

アンモニア混焼技術

環境部 次世代火力・CCUSグループ

井原 公生

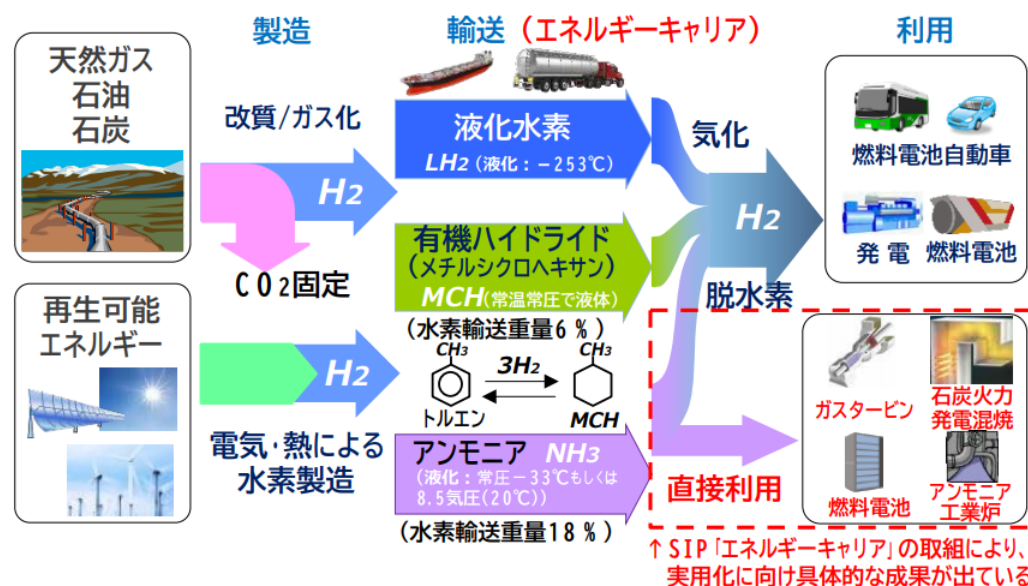
2020年度成果報告会

1. 背景（アンモニア混焼）
 2. 燃料アンモニアの活用に向けた取組
 3. 液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発
 4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発
 5. まとめ
- 補足. アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業
（2021年度）

1. 背景（アンモニア混焼）

(1) 水素のエネルギーキャリアとしてのアンモニア

- 水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関する技術開発を実施。
- 水素キャリアおよびCO₂フリー燃料としてのアンモニアの可能性を見出す。
 - ・アンモニアは直接利用（脱水素が不要）が可能で、利用時にCO₂を排出しない。
 - ・水素キャリアの中で水素密度が最も大きく、インフラ整備をより小規模に形成できる。
 - ・アンモニアの輸送、貯蔵技術は既に存在している。
- 電力会社や商社、メーカー等をメンバーとするグリーンアンモニアコンソーシアムを設立。



