

# 水素・アンモニア発電について

2022年7月

資源エネルギー庁

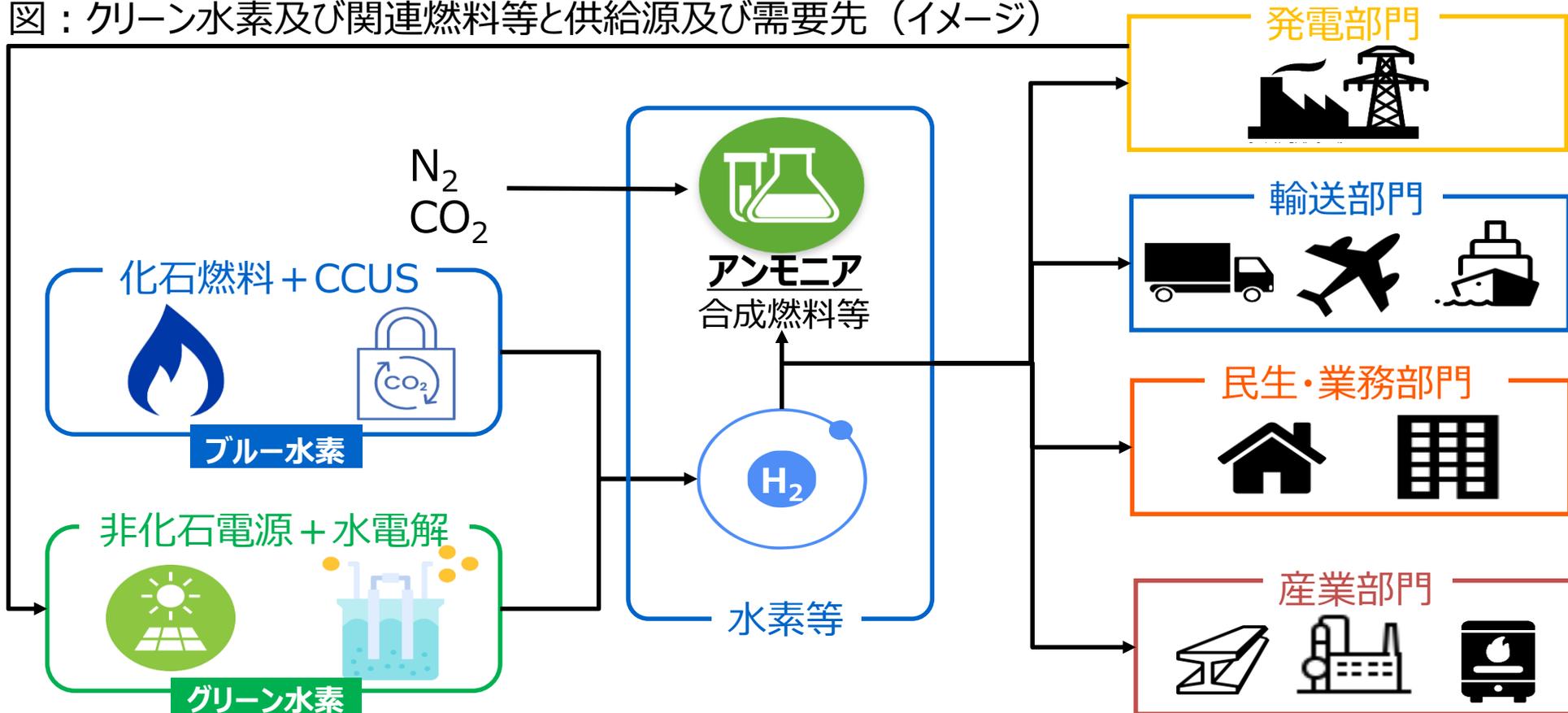
**1. 水素発電について**

2. アンモニア発電について

# カーボンニュートラルに必要な不可欠な水素

- 水素は直接的に電力分野の脱炭素化に貢献するだけでなく、余剰電力を水素に変換し、貯蔵・利用することで、再エネ等のゼロエミ電源のポテンシャルを最大限活用することも可能とする。
- 加えて、電化による脱炭素化が困難な産業部門(原料利用、熱需要)等の脱炭素化にも貢献。
- また、化石燃料をクリーンな形で有効活用することも可能とする。
- なお、水素から製造されるアンモニアや合成燃料等も、その特性に合わせた活用が見込まれる。

