

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」
中間評価報告書

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 斎藤 保 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」
中間評価報告書

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-3
2. 評点結果	1-13
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「燃料アンモニア利用・生産技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「燃料アンモニア利用・生産技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 74 回研究評価委員会（2023 年 8 月 8 日）に諮り、確定されたものである。

2023 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2023年6月28日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	くろせ りょういち 黒瀬 良一	京都大学 大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授
分科会長 代理	はら きぶろう 原 三郎	一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部 副本部長
委員	しばた よしあき 柴田 善朗	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット 担任補佐・研究理事
	のりなが こうよう 則永 行庸	名古屋大学 未来社会創造機構 脱炭素社会創造センター 教授
	はたえ とおる 波多江 徹	東京ガス株式会社 基盤技術部 次世代技術研究所 副所長
	みやおか ひろき 宮岡 裕樹	広島大学 自然科学研究支援開発センター 准教授
	やまさき はやひで 山崎 勇英	株式会社日本触媒 事業企画本部 マーケティング戦略部 部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きのの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学 教育学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

第 1 章 評価

1. 評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

「ブルーアンモニアの製造」と「工業炉での燃料アンモニア利用」の技術開発を行う本プロジェクトは、2050年のカーボンニュートラルに向けた取組みとして、その位置付けは明確であり、実施する意義は大きい。世界で更なる発展、展開を目指す上で、燃焼と製造の両面で多様な手段を持つことが日本の外部環境変化への耐性に繋がることから、極めて重要なプロジェクトである。

アウトカム達成までの道筋において、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、ガラス熔融炉を対象とした大型炉での実証やコスト低減による事業化と並行し、ガラス熔融炉以外の様々な工業炉への展開に向けたバーナー開発による事業化を見据えていることから、最適なアウトカム達成に向けた道筋が示されていると判断する。

知的財産戦略において、保安や安全性評価等の非競争域の技術については、燃料アンモニアの社会実装に必要な不可欠なものであることからオープンにし、製造ノウハウに係る技術についてはクローズにしている点が評価できる。

一方、アウトカム達成までの道筋において、「ブルーアンモニアの製造」については、トータルプロセスとして確立できる見通しを得るために、立地条件の整理と具体的な候補地の探索や、アンモニアや水素の経済性及びCO₂削減効果を把握するため、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価が必要になると考える。今後、国内外での技術開発やルール整備が急速に進むことも想定されることから、新たな制度・規制への対応や外部環境の変化の影響を継続的に評価し、他技術に対する優位性をタイムリーに見直し、必要に応じて有望な関連技術の取り込みなども検討していくことが望まれる。

知的財産・標準化戦略に関して、「ブルーアンモニアの製造」では海外での実施を想定していることから、特許の取り扱いについての検討、また、「工業炉での燃料アンモニア利用」では、海外勢に先駆けて燃焼技術で達成した、排ガス中のNO_x、N₂O、残存アンモニア濃度をバーナーや炉の基準値として設定するなどの検討も期待したい。

1. 2 目標及び達成状況

2050年カーボンニュートラルに向けた国のビジョンやグリーンイノベーション基金の研究開発目標等を根拠に、数値目標が設定されているアウトカム目標設定の考え方は、評価できる。

アウトプット目標において、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、類似の既存研究よりも難しい技術が課題として設定されているにも関わらず、既に目標に対して優れた成果が出てきており、高く評価できる。本研究で得られる成果は、類似のアンモニア燃焼の利用分野での発展への貢献が期待できる。また、成果の公表や特許出願については、学術的な成果とするか知財とするか、適切な戦略のもとに判断が行われている。ブルーアンモニアの製造についても実証に必要な設備に関するシミュレーションや建設に向けた準備を計画通りに進めており、中間評価として進捗は評価できる。

一方、「ブルーアンモニアの製造」については、アウトカム目標において、製造コスト目標値を\$200～340/ton-NH₃と設定しているが、製造コストは天然ガス価格や為替レート等に大きく依存することから、達成状況が不明確になる恐れがある。現在掲げている数値ありきではなく、例えば本プロジェクト終了時点での外部変動要因の影響を考慮するとともに、算定範囲や前提条件も明確にして達成状況を評価できるような工夫が必要である。また、適用候補地でのCO₂削減貢献量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカム目標に設定するなどの見直しも必要であると考えます。