出典：内閣府 CO₂フリーアンモニアバリューチェーンの構築に向けた検討状況 2019年3月

1. 背景（アンモニア混焼）

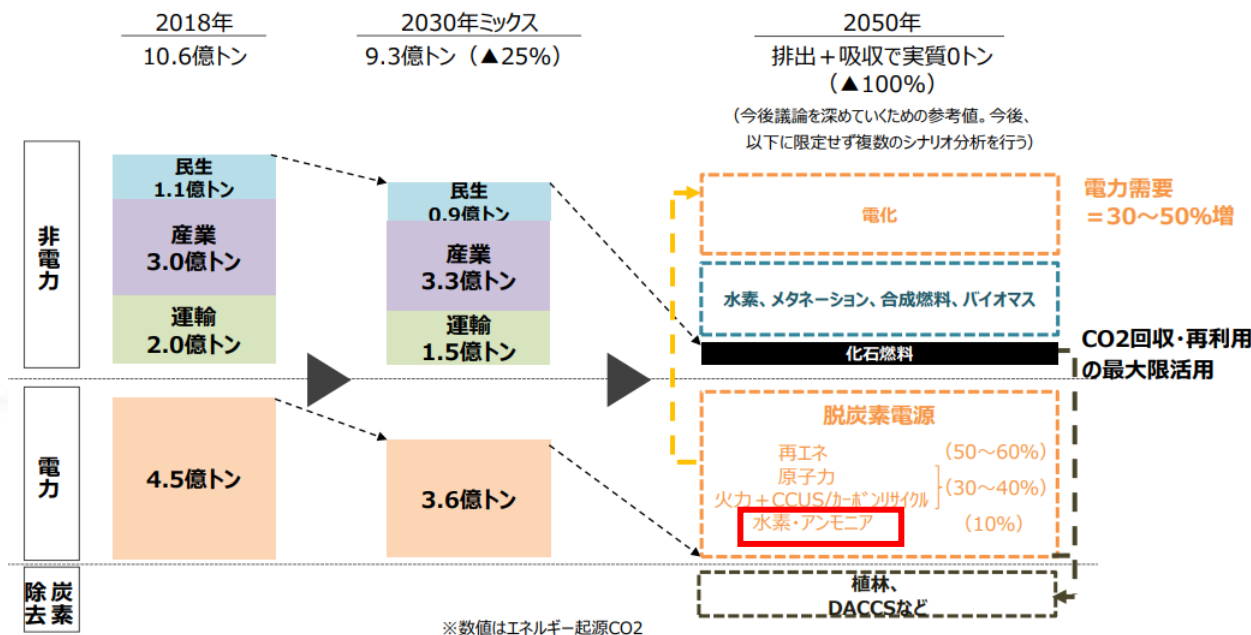
(2) 2050年カーボンニュートラルの実現としての水素・アンモニア

■ 電力部門の脱炭素化は大前提

火力 + CO₂回収・・・選択肢として最大限追求。技術確立、適地開発、コスト低減。

→ 火力は必要最小限、使わざるを得ない（特にアジア）

→ カーボンリサイクル・燃料アンモニア産業の創出

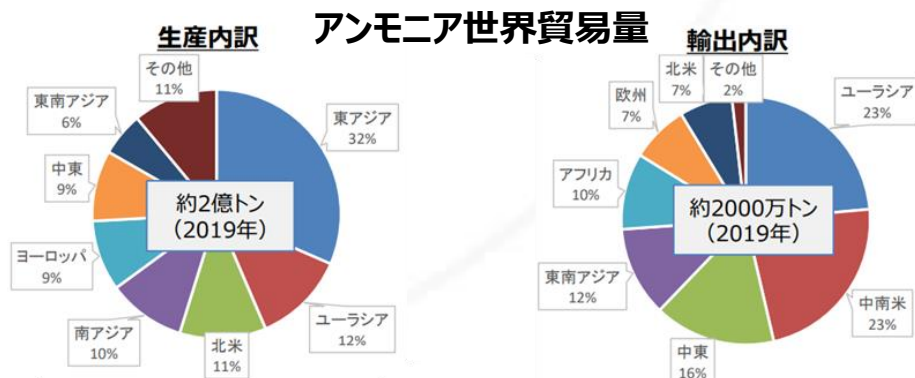


出典：経済産業省 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 2020年12月

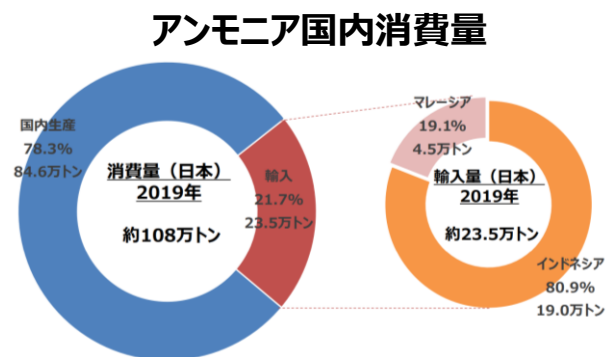
2. 燃料アンモニアの活用に向けた取組

(1) アンモニアサプライチェーンの現状

- 燃烧してもCO₂を排出しないアンモニアは、新たな燃料としての活用が期待される。すでに肥料用途を中心に国際的な貿易インフラが整っており、燃料用途のための高压化や冷却化等の技術的課題も少ない。
- 今後、石炭火力混焼に加え、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれ、技術開発や、大量供給確保のためのサプライチェーン構築等が課題。



出典：経済産業省 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 2020年12月



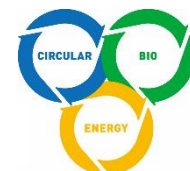
出典：貿易統計及び経済産業省生産動態統計年報

<アンモニアサプライチェーンのイメージ>



出典：経済産業省 燃料アンモニアに関する検討状況 2020年12月

**脱硝装置用
アンモニア**



2. 燃料アンモニアの活用に向けた取組

(2) アンモニア発電の技術課題

- アンモニア発電については、燃料燃焼によるNO_xの発生抑制が課題。
- アンモニアは燃焼速度や火炎温度が低いため、発電に必要な熱量を確保することが課題。

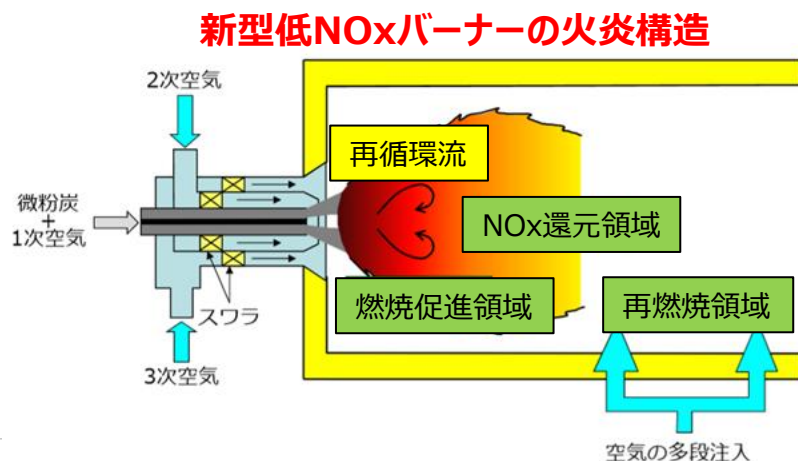
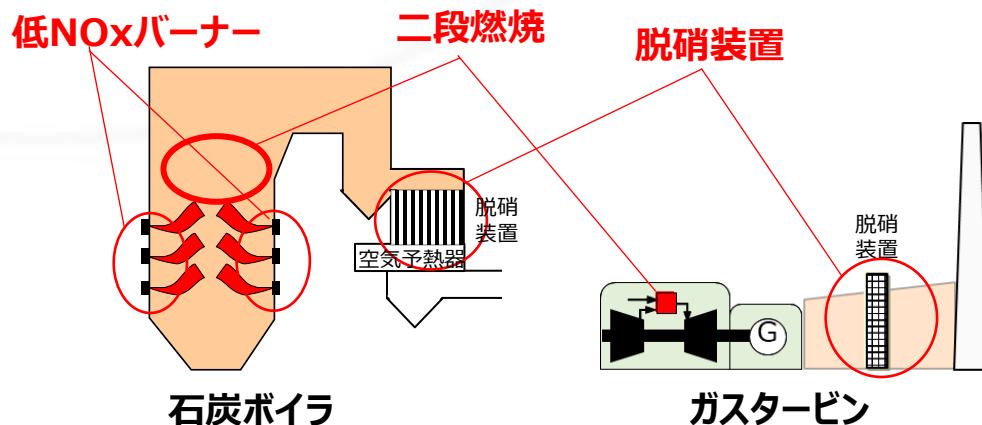
燃料種	アンモニア	メタン	石炭
沸点 (°C)	-33.3	-161.6	—
低位発熱量(MJ/kg)	18.6	50.0	24.4
高位発熱量(MJ/kg)	22.4	55.5	25.7
最大燃焼速度(m/sec)	0.09	0.37	—

