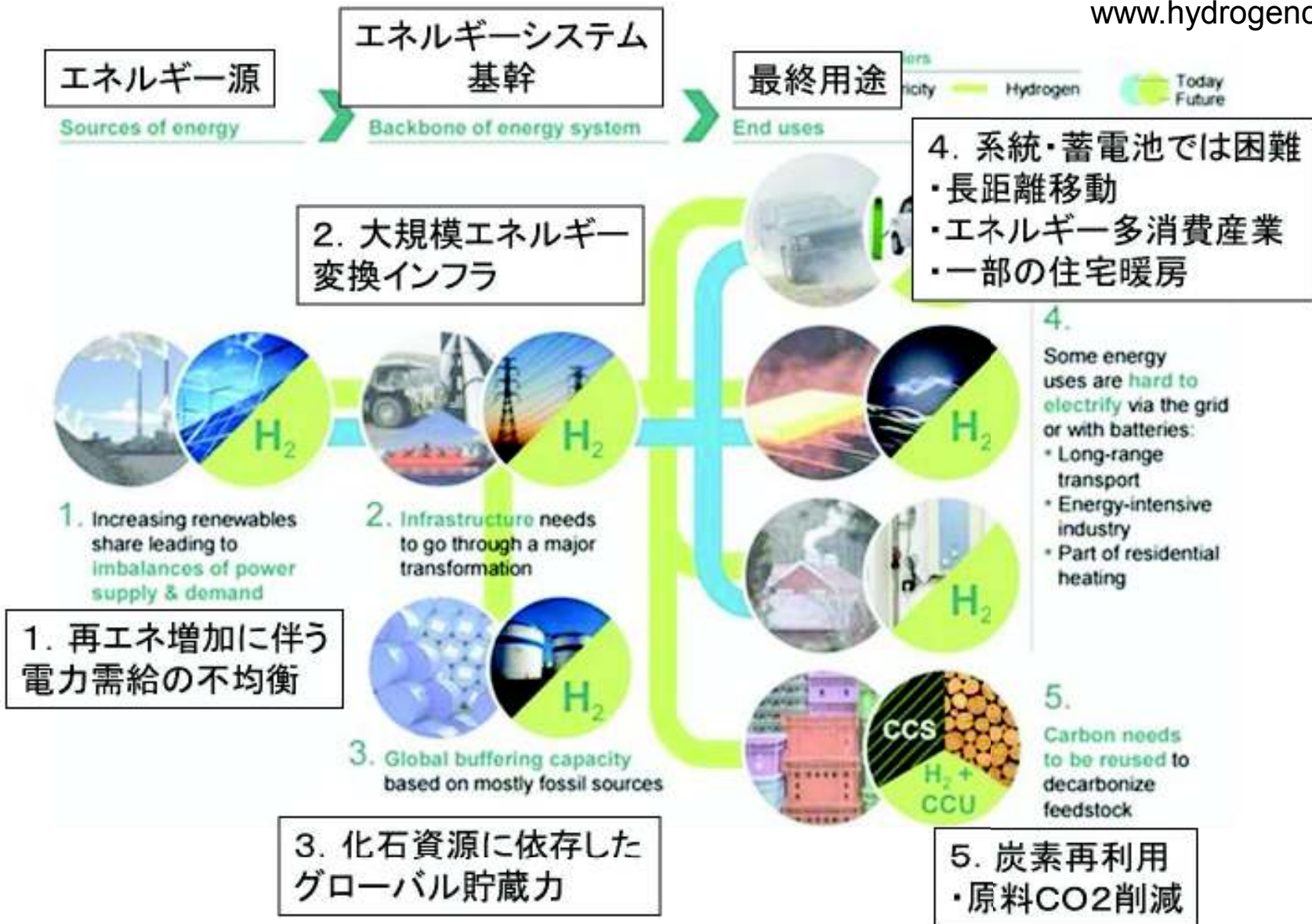
www.hydrogencouncil.com



再生可能エネルギーは発生量の変動は大きい
(燃料費・変動費が少ないメリットがある)

水素が解決するエネルギーの課題

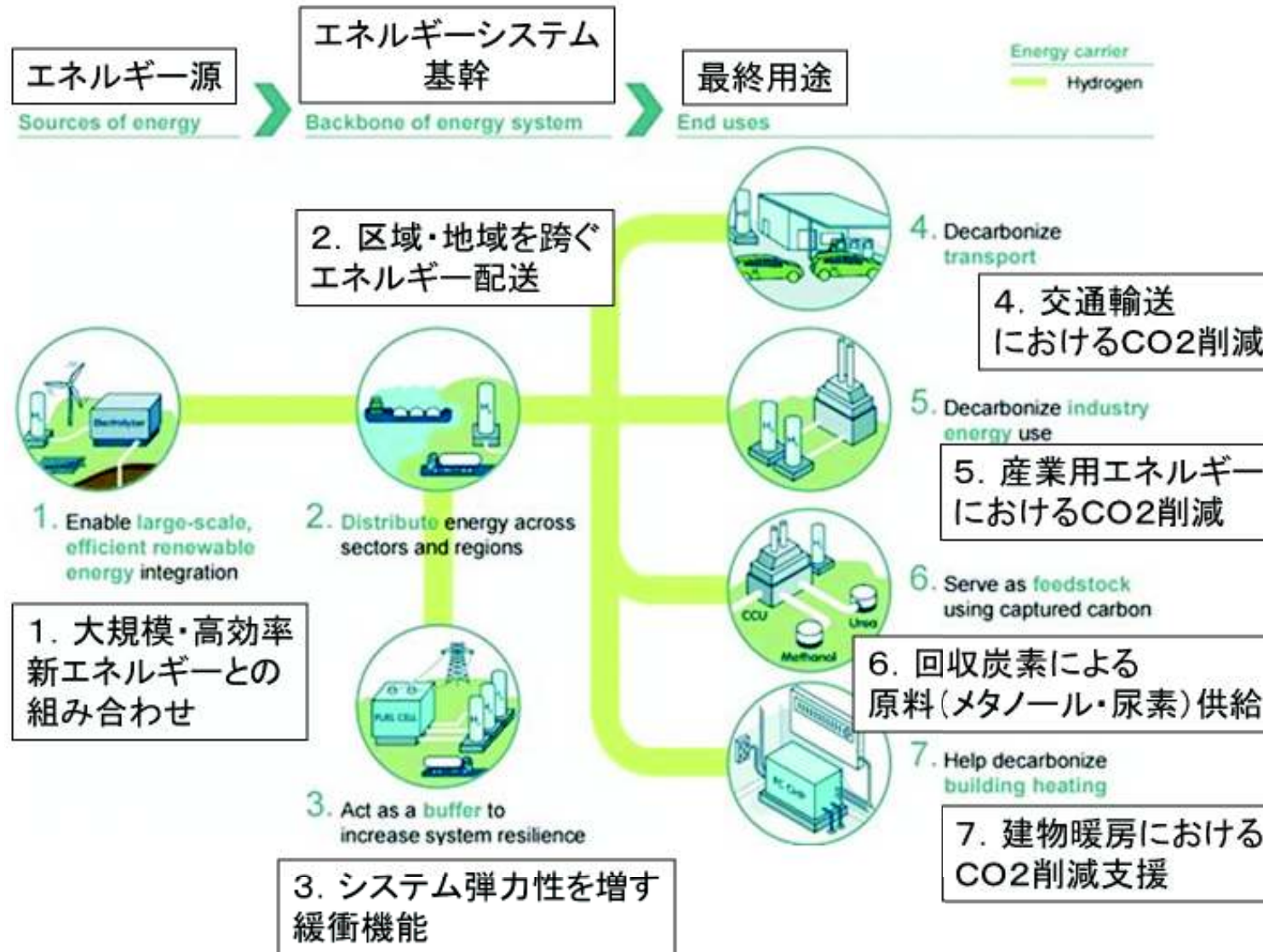
www.hydrogencouncil.com



水素で電力需要の不均衡解消を目指す

CO2削減に向けた水素の役割

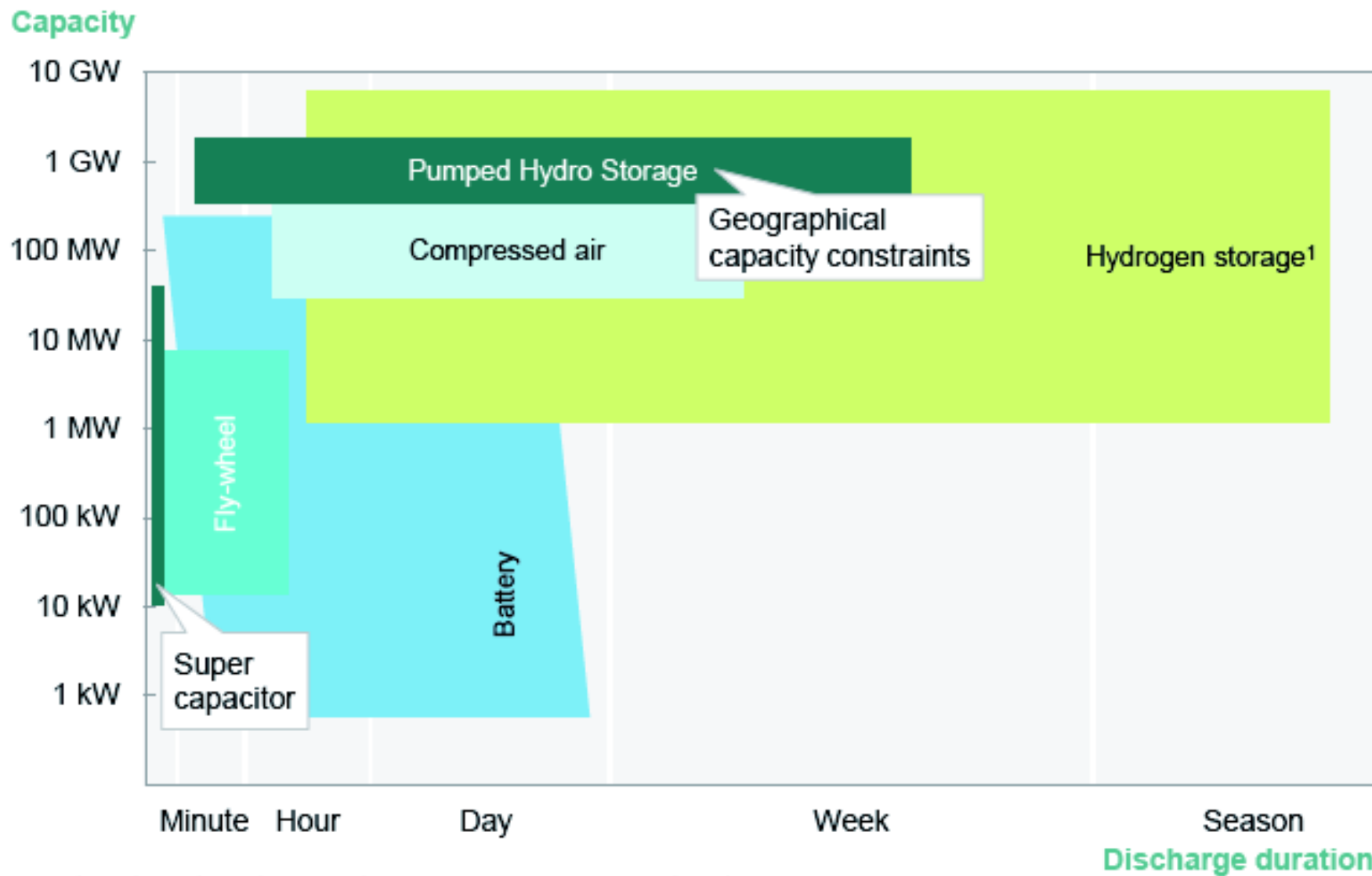
www.hydrogencouncil.com



新エネルギーの配送と緩衝機能

電力貯蔵システムの適用範囲

www.hydrogencouncil.com

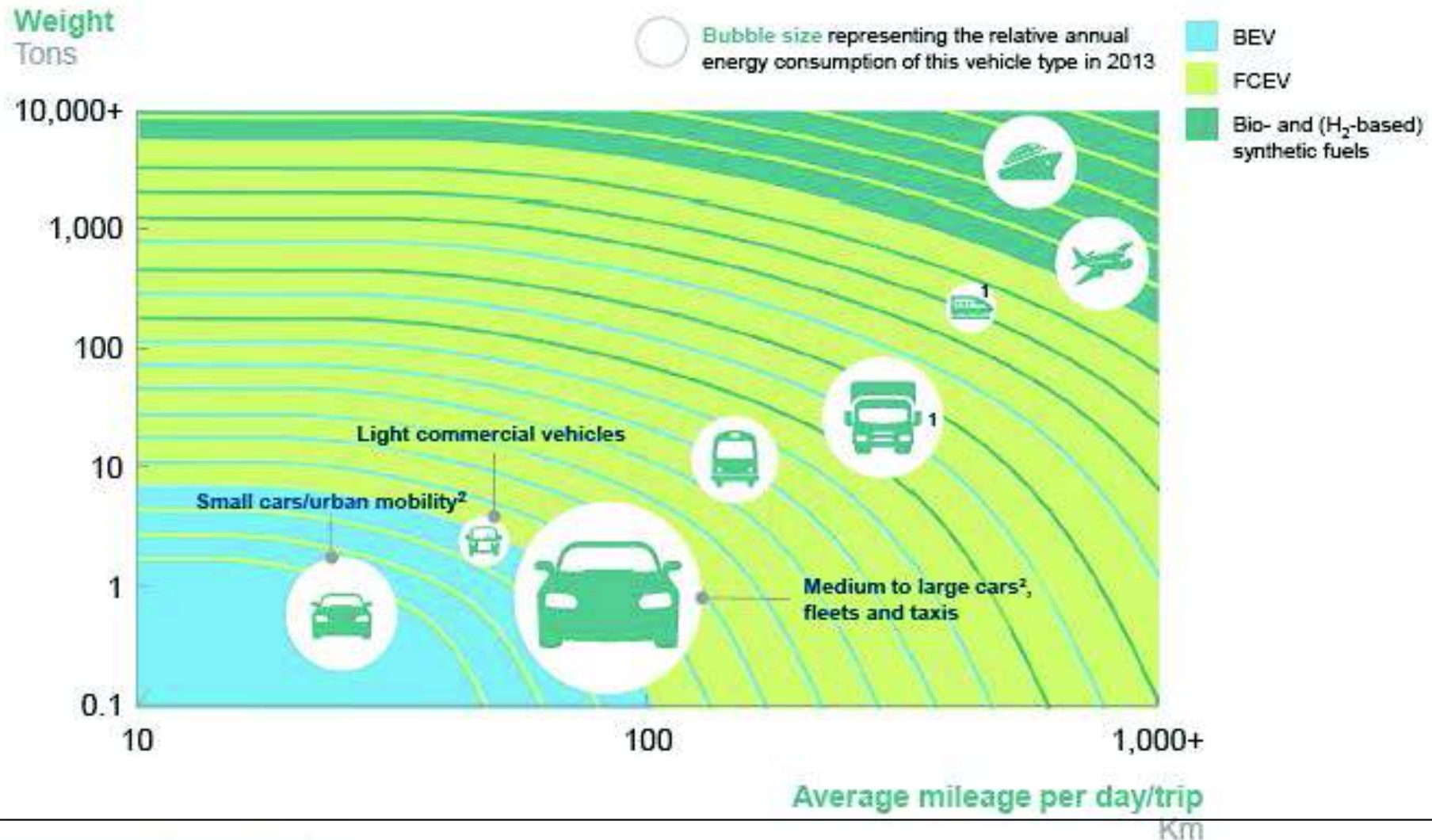


水素は大規模かつ長期にわたり貯蔵可能

交通・輸送分野の現状

エネルギー源・重量・走行距離・エネルギー消費

www.hydrogencouncil.com



長距離走行・重量車両には燃料電池車が適している
(短距離走行・軽量車両には蓄電池車が適している)

