



脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

NEDO 成果報告会 発表NoA3-5

碧南火力発電所におけるアンモニア20% /高比率燃焼技術確立のための実機実証研究

Jera

IHI

2025年7月17日(木)

株式会社 JERA
O&Mエンジニアリング戦略統括部
脱炭素技術部
脱炭素エンジニアリングユニット
水谷 亮介

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
ライフサイクルマネジメント部
基本設計グループ
中澤 亮

NEDO助成業務【JPNP16002】
NEDO助成業務【JPNP21020】

目次



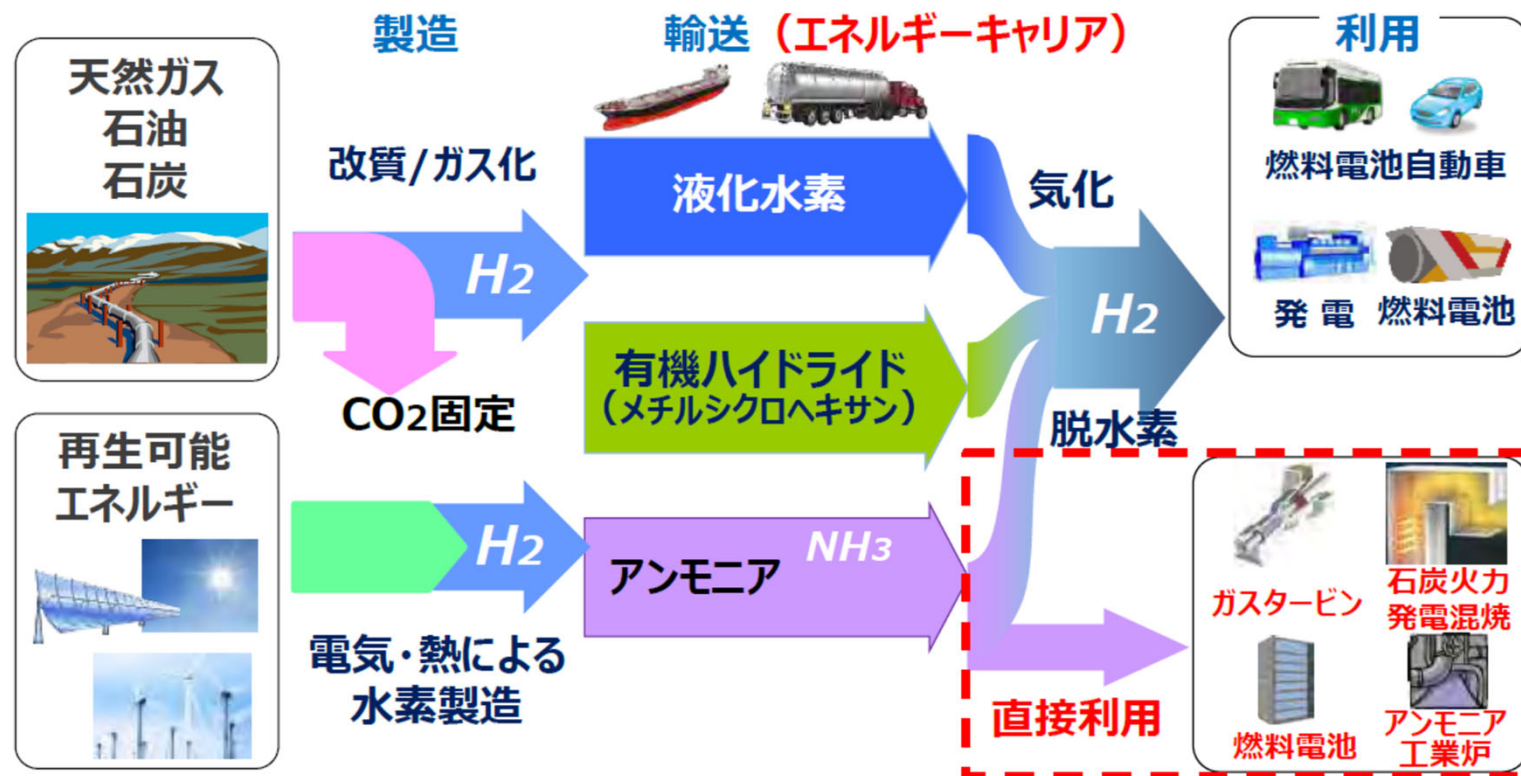
脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

1. 火力発電設備におけるアンモニアの優位性
2. アンモニア20%転換実証試験について
3. 安全・公衆保安の確保に向けた取り組み
4. 試験結果
5. アンモニア高比率燃焼バーナの開発状況
6. アンモニア燃焼の社会実装に向けた今後の展開

1.1 火力発電設備におけるアンモニアの優位性

- 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：LPG）
- 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

1.2火力発電設備におけるアンモニアの優位性

～アンモニアの燃料利用における課題と解決方法～



IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

燃料アンモニア燃焼の課題

- 火炎温度が低く、安定した火炎を形成すること、ボイラでの熱回収量低下が懸念される
- 組成にN分を含むため、燃焼時にNOxが大量発生する可能性がある。

主な水素キャリアの物性

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

アンモニアの特性

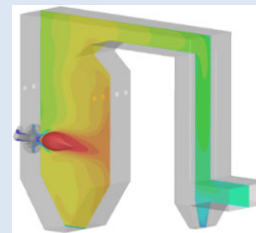
	特徴	課題
反応	燃焼速度が小さい	・火炎安定性 ・未燃分抑制
	Fuel-NOxの生成	・NOx抑制
伝熱	火炎温度低下	・火炎安定性
	輻射伝熱の低下	・収熱の確保
材料	腐食	・材料選定
安全	毒性	・安全対策
	可燃性	・漏洩対策