NH₃/メタン
：約4割
NH₃/石炭
：約9割

出典：METI、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討、2020 及びNEDO調査

わが国が技術優位性を持つ既存のHELE(High Efficiency Low Emission：高効率低エミッション)火力発電技術において、低NO_x燃焼技術と脱硝装置の活用を含め、実証を通じて技術を検証。

既存のNO_x低減技術 ・サーマル(Thermal)NO_xの抑制・・・二段燃焼、従来型低NO_xバーナー
・フューエル(Fuel)NO_xの低減・・・新型低NO_xバーナー、脱硝装置



3. 液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発

<概要>

本研究では、ガスタービンにおいて液体アンモニアを直接噴霧・燃焼させる技術を確認させ、既存の火力発電設備の2MW級ガスタービンにおいて混焼率50%以上(低位発熱量基準)での発電実証を達成する。

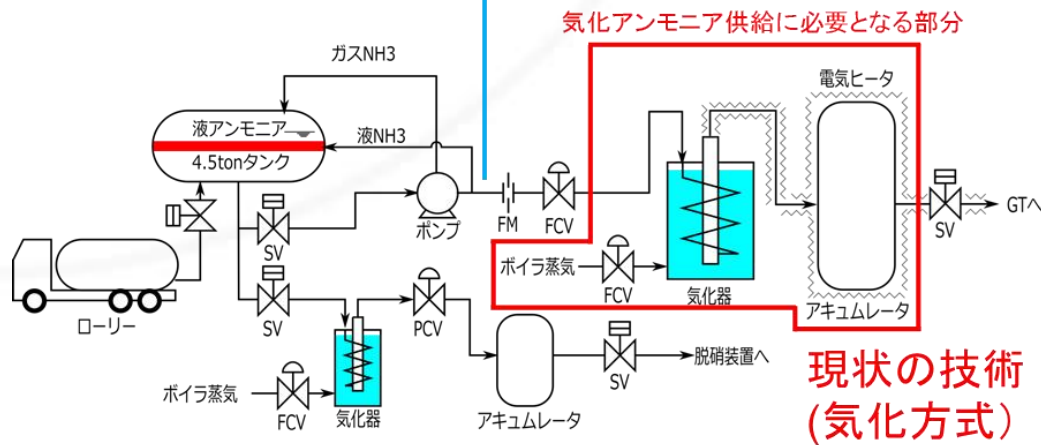
<実施期間> 2019年5月～2021年3月

<実施体制> 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

液体アンモニア

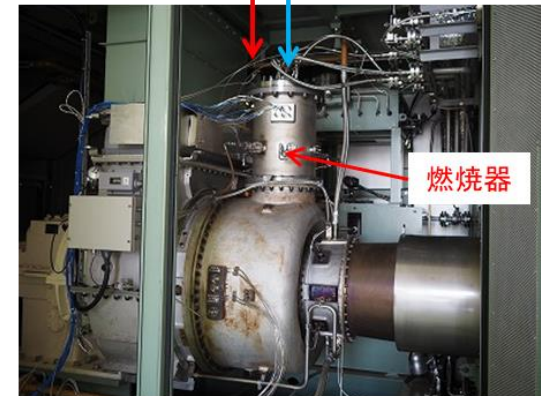
気体アンモニア

本研究開発
(直接噴霧燃焼)



