

## 発表：IHIにおけるアンモニア利用の取り組み

- ①石炭火力におけるアンモニア50%以上燃焼実証試験
- ②2MW級アンモニア専焼GTの開発

**IHI**

2023年12月13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  
技術開発本部

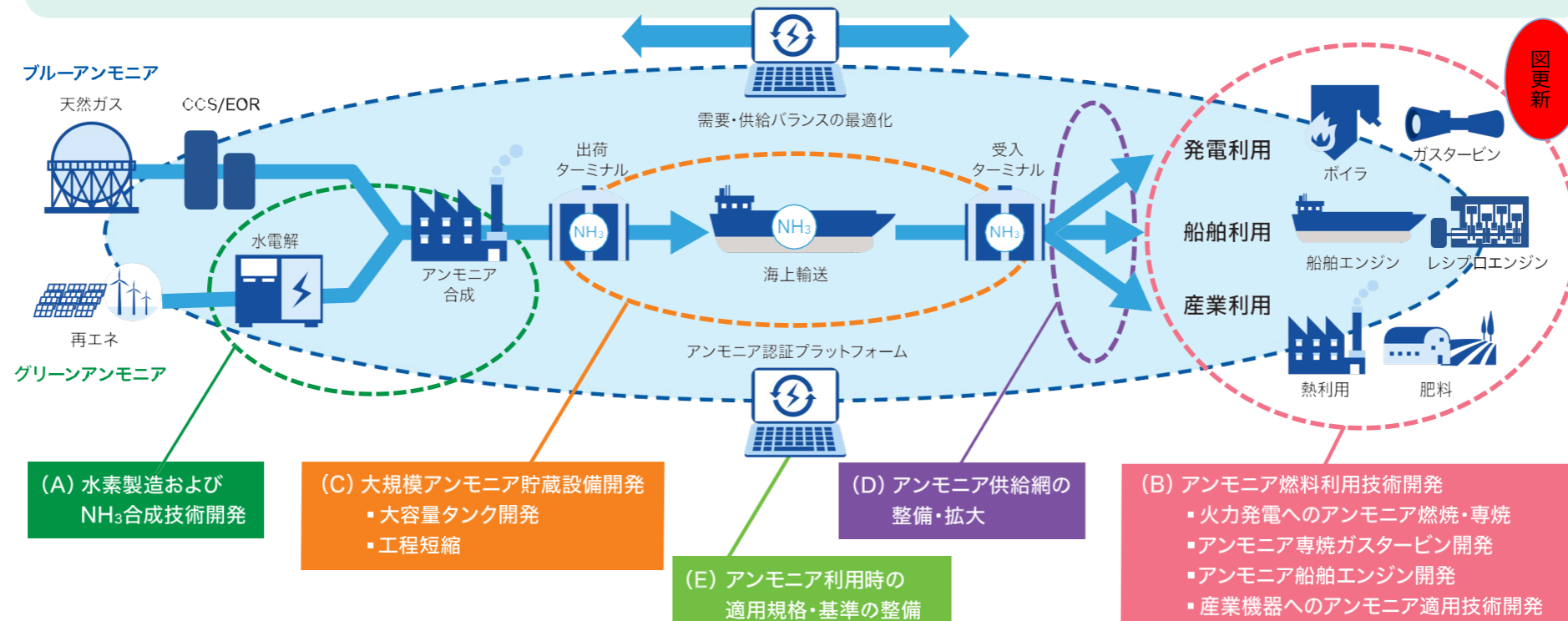
# 1. 事業戦略 ～IHIのアンモニア・バリューチェーン構築に向けた取り組み～

更新あり

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**を図っていく。

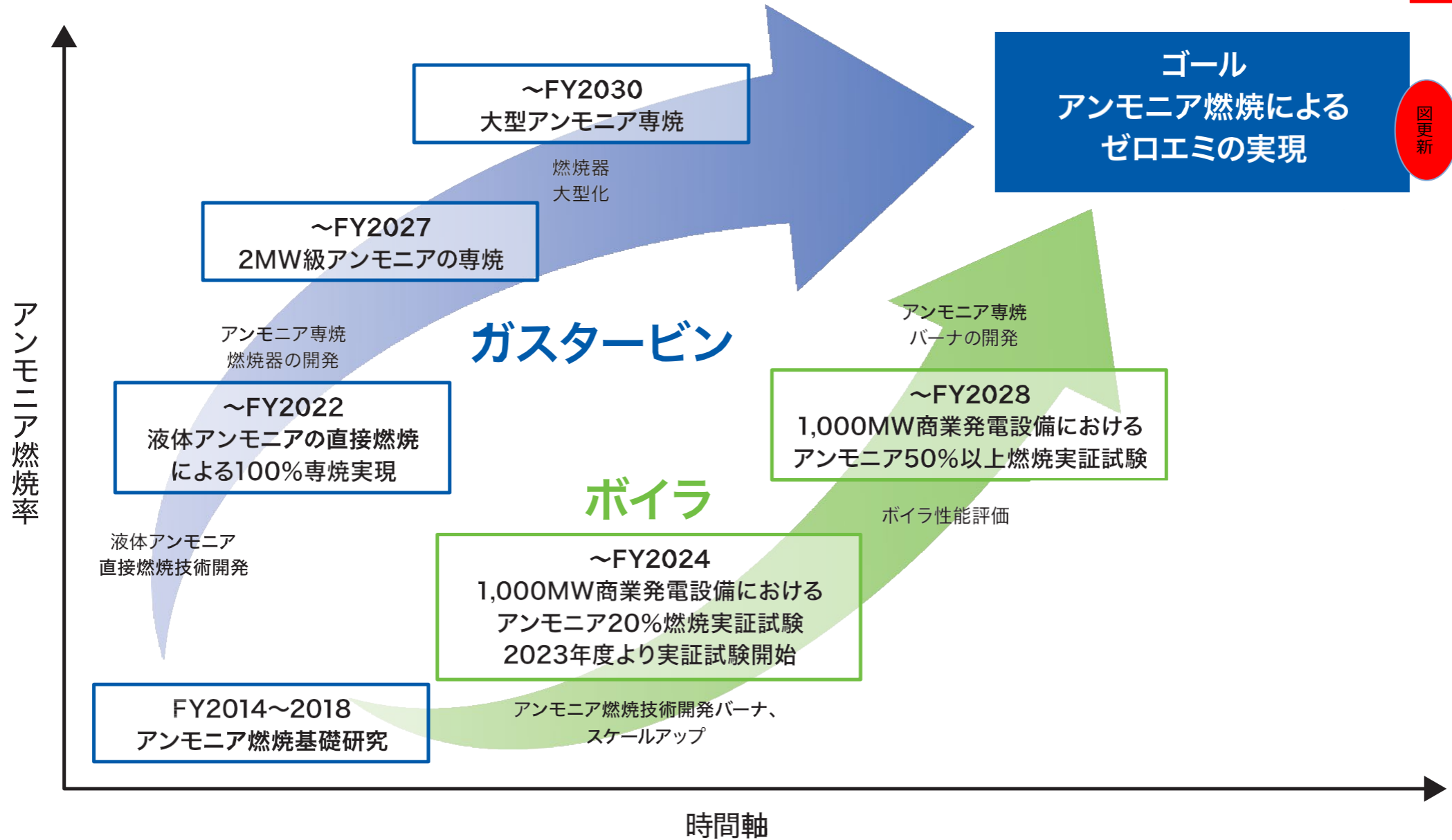
このため、以下の活動を中心に幅広い活動を進めているところ。

- 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)

