

# 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」 プロジェクトの 研究開発・社会実装の方向性

2021年6月  
資源エネルギー庁

# 目次

1. 背景・目的

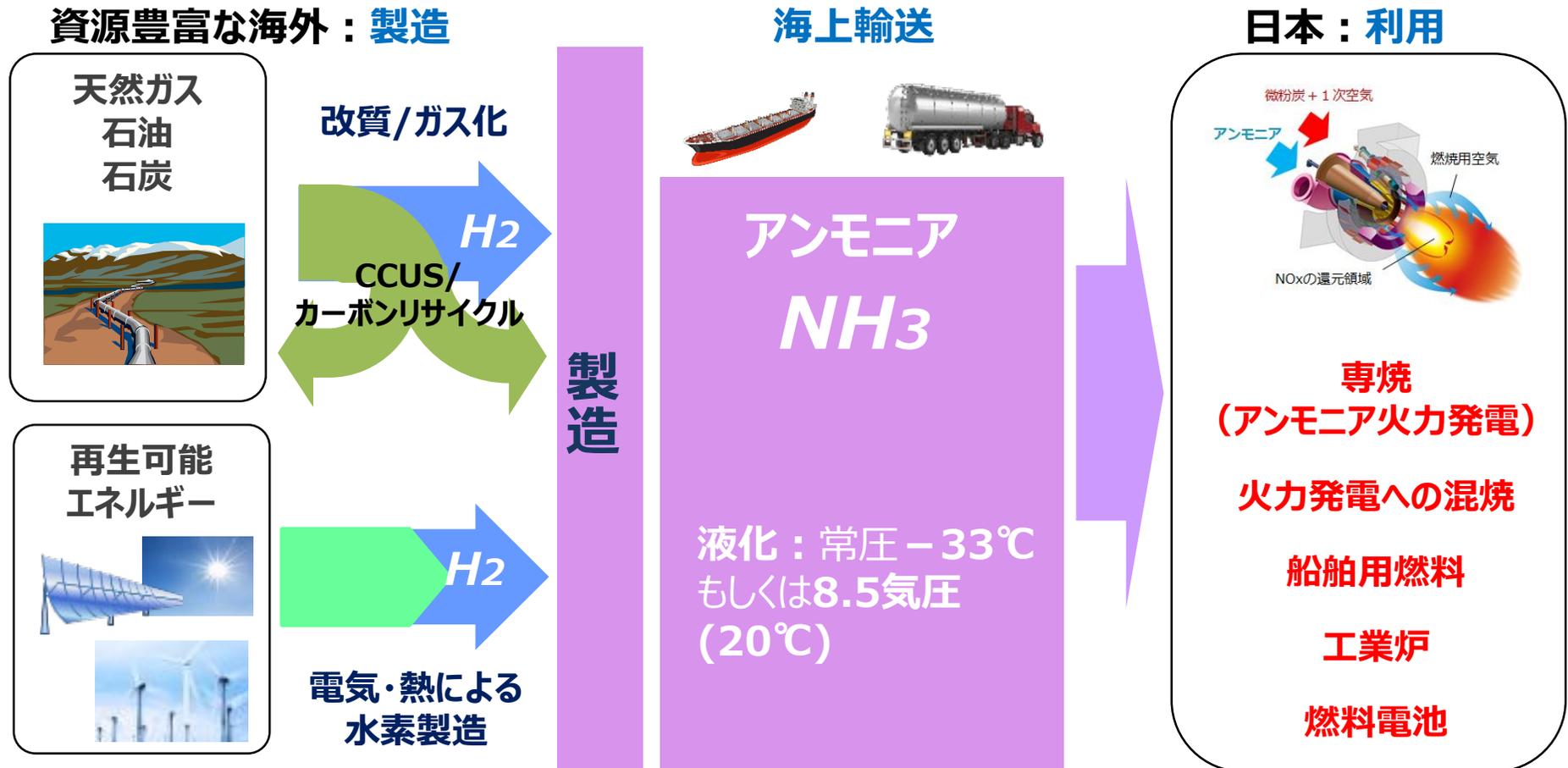
2. 目標

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

4. スケジュール

# 燃料アンモニアの重要性

- アンモニアは、CO<sub>2</sub>を排出せずに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、温暖化対策の有効な燃料の一つ。
- さらに、アンモニアは、水素キャリアとしても活用でき、（水素に変換せずとも）燃料として直接利用が可能。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。

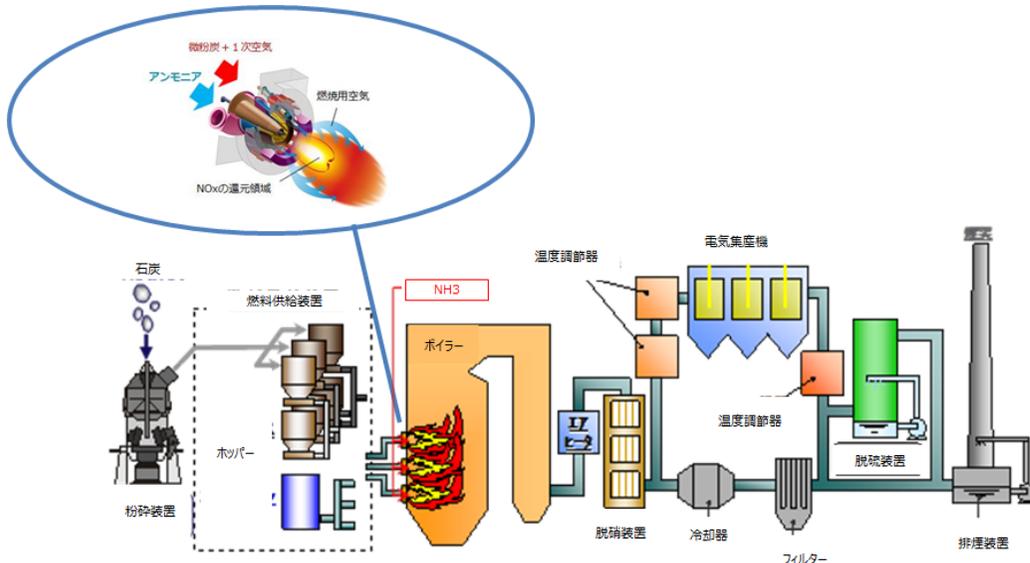


# 燃料アンモニアの需要の広がり

- 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。

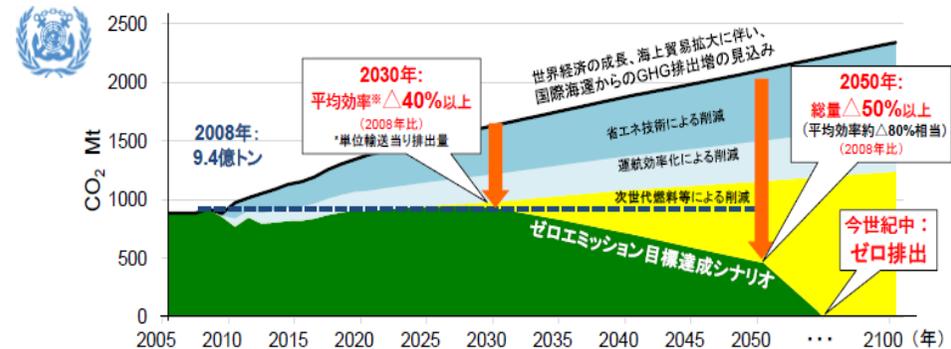
## 発電分野

- 既に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。
- 今年度から実機（100万kW）で20%混焼を実証（4年間）。その後、高混焼・専焼化を目指す。
- 仮に国内の大手電力の全ての石炭火力でアンモニアを20%混焼した場合、年間約2000万トンのアンモニア需要。



## 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)

# 燃料アンモニア利用によるCO<sub>2</sub>削減と消費量

- 将来的なアンモニア専焼（アンモニア火力発電）へのリプレースによって電力部門の5割のCO<sub>2</sub>排出削減。石炭火力での20%混焼によっても、電力部門の1割の削減が可能。
- 他方、石炭火力1基（100万kW）で年間50万トンの燃料アンモニアが必要となる。

ケース	20%混焼（※1）	50%混焼（※1）	専焼（※1）	（参考） 1基20%混焼
CO <sub>2</sub> 排出削減量（※2）	約4,000万トン 電力部門のCO <sub>2</sub> 排出の約1割	約1億トン	約2億トン 電力部門のCO <sub>2</sub> 排出の約5割	約100万トン
アンモニア需要量	約2,000万トン	約5,000万トン	約1億トン	約50万トン

※1 国内の大手電力会社が保有する全石炭火力発電で、混焼/専焼を実施したケースで試算。

※2 日本の二酸化炭素排出量は約12億トン、うち電力部門は約4億トン。

# (参考) 燃料アンモニア利用による発電コスト (試算)

水素発電 (2020年時点試算)	
製造	海外水素製造 (天然ガス+CO <sub>2</sub> 販売 (EOR用途) ) <b>11.5円/Nm<sup>3</sup></b>
輸送	水素輸入 (ローリー輸送+液化+積荷+海上輸送) <b>162円/Nm<sup>3</sup>*</b>
発電	水素発電機 <b>7万~9万円/kW**</b>
発電コスト	専焼 <b>97.3円/kWh***</b>
	熱量ベース (参考) 10%混焼 <b>20.9円/kWh***</b>

アンモニア発電 (2018年時点試算)	
海外水素製造 (天然ガス+CO <sub>2</sub> 販売 (EOR用途) ) <b>11.5円/Nm<sup>3</sup> (= 201ドル/トン)</b>	
海外アンモニア製造 <b>4.3円/Nm<sup>3</sup> (= 76ドル/トン)</b>	
アンモニア輸入 (積荷+海上輸送) <b>2.3円/ Nm<sup>3</sup> (= 40ドル/トン)</b>	
アンモニア専焼設備 <b>46万円/kW ※</b>	(参考) アンモニア混焼設備 <b>29万円/kW</b>
専焼 <b>23.5円/kWh</b>	(参考) 20%混焼 <b>12.9円/kWh</b>

(出典)

- \* 事業者ヒアリングに基づき試算
- \*\* 富士経済「2020年版水素利用市場の将来展望」水素ガスタービン発電
- \*\*\* 発電コスト検証WGより試算

※「アンモニア専焼設備」では、既存の石炭火力発電所建設費に加えて、港湾の受入・貯蔵・払出設備追加費、専焼バーナー及びボイラ改修費を含めて試算

(出典)

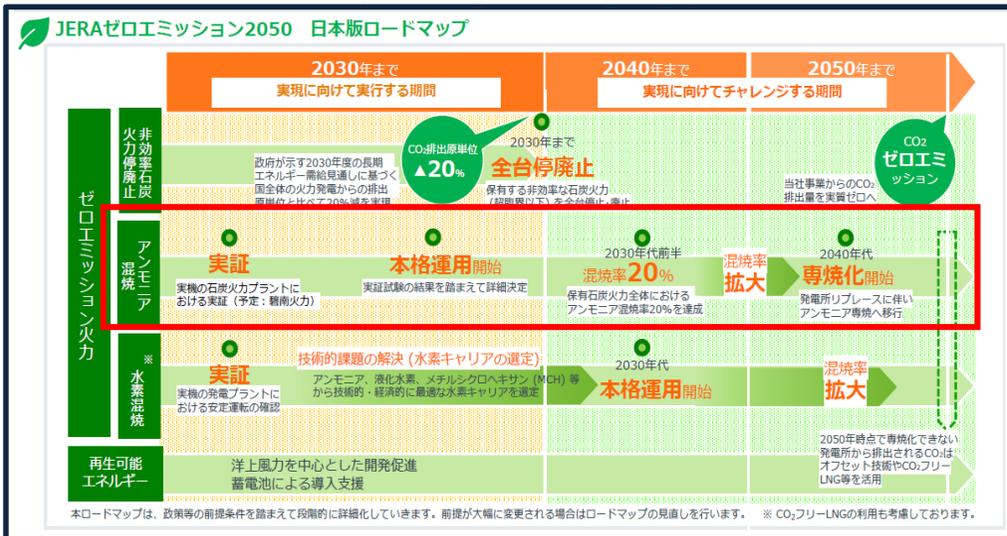
- アンモニア製造・輸入コスト：日本エネルギー経済研究所 SIP「CCS・EOR技術を軸としたCO<sub>2</sub>フリーアンモニアの事業性評価」をもとに資源エネルギー庁試算
- アンモニア混焼設備、発電コスト価格：電源開発SIP「火力発電燃料としてのCO<sub>2</sub>フリーアンモニアサプライチェーンの技術検討」
- アンモニア専焼設備、発電コスト：事業者へのヒアリング等をもとに資源エネルギー庁試算

# (参考) 大手電力のアンモニア燃料の活用方針

- 大手電力各社は2050年に向け、カーボンニュートラルの取組方針を公表している。
- 電力会社によってはロードマップを示す等、カーボンニュートラルに向けた具体的な行動指針を表明。2030～2040年代にかけて、アンモニア混焼・専焼を拡大していく方針が示されている。