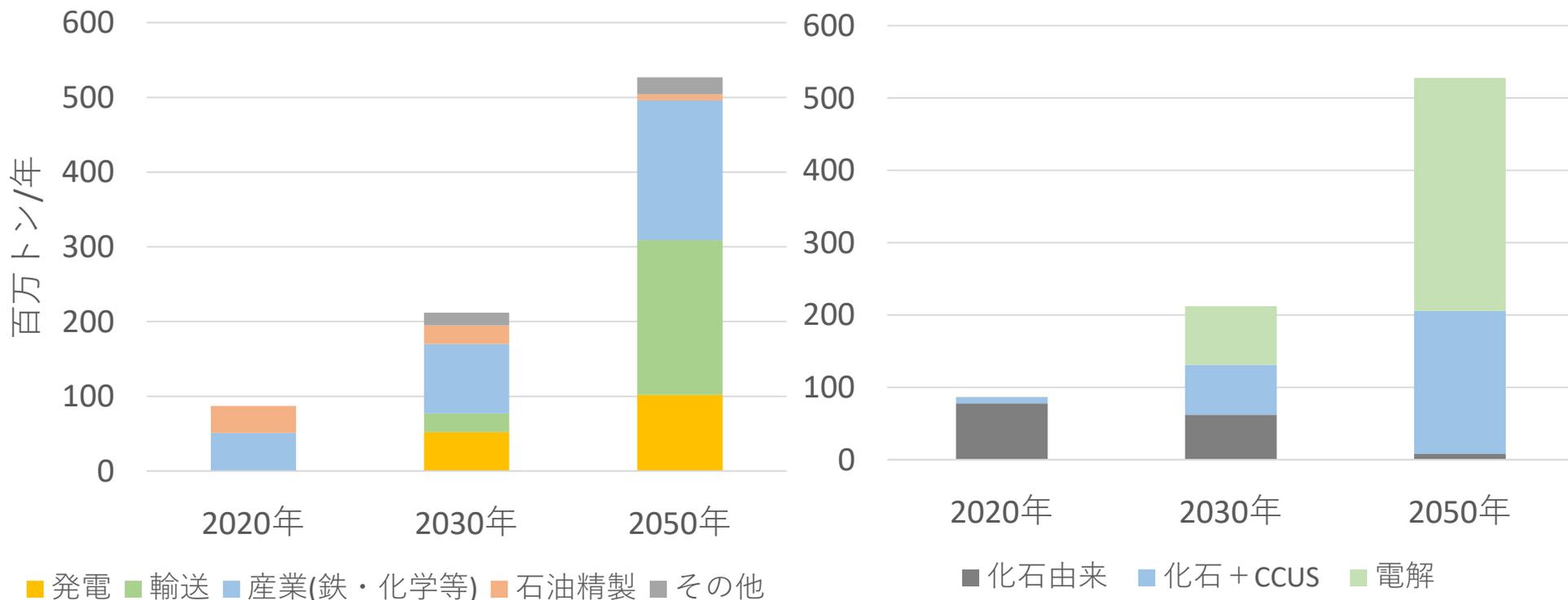
図：クリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）



# (参考) 世界的な水素・アンモニアの需要・供給量の拡大

- IEAのNZEシナリオ（※）では2030年は**発電部門が需要拡大を牽引**。輸送部門は乗用車に加え、**商用車（FCトラック等）でも水素の導入が拡大**する見込み。 ※NZE: Net Zero Emissions by 2050シナリオ
- 2050年は現在の約6倍弱の5億トン/年程度の需要を見込む。**発電部門の導入量も堅調に増加**するが、水素還元製鉄をはじめとする産業分野での水素利用、船舶や航空機での利用などが大きく拡大し、**利用先の更なる多様化**が見込まれる。
- 供給側は当初はCO2未処理の化石燃料由来水素が太宗を占めるが、化石燃料 + CCUS、電解水素の供給量が拡大。長期的には再エネ由来水素がコスト競争力を有し、2050年で**約6割のシェアを有する**見込み。

【IEAのNZEにおける世界の水素等需要量（左図）・供給量（右図）の推移】 ※アンモニア、合成燃料等水素化合物も含む



# 水素分野における戦略等の策定状況・各種目標について

- 日本は世界で初めての水素基本戦略を2017年12月に策定。EU、ドイツ、オランダなど各国も、昨年以降、水素戦略策定の動きが加速化するなど、水素関連の取組を強化。
- 2020年10月の菅総理(当時)のCN宣言を受け、グリーン成長戦略でも重点分野の一つに位置づけ。需給一体での取組により、導入量の拡大と供給コストの低減を目指す。

## 国内外の情勢変化、戦略策定の状況

2017年12月  
水素基本戦略策定

2019~2020年  
各国水素戦略策定  
及び、経済対策で  
水素に注力

2020年10月  
菅総理(当時)  
による2050年  
CN宣言

2020年12月  
グリーン成長戦略策定  
(水素の位置付)

2021年  
第6次エネ基閣議決定、  
水素基本戦略見直し  
を見据えた検討

## グリーン成長戦略における量及びコストの目標

□ **年間導入量\***：発電・産業・運輸などの分野で幅広く利用

現在(約200万t) → 2030年(最大300万t) → 2050年(2000万t程度)

※水素以外にも直接燃焼を行うアンモニア等の導入量(水素換算)も含む数字。

□ **コスト**：長期的には化石燃料と同等程度の水準を実現

現在(100円/Nm<sup>3</sup>\*) → 2030年(30円/Nm<sup>3</sup>) → 2050年(20円/Nm<sup>3</sup>以下)

※ 1Nm<sup>3</sup>=0.0899kg

## 第6次エネルギー基本計画において設定した新たな定量目標

2030年の電源構成のうち、**1%**程度を水素・アンモニアとすることを旨とする。

# 2050年CNを前提とした水素の今後の導入拡大（イメージ）

現在

- 燃料電池自動車や定置用燃料電池など関連製品が商用化済
- 石油精製時など脱硫工程等で既に利用
- 利用される水素は全てグレー水素(CO2を排出)

~2030年

- 商用車などの他輸送部門への利用拡大
- 大規模水素発電技術等の確立(水素発電は20年代半ばに実証開始)
- 再エネと水電解装置等を活用した国内再エネ由来水素製造基盤確立
- 海外からの大規模供給体制確立(2025年度以降に大規模実証開始)

2030~  
2050年

- 発電分野での利用本格化を通じた、供給コストの一層の削減
- 水素還元製鉄など、産業用途での利用技術の確立
- 再エネ拡大と両輪での国内水素等製造基盤の拡大

2050年  
時点

- 鉄鋼を含む産業や熱利用など、あらゆる分野で水素が利活用されることで、CNの実現に貢献
- 水素供給源の多様化が図られることで、安全保障にも貢献

コスト

年間供給量  
(アンモニア含む)