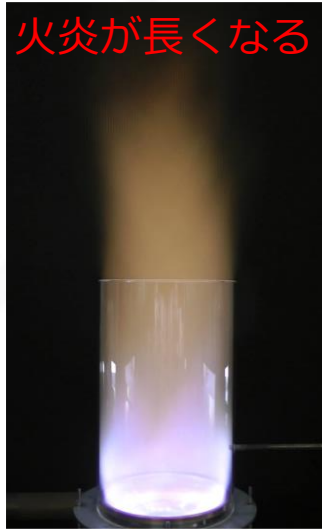
アンモニア供給装置概略系統図

アンモニア供給設備



2MW級ガスタービン

3. 液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発



火炎が長くなる

都市ガスのみ

都市ガス
+ アンモニア

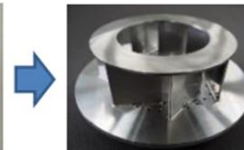
ガスタービン燃焼器における火炎比較

資料提供：IHI

① 効率的な燃焼ができるバーナー構造を開発

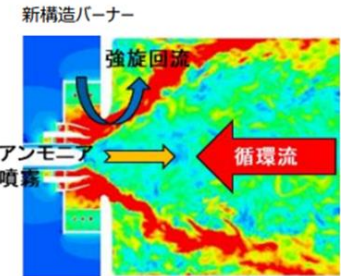


【従来】

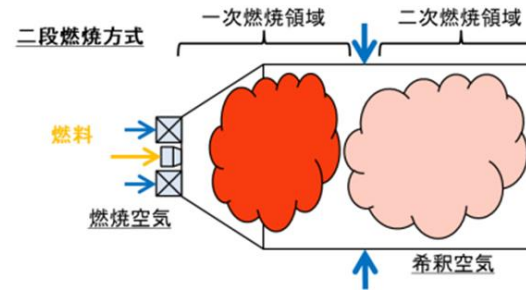


【新構造】

新構造では、強い旋回流を形成し、循環流との効率的な混合ができる

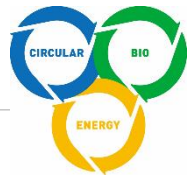


② 燃焼器構造の改良により未燃成分を削減



- ・排ガスへの影響を確認
- ・液アンモニアへの適用性確認
- ・燃焼/希釈空気比率の検討

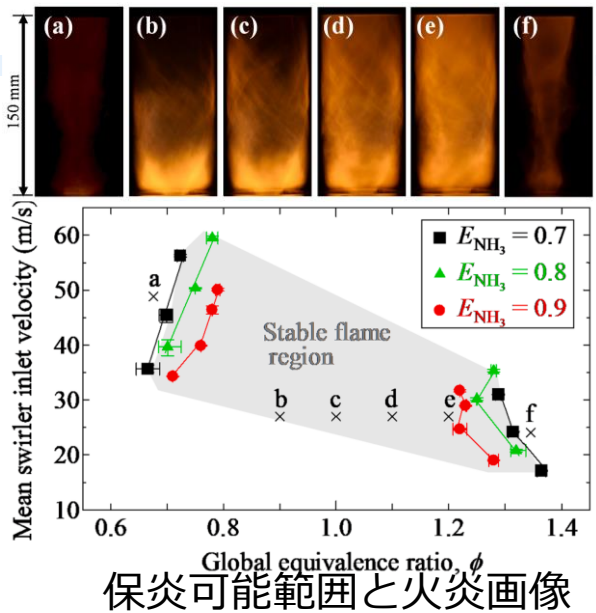
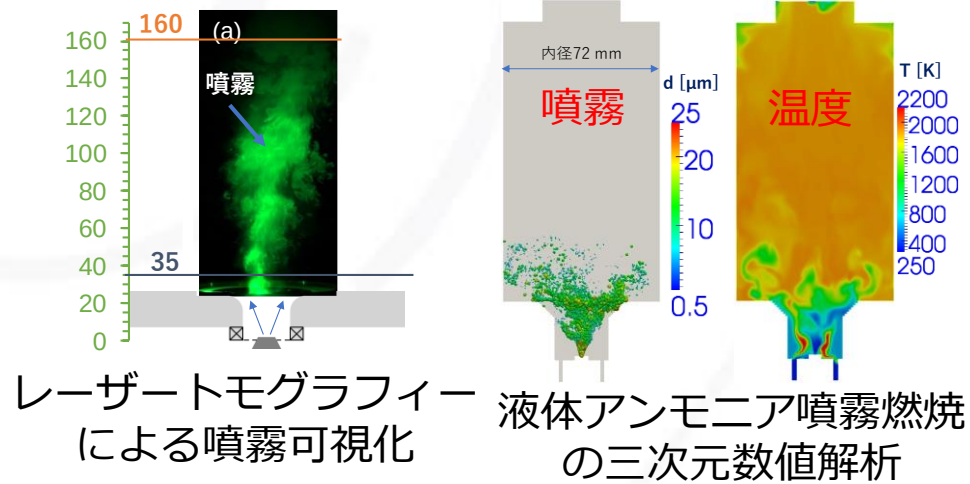
- ・ アンモニアは燃えるが、①燃焼性が低い、②燃料中窒素による NO_x (Fuel- NO_x)の増加、の課題がある
- ・ 液体アンモニア噴霧燃焼では、蒸発潜熱の影響により、より安定燃焼が難しくなると想定されるため、より効率的な燃焼ができる構造のバーナーを開発した



3. 液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発



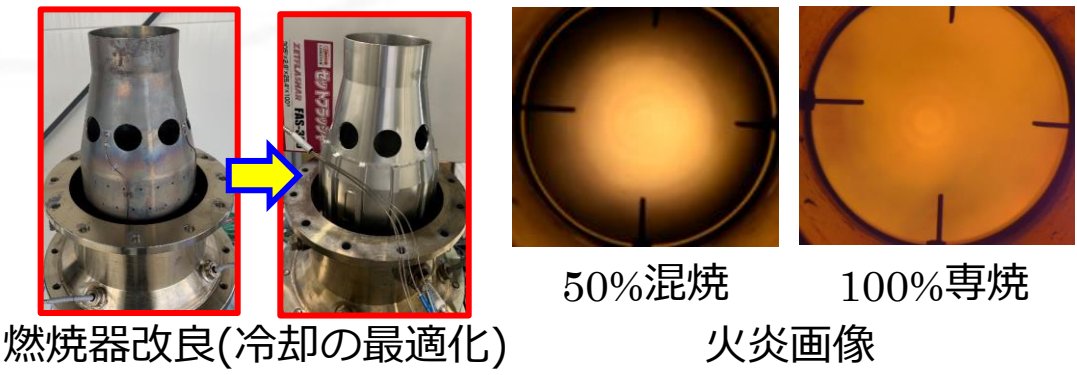
(1) ラボスケールバーナによる評価



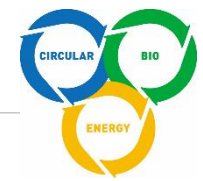
資料提供：
東北大学、
産総研

- アンモニア噴霧挙動を解明し、燃焼器開発に適用する数値解析手法を構築
- メタン混焼により幅広い作動条件で液体アンモニア噴霧を安定的に保炎できることを確認

(2) ベンチスケール燃焼器評価



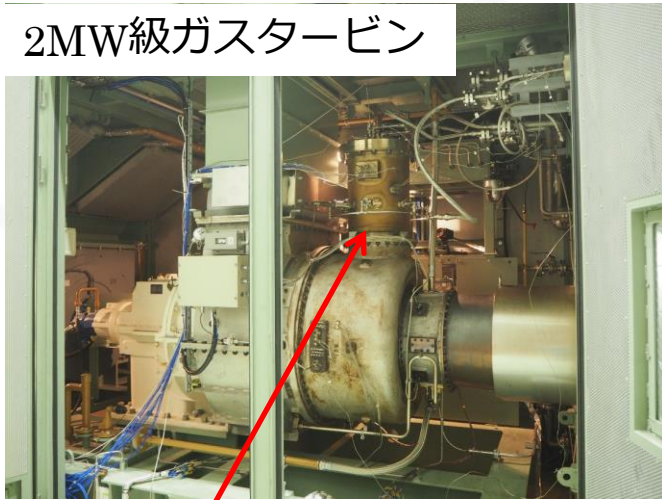
- 燃焼器構造および燃焼器冷却構造の最適化により、液体アンモニア噴霧100%専焼での安定化に成功