## <取り組み事例>

・JERA：2020年10月13日公表



・電源開発：2021年2月26日公表



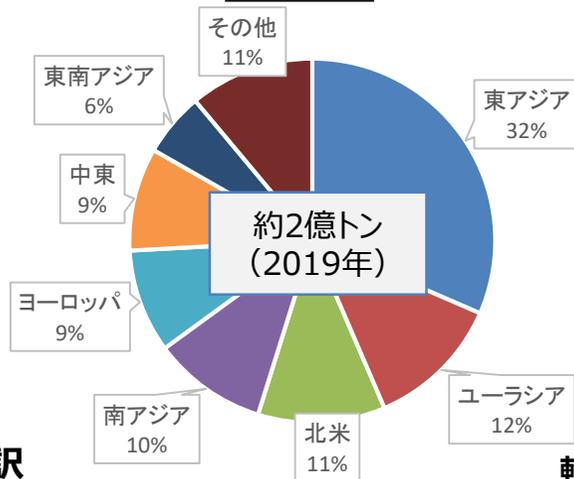
その他以下の事業者が2050年方針を公表

会社	公表日	会社	公表日	会社	公表日
沖縄電力	2020年12月8日	北海道電力	2020年3月19日	四国電力	2021年3月31日
関西電力	2021年2月26日	中部電力	2021年3月23日	九州電力	2021年4月28日
中国電力	2021年2月26日	東北電力	2021年3月24日	北陸電力	2021年4月28日 <sup>6</sup>

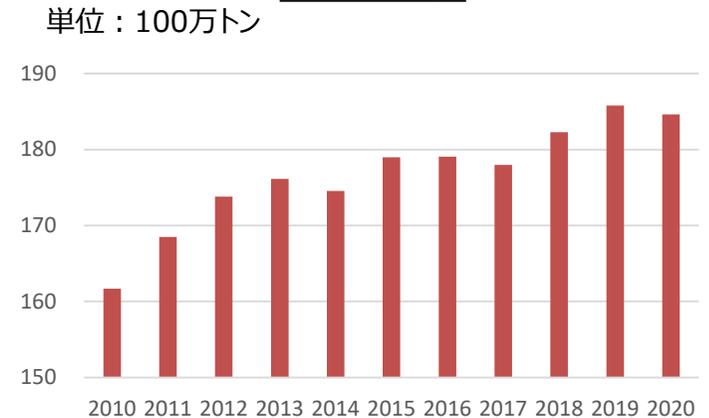
# (参考) アンモニア市場に関する現状

- 現在、世界の原料用アンモニア生産は年間約 2 億トン程度。そのうち貿易量は1割（約2000万トン）に留まり、ほとんどが地産地消されている。
- 日本の原料用アンモニア消費量は約108万トン（2019年）。うち、国内生産は約 8 割、輸入は約 2 割（インドネシア・マレーシアより）。

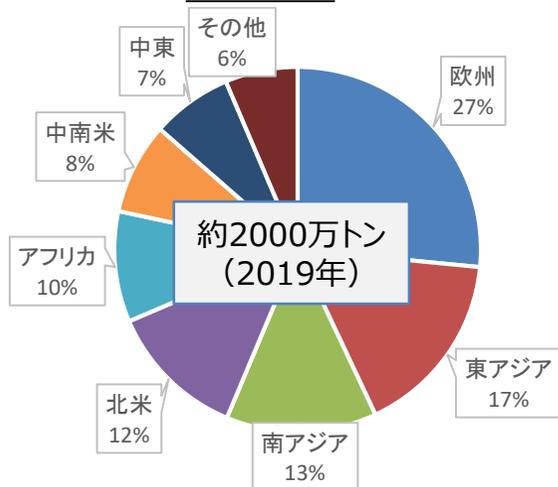
生産内訳



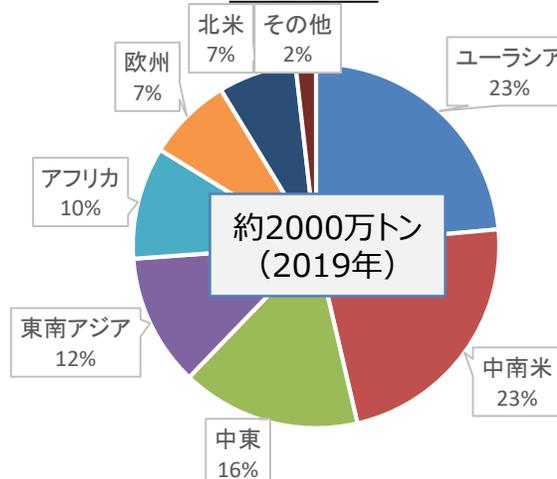
生産量推移



輸入内訳



輸出内訳



貿易量推移



# (参考) 燃料アンモニア導入官民協議会の設立と中間取りまとめ

- 燃料アンモニアの導入及び活用拡大に対応するために、昨年10月に官民で「燃料アンモニア導入官民協議会」を設立。**2月8日に中間取りまとめを実施。**

- 趣旨

今後、燃料アンモニアの導入及び活用拡大に対応するためには、サプライチェーンの効率化や強化といった技術的・経済的な課題への対応が必要となる。こうした課題やその解決に向けたタイムラインを共有し、議論する。

- 構成員

(民) 三菱商事、丸紅、JERA、JPOWER、日揮、IHI、三菱重工業、日本郵船、日本エネルギー経済研究所、クリーン燃料アンモニア協会

(官) 資源エネルギー庁資源・燃料部、JOGMEC、JBIC、NEXI

## <中間取りまとめ概要>

1. 燃料アンモニア導入・拡大に向けた**4つの視点（安定確保、コスト低減、環境配慮、海外展開）**を提示
2. **2030年**には国内で**年間300万トン**（水素換算で約50万トン）、**2050年**には国内で**年間3000万トン**（水素換算で約500万トン）のアンモニア需要を想定（※石炭火力100万kWで年間50万トン必要）
3. 短期的（～2030年）には、石炭火力への実装・導入、必要量を安定的に供給できる体制を構築。長期的（～2050年）には、アンモニア火力（専焼）の実用化・拡大、アジアのみならず世界全体に技術展開、**2050年に世界全体で1億トン規模の日本企業によるサプライチェーン構築**
4. 民側による具体的な取組：発電事業者は積極的にアンモニア導入を計画・公表、供給事業者は燃料アンモニアの低廉かつ安定的で、CO2対策も踏まえた供給体制の整備、**導入・利用に向けた技術開発の推進**など
5. 取組推進にあたっての環境整備：高度化法や省エネ法などでの対応の検討、JOGMECによる支援の強化についての検討、供給側のCO2排出抑制にかかる制度検討、国際標準化の検討、**基金活用の検討**など

# 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（昨年12月策定、本年6月改定）

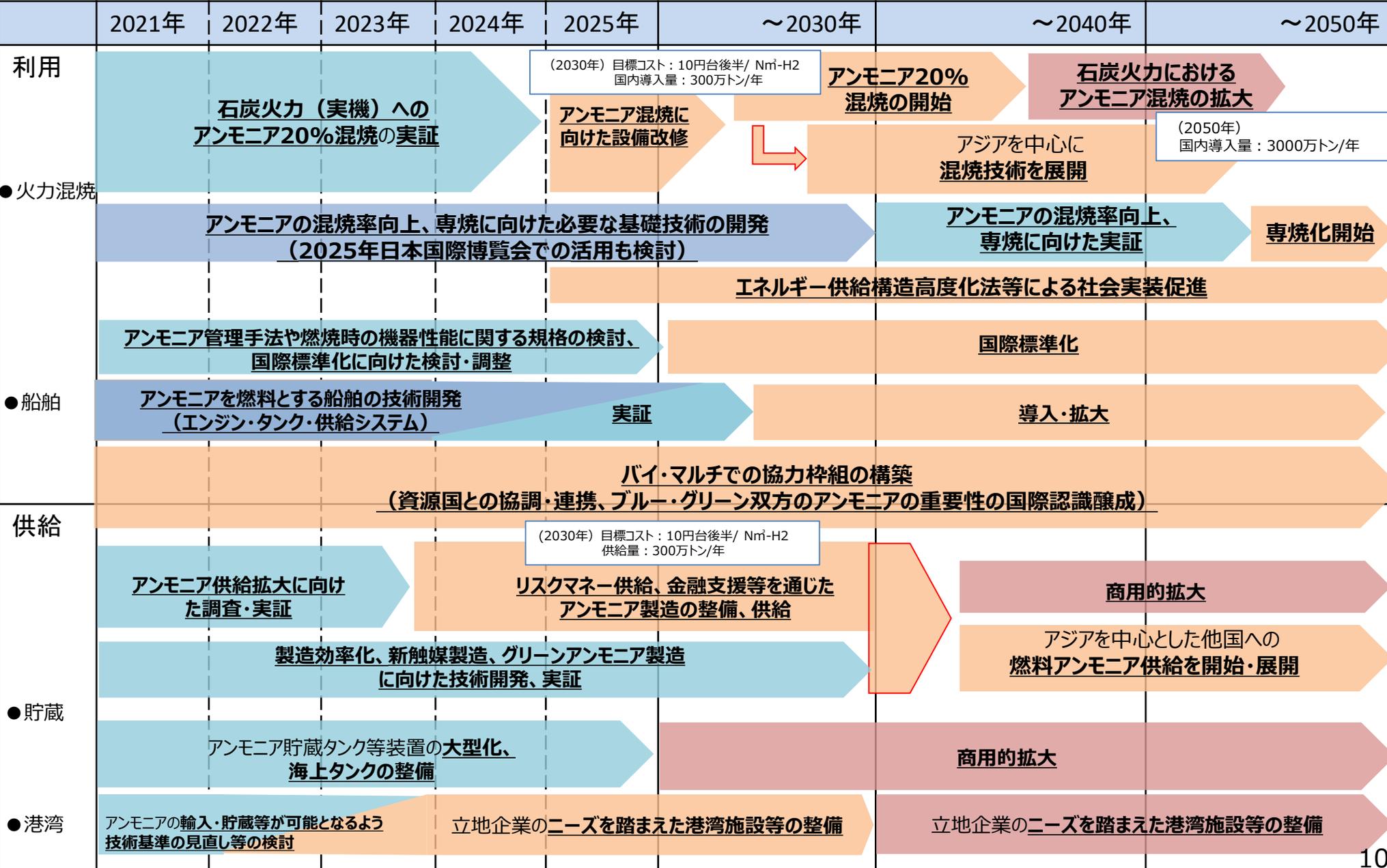
## ②水素・燃料アンモニア産業（燃料アンモニア）

- ◆ 燃焼してもCO<sub>2</sub>を排出しないアンモニアは、石炭火力での混焼などで有効な脱炭素燃料。混焼技術を早期に確立し、東南アジア等への展開を図るとともに、国際的なサプライチェーンをいち早く構築し、世界におけるアンモニアの供給・利用産業のイニシアティブを取る。

	現状と課題	今後の取組
利用 (火力混焼)	<p><b>石炭火力のバーナーでは、アンモニアを燃焼すると大量のNO<sub>x</sub>が発生</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>石炭火力への混焼時にNO<sub>x</sub>の発生を抑制するバーナーの技術開発を実施。</li> <li>実機を用いた石炭火力への20%混焼の実証を、2021年度から開始予定。</li> <li>アンモニアは石炭に比べ燃焼時の火炎温度が低く輻射熱が少ないため、アンモニアの混焼率を高め、専焼にしていくには、NO<sub>x</sub>の発生を抑制するだけでなく、収熱技術の開発も必要。</li> </ul>	<p><b>石炭火力へのアンモニア混焼の普及、混焼率向上・専焼化</b></p> <p>①短期的な対応（2030年に向けた20%混焼の導入・拡大）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>20%混焼の実証（2021年度から4年間）を経て、電力会社を通じてNO<sub>x</sub>抑制バーナーとアンモニア燃料をセットで実用化。</li> <li>混焼技術を東南アジア等に展開。東南アジアの1割の石炭火力に混焼技術を導入できれば、5,000億円規模の投資。</li> <li><u>燃料アンモニアの仕様や燃焼機器のNO<sub>x</sub>排出等に関する国際標準化</u>を主導し海外展開を後押し。</li> <li>燃料アンモニアの法制上の位置づけも明確化し、評価がなされるよう対応。</li> </ul> <p>②長期的な対応（2050年に向けた混焼率向上・専焼技術の導入・拡大）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>混焼率向上・専焼化技術の開発を推進。世界全体で年間1億トン規模の需要量を目指す（年間1.7兆円規模のマーケット）。</li> </ul>
供給 (アンモニアプラント等)	<p><b>用途拡大に伴うアンモニア追加生産の必要性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア生産は年間2億トン。大半が肥料として地産地消。</li> <li>石炭火力1基20%混焼で、年間50万トンのアンモニアが必要。国内の全ての石炭火力で実施した場合、年間2,000万トンのアンモニアが必要であり、世界の全貿易量に匹敵。</li> <li>アンモニアの生産国（北米、豪州、中東）と消費国（日本含むアジア）が連携して国際的なサプライチェーンを構築し、それを通じて安価な燃料アンモニアを供給していく必要あり。</li> </ul>	<p><b>安定的なアンモニア供給</b></p> <p>①短期的な対応（2030年に向けた供給開始）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原料の調達、生産、CO<sub>2</sub>処理、輸送/貯蔵、ファイナンスにおけるコスト低減、そのための各工程における高効率化に向けた技術開発の実施。</li> <li>生産拡大に向けたプラント設置及び海外での積出港の整備に対する出資の検討並びに国内港湾における技術基準の見直し等の検討を行う。</li> <li>NEXI、JBICやJOGMECによるファイナンス支援強化を検討。</li> <li>マルチ・パイの場を活用し、燃料アンモニアの認知向上、国際連携の推進。</li> <li>調達先国の政治的安定性・地理的特性に留意した上で、日本がコントロールできる調達サプライチェーン構築を目指す。</li> <li>2030年には、現在の天然ガス価格を下回る、Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>あたり10円台後半での供給を目指し、国内需要として年間300万トン（水素換算で約50万トン）を想定。</li> </ul> <p>②長期的な対応（アンモニア供給拡大に向けた対応）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニアの利用拡大に対応した更なる製造の大規模化、高効率化。2050年には、国内需要として年間3,000万トン（水素換算で約500万トン）を想定。</li> <li>グリーンアンモニアや国内資源を含む多様な資源からの製造を目指す。</li> </ul>