今後については、オープン領域では積極的に権利化することを考えられていることから、海外動向を踏まえた特許出願を期待する。

1. 3 マネジメント

我が国の政策の中で重要な技術と位置付けられている水素・燃料アンモニアのサプライチェーン全体に対し、様々なプロジェクト間の連携及び効率的な実施が求められることから、グリーンイノベーション基金事業等において複数の事業を推進しているNEDOが本プロジェクトを実施することは妥当であると評価する。また、実施体制において、実施者は各分野でこれまで研究開発実績があり、適切な役割分担がなされ、体制は有効に機能していると考えます。具体的には、「工業炉での燃料アンモニア利用」については、基礎研究から事業実証において適切な大学・研究機関・企業により構成されている。「ブルーアンモニアの製造」については、この製造技術を国内で実証後、海外での実用化・事業化まで視野に入れた体制になっている。さらに、アンモニア分野のプロジェクトが多数並行して進行している中、重複なく整理することと情報共有することで、全体を俯瞰したマネジメントを実施できていると考えます。

受益者負担の考え方については、研究開発項目ごとに委託及び助成事業の理由が明確化された上で、研究開発が実施されていることは評価できる。具体的には、「工業炉での燃料アンモニア利用」が研究開発要素を多く含む課題である一方で、「ブルーアンモニアの製造」は事業化に近い製造プロセスの構築に関連する課題であることから、前者が委託、後者が助成というのは妥当である。

研究開発計画においては、各要素技術開発が適切に選定されており、研究スケジュールについて、中間評価時点では計画通り、或いはそれ以上の進捗であると判断される。

今後、特に「ブルーアンモニアの製造」の技術に関しては、成功すれば大きなインパクトが期待される研究開発項目ではあるが、短期間で成功へと導けるかというリスクもあることから、可能な範囲で研究開発における課題を明確化し、プロジェクトリーダーをはじめとした関係者との連携をより密に行い、確実に推進することを期待したい。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- ・ 現在世界をリードしている本分野の更なる発展、展開を目指す上で本事業は極めて重要である。
- ・ 2050年のカーボンニュートラル実現に向けては、様々な分野でのCO₂排出削減が必要となる。我が国においては脱炭素燃料の一つとしてアンモニアが位置付けられ、その導入拡大が図られている。工業炉分野においては、電化（電気炉）での対応が困難な領域があり、脱炭素燃料の活用が重要な技術選択肢となり得る。また、経済性のある大量の燃料アンモニアを安定的に製造・供給することは、我が国のエネルギーセキュリティの観点からも不可欠である。ブルーアンモニアの製造と工業炉でのアンモニア利用の技術開発を行う本プロジェクトは、カーボンニュートラルに向けた取組みとして、その位置付けは明確であり、実施する意義は大きいと評価する。
- ・ ブルーアンモニアの製造に関しては、国内での小規模実証を行ったうえで、コスト低減等の実用化フェーズ、スケールアップと海外展開を図る事業化・海外展開フェーズを設定している。工業炉での燃料アンモニアの利用については、ガラス溶融炉を対象とした大型炉での実証やコスト低減による事業化と並行しガラス溶融炉以外の様々な工業炉への展開に向けたバーナー開発による事業化を見据えている。いずれも、本プロジェクト終了後の事業化までの取組みが示されており、現段階での工程として妥当なものと判断できる。
- ・ 非競争域／競争域、公開／非公開の考え方は妥当と判断する。非競争域で公開を考えている保安・安全対策や安全性評価は、燃料アンモニアの社会実装に必要不可欠なものであり、積極的な成果の公開は本プロジェクトのみならず、他の関連プロジェクトも含めて燃料アンモニアの社会実装に大きく貢献するものとする。
- ・ アンモニア利用は石炭火力との混焼が注目されがちであるが、Hard-to-abateな工業炉への利用に着目している点が評価できる。

注) Hard-to-abate (CO₂排出削減が困難な産業)

- ・ 保安や安全性評価等の非競争域についてはオープンにし、製造ノウハウに係る技術についてはクローズにしている点が評価できる。
- ・ 工業炉等、いわゆる Hard to abate なセクターにおける脱炭素燃料への転換の意義は大きく、ガラス溶融炉におけるアンモニア利用技術開発の意義を認める。また、競争力があり、かつ、国産のブルーアンモニア製造技術は、2050年の3,000万トンアンモニア供給目標を達成する上でも、取り組むべき課題で有り、その開発の意義を認めることができる。
- ・ 【燃焼】2050年カーボンニュートラル実現に向けて、石炭火力への混焼を目的に大量に輸入されるであろうアンモニアを、熱需要の中でも特に高温で電化が難しいガラス溶融炉での利用を可能とする燃焼基盤技術の確立と実証は位置づけが明確であるといえる。