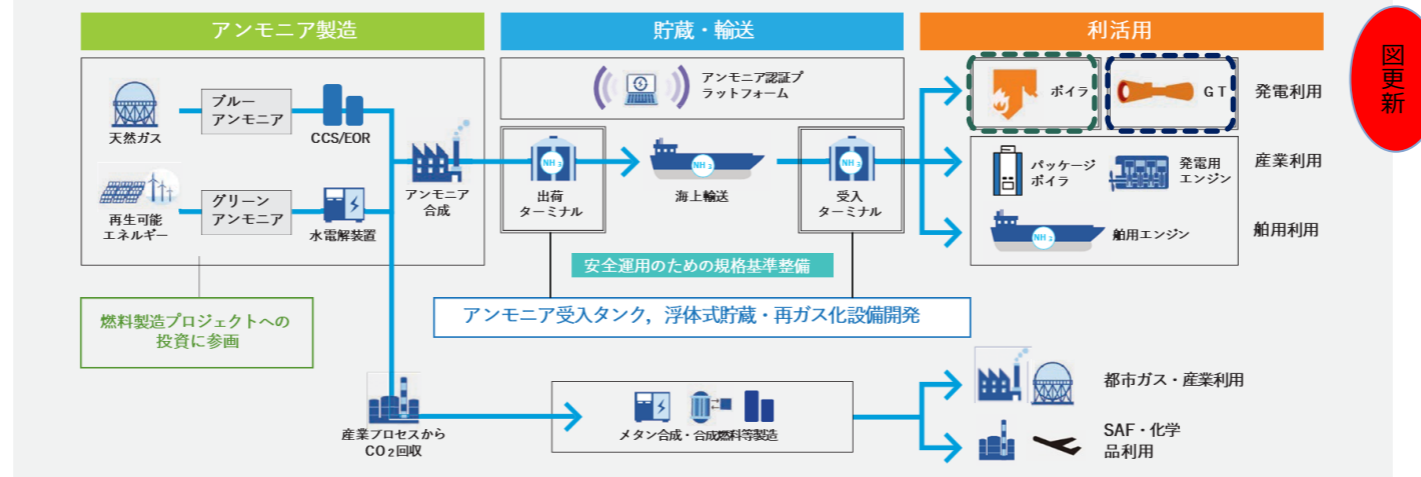


## 1. 事業戦略 ～アンモニア燃焼技術開発ロードマップ～

更新あり

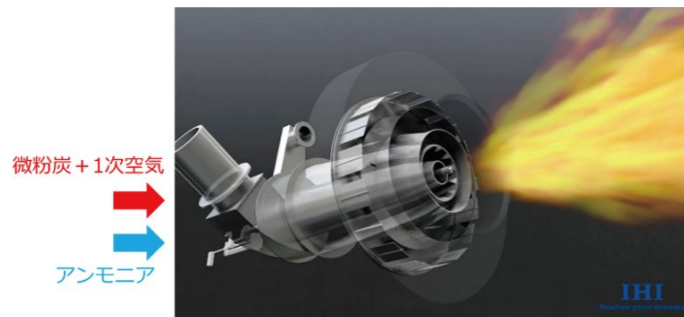


# 1. 事業戦略 ～アンモニア燃焼技術開発プロジェクト概要～



## ボイラ：アンモニア燃焼率50%以上の燃焼技術の開発

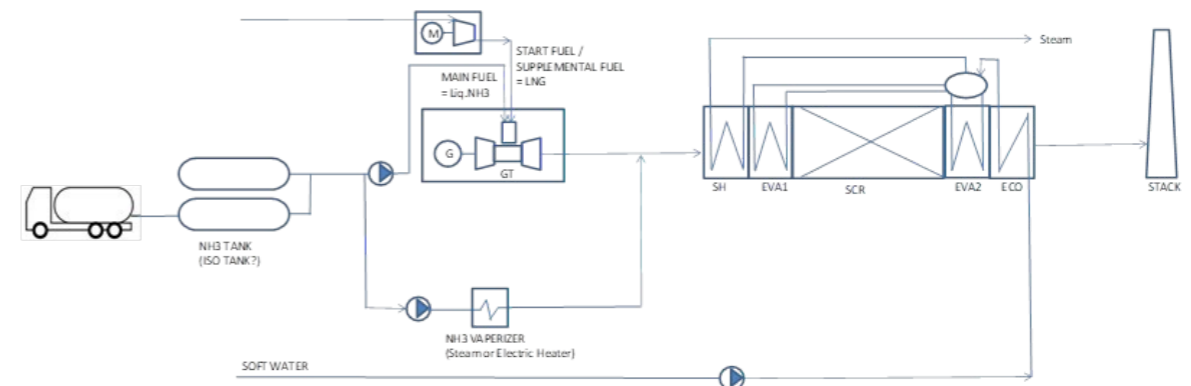
- ・既設石炭火力を活用しつつ、段階的なグリーン社会への移行
  - ◆ アンモニア燃焼可能な既設火力発電ボイラ設備への改造
  - ◆ アンモニア燃焼可能な火力発電ボイラ設備へのリプレイス
- ・電力安定供給の維持継続
  - ◆ アンモニアサプライチェーンの拡大／確立
- ・低コストでの脱炭素化の実現
  - ◆ 発電利用拡大 ⇒ アンモニアチェーン事業拡大 ⇒ 低コスト化



アンモニア燃焼バーナイメージ

## GT：アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

燃料アンモニアをガスタービンで直接利用し、ゼロエミッション化できるアンモニア取り扱い設備を簡素化可能な技術  
→液体アンモニア専焼ガスタービン



# 1. 事業戦略 ～海外へのアンモニア<sup>燃焼</sup>技術の展開～

更新あり

IHI

## 進捗

脱炭素エネルギーとしての燃料アンモニアのポテンシャルに対する理解が促進されつつある中で、燃料製造に向けた検討および利用技術の開発を加速

### 日本

- 碧南での20%混焼実証試験を継続、大規模混焼開始時期を2023年度に前倒し
- 液体アンモニア専焼ガスタービンでCO<sub>2</sub>フリー発電を達成
- 日本郵船・日本シッパード・日本海事協会と共同で、浮体式アンモニア貯蔵再ガス化設備搭載バージの研究開発を開始
- 東北大との共創研究所を設立



碧南火力発電所（JERA HPより抜粋）



IHI製2MW級ガスタービン

- Hydrogen Council (水素協議会)に運営会員として参画

### UAE

- INPEX・商船三井と共同で、クリーン・アンモニアサプライチェーンの実証を実施
- ENOCと共同でグリーンアンモニア製造・販売の事業権を獲得

### インド

- 「日印クリーン・エネルギー・パートナーシップ」に沿って、アンモニア燃焼の技術的検討および経済性の検証を開始
- ACMEとグリーンアンモニア製造について協議を開始



### シンガポール

- 政府公表の「SUSTAINABLE JURONG ISLAND」達成に向け、Sembcorpと共同でグリーンアンモニアのバリューチェーン構築を進める

### インドネシア

- PLNと共同で、ASEAN初となる事業用発電設備での燃料アンモニアの小規模混焼を実施



グレシクガス火力発電所

### アメリカ

- GEとアンモニア専焼大型GTの共同開発を開始
- アンモニア製造のスタートアップ企業へ投資を開始

### オーストラリア

- タスマニアのグリーンアンモニア製造案件に参画
- 「コーガン水素実証プロジェクト」のデモプラント建設工事を受注

### ニュージーランド

- Woodside Energy Technologiesよりグリーンアンモニア製造・輸出の事業性検討・調査業務を受注

### マレーシア

- マレーシアでの火力発電所の脱炭素化に向け、JERA Asiaと共同で燃料アンモニアの利用拡大に関する検討を開始
- PETRONAS・TNB子会社と共同で、アンモニアの燃焼技術適用、サプライチェーン構築に向けた調査事業を実施