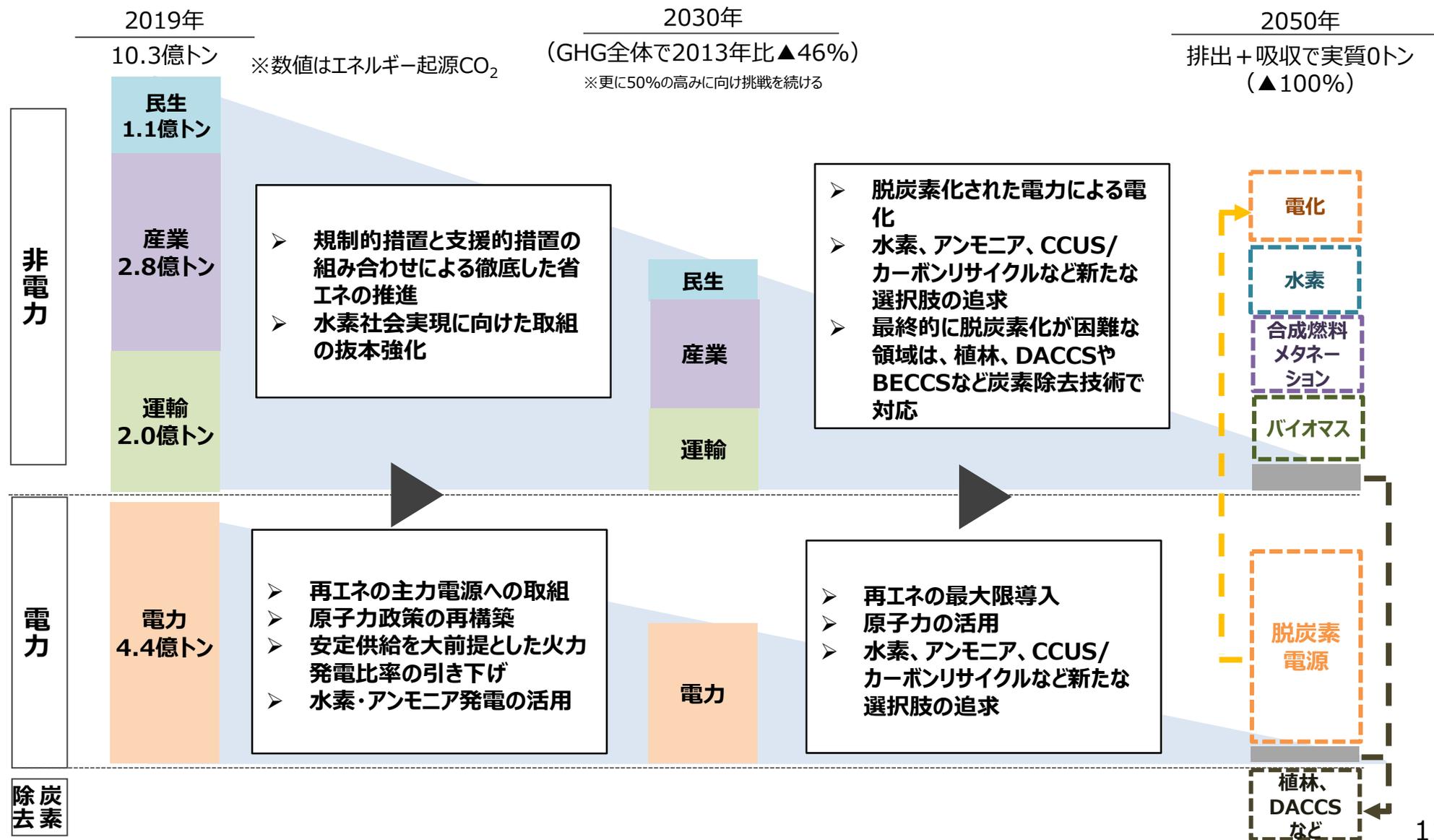
# 燃料アンモニア導入・拡大のロードマップ (グリーン成長戦略より)

●導入フェーズ: 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ



# 2050年カーボンニュートラルの実現

- カーボンニュートラルの実現に向け、再エネの最大限の導入及び原子力の活用、さらには水素・アンモニア、CCUS などあらゆる選択枝を追求していく。



# 水素・アンモニアの発電用途での比較

## 水素

## アンモニア

### 用途

➤ ガス火力発電への混焼、専焼

➤ 石炭火力発電への混焼、専焼

### 理由

➤ 既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能、アセットを有効活用出来る  
➤ 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定化に資する

➤ 燃烧速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃烧速度が速いため、その燃烧を制御する技術が必要。  
➤ 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。

➤ 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃烧。  
➤ アンモニアは燃烧速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。  
➤ 大型の脱硝設備を石炭火力が有しており、アンモニア燃烧時の脱硝にも利用可能。

### 将来の姿（リプレイス）

➤ ガス火力をリプレイスして、専焼を実施。  
• ガス火力は脱硝装置が小さく、NOxの処理量に限界。  
• また、初期から水素での混焼等を行う中で、港湾施設等の周辺設備が水素向けに整備され、他燃料導入には多大なコストを要する可能性（水素キャリアとしてのアンモニアは選択肢）。

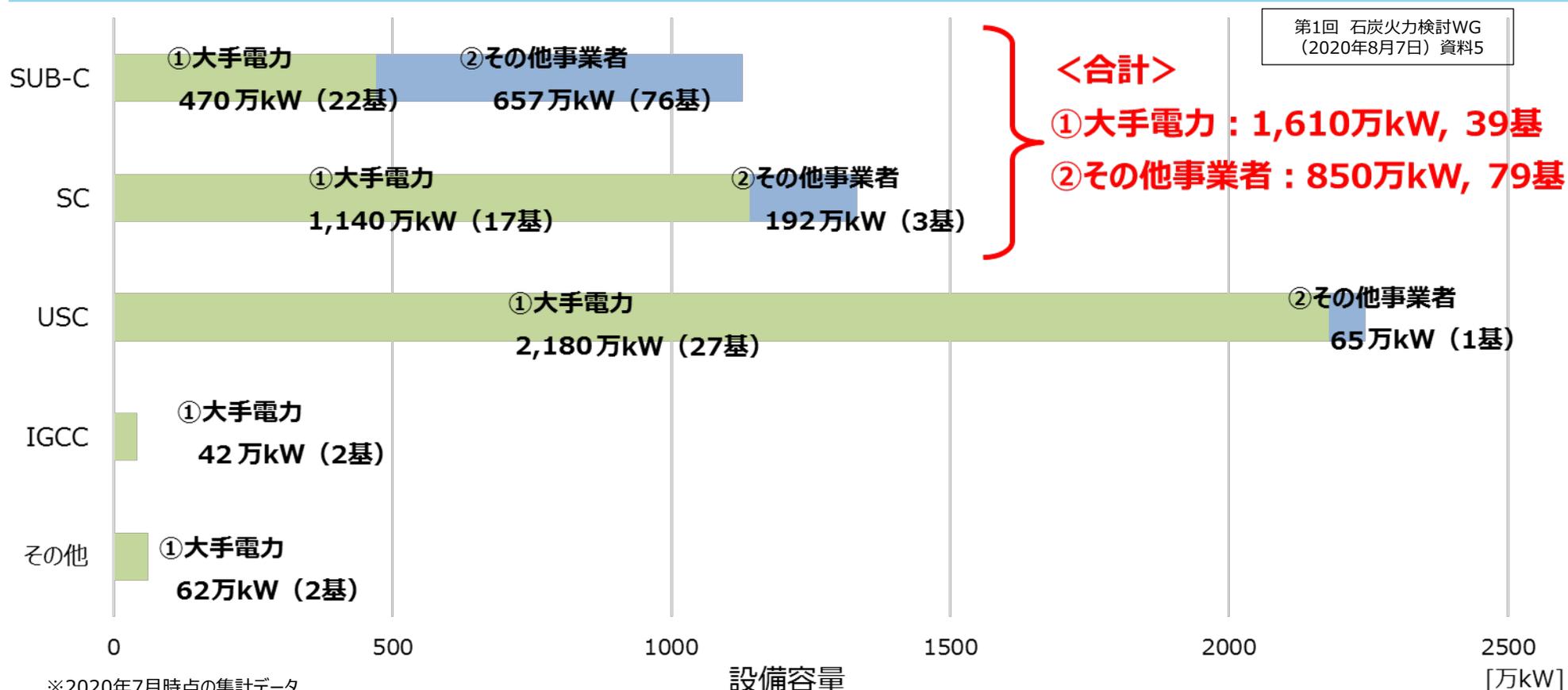
➤ 石炭火力をリプレイスして、ボイラもしくはタービンで専焼を実施。  
• 石炭火力は脱硝装置が大きく、NOxの処理に適している。  
• また、初期からアンモニアでの混焼等を行う中で、港湾施設等の周辺設備がアンモニア向けに整備され、他燃料導入には多大なコストを要する可能性（脱水素して水素として利用可能な点には留意）。

# (参考) 石炭火力の種類 (アンモニア混焼・専焼の主な対象)

- 発電事業者が保有する石炭火力<sup>※1</sup>は、2020年7月時点で**150基 (約4,800万kW)**。  
そのうち、**大手電力<sup>※2</sup>**が保有する石炭火力は**70基 (約3,900万kW)**。
- 今後、**USC (超超臨界)**を中心として**アンモニア混焼・専焼の導入が想定される**。

※1:電気事業法に規定する発電事業者が保有する特定発電用電気工作物で石炭を主燃料とするもの。

※2:旧一般電気事業者に加え、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力を含む。



※2020年7月時点の集計データ

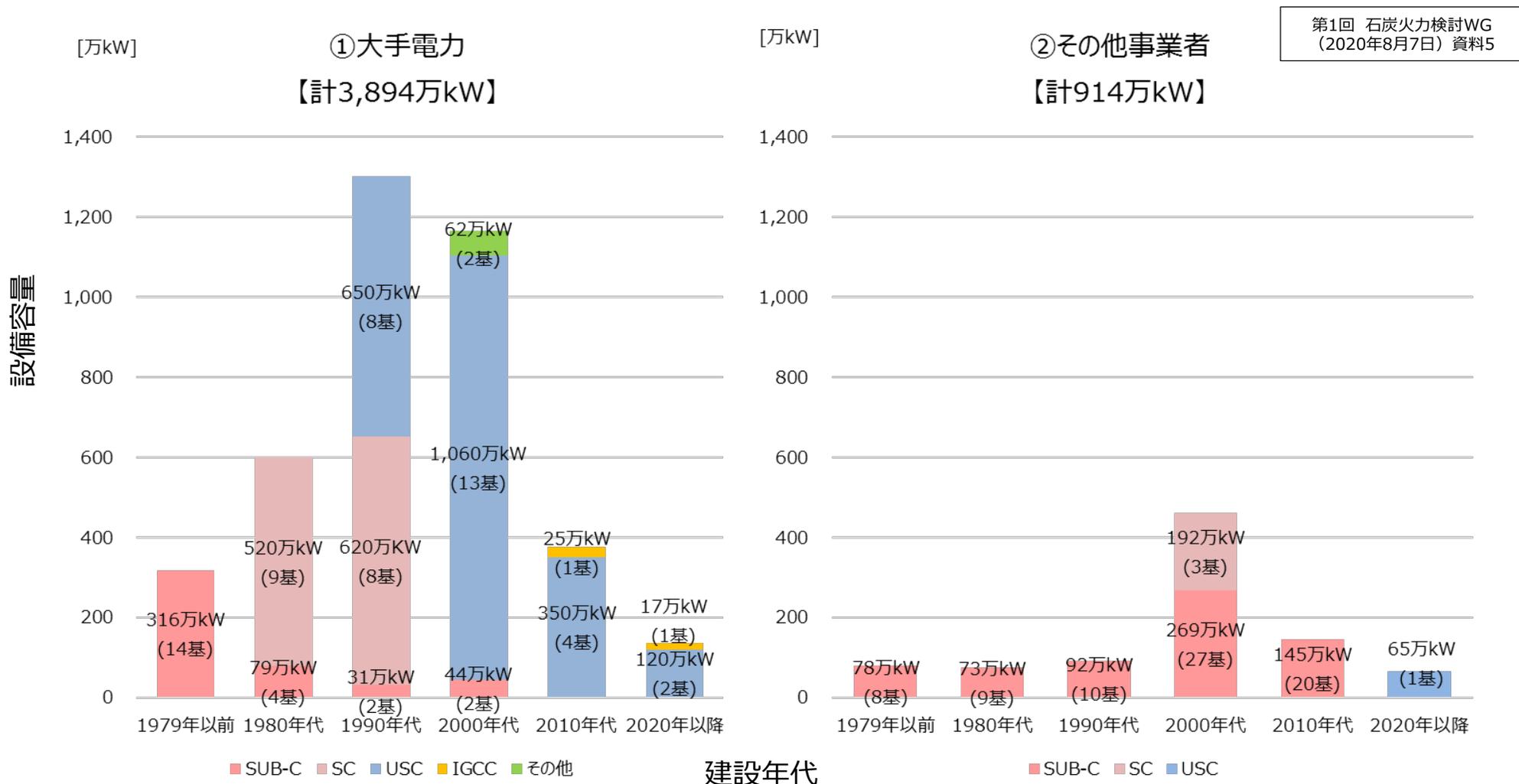
※①大手電力：旧一般電気事業者、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力

※②その他事業者：売電のみ行う大手電力以外の事業者、自社工場での使用など売電以外も行う大手電力以外の事業者 (例：製造業 (製鉄、化学、製紙、セメント))