- ・ **【製造】** カーボンニュートラルなアンモニアを燃料と見た場合、安定調達、安価な調達は重要であり、その供給量を増大する取り組みは国において実施する意義があるといえる。燃焼と製造両面において、特に日本においては多様な手段をもつことが外部環境の変化への耐性に繋がることから、意義はあるものと考えられる。
- ・ **【燃焼】** アンモニア燃焼の基礎特性を小型バーナーから詳細に把握してシミュレーション環境を整え中大型に適用していく進め方は、達成の道筋としてまた他用途への波及の両面で評価できる。また利用者の製品の品質評価まで同時行う点も、技術の到達レベルを把握する上で評価できる。また海外に同様のプロジェクトがなく先駆的取り組みとも評価できる。
- ・ **【製造】** HB 法に代わる新たな製造方法の確立に向けて、既存技術を組み合わせて総合的にエネルギー消費量やコストを試算すること、技術的にはプロセスシミュレーションと部分であるものの小規模実証による検証・スケールアップの設計指針の確立は評価できる。

注) HB 法 (ハーバー・ボッシュ法)

- ・ 両面で、競争/非競争領域や公開/非公開の内容と対応策については妥当と考えられる。様々な工業炉に波及し需要拡大を実現するためには、アンモニアを「安全に使うための対策」が事業実施者だけでなく広く認知される必要があるため、安全・保安の非競争領域・公開の設定は評価できる。海外でもアンモニア燃焼の技術開発が始まっている状況から今後の知的財産の取得を計画通り進めていただきたい。
- ・ 2050 年カーボンニュートラル実現に向けたアンモニア利用技術の研究開発において、その他プロジェクトとの関係性も含め適切な位置づけ、意義が設定されている。国内、海外での既存技術や研究動向についても十分な調査が行われている。特に工業炉に関する研究については、条件が難しく挑戦的な課題が設定されている点も評価できる。
- ・ 定量的な数値目標、役割等が示され、概ね具体的且つ最適なアウトカム達成に向けた道筋が示されていると判断される。
- ・ 論文や学会等で公表する内容と、特許出願を行う内容については、分類及び計画的な公表の準備が進められている。現状、出願特許数が少ないが、これまでの成果について戦略的に出願を進めていく予定が立てられている。
- ・ 我が国の温室効果ガスの抑制の一つの方策として、燃料アンモニアの利用拡大は政策として重要な項目である。その上で、プロジェクトが先行している石炭混焼や GTCC に加えて、熱を利用する工業炉技術に燃料アンモニアを活用することは意義がある。また、燃料アンモニアの社会実装には、ブルーアンモニアの供給が重要である。ブルーアンモニアの製造プロセスは、現時点では従来のアンモニア製造方法に比べてコストが高く、特に CO₂ の捕捉、貯蔵工程のコストの低減が重要である。ブルーアンモニアの製造技術の確立のため、CCS/EGR の技術を国内で小規模実証し、水素、アンモニア製造に連結することは意義がある。

注) GTCC (ガスタービン・コンバインドサイクル発電プラント)

注) CCS (Carbon-dioxide Capture and Storage CO₂ 回収貯留)

注) EGR (Enhanced Gas Recovery ガス増進回収)

- ・ 工業炉において大型ガラス溶融炉をターゲットとして、実用化・事業化を前提に事業を進めていることは評価できる。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ アウトカム目標にコストを明確に（数値的に）示している点については再検討が必要である。10年以上も先の社会情勢を考慮して見積もるのは困難ではないか。
- ・ 国内外での技術開発やルール整備が急速に進むことも想定される。これら外部環境の変化の影響を継続的に評価し、他技術に対する優位性、有望な関連技術の取り込み、新たな制度・規制への対応等の観点から、時間軸も含めてタイムリーに見直ししていくことを望む。ブルーアンモニアの製造に関しては、海外展開を図るとしているが、本プロジェクトの実施期間中から、本提案プロセスの特性上必要となる立地条件の整理と具体的な候補地の探索も進めておく必要があるのではないか。
- ・ ブルーアンモニアの製造に必須の CCS は本技術開発の対象範囲外である。つまり、CCS が実施できればブルーであり、実施できなければグレーである。したがって、外部要因である CCS を含めず、あくまで新たなアンモニア製造技術開発を行うという点を明確にしたほうが良い。この観点からは、従来型のアンモニア製造技術と本提案技術を比較し得失を示した資料があれば、本提案技術の意義がより分かりやすくなる。
- ・ アンモニアや水素の経済性や CO₂ 削減効果は、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価が求められる。本事業で対象とした技術が将来的なアンモニアサプライチェーンの中に組み込まれた際の評価を今後期待したい。
- ・ アンモニア利用/プロジェクトの意義を明確化するという観点では、工業炉用途のアンモニア需要の 2030 年、2050 年の見通しであったり、その目標値については、実施者間で検討、合意、共有されていることが望ましい。必要に応じて、そのターゲットとするアンモニア工業炉の市場規模を国内、海外も含めて、開示していくことも、プロジェクト実施に対して、より多くの理解を得る上では有効と思われる。
- ・ 今後の必要に応じた知財化、ノウハウの確保を含む成果に期待したい。
- ・ 【燃焼】ブルーアンモニア需要量に対する本事業の需要拡大量は、限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標としても置くことに違和感がある。利用可能分野においては、適用時の CO₂ 削減量や CO₂ 削減コストをアウトカムと位置づけてはどうか。
- ・ 【製造】ブルーアンモニア製造に対する本事業の範囲は、適地の観点から当初想定よりも限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くことに違和感がある。既存技術との比較は必要であるものの、適用候補地での CO₂ 削減量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカムとして位置づけてはどうか。