100円/Nm<sup>3</sup>  
(ST販売価格)

200万t

30円/Nm<sup>3</sup>

300万t

20円/Nm<sup>3</sup>以下 2000万t  
程度

# 発電部門における水素利用（大規模水素発電）

- 水素発電の社会実装には、混焼、専焼とも、①天然ガスより燃えやすい水素の特性に対応した燃烧器の開発と、②実際のタービンでの長期安定運転の検証を行う必要がある。
- 小型の水素発電においては、既に専焼においても実機での検証まで終了。他方、大型については、混焼は燃烧器の開発を終了し、専焼は開発中。
- 今後は、GI基金を活用し、残された技術開発を完了することで、国内外での普及を加速する。

【水素タービンの技術開発動向】

国際水素サプライチェーンと一体的にGI基金で実施予定

	混焼(10%)	専焼
大規模タービン(1万kW～) メーカー:三菱重工	①燃烧器開発:完 ②実機運転実証:未完	①燃烧器開発:未完 ②実機運転実証:未完
小規模タービン(~1万kW) メーカー:川崎重工	①燃烧器開発:完 ②実機運転実証:完	

【世界の水素発電の主な動き（日本企業の受注）】

## 蘭マグナム

出力：44万kW

運転開始：2027年

備考：当初から専焼発電を志向



## 米ユタ州

出力：84万kW

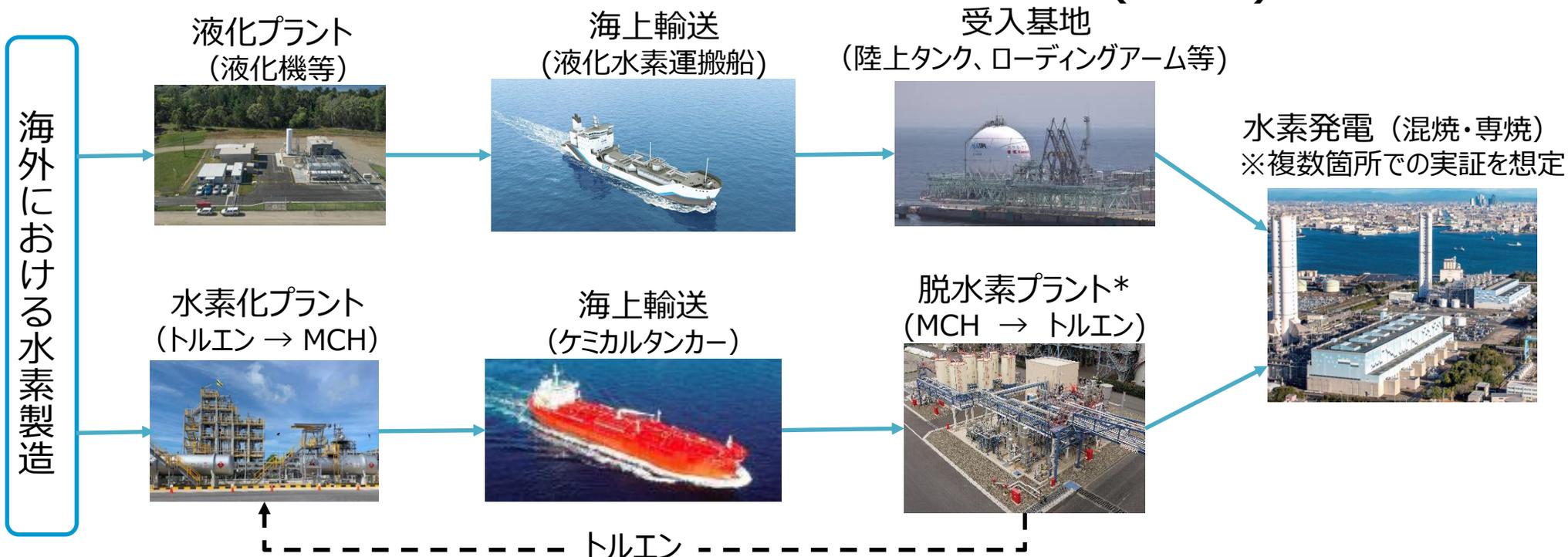
運転開始：2025年

備考：当初は混焼で開始、2045年頃に専焼化することを目指す

# GI基金：大規模水素サプライチェーンの構築（国費負担額：上限3,000億円）

- 水素社会の実現に向け、**大規模水素サプライチェーン構築と需要創出**を一体的に進めることが必要。
- 将来的な**国際水素市場の立ち上がり**が期待される中、日本は世界に先駆けて**液化水素運搬船**を建造するなど、**技術で世界をリード**。大規模需要の見込める**水素発電技術についても我が国が先行**。
- そのため、複数の水素キャリア（液化水素、MCH）で①**輸送設備の大型化等の技術開発・大規模水素輸送実証を支援**することに加え、②**水素発電における実機での水素の燃焼安定性に関する実証**を一体で進めるなどし、**水素の大規模需要の創出と供給コスト低減の好循環の構築を推進し、供給コストを2030年に30円/Nm<sup>3</sup>、2050年に20円/Nm<sup>3</sup>以下（化石燃料と同等程度）とすることを**目指す。

## 液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）の大規模水素サプライチェーン(イメージ)



\*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定

出典：HySTRA、AHEAD、各社HPより資源エネルギー庁作成

# 2025年大阪・関西万博アクションプランVer.2

- 大阪・関西万博において、**ガスタービンによる大規模な水素発電による電力供給**を目指し、世界に広く発信するとともに、2030年には、ガスタービンによる水素専焼技術の確立を目指す。

