

アンモニアと再エネを利用する 分散型低炭素エネルギーシステムの提案

1. アンモニアの政策動向
2. 内閣府SIP第3期：産業・運輸・民生分野での利用技術開発
3. アンモニア利用のカーボンリサイクル

2025年5月2日（金）14：00～14：40

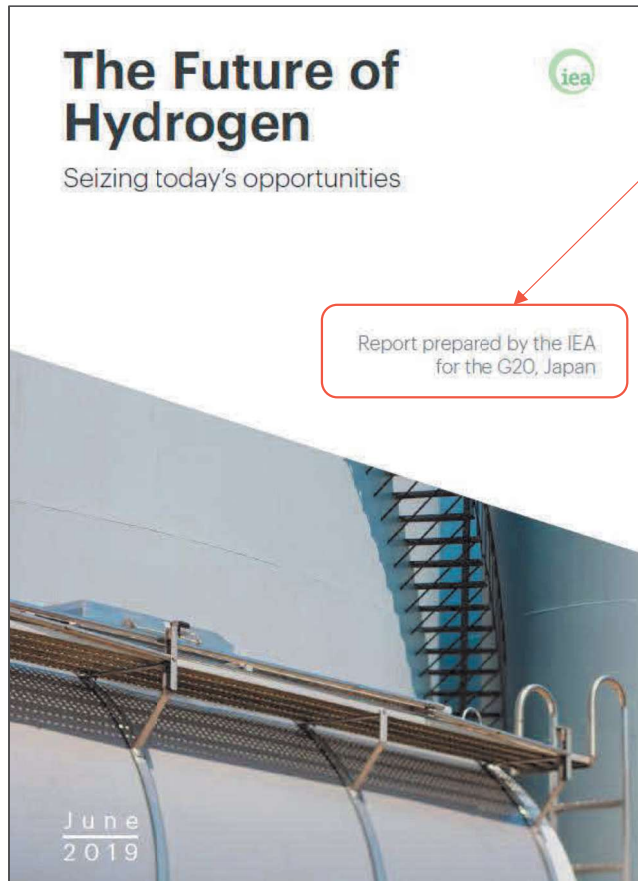
国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学

副学長／教授 神原 信志

kambara.shinji.g3@f.gifu-u.ac.jp

1. アンモニアの政策動向

(1)なぜアンモニア？：(IEAレポートより)



International Energy Agency(IEA,国際エネルギー機関)が、2019年G20「持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合」(6月15-16日,軽井沢),G20首脳会議(6月28-29日,大阪)のために作成したレポート。

日本で水素社会・脱炭素社会を確立するためには：

Chapter 3: Storage, transmission and distribution of hydrogen (水素の貯蔵, 輸送, 配送) で, 日本のように水素の輸送距離が3,500km程度以上の場合は, 液化アンモニアを水素キャリアとして輸送すると安価である。

Chapter 4: Present and potential industrial uses of hydrogen (水素の工業分野での利用の現状と可能性) では, 日本でのCO₂フリーアンモニアのコストが比較されている。CO₂67.4%減のブルーアンモニアが有望。

Chapter 5: Opportunities for hydrogen in transport, buildings and power (輸送, 建物, 発電分野での水素導入可能性) では, 日本では既存石炭火力発電にアンモニアを混焼することがCO₂低減に有効。

