

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」(中間評価)

2021年度～2023年度 3年間

プロジェクトの概要 (公開版)

2023年6月28日

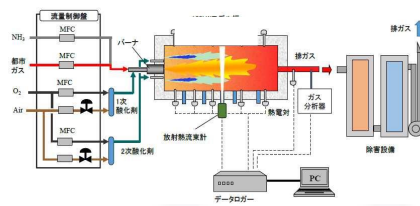
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

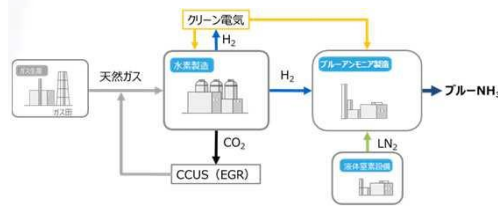
燃料アンモニア利用・生産技術開発

プロジェクトの概要

- 燃焼時にCO₂を排出しないアンモニアは、発電所や工業炉等の燃料として利用が期待されており、経済産業省策定の「新国際資源戦略」では、気候変動問題への対応として、燃料アンモニアの利用拡大が必要とされている。そのため燃料アンモニアの「①利用技術」及び「②生産技術」の開発が必須である。
- 本事業では、①輻射伝熱が主体となる1,000度以上のプロセスで用いる工業炉で燃料アンモニアを利用する技術を確立する。また、②天然ガスを改質し、プロセス中から発生するCO₂を分離・回収、枯渇ガス田へ注入することにより、CO₂フリーとなる「ブルーアンモニア」の製造技術を開発する。



①工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発



②ブルーアンモニアの製造に係る技術開発

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 PMgr：青山勝博 主任研究員

関連する技術戦略：燃料アンモニアの技術戦略（METI）

プロジェクト類型 研究開発項目1, 2：標準的研究開発

既存プロジェクトとの関係

- 内閣府、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）にて、燃料アンモニア利用および生産に関する基礎的な技術は開発済み。
- NEDO環境部の「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」、並びにGI基金「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」において、火力発電におけるアンモニア燃焼技術の研究開発で燃料アンモニアの利用分野の研究開発を実施中。
- GI基金「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」では、アンモニア供給コストの低減テーマでグリーンアンモニア合成技術の研究開発を開始した。

想定する出口イメージ等

| | |
|------------------|---|
| アウトプット目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 研究開発項目1：「工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発」 工業炉の中でも炉に求められる加熱制御等、要求水準が高いガラスメーカー等の工業炉で実運用可能な、アンモニア-酸素燃焼バーナーの設計・製造・制御によるアンモニア燃焼技術を確立する。 • 研究開発項目2：「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 CO₂フリーな「ブルーアンモニア」の供給を可能とするため、製造プロセス全体から発生するCO₂の90%以上を回収し従来法の代替を可能とする低炭素アンモニア合成技術の開発、並びに、製造プロセス全体を最適化した燃料アンモニア製造技術の開発を行う。 |
| アウトカム目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 天然ガス改質にCCSを組み合わせ既存法にてブルーアンモニアを製造するコストは\$440/ton-NH₃程度であるが、本事業で開発する手法を活用し、更に工業炉等における燃料アンモニアの需要を創出することで、2040年度までにアンモニア製造コストを\$ 200～340/ton-NH₃とする。 |
| 出口戦略 (実用化見込み) | <ul style="list-style-type: none"> • 産業分野は省エネ規制により、特定の業種・分野を除き毎年1%の効率改善が求められており、本技術開発によるガラスメーカーへの導入を皮切りに、燃料アンモニアの発電用途以外の工業炉への導入拡大を図る。また、ブルーアンモニア製造の国内実証から徐々に生産量を増大させ、燃料アンモニアサプライチェーンの構築に貢献する。 • 国際標準化活動予定：有（データ提供等） • 委託者提供データ：無 |
| グローバル ポジション | <ul style="list-style-type: none"> • プロジェクト開始時：DH → プロジェクト終了時：LD |

事業計画

期間：2021～2025年度（5年間）

<研究開発スケジュール・評価時期>

| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|-------------|------|------------------------|----------|------|------|----------|
| 研究開発 項目1 | 基本設計 | 性能評価 | 実証試験・評価 | | | |
| 研究開発 項目2 | | 要素技術 設計・システム 最適化 | 実証試験・評価 | | | |
| 評価時期 | | | 中間 評価 | | | 事後 評価 |

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況（概要）

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み（**詳細版で説明**）
- 波及効果
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応

<評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況（概要）

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み（**詳細版で説明**）
- 波及効果
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

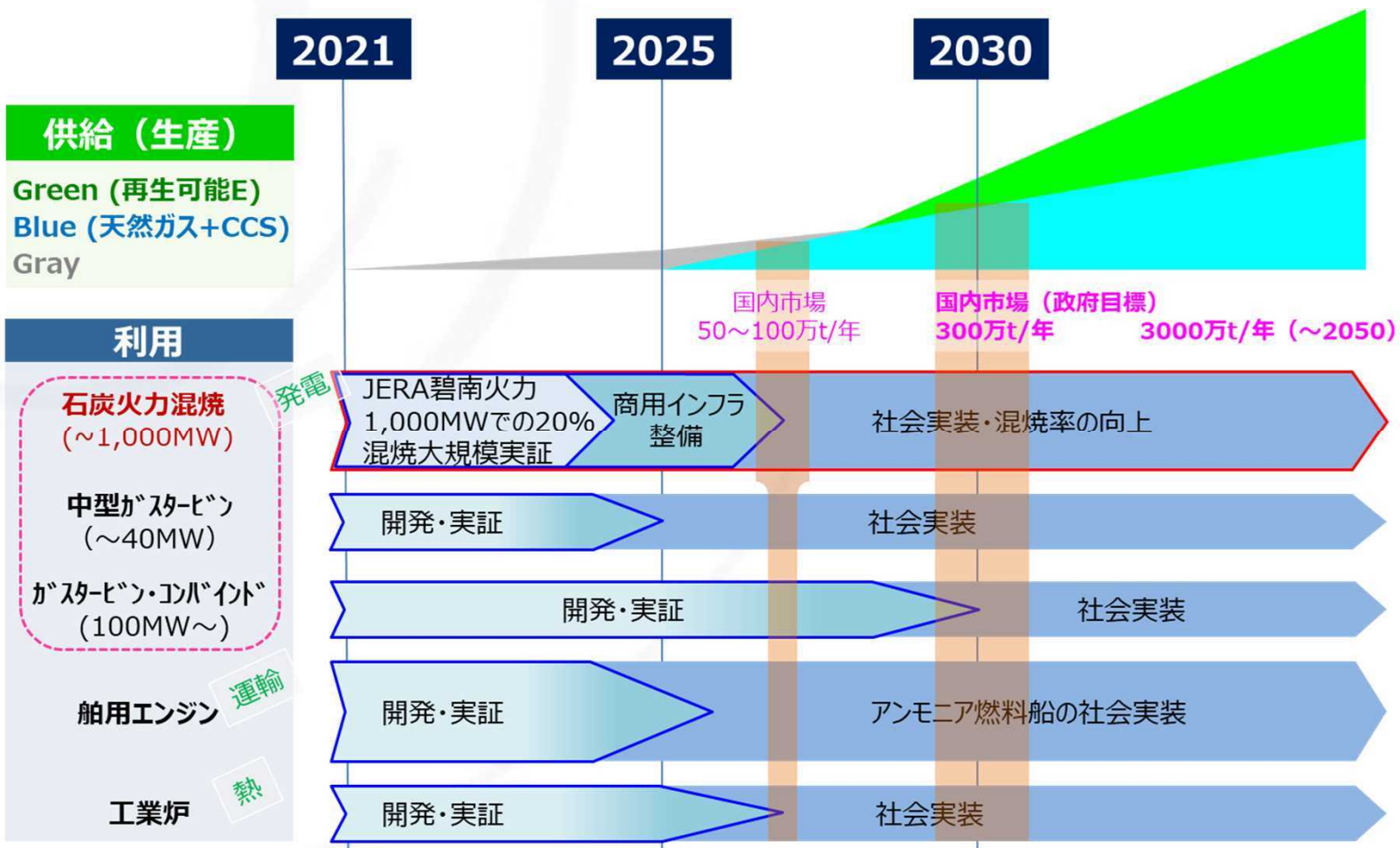
3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応



事業の背景・目的・意義



・2050年カーボンニュートラル実現に向けては、脱炭素燃料の普及拡大が必要で、アンモニアは脱炭素燃料の一つとして挙げられる。

・アンモニアは肥料や工業原料として用いられているが、燃焼時にCO₂を排出しないため、発電所や工業炉等において燃料として用いることが可能となれば、CO₂排出量の大幅な抑制が期待される。特に、高炉や工業炉の脱炭素化は、産業分野の熱需要の脱炭素化にあたり、電化等での対応が難しい温度域があるので、非常に重要である。

・燃料アンモニアの需要喚起と共に、供給側の整備も重要である。現在、アンモニアは天然ガスを原料として、ハーバー・ボッシュ法で製造されており、最新鋭の設備においてもアンモニア1tの製造に対して1.7tのCO₂を排出する。このため、製造プロセスの脱炭素化を進め、CO₂フリーの「ブルーアンモニア」製造の実用化が重要な課題である。



政策・施策における位置づけ

2014年 4月–2019年 3月

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「エネルギーキャリア」でアンモニアのエネルギー市場での直接燃料利用技術の開発

- ・2014年～2019年 内閣府の国家プロジェクトで燃料アンモニアが脱炭素燃料として有望なエネルギー源と技術実証され、
- ・2020年『新国際資源戦略』の中で、燃料アンモニアが政策的に位置づけられた。