エネルギー・環境

## 水素発電技術の実証

連絡先 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部水素・燃料電池戦略室  
(03-3501-7807)

### > 方針・実施概要

水素は、電力分野の脱炭素化を可能とするだけでなく、運輸部門や電化が困難な産業部門等の脱炭素化も可能とする、カーボンニュートラルに必要な不可欠な二次エネルギー。

水素社会実現には、水素の供給コスト削減と、多様な分野における需要創出を一体的に進める必要があり、発電部門における水素利用は、大量の水素需要が見込めることから水素需要拡大に資する。

大阪・関西万博において、水素発電実証事業の中間的な成果の展示・活用や、ガスタービンによる大規模な水素発電による電力供給を目指し、世界に広く発信する。

(<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/hydrogen-supply-chain/>)

【水素ガスタービン 燃焼器】



### > 実装に向けた検討状況

(実施期間) 2025年度

(実施場所) 会場外の水素発電による電力を会場内に供給、会場内での展示

(実施主体) (グリーンイノベーション基金事業実施予定者) 株式会社JERA、関西電力株式会社、ENEOS株式会社等

(予算) 令和2年度第3次補正予算：2兆円の内数 (グリーンイノベーション基金事業/大規模サプライチェーンの構築プロジェクト)

令和4年度予算額：3,050百万円の内数 (未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業)

(グリーンイノベーション基金事業) [https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan\\_fy2020/hosei/pdf/hosei3\\_yosan\\_pr.pdf](https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2020/hosei/pdf/hosei3_yosan_pr.pdf)

(未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業) [https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan\\_fy2022/pr/en/shoshin\\_taka\\_09.pdf](https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2022/pr/en/shoshin_taka_09.pdf)

出典：三菱重工業株式会社

### > 工程表

2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
水素発電の技術開発・実機実証 (混焼・専焼)				
				万博での電力供給 ・情報発信

## (参考) 水素とアンモニア (直接利用) の想定利用先について

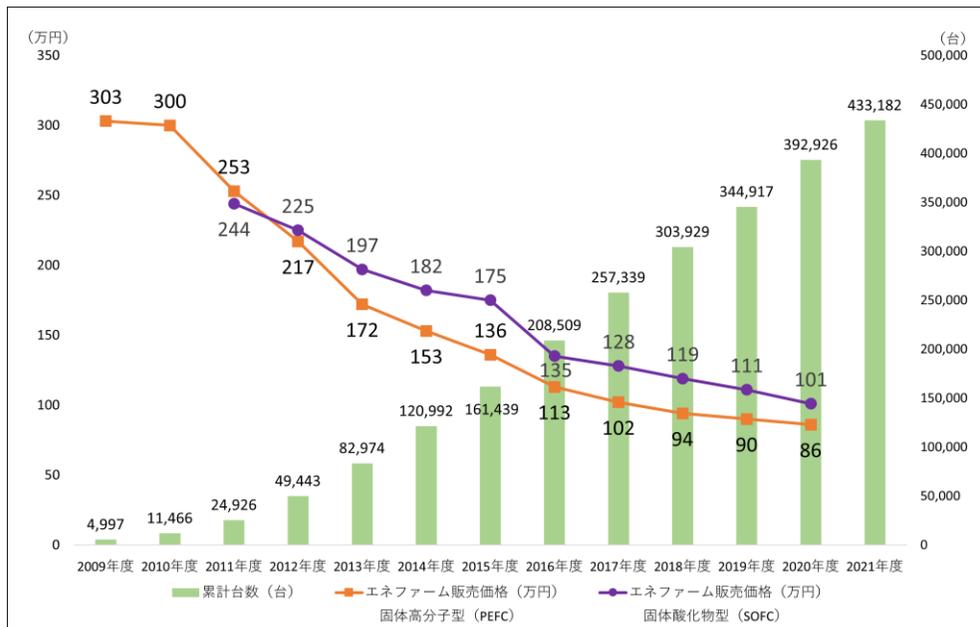
- 電力分野においては、水素は非常に燃えやすくガス火力での混焼を想定。
- アンモニアは燃焼速度が比較的遅く石炭火力での混焼を想定。
- 水素は水素還元製鉄や、メタノールなど基礎化学品の合成といった産業プロセスの原料など様々な用途で利用出来るポテンシャルを有する。アンモニアについても、そのエネルギー密度の高さから、国際輸送など、長距離を移動する船舶分野などが利用先として想定されている。

用途 (大分類)	用途 (中分類)	水素	アンモニア
電力	石炭火力への混焼・専焼		○
	ガス火力への混焼・専焼	○	
非電力 (燃料)	熱利用 (工業炉等)	○	○
	船舶等用のエンジン	○ (短～中距離)	○ (長距離)
	モビリティ・定置用等用の燃料電池	○	
非電力 (原料)	水素還元製鉄	○	
	基礎化学品合成	○	

# (参考) 発電部門における水素利用 (定置用燃料電池)

- 家庭用燃料電池 (エネファーム) は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。これまで **40万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。
- 今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、**一層のコスト削減を目指す**だけでなく、電力系統において供給力・調整力として活用する実証等、**燃料電池の持つポテンシャルを最大限活用出来る環境整備**を支援。