※グラフ中の「その他」は、PFBC (加圧流動床複合発電方式)。

# (参考) 石炭火力の運転開始時期 (アンモニア混焼・専焼の将来)

- 2000年代以降、大手電力は基本的にUSC以上を建設しており、将来にわたってUSCが活用される可能性が高い。 → 現実的な脱炭素化がアンモニア混焼・専焼



※2020年7月時点の集計データ

※①大手電力：旧一般電気事業者、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力

※②その他事業者：売電のみ行う大手電力以外の事業者、自社工場での使用など売電以外も行う大手電力以外の事業者（例：製造業（製鉄、化学、製紙、セメント））

※グラフ中の「その他」は、PFBC（加圧流動床複合発電方式）。

# (参考) 大手電力会社における石炭火力の設備容量の比較

- JERAや電源開発、東北電力を中心に、USCの設備容量は2000万kW以上に上る。
- 仮にここにアンモニア専焼が導入された場合には、**5000万トン/年以上の需要が創出。**

第1回 石炭火力検討WG  
(2020年8月7日) 資料5 一部修正

	北海道	東北	JERA (東京・中部)	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	電源 開発	合計
USC等の 設備容量 (万kW)	70	332	602	190	180	108	70	170	0	499	2,222
SUB-C及びSCの 設備容量 (万kW)	155	303	313	100	0	159	41	176	75	351	1,672
石炭火力全体の 設備容量 (万kW)	225	635	915	290	180	267	111	346	75	850	3,894
USCが 石炭火力に占める割合 (%)	31.1%	52.4%	65.8%	65.5%	100%	40.5%	63.3%	49.1%	0.0%	58.7%	<b>57.1%</b>
総設備容量※ (万kW)	838	1,902	9,464	824	3,179	1,153	543	1,693	216	1,637	21,449

※合計の欄に関しては、四捨五入の関係上ずれが生じることに留意。

※共同出資している共同火力等の出力を、出資比率に応じ案分。

※石炭火力発電の設備容量は2020年6月末時点のデータ。

※総設備容量は電力調査統計（2019年11月版、2020年2月25日公表）による。

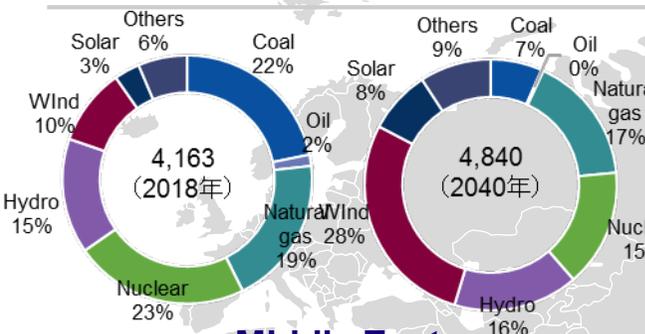
※稼働率に関わらず総設備容量を計上（天候によって出力が変動する再エネや、点検中・休止中の発電所の設備容量も計上）。

# (参考) 世界の石炭火力におけるアンモニア混焼・専焼の将来

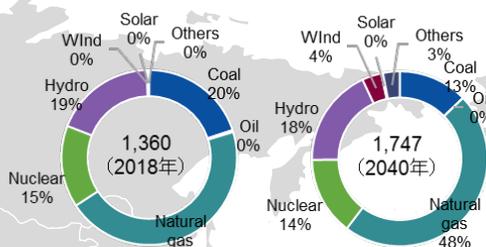
- 世界のエネルギー需要増の7割はアジア太平洋地域で発生。同地域では、**2040年でも石炭火力が電源構成の4割**を占める。石炭火力設備容量は**1820GW**（日本のUSC容量の約100倍）。（※WEO 2020のSDSでは968GW）  
→ 仮にこの1割にアンモニア高混焼が導入された場合、**2.5億トン／年の需要が創出**。

(単位: TWh)

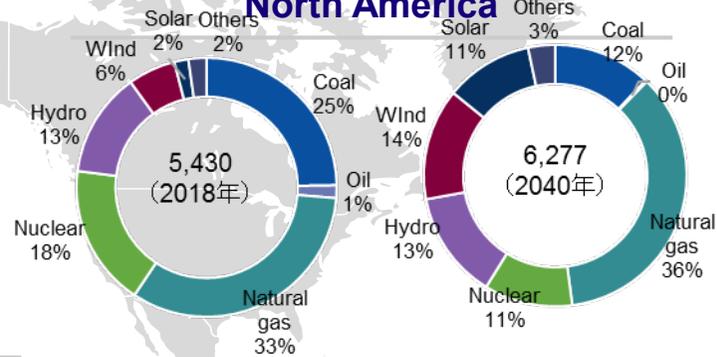
## Europe



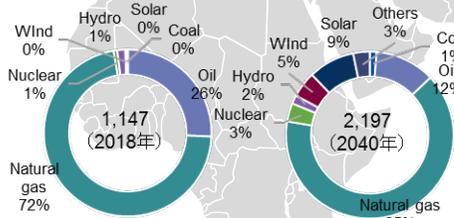
## Eurasia



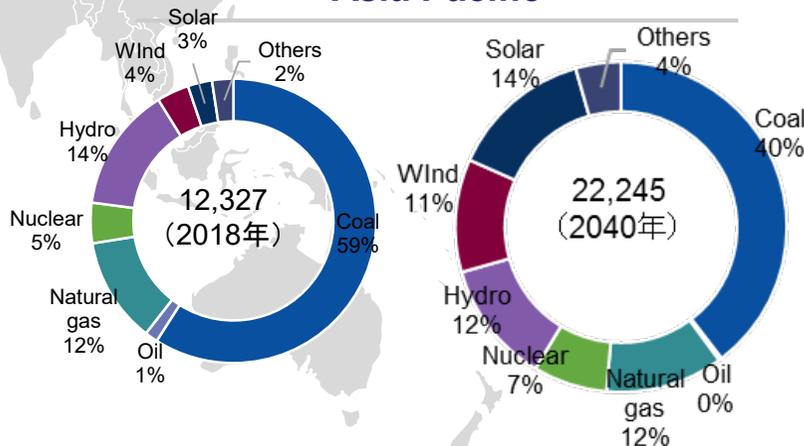
## North America



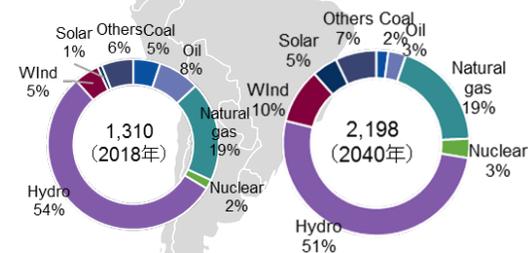
## Middle East



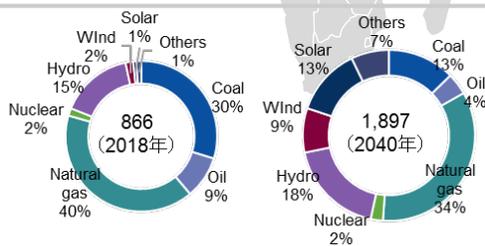
## Asia Pacific



## Central and South America



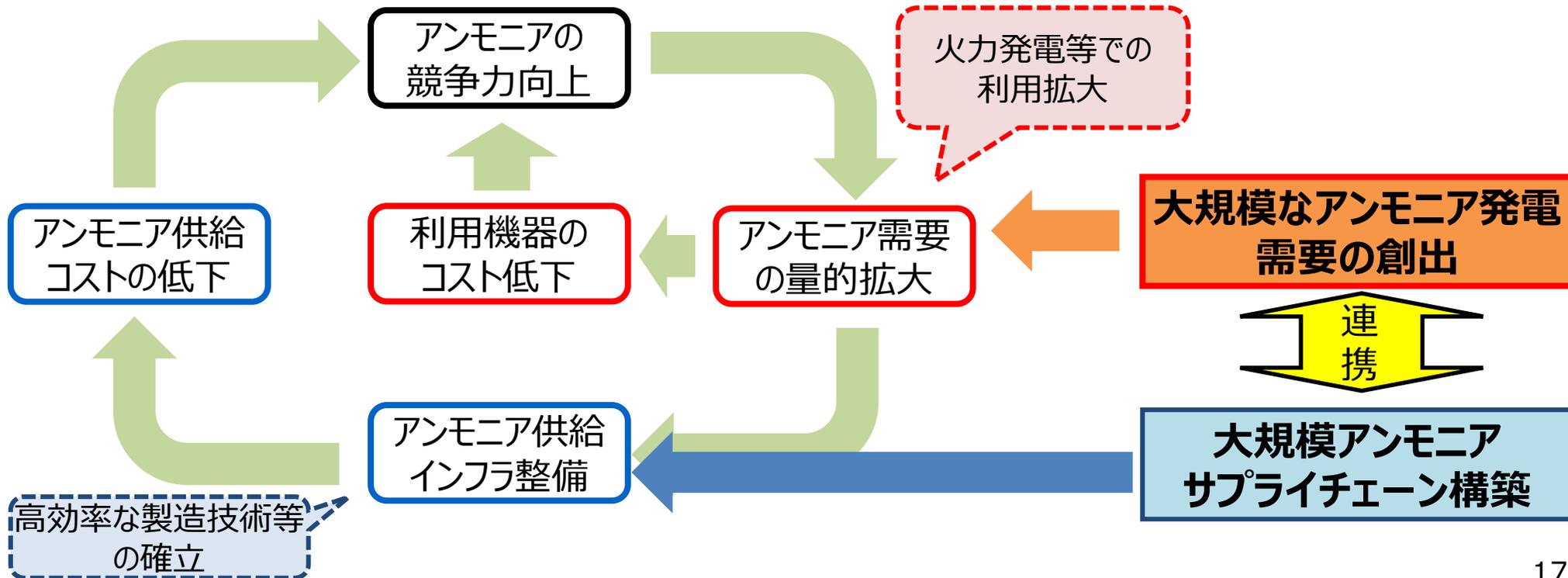
## Africa



(出所) IEA "World Energy Outlook 2019" Stated Policies Scenario

# 燃料アンモニアの社会実装に向けた好循環の創出

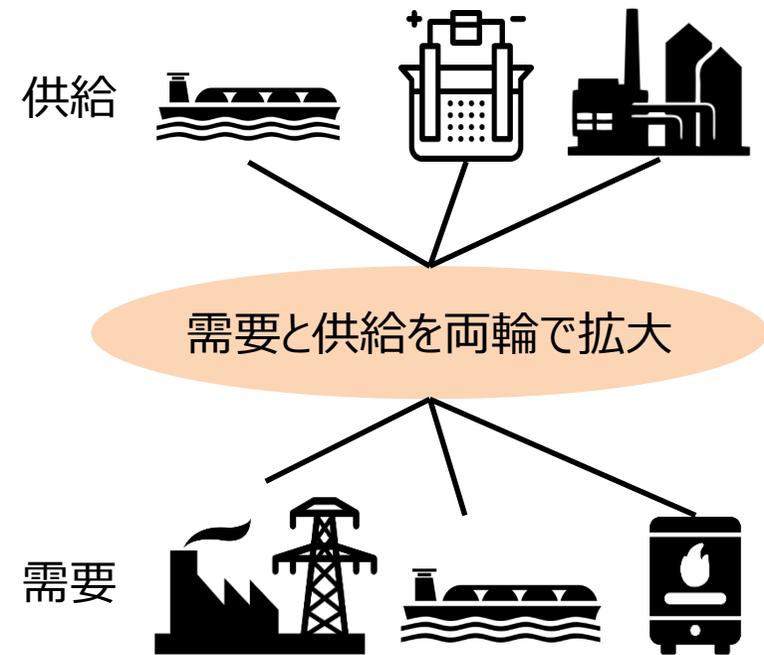
- 他エネルギー源に対する燃料アンモニアの競争力を強化し、燃料アンモニアの社会実装に向けた好循環を作り出すべく、民間の取組を後押しする各種政策を一体的に講ずることが重要。
- 2030年までに発電分野を中心とした大規模需要を創出することで、燃料アンモニアサプライチェーンの構築を促進し、自立的な普及を促す。
- 更には、2050年時点でアンモニア発電が電力システムの中で主要な供給力、調整力の一つとしての役割を果たすことにもつながる。



# 社会実装モデル創出の意義

- アンモニアは、肥料用途を中心としたサプライチェーンが既に構築されているものの、取引量は限定的であり、燃料用途に対応した追加での大規模サプライチェーンの構築が必要。
- 燃料アンモニア活用を進める上では、需要と供給を両輪で拡大させていくことが重要であり、主として海外で大規模にアンモニアを製造・国内外へ輸送し、大型火力発電所を中心に大規模に利用するケースが想定される。

