

石炭火力発電所における アンモニア混焼技術 取り組みについて

IHI

2023年03月03日

株式会社 **IHI**

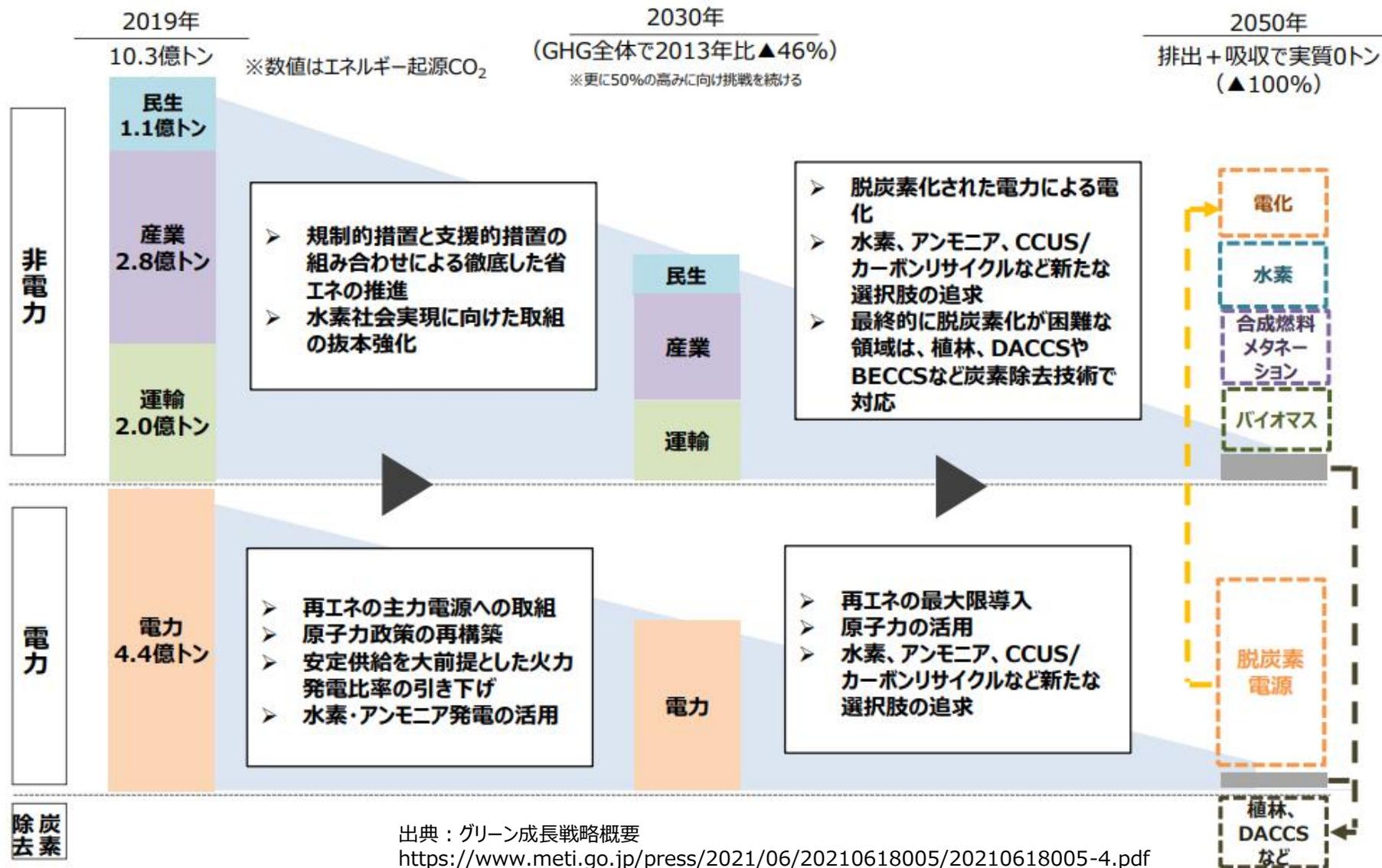
資源・エネルギー・環境事業領域
カーボンソリューションSBU 開発部 主任
村山 健太

目次

1. カーボンニュートラルに向けたビジョン
2. 脱CO₂に向けたIHIのアクション
3. 燃料アンモニア社会実装へのアクション
4. CN火力発電実現に向けてのアンモニア利用技術の開発
～ボイラでのアンモニア燃焼技術～
5. まとめ

1. カーボンニュートラルに向けたビジョン

1. 国内の動き：グリーン成長戦略



出典：グリーン成長戦略概要

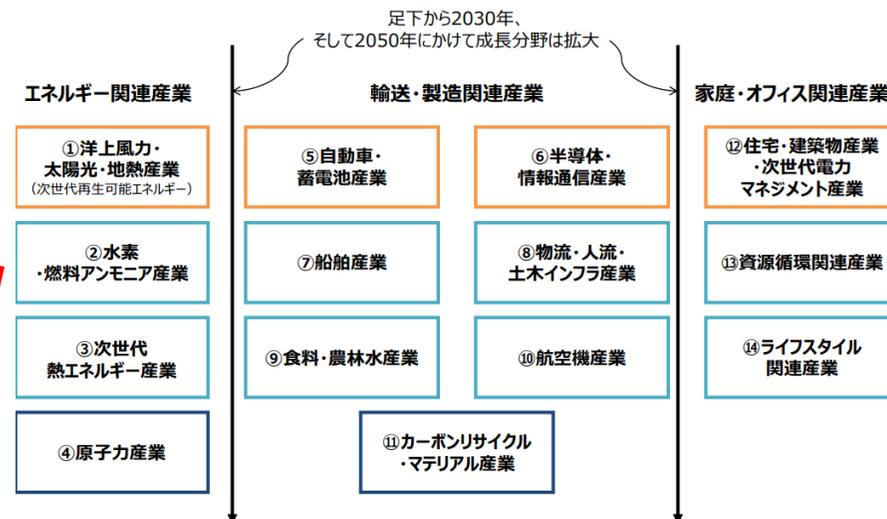
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-4.pdf>

1. 国内の動き：グリーン成長戦略

3. グリーン成長戦略の枠組み

- **企業の現預金（240兆円）を投資に向かわせるため、意欲的な目標を設定。** 予算、税、規制・標準化、民間の資金誘導など、**政策ツールを総動員**。グローバル市場や世界のESG投資（3,000兆円）を意識し、**国際連携**を推進。
- 実行計画として、重点技術**分野別**に、開発・導入フェーズに応じて、2050年までの時間軸をもった**工程表**に落とし込む。技術分野によってはフェーズを飛び越えて導入が進展する可能性にも留意が必要。
 - ①研究開発フェーズ：政府の基金＋民間の研究開発投資
 - ②実証フェーズ：民間投資の誘発を前提とした官民協調投資
 - ③導入拡大フェーズ：公共調達、規制・標準化を通じた需要拡大→量産化によるコスト低減
 - ④自立商用フェーズ：規制・標準化を前提に、公的支援が無くとも自立的に商用化が進む
- 2050年カーボンニュートラルを見据えた**技術開発から足下の設備投資まで**、企業ニーズをカバー。**規制改革、標準化、金融市場を通じた需要創出と民間投資拡大を通じた価格低減**に政策の重点。
 - 予算（高い目標を目指した、**長期にわたる技術の開発・実証**を、2兆円の**基金で支援**）
 - 税（**黒字企業：投資促進税制**、研究開発促進税制、**赤字企業：繰越欠損金**）
 - **規制改革**（水素ステーション、系統利用ルール、ガソリン自動車、CO₂配慮公共調達）
 - **規格・標準化**（急速充電、バイオジェット燃料、浮体式洋上風力の安全基準）
 - **民間の資金誘導**（情報開示・評価の基準など金融市場のルールづくり）

5（1）成長が期待される14分野



出典：グリーン成長戦略概要

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-4.pdf>

1. 国内の動き：第6次エネルギー基本計画

2030年度におけるエネルギー需給の見通しのポイント①

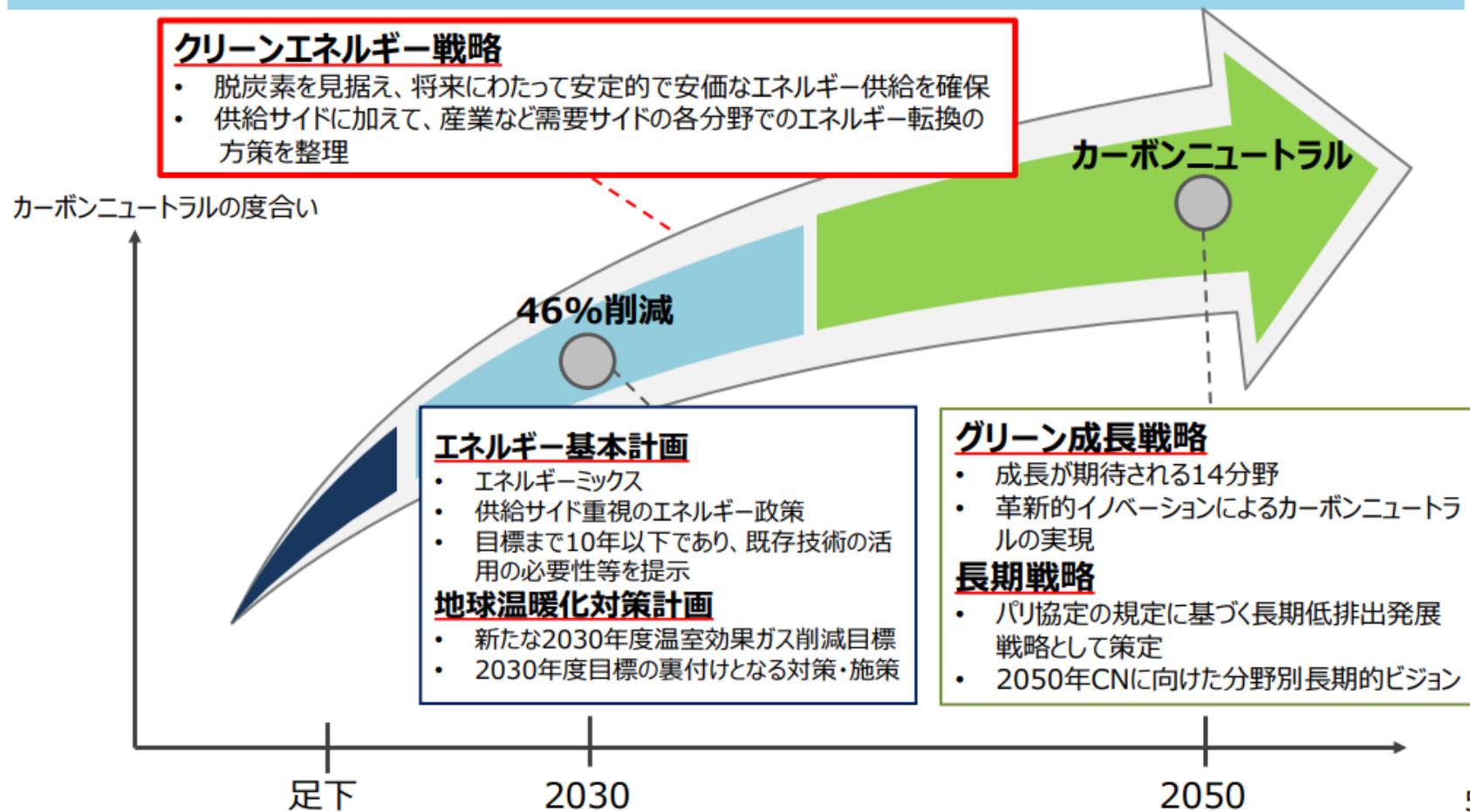
- 今回の見通しは、2030年度の新たな削減目標を踏まえ、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかを示すもの。
- 今回の野心的な見通しに向けた施策の実施に当たっては、安定供給に支障が出ることのないよう、施策の強度、実施のタイミングなどは十分考慮する必要。（例えば、非化石電源が十分に導入される前の段階で、直ちに化石電源の抑制策を講じることになれば、電力の安定供給に支障が生じかねない。）

