

2024年度電気事業者向け成果発表会

碧南20%実証試験紹介

Jera

IHI

2024年12月17日(火)

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

目次

1. 実証試験について
2. 試験設備と試験に向けた取り組み
3. 安全・講習保安の確保に向けた取り組み
4. 試験結果

1. 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共同研究者である(株)IHI殿(以下、IHI)納入石炭燃焼ボイラである碧南火力4・5号機をターゲットに、定期点検と同調したバーナ改造工事を行うべく2023年に定期点検を計画していた4号機を選定

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



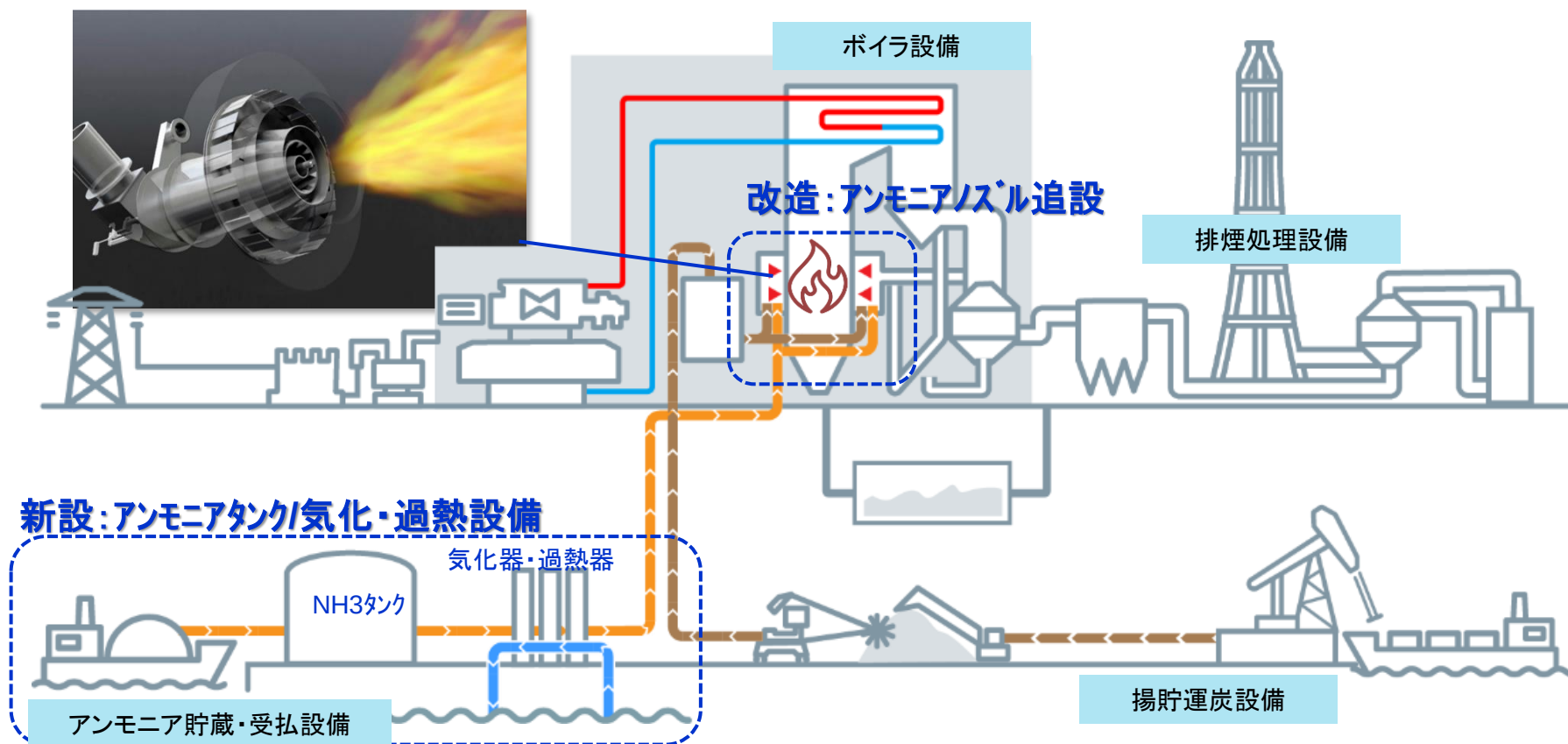
年月	2024年				
	2月	3月	4月	5月	6月
実証試験工程概略(実績)	アンモニア初受入れ ▽	点火 ▽	20%転換達成 ▽		実証試験完了 ▽