解決方法

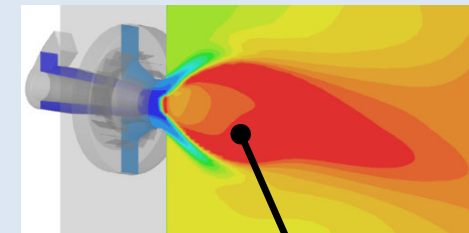
- 火炉シミュレーションにて混焼状態を模擬
- アンモニアを適切な場所に供給することで、安定した燃焼を実現し、NOxを従来燃料と同等に維持できることを見出した
- 社内燃焼試験設備にて燃焼試験を行ない、その実現性を見出した

化学反応モデル (CHEMKIN) を用いたNOx抑制効果の検討

大容量燃焼試験 温度場の予測

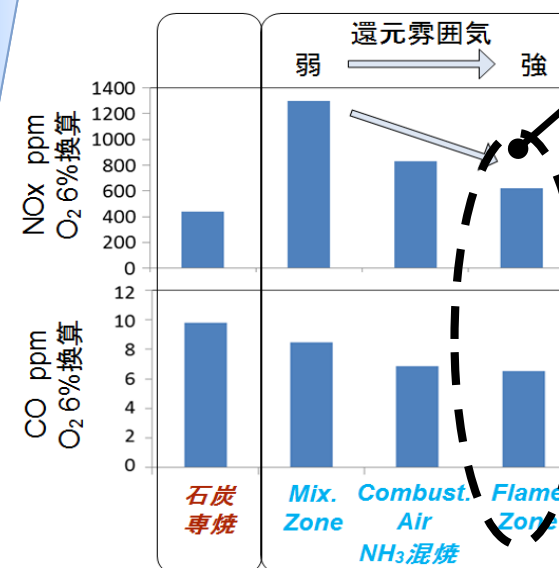


火炎構造の検討(ガス温度、滞留時間)



ガス温度(K)
1800
300

最適なアンモニア注入か所



IHI燃焼試験設備



脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

2. アンモニア20%転換実証試験について

Jera

IHI

2.1 アンモニア20%転換実証試験について

■ 碧南火力発電所におけるアンモニア発電実証事業

- 試験対象プラントはIHI納入石炭燃焼ボイラである碧南火力4号機を実機実証試験プラントに選定
- 定期点検と同調して工事を実施することでプラント停止期間を最小限としてアンモニア燃焼設備を実機へ実装

実証事業の概要

件名	NEDO助成事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業」
事業主体	Jera × IHI
事業内容	碧南火力発電所4号機（出力：100万kW）にて石炭燃料の 20%（熱量比） をアンモニアに転換し、社会実装の実現に向けて火力発電プラントの実機運転データを採取・評価する
試験期間	2024.4.1～2024.6.26（試験実績53日間）
NH ₃ 使用量	約30、000t