## 今後の取り組み

クリーン燃料アンモニア製造～利用を含むグローバルなバリューチェーンの構築と上下流への参画を進める。

2022年11月8日 第2四半期決算発表 経営概況「プロジェクトChange」の進捗より

## 2. 事業内容：(ボイラ)石炭火力におけるアンモニア燃焼率50%以上の燃焼技術の開発事業

IHI

### 項目①アンモニア高比率燃焼バーナの開発

更新あり

#### アンモニア高燃焼率バーナの開発 <IHI>

#### 開発内容

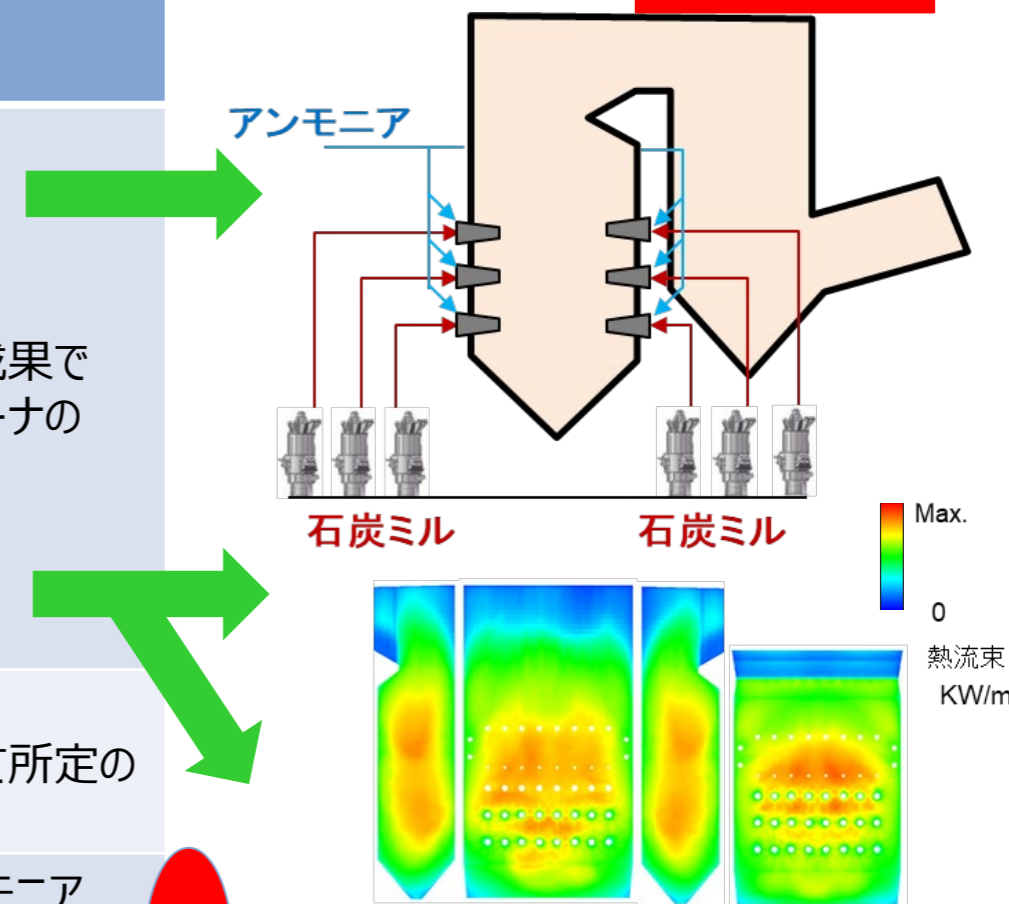
- アンモニア50%以上燃焼可能なバーナの新規開発を行う。  
(全バーナ段においてアンモニア50%以上燃焼が可能)
- 開発コンセプトは以下を予定  
+高比率燃焼バーナの燃焼特性の把握, 実機運用に適用可能  
+NEDOアンモニア燃焼技術開発委託事業(2019-2020)の成果である, 実証試験用20%混焼バーナおよび基礎研究60%燃焼バーナの知見を活用
- 開発の進め方は以下のような手順にて行う予定  
+数値解析による事前検討および試験後の改善検討  
+大型燃焼試験設備での燃焼試験による検証

#### 目標

- バーナ単独で60%燃焼率を確保できるものとする。  
実機運用において安定燃焼を実現し, 同時に, 燃焼特性について所定の性能を確保

#### 進捗状況

- 2019-2020年度NEDO事業で開発を行っていた所要量のアンモニア60%燃焼バーナのコンセプトを元に実機構造を考慮して構造を見直した。
- 見直し構造にて小型燃焼試験設備での試験を経て大型燃焼試験設備(実機バーナ規模)での試験を実施している。並行して数値解析による検証も実施。
- 現状は, 石炭専焼と同程度の燃焼特性( $\text{NO}_x$ , 灰中未燃分など)を得るという開発目標を達成できる見通し。



進捗追記

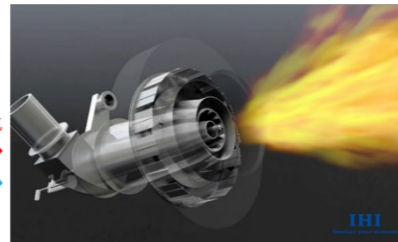


## 2. 事業内容：(ボイラ)石炭火力におけるアンモニア燃焼率50%以上の燃焼技術の開発事業

### 項目①アンモニア高比率燃焼バーナの開発

更新あり

#### ■ 燃焼試験設備紹介



アンモニアバーナ概念図

小型燃焼試験設備(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

小型燃焼試験設備 (基礎炉)

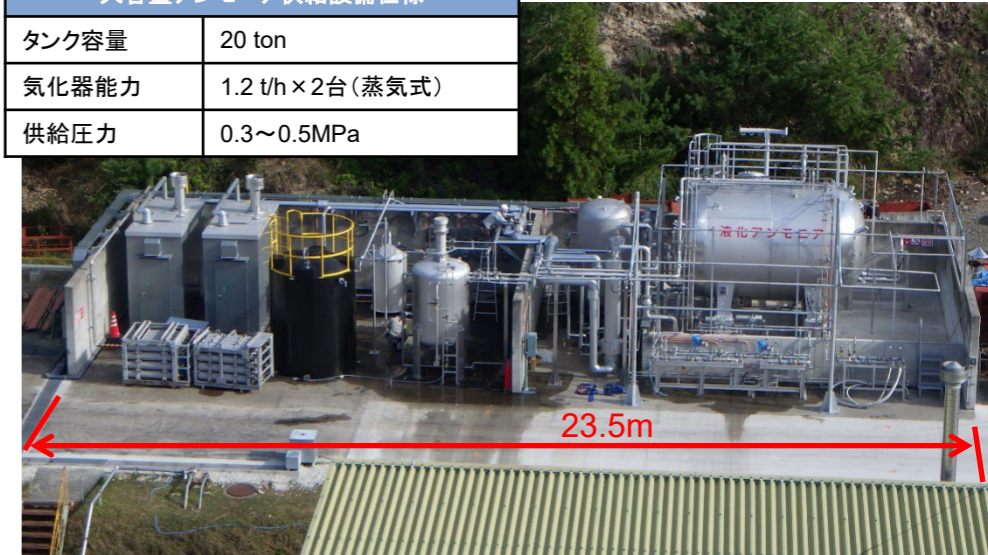
大型燃焼試験設備(CCTF単一炉)	
投入熱量	12 MWth
燃料量	2,400 kg/h (アンモニア換算)
寸法	Φ3.6m×L12m

大型燃焼試験設備 (CCTF単一炉)