2020年 3月

新国際資源戦略の中で気候変動問題への対応策として燃料アンモニアの利用拡大が位置づけられる

新国際資源戦略 2020年3月

2020年10月

燃料アンモニア導入官民協議会スタート

2020年11月

石炭火力検討ワーキンググループ アンモニア混焼が化石燃料の利用合理化技術として位置づけられる



新国際資源戦略を策定しました

2020年3月30日

▶ エネルギー・環境

経済産業省は、資源・燃料政策を取り巻く環境の大きな変化を踏まえ、「新国際資源戦略」を策定しました。

1. 概要

昨年7月に取りまとめられた資源・燃料分科会報告書において、資源・燃料政策を取り巻く環境が大きく変化する中で、エネルギー政策の要諦たる「3E+S」原則の下、新しい国際資源戦略を早期に策定する必要性が示されました。

その後、資源燃料分科会及び石油・天然ガス小委員会・鉱業小委員会 合同会合が開催され、本年2月に、資源燃料分科会からこの戦略の具体的方向についての提言がありました。

当該提言を踏まえて、新国際資源戦略（案）を作成し、令和2年3月12日から同年3月25日までの間、意見を募集した結果、16件の意見がありました。

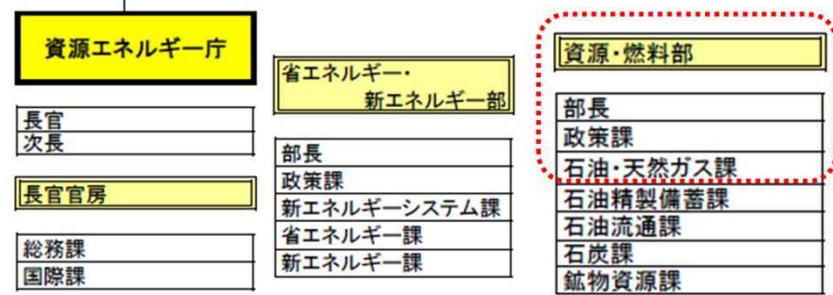
今般、提出された意見及びそれに対する経済産業省の考え方、意見を反映した「新国際資源戦略」を策定しました。

2020年12月

グリーン成長戦略の重点分野の一つとして燃料アンモニアが位置づけられる

2021年 2月

燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめの発表
燃料アンモニア導入・拡大のロードマップの策定（2030年に300万トン、2050年に3000万トンの国内需要を想定）



2021年10月

第6次エネルギー基本計画の閣議決定
発電部門において、2030年の電源構成において、水素・アンモニア1%を位置付け

2021年12月 「グリーンイノベーション基金事業」実施体制の決定

「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」： アンモニア供給コストの低減
アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化

工業炉事業開始

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



技術戦略上の位置づけ

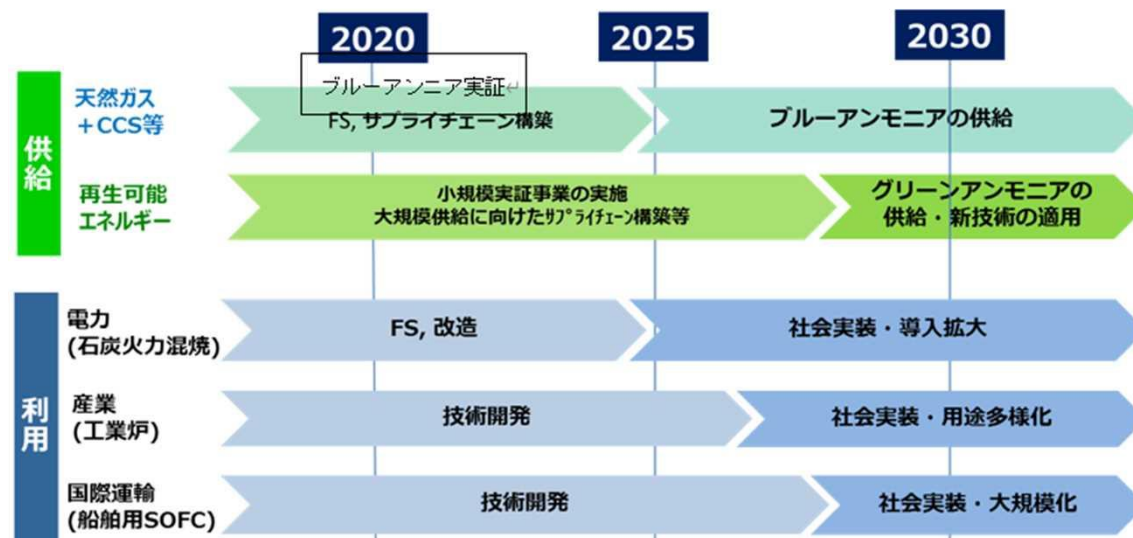
技術戦略は、内閣府SIPプロジェクト終了後、速やかに国家プロジェクトを立ち上げるため、(通常の)NEDOではなく

資源エネルギー庁 資源・燃料部

- ・政策課（工業炉利用）および
- ・石油・天然ガス課（ブルーアンモニア製造）で策定

| | |
|---|---|
| <p>燃料アンモニアの技術戦略</p> <p>2021年7月</p> <p>資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課 燃料政策企画室、石油・天然ガス課</p> | <p>目次</p> <p>1章 燃料アンモニア技術の概要 3</p> <p>1-1 燃料アンモニア製造技術 4</p> <p>1-2 燃料アンモニアの利用技術 5</p> <p>(1) 石炭アンモニア選煤 5</p> <p>(2) 工業炉 5</p> <p>(3) 船舶 5</p> <p>2章 燃料アンモニア技術の体系と技術課題等 6</p> <p>2-1 燃料アンモニアの製造技術 6</p> <p>(1) 技術の確保と課題 6</p> <p>(2) 利用形態と技術から見るアンモニア電解合成方式の選択 9</p> <p>2-2 燃料アンモニアの利用技術(工業炉) 9</p> <p>(1) 技術の体系 9</p> <p>(2) 技術課題 9</p> <p>2-3 燃料アンモニアの利用技術(船舶用SOFC) 10</p> <p>(1) 技術の体系 10</p> <p>(2) 技術課題 11</p> <p>(3) 利用形態と技術の将来見通しから見る船舶利用の選択 12</p> <p>3章 燃料アンモニア関連技術の置かれた状況 13</p> <p>3-1 技術開発の動向 13</p> <p>(1) 燃料アンモニアの製造 13</p> <p>(2) 燃料アンモニアの利用 15</p> <p>3-2 市場規模（国内、海外） 16</p> <p>3-3 燃料アンモニア利用の意義 16</p> <p>(1) エネルギー供給およびセキュリティへの貢献 16</p> <p>(2) GHG削減などの環境負荷低減への貢献 16</p> <p>(3) エネルギー効率の向上 16</p> <p>3-4 燃料アンモニアの政策的な位置づけ 16</p> <p>(1) 国際資源戦略 16</p> <p>4章 我が国における技術開発の進め方 17</p> <p>4-1 方向性及び具体的な取組 17</p> <p>(1) 燃料アンモニアの製造 17</p> <p>(2) 燃料アンモニアの利用 18</p> <p>4-2 技術開発の目標 20</p> <p>(1) 製造技術 22</p> <p>(2) 利用技術 23</p> <p>4-4 目標達成のための課題 23</p> <p>4-5 技術開発の年度展開 23</p> <p style="text-align: right;">2</p> |
|---|---|

※供給と利用のロードマップは以下のとおり



国内外の動向と比較（工業炉）

海外では、廃熱回収、断熱強化など、省エネ関連の取組が進められているが、アンモニアを工業炉の燃料とするプロジェクトは確認されていない。しかしながら、アンモニア燃焼に関しては、中国を中心に学会発表、論文数が急増している。

海外の燃料炉に関する動向

| | EU | 米国 |
|---------------|--|--|
| 焼却炉の動向 | <p>【廃熱回収】レキュペバーナーやリジェネレイティブバーナーが普及。特に自動車産業など大型設備への導入が進展。</p> <p>【原材料予熱】エネルギー効率向上のための設計、ソフトウェア等の研究が進められる。</p> <p>【断熱強化】断熱ウール等が高価であるため、炉のタイプやエネルギー消費量、スペースなどを考慮して導入判断。設計も重要。</p> | <p>【廃熱回収】レキュペバーナーやリジェネレイティブバーナーの導入は部分的。</p> <p>【原材料予熱】一部の大型炉のみで実施され限定的。</p> <p>【断熱強化】炉のハウジングの熱損失やヒートブリッジ等の改善が進む。</p> |

【出典】製造分野における熱プロセスの脱炭素化プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性（経済産業省・製造産業局）

国内の工業炉に関する動向

| | |
|---|---|
| <p>【基盤技術】 2014～2018年度 SIP エネルギーキャリア -アンモニア直接燃焼</p> | <p>東北大学、大阪大学、産業技術総合研究所、IHI、豊田中央研究所、大陽日酸、日新製鋼、宇部興産、電力中央研究所、中国電力、東北電力、中部電力、関西電力、三菱日立パワーシステムズ、三菱重工業、JFE エンジニアリング、海上・港湾・航空技術研究所、トヨタタービンアンドシステムズ</p> |
|---|---|

NEDO事業（工業炉でのアンモニア利用）

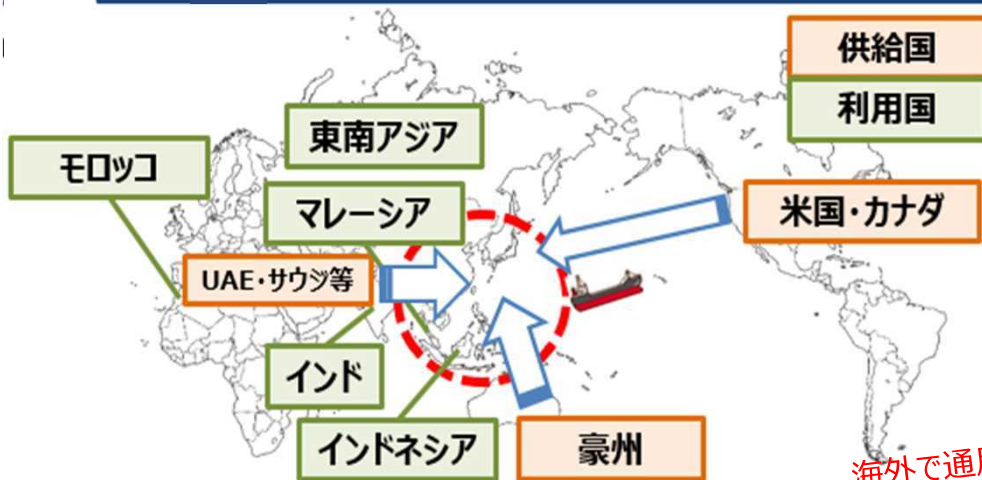
| | |
|--|---|
| <p>【ナフサ分解炉】 2021～2030年度 NEDO GI基金 アンモニア燃料のナフサ分解炉実用化</p> | <p>三井化学、丸善石油化学、東洋エンジニアリング、双日マシナリー</p> |
| <p>【金属加熱炉】 2021～2022年度 NEDO先導研究PG ①革新的アンモニア燃焼による脱炭素工業炉の開発 ②アンモニアを燃料とした脱炭素次世代高性能工業炉の基礎研究</p> | <p>①大阪大学、中外炉工業、東京大学 ②北海道大学、ロザイ工業、三建産業、東北大学、広島大学</p> |