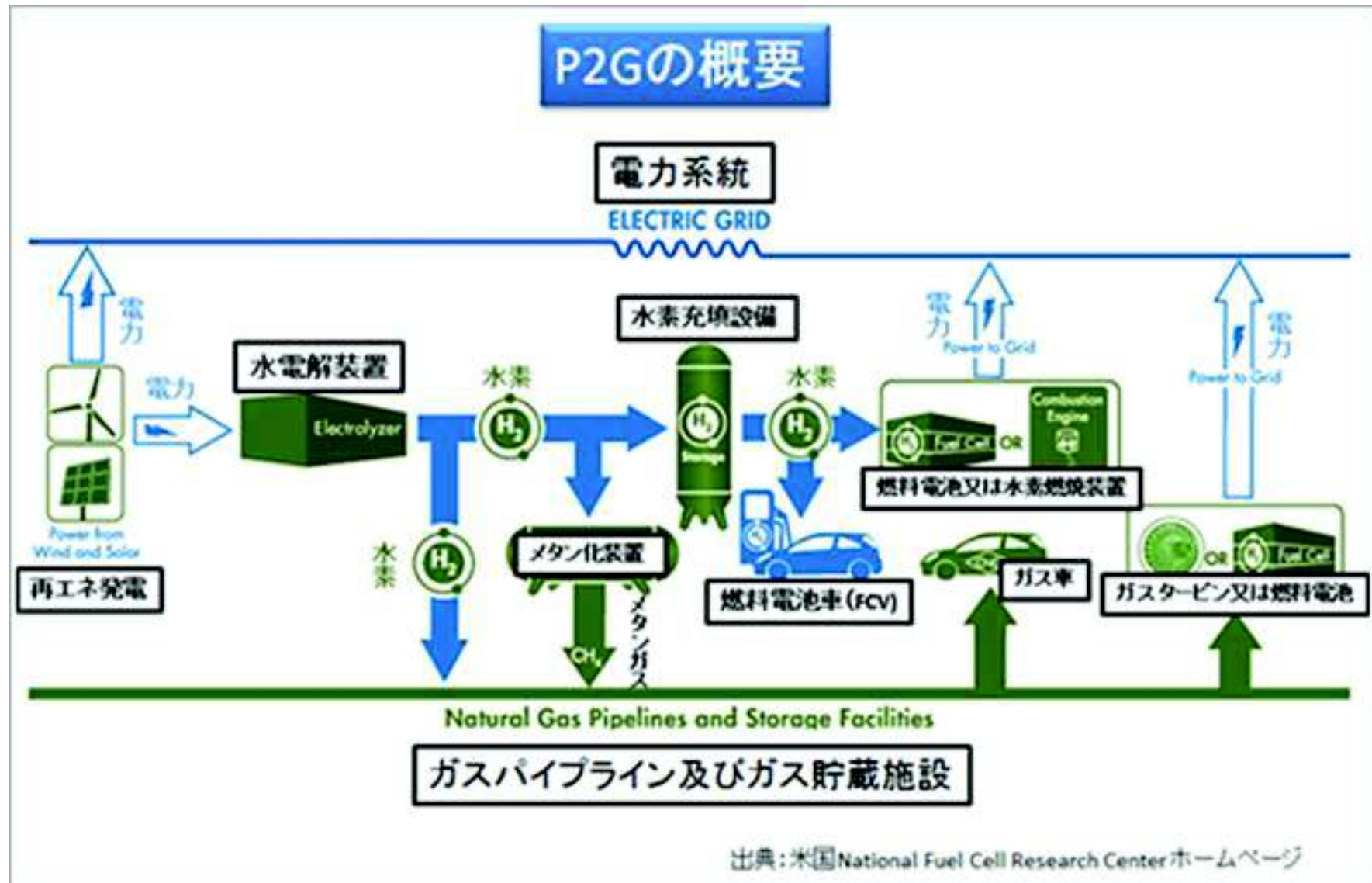
四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(6) Power to Gas (欧州の変化)

- ・水素利用の本格化を目指す欧州では、Power to Gas P2Gに取り組んでいる
 - ・再エネ電力を水電解により水素に変換し
 - ・水素ステーションから、水素燃料電池車・燃料電池または水素燃焼設備へ
 - ・水素をメタン化して、ガス導管・貯蔵設備に注入
 - ・ガス導管から、ガス車・ガス燃料電池またはガス燃焼設備へ
 - ・新たなインフラ構築と既存インフラの連携が必要
-
- ・日本では理化研が水分解・アンモニア合成の革新的触媒の技術開発を推進

欧州「P2Gに取り組む理由」

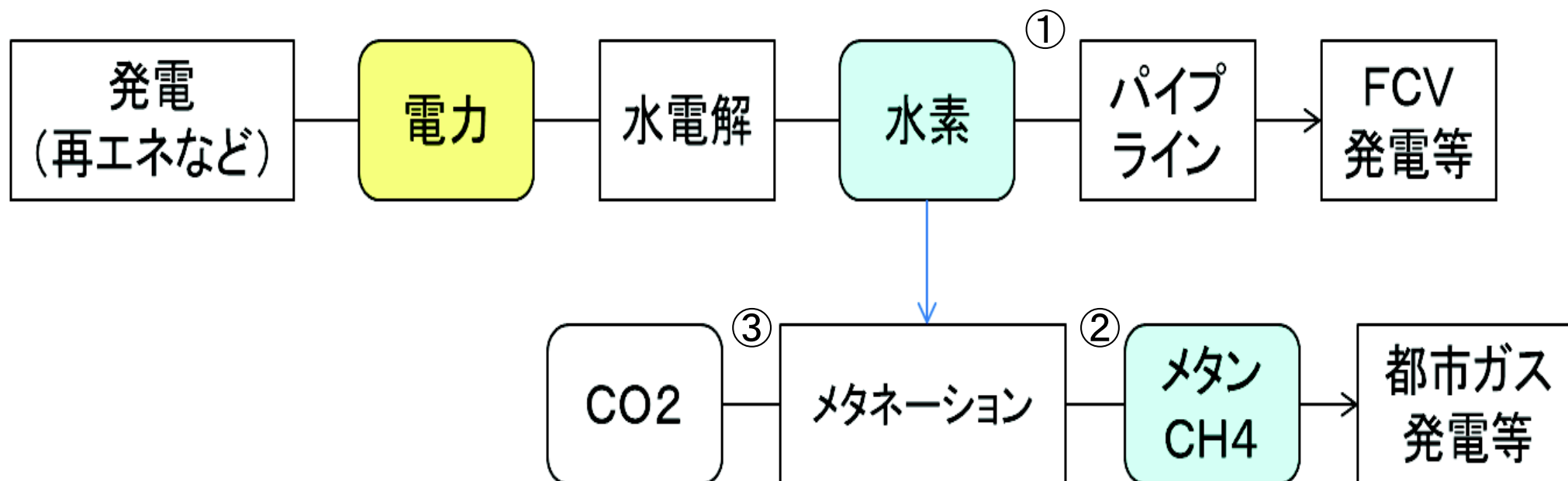
水素利用本格化させる欧州 https://scienceportal.jst.go.jp/columns/opinion/20151009_01.html



余剰電力を水素として蓄える

Power to Gasのフロー図

MCR作成



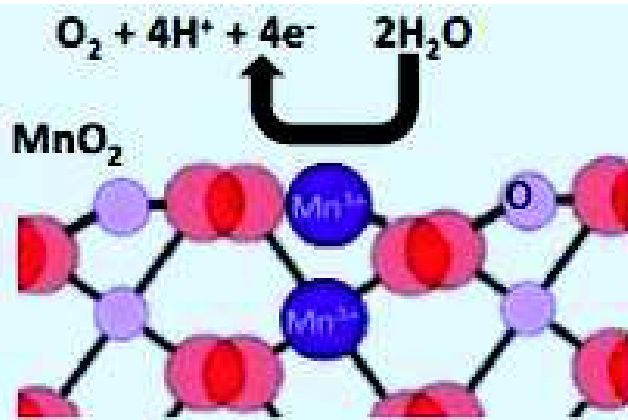
水素の利用方法は3通り

- ①家庭用燃料、燃料電池車 (FCV) で利用
- ②天然ガス導管に注入して利用
- ③水素をCO₂と反応させてメタンを生成し、天然ガス導管に注入

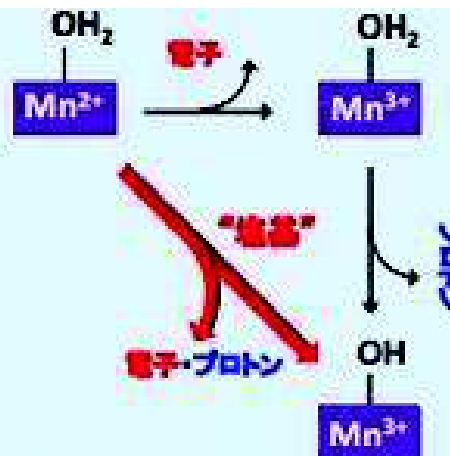
新たなインフラ構築・既存インフラとの連携が必要

水素関連の技術開発例(理化研)

理化学研究所環境エネルギー分野 www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/075/.../2016/.../1376685_03.pdf

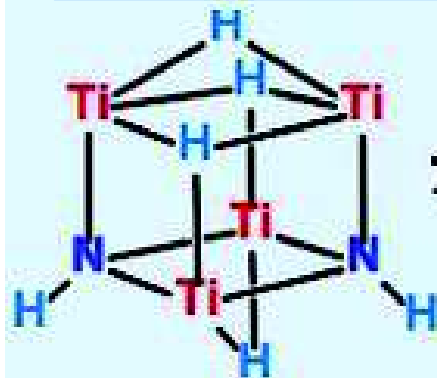


反応中間種としてMn³⁺が生成

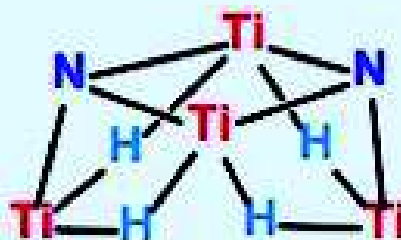
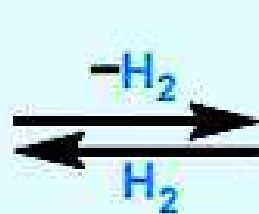


電子とプロトンの輸送タイミングの制御法を提案

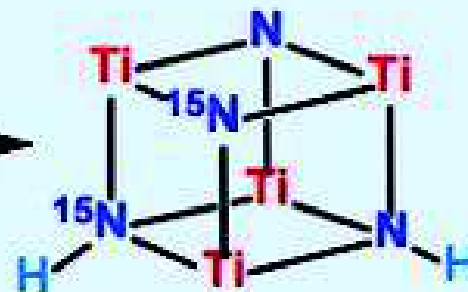
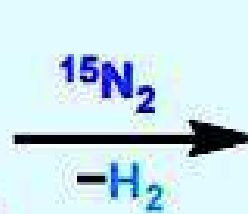
理化学研究所: 中性の水を効率的に分解するシステムの開発



チタン金属錯体



水素が脱離した中間体



窒素が活性化された化合物

理化学研究所: 常温・常圧下でNH₄を合成する革新的合成法の開発

革新的触媒反応により、水素・アンモニアを製造する¹²

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(7) エネルギーキャリア(技術革新その1)