3. 液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発

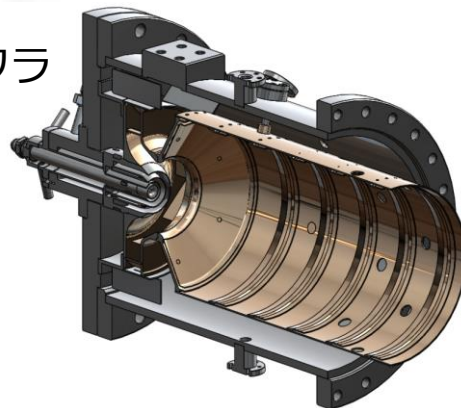
(3) 2MW級ガスタービンにおける評価

2MW級ガスタービン

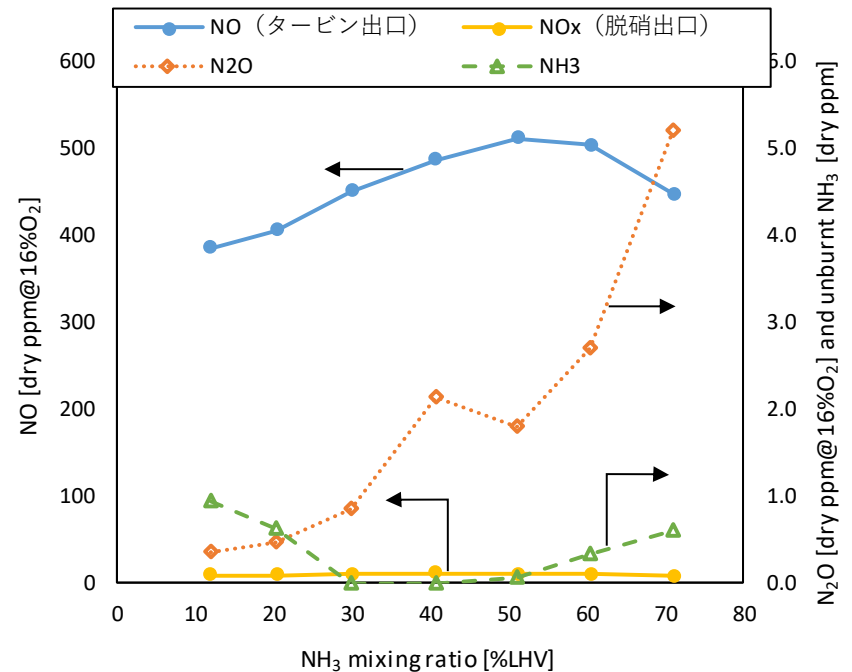


新作燃焼器

- ・タンジェンシャルスワラ
- ・気流噴射弁
- ・二段燃焼方式



- ・ 2MW級ガスタービンにおいて、70%まで液体アンモニア噴霧の混焼に成功
- ・ タービン出口の未燃 NH_3 、 N_2O も低濃度に抑制
- ・ NO_x 排出量は、脱硝装置処理により15ppm未満に抑制できている



資料提供：I H I

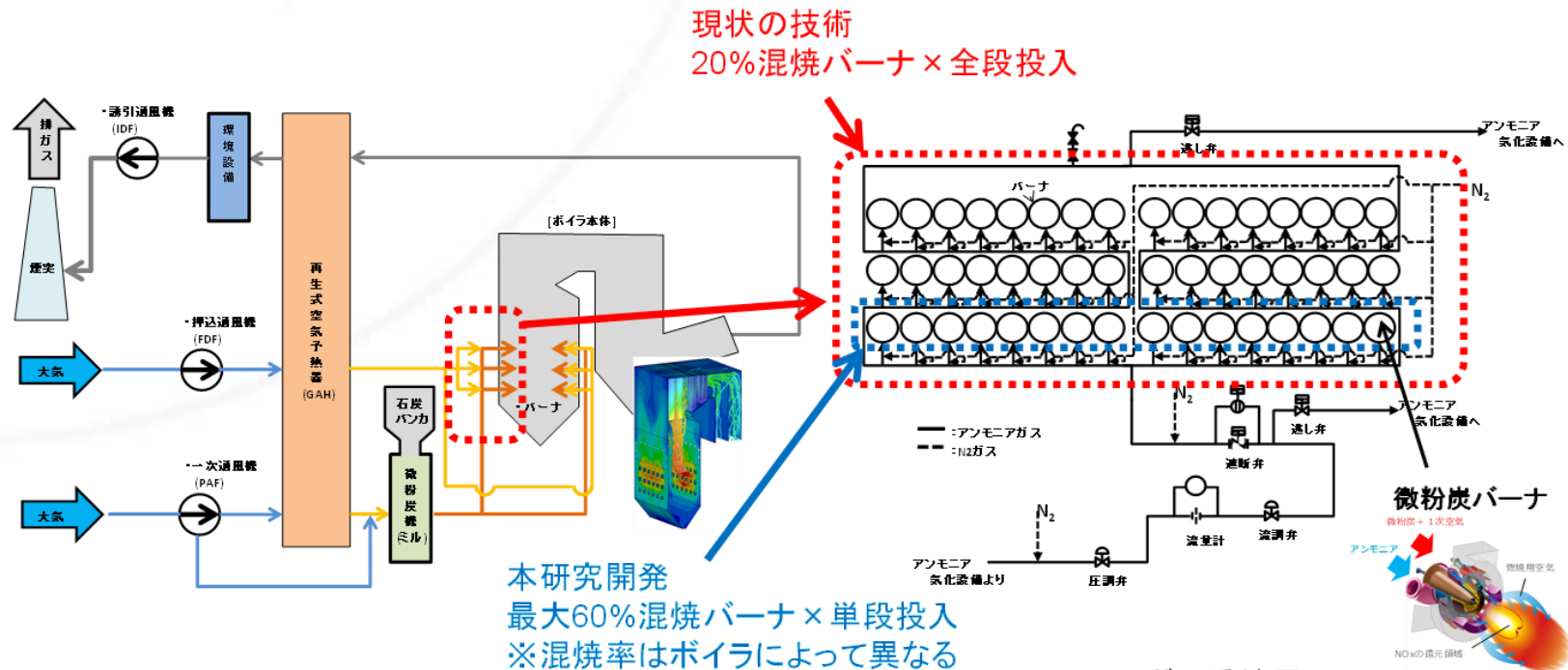
4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