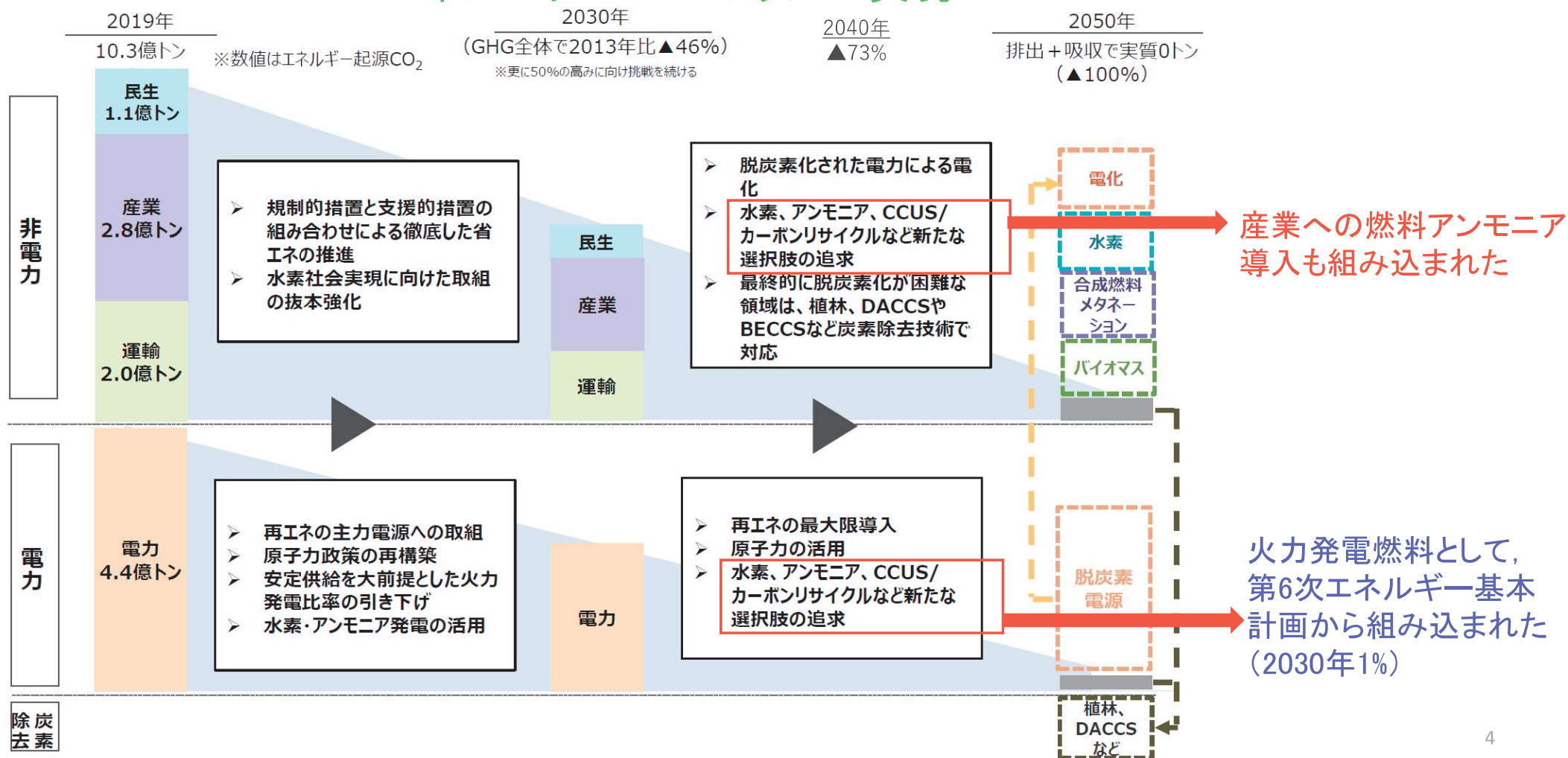
(2)アンモニアの政策動向一覧

Rev. 2025.1.12

時 期	イ ベ ント	URL(ctr lキー＋クリック)
2019.7	G20 in Japanで、 IEA Report “The Future of Hydrogen”を公表。水素キャリアと脱炭素エネルギーの1つにアンモニアを位置づける。	https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf
2020.10 (第5回 2022.7)	経済産業省「燃料アンモニア導入官民協議会」設立。 現在はアンモニア国際標準化検討(ISO)の取組み	https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/index.html
2021.2	燃料アンモニア導入官民協議会中間とりまとめで、アンモニア導入・拡大のロードマップが提示される。	https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/index.html
2021.6	2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略策定 。重要な14分野の1つに、水素・燃料アンモニア産業が明記された。	https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html
2021.10	経済産業省第6次エネルギー基本計画閣議決定。2030年の電源構成において、水素・アンモニア発電を1%としている。	https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005.html
2021.12 (中間まとめ 2022.9)	「燃料アンモニア導入官民協議会」第1回燃料アンモニア・サプライチェーン官民タスクフォース中間取り纏め	https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/supply_chain_tf/index.html
2021.12～ (論点整理 2022.3)	カーボンニュートラルコンビナート研究会（経済産業省）カーボンニュートラルコンビナートの実現に向けた論点整理	https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_neutral_complex/index.html
2022.3～ 2024.1中間とりまとめ (第14回 2024.6.7)	総合資源エネルギー調査会 水素・アンモニア政策小委員会	https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/index.html
2022.7～ (第14回 2024.12)	内閣官房GX実行会議 経済社会システム全体の変革－GX（グリーントランスフォーメーション）－GXを加速させるためのエネルギーをはじめとする個別分野の取組－	https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html
2024.5.24	「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律」（ 水素社会推進法 ）及び「二酸化炭素の貯留事業に関する法律」公布	https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/014_01_00.pdf

(3) 2050年カーボンニュートラルに伴う成長戦略

2050年カーボンニュートラルの実現



(4) 総合資源エネルギー調査会

省エネルギー・新エネルギー分科会 水素政策小委員会/資源・燃料分科会 アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会 合同会議

- 本邦の特徴を鑑みると水素・アンモニアサプライチェーンの構築は発電事業者が需要の牽引役となり、その後産業用途にまで供給が拡大していくことが想定される。
- 初期段階で構築されたサプライチェーンを中心として拠点を形成していくことが需要創出には重要であり、サプライチェーン構築が先行するケースにおいても拠点化を促す制度設計が必要。

① サプライチェーン構築が先行するケース

大規模発電利用型

- 単独で大規模な石炭/ガス火力発電所が存在し、今後、水素・アンモニアの需要が期待される場合。
- その際に、水素・アンモニアの周辺への供給も考えられる。

(碧南の例)



② サプライチェーン構築と拠点整備が並行するケース

多産業集積型

- (主にガス) 火力発電所以外にも石油化学、石油精製、製鉄等の産業が集積。
- 複数の用途で水素/アンモニアの利用が見込まれる。

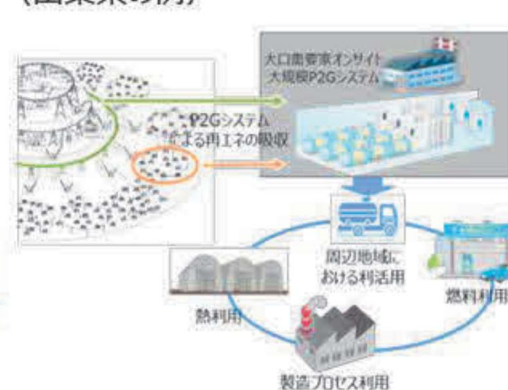
(川崎市の例)



地域再エネ生産型

- 地域で再エネ生産を行い、水素・アンモニア製造を行う。
- 地域での需要創出 (生産拠点の誘致など) が重要。

(山梨県の例)



(5)水素社会推進法

<https://www.meti.go.jp/press/2023/02/20240213002/20240213002.html>

脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための 低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律【水素社会推進法】の概要

背景・法律の概要

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに向けて、今後、脱炭素化が難しい分野においてもGXを推進し、エネルギー安定供給・脱炭素・経済成長を同時に実現していくことが課題。こうした分野におけるGXを進めるためのカギとなるエネルギー・原材料として、安全性を確保しながら、低炭素水素等の活用を促進することが不可欠。
- ✓ このため、国が前面に立って、低炭素水素等の供給・利用を早期に促進するため、基本方針の策定、需給両面の計画認定制度の創設、計画認定を受けた事業者に対する支援措置や規制の特例措置を講じるとともに、低炭素水素等の供給拡大に向けて、水素等を供給する事業者が取り組むべき判断基準の策定等の措置を講じる。