		(2019年 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (野心的な見通し)		
省エネ		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	6,200万kl		
最終エネルギー消費 (省エネ前)		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl		
電源構成 発電電力量: 10,650億kWh ⇒ 約9,340 億kWh程度	再エネ	(18% ⇒ 22~24%)	36~38%*	※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の 成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高み を目指す。	
	水素・アンモニア	(0% ⇒ 0%)	1%		(再エネの内訳)
	原子力	(6% ⇒ 20~22%)	20~22%		太陽光 14~16%
	LNG	(37% ⇒ 27%)	20%		風力 5%
	石炭	(32% ⇒ 26%)	19%		地熱 1%
	石油等	(7% ⇒ 3%)	2%		水力 11%
					バイオマス 5%
(+ 非エネルギー起源ガス・吸収源)					
温室効果ガス削減割合		(14% ⇒ 26%)	46% 更に50%の高みを目指す	12	

1. 国内の動き：グリーンエネルギー戦略

クリーンエネルギー戦略の位置づけ

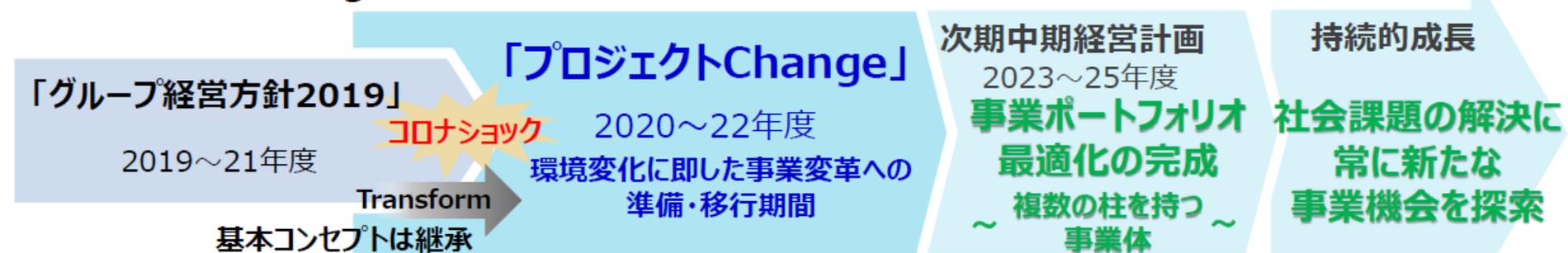
- 2050年カーボンニュートラルや2030年度46%削減の実現を目指す中で、将来にわたって安定的で安価なエネルギー供給を確保し、更なる経済成長につなげるため、「点」ではなく「線」で実現可能なパスを描く。



2. 脱CO₂に向けたIHIのアクション

2. IHIの動き：プロジェクトChange

● 「プロジェクトChange」の位置づけ



● 「プロジェクトChange」の力点 ～ESGを価値観の軸においた社会・環境に配慮した適切な経営～

成長軌道への回帰

収益基盤のさらなる強化
ライフサイクルビジネスの拡大

環境変化に打ち勝つ事業体質 ～価値創造の原動力～

人材再配置
多様な人材の活躍
新たな働き方

財務戦略

キャッシュ創出力の強化
資金の最適配分
財務健全性

成長事業の創出 ～社会課題への取り組み～

暮らしの豊かさの実現

航空輸送システム

安全・快適・経済的で
環境に優しい航空輸送

カーボンソリューション

脱CO₂・循環型社会と
快適で安心な自律分散コミュニティの実現

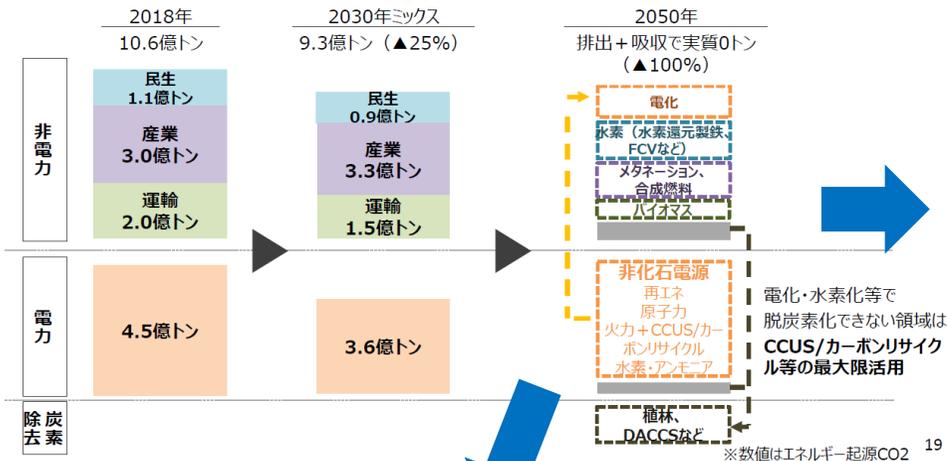
保全・防災・減災

強靱で経済性・環境性に富んだ
社会インフラ開発

脱CO₂の実現

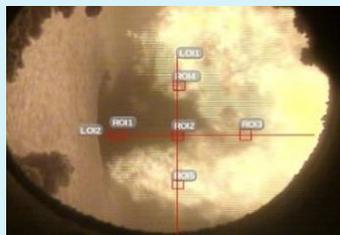
防災・減災の実現

2. カーボンニュートラルを実現するIHIのソリューション



1. 水素・アンモニア

- ▶ 水素・アンモニア利用（混焼，専焼）
 - ・ボイラ，ガスタービン，固体酸化物型燃料電池，レシプロエンジン等での利用
- ▶ 水素・アンモニア製造及び供給
 - ・水素製造：小型SMR，ガス化，メタン熱分解，水電解活用型EMS
 - ・アンモニア製造：再エネ追従型アンモニア製造



石炭・アンモニア混焼火炎



2MW級アンモニア混焼ガスタービン

2. バイオマス・カーボンリサイクル

- ▶ バイオマスバリューチェーン
 - ・バイオマス供給：パーム廃棄物燃料化事業，藻類
 - ・バイオマス利用：ボイラ混焼，ガス化
- ▶ カーボンリサイクル，CCUS，BECCUS，DACUS
 - ・CO2化学吸収，酸素燃焼
 - ・メタネーション，オレフィン合成