(7. 1) エネルギーキャリア「液体水素」

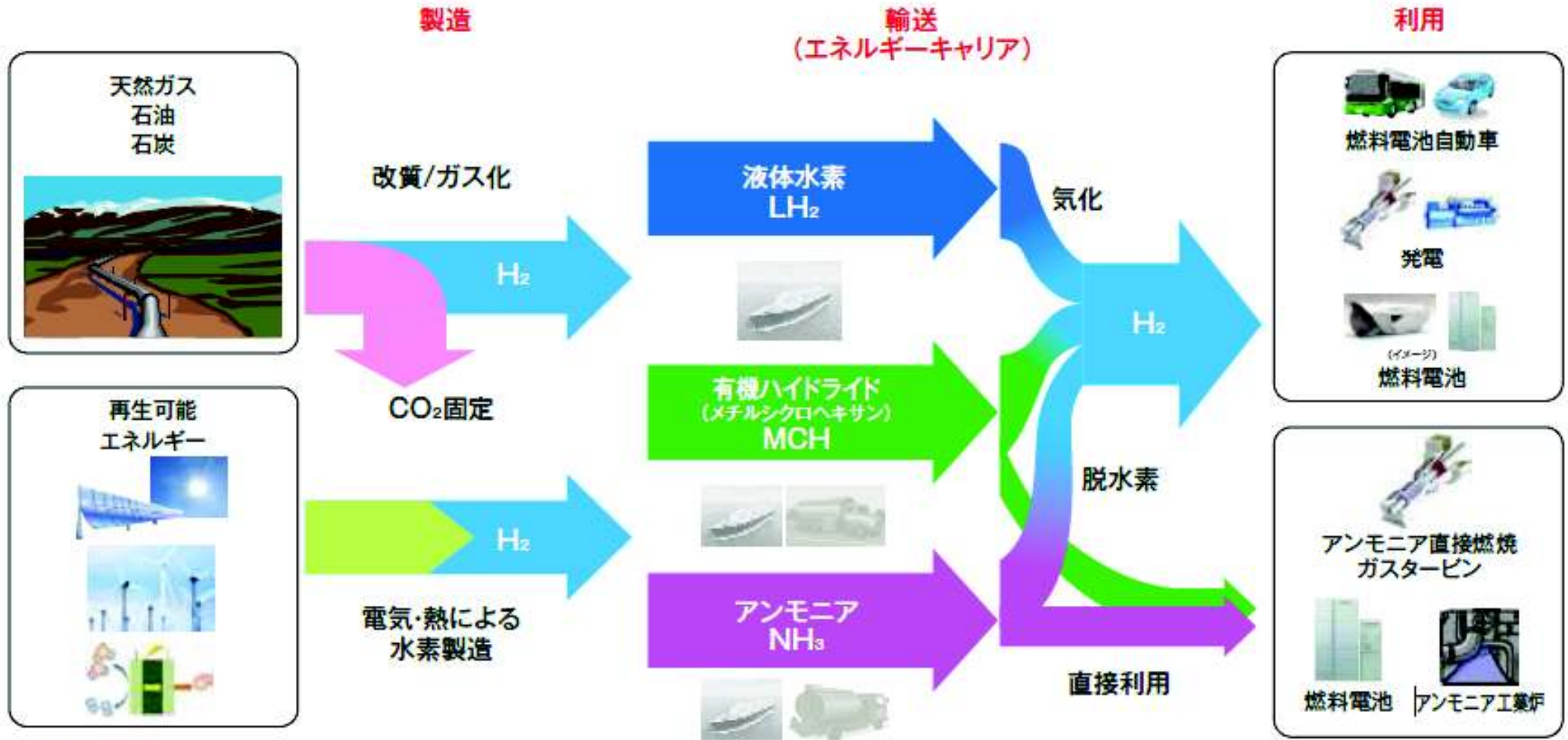
(7. 2) エネルギーキャリア「有機ハイドライド」

(7. 3) エネルギーキャリア「アンモニア」

- ・内閣府 輸送に、液体水素・ハイドライド・アンモニア
- ・NEDO 輸送・貯蔵に、液化水素・有機ハイドライド
- ・IEEI アンモニアによる輸送効率kg/m³が最大
- ・IEEI 液体水素はコスト的に不利
- ・SIP 各種研究開発が、2014年から2018年の5か年計画に沿って進行中

エネルギーキャリアの全体像(内閣府)

新しいエネルギー社会の実現に向けて <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sympo1412/pdf/sip04.pdf#page=2>

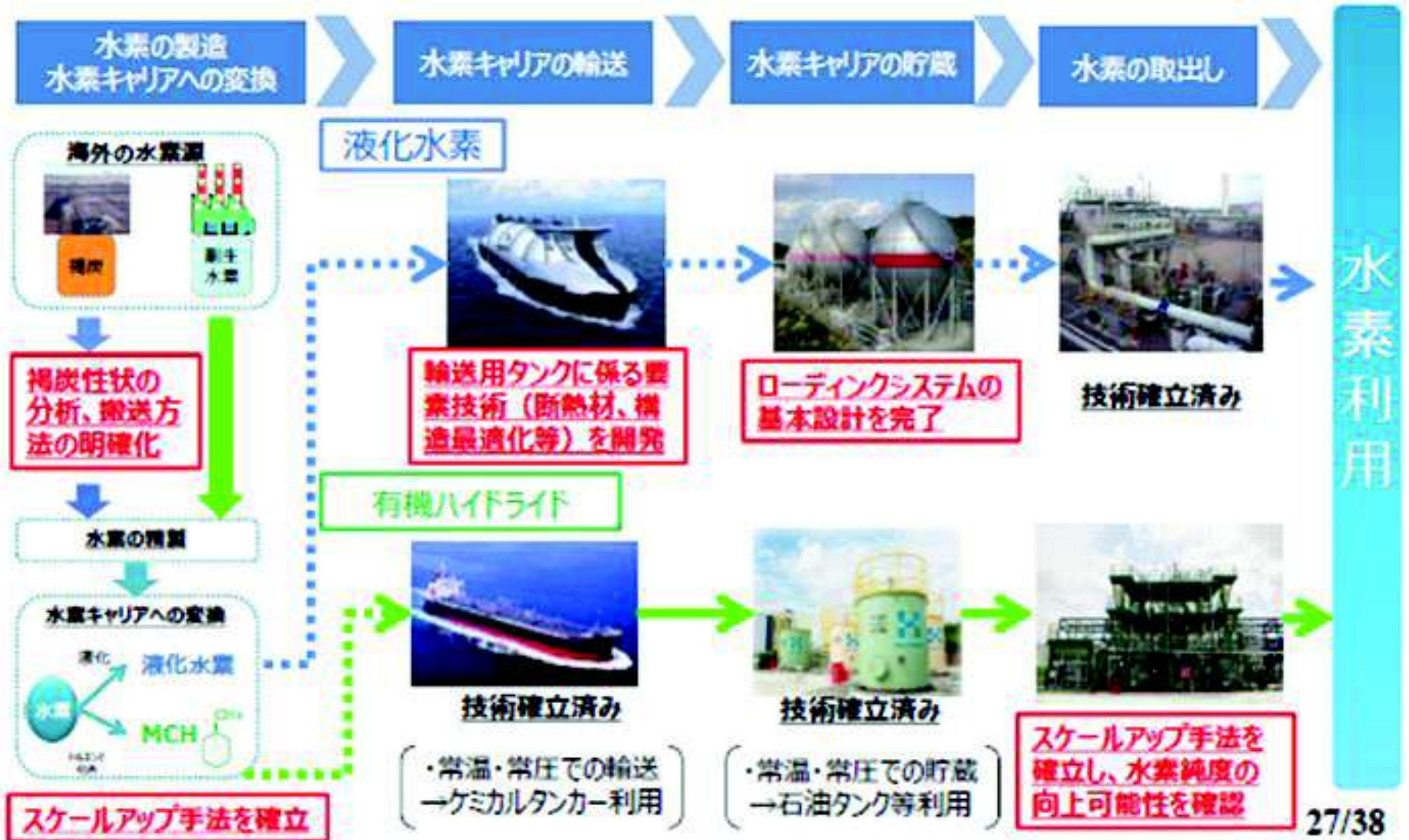


●CO₂フリー水素バリューチェーンの構築

液体水素・有機ヒドライド・アンモニアが有力¹⁴

エネルギーキャリアの全体像 (NEDO)

水素社会構築技術開発事業(中間評価) www.nedo.go.jp/content/100804214.pdf



液化水素、有機ハイドライド

エネルギーキャリアの物性値

出典 IEEI 水素社会を拓くエネルギーキャリア

水素キャリア	水素重量%	水素含有量 kg-H ₂ /m ³	沸点 °C	その他の特性	備考
液体水素	100	70.8	-253	強引火性 強可燃性 爆発性	
圧縮水素 350 気圧	100	23.2			
圧縮水素 700 気圧	100	39.6			
メチルシクロヘキサン	6.16	47.3	101	引火性 刺激性	
アンモニア	17.8	121.0	-33.4	急性毒性 腐食性	20°C 8 気圧で液化

アンモニアによる輸送効率が最高

エネルギーキャリアのコスト試算

図表 5 キャリア別の水素エネルギーのコスト推計例*

水素キャリア*	円/Nm ³ -H ₂ *	主要要素別コスト順位*
液体水素→水素*	23.2*	海上輸送、国内タンク、液化*
有機ヒドライド→水素*	13.3*	脱水素、海上輸送、水添*
アンモニア→水素*	13.4*	合成、分解、海上輸送*

出典 水素社会を拓くエネルギー・キャリア*

試算 国際環境経済研究所 IEEI 主席研究員塩沢文朗氏*

参照 JST 科学技術未来戦略ワークショップ エネルギー総合工学研究所 村田氏講演*

有機ヒドライドとアンモニアには大差なく、液体水素よりもコストは低い。
現時点の研究・技術開発水準に沿った試算であるため、液体水素のコストは今後削減されていく可能性が高い。
アンモニアを燃焼利用(直接燃焼)することを想定すると、分解コストが不要となるため(現時点では)アンモニアが最もコスト面で優れたエネルギーキャリアと言える。

液体水素はコスト的に不利

SIP研究開発計画(内閣府)(1/2)

内閣府 各課題の研究開発計画一覧 <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/>



SIP研究開発計画(内閣府)(2/2)

内閣府 各課題の研究開発計画一覧 <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/>



2017年度予算案は37億円(対前年+2億円)

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

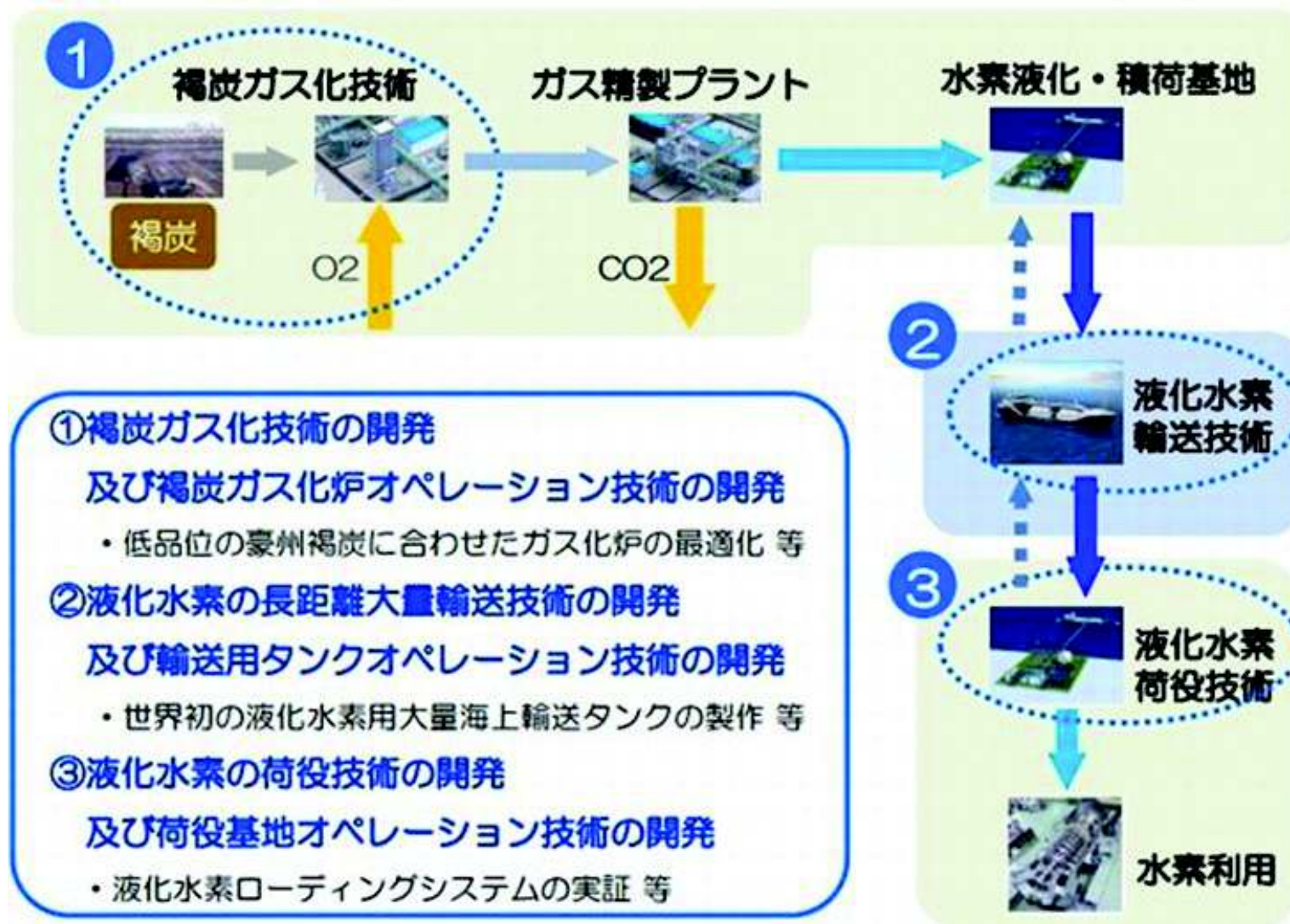
(7. 1) エネルギーキャリア「液体水素」

- ①褐炭液化 ②液化水素輸送 ③液化水素荷役
- CO₂フリー水素を安定供給する
- 技術課題は、変換・輸送・貯蔵・取り出し
- 川崎重工と神戸市

サプライチェーン計画

水素・燃料電池戦略協議会(第4回) - 配布資料1

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/004_haifu.html



① 褐炭ガス化技術 ② 液化水素輸送技術 ③ 液化水素荷役技術

液化水素サプライチェーン計画

NEDO Forum 2015年資料 <http://www.nedo.go.jp/nedoforum2015/program/index.html#part-f>