水素社会推進法に基づく「価格差に着目した支援制度」

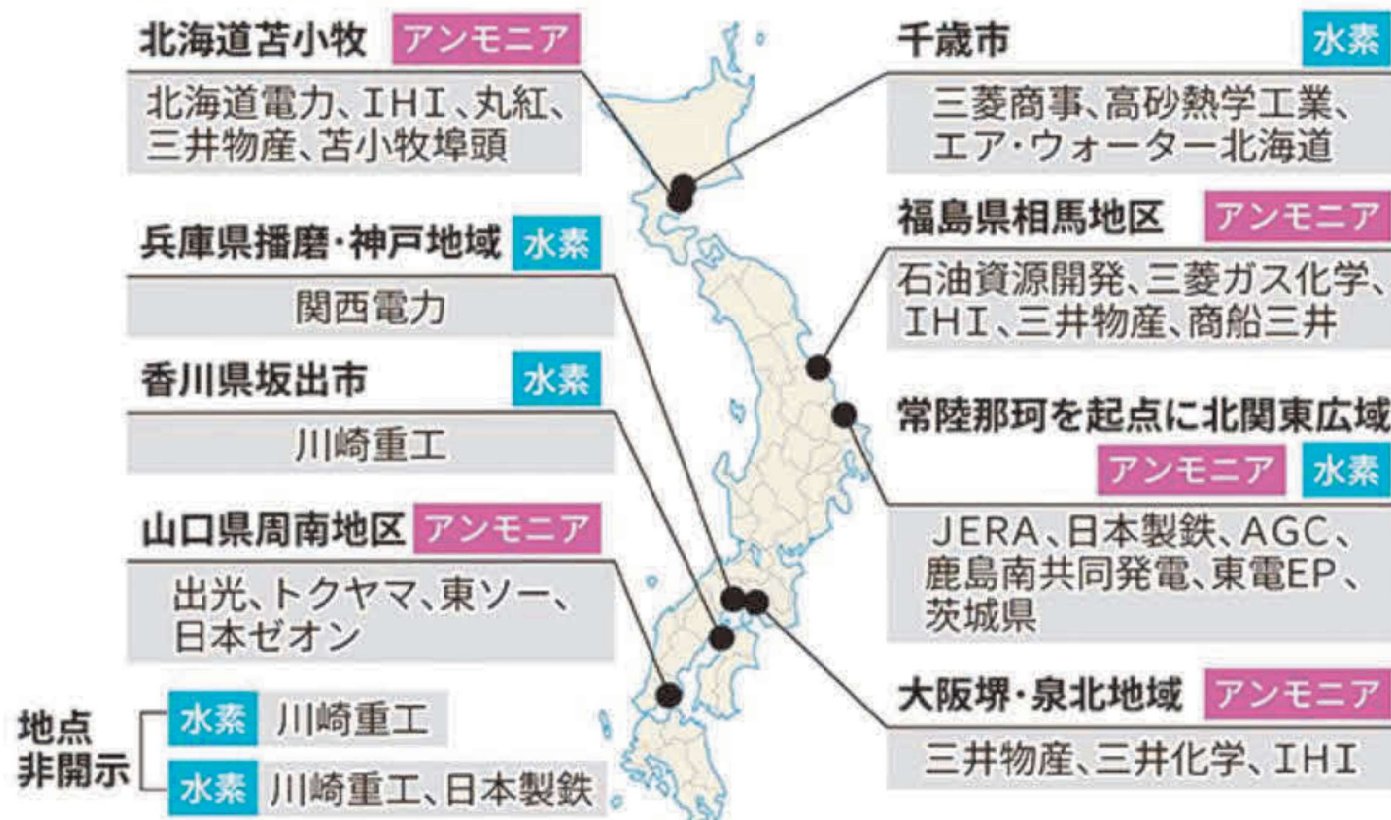
水素社会推進法に基づく「拠点整備支援制度」

(6)水素等供給基盤整備事業(令和6年度事業)

<https://cros2.jp/suiso.html>

水素等供給基盤整備事業の公募結果

引用) <https://www.denkishimbun.com/sp/371206>



※エネルギー供給構造高度化事業コンソーシアムのウェブサイトを基に電気新聞作成

J E R Aなどの陣営は、茨城県での水素・アンモニア供給網構築に向けて調査する。常陸那珂地域などの沿岸部を起点に、北関東内陸部への水素・アンモニア供給まで見据える。来年2月末をめどに、こういった事業モデルが考えられるか検討する。沿岸部では水素・アンモニアの輸送、供給インフラ整備が論点になるほか、北関東内陸部を含め水素・アンモニアを活用する需要家側の環境整備も議論する。

(7) 関東広域アンモニアサプライチェーン整備構想

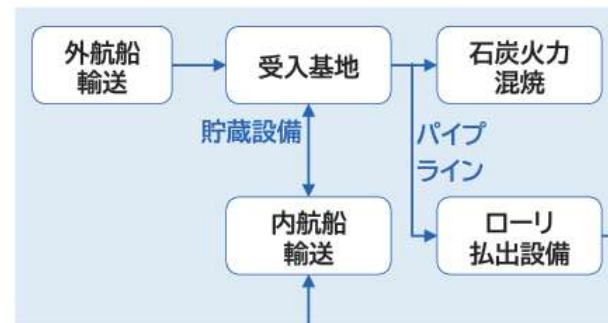
第1回 アンモニアサプライチェーン
構築・利用ワーキンググループ
プレス配布用

2023年6月30日
茨城県産業戦略部技術振興局
科学技術振興課

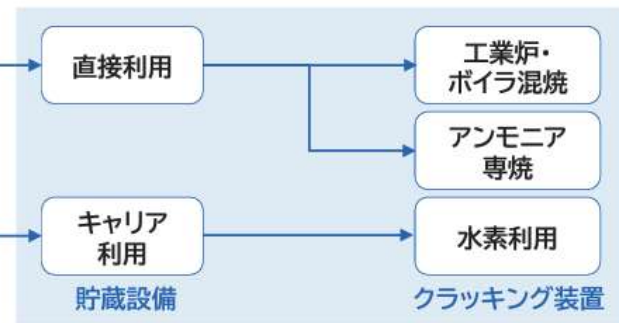
https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/kenkyu/cn/ammonia_wg.html

- 県内だけではなく広域需要に対応したアンモニアサプライチェーンをデザインし、国支援制度を活用し、必要となるインフラ基盤を実装する

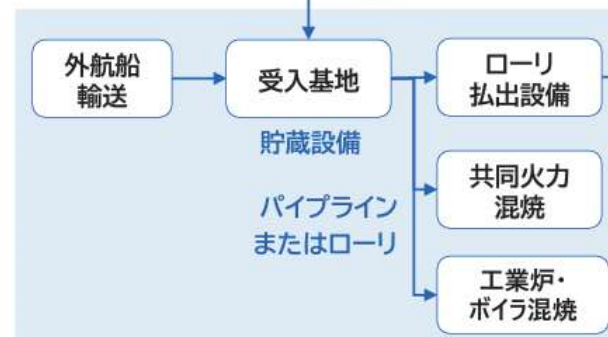
常陸那珂エリア



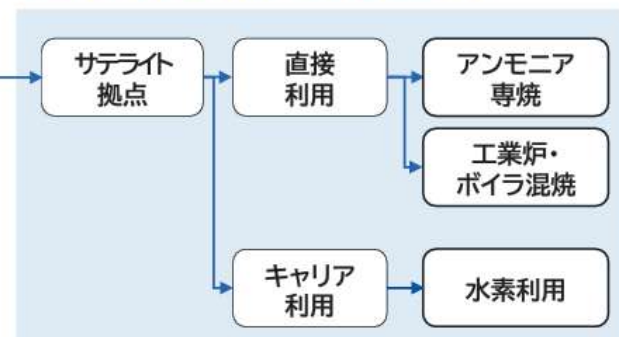
茨城県内陸エリア



鹿島エリア



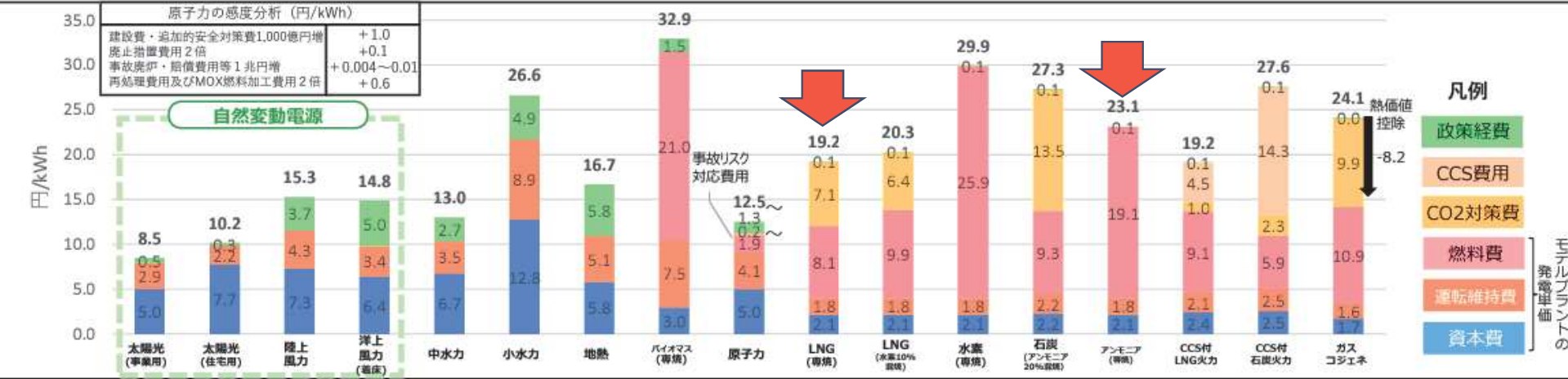
近隣他県内陸エリア(宇都宮・太田エリア)