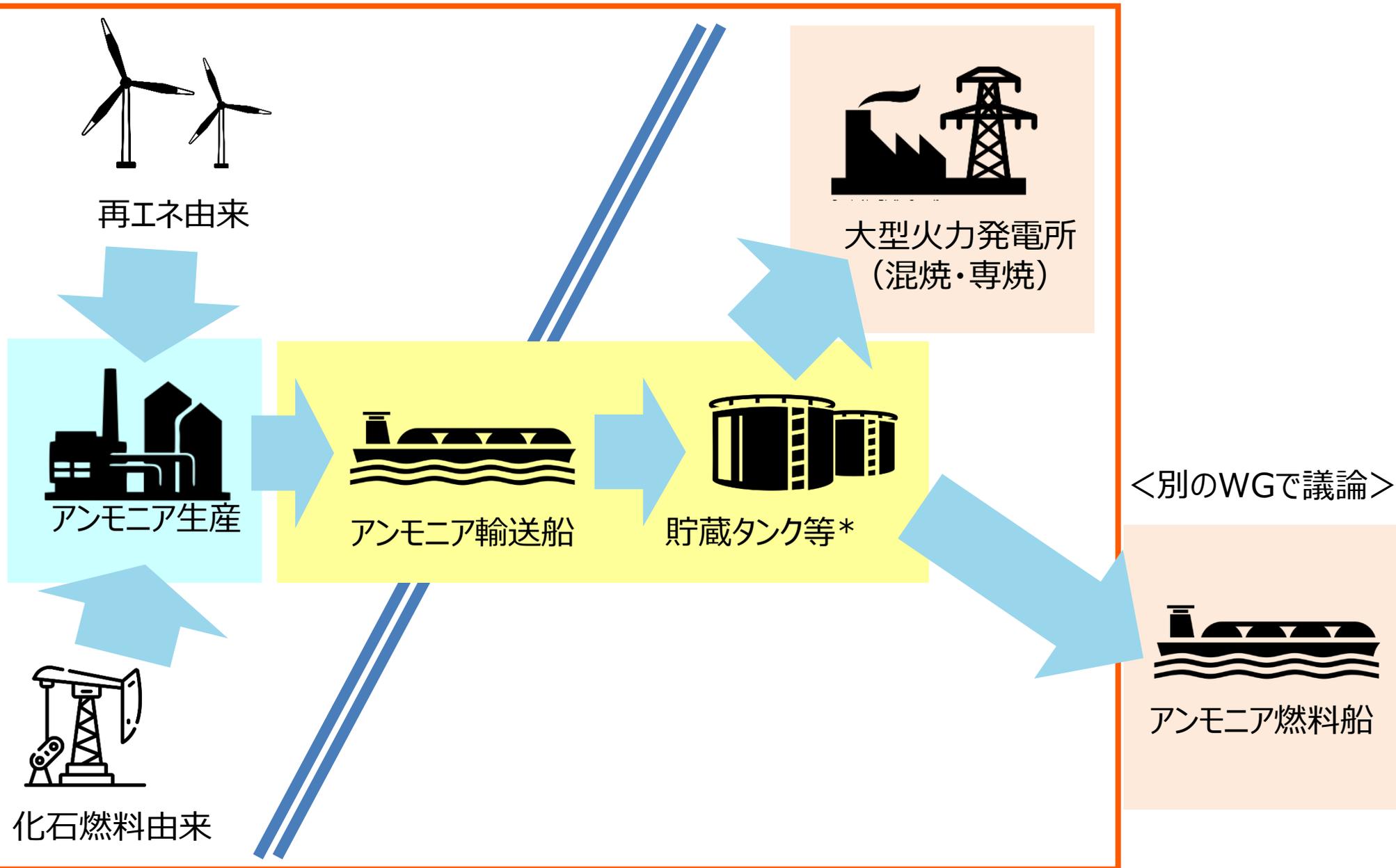
【アンモニアの社会実装モデルのコンセプトとモデル例】



## モデル例:大型火力発電所等での大規模活用

- 大規模なアンモニアの製造、輸送を行い、大型火力発電所を中心に発電等で大規模利用するという一体的なモデルを想定
- 具体的なモデルイメージとしては以下の通り。
  - 海外での大規模でCO2高処理のアンモニア製造・大規模・高効率のアンモニア輸送・貯蔵設備
  - 火力発電におけるアンモニアの高混焼及び専焼化（アンモニア火力発電）

# 社会実装モデル例（大型火力発電所等での大規模活用）



# 燃料アンモニア・バリューチェーンにおける事業機会と成長戦略

- 燃料アンモニアのバリューチェーンにおいて以下のような事業機会が生まれる中で、我が国として、
  - ①既存の原料用アンモニアメーカー・トレーダー（Yara等）よりも早期に低コスト・低炭素なアンモニア製造技術を確立して生産・輸送体制を構築するとともに、
  - ②アンモニア混焼・専焼技術を早期に確立し、国内だけでなく世界の火力発電に展開することが有効。

## アンモニア製造

## アンモニア輸送・貯蔵

## アンモニア利用

### 各国の動き

- 各製造ライセンサーは、大規模アンモニア製造を検討。
- 日本への輸出を念頭に、サウジアラビア、UAE、豪州等でブルーアンモニア製造案件の検討が進展。
- グリーンアンモニアについてはYaraが検討を進めるが高価格。電解合成技術は各国ラボレベルで検討を進めるものの途上。

- 現状のアンモニア貯蔵施設の大半は、中韓企業が製造。他方、現段階では、発電等の大規模需要がなく、大規模化の動きは無し。

- 海外の石炭火力には中韓ボイラ企業（Harbin, Dongfang Boiler等）が参入。早晩、混焼・専焼技術開発を開始する可能性。

### 事業機会

- **プラント会社とライセンサーとの戦略的関係構築**が拡大する製造市場獲得の鍵に。
- 製造プロセスのCO<sub>2</sub>削減が求められるようになることで**合成技術のゲームチェンジ**が起きる可能性。
- **グリーンアンモニアへのシフト**を見据えた低コスト化技術の必要性向上。

- 火力発電での利用が始まれば、大規模アンモニア利用が生じる。
- 利用地への大規模輸送・貯蔵がコスト競争力の観点から不可欠。  
(石炭火力1基で20%混焼をした場合、年間50万トンのアンモニア需要)

- 高混焼・専焼技術の技術が確立されれば、**アジア等世界の火力発電において燃料アンモニアの導入が拡大**。  
(2040年アジア大洋州で1820GWの石炭火力が稼働：現在約25%が日本製)

# 燃料アンモニアの社会実装に向けた課題と解決策

- 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の技術開発、低廉で安定的なサプライチェーン構築のための新製造・効率化技術の開発等が必要。**

⇒ **本基金では、特に革新的であり、長期的な研究開発が必要な赤字部分に重点化して取り組む。**

## アンモニア製造

## アンモニア輸送・貯蔵

## アンモニア利用

### 現状の取組

- サウジでのブルーアンモニア製造（天然ガス由来）の取組

- 既に肥料用途を中心とした海外サプライチェーンは構築済

- 発電事業者においてアンモニア利用の発表（JERA等）

### 課題

- 追加的なアンモニア製造による十分な供給量の確保
- 合理的なコストでのCO<sub>2</sub>排出の抑制

- 足下のアンモニア調達は大半が国内製造で、海上輸送サプライチェーンは限定的であり、拡大の必要
- IMO規制等の観点から、輸送時の脱炭素化に向けた対応も必要

- 20%混焼のみならず、混焼率向上・専焼技術の確立
- 発電以外で船舶や工業炉での利用の拡大。

### 解決策

- アンモニア製造設備の大規模化、高効率化
- ブルーアンモニア製造における大規模かつ高効率なCO<sub>2</sub>分離回収
- **ハーバー・ボッシュ法に代わるアンモニア合成技術の確立**
- **グリーンアンモニア製造に向けたアンモニア電解合成技術の開発**

- 輸送・貯蔵における大規模化・高効率化のための技術開発
- 輸送用のアンモニア燃料船の導入に向けた技術開発（主機エンジン・燃料電池等）

- 20%混焼の実機での実証
- **混焼率向上・専焼に向けた技術開発（NOx抑制・収熱技術等）**
- アンモニア燃料船の導入に向けた技術開発（同左）
- 工業炉等での利用に向けた技術開発

# 目次

1. 背景・目的

2. 目標

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

4. スケジュール

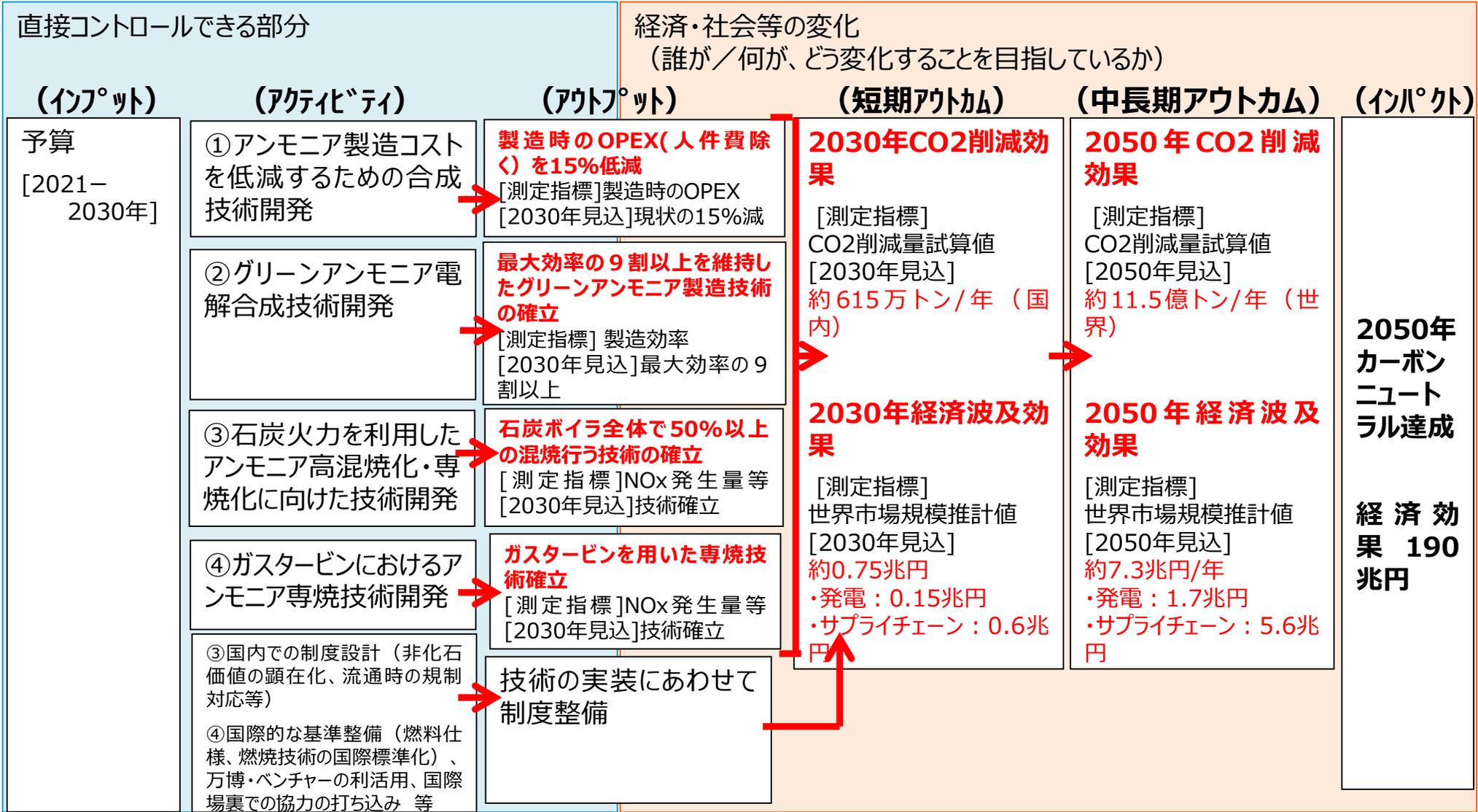
# 本プロジェクトの研究開発目標と研究開発内容

- 本プロジェクトでは、燃料アンモニアの供給コストの低減と需要の創出・拡大の鍵となる技術開発に一体的に取り組み、燃料アンモニアの大規模サプライチェーンの構築を目指す。
- 火力発電における低濃度での混焼技術は既存事業において実機実証に着手しているため、高混焼技術の開発・実証については、補助事業にて実施。その他の技術は、社会実装まで10年以上を要する革新的なものであるため、委託事業にて技術開発を実施し、実証段階で補助へ移行。

## 研究開発目標と研究開発項目

- **目標①：アンモニアの供給コストの低減に必要な技術の確立**（2030年10円台後半/Nm<sup>3</sup>の実現に必要な技術）
  - **目標①-1：アンモニア製造の運転コスト※を15%以上低減する合成技術の確立**
    - ⇒ アンモニア製造新触媒の開発・実証（委託→補助） ※人件費除く
  - **目標①-2：1年間の連続運転※により最大製造可能量の9割以上の製造を可能とするグリーンアンモニア電解合成技術の確立**
    - ⇒ グリーンアンモニア電解合成技術の開発・実証（委託→補助） ※商用段階の一般的な運転方法を想定
- **目標②：アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化**
  - **目標②-1：石炭火力発電の実機における50%以上のアンモニア混焼技術の確立**
    - ⇒ 石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼含む）の開発・実証（補助※）  
※専焼技術の開発を行う場合には、一部委託で実施
  - **目標②-2：ガスタービンの実機におけるアンモニア専焼技術の確立**
    - ⇒ ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術の開発・実証（委託→補助）

# 燃料アンモニアサプライチェーンの構築



## アウトカム(世界市場規模推計) 試算の考え方

- 各研究開発要素の積み上げにより試算。燃料アンモニア利用量は、2030年断面で国内300万トン、2050年断面では世界全体で5.6億トンを見込む。
- 混焼に向けた設備改造に石炭火力1基あたり約250億円程度、海外でのアンモニア製造・輸出基地の建設で1基あたり約2000億円程度を要すると仮定(2030年)
- 全ての燃料アンモニアが専焼での利用となっていて専焼に向けた設備改造に1基あたり約1500億円程度(混焼の5倍)を要すると仮定(2050年)