バイオマスガス化技術：TIGAR

メタン・オレフィン変換技術
CCU技術

3. 再生可能エネルギー・Power to X

- ▶ 地産地消型再生可能エネルギー利用
- ▶ Power to X：電気，熱，水素，炭化水素等への変換・利用による地域需要への対応・課題の解決

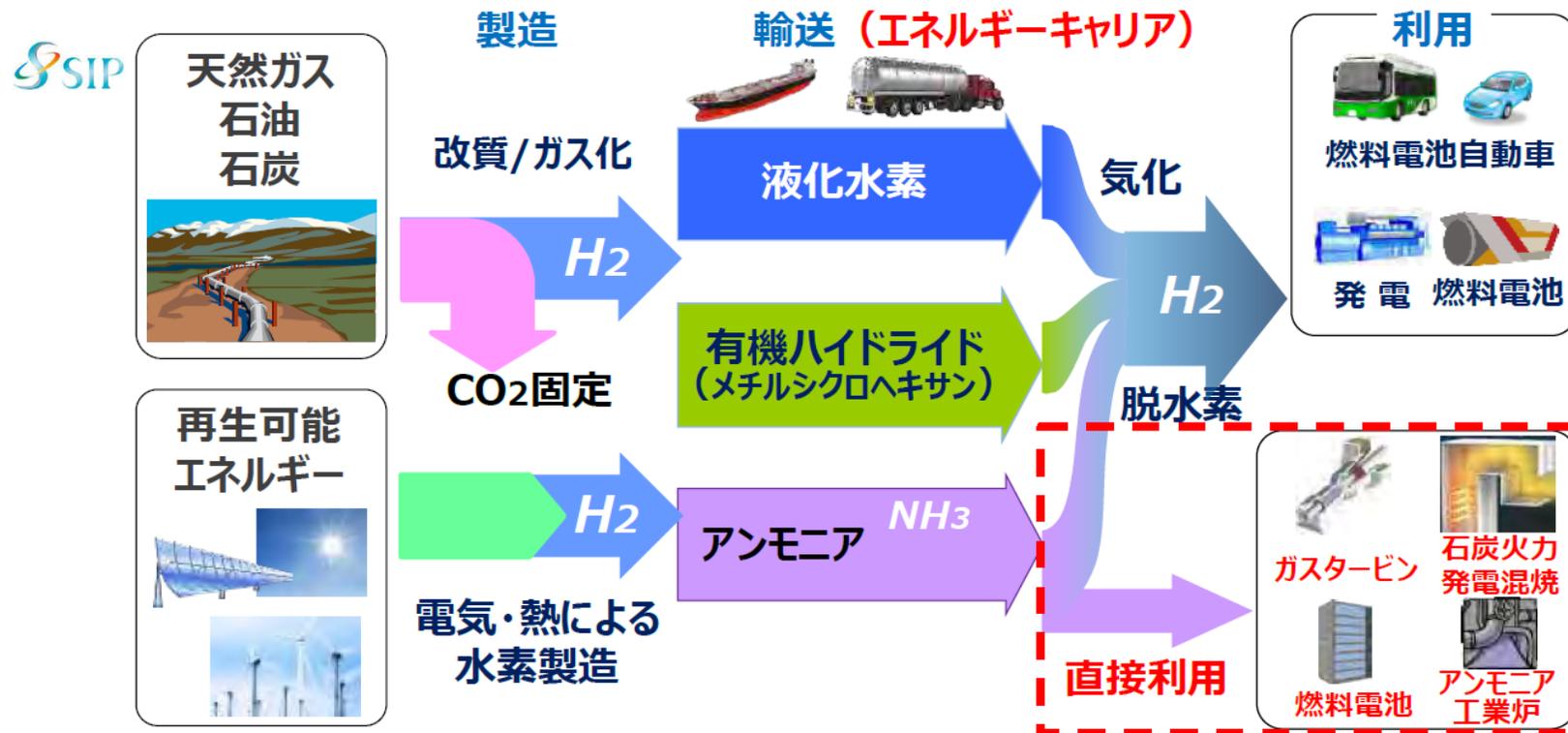


そまIHIグリーンエネルギーセンター

3. 燃料アンモニア社会実装へのアクション

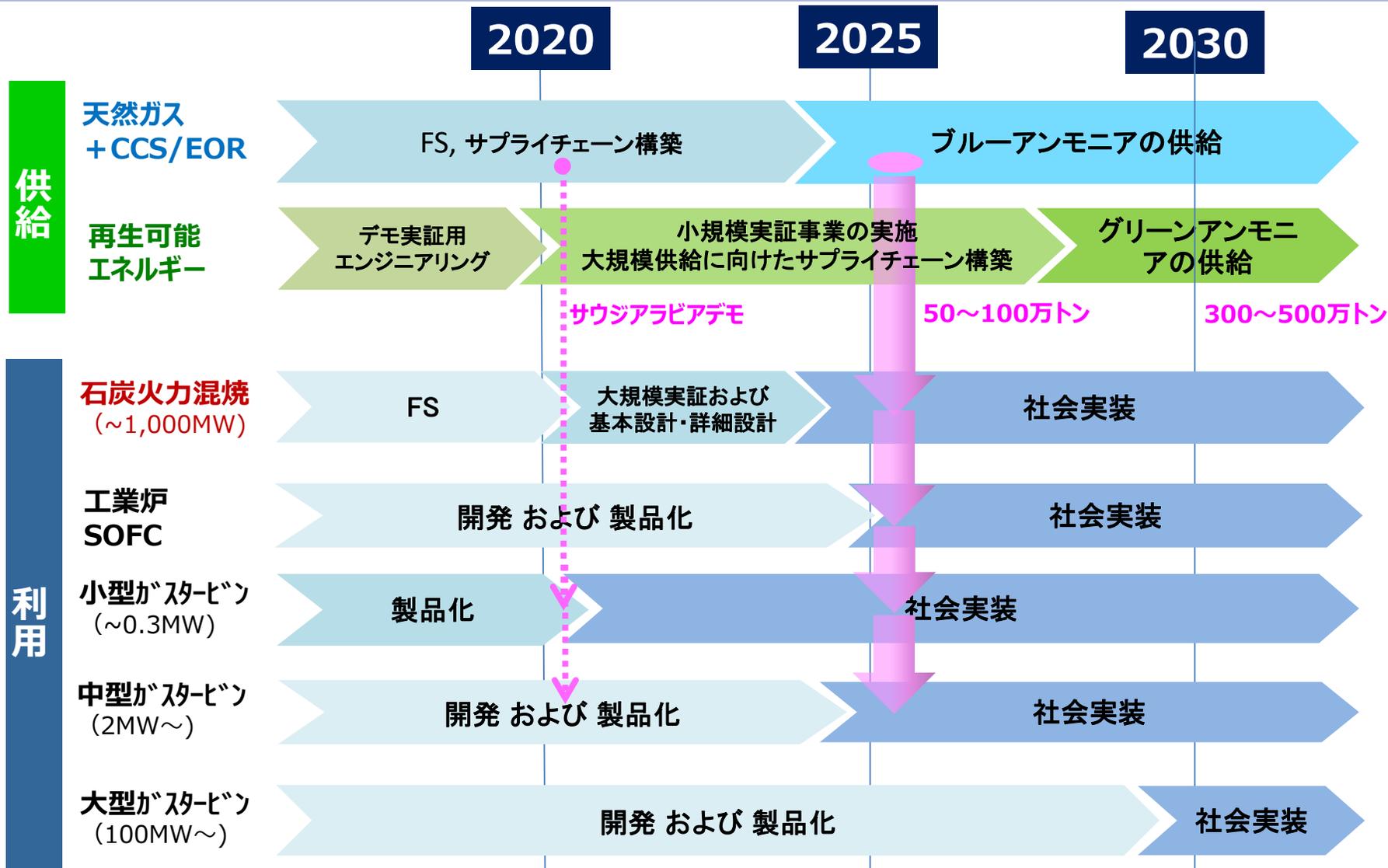
3. 水素キャリアとしてのアンモニアの利点

- 燃料としての**直接利用が可能** (脱水素が不要) であり, 利用時にCO₂を発生しない。
- **体積水素密度が他の水素キャリアに比べて最大**であり, 輸送, インフラ整備をより小規模に形成できる。(約11% : 液体水素の約1.5倍)
- **液化が容易** (-33℃@1気圧/20℃@8.46気圧)
- 肥料および化学品原料用途等でのマーケットが現存し, **製造・輸送等のインフラが整備済み**。コスト構造も明確。(アンモニア燃料市場は未開拓)



出典 ; SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) エネルギーキャリアの取組み

3. アンモニア導入ロードマップ

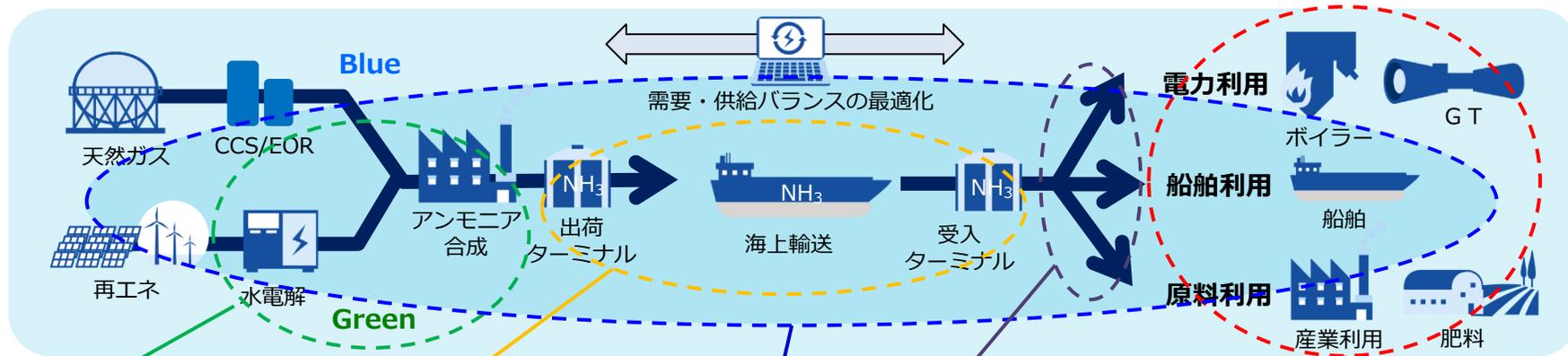


3. IHIのアンモニア・バリューチェーン構築に向けた取り組み

IHIグループは**社会課題の一つであるカーボンニュートラル**に取り組むお客さまに対して、安価なグリーンアンモニアと、高度なアンモニア利用技術を提供することで、**アンモニアバリューチェーンの早期構築**を図っていきます。

このため、以下の活動を中心に幅広い活動を進めています。

- **グリーンアンモニア価格低減につながる水素製造/アンモニア合成技術開発 (A)**
- **アンモニア燃料・原料利用技術の開発 (B)**
- **大規模アンモニア貯蔵設備開発 (C)**
- **アンモニア供給網の整備・拡大 (D)**
- **適用規格・基準の整備 (E)**



(A) 水素製造およびNH3合成技術開発

(C) 大規模アンモニア貯蔵設備開発
- 大容量タンク開発
- 工程短縮

(D) アンモニア供給網の整備・拡大

(E) アンモニア利用時の適用規格・基準の整備

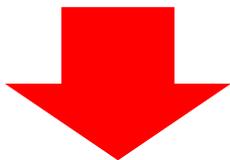
(B) アンモニア燃料・原料利用技術開発
- 石炭火力へのアンモニア混焼・専焼
- アンモニア専焼GT開発
- アンモニア船用エンジン開発
- 産業機器へのアンモニア適用技術開発

4. CN火力発電実現に向けてのアンモニア利用技術の開発 ボイラでのアンモニア燃焼技術

4. アンモニア燃焼の課題

アンモニアは燃えるが…

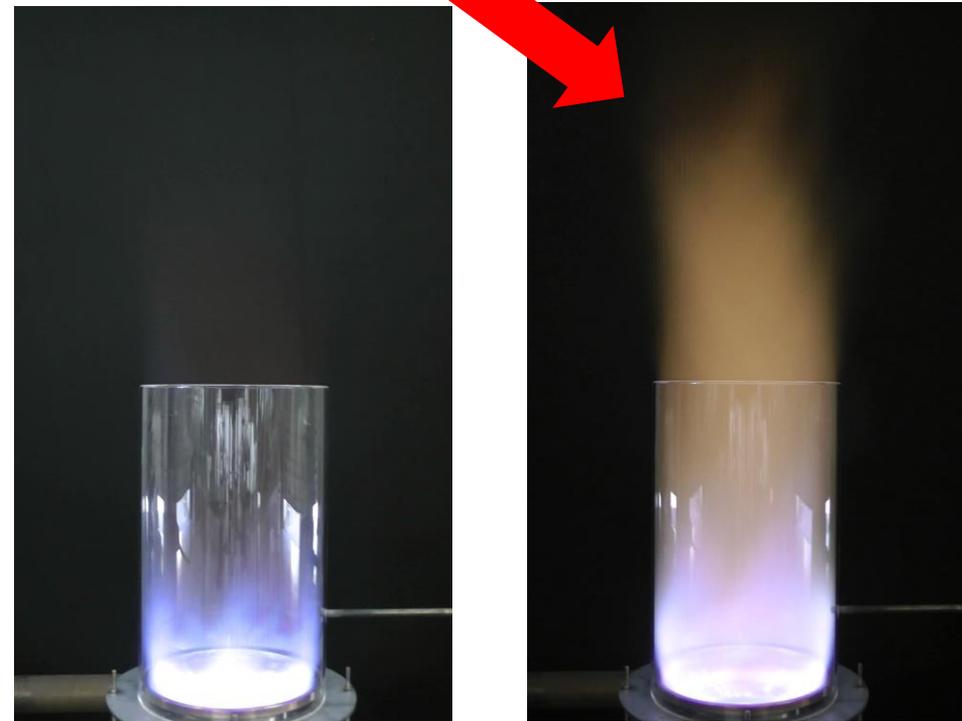
- 燃焼速度が遅い
- 火炎温度が低い
- 燃料中窒素分によるNO_x (Fuel-NO_x) が発生する恐れ。



研究目標

- 安定燃焼の確保
- 低NO_x燃焼手法の確立
- 未燃分の抑制
- 安定供給など制御方法の確立

火炎が都市ガスよりも長くなる



都市ガスのみ 都市ガス+アンモニア
火炎の比較 (ガスタービン燃焼器)

4. アンモニアの基本特性

特性	アンモニア	水素	メタン	プロパン
沸点 (大気圧)	-33.4	-253	-161	-42.1
低位発熱量(MJ/kg)	18.6	120	50.0	46.4
可燃範囲 (当量比)	0.6 ~ 1.4	0.1 ~ 7.1	0.5 ~ 1.7	0.5 ~ 2.5
断熱火炎温度 (°C)	1800	2110	1950	2000
最大燃焼速度 (m/s)	0.07	2.91	0.37	0.43

アンモニア燃焼の主要課題

	特徴	課題
反応	燃焼速度が小さい	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火炎安定性 ・ 未燃分抑制
	Fuel-NOxの生成	<ul style="list-style-type: none"> ・ NOx抑制
伝熱	火炎温度低下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火炎安定性
	輻射伝熱の低下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収熱の確保
材料	腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・ 材料選定
安全	毒性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全対策 ・ 大気中への放出抑制
	可燃性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漏洩対策

4. アンモニア利用発電技術

石炭火力



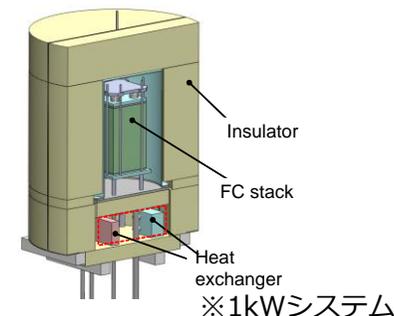
※CFT(10MWth 大容量燃焼試験設備)

ガスタービン



※2MW級ガスタービン(IM270)

SOFC



※1kWシステム

FY2014-2018



- 混焼技術・システム化技術の研究開発：未反応NH₃, NO_x, N₂Oの低減
- 原理実証：燃焼器・バーナのみの改造による安定運転, 低NO_x化達成
- 商用化に向けたFS