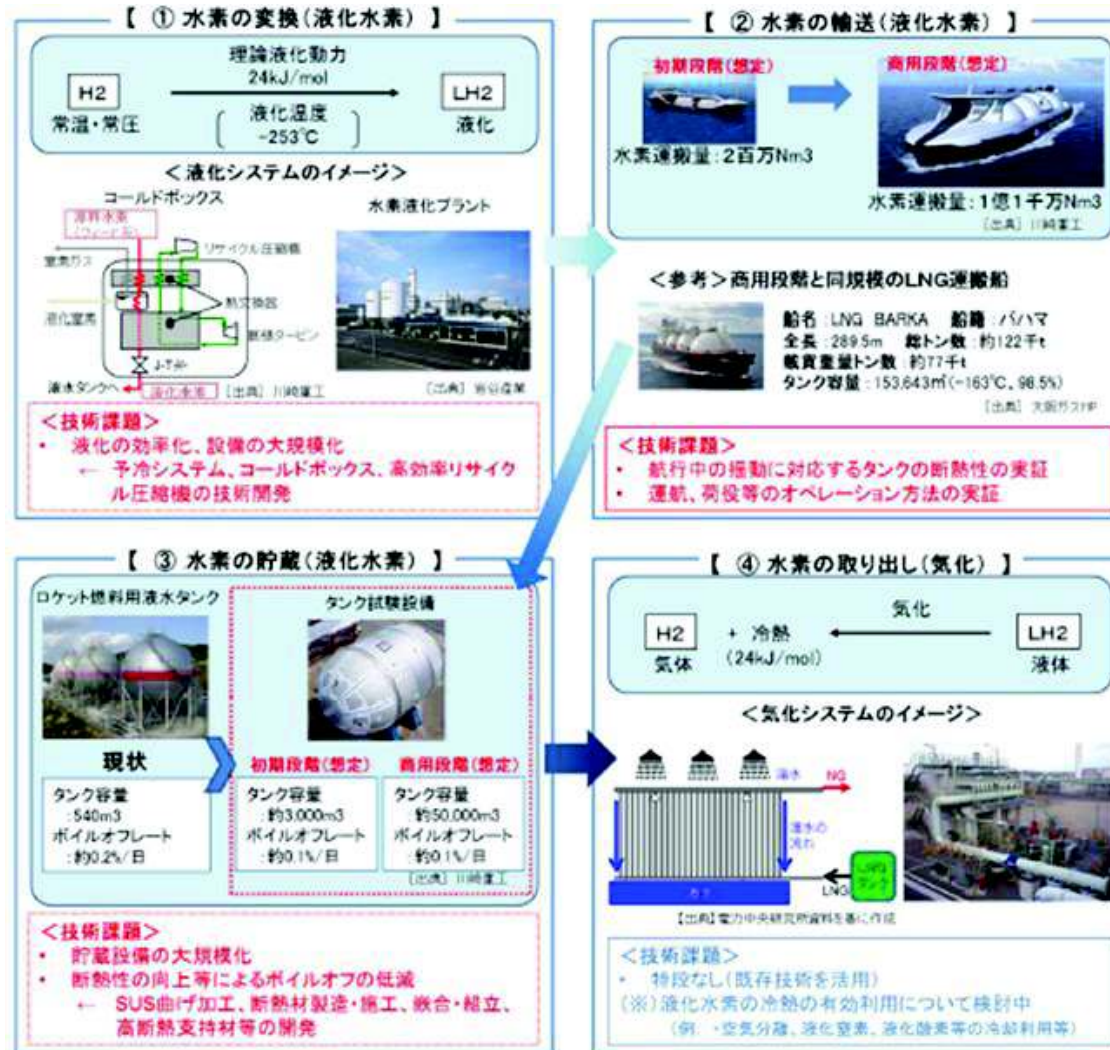
CO₂フリー水素を安定供給する

液化水素の技術課題

①変換 ②輸送 ③貯蔵 ④取り出し

水素・燃料電池戦略協議会(第4回) - 配布資料1

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/004_haifu.html

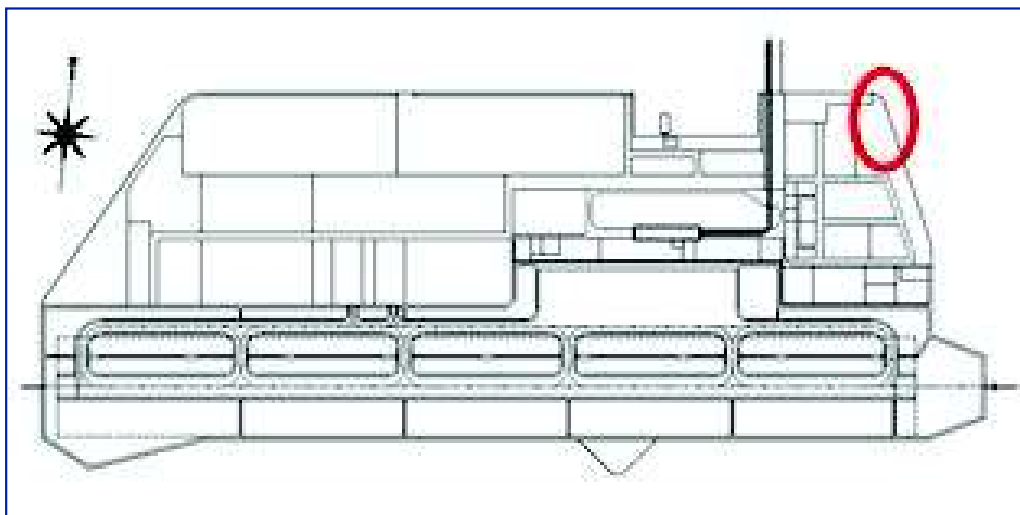


技術開発・実証試験を必要とする

液化水素輸送技術・荷役技術（神戸）

神戸市環境局 <http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2016/01/20160126190501.html>
<http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2017/03/20170330173201.html>

2015-16年度 技術要素の試験及び仕様の検討
～2019年度 液化水素荷役設備の
設計・製作・試運転等
2020年度 実証運転



神戸空港島

岸壁改良工事(2017年3月30日)

2017年12月末頃工事完了



川崎重工(株)と神戸市により開始

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(7. 2) エネルギーキャリア「有機ハイドライド」

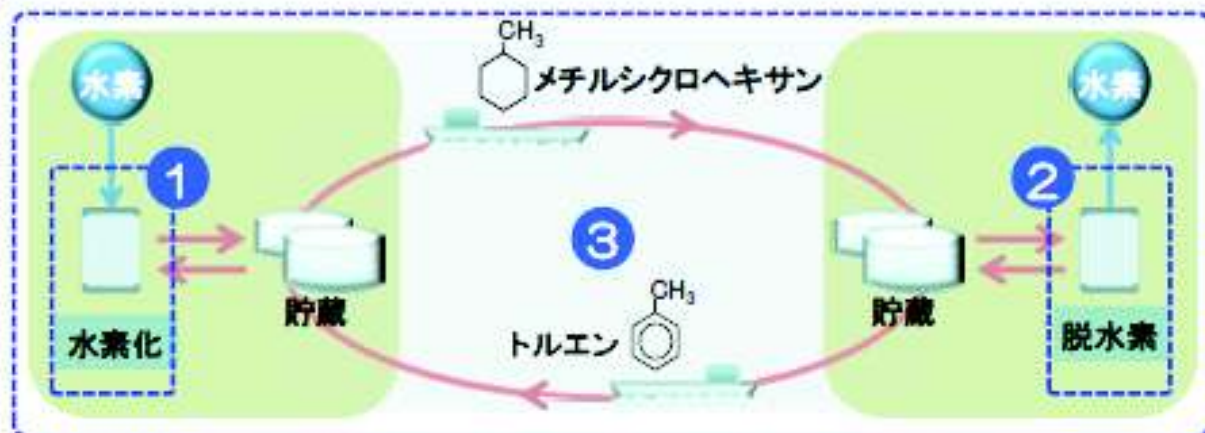
- ・運用の可能性を検証する予定 千代田化工建設
- ・技術課題①変換②輸送③貯蔵④取り出し
- ・水素とトルエンの分離を要する

有機ケミカルハイドライド法による水素サプライチェーン

水素・燃料電池戦略協議会(第4回) - 配布資料1

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/004_haifu.html

チェーン概要図、実証項目



①水素化プラント

- ・反応器スケールアップ検討 等

②脱水素プラント

- ・反応器スケールアップ検討
- ・脱水素プラントの負荷追従性向上策検討 等

③サプライチェーン全体

- ・商用トルエンを用いたデモプラント運転検証
- ・チェーンオペレーションと設備の最適化検討 等

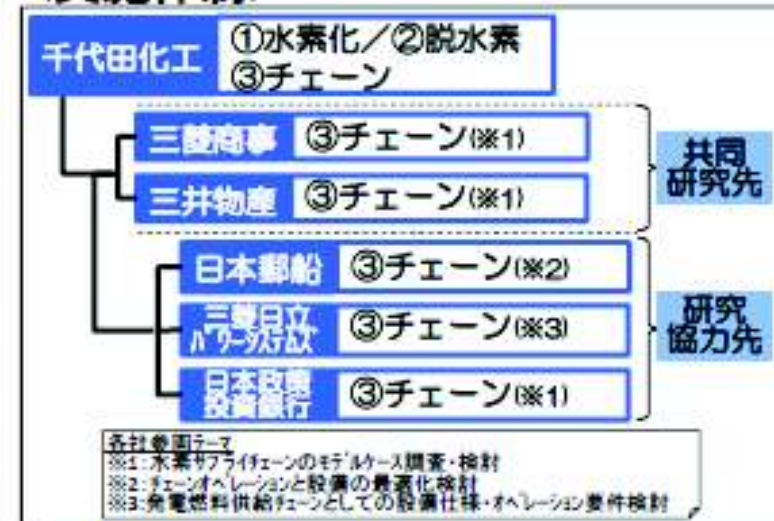
水素化・脱水素デモプラント
(運転能力: 50Nm³/h)



[出典: 千代田化工]

実施体制、スケジュール

<実施体制>



<想定スケジュール>

H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度
要素試験 仕様検討	設計・製作・試運転等			実証 運転	

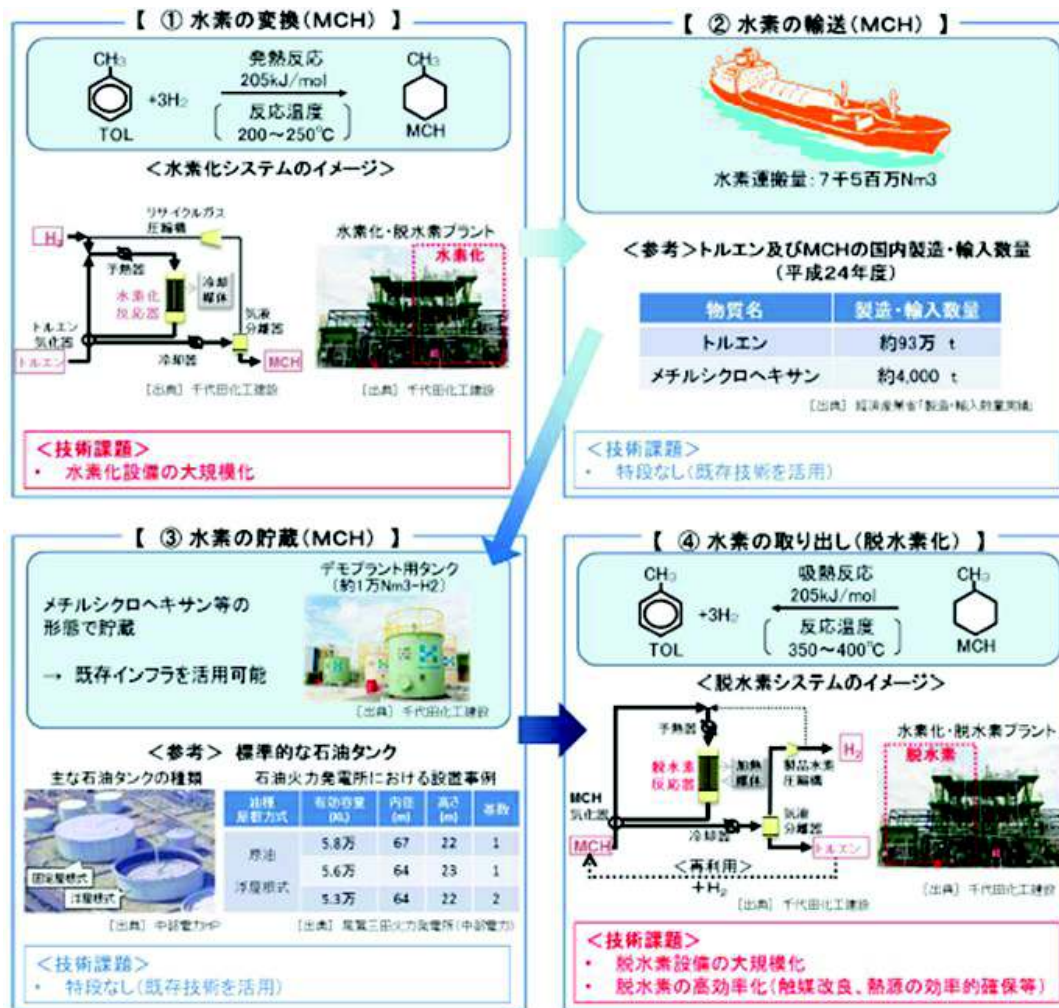
運用の可能性を検証する予定(千代田化工建設)

有機ハイドライドの技術課題

①変換 ②輸送 ③貯蔵 ④取り出し

水素・燃料電池戦略協議会(第4回) - 配布資料1

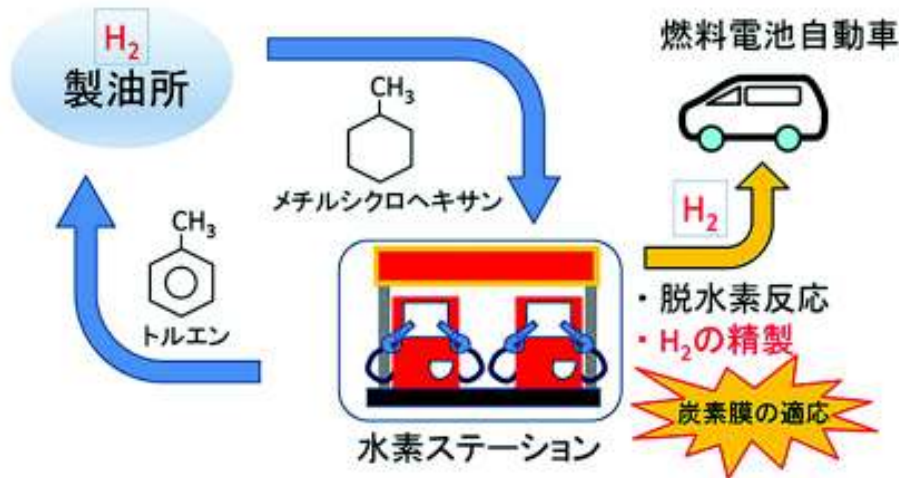
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodench/004_haifu.html