# 目次

1. 背景・目的

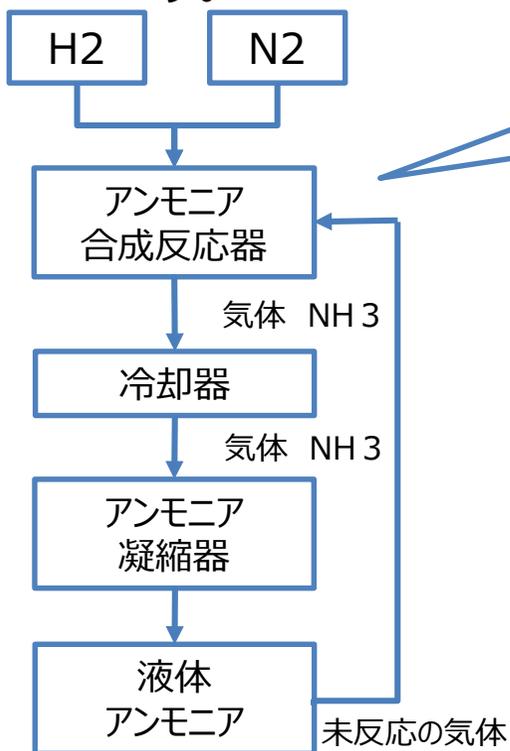
2. 目標

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

4. スケジュール

# 研究開発項目①-1：アンモニア製造新触媒の開発・実証

- これまでアンモニア製造は高温高压（400～500℃の温度と、10～30MPa）下で鉄系の触媒を用いて合成を行うハーバーボッシュ法が利用されてきた。
- ハーバーボッシュ法では、高温高压下での合成が前提となることに加え、機構も複数存在する（下図参照）ことから小型化が難しく、かつ多量のCO2を排出するという特徴が存在。これによりアンモニア製造の効率が低いものになっていたというのが現状。
- 低温・低圧で合成が可能な触媒の開発を実施することで、**海外ライセンサーに依存しない生産体制を構築するとともに、製造コストの低減、製造時のCO2排出量の低減**を目指す。



＜ハーバーボッシュ法＞  
 触媒を活用した400～500℃、10～30MPaでの反応  
 ⇒反応温度、反応圧力を下げることで、OPEXの低減を目指す。

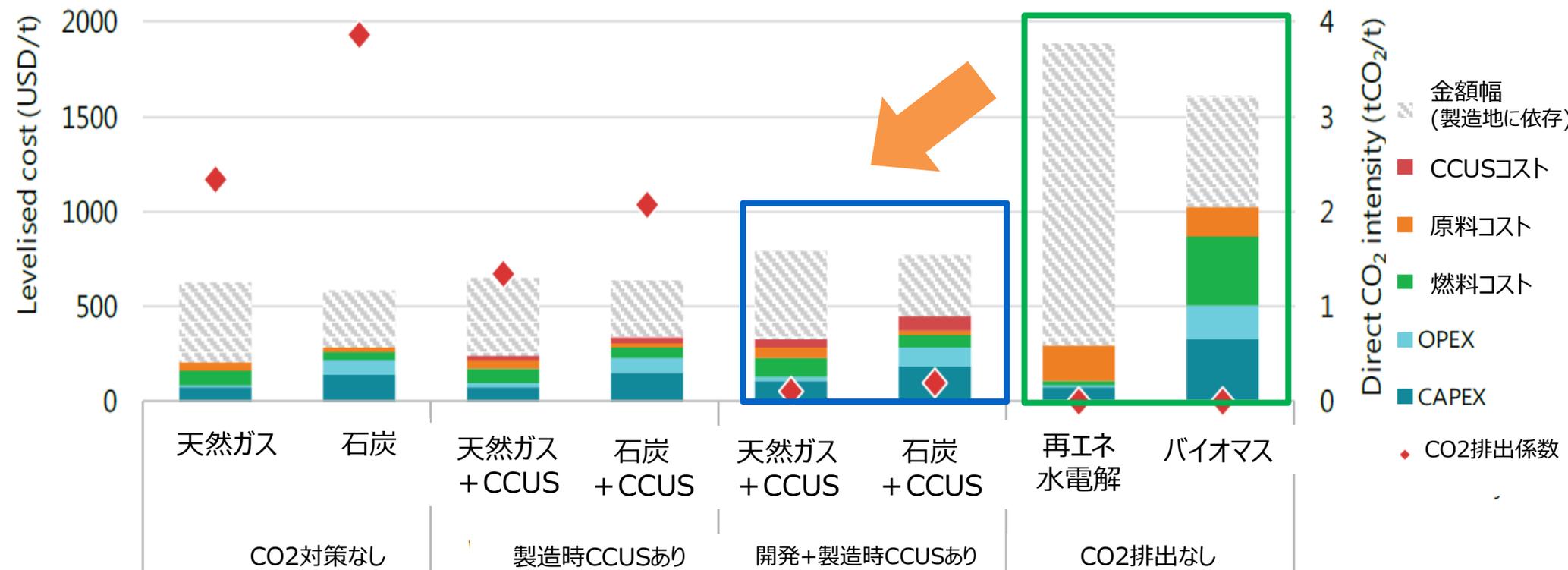
製造方法	ハーバーボッシュ法	新規触媒の例	
	鉄系触媒	Ru系触媒/Ni系触媒	Ru系触媒
原料	水素・窒素	水素・窒素	水素・窒素
反応温度	400～500℃	300～400℃	350℃
反応圧力	10～30MPaG	3～5MPaG	1MPaG
設備規模	数十万～数百万t/年	3千～10万t/年	実証中（7t/年）
開発状況	-	小規模パイロットプラント存在	

# (参考) アンモニア製造由来別のコスト動向

- 地域による製造コストの差異はあるものの、現時点ではグリーンアンモニアに比べ、ブルーアンモニアの価格競争力が高い傾向。
- そのため、まずはブルーアンモニア製造の効率化を通じて、燃料アンモニアの市場を構築し、並行して、将来的に価格競争力を持ちうるグリーンアンモニアについての製造技術の開発も行う。

<製造方法毎のコスト (2018年) >

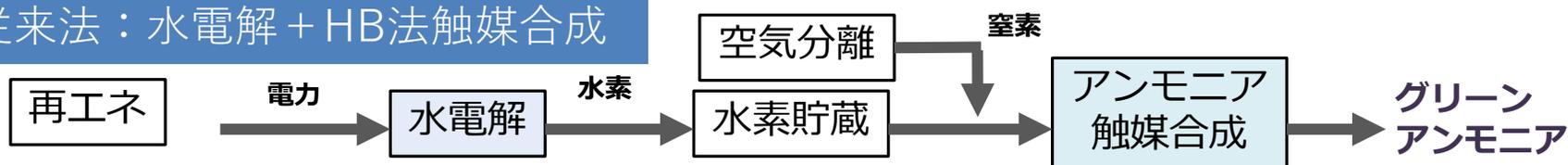
Ammonia



# 研究開発項目①-2：グリーンアンモニア電解合成技術の開発・実証

- 従来型のグリーンアンモニア製造方法では、水の電気分解、水素貯蔵、水素と窒素の反応という3プロセスの装置が必要になり、コスト高となる。そのため、水と窒素から1ステップで低コスト・低CO<sub>2</sub>排出でアンモニアを製造できる、グリーンアンモニア電解合成技術が必要。
- 触媒開発等により、ラボレベルで検証された技術の耐久性・安定性を向上させ、連続運転によるグリーンアンモニア合成量の増加を実現し、製造効率向上を図る。

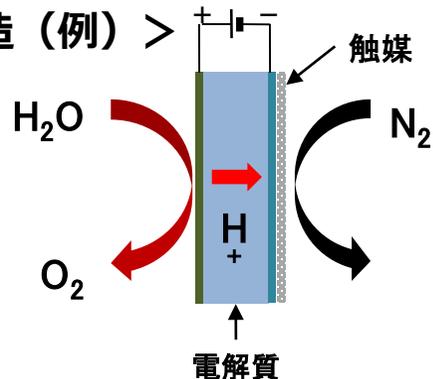
## 従来法：水電解 + HB法触媒合成



## 革新技术：アンモニア電解合成



### <セルの構造 (例)>



### ✓ 1ステップでのアンモニア製造

#### ● 固体電解質の開発

- ・ 単位電力あたりの水素イオン(H<sup>+</sup>)発生量を向上させるため、電解質を開発。

#### ● 電極触媒の開発

- ・ 触媒反応の際に副産物として生じる水素を抑制できる電極触媒の開発を行う。これにより、アンモニア変換効率の向上・コストダウンを図る。

## (参考) グリーンアンモニア電解合成技術の例

製造方法	ハーバー・ボッシュ法	グリーンアンモニア電解合成の例		
	鉄系触媒	熔融塩電解	モリブデン触媒	プロトン伝導体
原料	水素・窒素	水・窒素	水・窒素	水・窒素
反応温度	400~500℃	常温	常温	300~400℃
反応圧力	10~30MPaG	常圧	常圧	加圧
設備規模	数十万~数百万t/年	今後の研究開発状況による	今後の研究開発状況による	今後の研究開発状況による
初期投資	500~1000億円	今後の研究開発状況による	今後の研究開発状況による	今後の研究開発状況による
開発状況	-	ラボ装置	ラボ装置	ラボ装置

### (参考) 米国の開発状況

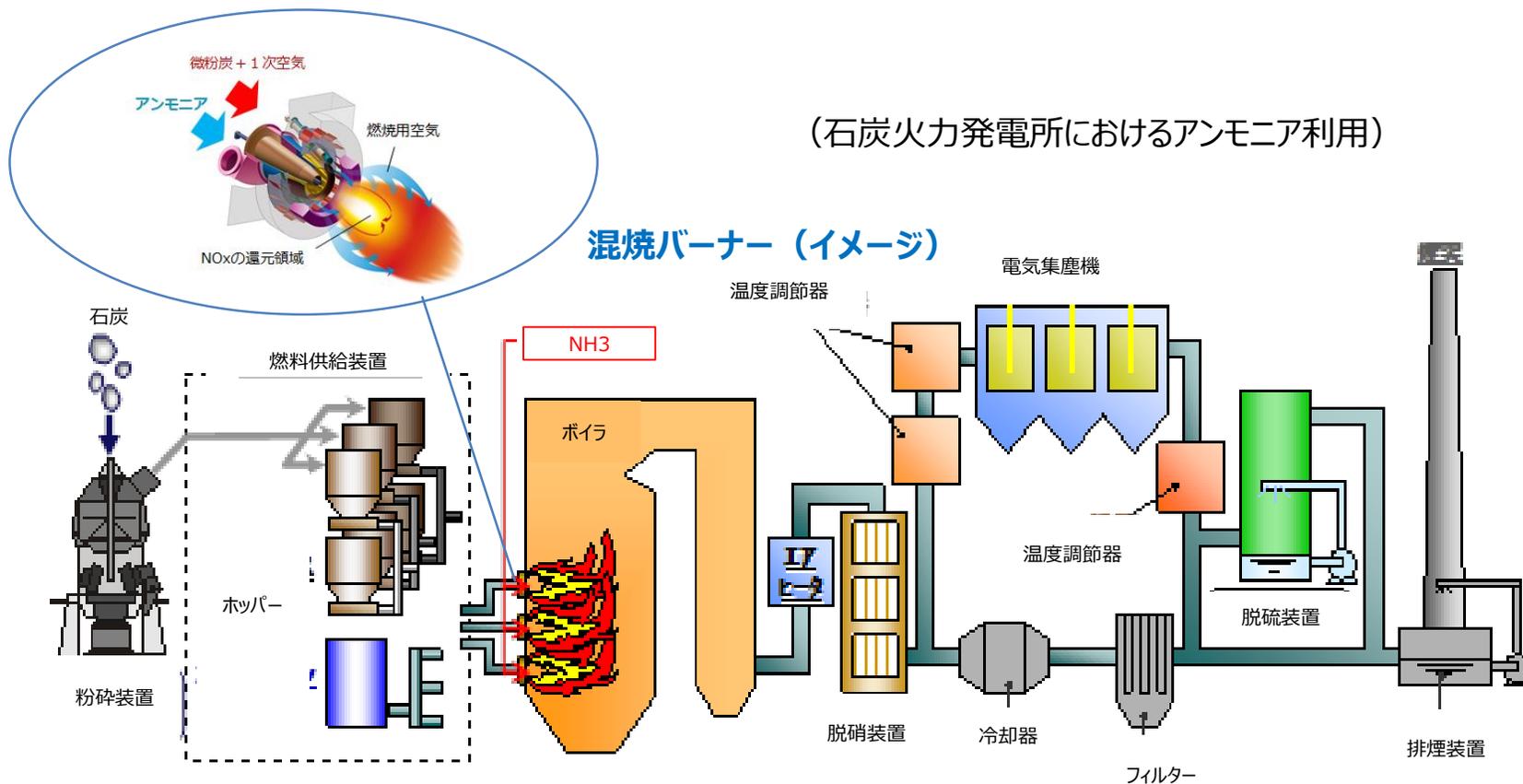
#### USDOE ARPA-e project REFUEL Program

- ✓ 2016年に16プロジェクトでスタートし、うち4件がアンモニア合成
- ✓ 現在まで目立った成果はナシ。

水電解技術で日本が他国をリードしている現状、企業の競争力の観点からは十分に勝負の余地あり。

# アンモニアの発電利用のこれまでの取組

- 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（2014～2018年度）にて、NOx発生を抑制した混焼バーナーの基礎技術を世界に先駆けて確立。
- NEDO事業において、石炭火力発電のバーナーにアンモニアを20%混焼して、安定燃焼とNOx排出量の抑制に成功（1万kW）し、今年度から、石炭火力発電所の実機（100万kW）においてアンモニア20%混焼の実証（4年間、2024年度まで）を実施予定。