(8)2040年 国内発電コストの推定

		自然変動電源				水力		地熱	バイオマス	原子力	LNG	脱炭素火力						コジェネ
電源		太陽光 (事業用)	太陽光 (住宅用)	陸上 風力	洋上 風力 (着床)	中水力	小水力	地熱	バイオ マス (専焼)	原子力	LNG (専焼)	LNG (水素 10% 混焼)	水素 (専焼)	石炭 (F/E/F 20% 混焼)	アンモ ニア (専焼)	CCS付 LNG 火力	CCS付 石炭 火力	ガスコ ジェネ
LCOE (円 /kWh)	政策経 費あり	7.0 8.9	7.8 10.7	13.5 15.3	14.4 15.1	13.0	26.6	16.7	32.9	12.5~	16.0 21.0	16.8 22.2	24.6 33.0	20.9 32.0	22.3 27.9	17.1 21.1	26.6 32.2	15.9 17.5
	政策経 費なし	6.6 8.4	7.6 10.4	10.1 11.6	9.5 10.1	10.3	21.7	10.9	31.4	11.2~	15.9 20.9	16.8 22.2	24.6 33.0	20.8 31.9	22.2 27.8	17.0 21.0	26.5 32.2	15.9 17.5
設備利用率 稼働年数		18.3% 25年	15.8% 25年	29.6% 25年	40.2% 25年	54.7% 40年	54.4% 40年	83% 40年	87% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	70% 40年	72.3% 30年

- (注1) 表の値は将来の燃料価格、CO2対策費用、太陽光・風力の導入拡大に伴う機器価格低下などをどう見込むかにより、幅を持った試算となる。例えばCO2対策費用は、IEA「World Energy Outlook 2024」(WEO2024)における韓国の公表政策シナリオ(STEPS)とEUの表明公約シナリオ(APS)で幅を取っている。
- (注2) グラフの値は、WEO2024のSTEPSのケースがベース。CO2価格はWEO2024のEUのSTEPSのケース、水素・アンモニアは海外からブルー水素・ブルーアンモニアを輸入するケース、CCSはパイプライン輸送のケース、コジェネはCIF価格で計算したコストを使用。その他の前提は、後述の、各電源ごとの「発電コストの内訳」(グラフ)のとおり。
- (注3) 発電コスト検証WGで考慮した政策経費は、国際的に確立した手法では算入しないことが一般的であることから、政策経費を算入しないケースについても併せて記載することとした。
- (注4) 四捨五入により合計が一致しないことがある。
- (注5) 水素、アンモニア混焼は熱量ベース。
- (注5) 「CO2対策費用」は環境外部費用の一部を、便宜的にWEOで示された炭素価格に擬制したもの。



※ペロブスカイト太陽電池と浮体式洋上風力については、現時点では技術が開発途上であり費用の予見性が必ずしも高くないが、諸外国のコストデータをもとに作成したコスト算定モデルや、事業者の見積もりをもとに、一定の仮定を置いてコストを試算したところ、ペロブスカイト太陽電池は政策経費あり16.5円/kWh、政策経費なし15.3円/kWh、浮体式洋上風力は政策経費あり22.5円/kWh、政策経費なし14.9円/kWhとなった。(参考値)

2. 内閣府SIP第3期：産業・運輸・民生分野での利用技術開発

<SIPの仕組み> ※赤字はSIP第3期で強化する取組

- 総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）が、Society5.0の実現に向けてバックキャストにより、社会的課題の解決や日本経済・産業競争力にとって重要な課題を設定するとともに、そのプログラムディレクター（PD）・予算配分をトップダウンで決定。
- 基礎研究から社会実装までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進。
- 府省連携が不可欠な分野横断的な取組を産学官連携により推進。マッチングファンド等による民間企業の積極的な貢献。
- 技術だけでなく、事業、制度、社会的受容性、人材の視点から社会実装を推進。
- 社会実装に向けたステージゲートやエグジット戦略（SIP後の推進体制）を強化。
- スタートアップの参画を積極的に促進。



全14テーマ。そのうち1テーマ「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」においてサブ課題B1を岐阜大学が研究代表として実施。
プログラムディレクターは、
岐阜大学特任教授 浅野浩志先生