FY2019-2020



- 技術の改良：混焼率向上, 設備簡略化
微粉炭バーナ：60%混焼, GT：50%以上混焼
- 実証のためのFS

委託業務【JPNP16002】

ターゲット：
・10kW以上を目指した大型化
・船舶用補助電源, 分散型電源用としての用途探索

**FY2021~
GI基金事業**

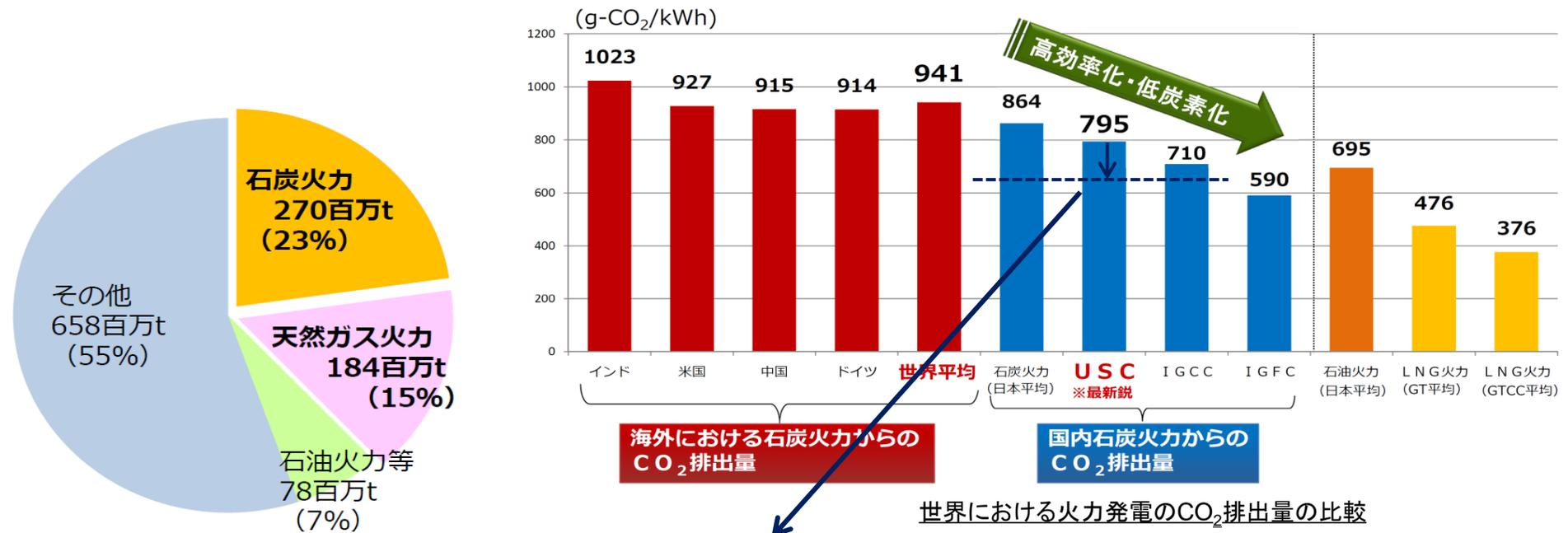
ターゲット：
・1,000MW級商用ボイラを用いた実証
・収熱, 排ガス特性の確認
・混焼率向上

ターゲット：
・100%専焼化
・低炭素分散型電源用コジェネとしての実証・商用化 (+ 再エネ+ESS+EMS)

4. アンモニア混焼によるCO₂削減効果（石炭火力）

- 石炭火力からのCO₂排出量は、国内全CO₂排出量の約23%を占める。
- 石炭火力にアンモニア混焼を適用すると、直接的※にCO₂削減が可能。
- USC（超々臨界圧ボイラ）に20%アンモニア混焼を適用すると、
USC:795g-CO₂/kWh ⇒ アンモニア20%混焼USC:636g-CO₂/kWh

※直接的=アンモニア投入量に比例してCO₂排出量が低下。なお、アンモニアはカーボンフリーである必要があるが（製造時にCO₂を排出しない）、製造時に全くCO₂を回収しないアンモニアであっても、20%混焼することで総CO₂排出量は3%低下する。（産総研LCA研究グループによる試算結果）



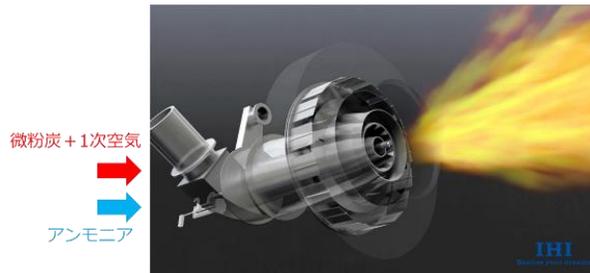
アンモニア混焼により直接的なCO₂削減が可能
 USCに20%混焼適用すると・・・ 795 × 80% = 636g-CO₂/kWh

図の出典: 資源エネルギー庁ホームページ

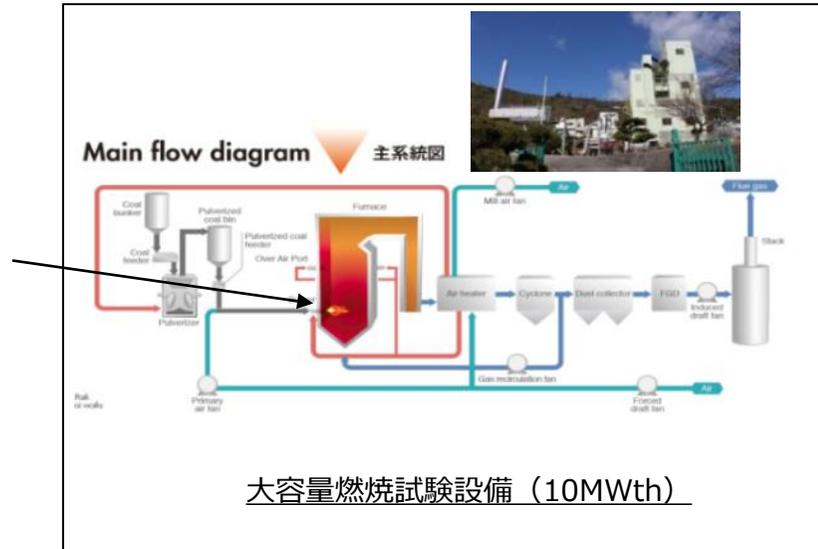
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/sekainosekitankaryoku.html>

4. 新燃焼システム開発のプロセス

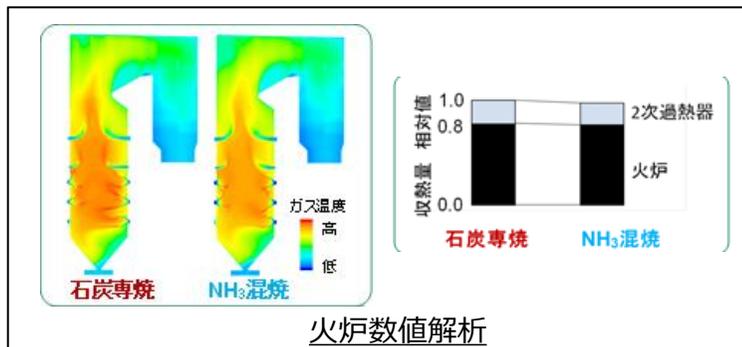
- ・ 数値解析を用いたアンモニア混焼技術の検討/大容量燃焼試験の両輪にて実施
- ・ 研究開発ステップは、以下ようになる（過去開発およびSIP/NEDO委託事業ともに同じ）



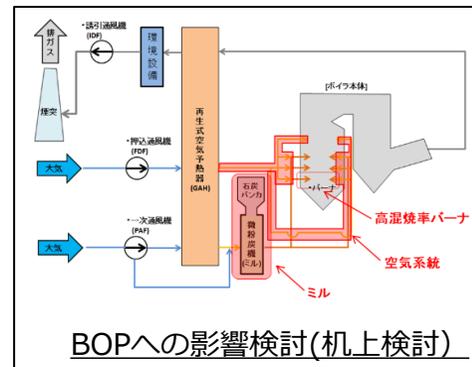
アンモニア混焼バーナ



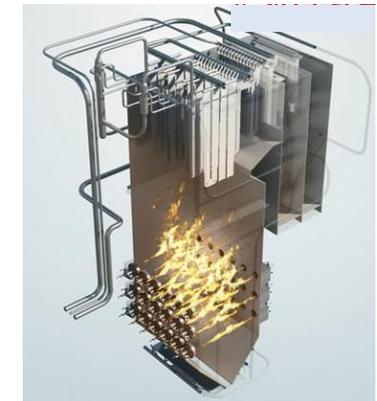
大容量燃焼試験設備 (10MWth)



火炉数値解析



BOPへの影響検討(机上検討)

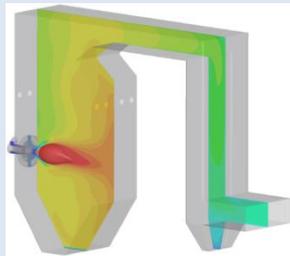


実機実証

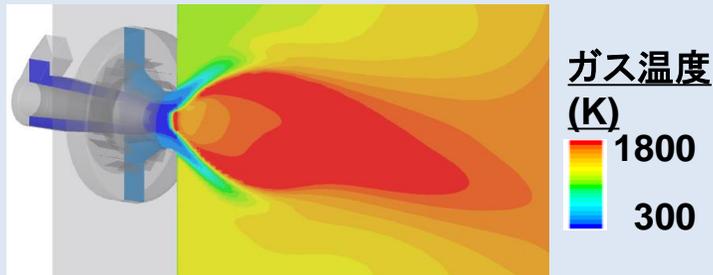
4. 数値解析を用いたボイラ／アンモニア混焼技術の検討

- ・数値解析を用いてNO抑制方法を検討した。
還元雰囲気が強かつガス温度の高い雰囲気にNH₃を投入することがNO抑制に効果的であることを確認した。燃焼試験の仕様に反映した。

大容量燃焼試験
温度場の予測

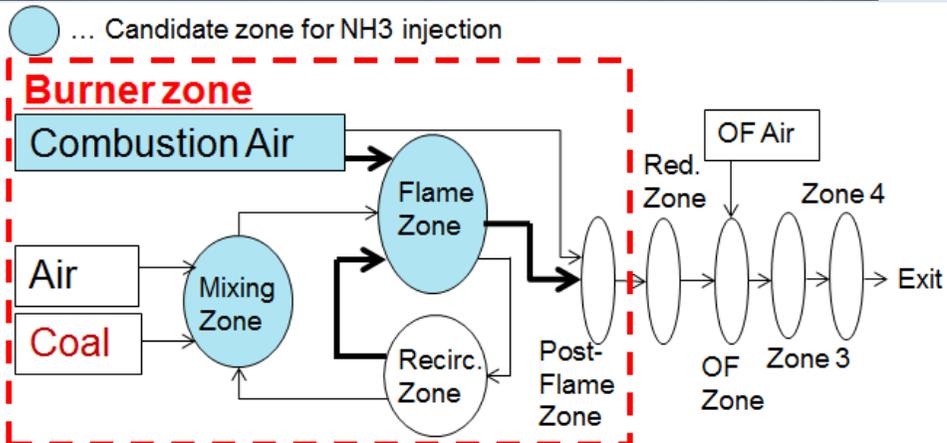


火炎構造の検討(ガス温度、滞留時間)