2. 試験設備と試験に向けた取り組み

■ 実証事業概要

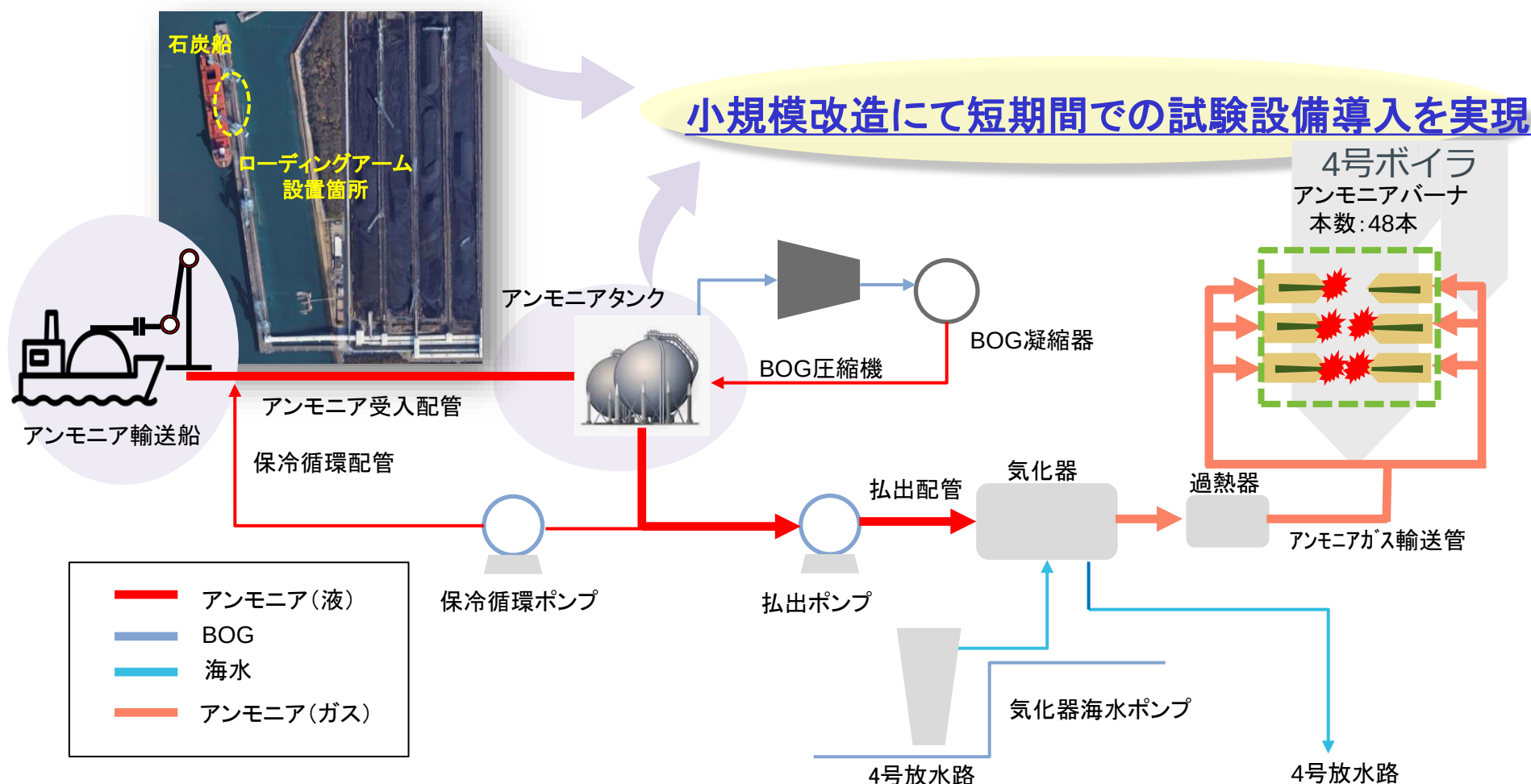
- 実証試験に向けて、燃料アンモニアを荷役するためのローディングアームのほか燃料アンモニア貯蔵・気化・過熱設備およびボイラまで供給する送ガス管を新設（所掌：JERA）
- 石炭専焼とアンモニア燃焼の両運用が可能となるよう既存石炭バーナへアンモニアノズルを追設（組み込み品を「アンモニアバーナ」と称す）を実施（所掌：IHI）