06 スマートエネルギーマネジメントシステムの構築

浅野 浩志

岐阜大学高等研究院 特任教授／（一財）電力中央研究所 研究アドバイザー／
東京工業大学 科学技術創成研究院 特任教授

サブ課題A

エネルギーとモビリティ等

エネルギー生産から利用までの高分解能データの収集・
分析・予測・制御を一体で行う技術、各種データをつなぐ
プラットフォームの構築およびセキュアな運用

サブ課題B

予算 8億円（5年間）

エネルギー生産・変換・貯蔵・輸送

P2X・水素・アンモニア・e-fuel等各種エネルギーキャリアの
集中型・分散型利用等に係るマネジメント技術

サブ課題C

エネルギー最適利用

家庭用、業務用、産業用、運輸の
エネルギー効率化技術とその最適な組み合わせ

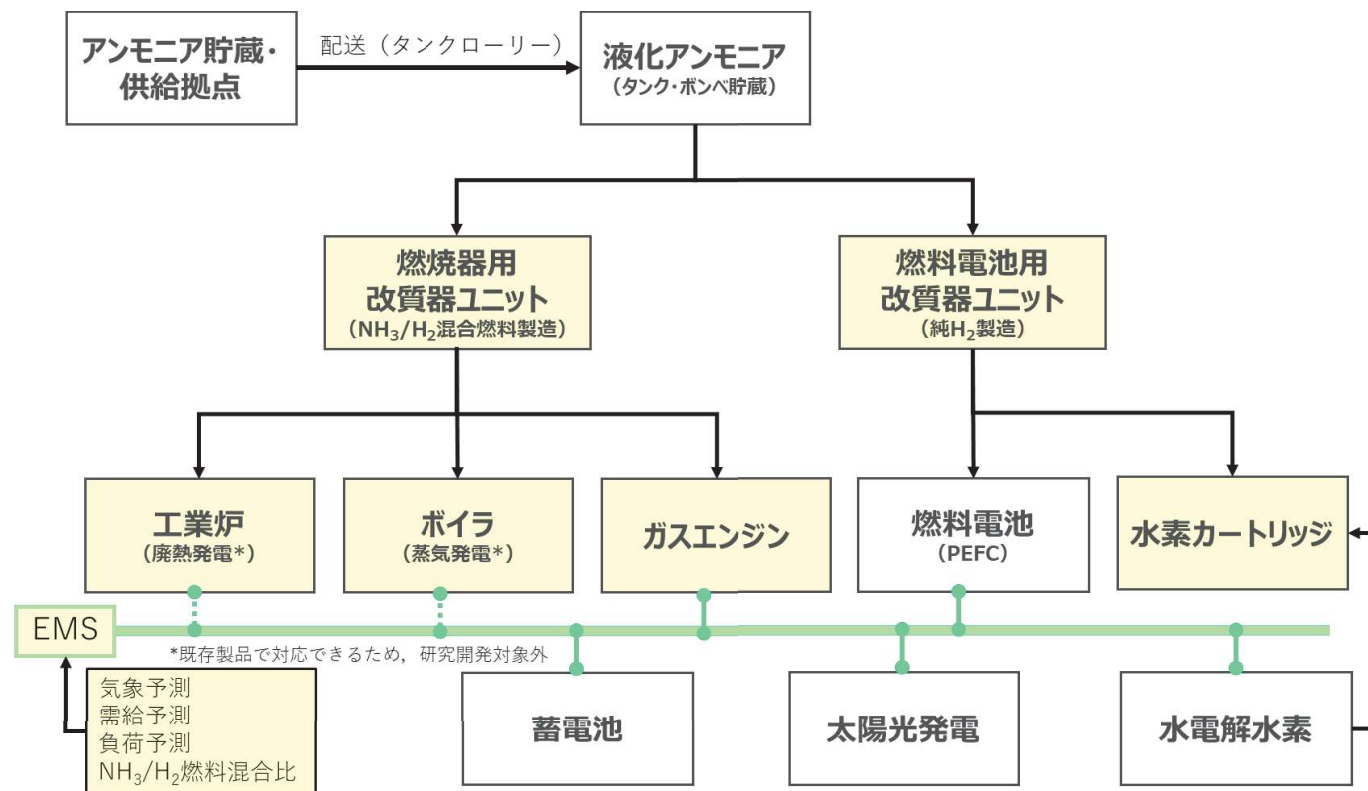
研究代表者：神原信志（岐阜大学）

(1) SIP第3期:アンモニア・水素利用分散型エネルギーシステムの概要



■研究開発内容

- 1) 燃焼器用改質器ユニットの開発
- 2) 燃料電池用改質器ユニットの開発
- 3) 工業炉でのアンモニア・水素利用システムの開発
- 4) ボイラでのアンモニア・水素利用システムの開発
- 5) ガスエンジンでのアンモニア・水素利用システムの開発
- 6) アンモニア・水素利用マイクログリッドエネルギーマネジメントシステムの開発
- 7) 水素カートリッジ等デバイス・搬送システムの開発



(2) サブテーマB1で開発する産業・運輸・民生分野のアンモニア・水素利用技術

産業分野： 燃焼器用アンモニア改質器ユニット， 可搬型ガスエンジン発電機， 工業炉， ボイラ，
ゼロカーボン発電システム+EMS

運輸分野： 燃料電池用アンモニア改質器ユニット（水素ステーション用純水素製造装置）

民生分野： 水素カートリッジ搬送システム



300 m³/h アンモニア改質器ユニット
(燃焼器用，燃料電池用)



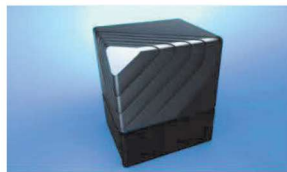
入熱200 kW/h 加熱炉(工業炉)
(H₂/NH₃最適比，バーナ最適化)



蒸発量2 ton/h ボイラ
(H₂/NH₃最適比，最適運転条件)



7kW 可搬型ガスエンジン発電機
(H₂/NH₃最適比，最適運転条件)

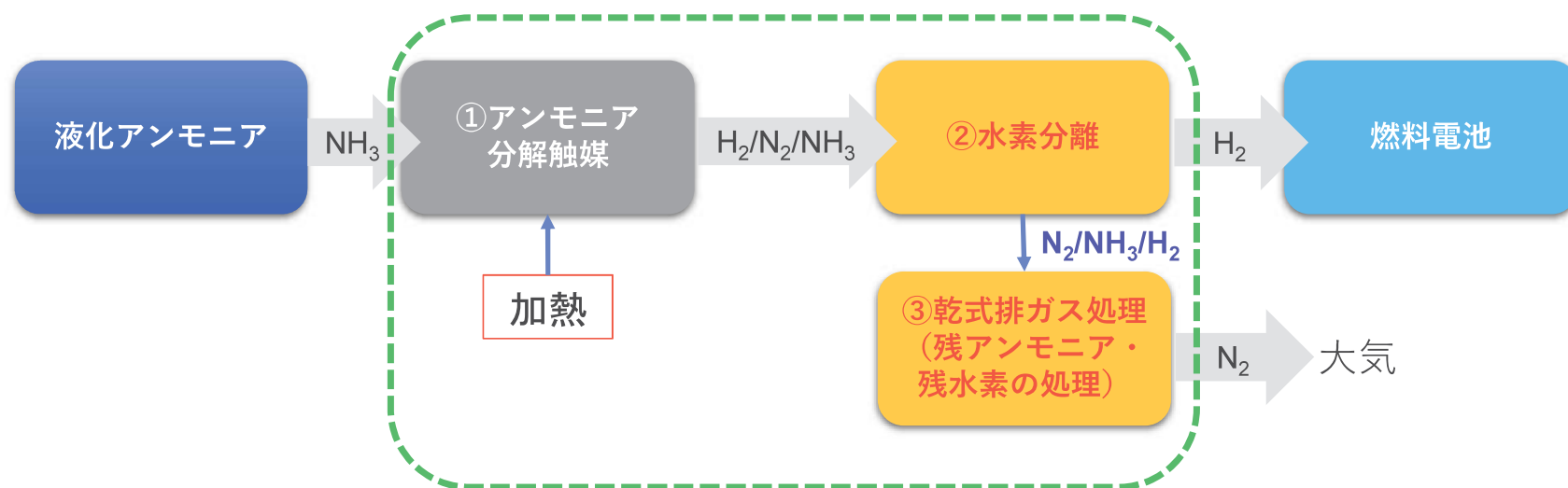
	縦型 (Type I)	横型 (Type II)
外観イメージ		
サイズ	長さ890×幅630×高さ690mm	長さ1,270×幅630×高さ410mm
質量	約250kg	約240kg
定格出力	60kW/80kWの2種	60kW/80kWの2種
電圧	400～750V	