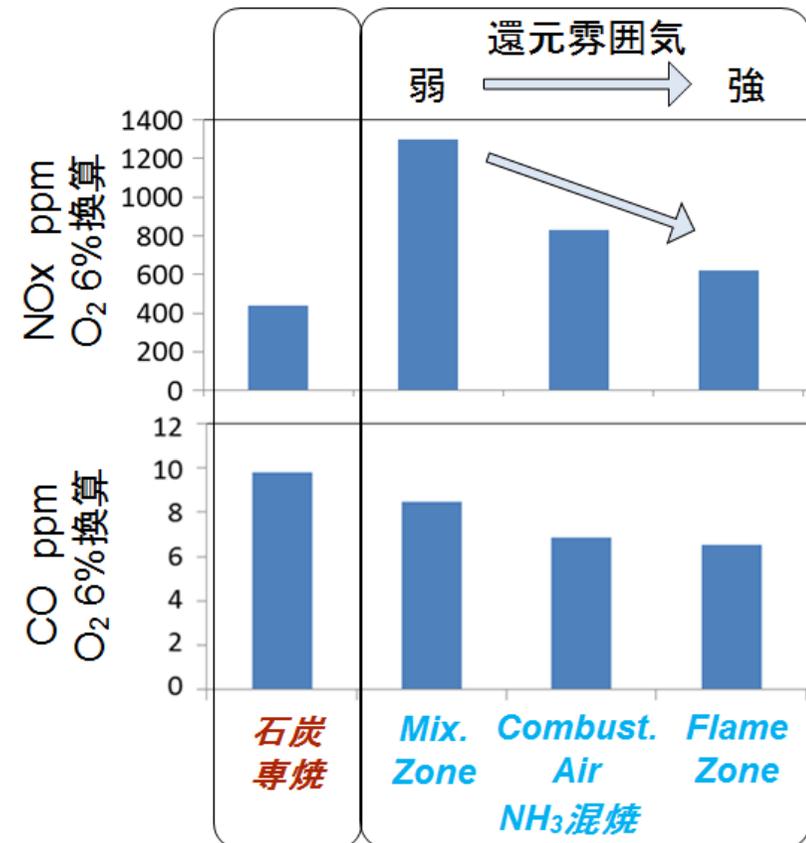


+

化学反応モデル(CHEMKIN)によるNH₃投入位置の検討



化学反応モデル(CHEMKIN)を用いた
NO抑制効果の検討



4. 燃烧試験／アンモニア供給設備

■ 燃烧試験設備紹介



小型燃烧試験設備(基礎炉)	
投入熱量	1.2 MWth
燃料量	240 kg/h (アンモニア換算)
寸法	Φ1.3m × L7.5m

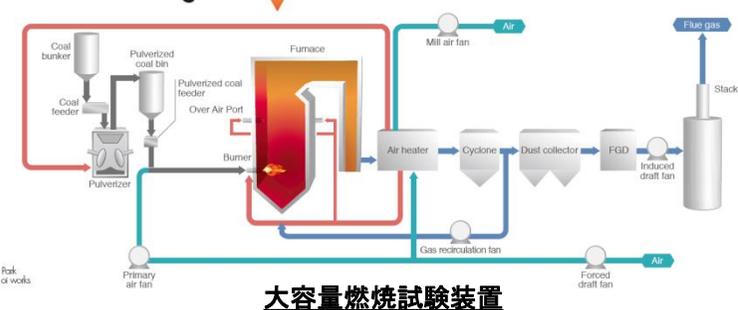
小型燃烧試験設備(基礎炉)

大型燃烧試験設備(CCTF単一炉)	
投入熱量	12 MWth
燃料量	2,400 kg/h (アンモニア換算)
寸法	Φ3.6m × L12m

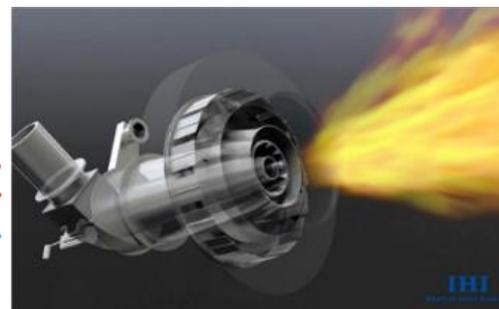
大型燃烧試験設備(CCTF単一炉)

※CCTF : Coal Combustion Test Facility

Main flow diagram 主系統図



アンモニア投入方法



■ アンモニア供給設備(新設)

大容量アンモニア供給設備仕様	
タンク容量	20 ton
気化器能力	1.2 t/h × 2台 (蒸気式)
供給圧力	0.3~0.5MPa



大容量アンモニア供給設備
(2022年9月竣工)



タンクおよび気化器



気化熱源用ボイラ

計測項目

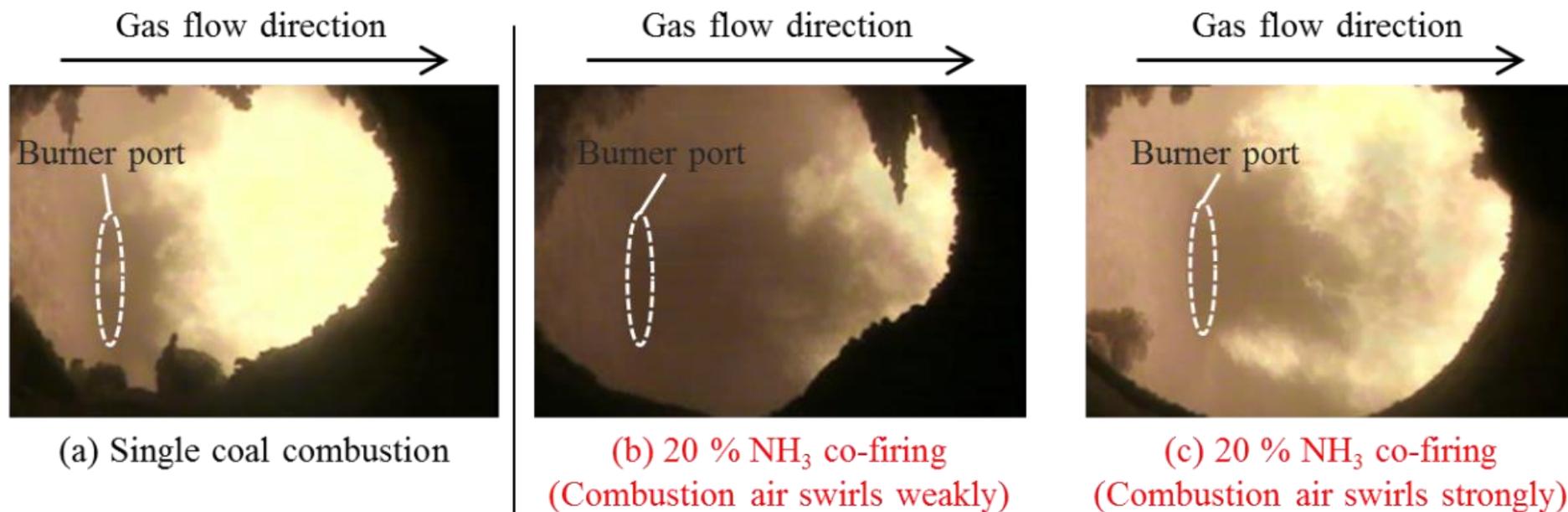
- ・排ガス組成 (CO、CO₂、NO_x、N₂O)
- ・灰中未燃分
- ・熱流束
- ・火炎観察
- ・その他

4. アンモニア20%混焼**定格負荷**運転試験の結果

火炎形状

石炭専焼時と同等のA/R(エアレジスタ: 燃焼空気の旋回力調整機能)開度の場合、

- ・着火位置がやや離れる傾向を示す。
- ・A/R開度を調製することで石炭専焼と同程度の着火位置とすることが可能

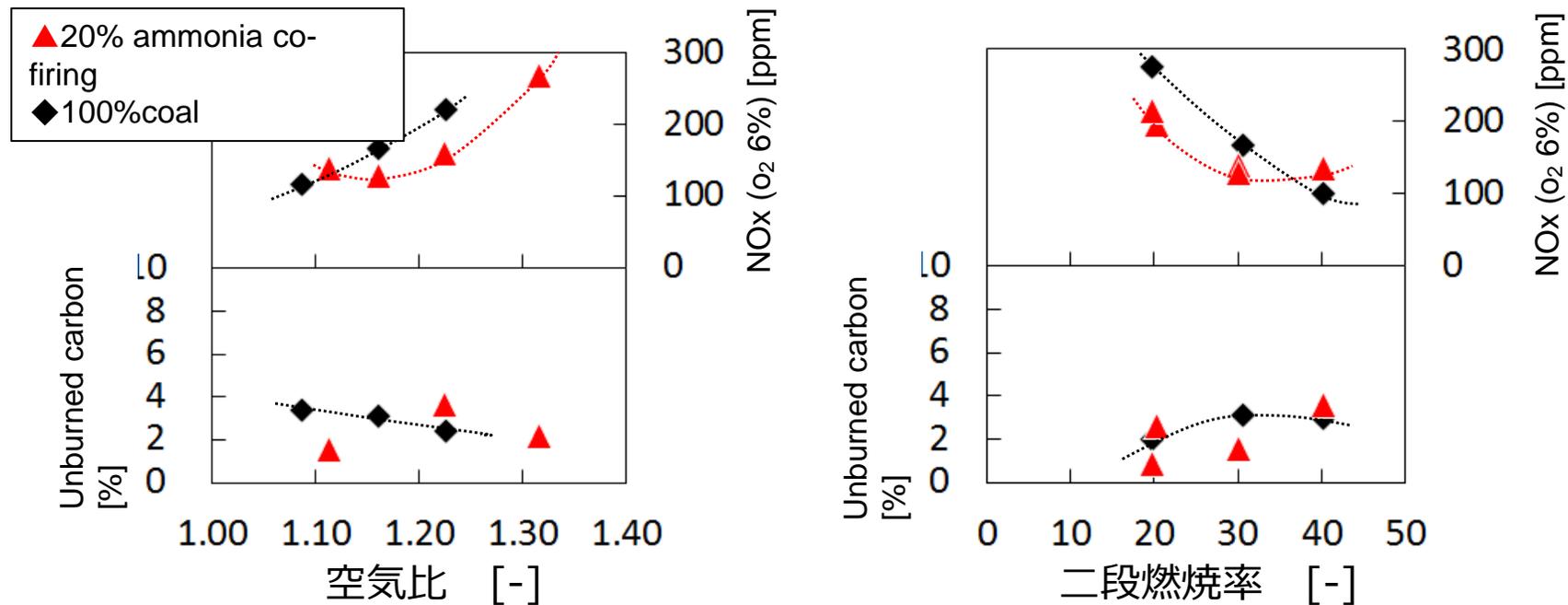


4. アンモニア20%混焼**定格負荷**運転試験の結果

- アンモニア混焼時も安定した火炎を達成。
- NO_x濃度，灰中未燃分は100%石炭専焼時とほぼ同等。
- 排ガス中の未反応NH₃，N₂O濃度は検出限界以下。



アンモニア混焼火炎の様子
(20% アンモニア混焼)