国内外の動向と比較（ブルーアンモニア）

燃料アンモニアサプライチェーンの構築に向けては、海外での需給拡大が必要で、日本として以下の視点で国際連携を推進

1. 供給確保のため・・・産ガス国や再生可能エネルギーの適地国とサプライチェーン構築に向けた連携
2. 需要拡大のため・・・石炭火力利用国（インドネシア、インド、マレーシア、モロッコ）とアンモニア発電可能性調査で連携

①② 燃料アンモニアの潜在的需給国との連携



- ・再エネが拡大する中で電力セキュリティの確保が重要で、**アンモニアは有効な手段。**
- ・先進国が技術開発やサプライチェーン構築を進めることで、**アジアなどの途上国も安価でアンモニアを活用できる。**

海外で通用する技術
を確立するために
まずは、小規模実証
をする必要がある
⇒日本国内

世界の主要なブルーアンモニアプロジェクト

| Company | Site | Capacity, t/a | On-stream |
|-----------------|---------------------------------------|---------------|-----------|
| ACE | Louisiana, USA | 7.2 million | from 2027 |
| ADNOC | Ruwais, UAE | 1.0 million | 2025 |
| CF Industries | Donaldsonville, USA | 1.7 million | Ongoing |
| CF Industries | Yazoo City, USA | 500,000 | Ongoing |
| Horisont Energi | Barents Blue, Norway | 1.0 million | 2025 |
| Nutrien | Geismar, Redwater, Joffre, USA/Canada | 1.0 million | 2021 |
| Nutrien | Geismar, USA | 1.2 million | 2027 |
| PAU | Sulawesi, Indonesia | 660,000 | 2026 |
| SAFCO | Al Jubail, Saudi Arabia | 40,000 | 2020 |
| SAFCO | Al Jubail, Saudi Arabia | 1.0 million | 2026 |
| QAFCO | Mesaieed, Qatar | 1.1 million | 2026 |
| OCI | Beaumont, USA | 1.1 million | from 2025 |
| Yara | Gulf Coast, USA | 1.0 million | n.a. |

【出典】我が国の燃料アンモニア導入・拡大に向けた取組について（資源エネルギー庁）

【出典】Nitrogen+Syngas No.381, Jan.-Feb.2023 (BCInsight)

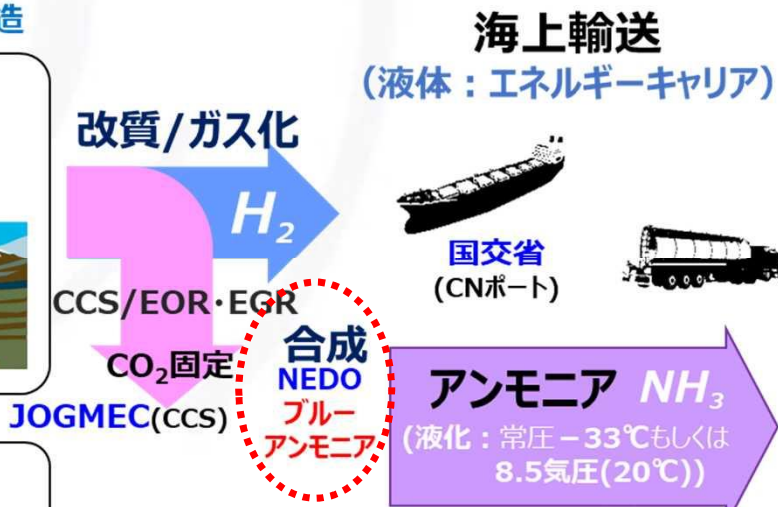
他事業との関係

資源(化石燃料)が豊富な国：製造

天然ガス
石油
石炭

再生可能エネルギー

再生可能エネルギーが豊富な国：製造



日本：利用



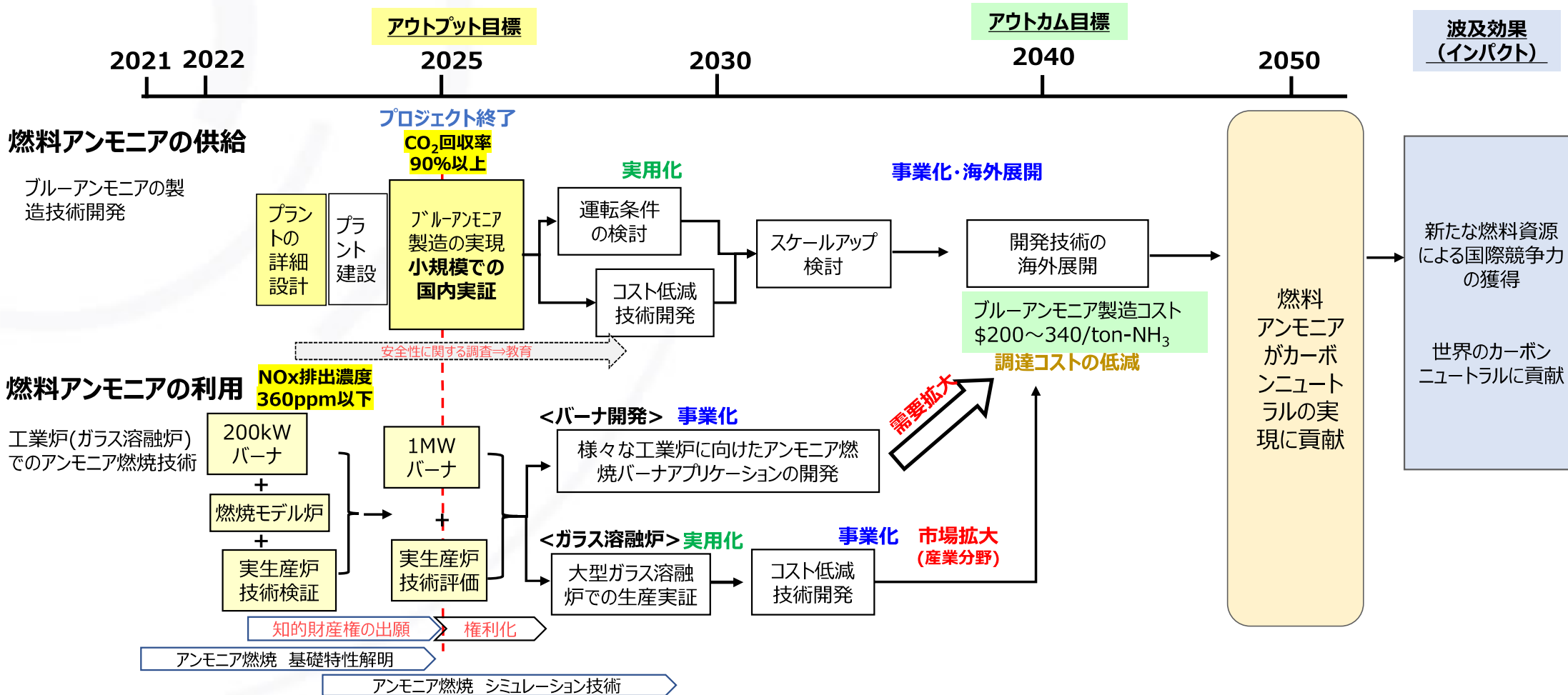
NEDOでは、燃料アンモニアの製造技術、利用技術の両面で技術開発を推進

- 「GI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」
アンモニア供給コストの低減
- 「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」
再生電力からの高効率NH₃電解合成技術

- デマケ
- 「GI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」
アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化
 - 「GI基金事業／次世代船舶の開発」
アンモニア燃料船の開発
 - 「GI基金事業／CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発」
ナフサ分解炉の高度化技術の開発
 - 「GI基金事業／製造分野における熱プロセスの脱炭素化」
金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立



アウトカム達成までの道筋



知的財産・標準化戦略

○燃料アンモニアの工業炉利用、ブルーアンモニア製造の両事業ともに、各要素技術の開発とプロセス全体の最適化・脱炭素化と技術実証である。その中で、事業者はNEDOと協力し積極的に“成果の公表”を行い、国内外での事業展開を図る。また、新たな燃料としてのアンモニアの社会実装について、保安・安全対策面からも、社会的認知度を上げるために貢献する。

○競争領域では、利権化（特許出願等）によるライセンス事業で国際競争力を獲得する。その場合には、法令に基づき、原則すべて委託先に帰属とする。

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

➤ 知的財産のオープン／クローズ戦略の考え方

| | 非競争域 | 競争域 | |
|-----|---------|---|---|
| 公開 | 保安・安全対策 | ・輻射伝熱強化 ・低Nox燃焼技術 | 積極的に 権利化ライ センス事業 として国内 外に展開 |
| 非公開 | — | ・実生産炉での 熱プロセスの最適化 ・被加熱物質の 高付加価値化 | |

ブルーアンモニア製造に係る技術開発

➤ 知的財産のオープン／クローズ戦略の考え方

| | 非競争域 | 競争域 | |
|-----|-------|-----------------------------|---|
| 公開 | 安全性評価 | ・低炭素水素製造技術 ・低炭素アンモニア合成技術 | 積極的に 権利化ライ センス事業 として国内 外に展開 |
| 非公開 | — | ・製造プロセス全体の 最適化／脱炭素化 | |