数値は目標値であり、変更となる場合もあり。

PEFC燃料電池

(3) アンモニアから純水素を得るための技術的課題

アンモニアから純水素を得ることは、簡単ではありません。

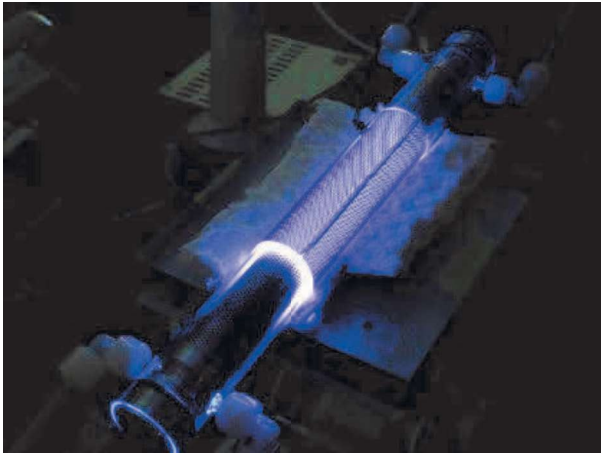
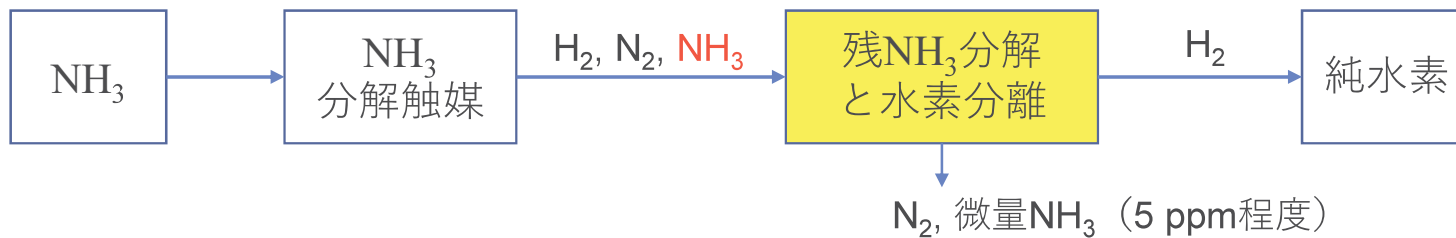


1. 液化アンモニア輸送・貯蔵・配送・供給(実用レベル)
2. アンモニア分解触媒(省エネ型)
3. 分解ガスからの水素分離・精製
4. 残アンモニアの処理

これらを解決できる装置を開発する必要あり

(4) アンモニアからの純水素製造

水素の分離と未分解NH₃のほぼ完全分解が可能な装置開発 ＝プラズマメンブレンリアクター



$\text{H}_2/\text{N}_2/\text{NH}_3$ 混合ガスのプラズマ

- 触媒出口未分解アンモニアをプラズマでほぼ完全に分解し,
- 水素だけを透過する水素分離膜（パラジウム合金水素分離膜）を使用。
- 開発目標は、できるだけ低温・低圧で多量の水素を分離できるようにする。

(5) プラズマメンブレンリアクターの原理

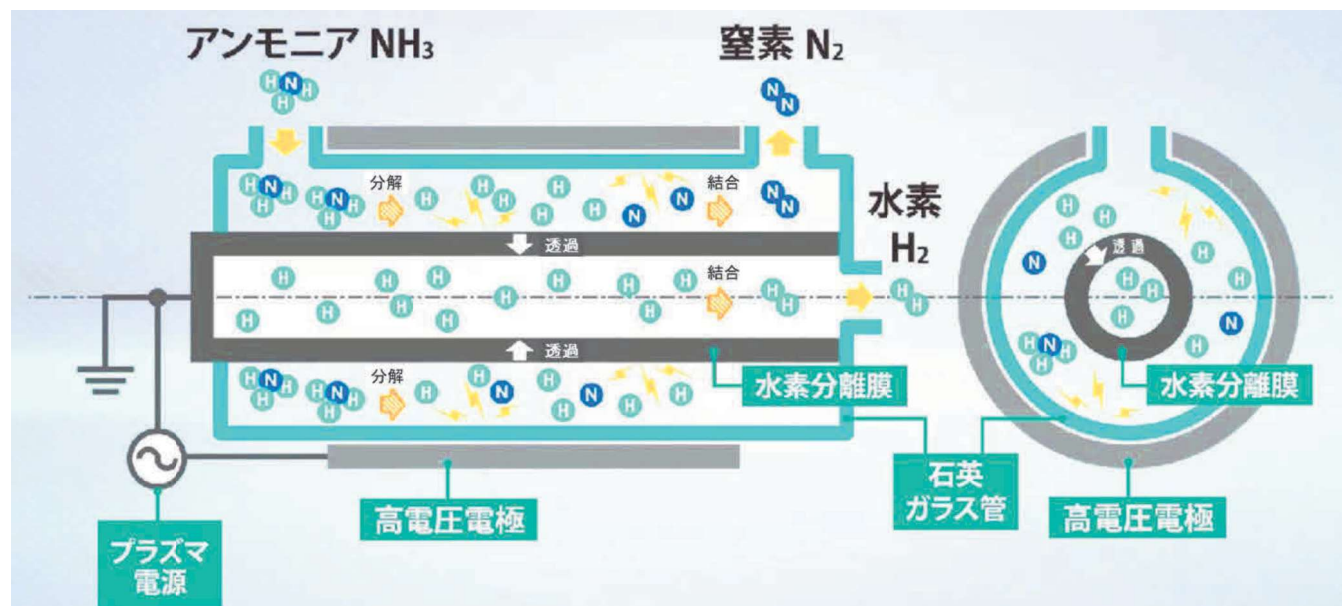


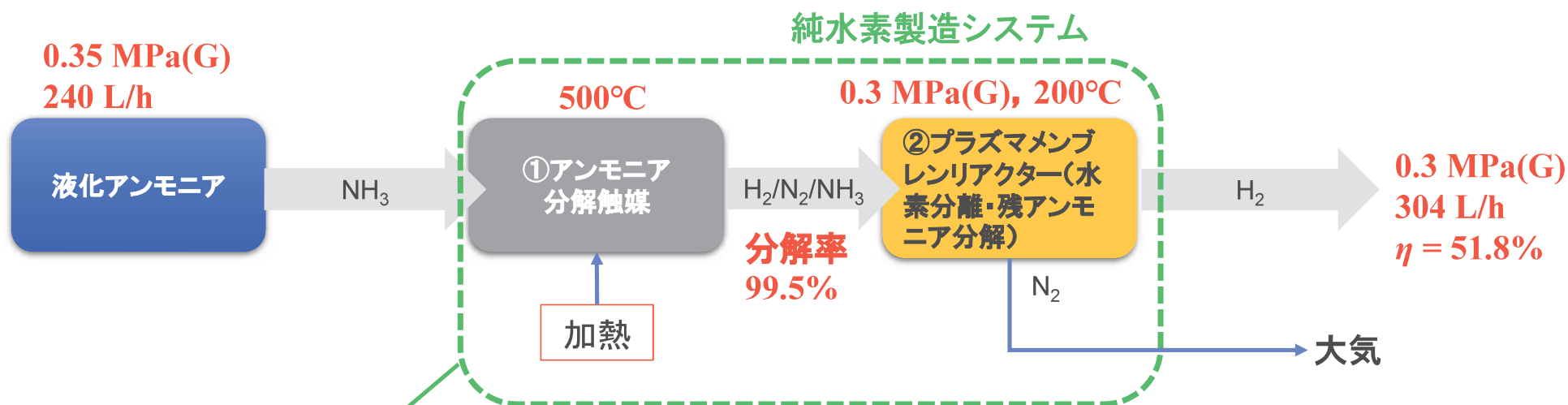
図 プラズマメンブレンリアクター (PMR) の構成と原理

- 石英管と水素分離膜，接地電極，電源の単純構成
- プラズマは， NH_3 を分解し，多くのHをつくる役割
- 水素分離膜はHを透過し， H_2 となる
- 1つのリアクターで， NH_3 分解・ H_2 分離を同時に行う。
- 超小型。水電解水素製造システムの1/50の容積



図 プラズマメンブレンリアクターの外観
(高電圧電極をはずした状態，長さ400 mm，外径50 mm)