NO_x と灰中未燃分への影響

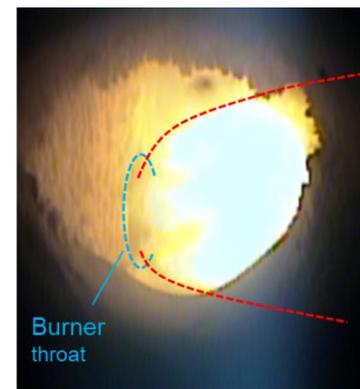
4. アンモニア20%混焼部分負荷運転試験の結果

アンモニア混焼時と石炭専焼時の火炎比較

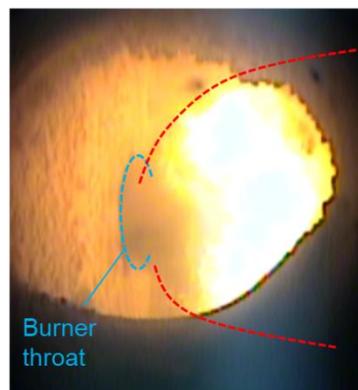
部分負荷試験段階では、定格アンモニアノズル流速を見直したノズルを使用した。

アンモニア混焼時も安定した着火と燃焼維持を達成し、火炎形状については以下の特徴を得た。

- ・比較的速いアンモニア流速
→ 狭くて長い火炎形状
- ・比較的遅いアンモニア流速
→ 広角な火炎形状



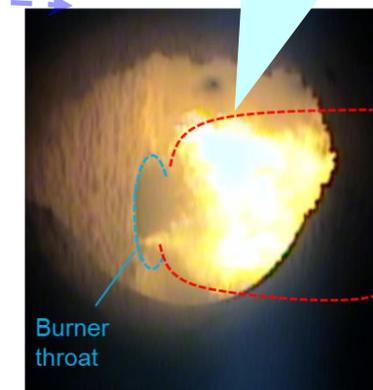
(a) Coal single firing



(b) Ammonia co-firing with coal
NH3 velocity : Lower



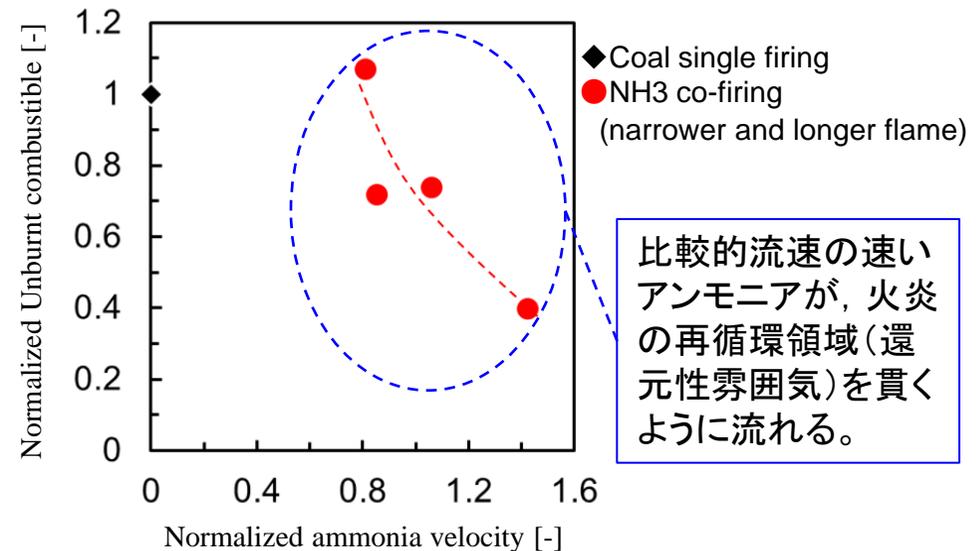
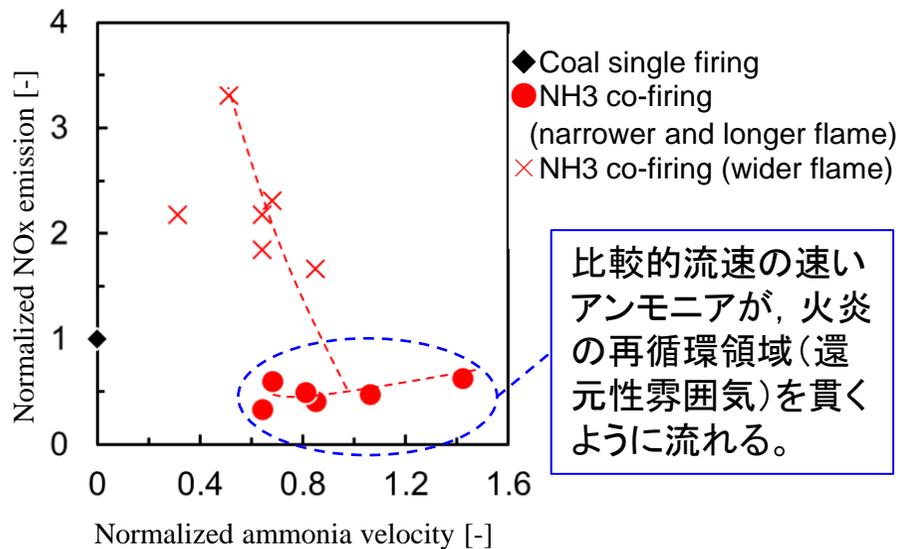
(c) Ammonia co-firing with coal
NH3 velocity : Base



(d) Ammonia co-firing with coal
NH3 velocity : Higher

4. アンモニア20%混焼部分負荷運転試験の結果

NO_x／灰中未燃分とアンモニア流速の関係



NO_x emission vs ammonia velocity

この結果から以下状態を想定,

- ・アンモニアの熱分解 ($2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$) による燃焼の維持
- ・中間生成物である還元性物質 (NH_i etc) によるNO_x低減

Unburnt combustible vs ammonia velocity

この結果は以下メカニズムによるものと想定,

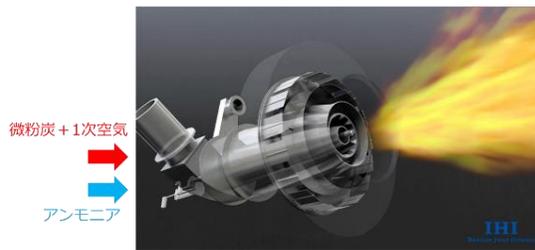
- ・アンモニアが火炎の内部循環流を貫通するため、その外部から供給される燃焼空気は、微粉炭の燃焼にのみ消費される
- ・アンモニアの燃焼は熱分解を経て行なわれる

4. 実証試験向けのアンモニア20%混焼バーナ開発

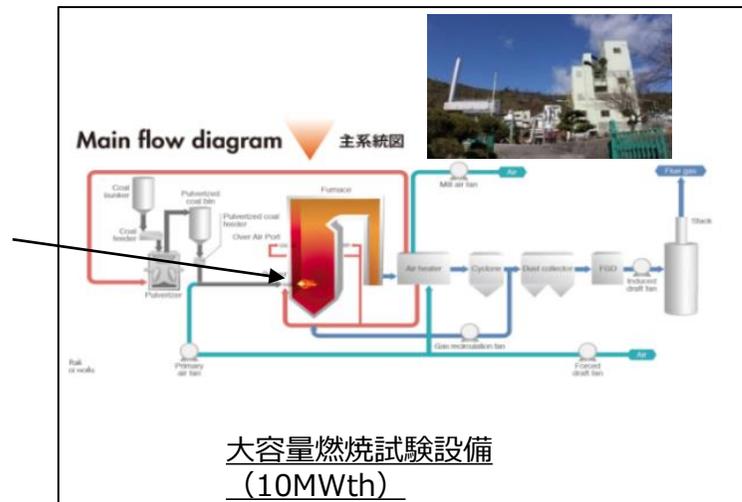
実証試験に向けたアンモニアバーナバーナの設計

数値解析および燃焼試験による検証により、NOxと灰中未燃分を抑制した状態で部分負荷から定格負荷全域にわたって運転できるバーナの設計条件を見出した。

今後この設計思想を実証試験用バーナに適用し、アンモニア混焼実証試験により燃焼特性およびボイラの収熱特性などプラントとしてのアンモニア混焼技術の確立を目指す。



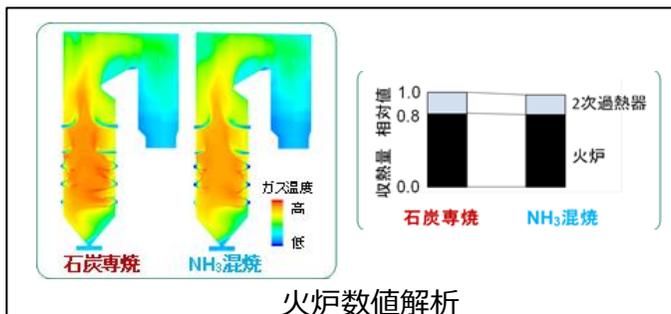
アンモニア混焼バーナ



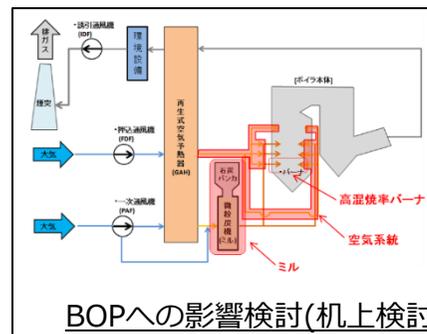
大容量燃焼試験設備
(10MWth)



アンモニア混焼バーナ
(実機実証試験用準備段階)



火炉数値解析



BOPへの影響検討(机上検討)



実機実証

4. アンモニア専焼試験結果

アンモニア専焼バーナ／ボイラの開発（社内研究）

News Release

IHIプレスリリース



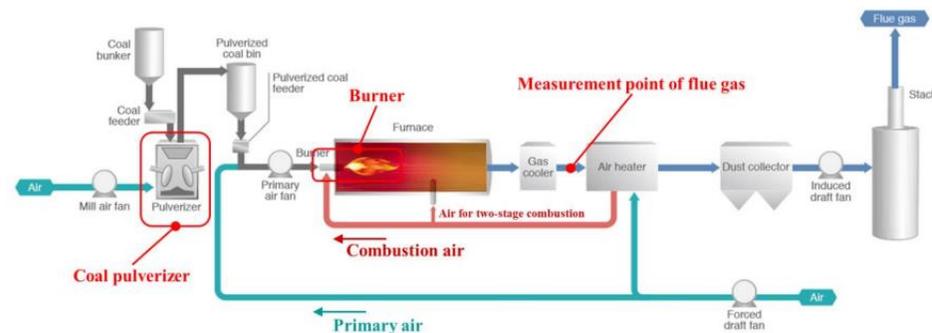
2022年5月17日
No.3439

**燃焼時に排出される大気汚染物質を抑制した
火力発電用ボイラ向けバーナのアンモニア専焼に成功**

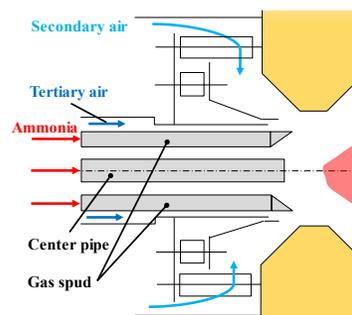
IHI はこのたび、相生工場（兵庫県相生市）内の小型燃焼試験設備にて、大気汚染物質である窒素酸化物（NOx）を抑制した状態でのアンモニア専焼に成功しました。これにより、火力発電用ボイラにおけるアンモニア専焼技術（以下「本技術」）の実用化が大きく前進します。