※CCTF :Coal Combustion Test Facility

#### ■ 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

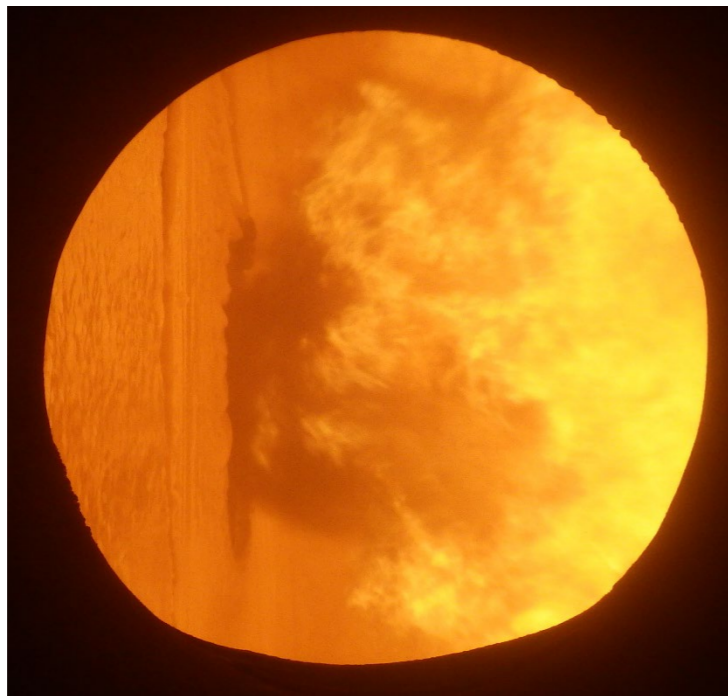
※掲載設備はすべてIHI自社設備

## 2. 事業内容：(ボイラ)石炭火力におけるアンモニア燃焼率50%以上の燃焼技術の開発事業

### 項目①アンモニア高比率燃焼バーナの開発

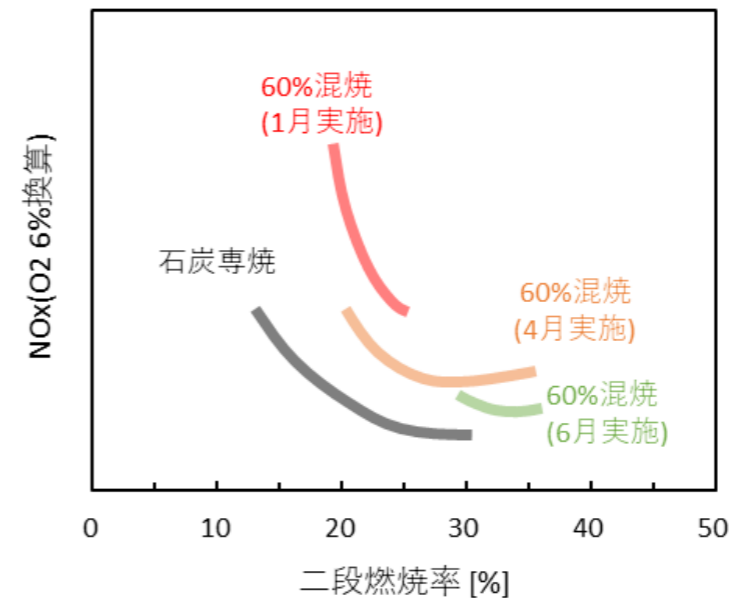
#### ■ 進捗状況

- ・バーナ構造および試験条件を見直しながら燃焼試験を実施している。
- ・特にNO<sub>x</sub>を石炭専焼と同程度まで低減することに注力して来た。現在まで着々と改善を進めて来ており石炭専焼と同程度とする目標を達成できる見通し。
- ・灰中未燃分については既に石炭専焼と同程度とする目標は達成できている。

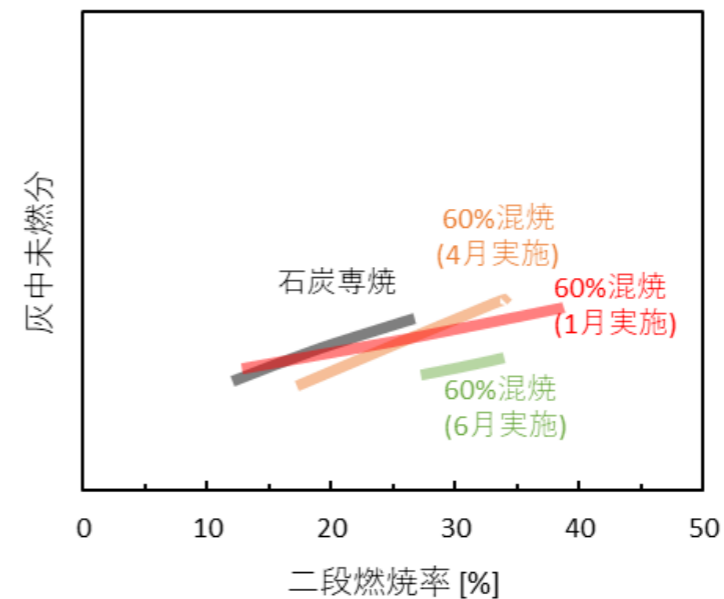


アンモニア60%燃焼火炎  
(大型燃焼試験設備)

大型燃焼試験設備 (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



更新あり



アンモニア60%燃焼率時のNO<sub>x</sub>／灰中未燃分と二段燃焼率の関係  
(大型燃焼試験設備)

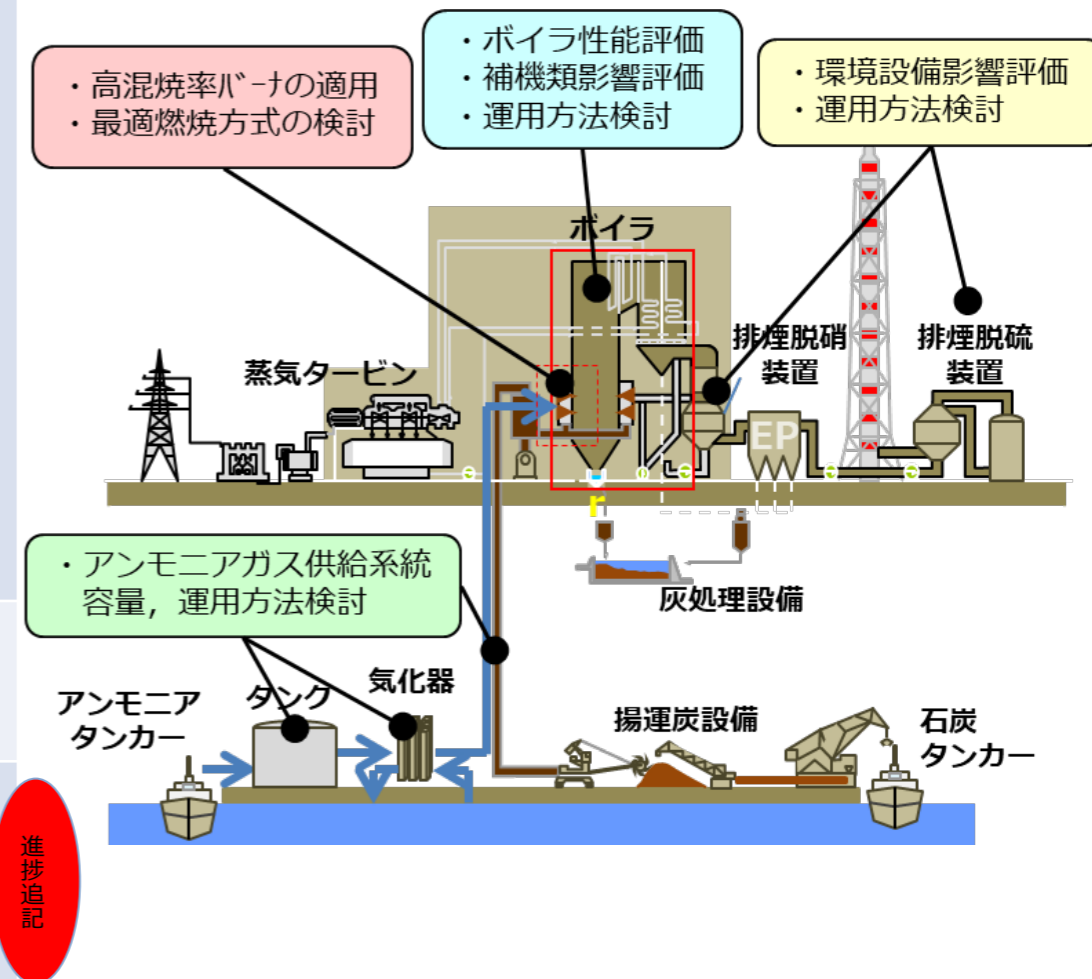
## 2. 事業内容：(ボイラ)石炭火力におけるアンモニア燃焼率50%以上の燃焼技術の開発事業