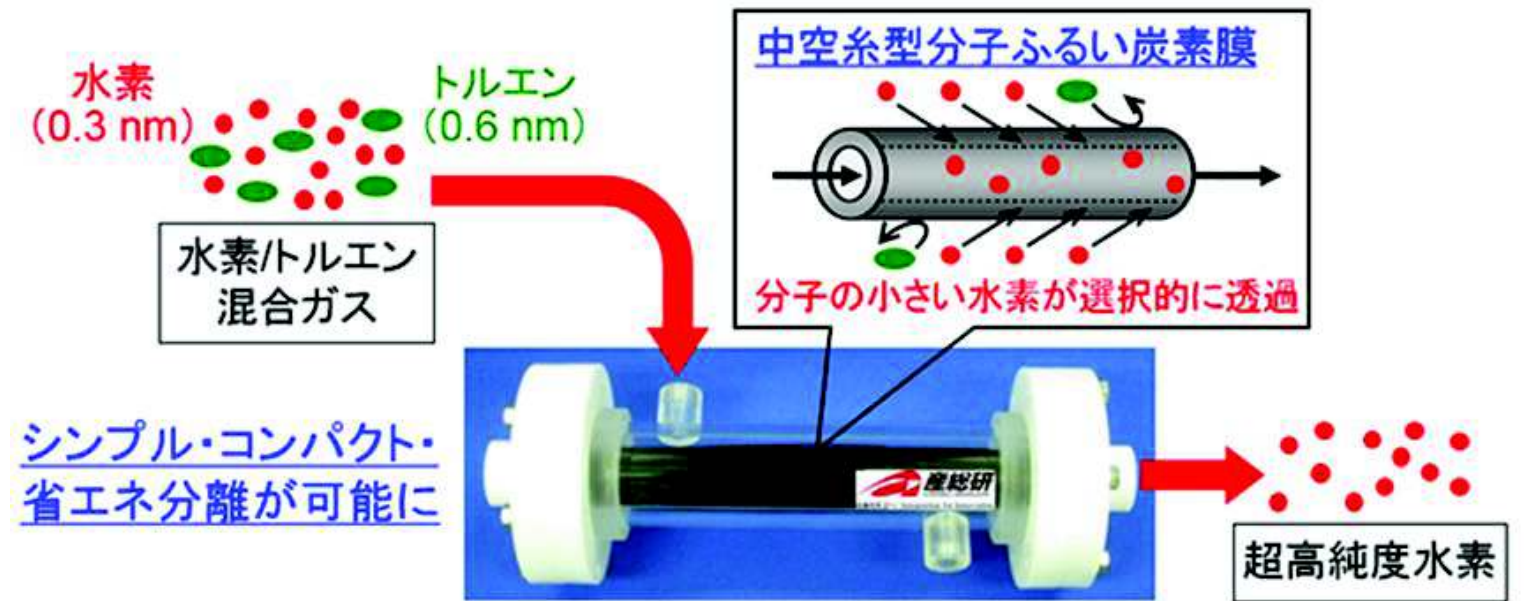
設備サイズ最適化、反応コスト改善が課題

技術開発：高性能大型分離膜

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20170309/#ZU2>



有機ハイドライド型水素ステーションでの運用条件として想定する90℃での水素／トルエン混合ガス供給時においても優れた選択性を維持し、500時間以上にわたる安定した分離性能を確認している



水素とトルエンの分離を要する

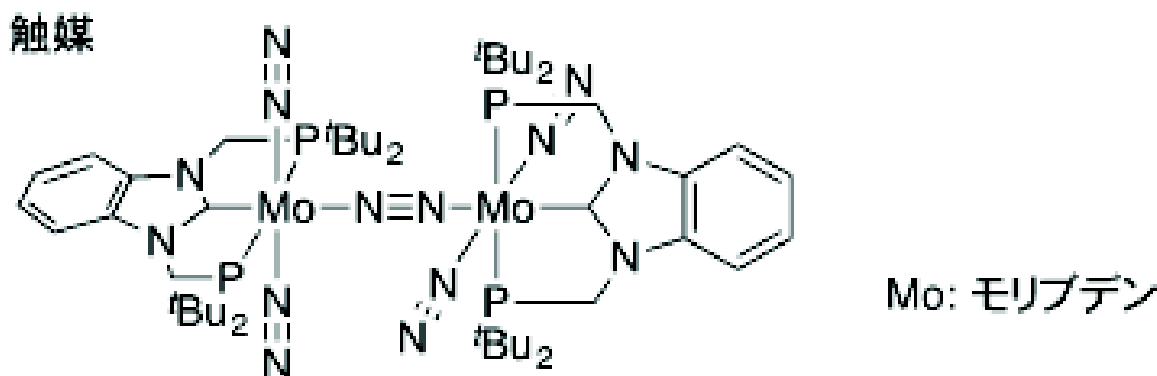
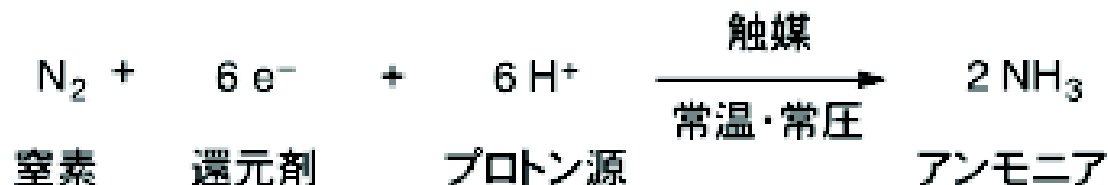
四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(7. 3) エネルギーキャリア「アンモニア」

- ・アンモニア合成触媒
- ・アンモニアの分解
- ・数十秒で水素を製造
- ・常温起動型アンモニア分解炉

技術開発：世界最高の活性を示すアンモニア合成触媒

科学技術振興機構(JST)プレス <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20170404-2/>



モリブデン窒素錯体

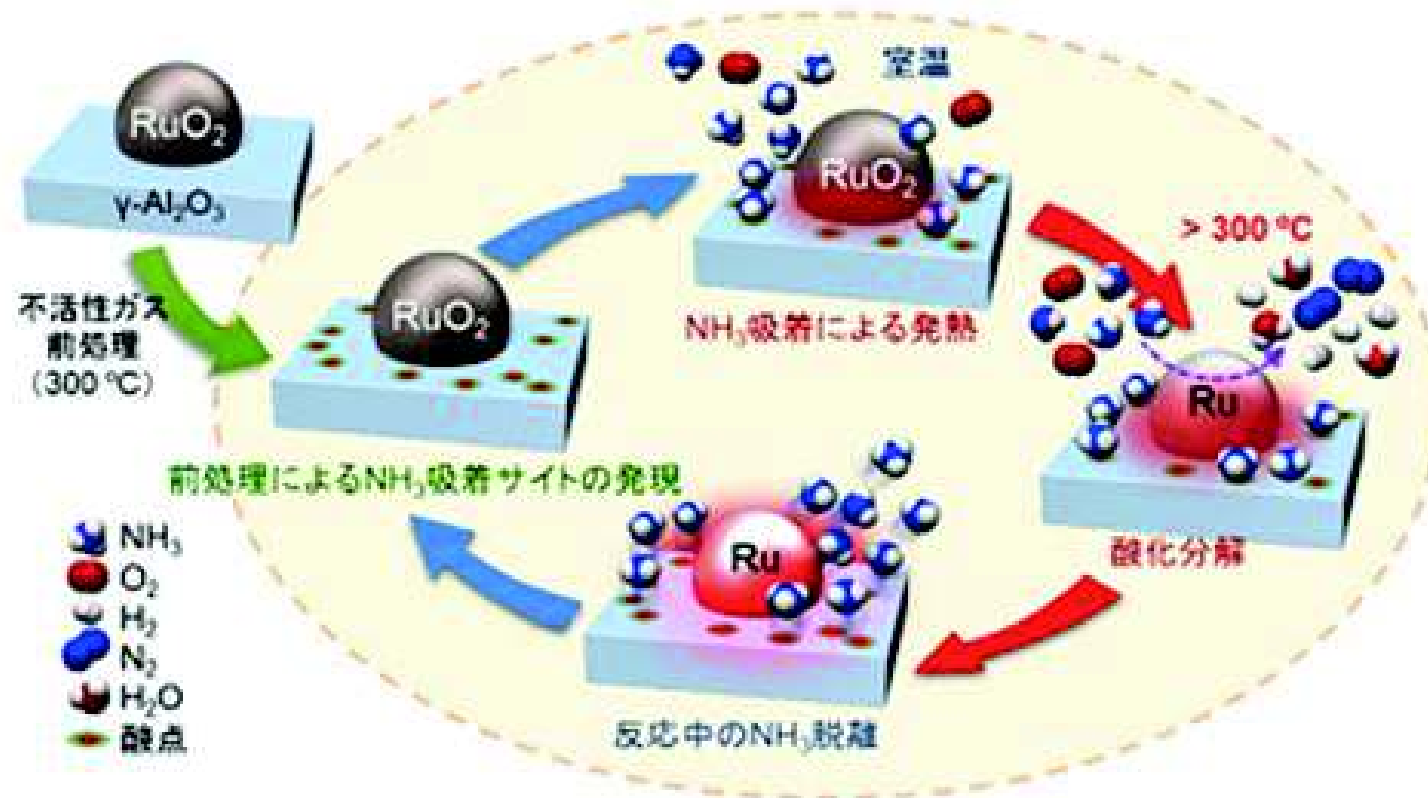
- 窒素をアンモニア注1)へと変換する窒素固定反応に適したPCP型ピンサー配位子を持つモリブデン窒素錯体を新しく分子設計し、合成に成功した。
- 開発に成功したモリブデン窒素錯体は、常温・常圧での触媒的アンモニア合成において、世界最高の触媒活性を示した。
- 本成果は現行のアンモニア合成法(ハーバー・ボッシュ法)を将来代替する可能性もあり、次世代の触媒開発の指針となる重要な知見である。
- 東大、九大、JSTにより共同開発

この成果はCO₂排出量大幅削減達成に寄与できる

技術開発：アンモニアの分解 (JST)

科学技術振興機構 (JST) プレス <http://www.jst.jp/pr/announce/20170429/index.html>

外部エネルギー供給が不要な触媒サイクル

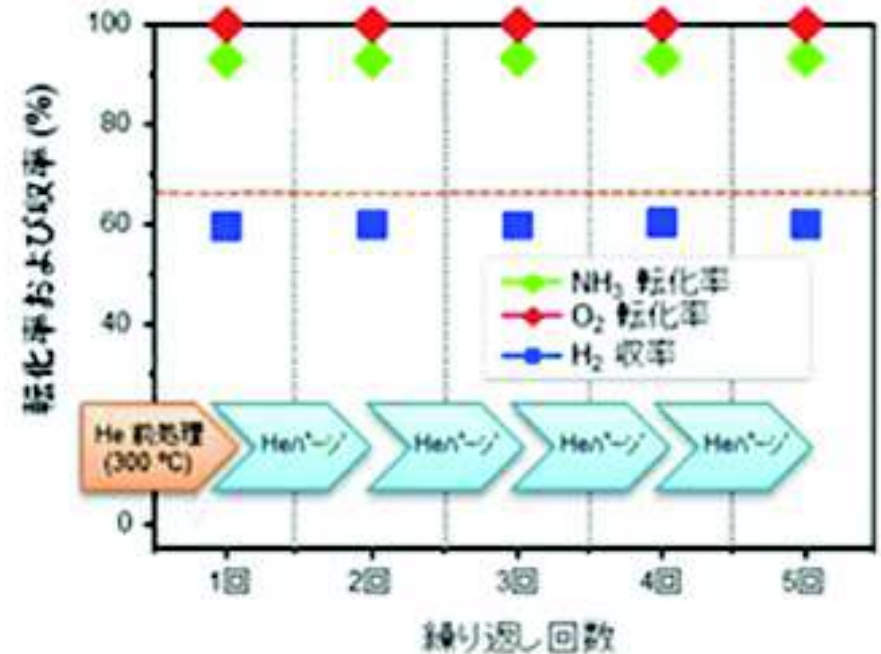
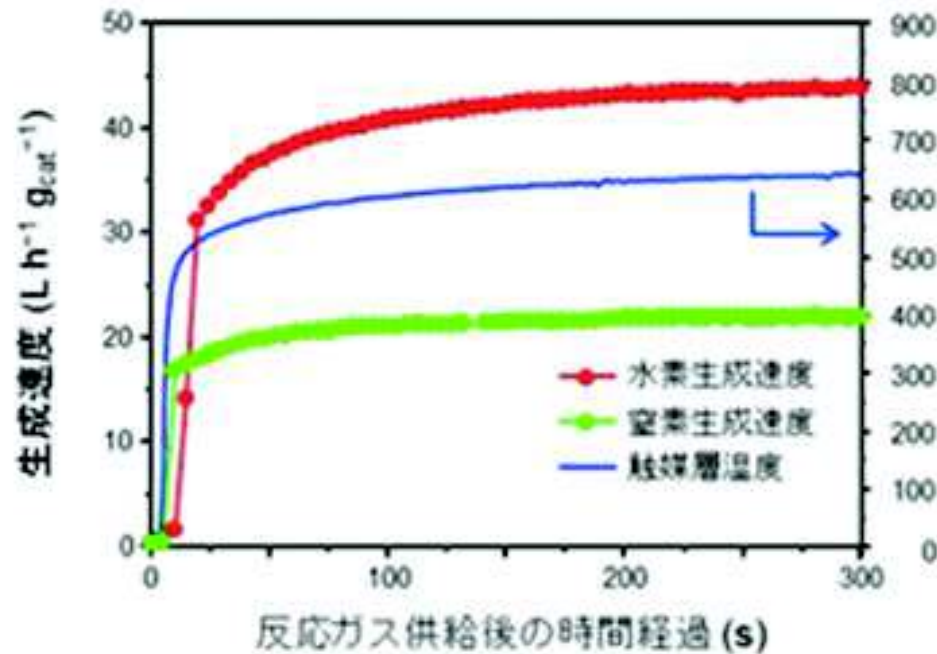