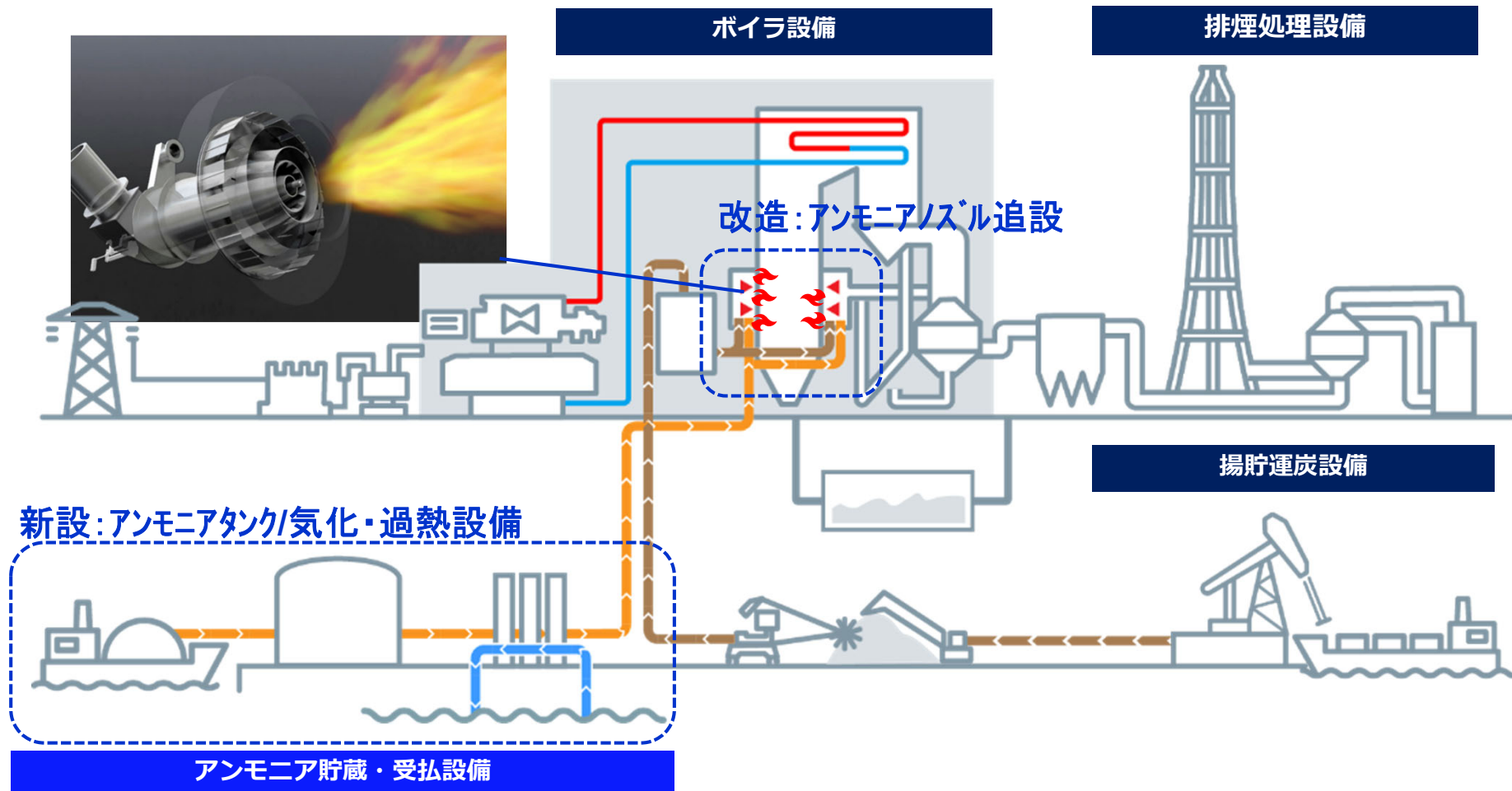


年月	2024年				
	2月	3月	4月	5月	6月
実証試験工程概略（実績）	アンモニア初受入れ		点火 20%転換達成		実証試験完了

2.2 アンモニア20%転換実証試験について

■ 実証事業に向けた設備新設・既存設備の改造

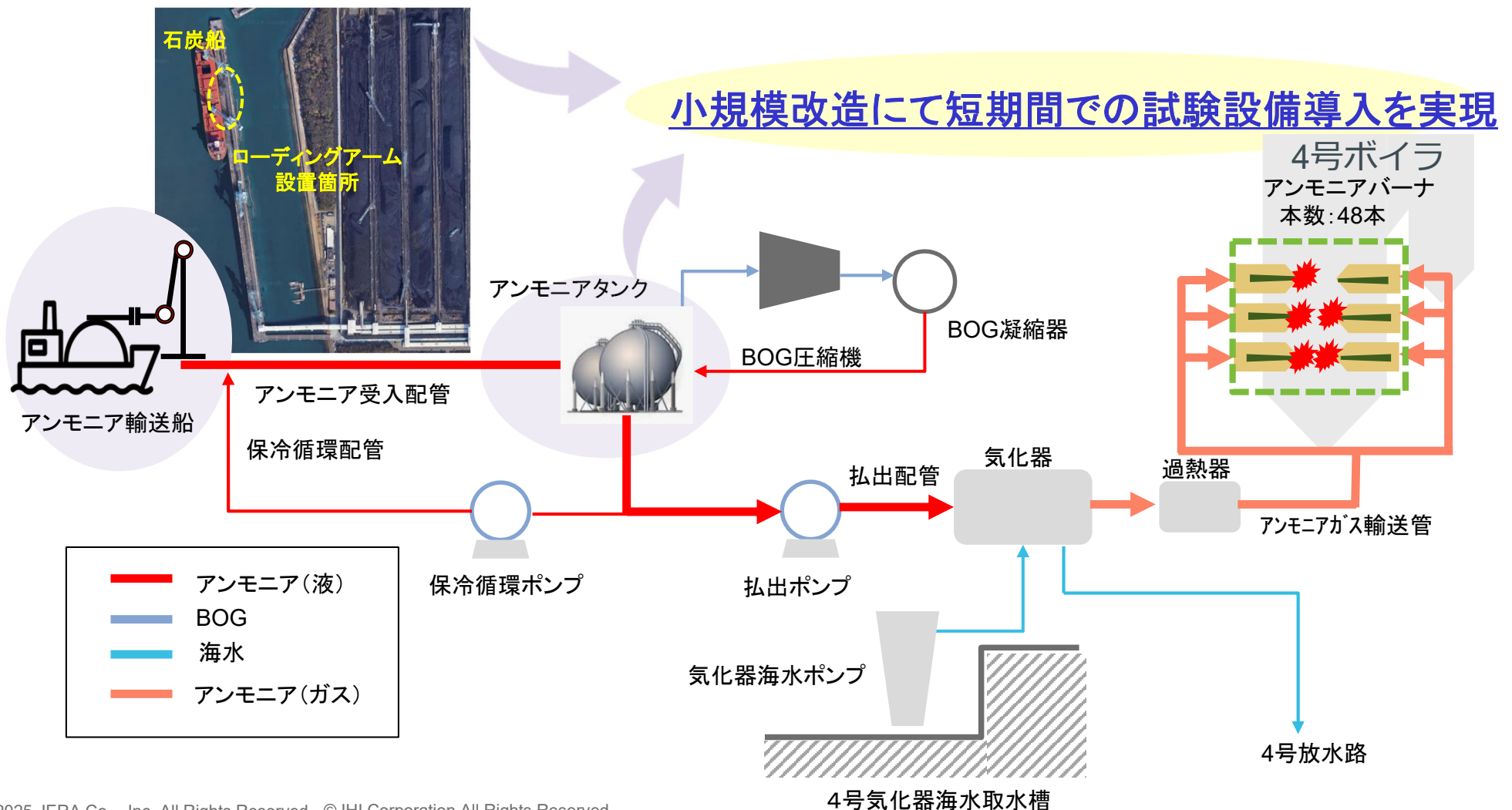
- 実証試験に向けて、燃料アンモニアを荷役するためのローディングアームのほか燃料アンモニア貯蔵・気化・過熱設備およびボイラまで供給する送ガス管を新設(所掌: JERA)
- 石炭専焼とアンモニア燃焼の両運用が可能となるよう既存石炭バーナへアンモニアノズルを追設(所掌: IHI)