## 普及台数と販売価格の推移



## 電力市場における燃料電池の活用

再エネ等の発電サイクルに合わせて燃料電池の出力を調整し、系統安定化等に貢献すべく、VPPアグリゲーター実証事業に、現在約1,500台のエネファームが参加中



(出典) 大阪ガス

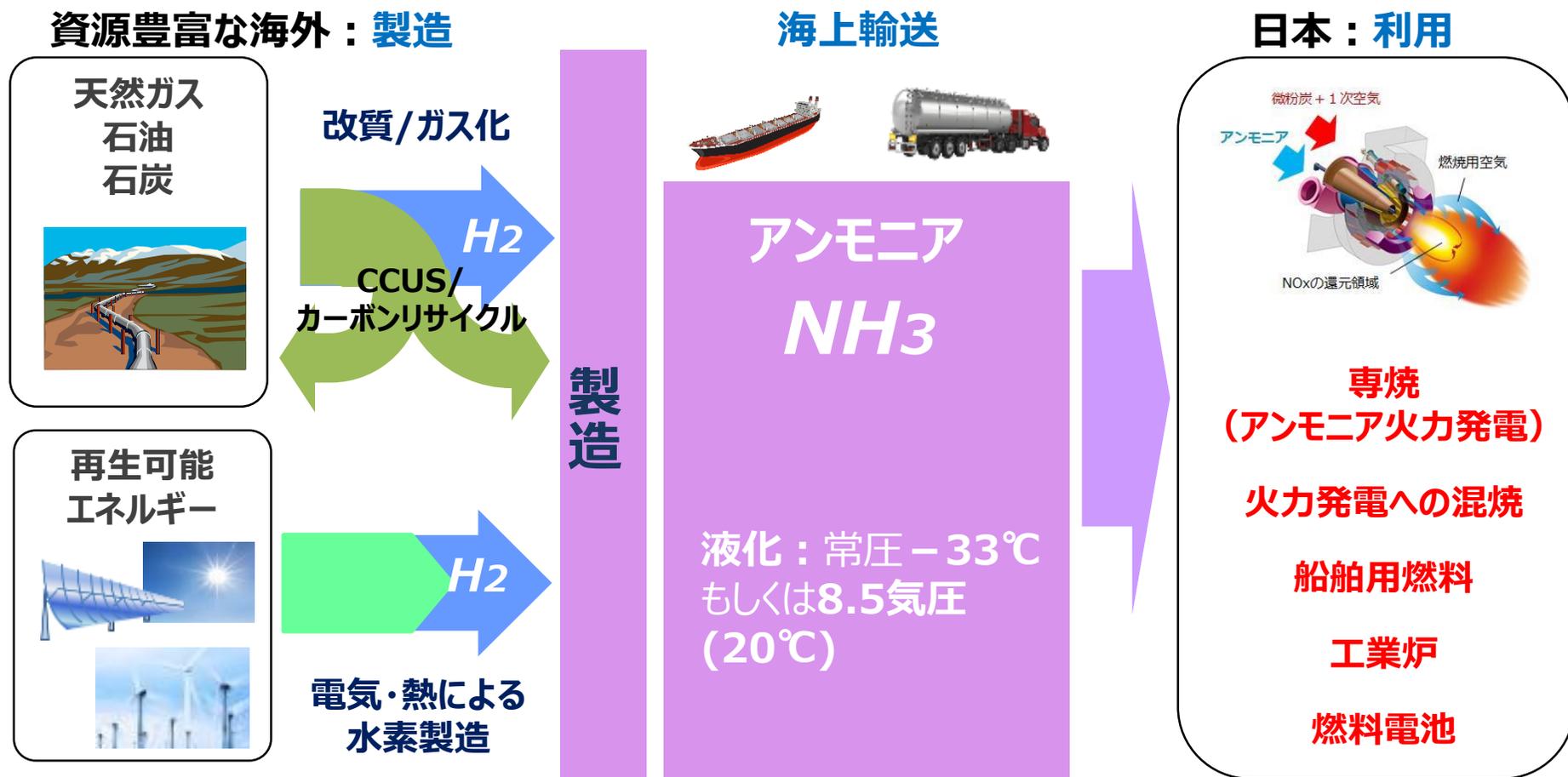
今後は純水素燃料電池導入拡大も視野に入れた取組が必要不可欠

1. 水素発電について

2. アンモニア発電について

# 燃料アンモニアの重要性

- アンモニアは、天然ガスや再生可能エネルギー等から製造することが可能であり、燃焼してもCO<sub>2</sub>を排出しないため、気候変動対策の有効な燃料の一つ。また、アンモニアは、水素キャリアとしても活用でき、水素と比べ、既存インフラを活用することで、安価に製造・利用できることが特長。
- グリーン成長戦略に重要分野の1つとして位置づけられ、第6次エネルギー基本計画※にも初めて明記。  
※水素・アンモニアで2030年の発電電力量の1%に。



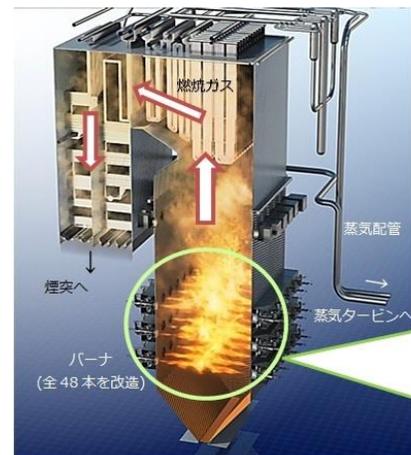
# 燃料アンモニアの需要の広がり

- アンモニアの燃料としての活用に向けた検討が進んでおり、NOx排出を抑制した石炭火力発電への混焼の基礎技術は確立済み。
- 今後、高混焼・専焼化といった利用量の拡大や、船舶や工業炉等の用途拡大も見込まれる中、需要拡大に対応した新たなサプライチェーンの構築が必要。