2. 試験設備と試験に向けた取り組み

■ 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**



3. 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

安全設計
(想定される最大級の
自然災害に対して
余裕のある設計)

安全側作動
(機器が故障しても安全
側に作動する仕組み)

バックアップ
(1箇所の設備故障で
安全設備が機能しない
状況をつくらない)

インターロック
(間違った操作は機器が
受け付けない)

操作マニュアル
(誤操作防止を徹底)

もし、異常が発生しても

早期発見・処置

漏えい検出にて
通報する装置

設備異常にて
自動停止する装置

監視カメラ・巡視
(異常兆候の発見)

処置マニュアル
(迅速処置の徹底)

さらに、漏えいが発生しても

拡大防止

防液堤
(設備外流出防止)

回収設備
(封じ込め)

対応マニュアル
(非常時対応の徹底)

行政等の連携
(消防・自治体)

3. 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

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. 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)

ファンを用いて強制的にボイラトップから屋外へ排気している。

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。

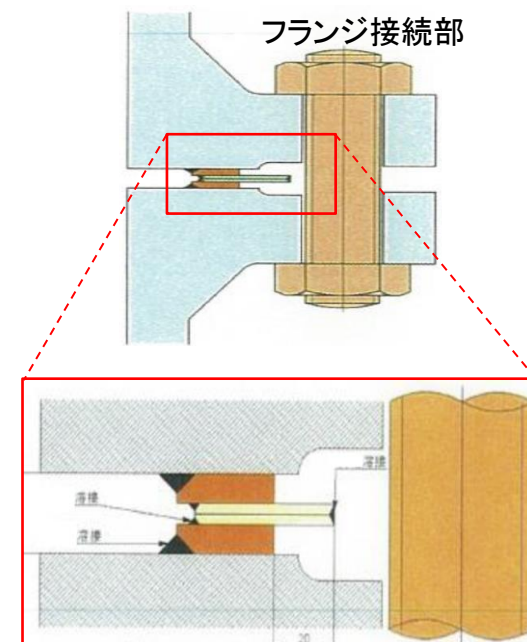


図1 フランジ部のリップシール溶接構造



図2 弁のカバー

3. 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



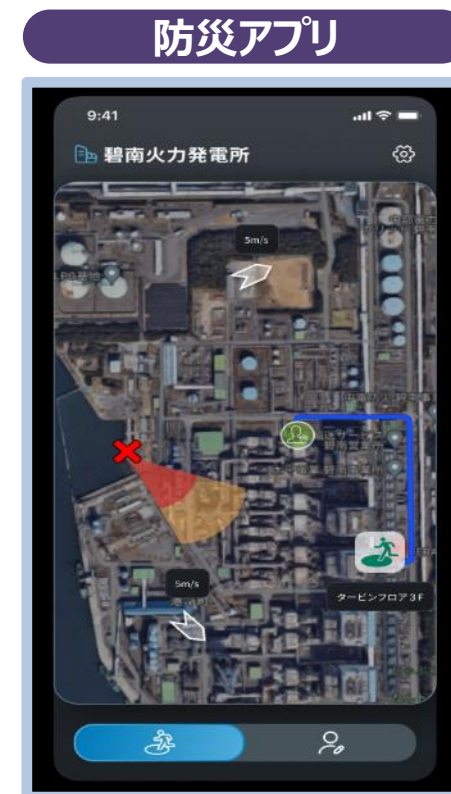
① ハザード防護服着装



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アンモニアの蒸発拡散抑制

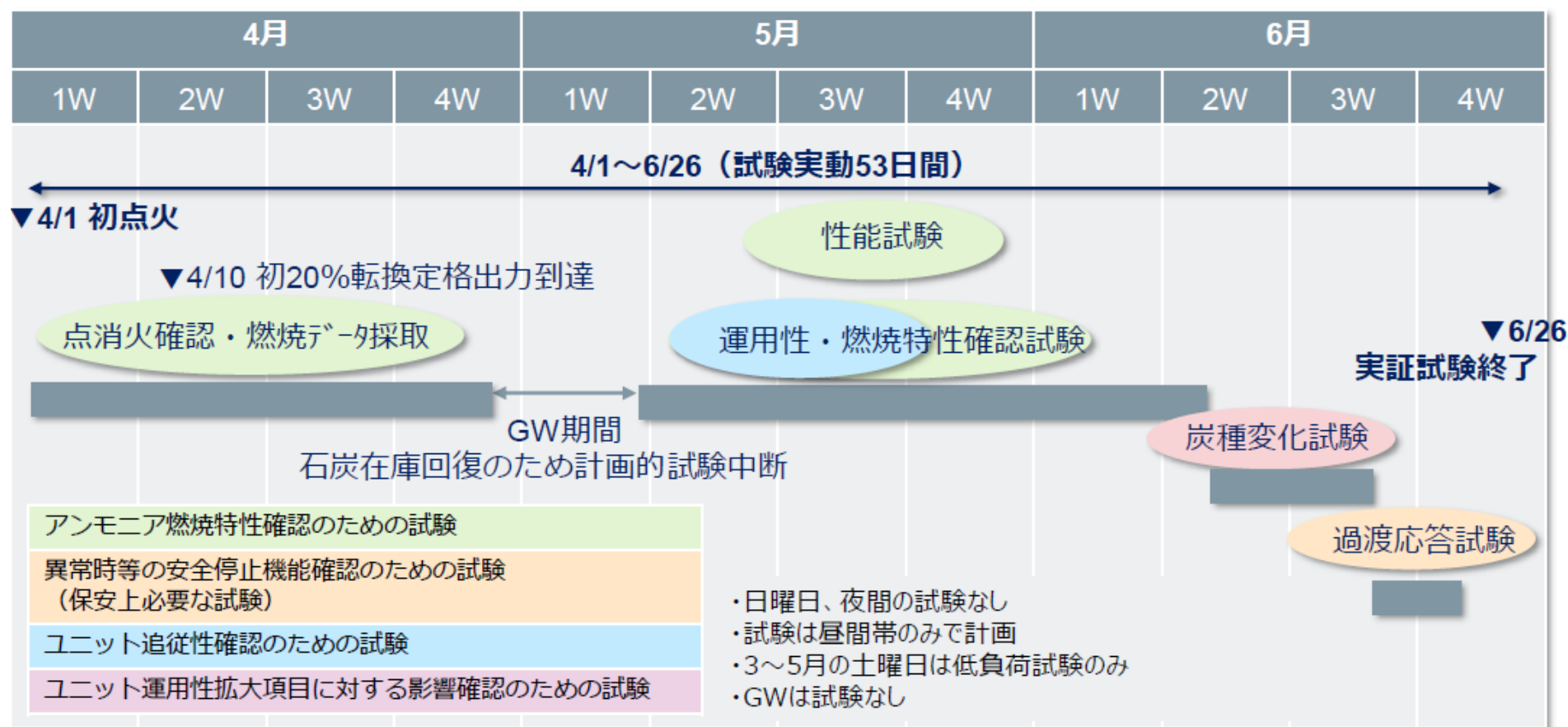


4. 試験結果(IHI)