2.3 アンモニア20%転換実証試験について

■ 試験設備導入に向けた取り組み

- 既設石炭栈橋にアンモニア荷役用のローディングアームを設置することで栈橋の新設を回避
- アンモニア輸送船を常時ローディングアームと接続状態する方式を採用し、消費に合わせて荷役を行うことでアンモニアタンク容量を最小限化しタンク建設工期を短縮





脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

3.安全・公衆保安の確保に向けた取り組み

Jera

IHI

3.1 安全・公衆保安の確保に向けた取り組み

■ 安全・公衆保安確保のための設備計画

当社がこれまで培ってきたLNG設備や脱硝アンモニアでの安全設計思想を踏まえつつ、燃料アンモニアの特性を考慮した設備設計と運用計画にて安全・公衆保安を確保

未然防止

自然災害対策・・・想定しうる最大級の自然災害に耐えうる設計

- ・ 南海トラフ巨大地震クラスでも損壊しない設備設計
- ・ 地震による津波や高潮による浸水レベル以上に据付

電源の多重化

- ・ 外部電源は2経路から受電し停電リスクを最小化
- ・ 電源喪失時は蓄電池やディーゼル発電機から電力供給

漏えいリスク低減

- ・ アンモニア配管は漏えいリスクの低い溶接配管を採用
- ・ 船との接続はローディングアームを採用
- ・ 津波など緊急時は、安全かつ速やかに船からアームを切り離し



早期発見・処置

中央制御室からの常時監視・・・早期発見し、速やかに処置へ移行

- ・ ガス検知器により漏えいアンモニアを常時監視、運転員に漏えいを通知
- ・ 監視カメラにより設備全体の状況を遠隔監視



拡大防止

漏えい量の最小化

- ・ 漏えい箇所を遮断弁で隔離し、漏えい量を低減
- ・ 漏えい時の流出拡大防止として防液堤を設置



漏えいアンモニアの無害化

- ・ 散水によりアンモニアガスを水に吸着・回収し、無害化处理



3.2 安全・公衆保安の確保に向けた取り組み

■ ボイラ建屋内のアンモニア漏洩に対する安全対策

漏洩防止構造

配管の接続部は溶接継手を基本構造とする。また、メンテナンス上の理由でフランジを適用する場合にはリップシール溶接を採用した。(図1)

ガス検知器/警報装置

各バーナフロアにガス検知器を設置した。

ガス検知器による漏洩検知時には、現場および中央操作室に警報を発報し、漏洩元の特定とガス漏洩を周知できるようにした。

局所換気システム

弁のグランド部からの系外漏洩に備えるために、弁をカバーで囲み、局所的な換気設備を採用した。(図2)

ファンを用いることで屋内の滞留防止を図っている。

インターロック

正常な運転状態から逸脱した場合、燃料アンモニア遮断とする。

燃料アンモニア遮断となる条件は、

- ① バーナ前アンモニアガス圧力極低/極高
 - ② MFT (Master Fuel Trip) 発生
- などである。

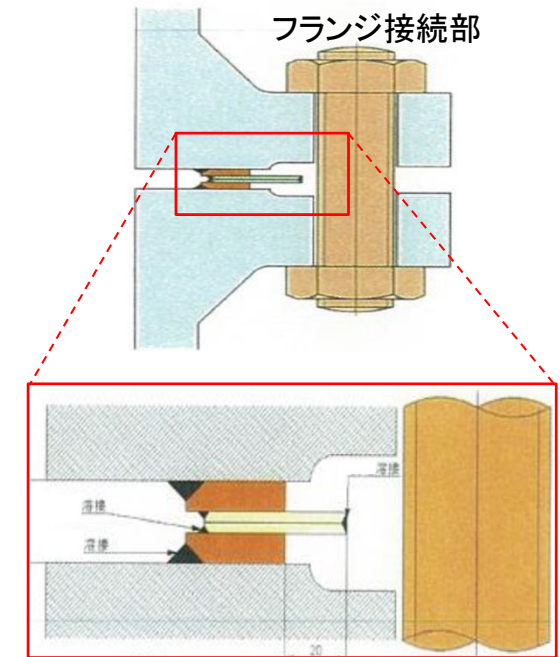


図1 フランジ部のリップシール溶接構造



図2 弁のカバー

3.3 安全・公衆保安の確保に向けた取り組み

■ 地域と協調した防災訓練

- アンモニア漏えいを想定した処置マニュアルを整備、訓練を積み重ねることで早期発見と迅速な処置の実効性を向上
- 訓練には地域消防参加による合同訓練実施。警察・市役所・医療機関などとも事前協議（設備構成解説・有事の際のJERAによる初動対応範囲・各所が有すべき防災資機材の情報共有等）を行い有事に備えた取り組みを実施
- 構内関係者のスマートフォンに、漏えい箇所および風向等の周知機能を具備させた独自開発の「防災アプリ」を配信し、避難誘導活動等に活用