## 研究開発項目②：アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化

- 火力発電における燃料アンモニアの発電利用においては、燃焼安定性やNOx発生の抑制等の技術課題が存在するが、混焼率を高めることで、燃焼方法の更なる工夫・改善が必要。
- 石炭火力ボイラ（対向式・旋回式の2種類のバーナー方式）とガスタービンでは、課題克服に異なる技術が求められるため、それぞれに対応した混焼・専焼技術の開発・実機実証を行う。
- アジア等における石炭火力発電のアンモニア高混焼化・リプレイスによるガスタービン専焼化の移行を可能とする技術を、従来の見通しよりも大幅に前倒して2030年までに確立する。

### 【アンモニア燃焼時の主な課題】

#### ①アンモニアの着火 ・燃焼の安定性

アンモニアの燃焼速度が低いことから、着火が困難。  
また、燃焼速度や火炎温度が低く、必要な熱量の確保が困難。



燃焼の安定化に向けた  
収熱技術開発。

#### ②NOx対応：

窒素分が増加し、NOxがより多く  
生成される。



NOxの低減につながる  
燃焼方法の技術開発。

#### ③未燃アンモニア対応

排ガス中に残留する  
未燃アンモニアが発生。



燃料の燃え切りを向上  
させるためのバーナー技術開発。

# (参考) アンモニア混焼率に応じた技術課題の比較

	20%混焼	高混焼	専焼
バーナー設計	本年度よりNEDO当初予算にて実機実証。 微粉炭バーナーに、アンモニア投入ポートを追加する形。	<u>20%混焼バーナーの石炭ノズルに多量のアンモニアを注入。</u> そのため、 <u>バーナーの形状変更及び新たな素材の技術開発が必要。</u>	<u>ベースが（石炭の投入をしない）ガスバーナーになるため、異なる形状のバーナーの開発が一から必要。</u>
NOx対応	石炭火力並みまで低減するバーナーを開発。 今後、実機実証に着手。	<u>窒素分が増加することから、アンモニアの吹き込み位置、流速等の調整が必要。</u> <u>併せて、窒素濃度向上に伴う窒化、腐食に対応した素材の開発が必要。</u>	窒素が増加するため、アンモニアの吹き込み位置や流速の調整に加え、 <u>ガスの導入方向の調整や、ノズルの本数等の調整が必要。</u>
着火、 燃焼の 安定性	対応済み。 今後、実機実証に着手。	石炭の流量が少なくなることから、火災安定化に向けた燃焼方法の調整が必要	石炭の量がなくなるため、着火や火災の安定化が困難
活用 ケース	早期にアンモニア混焼を進めたいケース。	<u>ボイラの切り替えが不要な範囲で、ボイラ全体での高混焼化を達成したいケース。</u>	<u>ボイラの切り替えも行った上で、ボイラ全体での専焼化を達成したいケース。</u>

# (参考) 石炭ボイラ・ガスタービンの比較

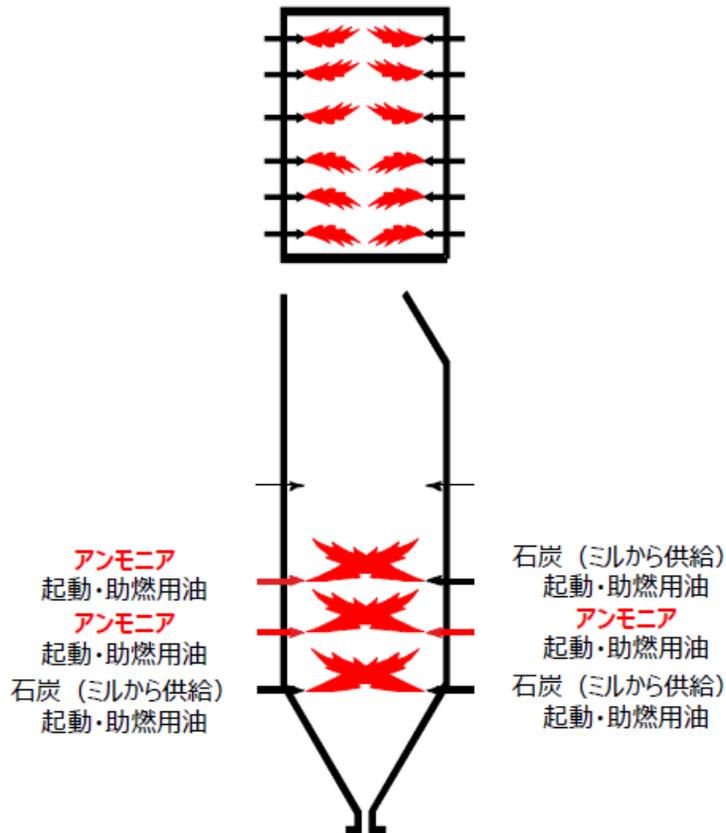
	石炭ボイラ	ガスタービン
想定される形態	<u>既存の石炭火力発電所を利用</u> しつつ、バーナーやボイラ（高混焼時）を改造。	新たにガスタービンを用いたアンモニア火力発電所を建設。
専焼・混焼の考え方	20%混焼については、早期の実用化を目指す。本事業で高混焼・専焼バーナーの製造を行い、ボイラ全体での高混焼化を目指す。	ガス専焼を目指す。本事業では、専焼バーナーの製造を行い、規模の拡大を進める。
初期投資	<u>中</u> <u>（既存設備の利用が活用できる可能性大）</u>	高 （新たなプラントの建設が前提）
熱効率	中 （石炭火力のモデルプラントの場合、43.5%）	<u>高</u> <u>（LNG火力のモデルプラントの場合、55%程度）</u>
現状の開発状況	本年度、NEDOの委託事業で、ボイラ全体での実機での20%混焼実証を開始。2024年度まで実施予定。 	2019年度～2020年度に、NEDOの委託事業で、0.2万kW級のガスタービンで70%のアンモニア混焼を実施済。 
	(参照) JERA プレスリリース	(参照) IHI プレスリリース

# (参考) 石炭火力発電における燃焼方法の比較

## 対向式バーナー

(代表的なメーカーによるもので国内38基)

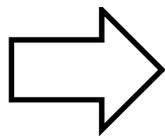
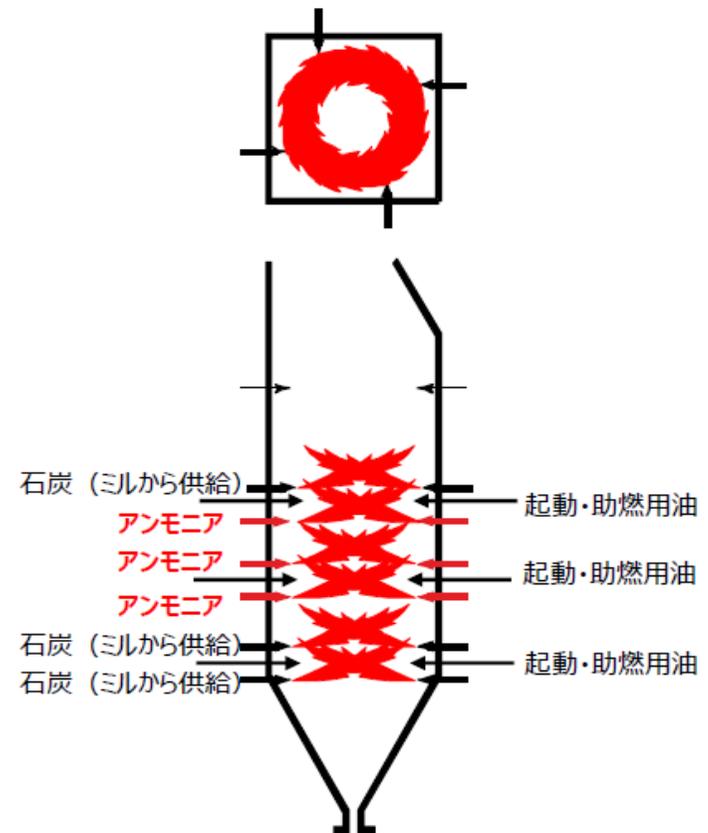
- 石炭ミルで粉碎した石炭（微粉炭）を、火炉の前後に向かい合わせに配置したバーナーで燃焼する方式。



## 旋回式バーナー

(代表的なメーカーによるもので国内35基)

- ボイラの四隅にバーナーを設置して燃焼させ、火炎を回転させる方式。



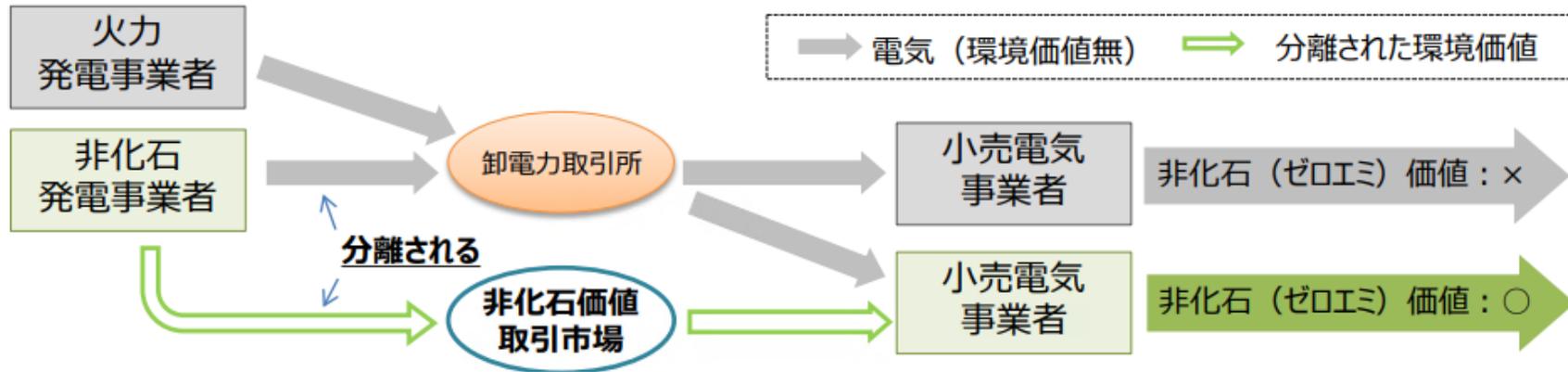
各方法は火力発電の構造によって決まり、代替不可。  
アンモニアの活用を広く進める観点では、全方法でのバーナーの製造が必要。

# 発電分野における社会実装に向けた制度整備

- 水素・アンモニアの導入・拡大に当たっては、既存燃料等との価格差縮小等が重要であるが、現在はエネルギー供給構造高度化法等において、非化石エネルギー源として定義されていない。
- そのため、今後の制度整備を通じて、法制上、水素等の非化石価値が適切に評価がされるよう対応していく予定。

## 【制度整備の例：非化石価値取引市場】

- 概要：小売電気事業者による高度化法の目標達成を促すため、非化石電源（再エネ等）に由来する電気の非化石価値を証書化し取引するための市場。非化石価値は1.3円/kWhで市場取引(2020年第一四半期)。



## 【グリーン成長戦略（2020.12.25）における記載ぶり（抜粋）】

水素発電タービンについては・・・（中略）・・・。また、再エネや原子力と並んで、**カーボンフリー電源として水素を評価し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備**する。これにより、**発電分野における大規模需要の創出を通じた国内水素市場の本格的な立ち上がり**を下支えする。

# 燃料アンモニア利用にかかる国際標準の策定

- 我が国のみならず世界全体での燃料アンモニアの活用を進めていく上では、国際的な標準・基準の策定を我が国が主導して進めていくことは極めて重要。
- そこで、クリーン燃料アンモニア協会（CFAA）（旧名：グリーンアンモニアコンソーシアム）の内部に標準・基準の専門WGを立ち上げ、基準内容の精査を進める。その上で、国際標準機構（ISO）での国際標準化とその世界での普及を進めていく。

## ①燃料アンモニアの仕様

高純度のアンモニアは金属の腐食を起こすことから、一定量の水分（0.2%以上）を意図的に混入する必要がある。そこで、規定すべき不純物、水分濃度、アンモニアの純度、およびこれら担保するための運用方法等について基準を検討する。

- アンモニア混焼・専焼の技術性能の安定化
- 輸送・貯蔵設備の国際競争力向上、国際展開
- 不正燃料の販売防止

## ②燃焼時の窒素酸化物排出基準

アンモニアは燃焼時に発生する窒素酸化物（NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O）について、燃焼設備における各濃度の排出基準、およびその評価方法についての基準を検討する。

- 適切なアンモニア混焼・専焼技術の普遍化
- アンモニア混焼・専焼設備および評価システムの国際競争力向上、国際展開

## ③実施主体、今後の進め方

1) WG立ち上げ（2021年）  
CFAAの内部にWGを立ち上げ、  
関連企業が参加。

2) 必要な基準の精査（2021年）  
既存の規制や国際的な動きについて整理。  
どのような基準を整備すべきか検討。

3) 基準策定（2022年～）  
ISO化に向けた働きかけ  
基準の普及

# 燃料アンモニア製造・調達に向けた国際連携の取組

- 今年1月に経済産業省とUAE・ADNOC（アブダビ国営石油）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。
- 3月にはJOGMEC、三菱商事、バンドン工科大学、パンチャ・アマラ・ウタマ（PAU）社の4者が、インドネシアでの燃料アンモニアの生産に向けたCCSの共同調査の実施に合意し、覚書を締結。

## UAE・ADNOCとの覚書

○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F/S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

## インドネシアとの覚書

○現在インドネシア中央スラウェシ州におけるPAU社所有のアンモニア生産拠点で、年間約70万トンのアンモニアを製造。約140万トンの二酸化炭素を排出。  
○今回の調査では、以下を中心に、アンモニア生産時の二酸化炭素の地下貯留地の調査を行う。