少量の酸素を導入してアンモニアの一部を燃焼させる酸化分解反応に注目。かつRuO₂/γ-Al₂O₃触媒 (酸化アルミニウム担持酸化ルテニウム触媒) へのアンモニアの吸着熱を利用して触媒層を内部から急速に加熱することで、水素製造を瞬時に開始し、高速で水素を製造することに成功した。

外部加熱不要な水素製造装置の可能性

技術開発：アンモニア分解 数十秒で水素を製造 (JST)

科学技術振興機構 (JST) プレス <http://www.jst.jp/pr/announce/20170429/index.html>



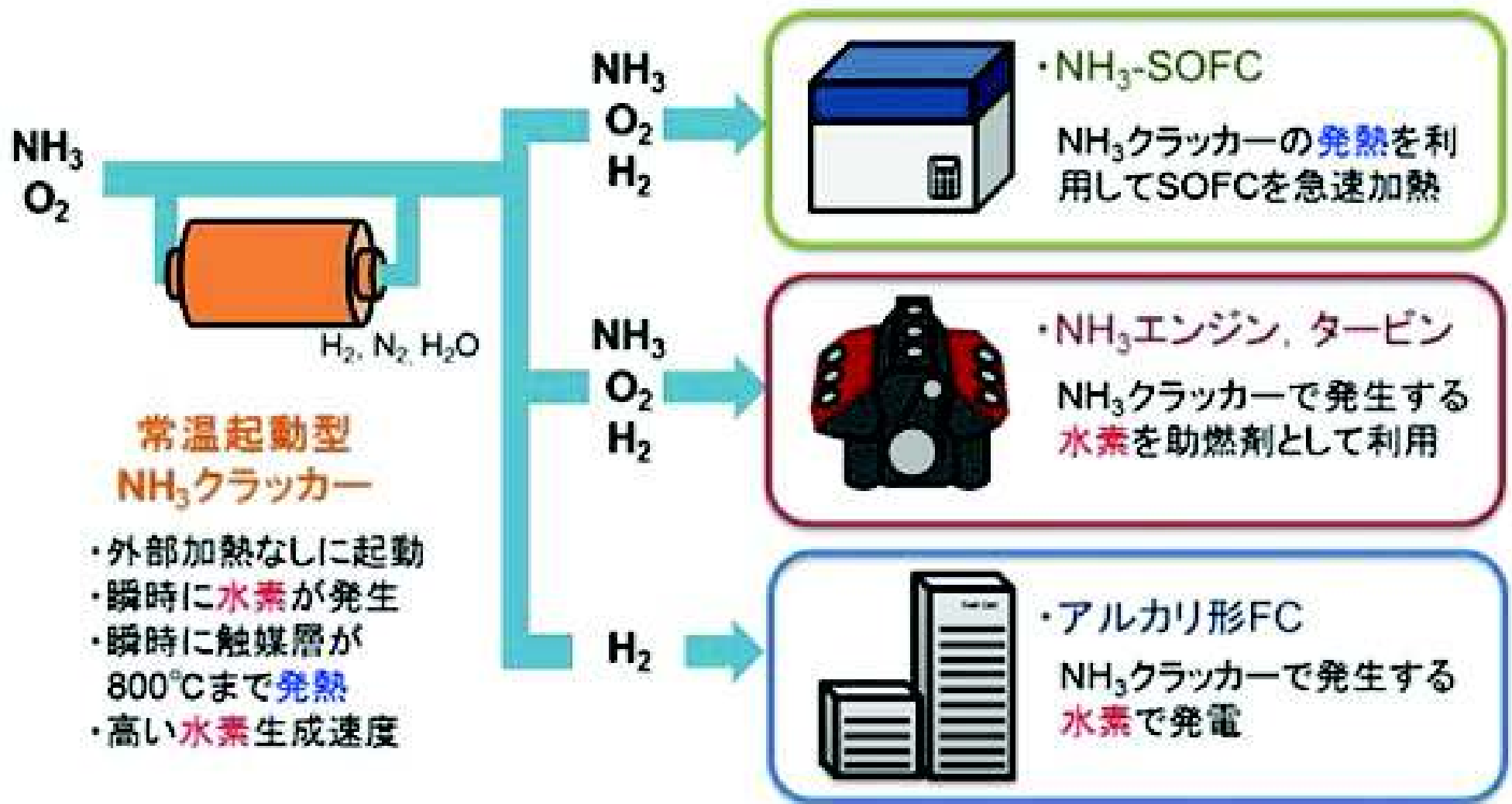
開発した触媒プロセスによって反応を起動した際の様子(左)と起動・停止の繰り返し(右)

酸化分解は発熱反応のため、一旦反応がはじまると触媒層の温度は高温に保たれる。このため、アンモニアが反応中に脱離して安定して吸着できる吸着サイトが再生される。これに不活性ガスを流しておくことで、2回目以降は吸着サイトを再生するための前処理を行わなくても、反応ガスを供給するだけで、繰り返し反応を起動できる。

立ち上がりが早い。 収率が高い。

分解プロセス応用イメージ (JST)

科学技術振興機構 (JST) プレス <http://www.jst.jp/pr/announce/20170429/index.html>



常温起動型アンモニア分解炉

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(8) 水素発電(技術革新その2)

(8. 1) 発電「水素」

(8. 2) 発電「アンモニア」

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(8. 1) 発電「水素」

- ・大規模水素の利用計画
- ・水素発電の意義
- ・大規模水素製造の現状と課題
- ・水素発電「アクションプラン」
- ・水素発電の目指すべき形態と過渡期の姿
- ・水素発電NEDO実証プロジェクト
- ・水素の燃焼特性
- ・水素発電 技術開発の現状と課題
- ・水素発電 水素ガスタービン例

大規模水素の利用計画

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html



2030年 未利用エネルギーからの水素利用開始

水素発電の意義

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 水素発電は将来の二酸化炭素削減のためのオプションの一つとして一定の意義があると考えられる一方、経済性の課題に加え、現状においては十分な量の水素を安定供給するための検討が不足しているなど、エネルギーセキュリティについても課題が残る。
- 水素発電の実現には、二酸化炭素を排出しない水素供給の確立を前提に、経済性やエネルギーセキュリティの課題を解決することが必要。

3Eの観点での水素発電の評価

実現に向けての必須条件

実現に向けての課題

環境性

- 環境性については、発電段階では二酸化炭素を排出せず、水素製造時に発生する二酸化炭素をCCSによって回収して地中に貯留したり、再生可能エネルギー由来の水素を活用したりするなど、水素の製造方法によっては二酸化炭素を排出しない二酸化炭素フリーな電源となり得る。

経済性

- 経済性については、ロードマップにおいて、2020年代後半の目標である水素のプラント引渡し価格を30円/Nm³、つまり天然ガス火力発電の燃料を水素に機械的に置き換えた場合の発電コストで17円/kWhとした場合、石油火力よりは安価であるものの、石炭やLNGとの比較では経済性に劣っている。

エネルギーセキュリティ

- エネルギーセキュリティについては、日本にとって未利用エネルギーである副生水素、原油随伴ガス、褐炭等から水素を製造することで、エネルギーセキュリティの向上に資する潜在的な可能性はある。しかしながら、未利用エネルギーの賦存量のうち水素発電で実際に活用可能な量については、水素輸送に要する日数やコスト、資源国との関係での調達の柔軟性等を踏まえて精査することが必要である。

環境性の意義は高い。経済性・供給安定性の課題解決が前提

大規模水素製造の現状と課題

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 水素発電等の将来の水素の大量需要に対応する方法として、副生水素、原油随伴ガス、褐炭等の海外の未利用エネルギーを活用し、水素を安価に製造することが検討されている。
- これらの未利用エネルギーは、現在は需要がなく取引価格が抑制されているものの、今後、取引価格が上昇する可能性も考えられ、水素製造コストの更なる低減に向けた検討が必要。

水素源	特徴	利用の展望
副生水素	<ul style="list-style-type: none">● 国内での副生水素は熱源等に自家消費する事例がほとんどだが、海外では有効活用されていないケースも多く存在。● 初期投資の抑制が可能。● 水素量が目的生産物の生産量に依存し、プラントごとの調達可能量も限定的。	<ul style="list-style-type: none">● 水素供給の初期段階における水素源として有望。
原油随伴ガス	<ul style="list-style-type: none">● 油田に原油随伴ガスの一定量が再圧入されているが、未活用ガスも相当量存在。● 燃焼廃棄エネルギーの有効活用。● 現地での大規模な水素製造装置を設ける費用と期間、及びCCSが必要。	<ul style="list-style-type: none">● 中長期的な将来の大量供給に向けた水素源として開発を進める必要がある。
褐炭	<ul style="list-style-type: none">● 可採埋蔵量が豊富で世界各地に賦存するが、長距離輸送や貯蔵に不適であり活用が不十分。● 未利用化石燃料の有効活用。● 現地での大規模な水素製造装置を設ける費用と期間、及びCCSが必要。	<ul style="list-style-type: none">● 中長期的な将来の大量供給に向けた水素源として開発を進める必要がある。
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none">● 現時点の技術水準では水電解による水素製造を想定するが、大量製造技術としては基礎的な研究開発が必要。● 再エネの偏在性を吸収する手段として有効であり、製造段階でもCO2フリー。● 出力変動を伴い供給地が偏在している。	<ul style="list-style-type: none">● 安価で安定的な水素の大量供給を行うためには長期的視野のもとで取組を進めていく必要がある。

課題は多く、中長期的視野に基づく取り組みが必須 38

水素発電「アクションプラン」

次世代火力発電協議会（第6回）

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 水素発電の目指すべき形態に向けては、現在、各種研究開発が進められている。
- また、過渡期においては、2030年頃までを見据えた経済性及びエネルギーセキュリティ等に関する課題を解決するための取組を同時に推進していく必要がある。
- これらと並行し、水素の大規模供給チェーン構築に向けた研究開発や実証の取組も実施していく。

【専焼方式】

【混焼方式】

	目指すべき形態に向けた取組例	過渡期における取組例
取組内容	<p>【発電サイド】</p> <ul style="list-style-type: none">・低NOxかつ高効率な水素専焼が可能な燃焼器の技術開発 <p>【供給サイド】</p> <ul style="list-style-type: none">・液化水素ローディングシステムの研究開発・水素液化システム、液化水素貯蔵システムの大規模化、効率化に向けた研究開発・MCH脱水素システムの大規模化・効率化に向けた研究開発	<p>【発電サイド】</p> <ul style="list-style-type: none">・具体的な既存の天然ガス火力発電所を念頭にした大規模水素混焼（低濃度）の実証・小規模水素混焼コージェネ（低～高濃度）を活用したスマートコミュニティでの実証・水素発電に即した安全規制の見直しの有無に係る検証 <p>【供給サイド】</p> <ul style="list-style-type: none">・海外からの大規模水素供給チェーン構築に向けた実証・発電用途以外の水素供給のあり方の検討

混焼・専焼各ステージにおける計画的な取組みが必要

水素発電の目指すべき形態と過渡期の姿

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 水素発電の実現のためには、目指すべき形態（発電方式、燃料種の数、燃焼方式）を想定し、合理的に開発を進めることが必要。
- 水素の発電部分だけでなく、「経済性」や「エネルギーセキュリティ」をある程度達成した水素供給チェーンを確立する必要があり、水素発電の目指すべき形態に加え、そこに達するまでの過渡期のあり方も含めた技術開発や実証等の取組が必要。

	目指すべき形態	過渡期の形態	
発電方式	ガスタービンコンバインドサイクル発電		
燃料種の数 (専焼/混焼)	水素専焼方式	水素混焼方式	
燃焼方式	予混合燃焼方式・新方式	予混合燃焼方式	拡散燃焼方式
特徴・理由等	<ul style="list-style-type: none"> ・熱効率が高い ・プラント設置スペースが小さい ・負荷変動対応の柔軟性が高い ・インフラコストの低減が可能 ・燃料制御の複雑性を回避 ・エネルギーセキュリティに資する 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱効率が高い ・技術的ハードルが低い（低濃度） 	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度水素にも一定程度対応 ・技術的ハードルが低い
		<ul style="list-style-type: none"> ・既存火力発電所に水素供給設備を付設することで建設コストを抑制可能 ・大規模水素発電のオペレーションを試行可能 ・専焼発電の導入初期に必要なLNG供給バックアップに向けた課題等の知見を蓄積可能 	

ガスタービンコンバインドサイクル発電

水素発電「NEDO実証プロジェクト」

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 現在、NEDOにおいて水素発電に関する2つの実証プロジェクトを実施中。
 - 1MW級水素CGSを活用した天然ガス・水素混焼実証
 - 500MW級既存LNG火力発電における水素混焼実証

水素CGS活用スマコミ実証

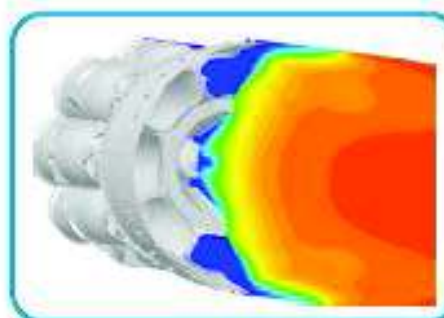
統合型EMS



水素CGS



大規模水素混焼実証(燃焼器開発)



設計・シミュレーション



要素燃焼試験



発電設備詳細設計(500MW級)

将来の水素利用アプリケーションとして水素発電を想定

水素発電「水素の燃焼特性」

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 水素は天然ガスの主成分であるメタン等と比べ、体積当たりのカロリーが低い、燃焼速度が速い、断熱火炎温度が高くNOxが発生しやすいなどといった特徴を持つ。
- 国内では、製油所や製鉄所等において、水素を含む副生ガスを燃料として、ボイラー発電やガスタービン発電を行う事例が複数存在している。(実績水素濃度 5~10%)