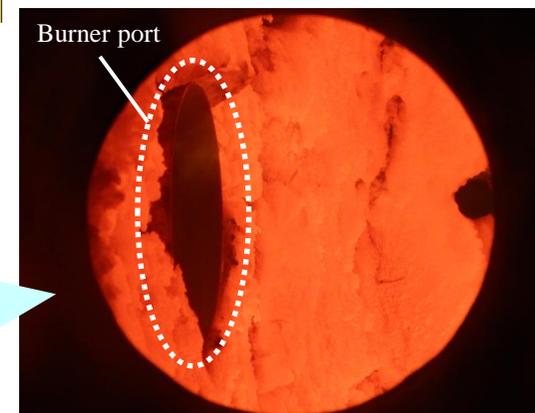
小型燃焼試験設備（IHI 相生事業所内）



小型燃焼試験設備（基礎炉）



試験バーナ概略図（基礎炉）



アンモニア専焼火炎（基礎炉）

火炎は不輝炎であり
目視できない。
（火炎検出は可能）

4. 今後の石炭火力におけるアンモニア利用技術開発の取り組み

全体目標

CO2フリーに向けて、

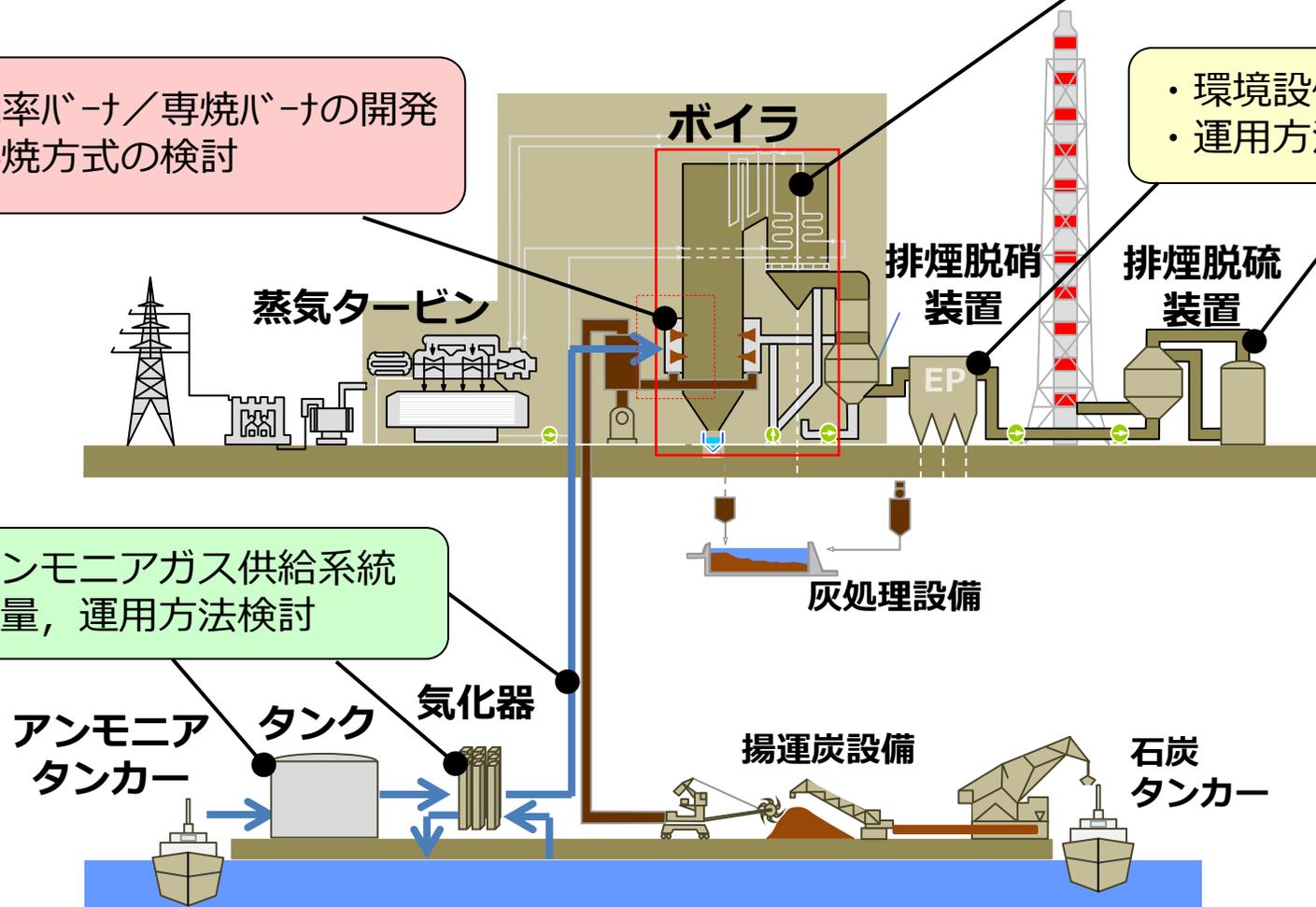
- ①アンモニア混焼設備の社会実装を進める（混焼率20%）：実施中
- ②アンモニア混焼率を高める（混焼率50%以上）：実施中

- ・ボイラ性能評価
- ・補機類影響評価
- ・運用方法検討

- ・高混焼率バーナ／専焼バーナの開発
- ・最適燃焼方式の検討

- ・環境設備影響評価
- ・運用方法検討

- ・アンモニアガス供給系統
容量，運用方法検討



4. 今後のアンモニア利用技術開発の取り組み

具体目標

100万kW級商用石炭火力において、アンモニア20%混焼の実証運転を行ない、ボイラの収熱特性や排ガス等の環境負荷特性を評価し、アンモニア混焼技術を確立する

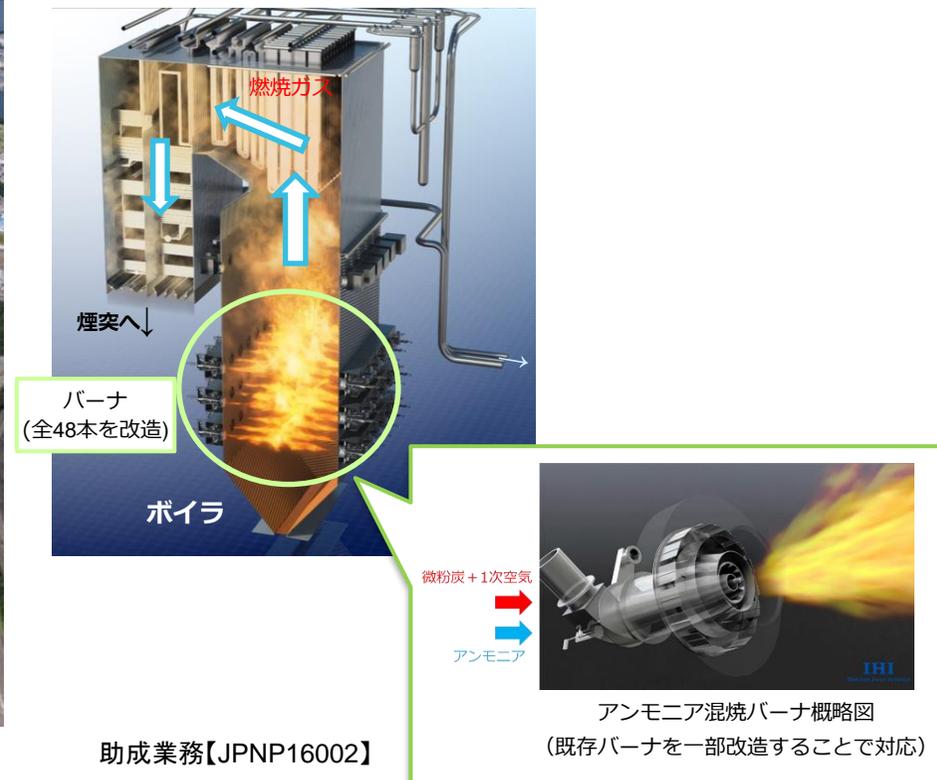
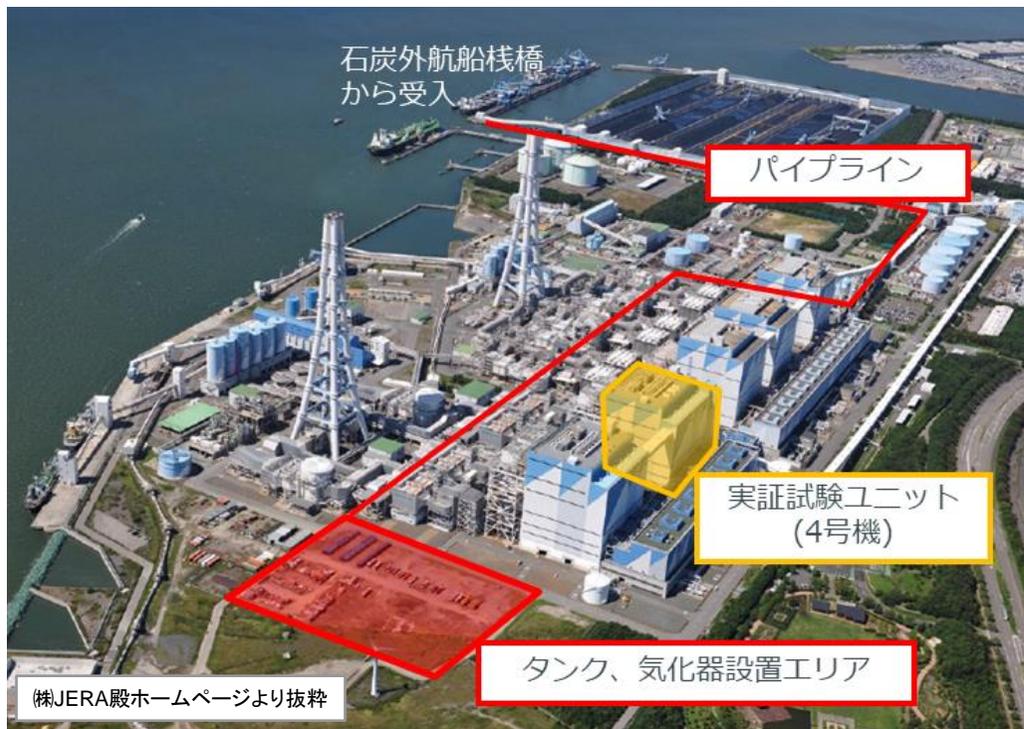
期間

2021年度～2024年度（実証試験を2023年度から実施予定）

2023年度開始
(当初から1年前倒し)

実証試験対象プラント

(株)JERA殿 碧南火力発電所4号機（併せて碧南火力5号機でのバーナ材質確認試験も実施）



4. 今後のアンモニア利用技術開発の取り組み：高混焼率化

グリーンイノベーション基金事業／燃料アンモニアサプライチェーンの構築プロジェクト

別紙2-3

2- (1) 石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼技術含む）の開発・実証

NEDOリリース 2022.1.7
グリーンイノベーション基金
事業「燃料アンモニアのサ
プライチェーン構築」に着手
(別紙2)事業概要資料から
抜粋

事業の目的・概要

- (1) アンモニア高混焼微粉炭バーナおよびアンモニア専焼バーナを開発し、事業用石炭火力発電所においてアンモニア利用の社会実装に向けた技術実証を行う。
- (2) 実証試験前のフィジビリティスタディにおける各種検討および実機での実証試験を通じてアンモニア混焼率50%以上の混焼技術を確立し、商用運転の実施可否を判断する。

実施体制

※太字：幹事企業

株式会社IHI、三菱重工業株式会社、株式会社JERA

事業規模等

- 事業規模：約452億円
 - 支援規模*：約279億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに補助率など：助成1/2、委託 → 1/2助成（インセンティブ率）