(6) アンモニアを原料とする燃料電池発電システム



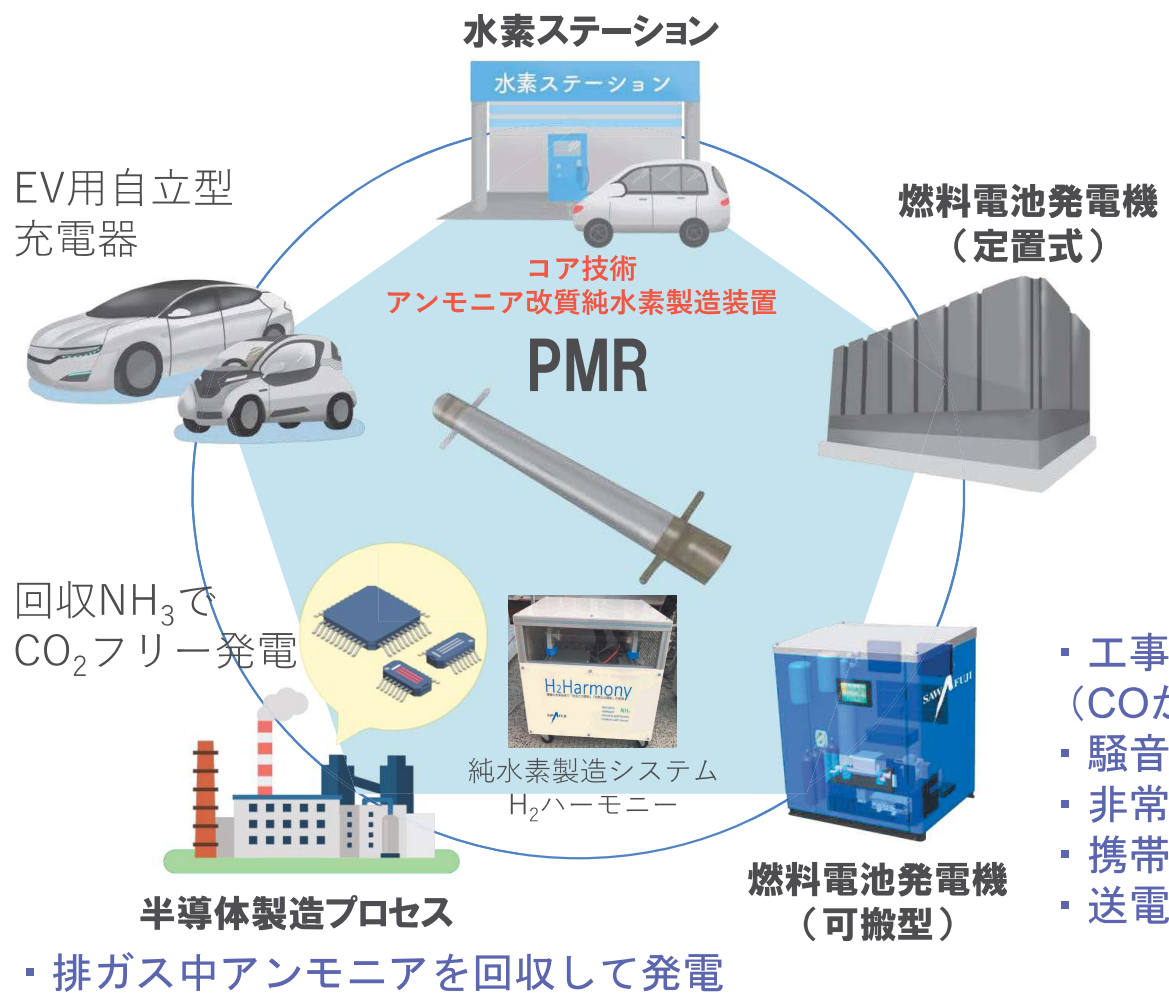
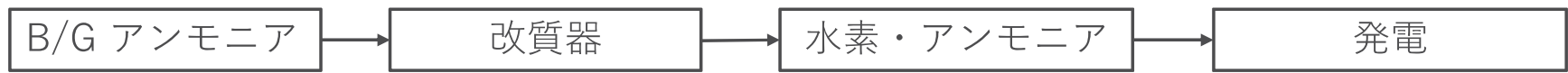
サイズ
W600 × D450 × H450mm
最大水素製造量
300NL/h (PMR搭載1本)
重量
60kg



図 澤藤電機(株)製 水素製造システムプロトタイプ(H₂ Harmony)

図 H₂ Harmony + 1 kW PEFC

■我々の描くビジネス展望



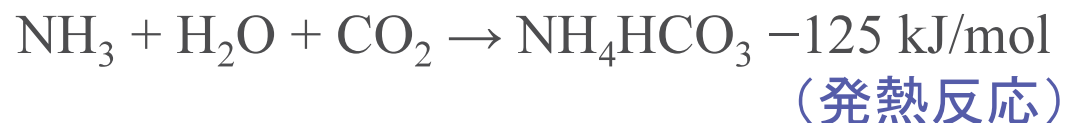
例えばコンビニのCO₂フリー自家発電
消費電力 500 kWh/月とすると、
→20 kW燃料電池モジュールを設置
→50 kg液化アンモニアボンベ1本あたりの燃料電池発電量は150 kWh。
→3.3本/月の消費
(太陽光発電との組合せで1~2本/月程度)

- ・ 工事用電源のCO₂フリー発電
(COが出ないので室内やトンネル内で使用できる)
- ・ 騒音がないので住宅地・深夜でも使用可能
- ・ 非常用電源
- ・ 携帯電話基地局電源
- ・ 送電線のない場所での電源

3. アンモニア利用のカーボンリサイクル

研究のアイデア

NH_3 が大量にあるなら、 NH_3 を燃料として使用するのではなく、 CO_2 固定剤として使い、生成物（炭酸水素アンモニウム）は、合成ガスや合成燃料の原料としてリサイクルしては？



炭酸水素アンモニウム 25Kg

販売価格(税込): 20,000 円

商品コード: marugo99

炭酸水素アンモニウムとは
アンモニア水と二酸化炭素より合成された白色の結晶性粉末で、アンモニア臭がある。吸湿性があり、水に溶けてアルカリ性を呈する。60℃以上で分解してアンモニアと二酸化炭素、水を発生する。膨張剤の主原料である。

内容量
25kg

保存方法
品質保持のため直射日光や高温多湿を避け、涼しい所に保管してください。

パッケージ
防湿性に優れており、強度も高いチャック式の袋になっていますので、保存に便利です。

遺伝子組換え
対象外

その他容量はこちらから

炭酸水素アンモニウム 1kg×5 6,500 円(税込)

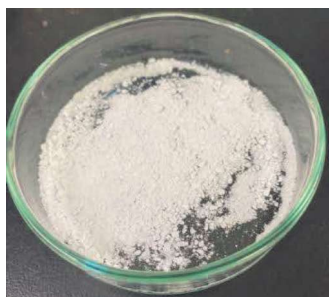
炭酸水素アンモニウム 1kg×10 13,000 円(税込)

炭酸水素アンモニウム 1kg×20 26,000 円(税込)

- 炭酸水素アンモニウムは固体なので、貯蔵・輸送可能。
- 炭酸水素アンモニウムは60～120℃程度で、 NH_3 と CO_2 に分解するので、 H_2 キャリアおよび CO_2 キャリアとして機能する。

(2) アンモニアで排ガス中CO₂を固定

二酸化炭素， アンモニア， 水蒸気（大気中）を室温で混合すると.....