<概要>

本研究では、技術的課題である微粉炭焚ボイラのマルチバーナに対応したアンモニア混焼技術の確立を目指す。マルチバーナに対応したボイラ運用方法およびボイラ・プラント性能の検討、マルチバーナ最適燃烧方法の検討、商用機での技術確立を目指したフィジビリティスタディを実施する。

<実施期間> 2019年5月～2021年2月

<実施体制> 株式会社IHI、一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人大阪大学



石炭焚ボイラシステムの一般的な系統構成

アンモニアガス系統図
全段(3段)投入

4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

(1) 基礎炉混焼試験結果



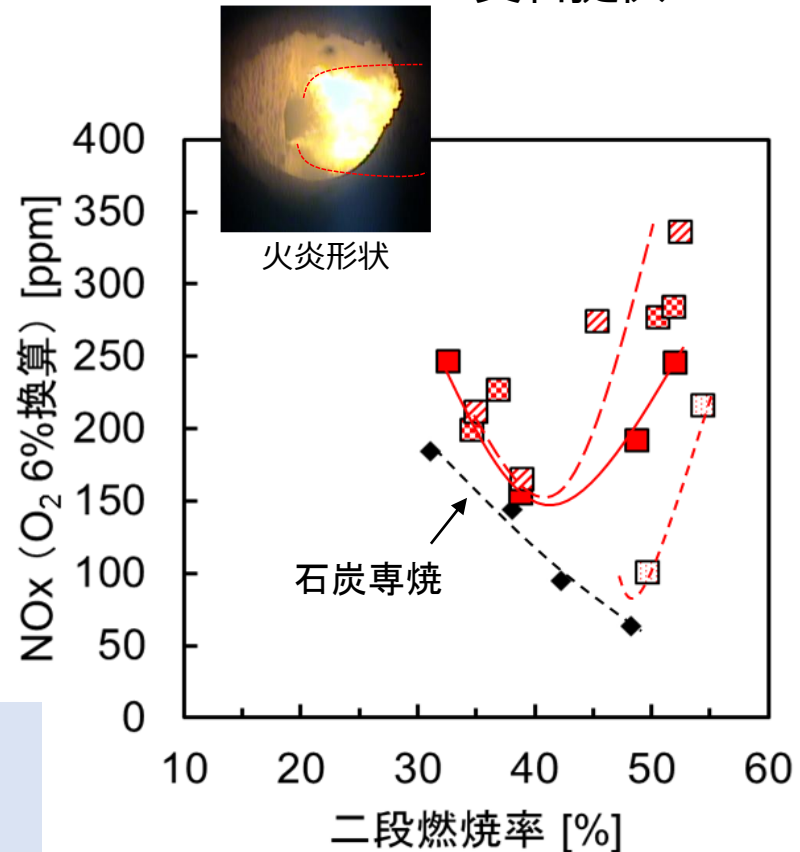
基礎炉外観



数値解析結果一例(NO濃度分布)

- 高混焼率(60%) における微粉炭・アンモニア混焼バーナ試験を実施。
- アンモニア混焼率60%において、石炭専焼時と同等のNO_x値を達成可能なバーナノズル形状を明らかにした。

資料提供：I H I



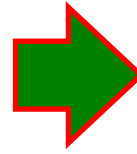
NO_xに対するバーナーノズル形状の影響

4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

(2) マルチバーナー混焼試験結果

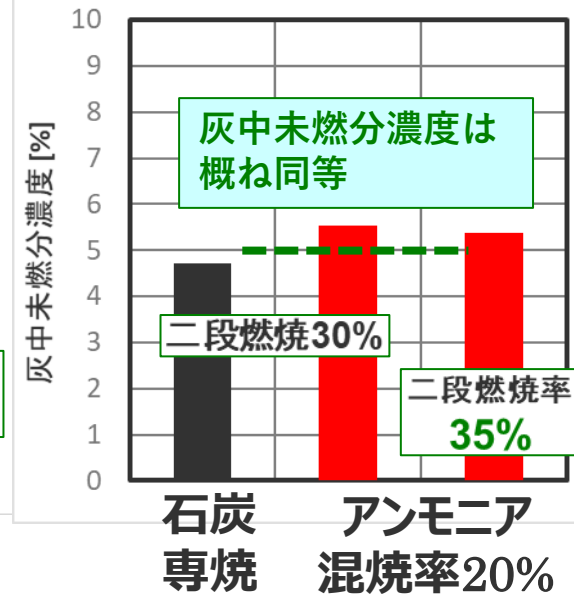
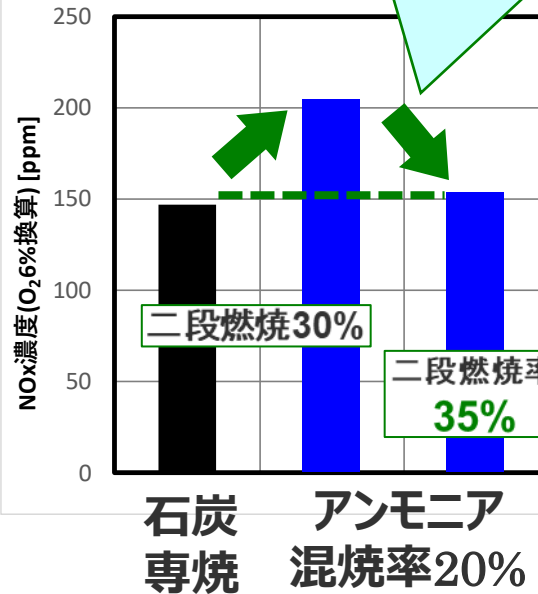
資料提供：電力中央研究所