## 発電分野

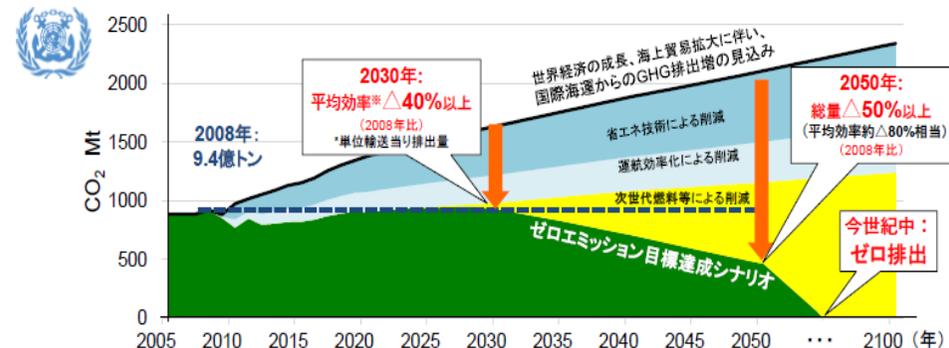
- 我が国独自の技術として、石炭火力発電のバーナーにアンモニアを20%混焼した際の安定燃焼とNOx排出量の抑制に成功。
- 昨年度（2021年度）からJERA碧南火力実機（100万kW）で20%混焼を実証（4年間）。
- その後、技術開発を経て、高混焼・専焼化を目指す。

(出典)JERAプレスリリース



## 船舶分野

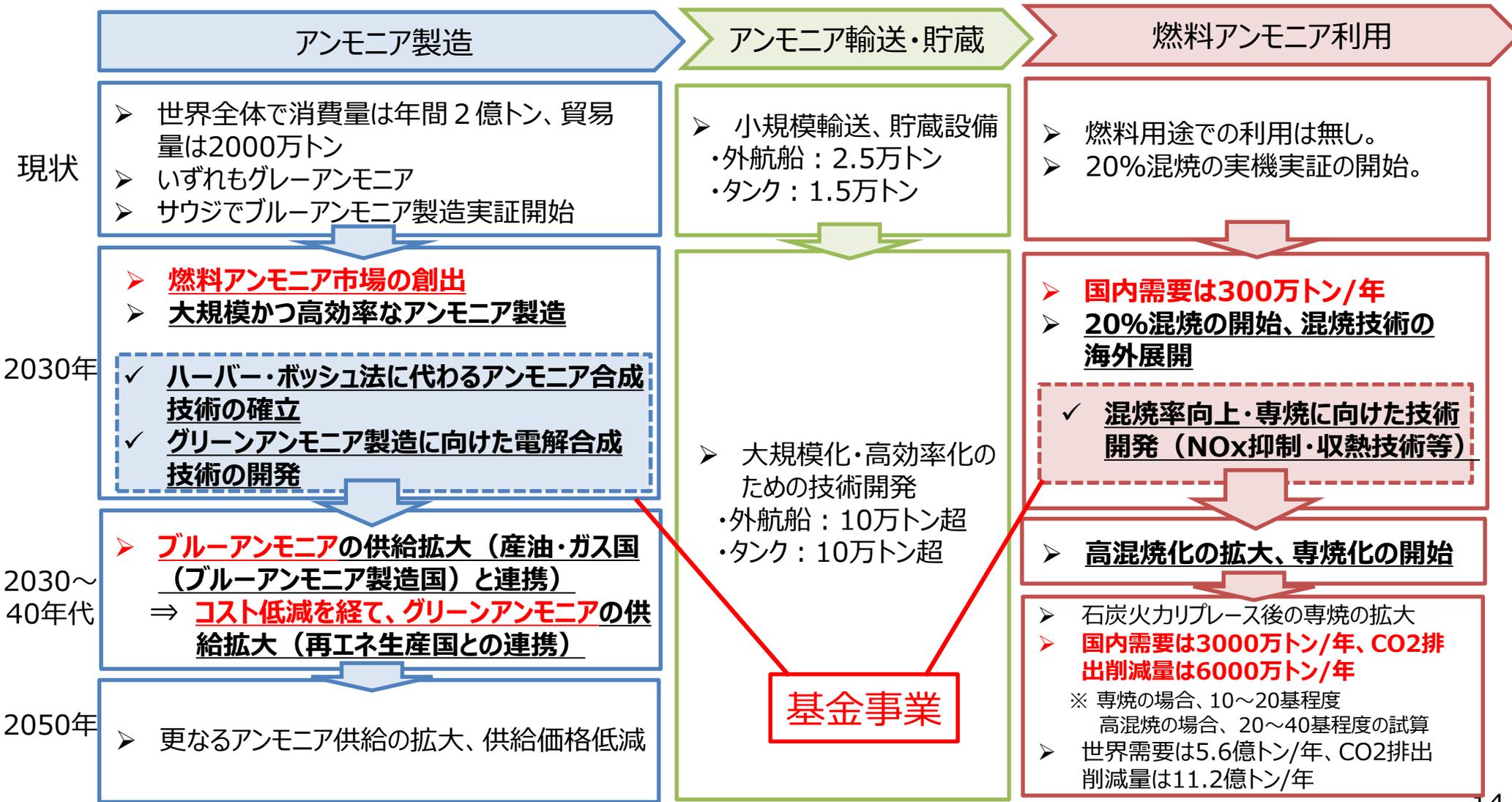
- 国際海事機関（IMO）は、2018年にGHG削減戦略を策定し、国際海運におけるGHG削減目標に合意。
  - ① 2030年までに平均燃費を40%以上改善（2008年比）
  - ② 2050年までにGHG総排出量を50%以上削減（2008年比）
  - ③ 今世紀中できるだけ早期にGHG排出ゼロ
- アンモニアを含む脱炭素燃料を活用した次世代船の開発を検討中。