知的財産管理

委託事業と補助・助成事業

| 項目 | 委託（共同研究含む） | 補助・助成 |
|--------------------|------------------------------------|-------|
| 事業の主体 | NEDO | 事業者 |
| 事業の実施者 | 委託先 | 事業者 |
| 取得資産の帰属 | NEDO (約款20条1項該当) | 事業者 |
| 事業成果 (知的財産権)の帰属 | NEDO バイ・ドール条項遵守の 場合は委託先帰属（注） | 事業者 |
| 収益納付 | なし | あり |

（注）実証事業及び調査事業の委託では、約款上バイ・ドール条項に関する規程はない。

NEDO Web 掲載「知的財産権に関する説明資料（2022年7月版）抜粋

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発のみ
以下の基本方針で対応

●知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）

NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成する。

●データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）

NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成する。

<評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況（概要）

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み（詳細版で説明）
- 波及効果
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応

アウトカム目標の設定及び根拠

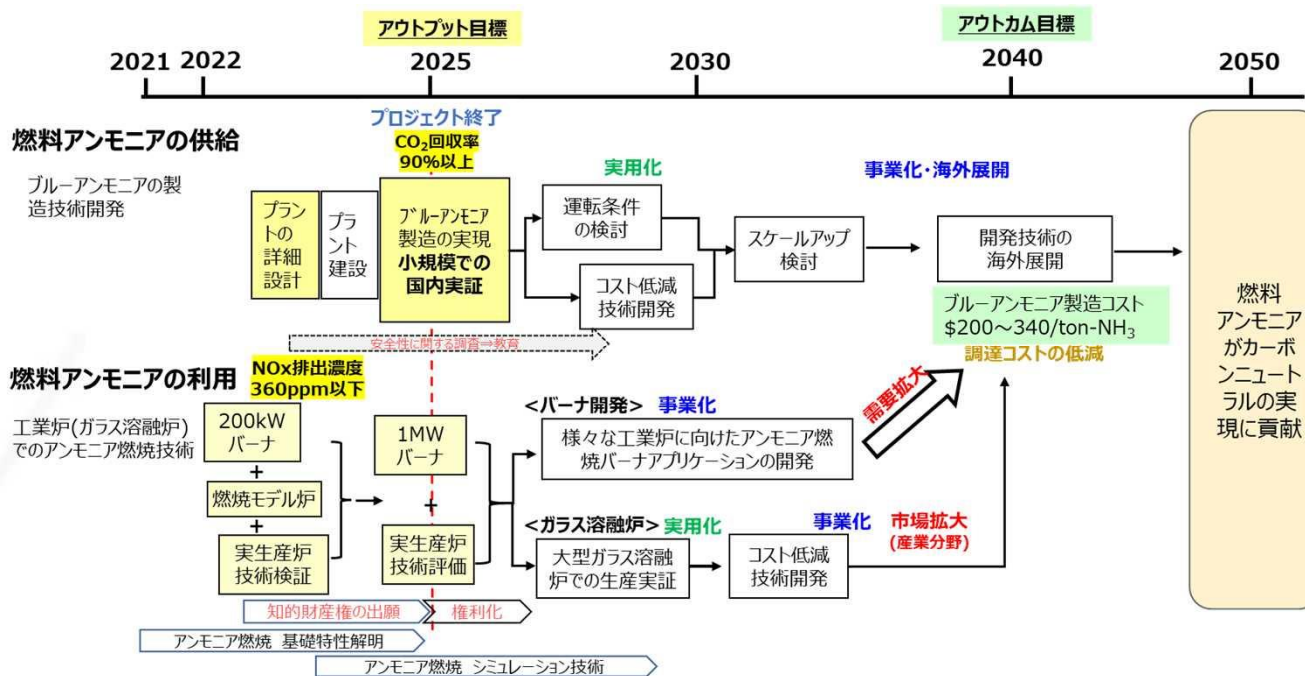
アウトカム目標

天然ガス改質にCCSを組み合わせ既存法にてブルーアンモニアを製造するコストは\$440/ton-NH₃程度であるが、本事業で開発する製造方法を活用し、更に、工業炉等における燃料アンモニアの需要を創出することで2040年度までにアンモニア製造コストを\$ 200~340/ton-NH₃とすることに寄与する。

根拠

グリーンイノベーション基金「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」の研究開発・社会実装計画の中で、『アンモニア価格については、現状Nm³当たり20円台前半（熱量等価での水素換算）であるところ、こうした供給拡大の取組を通じて、2030年までに、Nm³当たり10円台後半（熱量等価での水素換算）での供給を目指す（現在の天然ガス価格等を前提とする）。』と記載されており、水素と熱量等価のアンモニアコストを算出すると、34,000円/tonの値となり、事前評価時点での目標製造コストの\$ 200~340/ton-NH₃は妥当とみなせる。

ただし、当時の(アンモニアの原料である)天然ガスの価格は、45,000円/tonで、天然ガスの価格は、世界情勢によって変化するので、アンモニア製造コストを評価する際には、製造国とそこでの天然ガス価格を用いて評価することが必要である。



波及効果

1. 燃焼基盤技術の深化

本PJで取り組んだアンモニア-酸素燃焼におけるNO_x生成メカニズム、輻射伝熱特性評価は、アンモニア燃焼を様々な熱プロセスに適用する為の基盤技術となり得る。特に、評価モデルが難しいとされていたアンモニア燃焼に関する数値解析技術の進歩は、工業炉のみならずアンモニア燃焼を利用する様々な分野に応用可能である。

2. 需要拡大による低価格

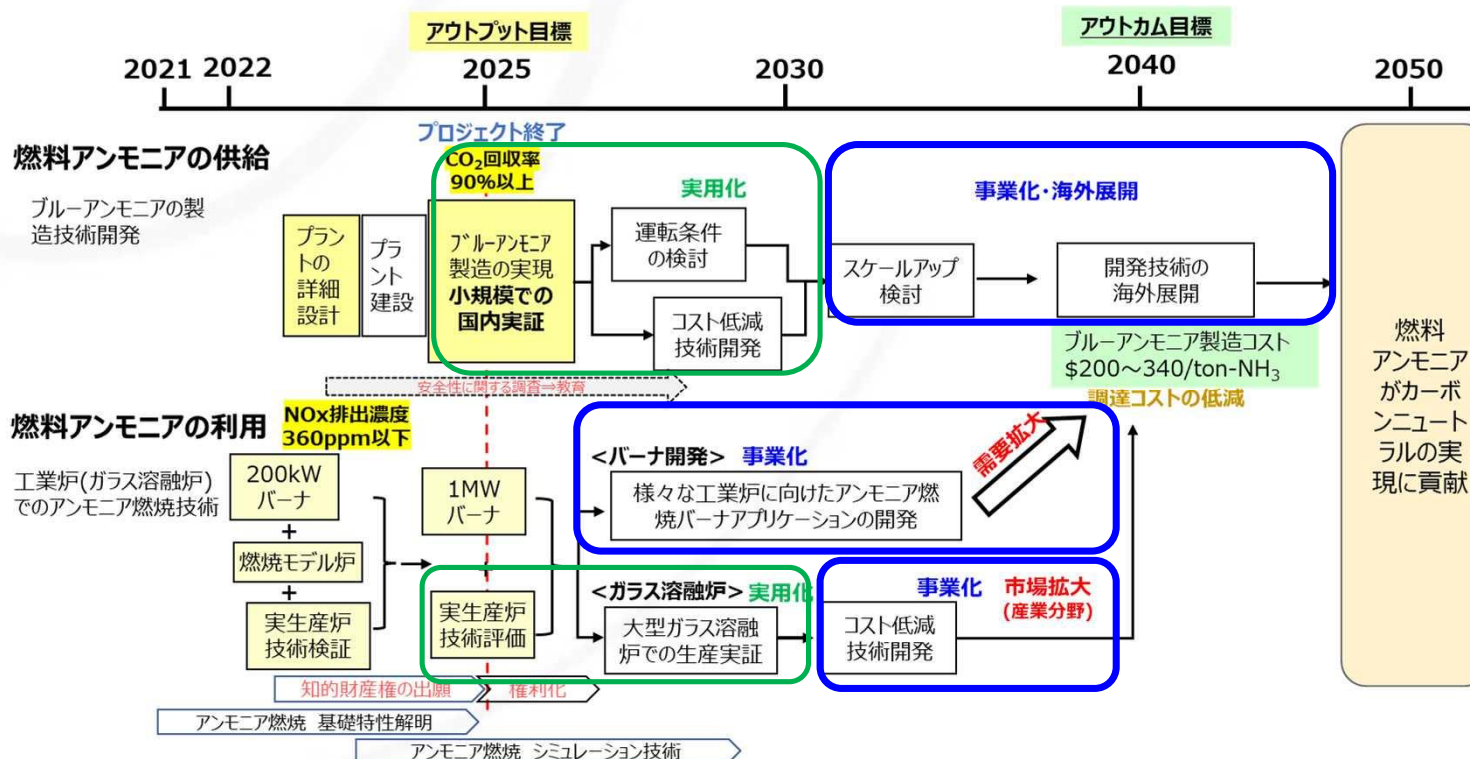
カーボンニュートラル達成に向けたアンモニア利用促進の為には、アンモニアサプライチェーンの構築が重要であるが、先のLNGサプライチェーン構築時の様に、主たるエネルギー関係者である発電分野への導入が行われる事が重要である。発電プロセスで脱炭素燃料として利用開始されたアンモニアの低価格化に向けては、需要(利用面で)の拡大が必要であり、工業炉におけるアンモニア燃焼の社会実装は、日本が世界で初めて天然ガスをLNGにして、石油・石炭からのクリーン化・低炭素化を達成したことと同様に重要なポテンシャルを有している。

3. 安全性への信頼向上

工業炉へのアンモニア燃焼技術実装においては、アンモニア利活用の為に必要な、供給技術、保安技術の構築にも繋がり、その結果、安全・安心の面からも、工業炉以外の分野におけるアンモニア利用の促進に繋がる。