開発ノズルを用い、アンモニアを
下段バーナから集中注入し、
低NO_x燃焼条件を検討



混焼率20%時でも石炭専焼時と概ね同様の
燃焼特性（NO_x、灰中未燃分）を達成

アンモニア混焼に伴うNO_xの
増加は二段燃焼の調整で低減



※バーナ単体での混焼率60%は
火炉全体での混焼率20%に相当



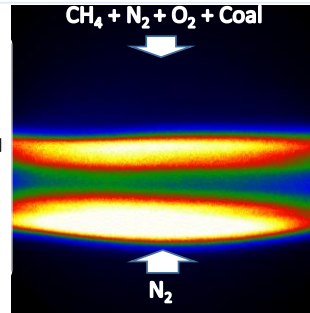
4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

(3) NO-平面レーザー誘起蛍光法(NO-PLIF)によるアンモニア混焼におけるNO_x低減メカニズムの解明

資料提供：大阪大学



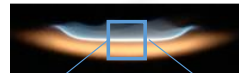
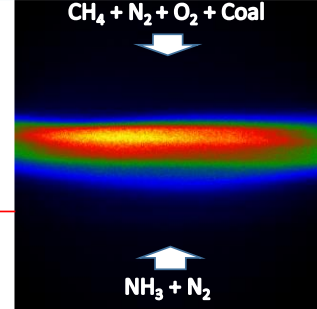
メタン予混合希薄_下アンモニアなし



微粉炭揮発分燃焼後のガスにアンモニアが供給されることで、生成したNOが還元される

アンモニアを供給することで、アンモニアを供給しない条件よりもNOを低減できている

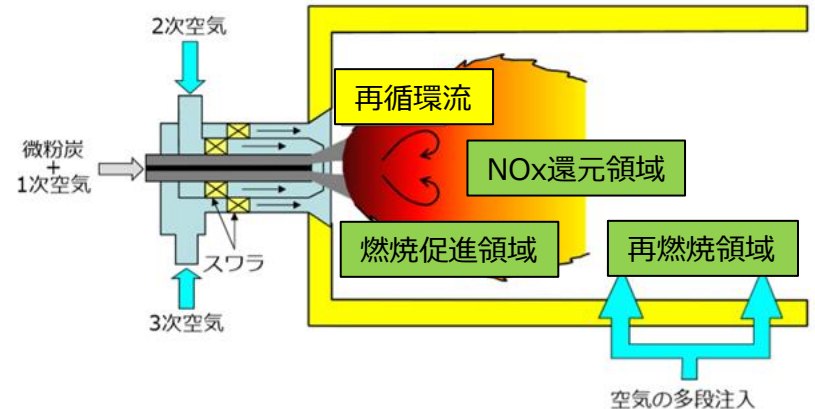
メタン予混合希薄_下アンモニア



計測領域:
約20mm
四方

微粉炭揮発分燃焼後のガスにアンモニアが供給されることで、NOが還元されることが確認された。

新型低NO_xバーナの火炎構造（再掲）



4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

(4) 商用機での技術確立を目指したフィージビリティスタディ(1/2)

資料提供：I H I

【高混焼バーナ適用によるFS条件の変化】

SIP成果の適応（100万kWボイラ実証）

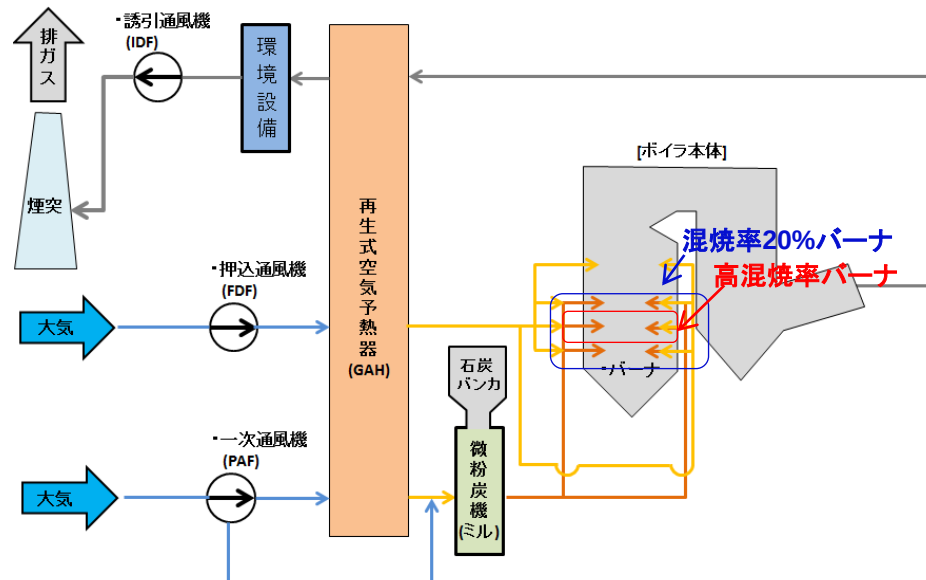
全段に混焼率20%バーナを導入
ボイラ全体20%混焼

高混焼バーナの適用

数段に高混焼率バーナを導入
ボイラ全体20%混焼

【確認事項の詳細】

- ・ボイラ建屋内のNH3配管
 - ＞ 配管径の変更
 - ＞ ルートの確認
 - ※ 既設設備との干渉
- ・バーナのレイアウト
 - ＞ 適応するバーナ段の評価
- ・石炭使用量の減少に伴う
 - ＞ 粉砕機の仕様の確認
 - ＞ ダクトサイズの検討
 - ＞ ダンパによるガス流量の調整代