- 貯留候補地のデータ収集、絞り込み
- CO2貯留のモデル分析
- インドネシアの法制度の検討
- 社会受容性の検証



PAU プラント



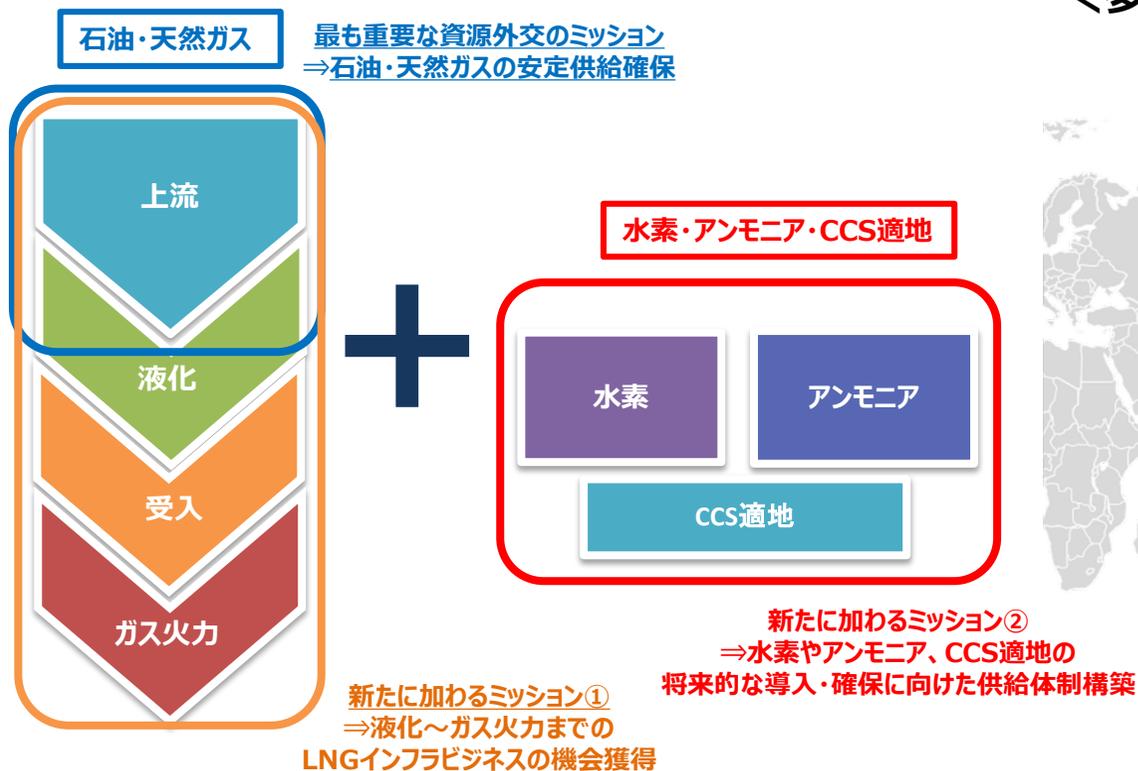
PAU 所在地

(出典：JOGMEC HPより)

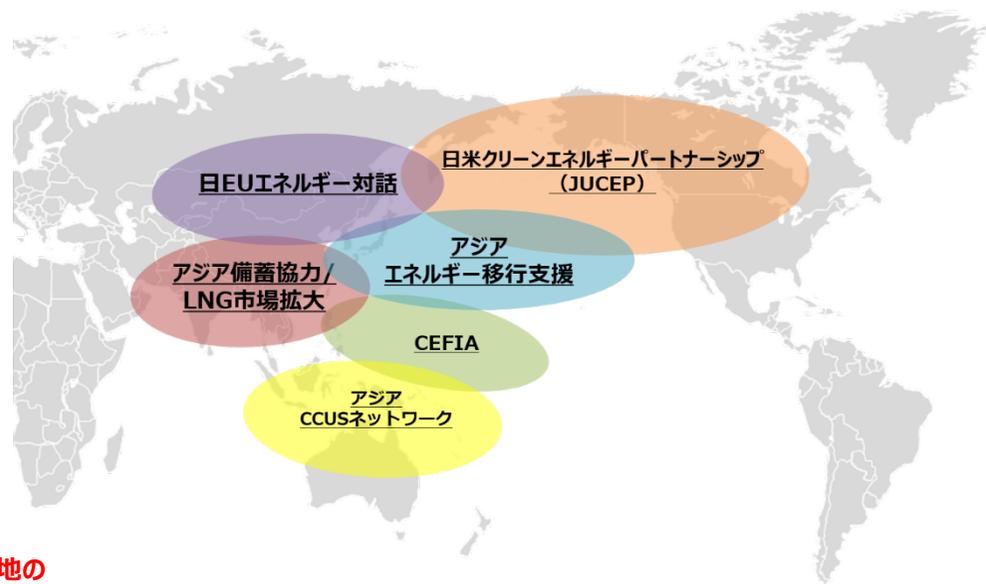
# (参考) 包括的な資源外交

- 石油・天然ガスといった従来資源に加え、水素、燃料アンモニア、CCS適地といった「新資源」の権益獲得も狙って、下記政策を実施すべきである。
  - 米国や中東、ロシア、豪州、東南アジア等の資源国及び需要国において、新資源に関する協力案件を組成し、関係を強化する。【従来資源から新資源への対象拡大】
  - アジアにおけるLNGインフラ案件へのファイナンス支援を通じたLNGの安定供給確保やアジアの現実的なエネルギーtransition支援等、同志国間の枠組みを通じた協力案件の組成や国際的なルールメイキングを推進する。【二国間枠組みから多国間の枠組みへの拡大】

## <資源外交のミッション拡大>



## <多国間の枠組みを通じた資源外交のイメージ>



(出典：総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会  
石油・天然ガス小委員会 (第15回) より)

# (参考) アジアの現実的なエネルギーtransition支援

- 世界のカーボンニュートラル (CN) 実現に向けて、途上国、特に**ASEAN等の新興国の持続的な経済成長を実現しつつ、CNに向けた現実的なtransitionの取組を加速化させていくことが不可欠**。こうした観点から、下記政策を実施すべきである。
  - **各国の経済成長に向けたニーズや、経済的・地理的多様性、エネルギー政策等を踏まえた多様な「transition」の道筋 (ロードマップ) の策定を支援するとともに、その実現に向けた各種の支援を通じ、こうした国々の巻き込みを図る。**

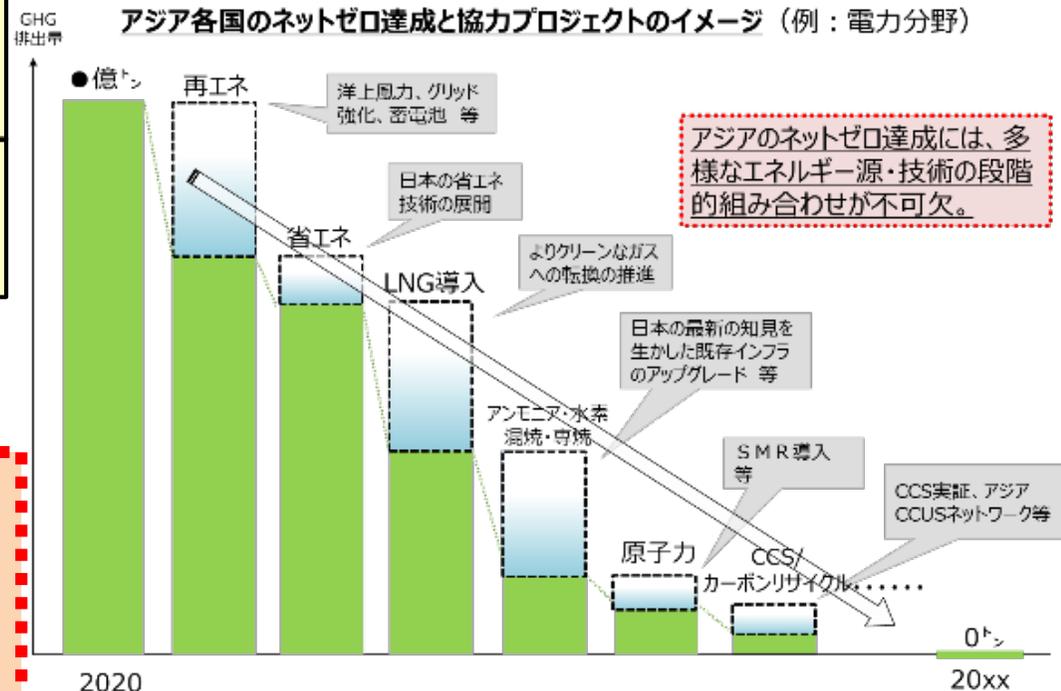
## <基本的な考え方>

CNに向けて、各国の経済発展や今後のエネルギー需要の見通し、地理的状況 (再エネポテンシャル等) など、それぞれの状況に応じ、再エネ・省エネ、化石燃料の脱炭素化等、多様な選択肢を活用した「transition」

CNに向けたtransitionを積極的に進めることにより、海外のESG投資や資金を呼び込み、新たな産業や雇用の創出につなげていく「グリーン成長」

### 日本のイニシアティブで以下の支援を実施

- ① CNに向けて、各国の事情を反映したtransitionのロードマップ/シナリオの策定
- ② アジア版のtransition・ファイナンスの普及
- ③ 個別プロジェクトに対する実証事業やファイナンス等の実施
- ④ 制度整備、人材育成 等

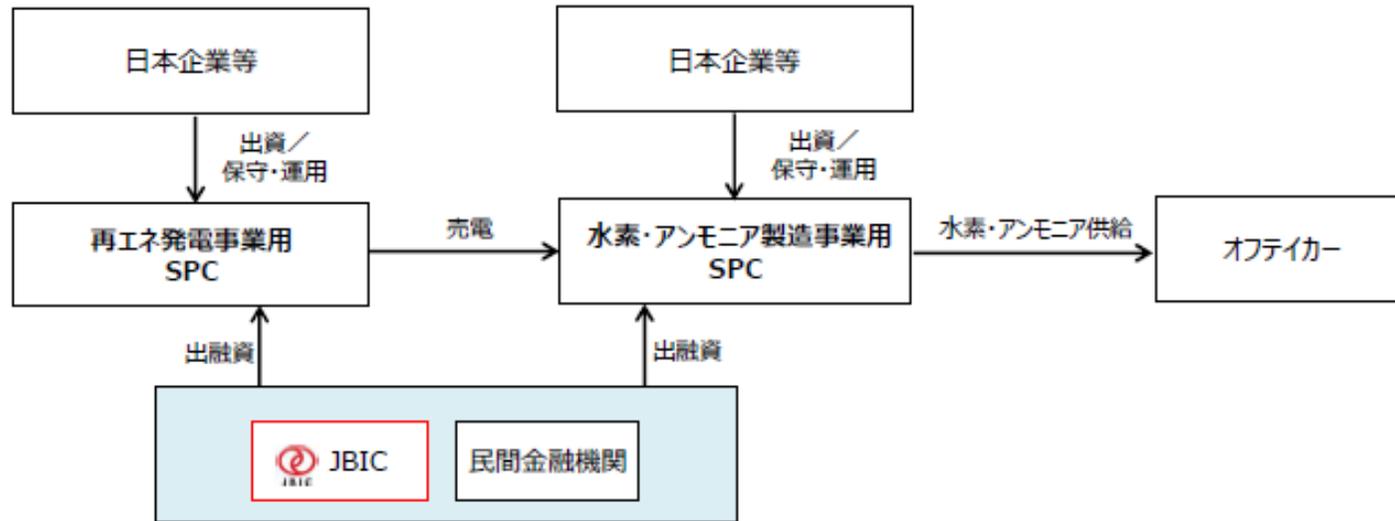


(出典：総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 石油・天然ガス小委員会 (第15回) より)

# (参考) 公的機関における海外資源開発に際してのファイナンス供与

- これまでもJBICやNEXI、JOGMECといった公的金融機関が、民間投資を促す観点から、海外資源開発のリスクを一部負担する形で出資や融資を実施。
- 水素やアンモニアといったCN時代の海外資源開発を行うに際しても、こうした公的機関が具体的にどのような役割を担うことができるのか、という点についての検討を行うことが重要。

【JBICによるグリーン水素・アンモニア製造事業に対するファイナンス（イメージ）】



## 燃料アンモニア導入官民協議会中間とりまとめ（2021年2月 一部抜粋）

燃料アンモニアの市場形成にあたっては、金融機関等による役割も重要となる。そこで、**JOGMEC** においては、**石油ガス開発で培った地下技術や施設技術のノウハウを活用した支援策の強化**を進めていく。具体的には、**アンモニア事業実施に当たっての技術的支援や、CO2削減措置を実施する際の事前調査（CCS実施の際の貯留層評価など含む）**を始め、支援策の強化を幅広く検討する。

# 目次

1. 背景・目的

2. 目標

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

4. スケジュール

# 実施スケジュール（一例）

- 具体的なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、想定される一例は以下のとおり。また、ステージゲート（以下★マーク）を設定し、事業進捗を見て、継続可否を判断。

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
<b>【研究開発項目1】アンモニア供給コストの低減</b>										
アンモニア製造・新触媒の開発・実証	触媒技術開発			ベンチ試験			パイロット試験			
	★			★	★					
グリーンアンモニア電解合成	基礎技術開発			プロセス構築		小規模実証				
	★	★		★	★					
<b>【研究開発項目2】アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化</b>										
石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼・専焼技術の開発	技術開発			実機実証						
	★			★						
ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術の開発	PreFS			実証FS		既設改造を含む実機実証				
	★			★						