本事業における「実用化・事業化」の考え方

| プロジェクト類型 | 実用化・事業化の考え方 |
|-----------------|---|
| 標準的研究開発 | プロジェクト終了後5年を目処に、 事業化 まで達することを旨とする研究開発 |
| 基礎的・基盤的研究開発 | プロジェクト終了後5年を目処に（もしくはそれ以上の期間で）、実用化まで達することを旨とする研究開発 |
| 知的基盤・標準整備等の研究開発 | 知的基盤・標準整備等を目的としており、研究開発成果による事業化・実用化を目標としていない事業 |



・ブルーアンモニア製造

実用化とは、国内での小規模実証にて、ブルーアンモニア製造の要素技術（水素製造、CO₂分離回収、アンモニア合成）の検証を行い、プロセス全体の最適化設計に資するエンジニアリングデータを取得する。更なるコスト低減の検証を行い、大規模アンモニア製造への目途をつける。

事業化とは、海外の天然ガスならびにCO₂貯留可能なサイトを探索し、本事業で検証した技術を採用したアンモニア製造プラントによるアンモニア生産を開始する。

・工業炉での燃料アンモニア利用

実用化とは、更なるガラス溶融炉での実証を積み重ね、コスト低減を図る。

事業化とは、①アンモニア燃焼バーナは、本事業での成果やノウハウを活用し、ガラス溶融炉以外の工業炉分野にも展開し、電化による脱炭素化の難しい産業分野の熱利用で燃料アンモニアの社会実装を図る。

②特に、ガラス溶融炉では、ガラス製造メーカーが本技術を工場に実装して、CO₂排出の少ないガラス製品の生産を開始する。

費用対効果

●インプット

➤ プロジェクト費用の総額 104億円（4年間）

●アウトカム

➤ CO₂削減効果 約1億トン／年（※1）

➤ ブルーアンモニアの価格 \$340～200／トン（※2）

※1 グリーンイノベーション基金の「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」の研究開発・社会実装計画において、2050年時点で想定される燃料アンモニアの導入量は、世界で1億トンを石炭火力発電で混焼・専焼することにより、削減できるCO₂発生量を約2.1億トン／年と試算している。
本技術が関与するアンモニア（ブルーアンモニア）の製造量は、上記の約半分と期待されるので、2050年時点でのCO₂削減効果を、約1億トンと試算。

※2 燃料アンモニア導入官民協議会中間とりまとめ（2021年2月）の燃料アンモニア導入・拡大のロードマップで、アンモニアの価格について、2030年までに熱量等価での水素換算で10円台後半/Nm³を目指すとして記載。

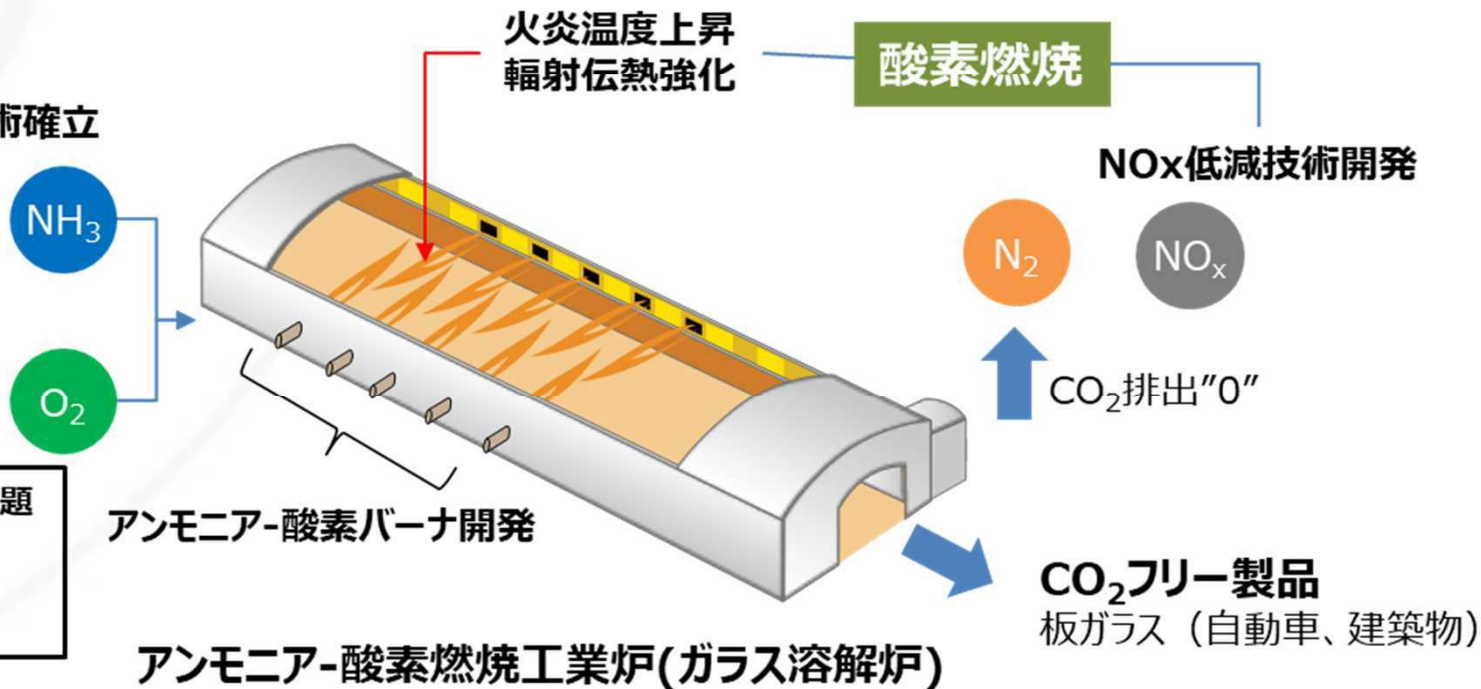
アウトプット（研究開発成果）のイメージ（工業炉）

生産プロセス革新：技術イノベーションによって自社排出量を削減

【出典】AGC plus-2023から抜粋

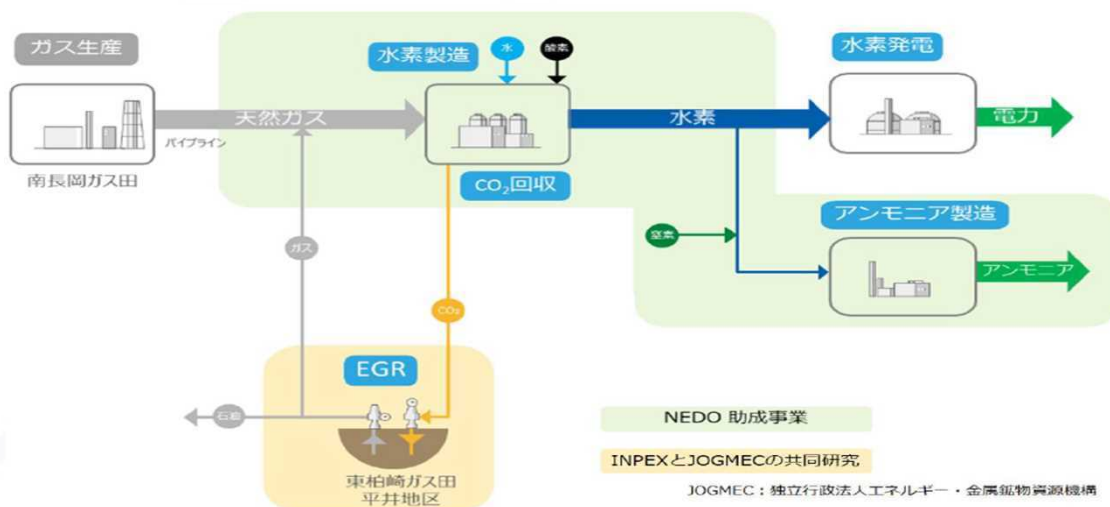


アンモニア利用の為の安全技術確立



- アンモニアの燃料利用における課題
- ・ 火炎温度の低下
 - ・ 火炎輻射強度の低下
 - ・ 燃料起因のNO_x排出増加

アウトプット（研究開発成果）のイメージ（ブルーアンモニア）



株式会社INPEX Vision2022

【水素・アンモニア】2030年頃までに3件以上の事業化を実現し、年間10万トン以上の水素・アンモニアの生産・供給を目指す



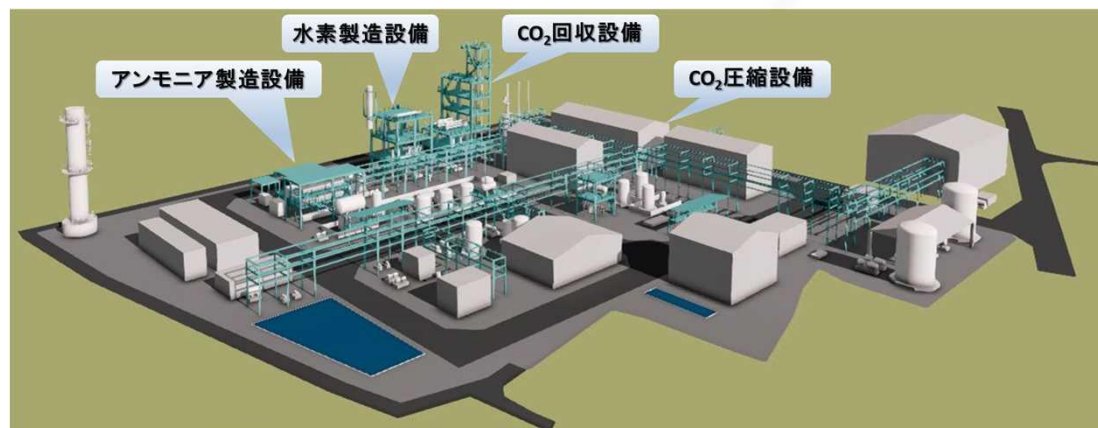
新潟県柏崎市での水素・アンモニア製造・利用一貫実証

- ・ブルー水素・アンモニア製造実証プラントを建設し、2024年中の運転開始を目指す。

新潟県におけるブルー水素商業化

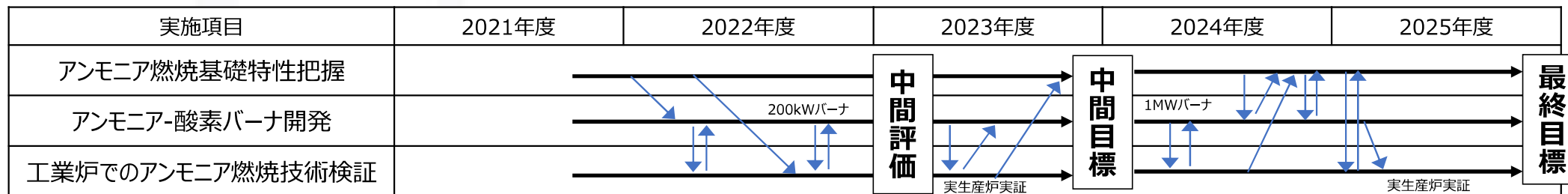
- ・上記成果を基盤に、当社天然ガス田及び既存インフラを活用したブルー水素製造プラントを建設し、2030年頃までに商業化を目指す。