4. 微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発

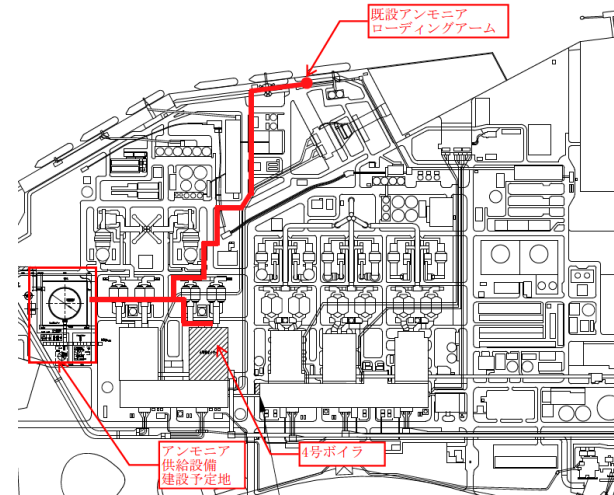
(4) 商用機での技術確立を目指したフィージビリティスタディ(2/2)

資料提供：I H I

事業用石炭火力 設備・経済性検討

確認項目

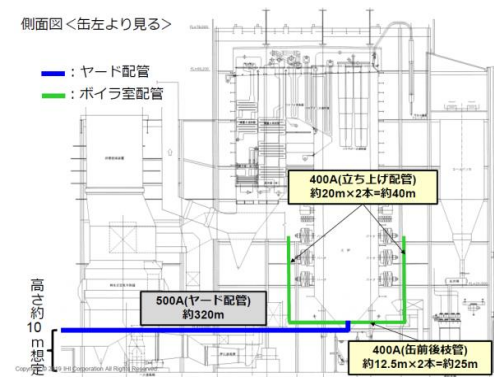
- ・ アンモニア配管ルート
受入（船→タンク）
供給（タンク→気化→ボイラ）
- ・ アンモニアタンク設置場所
- ・ アンモニア関連で使用する電源
- ・ ボイラ/アンモニア貯蔵設備の取合点
- ・ その他、配線、配管取り回し条件



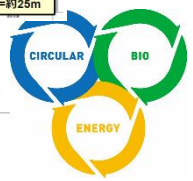
実証用仮設配管ルート（案）

検討事項

- ・ 既存設備の裕度(スペース, 荷重強度, 地盤など)
- ・ 構内ルール(道路横断部の高さ制限など)
- ・ 定期点検時のメンテナンス (施工・効率性, コストなど)
- ・ その他、将来の改造も見据えたレイアウト・ルート



ボイラ本体への配管（案）



5. まとめ

件名		研究項目	成果概要（2021年1月末時点）
カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/ 次世代火力発電技術推進事業/ アンモニア混焼火力発電技術の先導研究/	液体アンモニア直接噴霧ガスタービンの研究開発	1.液体アンモニア燃焼挙動の把握	効率的な燃焼ができるバーナー構造を開発し、更に改良により未燃成分を削減できた。
		2. 2MW級ガスタービン運転試験	アンモニアの混合燃焼率20%混焼から60%以上での安定した実証運転を達成。今後は、さらに混焼率を上げ、100%アンモニアによる専焼運転を目指す。
		3. 実現可能性の検討	
	微粉炭焚ボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発	1.マルチバーナに対応したボイラ運用方法およびボイラ・プラント性能の検討	部分負荷でもNO抑制可能を確認。20%混焼バーナ適応について収熱に大きな影響は無いことを確認。
		2.マルチバーナ最適燃焼方法の検討	高混焼率バーナを開発し、マルチバーナで混焼率20%時でも石炭専焼時と同様の燃焼特性を確認。
		3.商用機での技術確立を目指したフィージビリティスタディ	実証候補先を選定し、実証候補場所を決定。

2019年度から2020年度までのアンモニア混焼先導研究で、実証試験に向けた研究項目が達成されたので、2021年度から研究開発・実証事業を進める。

補足. アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業（2021年度～）



研究開発の内容

アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を実証すべく、設備費、運転費並びにアンモニアの製造・輸送コストを考慮した経済性検討、実証試験に必要な技術検討などを実施する。

- (1) 要素研究 [委託事業]
- (2) 実証研究 [助成事業 (1/2助成)]

■ 達成目標

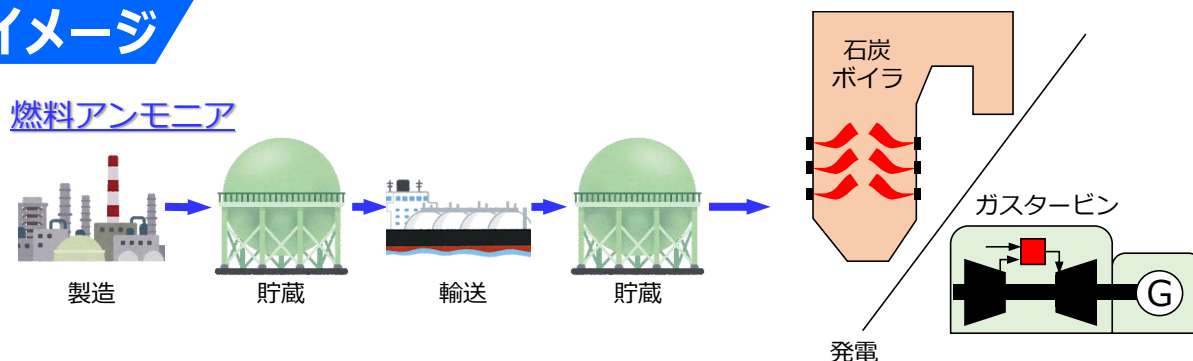
[中間目標 (2023年)]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術の見通しを得る。

[最終目標 (2025年度)]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を確立する。

成果適用のイメージ



アンモニアの燃料利用フロー図