4. 試験結果概要

■ 社会実装評価に向けた試験項目の設定

- 助成事業の目的である「社会実装に向けた課題の抽出」および「アンモニアの発電用燃料としての燃焼・利用技術の確立」に係る評価に向け、評価対象データを選定し試験項目を設定
- 需要想定観点と石炭在庫確保のために日曜日およびGWは試験を実施しないことで計画



4. 試験結果概要

■ アンモニア気化・過熱設備の試験結果

- 今回設置したアンモニア気化・過熱設備について発電設備(ボイラ)での燃焼試験に同調して送ガス圧力・温度制御の調整を行い追従性を中心に設備のアンモニアガス供給性能を確認した。
- 社会実装に向けてアンモニア気化・過熱設備としては大きな課題は認められず良好な結果が確認できた。
- 液化アンモニアは海水温度差による気化量変化とそれに伴う圧力変動により気液の状態制御が難しい燃料であり、試験を通じて調整ノウハウを会得。

試験時確認項目			確認目的	結果
送ガス性能	送ガス圧力許容変動幅	静定時	安定したアンモニア燃焼維持およびバーナ性能確保	良 好
		送ガス流量変化時		良 好
		圧力変化率		良 好
	送ガス温度許容変動幅			良 好
	送ガス温度下限			良 好
運用性	発電設備の過渡変化への送ガス制御追従性		非常停止等アンモニアガス消費が緊急遮断した場合のアンモニア気化設備の保安確保	良 好
	発電機出力変化時の送ガス制御追従性		通常運用時の発電機出力変化に伴うアンモニアガス消費量変化に対する追従性確認	良 好

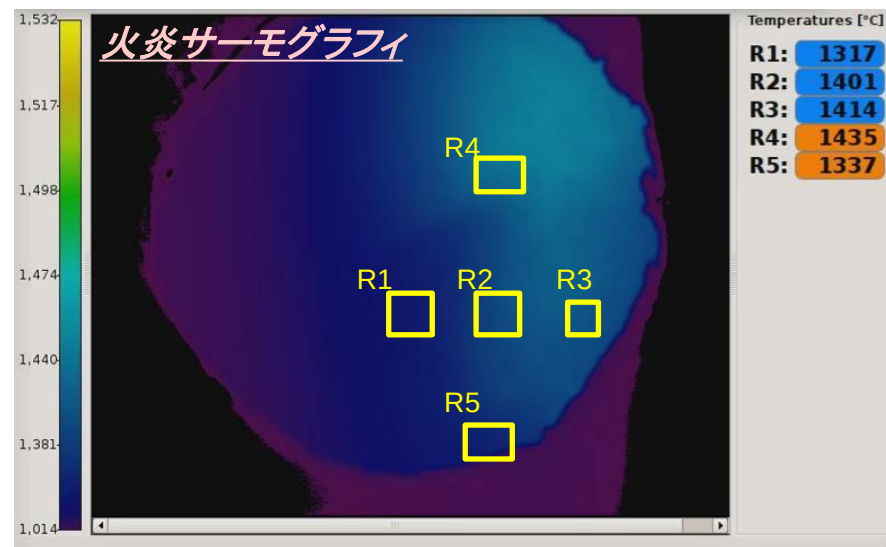
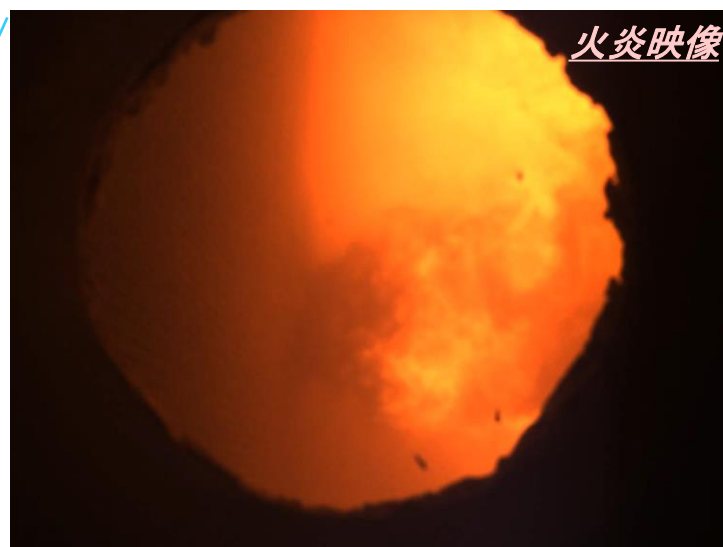
4.2 燃料転換試験結果概要