### 項目②1000MW級石炭火力発電設備実機運用に基づくFS

更新あり

#### 1000MW級石炭火力発電設備実機運用に基づくFS <IHI・JERA>

FS内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機運転データを調査し現状のプラント状態を把握する。</li> <li>現状のプラントにおいて、アンモニア混焼率50%以上燃焼した場合の運転点を算出する。</li> <li>アンモニア燃焼率50%以上燃焼でのプラント設備への影響について、以下観点で評価を行う。 <ul style="list-style-type: none"> <li>+高燃焼比率バーナの燃焼</li> <li>+ボイラ性能、ボイラ補機類仕様と運用方法</li> <li>+環境設備仕様と運用方法</li> <li>+アンモニアガス供給設備仕様と運用方法 (検討中の20%混焼設備の活用可否含む)</li> <li>+実証試験要領の策定</li> </ul> </li> <li>アンモニア燃焼率50%以上燃焼用プラント各設備の仕様を決定し、コストおよび工程を評価する。</li> </ul>
目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機運用に基づくアンモニア燃焼率50%以上が可能なプラント設備の仕様、コスト、工程の策定</li> <li>実証試験に向けて解決課題と対策の検討</li> </ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>検討条件設定・検討ケース（出力/燃焼比率）設定完了</li> <li>ボイラ仕様検討・ボイラ本体影響評価と改造概要検討完了</li> <li>環境装置仕様検討・仕様クリティカルポイントの整理完了</li> <li>気化器検討・気化器仕様とレイアウト検討中</li> <li>経済性評価・検討ケースの絞り込みと費用見積による評価を実施予定</li> </ul>

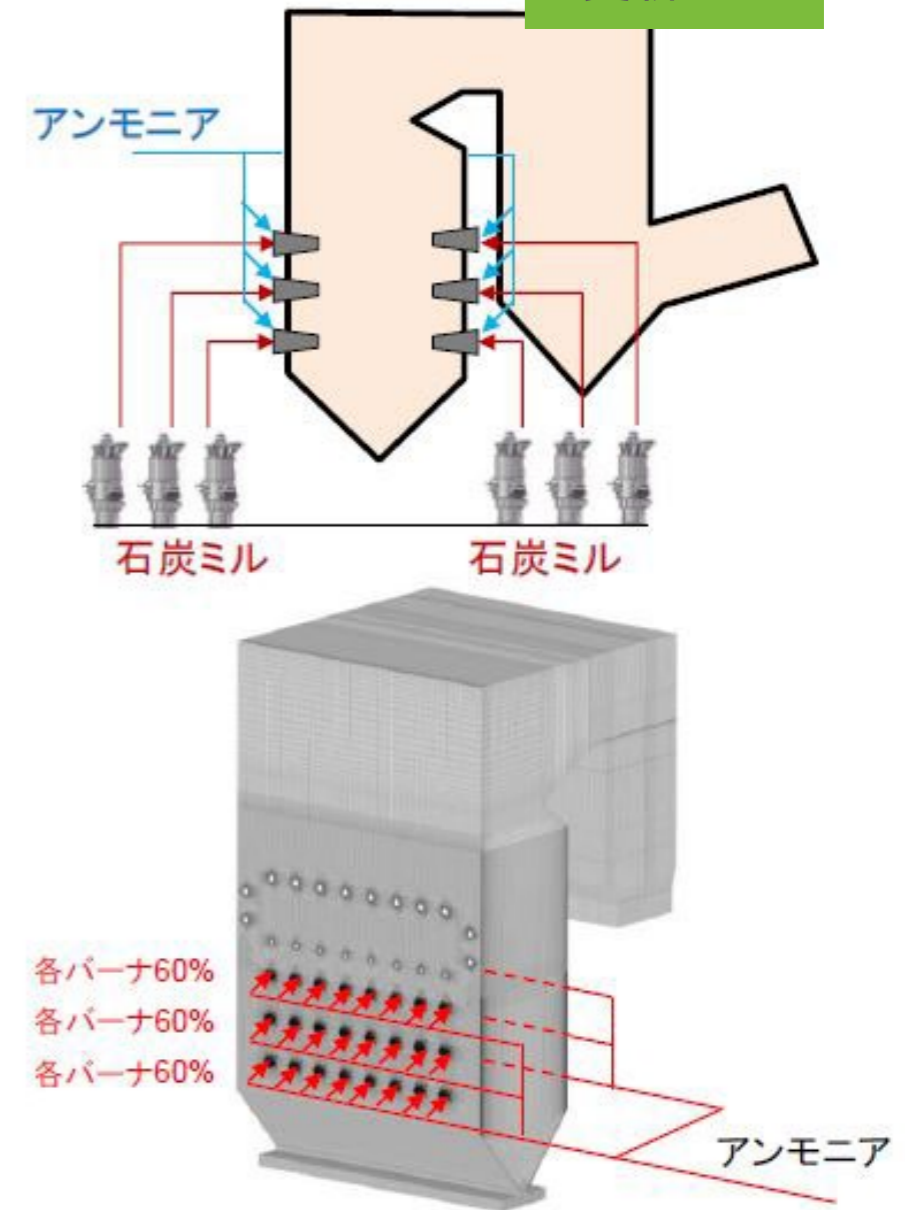


## 2. 事業内容：(ボイラ)石炭火力におけるアンモニア燃烧率50%以上の燃烧技術の開発事業

### 項目③1000MW級石炭火力発電設備実機での実証試験

更新なし

	1000MW級石炭火力発電設備実機での実証試験 <JERA・IHI>
改造内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>バーナ全段をアンモニア高燃烧比率バーナに交換</li> <li>高燃烧比率バーナは新規開発</li> </ul>
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア利用の社会実装を早期に最大化する。 +高燃烧比率を確保できるため、高い運用性と高いCO<sub>2</sub>削減効果が期待でき、社会実装が進む。</li> <li>アンモニア供給設備においては、検討中の20%燃烧率設備の活用により、極力コストを抑制する。</li> </ul>
実証内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃烧・収熱特性を把握するための実証運転を行う。</li> <li>アンモニア専焼へ向けての技術課題を抽出する。</li> </ul>
目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終的にアンモニア燃烧率50%以上の燃烧技術確立・商用運転の実施可否を判断する。</li> </ul>



### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

#### GI基金事業の概要

#### アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

##### 事業の目的・概要

- ガスタービンコジェネレーションシステムからの温室効果ガスを削減するため、2MW級ガスタービンに向けた液体アンモニア専焼（100%）技術を開発する。
- 実証試験を通じた運用ノウハウの取得や安全対策等の検証を行い、早期社会実装を図ることで温室効果ガス排出量の削減に貢献する。また、技術の展開先を探索し、アウトカムの最大化を図る。

##### 実施体制

※太字：幹事企業

- **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

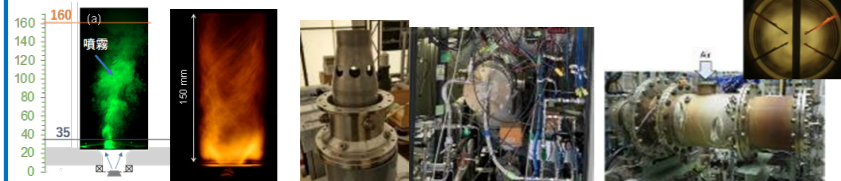
##### 事業期間

2021年度～2027年度(7年間)

##### 事業イメージ

##### 【技術開発】

##### スケールアップ検討



**東北大学**  
ラボスケール試験  
・液体アンモニア噴霧/燃焼挙動  
・低NOx燃焼手法

**産業技術総合研究所**  
ベンチスケール試験  
・小型燃焼器によるリグ試験  
・燃焼器設計の最適化

**株式会社IHI**  
実機スケール試験  
・実機スケールリグ試験  
・ガスタービンにおける性能検証

出典：株式会社IHI、東北大学、産業技術総合研究所

##### 【実証試験】



**株式会社IHI**  
・2MW級ガスタービンによるサイト実証試験

技術のさらなる展開先の探索  
・アウトカムの最大化出典：NEDO採択事業概要（[https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101502.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101502.html)）