(出典：国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ概要説明資料より)

# アンモニア利用の拡大に向けた道筋

- 燃料アンモニアの着実な導入・拡大においては、発電・船舶等における利用面で拡大と、低廉で安定的なサプライチェーン構築・強化という双方の取組が必要。多面的な政策的支援を実施。



# 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクト

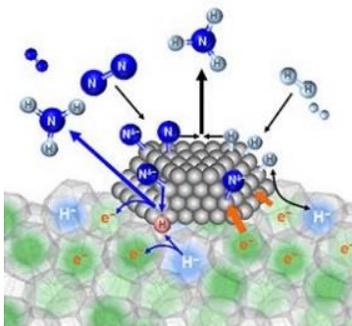
【総予算598億円】（1月7日に実施体制の決定を公表）

- 火力発電の脱炭素化に向け、既存設備を活用しつつ移行を実現するため、燃料アンモニアの活用が重要。現状では、アンモニア供給は肥料等の原料用途に限定されている。燃料アンモニア市場の構築に向けては、利用面・供給面一体での大規模サプライチェーンの構築が必要。
- 既に我が国では世界に先駆け、アンモニア混焼に向けた技術開発を開始。国内のみならず、早期にアジアを中心とする海外市場にも展開する観点からも、製造面では大規模化・コスト削減・CO2排出量低減に資する製造方法の開発・実証を行い、利用面では、高混焼・専焼化に向けた技術開発を行う。

## アンモニア合成技術

（千代田化工、JERA、東電  
再委託先：つばめBHBほか）

- ブルーアンモニア合成コストの低減を目指し、ハーバーボッシュ法よりも低温・低圧で合成可能な技術を開発。
- 触媒の開発や活性・安定性の向上が必要。



（出典）  
NEDO公表資料

※触媒を通じて、窒素分子、水素分子が原子レベルに分離。それらがアンモニアとして結合する。

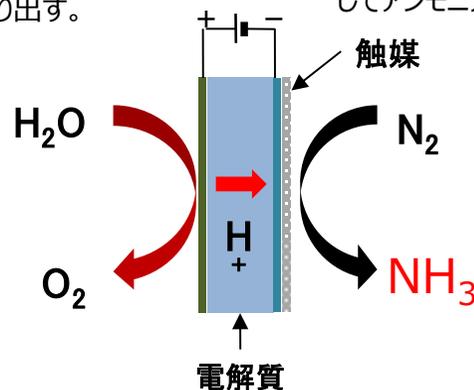
## グリーンアンモニア合成

（出光、東大、九大、大阪大、東工大）

- グリーンアンモニアのコスト削減を目指し、水素を経由しない製造方法を開発。
- 合成に用いる電極の触媒開発や電解質の開発が必要。

※水から水素を取り出す。

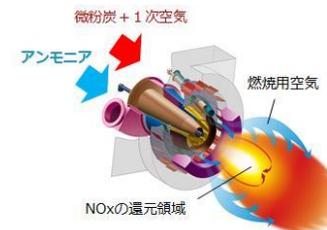
※取り出した水素が窒素と結合してアンモニアに。



## 混焼・専焼バーナー製造

（IHI、三菱重工、JERA、東北大、産総研）

- ボイラやタービンでの高混焼・専焼化を目指し、そのために必要となる高混焼・専焼バーナーを開発。
- アンモニア混焼率の増加に伴うNOx増大、収熱悪化、着火の不安定性の技術課題に対応したバーナーを新たに製造する必要。加えて、開発したバーナーを活用し、流量や流速、吹き込み位置等についても実証を通じて検討する必要。



（出典）IHIプレスリリース

# 2025年大阪・関西万博アクションプランVer.2

- 2025年大阪・関西万博では、2MW級ガスタービンでのアンモニア専焼による万博会場への電力供給を目指し、技術開発とサプライチェーン構築の両輪で進めて行く。

エネルギー・環境

## アンモニア発電技術の実証

連絡先 経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部政策課  
(外線番号：03-3501-2773)

([https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101502.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101502.html))

### > 方針・実施概要

アンモニアは、天然ガスや再生可能エネルギー等から製造され、燃焼してもCO<sub>2</sub>を排出しないため、気候変動対策に有効な燃料の一つ。火力発電の脱炭素化に向け、2030年に300万トン、2050年に3,000万トンのアンモニアの国内需要を見込む。

そうした中で、脱炭素化の加速の観点から、より野心的な目標である専焼化に向けた技術開発を開始。大阪・関西万博では、2MW級ガスタービンによるサイト実証試験を実施し、万博会場に電力を供給するとともに、2020年代後半以降のアンモニアの燃料利用の実用化を見据えた、サプライチェーンのモデルを形成する。