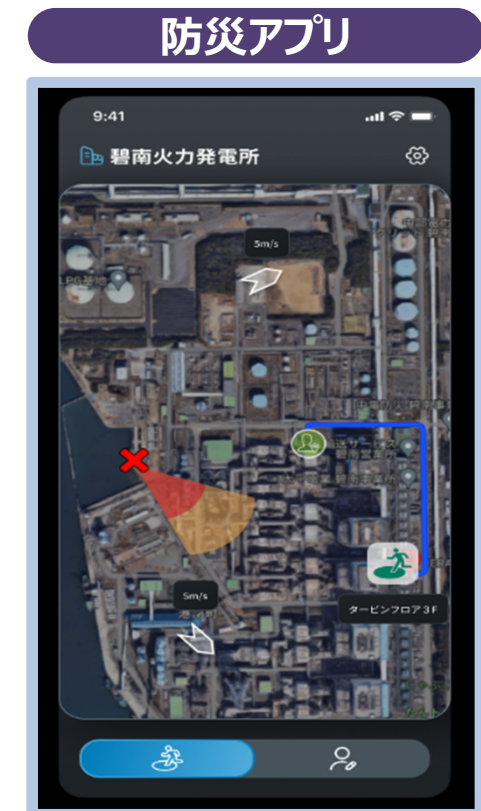
① いベルA防護服着装



② 要救護者の措置



③ タープ&カバーによる溜め升内の低温液氨の蒸発拡散抑制





脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

4. 試験結果

Jera

IHI

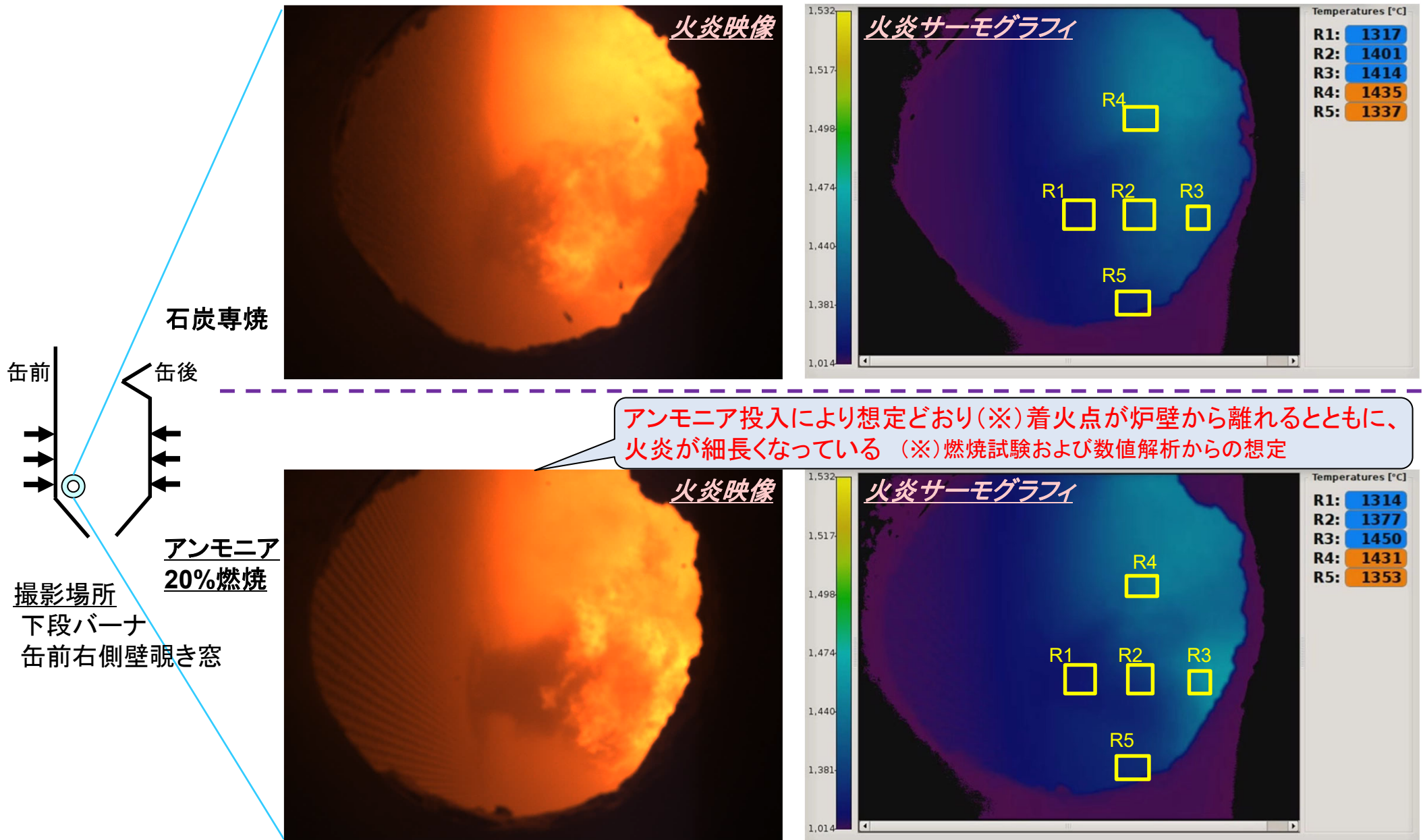
4.1 試験結果概要

■ 主要な成果

- 実証試験での調整を通して安定した液化アンモニアの気液状態変化制御とボイラへの燃料アンモニアガス供給制御が可能であることを確認
- CO₂排出量およびSO_x排出量は約20%削減を確認し、燃料転換効果を実証
- NO_x排出量はアンモニアへの燃料転換前と同等であり良好な燃焼特性を確認
- 発生が懸念された温室効果の高いN₂Oは検出限界値以下であることを実証