#### 液体アンモニア専焼ガスタービンの技術課題

赤字：気体・液体アンモニア共通の課題

青字：特に液体アンモニアで顕著な課題

#### 液体アンモニアの安定燃焼

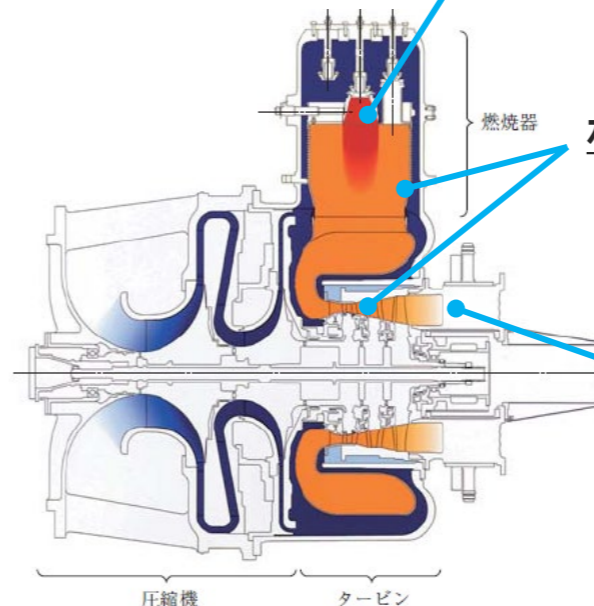
- ・液体を直接供給することにより、出力制御性は向上
- ・**蒸発潜熱により火炎温度が低下、燃焼が気体アンモニアよりさらに不安定に**

#### 材料の耐久性（燃焼器・スクロール・タービン）

- ・アンモニア存在下での**材料耐久性**
- ・都市ガス燃焼⇔アンモニア燃焼の温度変化

#### エミッション

- ・未燃NH<sub>3</sub>（環境汚染，悪臭）
- ・N<sub>2</sub>O（温室効果ガス）
- ・**NOx（環境汚染，Fuel-NOx）**

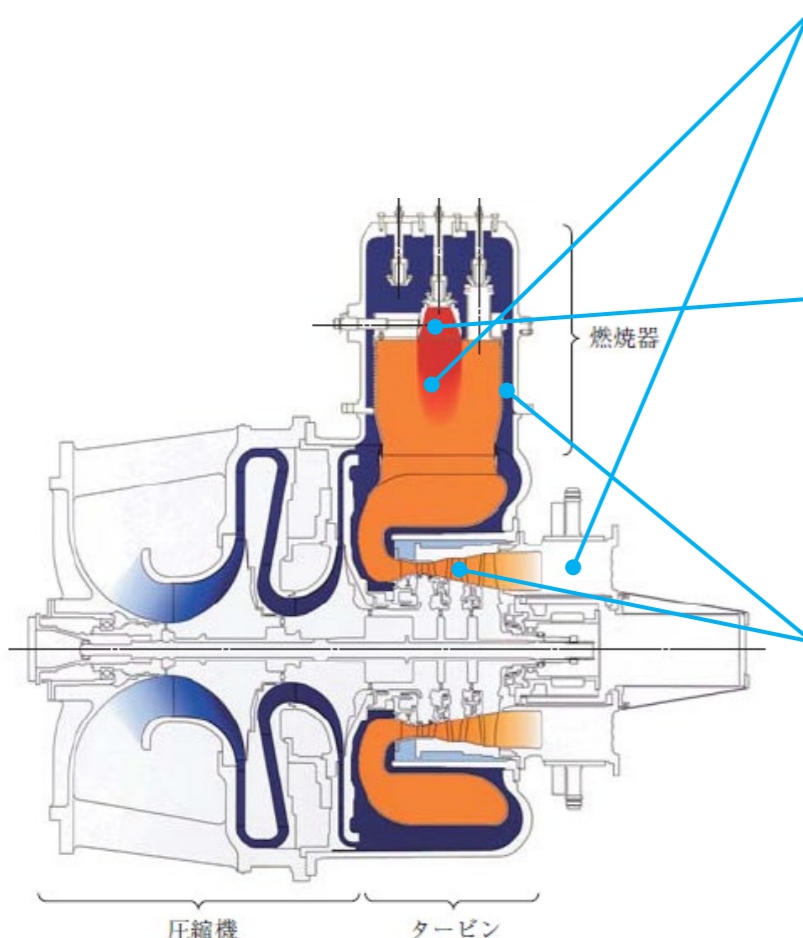


#### 液体アンモニアによるガスタービンの始動

- ・液体アンモニアの直接供給では火花点火が難しい  
また、起動時に大量の未燃NH<sub>3</sub>が排出されるリスクがある

### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

#### GI基金事業における実施内容



#### 項目①-1：液体アンモニア専焼技術の研究開発（IHI・東北大・産総研）

- ✓ 液体アンモニアの噴霧/燃焼挙動の解明
- ✓ NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O排出メカニズムの解明
- ✓ 液体アンモニアの安定・低エミッション燃焼手法の開発
- ✓ 開発期間：2021～2025

#### 項目①-2：液体アンモニア着火技術の研究開発（IHI・東北大・産総研）

- ✓ アンモニア熱分解を利用したGTの着火・始動方法の検討，要素試験  
①高温ヒータ（窒化耐性），②熱分解触媒，③ATR
- ✓ 2MW級ガスタービンへのスケールアップ検討
- ✓ 開発期間：2021～2025

#### 項目②：ガスタービン長期耐久性の検討（IHI）

- ✓ 材料試験によるアンモニアに暴露される燃焼器・スクロール・タービンの耐久性確認
- ✓ 2MW級ガスタービンを使用した長期耐久性確認試験
- ✓ 要素試験：2021～2023，長期耐久性確認試験：2024～2025

#### 項目④：実証試験

- ✓ 実証試験期間：2026～2027を予定

#### 項目③：大型ガスタービンへのアンモニア燃焼技術適用に向けたFS検討（IHI）

- ✓ 液体アンモニア燃焼大型ガスタービンのモデルプラントの検討  
（設備仕様・設備規模・経済性）
- ✓ 大型ガスタービンへのアンモニア燃焼技術適用の課題抽出・対策検討  
（高圧化，高温化の影響）
- ✓ 検討期間：2021～2024

### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発 進捗状況

更新あり

IHI

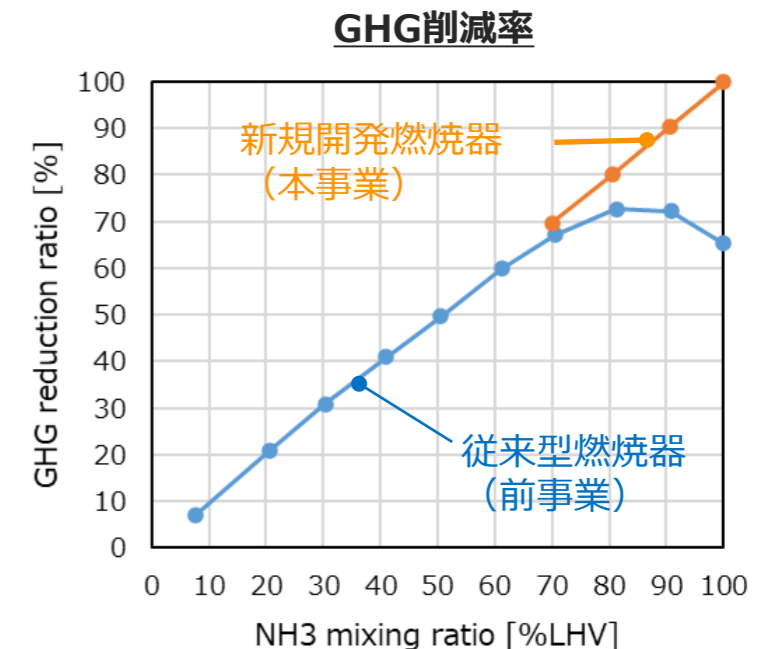
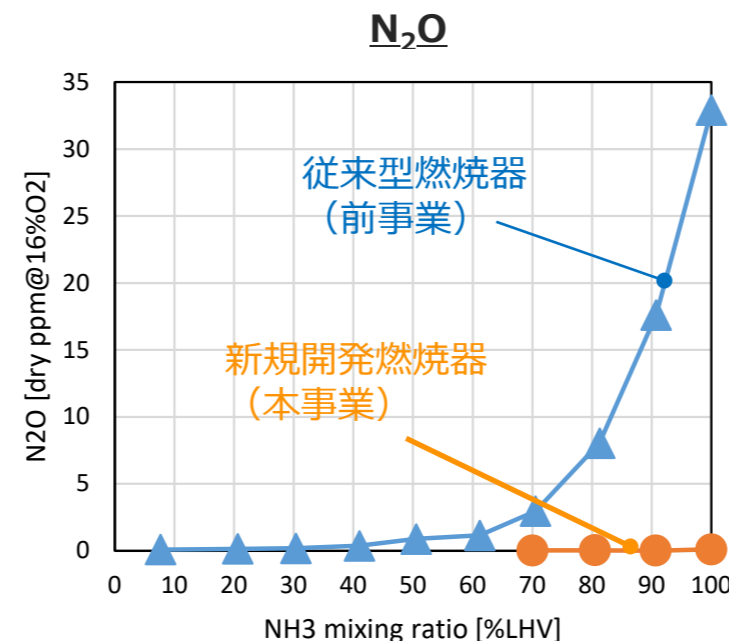
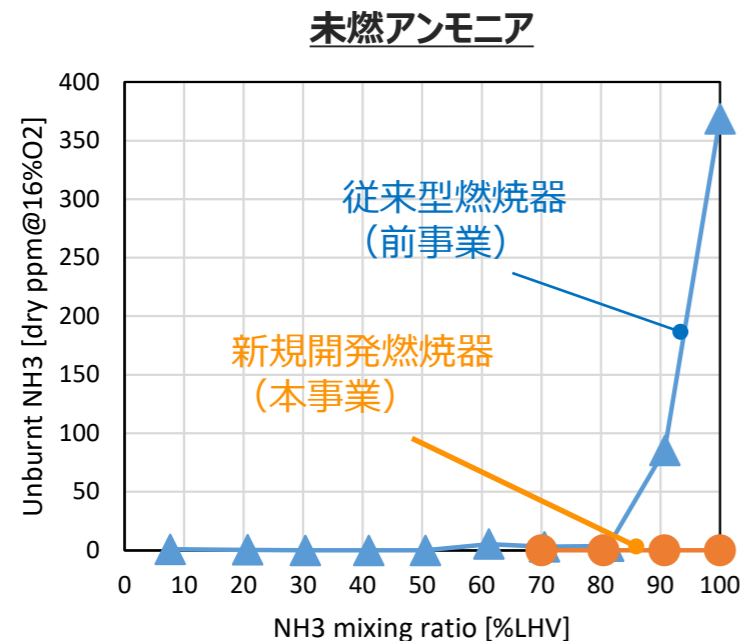
項目	進捗
項目①-1： 液体アンモニア専焼技術の研究開発 (IHI・東北大・産総研)	<ul style="list-style-type: none"><li>2MW級ガスタービンを対象に液体アンモニア専焼技術を開発、未燃アンモニアおよびN<sub>2</sub>Oの大幅な低減に成功したこれまでに設計した燃焼器を使用して、長期耐久性試験を実施予定である。</li><li>更なるNOx低減のため燃焼技術開発を継続して実施する。</li><li>他機種展開については、大型ガスタービンを想定した高温・高圧条件における燃焼試験を実施し、ガスタービン燃焼器条件の影響について検証を計画している。</li></ul>
項目①-2： 液体アンモニア着火技術の研究開発 (IHI・東北大・産総研)	<ul style="list-style-type: none"><li>アンモニアによるガスタービンの着火/始動では、未燃アンモニアの排出リスクが高い。より確実に着火し、ガスタービン加速中の失火を防ぐため、アンモニアを熱分解した水素の利用を検討している。</li><li>2MW級ガスタービンは着火から定格回転数に到達するまでの時間が短いため、熱分解ガスを貯蔵するシステム構成を検討した。</li><li>熱分解装置については、ヒータによる直接加熱方式、触媒方式について、比較検討を実施している。</li></ul>
項目②： ガスタービン長期耐久性の検討 (IHI)	<ul style="list-style-type: none"><li>ガスタービンにおけるアンモニアの燃料利用による影響を検証するため、長期耐久性試験を計画している。設備については、設置工事を進めており、2024年7月の運開を目指している。</li><li>アンモニアによる部材の窒化については、先行して要素試験を実施している。ガスタービンで多用されているNi基合金では、窒化は大きく影響しない見込みを得ている。</li></ul>
項目③： 大型ガスタービンへのアンモニア 燃焼技術適用に向けたFS検討 (IHI)	<ul style="list-style-type: none"><li>開発した液体アンモニア燃焼技術の大型ガスタービンへの適用を目指して、フィージビリティスタディーを実施している。</li><li>1400℃級の大型ガスタービンを対象として、アンモニア供給システムの検討を実施した。供給システムについては、新規開発が必要な要素は無い見込みである。</li><li>アンモニア焚きGTCCの効率評価を進めている。</li></ul>

### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

#### 液体アンモニア燃焼技術開発

更新あり

- 液体アンモニア専焼によるガスタービン運転に向けて、燃焼器改良を実施してきた。
  - ①燃焼安定性の改善
  - ②未燃アンモニアおよび $\text{N}_2\text{O}$ 排出量の抑制（ $\text{N}_2\text{O}$ ： $\text{CO}_2$ の約300倍の温室効果を持つエミッション）
  - ③燃焼器耐久性の評価、改良設計
- 開発燃焼器を使用して長期耐久性試験を実施する。
- $\text{NO}_x$ の抑制については、2024-25年度に対策を実施する予定である。  
また、大型GT同等の高温・高圧条件におけるエミッション感度を調べる試験も計画中（2023年度中に開始予定）



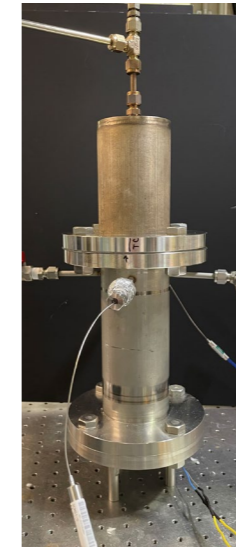
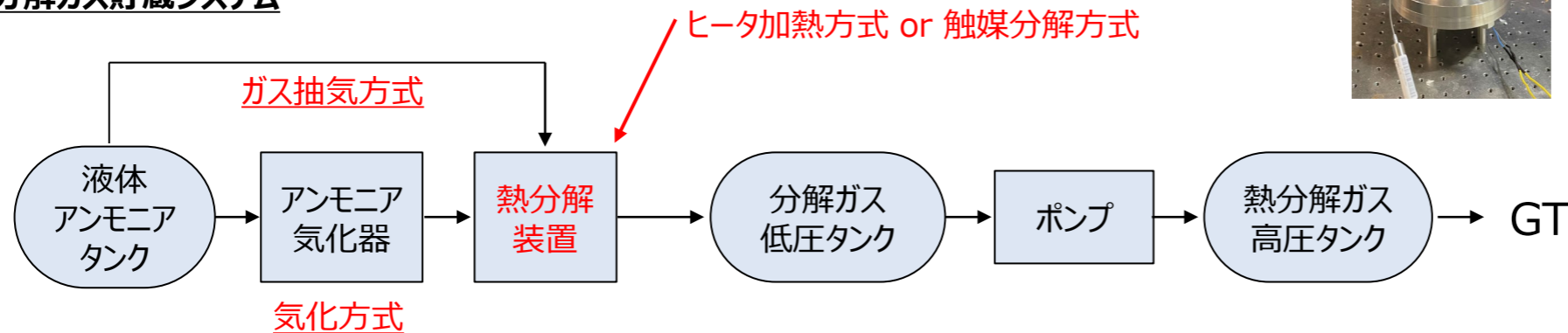
### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