【出典】INPEX Vision2022から抜粋

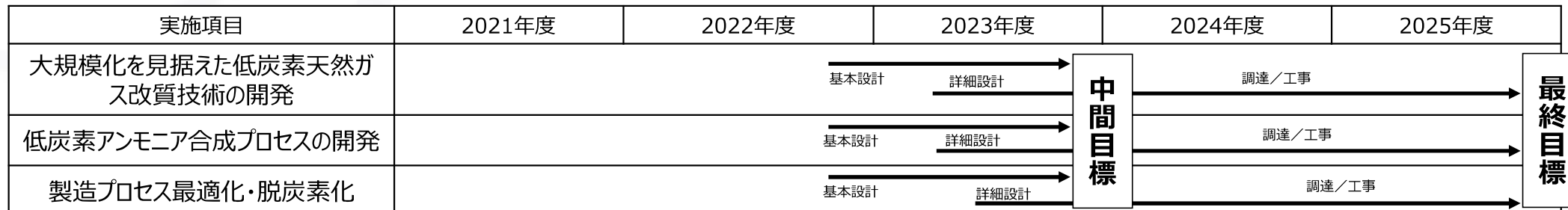


アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発



ブルーアンモニア製造に係る技術開発



| 研究開発項目 | 中間目標 (2024年3月) | 最終目標 (2026年3月) | 根拠 |
|-------------------|--|---|---|
| 工業炉利用 | アンモニア燃焼時のNOx抑制メカニズム把握と、200kWアンモニア燃焼バーナによる実証評価試験を実施し、要素技術を確立する。 | NOx排出レベルで環境基準値をクリアできる、1MW級アンモニア燃焼バーナを開発し、実生産炉における実証試験を行い、製品への影響も評価したうえで、大型工業炉への適用可能性の検討を完了する。 | 10kWスケールでの燃焼特性評価完了 200kWスケールバーナ開発完了及び、AGC生産炉における200kWバーナ検証実施 |
| ブルーアンモニア製造 | ハーバー・ボッシュ法に替わるアンモニア製造技術や水素製造技術などの各要素技術設計、ならびにプロセス最適化設計を完了する。 | 製造プロセスから発生する二酸化炭素を回収率90%以上達成し、全体プロセスの最適化により既存法に比べて消費エネルギーを20%以上削減可能であることを実証する。さらに将来的な大型化に備えスケールアップ時の課題抽出も併せて完了する。 | EPCコントラクトを入札により決定して契約締結し、基本設計および詳細設計共に工程通りに進捗 |

アウトプット目標の達成状況

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

| 実施項目 | 目標 (2024年3月) | 成果(実績) (2023年6月) | 達成度(見込み) | 達成の根拠/解決方針 |
|------------------|---|---|--------------------|----------------|
| アンモニア燃焼基礎特性把握 | 200kW級アンモニア燃焼バーナーを製作し、モデル燃焼炉においてアンモニア-酸素燃焼による、輻射伝熱強化条件と低NOx燃焼条件の検討実験と検証を行い技術確立する。ガラスメーカー等向けのアンモニア燃焼バーナーを設計、製作し、アンモニア燃焼の実証評価試験を行うことにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。 | ラボスケールバーナーで低NOx化機構を明確にし、工業炉の環境基準を達成した | ○ 2023年3月に達成 | |
| アンモニア-酸素バーナー開発 | | 200kW級アンモニア-酸素バーナーを開発し、NOx排出濃度を一般的な工業炉の規制値以下とした | ○ 2023年3月に達成 | |
| 工業炉でのアンモニア燃焼技術検証 | | AGCのガラス熔融実生産炉において200kW級アンモニア-酸素バーナーの技術実証 | ○ 2023年6月に達成見込み | 2023年6月下旬に実証予定 |

ブルーアンモニア製造に係る技術開発

| 実施項目 | 目標 (2024年3月) | 成果(実績) (2023年6月) | 達成度(見込み) | 達成の根拠/解決方針 |
|-------------------------|--|------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 大規模化を見据えた低炭素天然ガス改質技術の開発 | ハーバー・ボッシュ法に替わるアンモニア製造装置や水素製造装置等の各要素技術設計、およびCO ₂ 回収や熱収支バランス等のプロセスの最適設計を完了する。 | 基本設計、水素製造工程のシミュレーションモデルの作成を実施中。 | ○ 2024年3月に達成見込み | 基本設計、詳細設計共に工程通り進捗おり問題なし |
| 低炭素アンモニア合成プロセスの開発 | | 基本設計、アンモニア製造工程のシミュレーションモデルの作成を実施中。 | ○ 2024年3月に達成見込み | 基本設計、詳細設計共に工程通り進捗おり問題なし |
| 製造プロセス最適化・脱炭素化 | | 基本設計、シミュレーションモデルの作成を実施中。 | ○ 2024年3月に達成見込み | 基本設計、詳細設計共に工程通り進捗おり問題なし |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

特許出願及び論文発表

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

| | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 計 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 特許出願 (うち外国出願) | 0 | 0 | | | | 0 |
| 論文 | 0 | 1 | | | | 1 |
| 研究発表・講演 | 0 | 9 | | | | 9 |
| 受賞実績 | 0 | 1 | | | | 1 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 2 | 6 | | | | 8 |
| 展示会への出展 | 0 | 2 | 1 | | | 3 |

※2023年5月31日現在

ブルーアンモニア製造に係る技術開発

| | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 計 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 特許出願 (うち外国出願) | - | 0 | | | | 0 |
| 論文 | - | 0 | 1 | | | 1 |
| 研究発表・講演 | - | 0 | 1 | | | 1 |
| 受賞実績 | - | 0 | | | | 0 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | - | 1 | | | | 1 |
| 展示会への出展 | - | 0 | | | | 0 |

※2023年5月31日現在

<評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況（概要）

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み（**詳細版で説明**）
- 波及効果
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

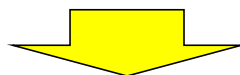
3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応

NEDOが実施する意義

- 2020年3月に経済産業省が策定した「新国際資源戦略」に明記されたCO₂削減としての「燃料アンモニアの利用拡大」に直接貢献できるものである。
- 2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、その重点分野の一つに、水素・燃料アンモニア産業（燃料アンモニア）は位置づけられており、この成長戦略を実行するためのグリーンイノベーション基金が設立された。
- グリーンイノベーション基金では、「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」のWGが立ち上がり、そのプロジェクトの執行は、NEDOにおいて実施される。
- 政策と連携しつつ、今後の燃料アンモニアのサプライチェーンを構築し、新規市場創出並びに市場拡大を図るため、民間のみでの実施は困難である。
- NEDOは石炭火力や工業炉の燃料アンモニアの利用技術開発にも携わっており、開発成果を用いて大量の「燃料アンモニア」の供給サイドと利用サイドの両面から事業を管理することができる。
- 国内外の市場創出、海外貢献の拡大につながるため、共通の技術基盤を構築し、広く普及に繋げていく観点からも予算を投じて開発を早期に進める必要がある。