項目	目標	結果	アンモニア20%燃焼評価
主蒸気・再熱蒸気温度	石炭専焼と同等	目標達成	石炭専焼と同等であることを確認
蒸発量	石炭専焼と同等	目標達成	石炭専焼と同等であることを確認
アンモニア燃焼比率	目標燃焼比率20%達成	目標達成	燃焼比率20%にてプラント運転上の問題ないことを確認
ボイラ出口NO _x	石炭専焼と同等 (設計条件：150ppm以下)	目標達成	106ppmで石炭専焼と同等と評価 (石炭専焼時実測：134ppm)
灰中未燃分	石炭専焼と同等 (設計条件：5%以下)	目標達成	・ 1.8%で石炭専焼と同等と評価 (石炭専焼時実測：1.6%) ・ 上記NO _x 値を確保しながら灰中未燃分が石炭専焼同等に維持できることを確認
N ₂ O	石炭専焼と同等	目標達成	石炭専焼時（定量下限値(1ppm)以下）と同等であることを確認
未燃アンモニア	石炭専焼時と同等	目標達成	石炭専焼時（定量下限値(0.3ppm)以下）と同等であることを確認

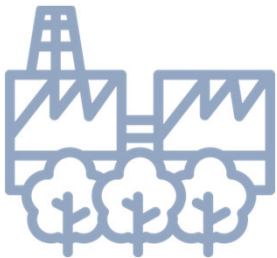
4.2 試験結果-火炎の様子-



4.3 試験結果-プラント運用特性-

試験結果、石炭専焼と同等のプラント運用性能および環境性能が確認でき、社会実装に向けてアンモニアへの燃料転換は利用可能な技術であると評価

アンモニア燃料転換における火力発電プラント運用性能



- アンモニア燃焼は最低運転出力・出力変化・緊急負荷降下等の運転状態変化にも追従可能であり石炭専焼運転と同等の運用性を有することを確認
- 石炭灰等の再利用材に対しアンモニア燃焼に起因する性状変化はないことを確認

環境汚染物質の排出特性

- NO_xは石炭と同等、SO_xとばいじんについては転換率と同様に約20%低下する結果となり、アンモニア燃料転換による排ガス中環境汚染物質排出量の維持・低減効果を確認
- 温室効果の高い亜酸化窒素 (N₂O) は定量下限値以下であることを確認



石炭調達ポートフォリオへの影響



- 燃焼・排ガス性状変化に対してアンモニア混焼による悪化は認められず、石炭専焼にて調達・消費してきた従前の石炭銘柄のまま運用可能と評価



脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

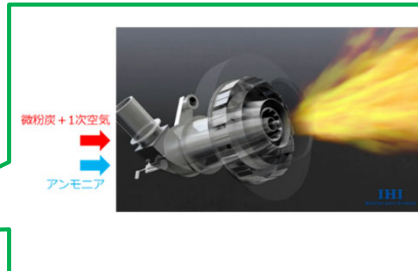
5. アンモニア高比率燃焼バーナの開発状況 (IHI)

Jera

IHI

5.1 アンモニア高比率燃焼バーナの開発状況

■ アンモニア高比率燃焼バーナ開発施設



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

アンモニアバーナ概念図

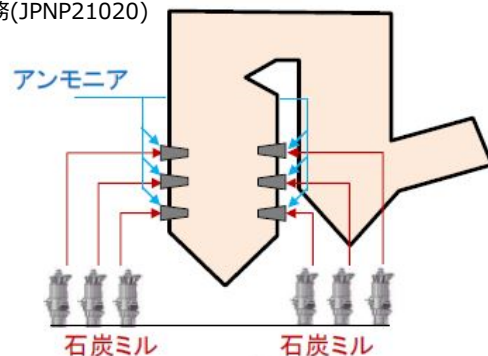


大容量アンモニア供給設備仕様	
タンク容量	20 ton
気化器能力	1.2 t/h×2台（蒸気式）
供給圧力	0.3～0.5MPa

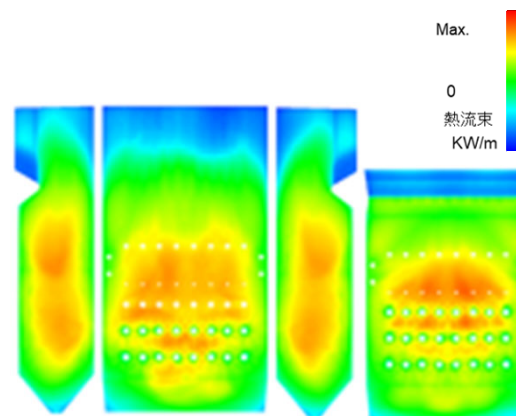
大容量アンモニア供給設備
（2022年9月竣工）

■ 研究概要

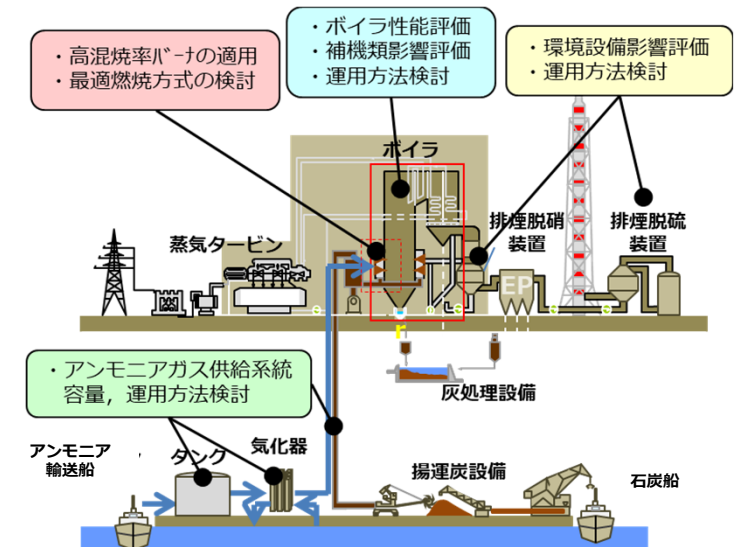
助成業務(JPNP21020)