■ ボイラ運用に関する試験結果

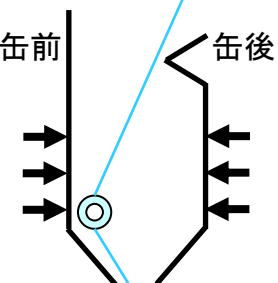
- 主要な評価項目の結果は以下となり、いずれも目標達成となった。

No.	項目	目標値	結果	アンモニア20%燃焼の 評価
1	主蒸気温度・ 再熱蒸気温度	石炭専焼と同等	目標達成	蒸気条件維持可能
2	蒸発量	石炭専焼と同等	目標達成	蒸発量維持可能
3	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%問題なし
4	ボイラ出口NO _x	石炭専焼と同等	目標達成	石炭専焼と同等達成可能
5	灰中未燃分	石炭専焼と同等	目標達成	上記NO _x 値を確保しながら 灰中未燃分も同時に石炭 専焼と同等を維持できる
6	N ₂ O	石炭専焼と同等	目標達成	定量下限値以下
7	未燃NH ₃	石炭専焼時の残存NH ₃ と 同等	目標達成	定量下限値以下

4.2 火炎の様子

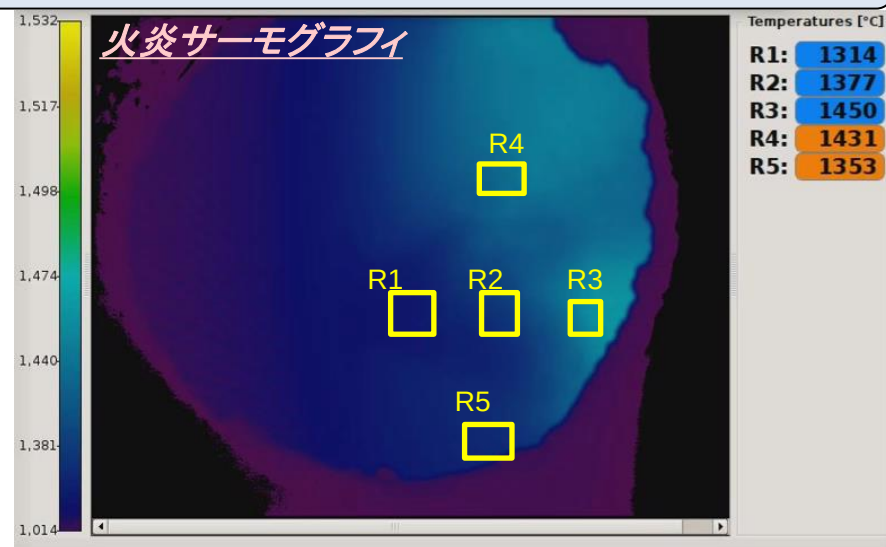
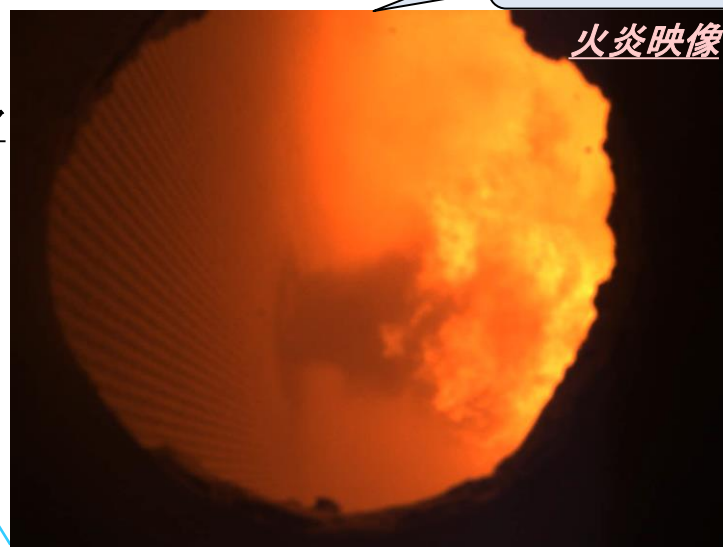