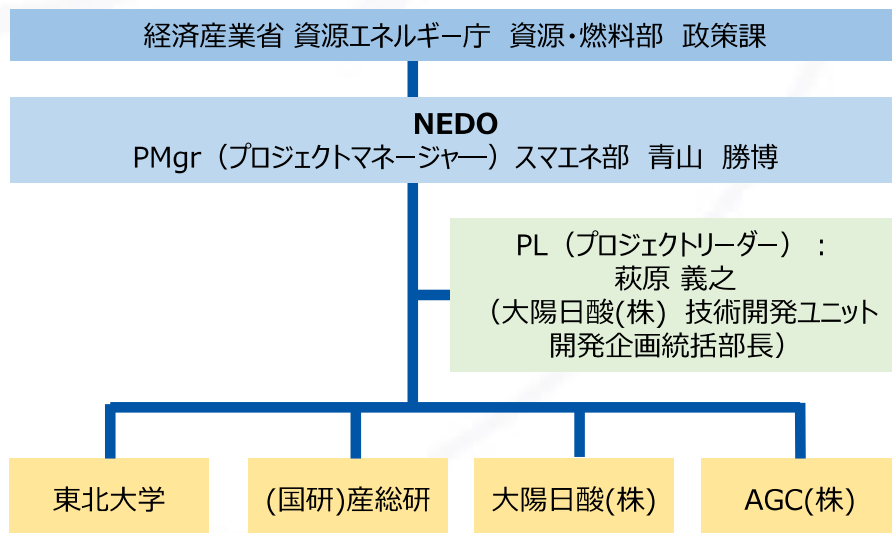


NEDOが持つこれまでのプロジェクトマネジメントの知識、実績を活かして実施すべき事業である。

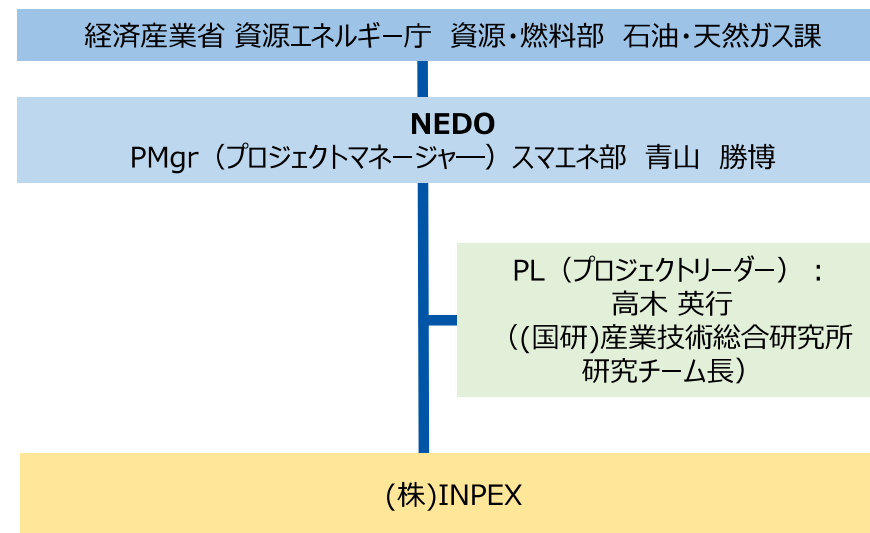
実施体制（責任体制）

- プロジェクトの進捗・将来展開をNEDO、資源エネルギー庁と実施機関で随時共有する。
- PL（プロジェクトリーダー）が、
 【工業炉】では、事業全体のプロジェクト管理を行い、必要に応じて各実施機関に指示命令を行い、プロジェクトの円滑な遂行に務める。
 【ブルーアンモニア】では、中心となる3つの要素技術に対して、当該技術分野の第一人者からのアドバイスを頂くことで、プロジェクト成果の最大活用を図る。
- PLは、PMgr（プロジェクトマネージャー）に各要素技術の情報やプロジェクト全体に関わる世界動向・情勢を報告する。計画との差異が生じた場合は、速やかにNEDOや資源エネルギー庁と対応方針等を検討する。

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

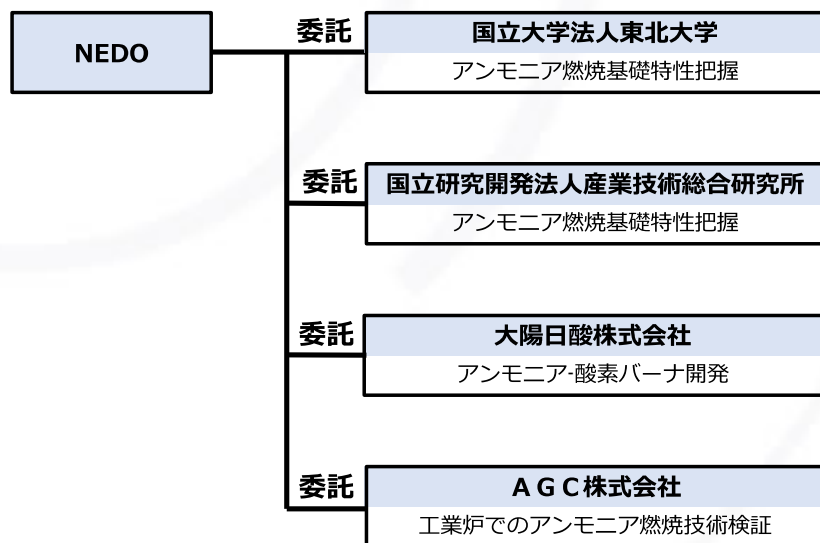


ブルーアンモニア製造に係る技術開発

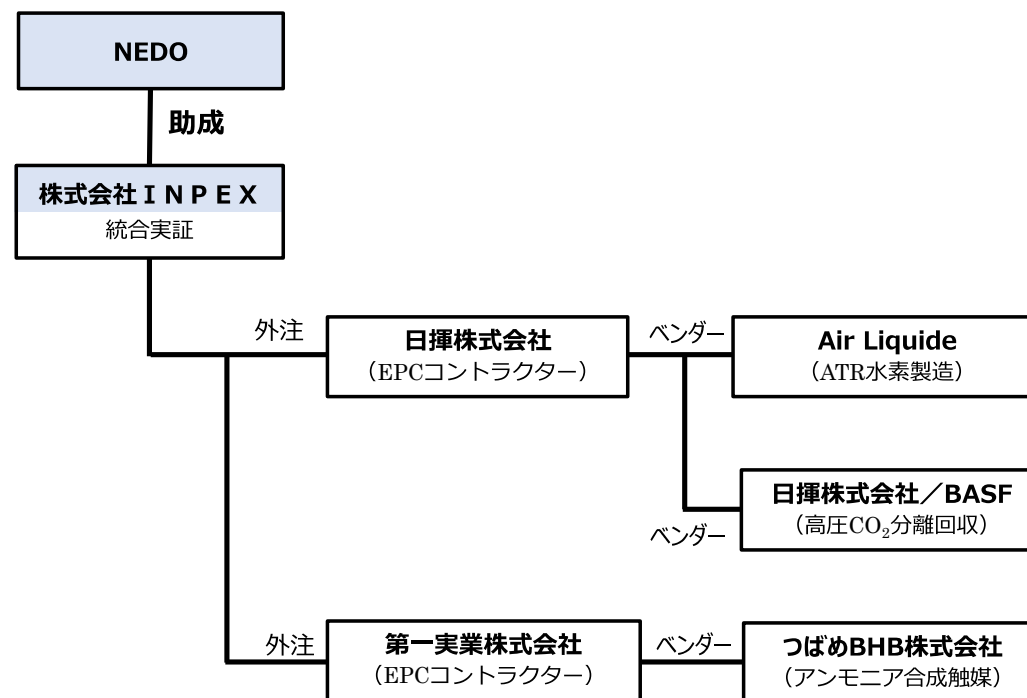


実施体制 (実施者間での連携)

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発



ブルーアンモニア製造に係る技術開発



個別事業の採択プロセス（工業炉）

【公募】 公募予告（2021年9月28日）⇒公募（9月28日）⇒公募〆切（10月27日）

【採択】

採択審査委員会（2021年11月19日）

採択審査項目；NEDOの標準的採択審査項目で実施。

採択条件；採択審査委員会では、以下を条件に採択が行われた。

- ・開発したバーナを着実に実用化に繋げるため、最終製品であるガラス製品側からの品質要求の数値指標、並びにその評価をするための実施手法を明確にし、その評価をする為のバーナの性能目標に反映させること。
- ・NOxに関する具体的な数値目標が、東北大学の実施内容のみの目標値に見えるため、本事業の最終目標に具体的な目標値を設定すること。
- ・ガス体として燃料アンモニアを用いる場合、バーナだけで無く蒸発器などの附帯設備が必要となるため、実用化に向けたシステム全体の経済性を明らかにすること。
- ・実用化に重要となる安全性についても十分に検討し、問題点や従来からの変更点の有無を確認すること。

研究の健全性・公平性の確保に係る取組；以下の点に留意した。

- ・公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。
- ・2021年度から実施していた、エネルギー・環境新技術先導研究プログラムの「金属加熱炉」テーマでの実施概要と重複が無いことを確認した。

【事業開始】 2021年12月10日

研究開発期間：1年5か月

個別事業の採択プロセス（ブルーアンモニア）

【公募】 公募予告（2022年4月20日）⇒公募（6月1日）⇒公募〆切（6月30日）

【採択】

採択審査委員会（2022年7月14日）

採択審査項目；NEDOの標準的採択審査項目で実施。

採択条件；採択審査委員会では、以下を条件に採択が行われた。

- ・提案する反応条件（温度、圧力）において、実機を想定したサイズの成形触媒を使用して、つばめBHB触媒と、商用として入手できるアンモニア製造触媒（例えば、AmoMax 10 Plus）を比較して、1パスの出口アンモニア濃度および、耐久性において優位である触媒を選定すること。
- ・アンモニア製造に関するCAPEXの内訳を精査すること。
- ・上記の2項目の結果について、2023年6月末までに、外部有識者による評価を受け、事業計画に反映させること。

研究の健全性・公平性の確保に係る取組；以下の点に留意した。

- ・公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。
- ・グリーンイノベーション基金「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」のアンモニア合成新触媒の開発における、再委託先事業者の実施内容を確認し、本プロジェクトとの重複がないことを確認した。

【事業開始】 2022年11月29日（交付決定）

研究開発期間：6か月

予算及び受益者負担

◆予算（実績値）

| 研究開発項目 | | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 合計 ('21~'23年度) |
|-----------------------|------------|--------|--------|--------|-------------------|
| 工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発 | 委託 100% | 28 | 522 | 380 | 930 |
| ブルーアンモニア製造に係る技術開発 | 補助率 50% | — | 594 | 1,344 | 1,938 |
| 合計 | | 28 | 1,116 | 1,724 | 2,868 |