バーナへの燃料供給ライン概略図



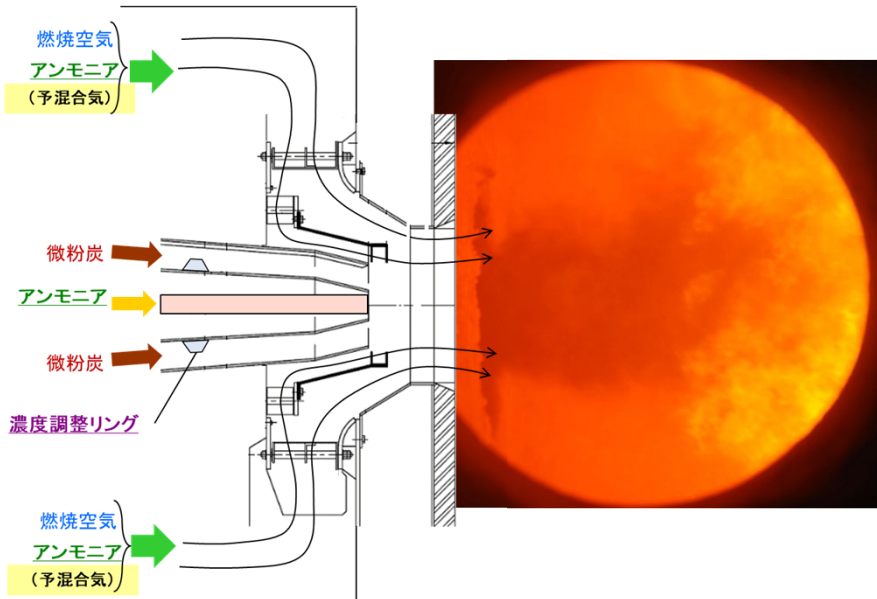
数値解析による事前検討および試験後の改善検討



石炭火力発電設備実機運用に基づくFSの検討事項

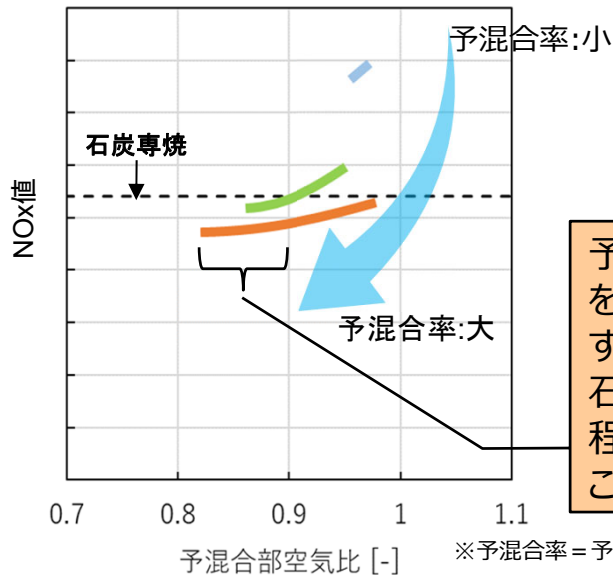
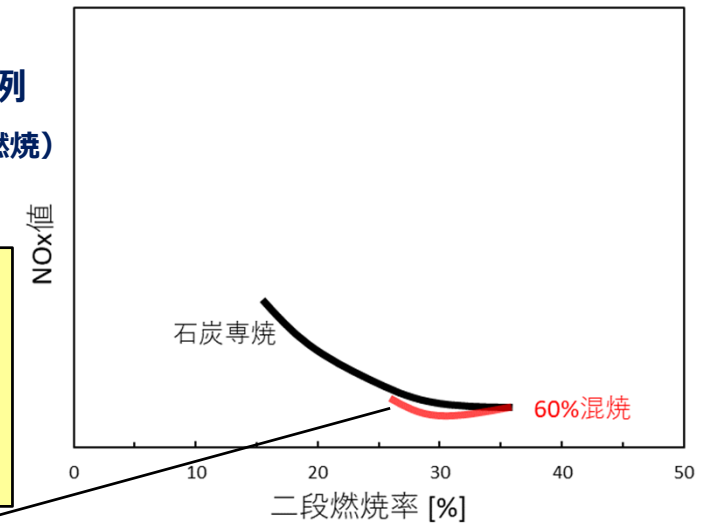
5.2 アンモニア高比率燃焼バーナの開発状況

■ アンモニア60%燃焼バーナの火炎と燃焼特性



● 試験結果の一例 (定格負荷×60%燃焼)