実施体制

- ① 株式会社IHI
- ② 株式会社IHI、株式会社JERA
- ③ 株式会社JERA、株式会社IHI

事業期間

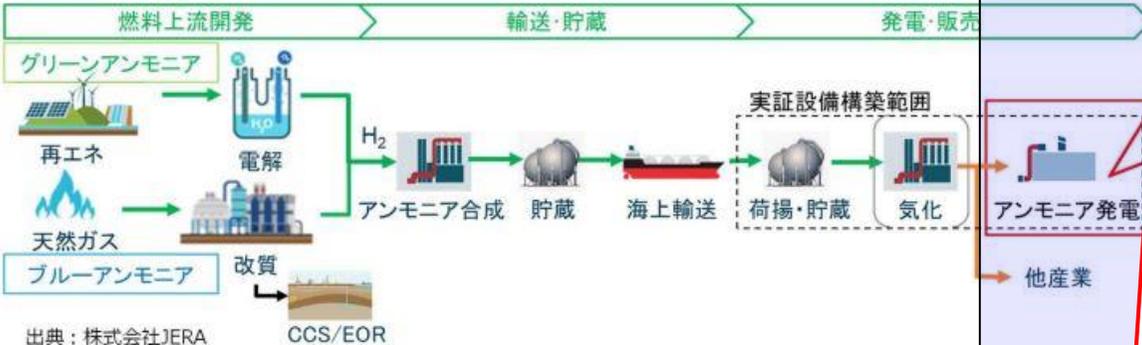
2021年度～2028年度（8年間）

事業期間

- ①、②2021年度～2024年度（4年間）
- ③2025年度～2028年度（4年間）

事業イメージ

アンモニアサプライチェーン



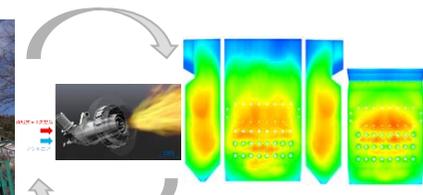
①高混焼率バーナの開発

＜バーナ開発のプロセス＞

- 以下両輪にて効率的に開発を進めていく。
- ・数値解析を用いたアンモニア混焼技術の検討
- ・大容量燃焼試験



CFT(10MWth 大容量燃焼試験設備)



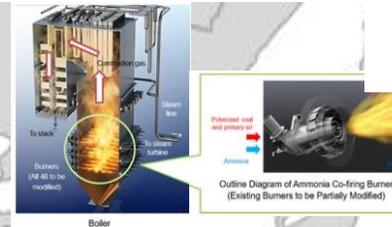
数値解析結果

- ②実機運用に基づくFS
- ③実機での実証試験

助成業務【JPNP21020】

4. 海外におけるアンモニア燃料利用の動き

- ✓ アンモニア混焼技術については世界的に注目を浴びており多くの問い合わせを受領。
- ✓ ASEAN, インドを中心としてFS等を実施している。



エネルギーtransitionのための先進技術



20%混焼やさらなる高混焼を想定したFSをアディダグループと実施



クリーンアンモニア製造~利用までの一連のFSをPETRONAS, TNBと実施。

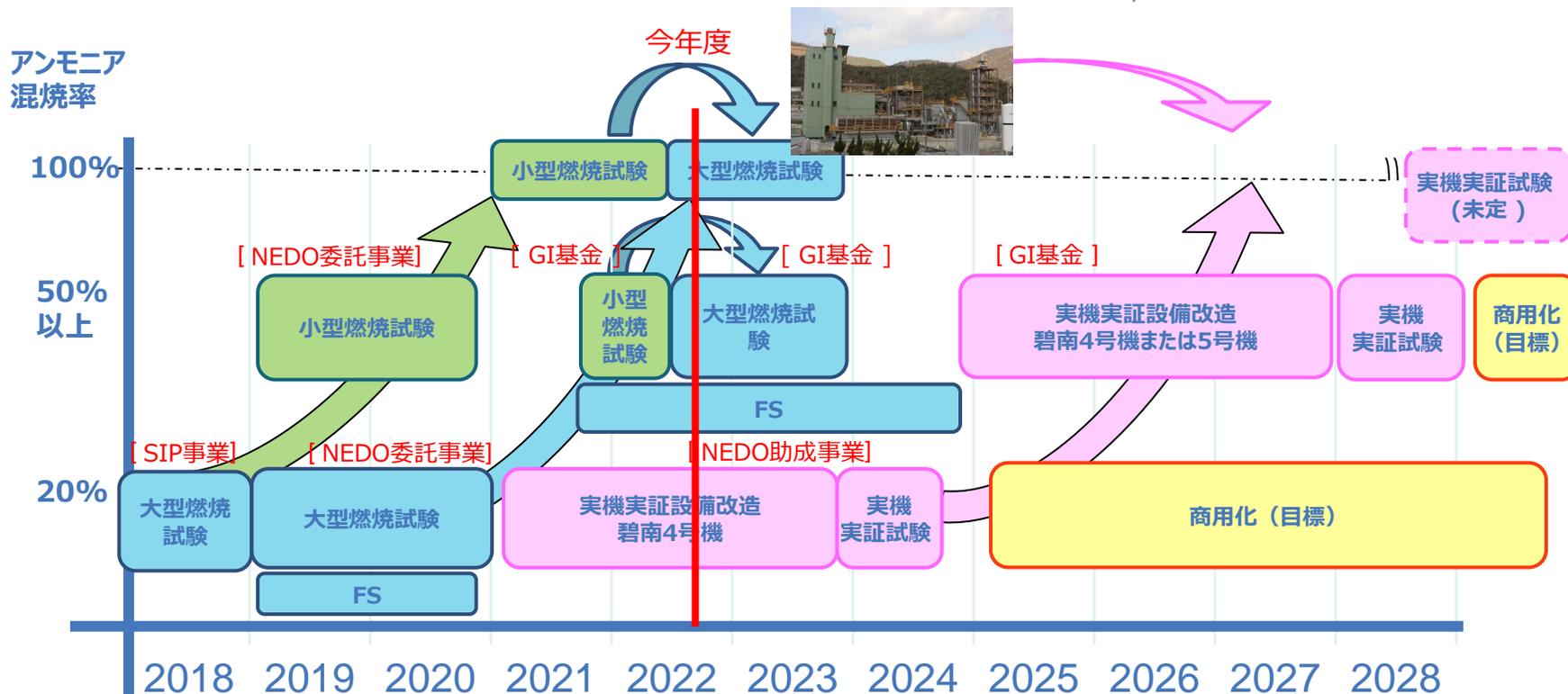


アンモニア, バイオマスの利活用に向けてPJBと共同検討に係るMOUを締結
2022年10月にGresik発電所において, ASEAN初となるアンモニア混焼実証に成功した

Gresik発電所



4. アンモニア混焼の商用化に向けたIHIの目標



* GI 基金: グリーンイノベーション基金（経済産業省による補助金事業）

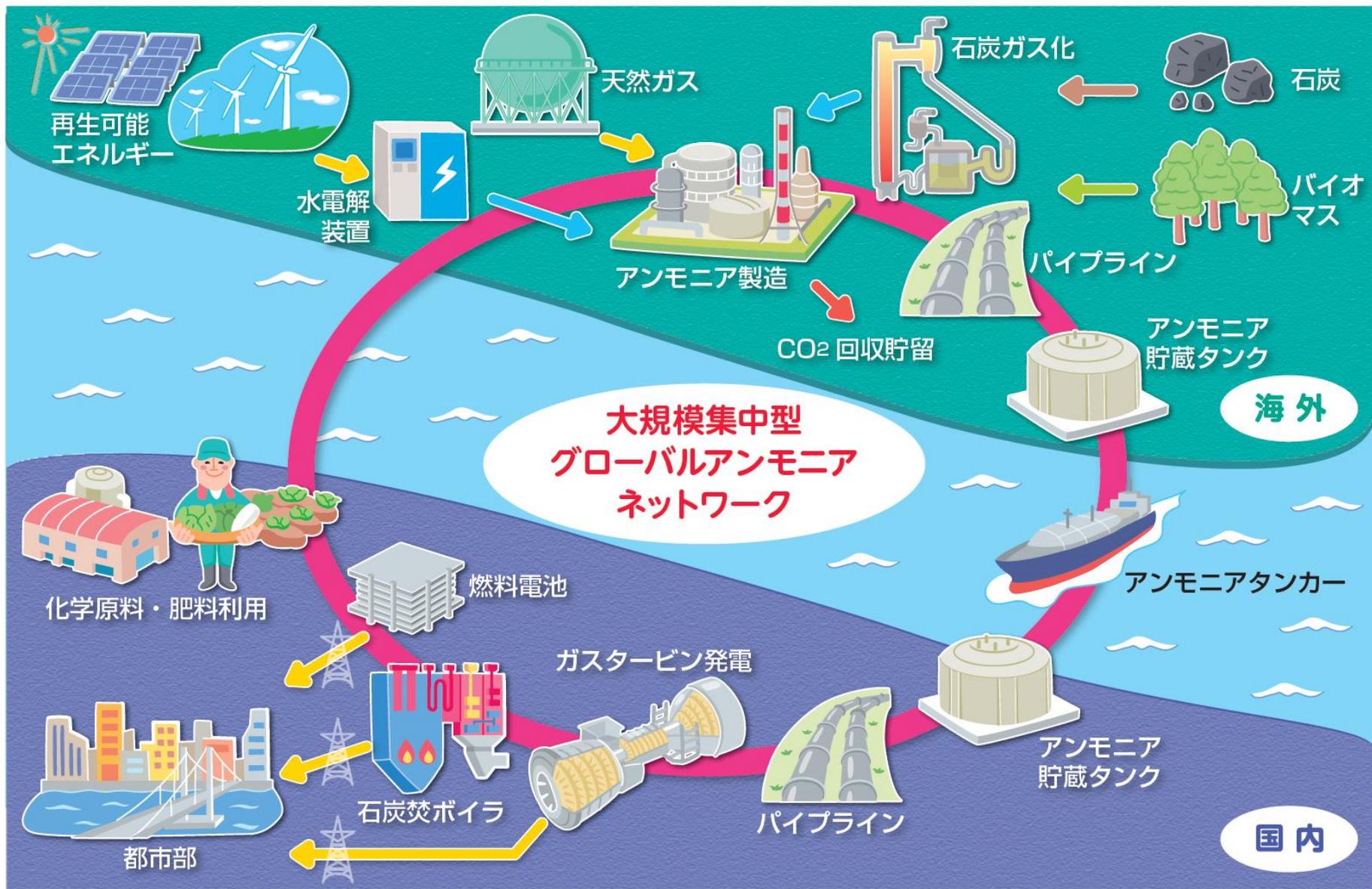
5. まとめ

5. まとめ

- アンモニアは、水素エネルギーの長距離輸送・長期間の貯蔵などの場面において、その利点が発揮される。
- アンモニアは直接利用できるのが大きな利点だが、燃焼性の改善・Fuel-NOxの抑制が必要。現状では以下のような取り組みを実行中である。
 - ・石炭火力ボイラにおける20%混焼技術を確立、100万kW級発電所における実証試験成功に向け準備・検討している
 - ・海外においてもアンモニア混焼実証等に取り組み、アンモニアバリューチェーンの裾野を広げるべく活動している
 - ・長期耐久性等を試験確認し、製品化を目指す
- アンモニアは、従来の化石燃料に比較すればまだまだ高価。サプライチェーンの大規模化や、国からの支援など、社会実装にはコスト低減やインセンティブ付けなどの施策が必要。

謝辞：本日の発表は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）運営）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務および助成事業、一般財団法人海外産業人材育成協会（AOTS）の成果を利用しています。

5. IHIの目指すカーボンフリーエネルギーサプライチェーン



ご清聴ありがとうございました

IHI
Realize your dreams