水素と他燃料の燃焼特性比較

		燃料発熱量 (LHV)[kJ/m ³]	最大燃焼速 度[cm/s]	可燃範囲 [%]	断熱火炎 温度[°C]	必要点火エ ネルギー [mJ]	Lewis数 熱と物質の移 動速度の比	火炎可視 性	金属脆化の 影響
水素		10780	346	4-75	2107	0.02	0.6	見えにくい	有
		少ないため燃料流 量が大量に必要	速いため逆火 の危険あり	広いため着火 危険性増大	高いためNox 排出増大	低いため着火 危険性増大	低いため火 炎不安定	火炎制御 が困難	設備対策必要
(参考)	メタン	36000	43	5.3-15	1949	0.3	1.01	見えやすい	無
	プロパン	91261	47	2.1-9.5	—	0.26	1.79	見えやすい	無

水素燃焼では逆火対策を要す

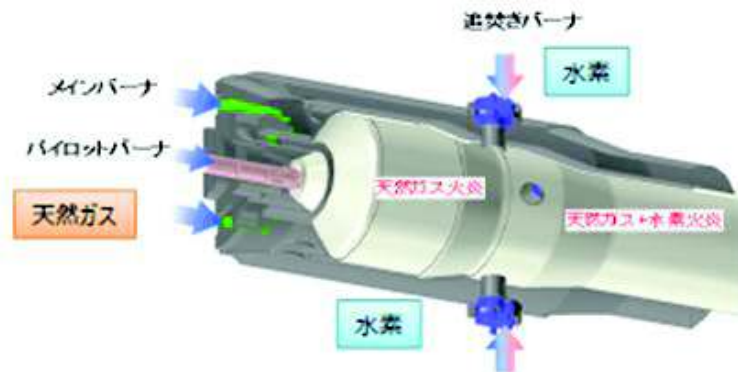
水素発電「技術開発の現状と課題」

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

- 自家発電向けであれば、一定濃度の水素を含む副生ガスを燃料とする水素発電は行われているが、より高い濃度の水素を含む副生ガス等をより効率良く発電に利用したいとのニーズに対応するための技術開発が進められている。

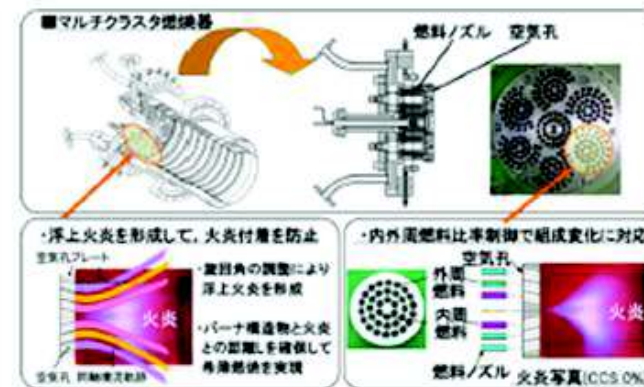
【ドライ追焚型混焼ガスタービン】



メイン・パイロットバーナから天然ガスを噴射するとともに、水素ガスを追焚型バーナから噴射することで安定燃焼させ、NO_x発生と逆火等のリスクを低減。

[出典] 川崎重工業

【マルチクラスタ燃焼器】



CO₂回収型IGCCにおいて、水素含有率が高い燃料を安定かつ低NO_x燃焼できるガスタービン技術として、水素燃焼に対応した、水噴射を行わないドライ型で低NO_x化や耐逆火性を実現したガスタービンである「多孔同軸噴流バーナ」を開発。

[出典] NEDO「石炭ガス化発電用高水素濃度対応型低NO_x技術開発」

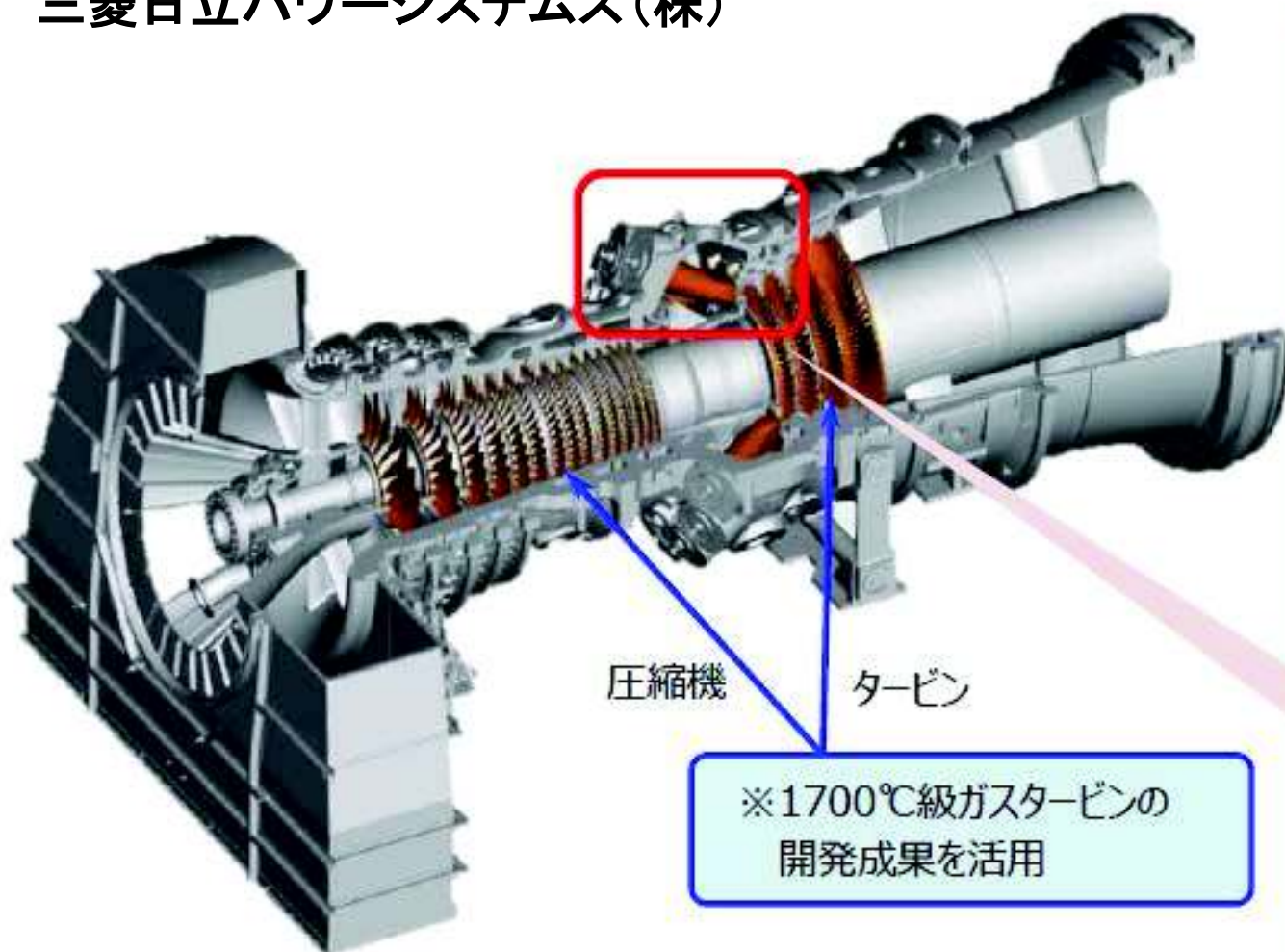
高濃度水素の燃焼装置開発が進む

水素発電「水素ガスタービン例」

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

三菱日立パワーシステムズ(株)



ガスタービン全体図 出典：自社カタログ

燃焼器

空気と燃料を混合、燃焼することでタービンを作動する為の高温/高圧ガスを生成する



ノズル

スワラ支持筒



燃焼筒



開発要素は燃焼器(混焼用、専焼用)のみ

水素発電「水素ガスタービン例」

次世代火力発電協議会(第6回)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/006_haifu.html

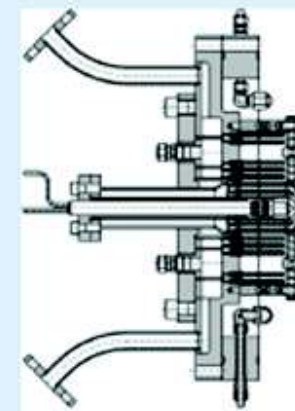
水素混焼(～20vol% H₂)

LNGで実績のあるDLN燃焼器を適用し、水素とLNGを混焼



水素専焼

CCS-IGCC用に開発したマルチクラスタ燃焼器をベースに、1600℃/1700℃の高温対応へ向けた改良設計を実施



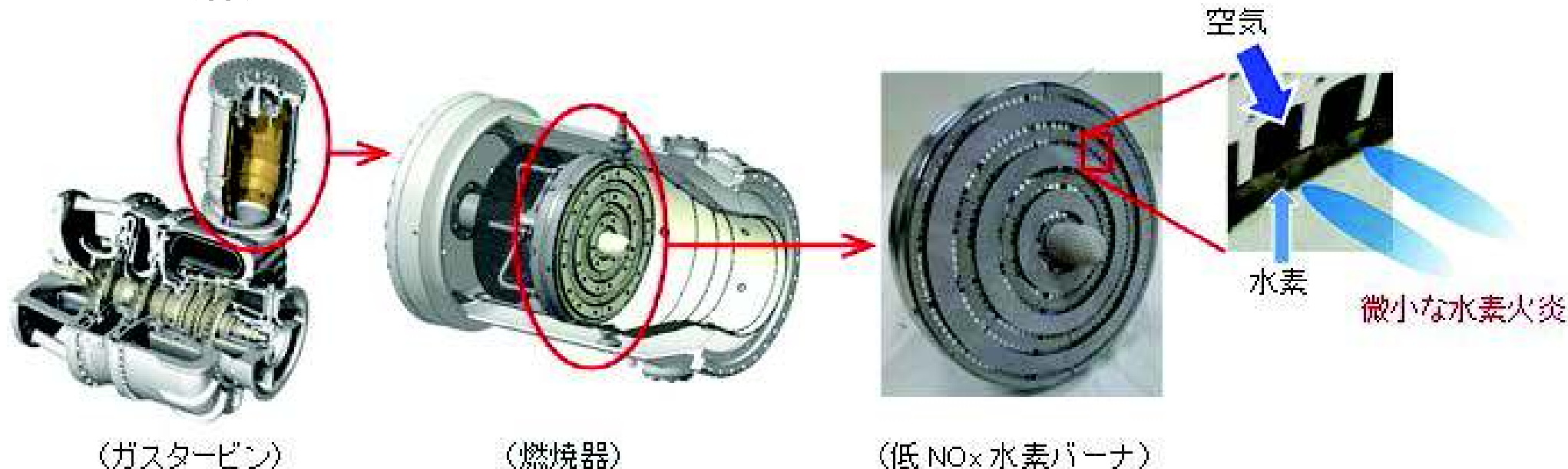
三菱日立パワーシステムズ(株)

水素含有割合に応じた燃焼器を開発

水素発電「水素ガスタービン例」

川崎重工ニュースリリース https://www.khi.co.jp/news/detail/20151221_1.html

川崎重工(株)



【低NOx水素専焼ガスタービン燃焼器】

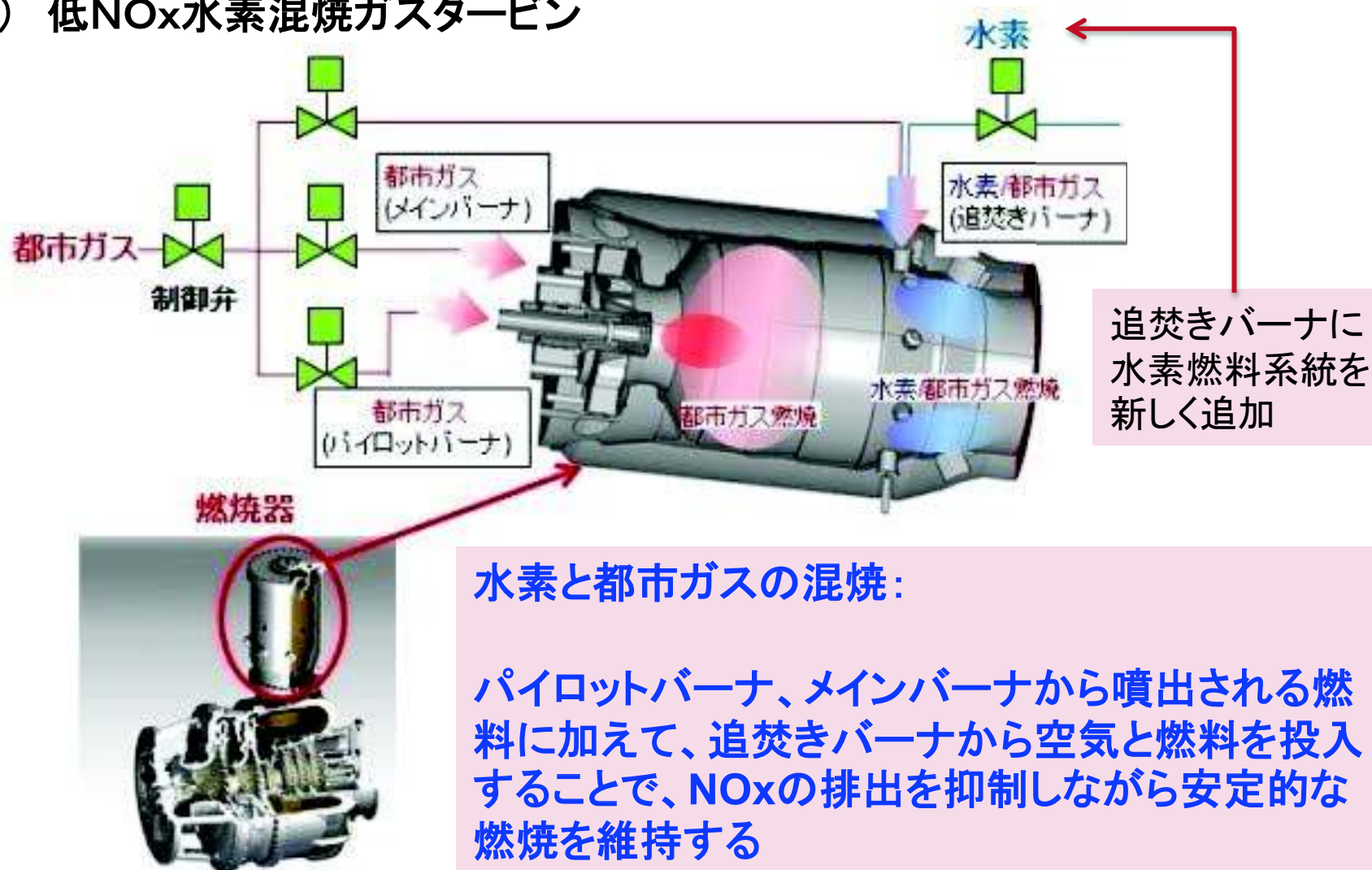
水や蒸気を用いずに低NOx燃焼が可能な水素専焼ドライ・ロー・エミッション(DLE)燃焼技術
微小な水素火炎を用いることで逆火等の不安定燃焼を抑制し、かつ低NOx燃焼を可能とする
水素100%の燃焼テストで、NOx<40ppm (ref. 大防法 規制値 84 ppm)を達成