実運用域の二段燃焼率に対して石炭専焼と同等のNOx性能であることを確認。

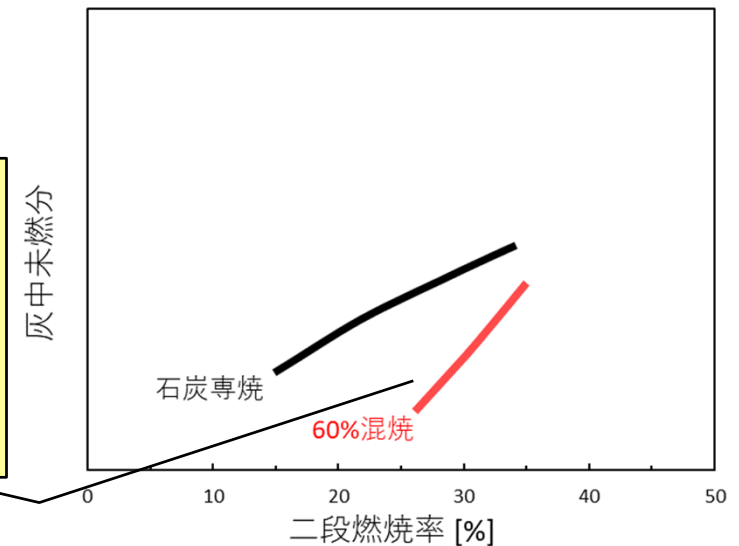


予混合部空気比を適切に設定することでNOxを石炭専焼と同等程度に抑制できることを確認。

※予混合率 = 予混合部アンモニア流量 / 全アンモニア流量

※予混合空気比 = 予混合空気部に供給されるアンモニアの理論燃焼空気量に対する実際の燃焼空気量

上記低NOxを達成しつつ、同時に灰中未燃分も石炭専焼と同等以下であることを確認。



その他の燃焼特性 (N₂O、未燃NH₃) については、各負荷・各燃焼比率において、以下であることを確認した。

- ・N₂O：石炭専焼と同様に定量下限値以下
- ・未燃NH₃：石炭専焼と同様に定量下限値レベル



脱炭素に
技術と叡智
IHI

Jera
エネルギーを新しい時代へ

6. アンモニア燃焼の社会実装に向けた今後の展開

Jera

IHI

6. アンモニア燃焼の社会実装に向けた今後の展開



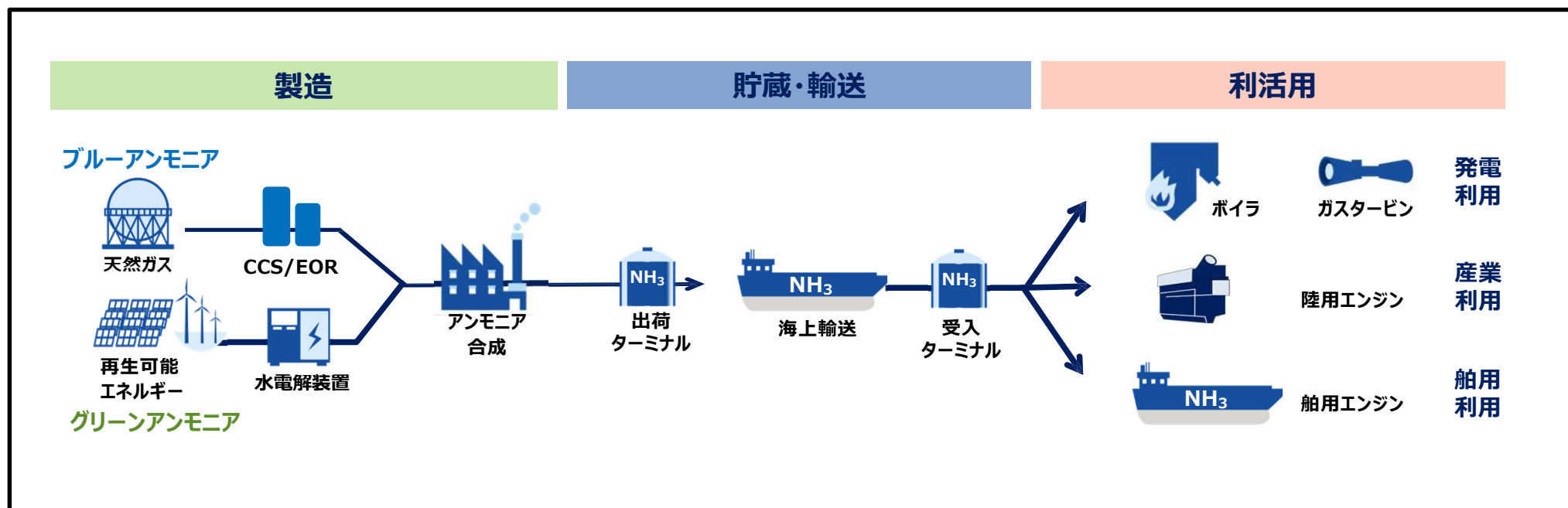
IHI

JERA
エネルギーを新しい時代へ

アンモニア燃焼技術の社会実装により、ゼロエミッション火力の実現にむけ事業展開中
下表のとおり、アンモニアバリューチェーン全体の開発を進めている

- **アンモニアの燃料利用拡大に向け、アンモニア燃焼比率向上に向けた技術開発やアンモニア燃焼商用運転に向けた取り組みだけでなく、アンモニア製造技術と受入・貯蔵技術の開発にも取り組む**
⇒多数の国・企業と取組んでいる検討をより具体的な取組みとして進め、社会実装の実現に向けて貢献する
- **20%燃焼の成功により、アンモニアの燃料利用の目途が立ち、アンモニア需要の喚起につながるものと確信**
⇒碧南4号機で20%燃料転換商用運転を行なった場合のアンモニア年間消費量は約50万tで、現在の日本における年間消費量の半量を占める。政府は2030年に需要量を現状の3倍となる300万tとすることを目指している※

※（出典）第7次エネルギー基本計画（2025年2月18日）



ご清聴ありがとうございました