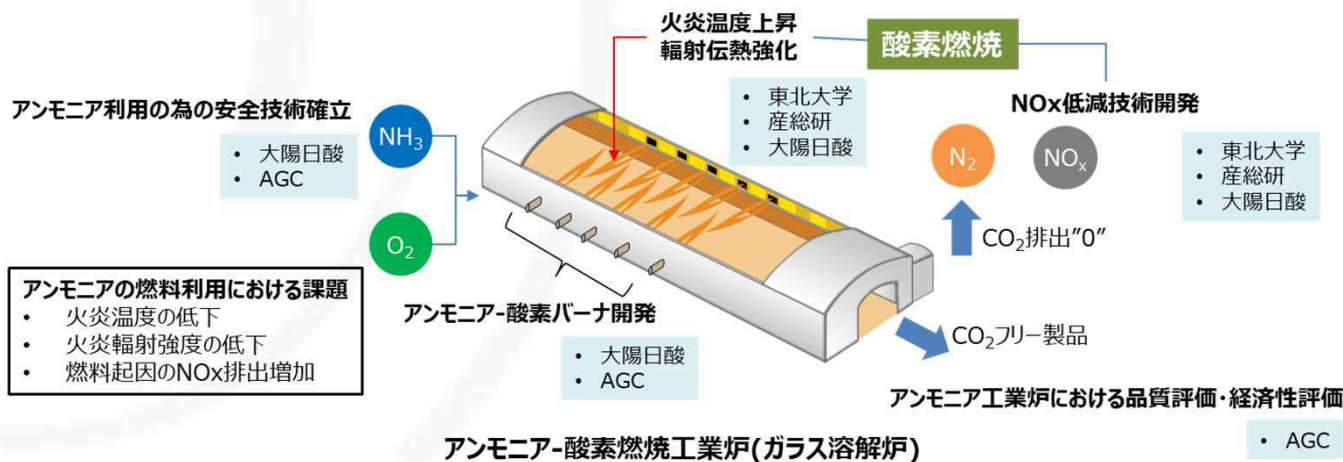
(単位：百万円)

◆委託及び補助事業の理由

・工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発は、アンモニアを発電用ボイラーの燃料として利用することは、既に研究開発・技術実証が開始されているが、世界で初めて、アンモニア専焼、かつ被加熱物質が製品（本プロジェクトの場合、ガラス）である実生産炉でのアンモニア燃焼を実証試験することは、事業者にとってもリスクが高い技術開発のため、委託事業で実施する。

・ブルーアンモニア製造に係る技術開発は、天然ガスからのアンモニア製造における脱炭素化を図る技術構築のため、①天然ガスの改質(ATR)、②高圧CO₂回収、③HB法よりも低温・低圧で反応させるアンモニア触媒などの要素技術は、現存する技術を活用し、新しい製造プロセスを構築することを目指す事業であることから、補助事業で実施する。

目標達成に必要な要素技術

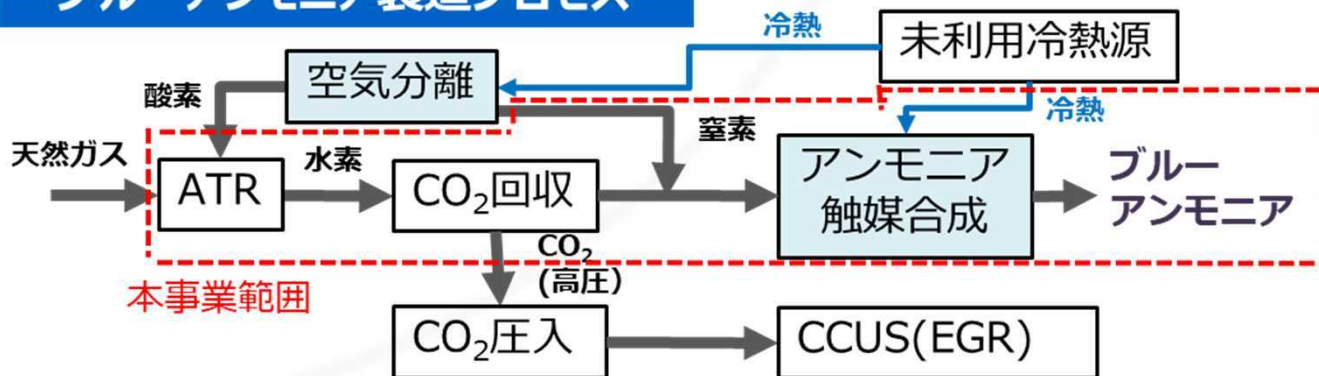


工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

- 従来の炭化水素系燃料を燃焼するバーナーと比較して
 - ①同等の輻射性能を有し、
 - ②国内の環境規制をクリアできるNOx排出レベルとするアンモニア燃焼バーナーの開発
- 工業炉における長時間・連続燃焼による実証評価試験の実施
- 燃料アンモニア利用の燃焼特性、安全性、経済性、製品品質への影響等を評価し、それを反映したバーナーや工業炉の最適化
- 1MW級アンモニア燃焼バーナー及び周辺技術の設計技術の確立
- 大型工業炉への適用可能性の検討

低NOx燃焼技術/輻射伝熱強化技術/燃焼シミュレーション技術

ブルーアンモニア製造プロセス



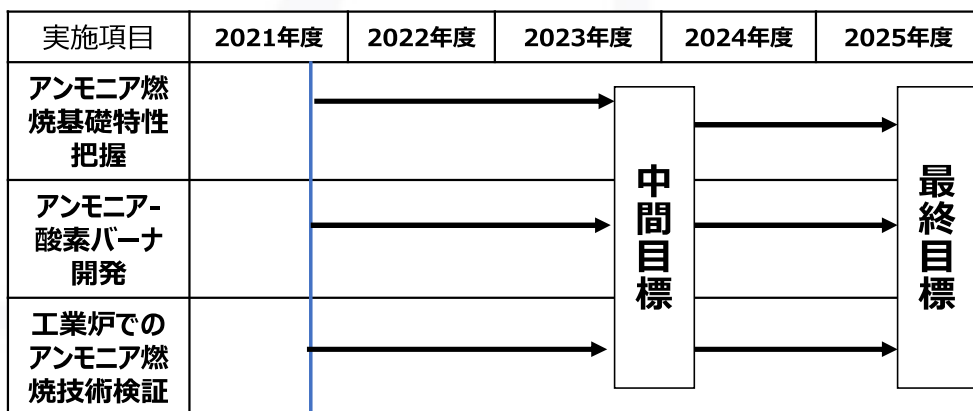
ブルーアンモニア製造に係る技術開発

- 天然ガスの改質によるブルー水素の製造とハーバー・ボッシュ法に替わるブルーアンモニア製造方法を組み合わせた製造技術の実証
- 製造プロセスから発生するCO₂回収率90%以上の達成
- 全体プロセスの最適化による既存法に比べて20%を超える消費エネルギー効率の向上
- 将来的な大型化に備えスケールアップ時の課題の抽出

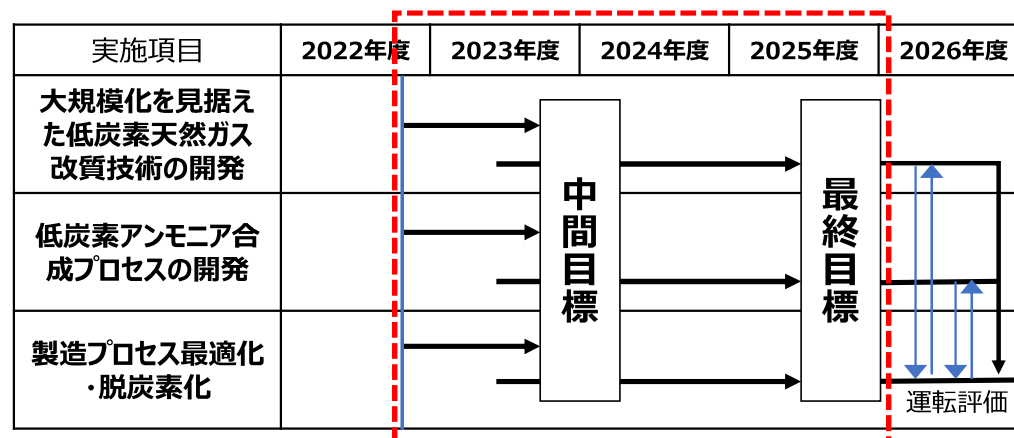
ATR技術/CO₂分離回収技術/(EGR技術)/低温・低圧アンモニア合成技術

研究開発のスケジュール

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発



ブルーアンモニア製造に係る技術開発



本事業の期間

【予算】
(実績値)

| 研究開発項目 | | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 合計 ('21~'23年度) |
|-----------------------|---------|--------|--------|--------|----------------|
| 工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発 | 委託 100% | 28 | 522 | 380 | 930 |
| ブルーアンモニア製造に係る技術開発 | 補助率 50% | — | 594 | 1,344 | 1,938 |
| 合計 | | 28 | 1,116 | 1,724 | 2,868 |

進捗管理

NEDOにおける進捗管理

- 予算**
概算払いの定期的タイミング（四半期に一度）で、合わせて、予算の進捗状況について確認する等、計画的な予算執行の管理を実施した。
- 研究開発進捗**
各研究実施項目の事業者とは、個別テーマの進捗状況を適宜確認すると共に、研究実施場所を訪問し、試験設備や実証試験予定の生産窯の確認を行った。

※ガラス製造メーカーの実証予定施設は、政策原課のメンバーにも見学していただき、事業への理解度を高める取り組みを実施（2回/年）
- 他事業との重複および連携**
燃料アンモニアを取り扱う事業は、本交付金事業以外にエネ環先導研究、GI基金事業でも実施している。特に工業炉のテーマは、分野(製品)が多岐にわたるので、NEDOの推進部とMETI原課での整理を行い、重複を避けて事業を実施している。
一方、特に燃料アンモニアの利用分野では、GI基金で、発電分野、運輸分野のテーマが実施されているので、課題の共有や国内外の最新動向の把握などを中心に情報交換（1回/月）を行い、NEDO内での連携体制を構築している。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

実施者とのコミュニケーションや情報収集（他機関との意見交換）を通じて、燃料アンモニアに関する、国内企業の動向、政策・制度設計に関する情報を把握して、実施計画に追加で必要な項目、およびそれに伴う予算が必要となるかについて、NEDOからも積極的に事業者に働きかけを行い、必要な計画変更（予算配分も含め）を柔軟・迅速に実施した。

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

○研究開発項目の追加 と その実施のための追加予算の配分

ガラス溶解の実生産炉での実証試験までに、アンモニア燃焼バーナについて、新たなデータを試験炉にて確認することが必要になり、以下の項目を追加し、

- ・アンモニア燃焼のNH₃ およびNO_x の排出挙動予測
- ・アンモニア燃焼雰囲気ガスが炉材等に与える影響の評価

そのデータ取得・評価に使用する装置購入のため、2022年7月 および 2023年4月 に追加予算を配分した。