2017年、燃焼器の完成とガスタービンへの搭載を目指す

水素発電「水素ガスタービン例」

川崎重工ニュースリリース https://www.khi.co.jp/news/detail/20150526_1.html

川崎重工(株) 低NO_x水素混焼ガスタービン



未利用副生水素の有効活用法の一つとして提案

四日市コンビナート先進化に向けた 水素有効活用検討 初回委員会資料

(8. 2) 発電「アンモニア」

- ・アンモニアガスタービン
- ・石炭-アンモニア混焼
- ・アンモニア燃料電池

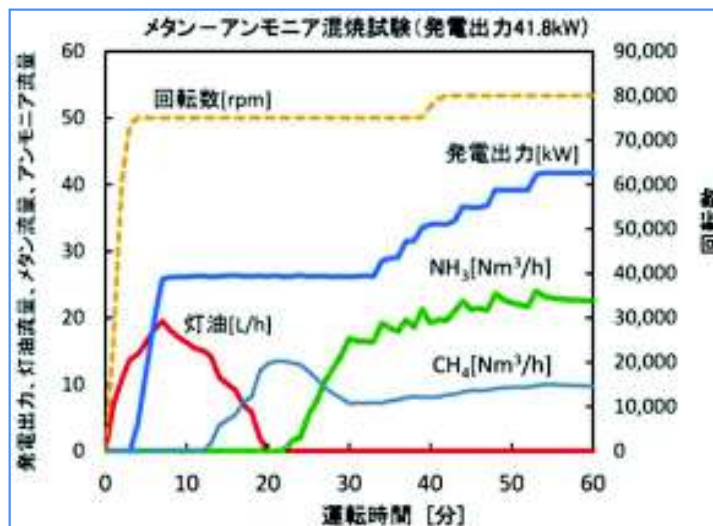
水素発電(アンモニアガスタービン)

産総研 http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2015/pr20150917/pr20150917.html#e

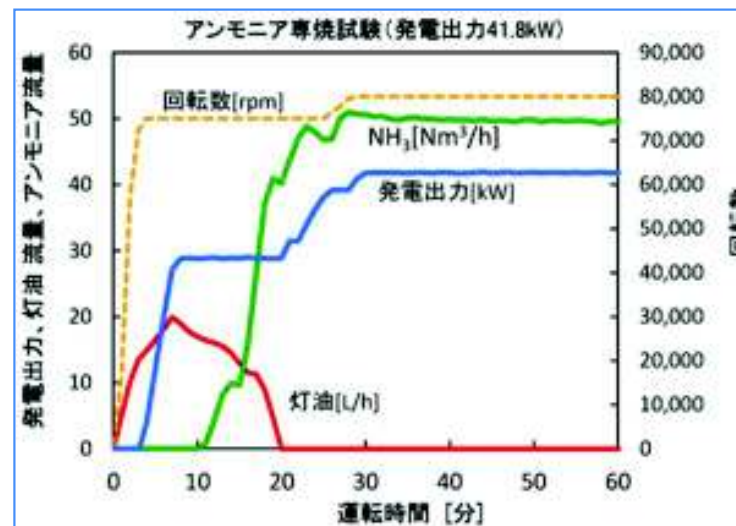
メタン-アンモニア混合ガスと100%アンモニアのそれぞれでガスタービン発電に成功



メタンとの
混焼



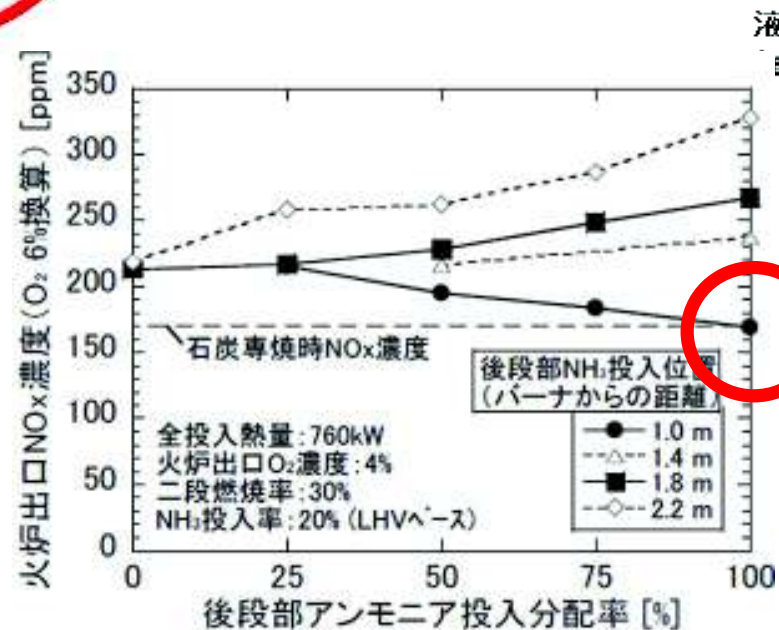
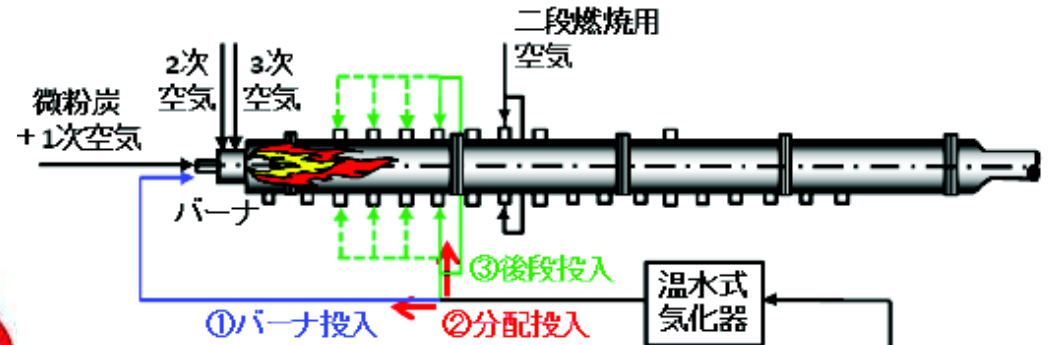
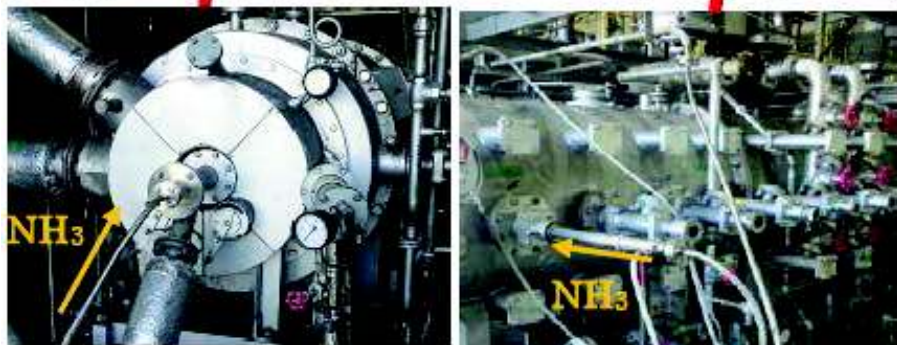
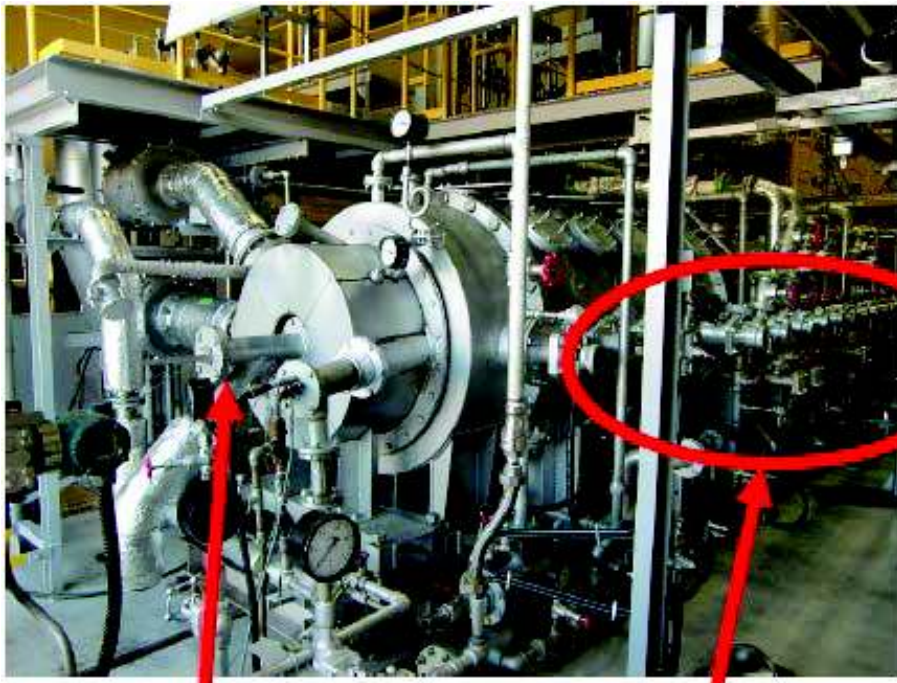
専焼



水素キャリアとしてのアンモニアのポテンシャルを確認

石炭-アンモニア混焼

電力中研ニュースリリース <http://criepi.denken.or.jp/press/pressrelease/index.html>

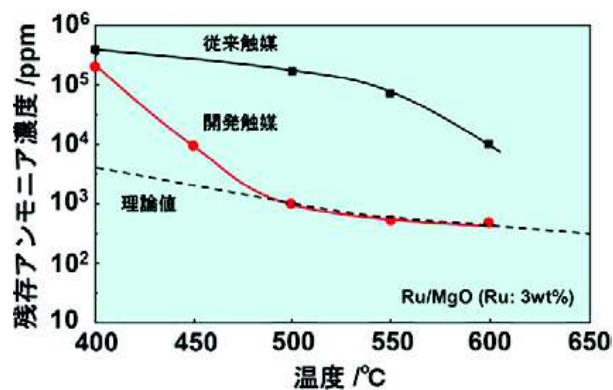


石炭専焼と同等となる条件を見出した

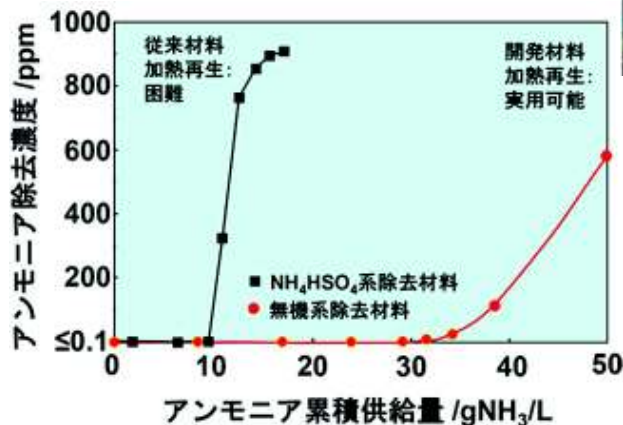
実ボイラを模擬した設備により、石炭-アンモニア混焼特性を解明

アンモニアを原料とする燃料電池

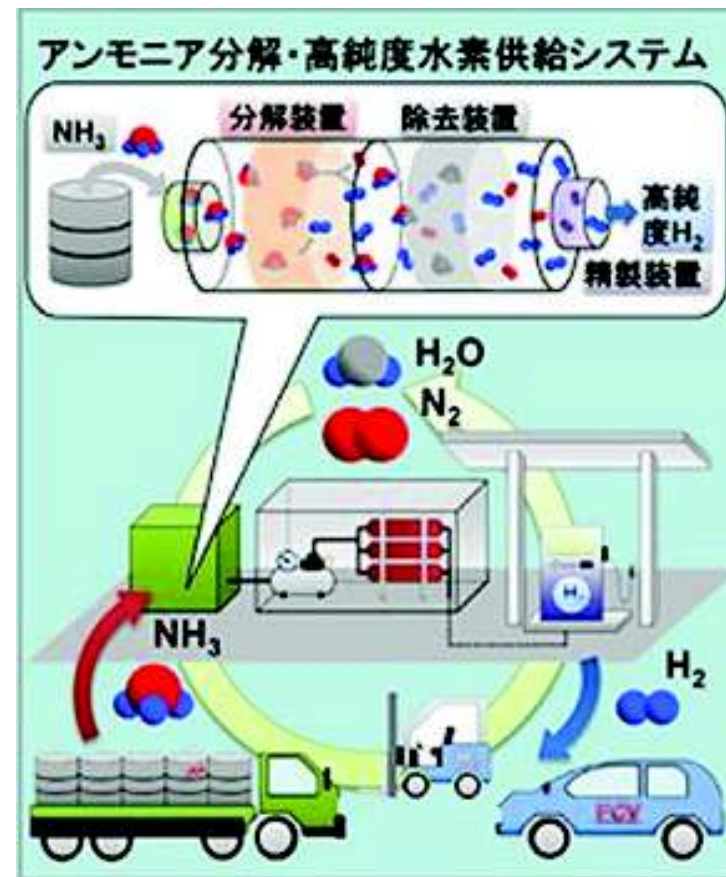
JST <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20160719-2/>



Ru系高性能触媒



無機系除去材料
(加熱再生容易)



アンモニア水素ステーション概念図

要素技術完成、スケールアップ検討実施中