### > 実装に向けた検討状況

(実施期間) 2021～2027年度：燃料アンモニアの新たなサプライチェーンの構築、技術開発等

(実施場所) 会場外で発電した電力を会場内に供給

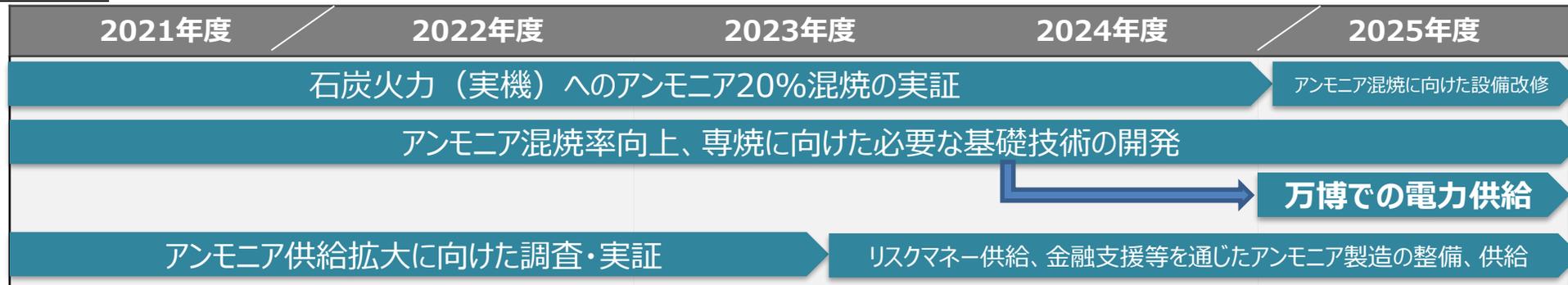
(実施主体) 株式会社IHI、国立大学法人東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社JERA

(予算) 令和2年度第3次補正予算：2兆円の内数（グリーンイノベーション基金）



出展：株式会社IHI

### > 工程表



# 燃料アンモニア製造・調達に向けた国際連携の取組例

- 2021年1月に経済産業省とUAEのADNOC（アブダビ国営石油会社）との間で、燃料アンモニア及びカーボンリサイクル分野における協力覚書を締結。
- 同年7月には同覚書に基づき、経産大臣立ち会いの下、INPEX、JERA、JOGMEC、ADNOCの4者が、アブダビにおけるブルーアンモニア生産事業のFS開始に向け、共同調査契約を締結。
- また、本年6月には三井物産がADNOCのクリーンアンモニア生産プロジェクトに参画することに合意。

## UAE・ADNOCとの覚書（2021年1月）

○MOCは、以下における協力を確認するもの。  
MOCに基づく協力実施のため、「燃料アンモニア・カーボンリサイクル・ワーキンググループ」を設置。

- 情報及び研究成果の共有
- 情報交換・議論のための各種会合開催
- 関連国際フォーラムにおける協力
- 日UAE間の協力可能性の探究
- 燃料アンモニア、カーボンリサイクル及び関連の低排出技術・産業・バリューチェーンへの更なる投資に向けたFS又はパイロットプロジェクトを活用した、ビジネス可能性の調査
- 双方が決定するその他の協力

## アブダビにおけるブルーアンモニア製造事業

○2021年7月、梶山経産大臣とジャーベルADNOC CEO兼産業・先端技術大臣とのTV会談において、INPEX、JERA、JOGMEC及びADNOCの4者間で燃料アンモニアに関する共同調査契約（JSA）の署名式を実施。



○本年6月、三井物産がADNOCのクリーンアンモニア生産プロジェクトに参画することに合意。2025年に年間100万トンのクリーンアンモニア生産開始を目指す。

# (参考) クリーン燃料アンモニア協会 (CFAA) によるクリーンアンモニア定義案

- 昨年からクリーン燃料アンモニア協会 (CFAA) 内に日本の需要者・供給者でWGを設立し、産業界による「クリーン」なアンモニアの定義を検討してきたところ、7月に以下の中間とりまとめを公表。

## クリーンアンモニア定義案 (中間まとめ)

普及技術による既設プラントの活用や最新技術の普及動向を踏まえ、投資・利用基準の定義をStep1からStep3に移行(トランジション)

項目	案	理由(●)、補足・備考等(・)
算定境界	<b>Step1 : Gate to Gateで詳細を規定 (TBD)</b> Step2 : Well to Gateへの拡張を検討	● WellでのGHG排出量の実態が不明であること、化石燃料に対する閾値が定められていないことから、Well to Gate-inを算定境界に入れることは現段階で時期尚早と判断。 ・CCS等を含めた算定範囲については今後詳細を検討し閾値にも反映する。 ・Well-CIデータの収集、Well-CIによる化石燃料の扱いに関する議論の進展にあわせ検討。
スコープ	<b>スコープ1、2 (CI算定ガイドラインに従う)</b>	● エネルギー調達方法の異なるプラント間のイコールフットイングの観点からスコープ1,2とする。
閾値 (相対値)	<b>Step1 : 天然ガスSMRプロセスをベースとした場合を排出量の基準とし、60%以上削減</b> ※CO2削減量クレジット化とのダブルカウントは認めない Step2 : 削減率見直し (ex.70%以上) を検討	● 既存SMRプラントの活用可能性があることから、SMRでのプロセスCO2回収を想定した閾値とし、酸素吹きATRにも適用可能な表現とする。 ● 閾値設定根拠の説明として相対値を記載する。 ・副生水素等からのアンモニア製造についてはクリーン水素の定義を踏まえ追って検討。
閾値 (絶対値)	<b>STEP1 (仮) : 0.84t-CO2e/t-NH3 以下</b> STEP2 : 値の見直しを検討	● 平均的なプラント効率を用い、今後検討する詳細算定範囲で改めて試算する。
CO2削減手法	<b>CCS・EOR (※)</b> ※「CCSと同等」の貯留が可能な場合のみ対象 植林等オフセット・CCUはTBD	● EORは「CCSと同等」の条件を満たす場合のみ認める方向で検討する (条件はTBD)。 ● オフセットの扱いは今後の制度や国際的な動向等と平仄合わせ検討する。

### 燃料アンモニアの投資基準・利用基準のトランジションイメージ