CO₂とNH₃を室温で混合すると白い粉が生成する

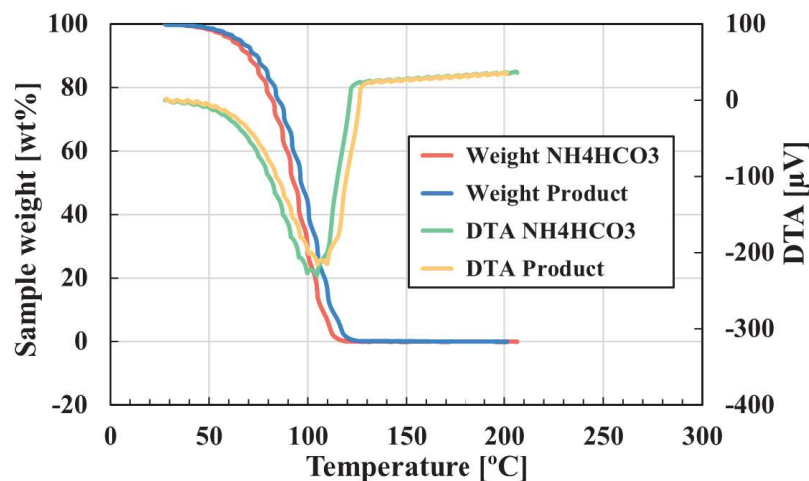
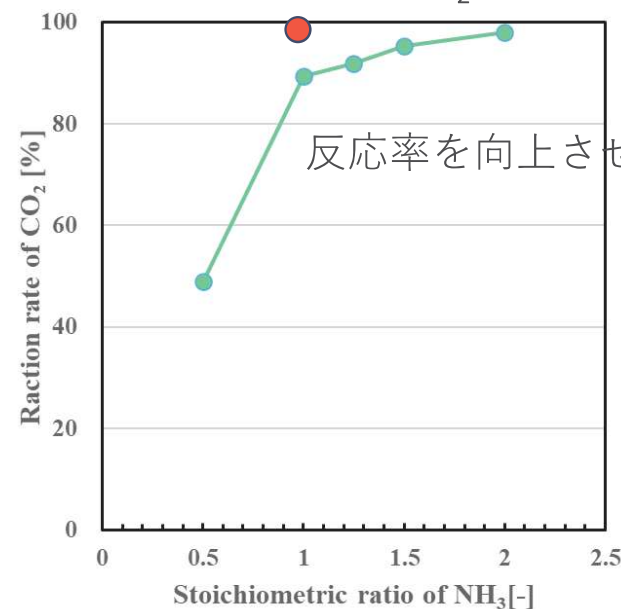


図 反応生成物と試薬（NH₄HCO₃）のTG-DTA測定結果

現在， 100%CO₂で反応率99.8%

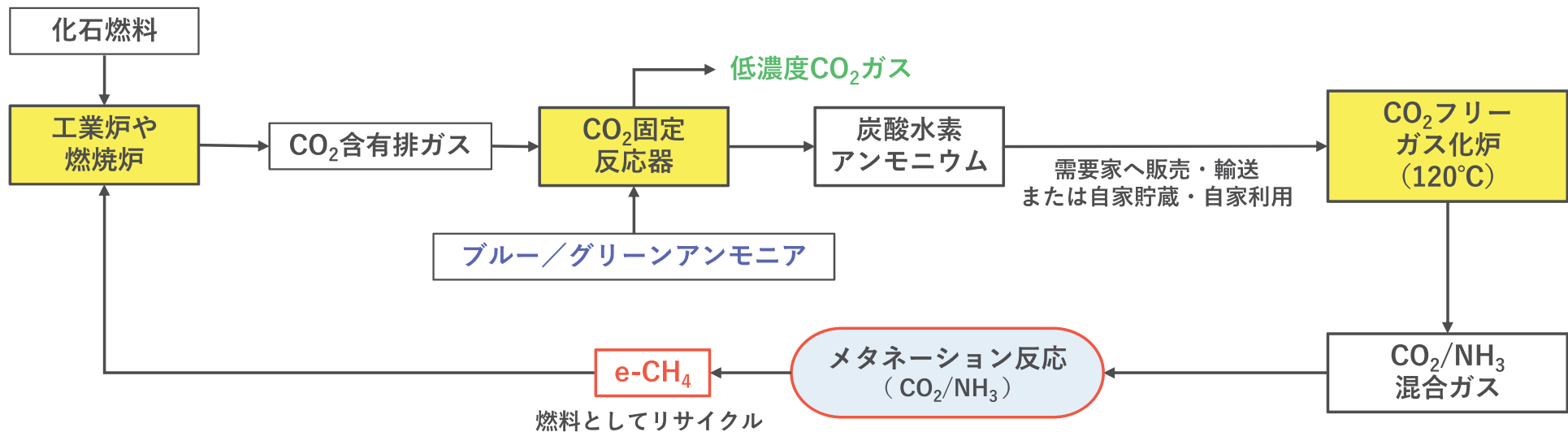


反応率を向上させる方法を研究中

図 NH₃/CO₂モル比とCO₂反応率



(3) 炭酸水素アンモニウム利用のカーボンリサイクル



概ね、燃料の50%をe-メタンでリサイクル供給可能

■メタンからメタノール製造

技術の比較

方法	メリット	デメリット
合成ガス経由法	大規模生産が可能、工業的に確立済み	高温・高圧が必要、CO ₂ 排出が多い
直接酸化法	低温・低圧で可能、CO ₂ 排出が少ない	触媒の選択性が低く、収率が低い
電気化学変換	再生可能エネルギーと組み合わせやすい	研究段階、効率改善が必要

東工大、安い触媒でメタンをメタノールに変換

サイエンス [+ フォローする](#)

2024年7月2日 15:38

東京工業大学の横井俊之教授らは、ゼオライトを触媒に使ってメタンをメタノールに変換する技術を開発した。ゼオライトはケイ素やアルミニウムからなる多孔質の鉱物で、吸着剤などに利用される。実用化すれば白金などの高価な金属触媒を使わずに済み、メタンを変換するコストを抑えられる。

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOSG072O50X00C24A6000000/>

4. まとめ

1. アンモニアの政策動向

2030年から一部地域でサプライチェーン（拠点）形成。

アンモニア利用の社会実装開始。

2040年からアンモニア利用の普及進む。

2. 内閣府SIP第3期：産業・運輸・民生分野での利用技術開発

2030年，再エネとアンモニア利用の分散型エネルギーシステムの社会実装開始

アンモニアから純水素を製造できるのは，澤藤－岐阜大の技術が先行

（プラズマメンブレンリアクター）

3. アンモニア利用のカーボンリサイクル

アンモニアと排ガスCO₂を反応させて炭酸水素アンモニウムを生成し，
炭酸水素アンモニウムからメタンを生成するカーボンリサイクルシステム