石炭専焼



アンモニア
20%燃焼

撮影場所
下段バーナ
缶前右側壁覗き窓



アンモニア投入により想定どおり(※)着火点が炉壁から離れるとともに、火炎が細長くなっている (※)燃焼試験および数値解析からの想定

4.3 燃焼特性

①大気汚染防止法に関するもの【NO_x, SO_x】, ボイラ効率に影響あるもの【灰中未燃分】
アンモニア20%燃焼時のボイラ燃焼特性／静特性は石炭専焼時と概ね同等レベルであり、
既設設備の制御範囲内で運用できることを確認した。
アンモニア20%燃焼時のボイラ効率は当初の想定どおりであり、未燃分の大きな変化は
みられなかった。

NO _x		
アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	脱硝入口	脱硝入口
計測結果	134 ppm [Dry, 6%O ₂ 換算]	106 ppm [Dry, 6%O ₂ 換算]

SO _x		
アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	脱硫入口	脱硫入口
計測結果	502 ppm [Wet]	397 ppm [Wet]

灰中未燃分		
アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	脱硝入口	脱硝入口
計測結果	1.6%	1.8%

※上記値は定格負荷1000MW静定時の
計測値である。

4.3 燃焼特性

②GHG【CO₂, N₂O】, 微量成分【未燃NH₃】

CO₂排出量はアンモニア20%燃焼によって約20%削減された事を確認し、排ガス性状はいずれも良好な結果であることを確認した。

CO₂

アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	GAH入口	GAH入口
計測結果	13.4 % [Dry, 6%O ₂ 換算]	10.8 % [Dry, 6%O ₂ 換算]

N₂O

アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	脱硝入口	脱硝入口
計測結果	定量下限値 (1 ppm) 以下	定量下限値 (1 ppm) 以下

未燃NH₃

アンモニア 燃焼比率	石炭専焼	20%
計測場所	脱硝入口	脱硝入口
計測結果	定量下限値 (0.3 ppm) 以下	定量下限値 (0.3 ppm) 以下

※上記値は定格負荷1000MW静定時の計測値である。

【運用性】

アンモニア20%燃焼した場合も、運用性は良好であることを確認した。

脱硝アンモニアバランス確認試験

石炭専焼時と比べ、NO_x分布に顕著な変化はないため、既設の運用における脱硝用アンモニア注入バランス調整状態に対して、新たにアンモニア注入等の調整は不要であることを確認した。

負荷変化試験

既設実運用で実施している負荷変化対応について安定運用可能なことを確認した。

燃料アンモニア遮断試験

燃料アンモニア遮断動作においても安全に目標負荷まで下げることができ、目標負荷到達後、ユニットが安定していることを確認した。

また、燃料アンモニア遮断動作に伴うプロセス値変動も計画内であり、漏洩など無く安全に停止できることを確認した。

ご清聴ありがとうございました