#### 液体アンモニア着火技術の研究開発

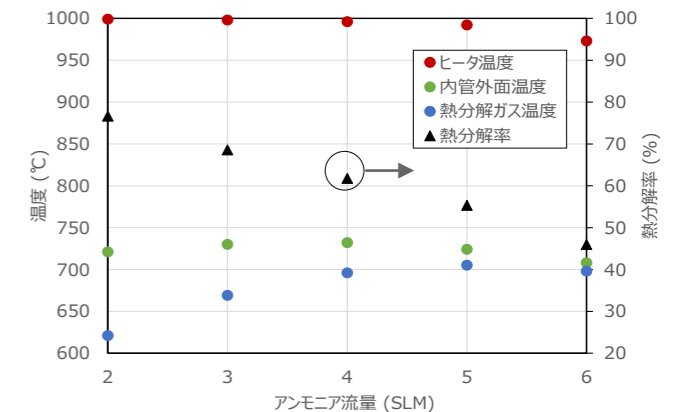
更新あり

- 液体アンモニア噴霧を火花点火することは難しい。また、着火時に多量の未燃アンモニアを排出するリスクがある。  
⇒アンモニア熱分解ガスによるガスタービンの始動について検討
- 2MW級ガスタービン向けに、熱分解ガス貯蔵システムを検討している。（大型GT向けには別途検討が必要）  
検討事項
  - ①熱分解装置へのガスの供給方法（ガス抽気方式、気化方式）
  - ②アンモニアガスの熱分解装置（ヒーター加熱方式、触媒分解方式）
- システムサイズおよび構成要素の詳細を検討し、  
熱分解装置の試作/熱分解試験を計画している。

#### 熱分解ガス貯蔵システム



ヒータ加熱式熱分解装置  
(要素試験・東北大)



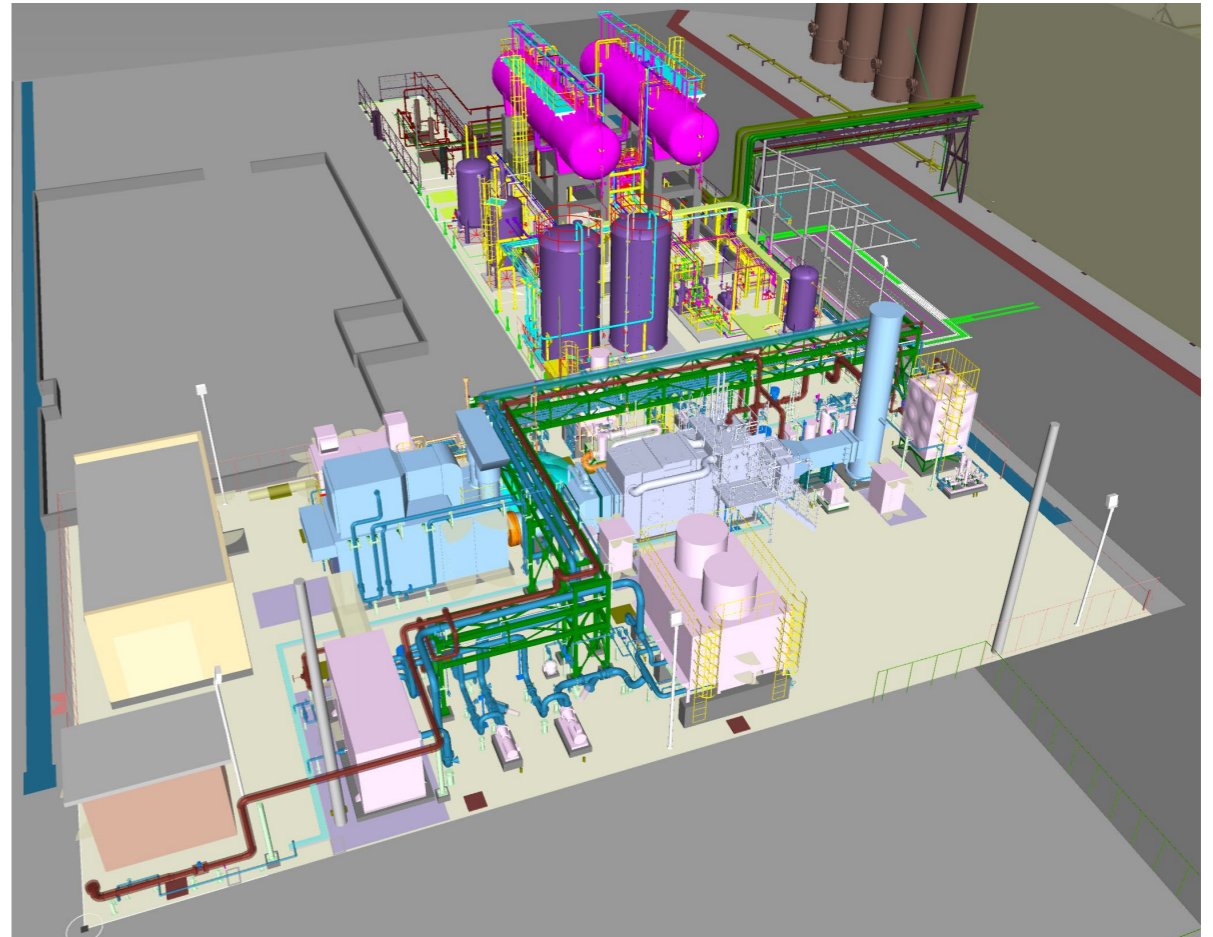
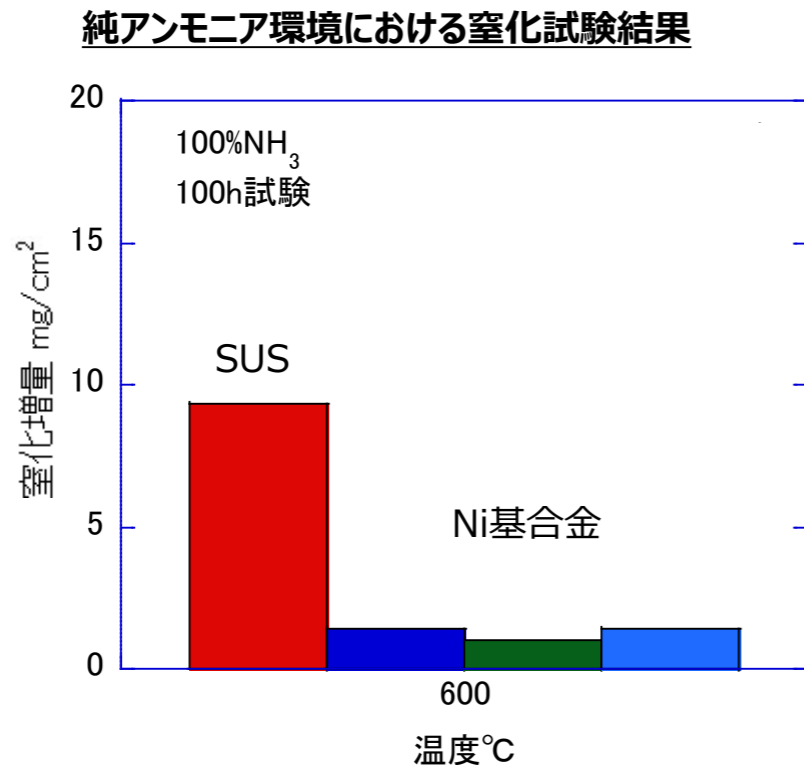
### 3. 事業内容：(GT)液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発

#### ガスタービン長期耐久性の検討

更新あり

- ガスタービンでのアンモニア燃料利用の影響（主に作動条件・材料）を把握するため、長期耐久性試験を計画している。  
設置工事を開始しており、2024年7月の運開を目指している。
- 先行して窒化の影響を評価するため、材料要素試験を実施。  
ガスタービンで多用されているNi基合金については、窒化の影響は問題ない見通しを得ている。  
要素試験と実際のガスタービン環境の違い等の影響評価を計画中。

長期耐久性研設備（3Dモデル）



ご清聴ありがとうございました

**IHI**  
Realize your dreams