- ・ いずれのプロジェクトについても、海外で同様な研究開発が進められる可能性があるため、今後も動向調査を続けつつ研究を進めることが望ましい。
- ・ アンモニアを取り扱う設備においては、安全性の担保は必要不可欠であり、この点に関する取り組みについて明確化した方がよい。
- ・ アンモニア合成については、海外での実施が想定されているので、その際の特許の取り回しについての検討が必要である。
- ・ 工業炉における CO₂削減技術としては、電気炉技術および水素燃焼炉技術が国内外で検討されている。電化等で対応が難しい温度域があるということであるが、実用上、本事業の技術を電気炉、水素燃焼炉の技術をどのように使い分けていくか、ハイブリッド技術として実装するか整理していく必要がある。
- ・ 工業炉は加熱対象が多岐にわたることから、バーナー構造、炉構造において共通部分と加熱対象に応じて仕様が異なってくる部分が存在する。この部分は、標準化戦略も含めて、整理して行く必要がある。ブルーアンモニア製造は、提案されたプロセスがトータルプロセスとして確立できる見通しが重要であり、さらに提案プロセスが海外ライセンサーのプロセスと比較して、技術面、コスト面で優位である部分を明確に示すことが必要である。現状、アンモニア製造技術が海外のライセンサーの技術によるものであるため、アウトカムとして事業化を考えた場合、海外ライセンサーとの協業は必須であり、どのように連携可能であるかの調査が必要である。
- ・ 標準化戦略にあたっては、工業炉において、キャッチアップして行くことが予想される中韓勢に先駆けて、燃焼技術で達成した、排ガス中の NO_x、N₂O、残存アンモニア濃度をバーナーや炉の標準基準として設定する検討が必要である。

1. 2 目標及び達成状況

<肯定的意見>

- ・ 特に、「工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発」については、既に基礎的な優れた成果が出てきており、高く評価できる。
- ・ アウトカム目標としてブルーアンモニアの製造コストを設定しているが、燃料アンモニアの社会実装・利用拡大にとって、経済性の指標の一つとなる製造コストの重要性は理解できる。
- ・ 研究開発項目 1 については、ラボスケールバーナーで各種条件が NO_x 濃度に及ぼす影響等体系的にデータを取得することで低 NO_x 燃焼条件の指針を得るとともに、200kW 級アンモニア-酸素バーナーにおいても NO_x 排出濃度を基準値以下に抑えられることを明らかにし、ガラス熔融実生産炉での 200kW 級アンモニア-酸素バーナーの技術実証まで実施していることから、中間目標を全て達成し、順調に進捗していると高く評価する。
- ・ 2050 年カーボンニュートラルに向けた国のビジョンや計画などに関連した目標設定の考え方である点は評価できる。

- ・ 【燃焼】 基礎的な燃焼特性の把握から小型のバーナー開発、実証試験を計画通りに実施し、大きな課題がなく順調に進捗していると評価できる。また、その状況を踏まえ、最終目標に適用先拡大や社会実装の前倒しを目指した追加目標設定もされており、成果の最大化に向けて適切に取り組まれている。
- ・ 【製造】・ 実証に必要な設備に関するシミュレーションや建設に向けた準備を計画通りに進めており、中間評価として進捗は評価できる。
- ・ GI 基金の研究開発目標等を根拠に数値目標が設定されている。本プロジェクトで実施されるアンモニア利用技術はいずれも早急に確立すべきであり、特に他分野への展開が期待される工業炉でのアンモニア利用に関する研究は重要な位置づけであるため、国費投入による本研究の早期の目標達成が強く望まれる。
- ・ 工業炉、ブルーアンモニア製造、いずれの課題についても具体的且つ適切な目標が設定されていると判断される。中間目標については、概ね達成されていると評価できる。工業炉については、類似の既存研究よりも難しい技術が課題として設定されているが、予定した計画以上に順調に研究開発が進められているという印象を受けた。本研究で得られる成果は、類似のアンモニア燃焼の利用分野の発展への貢献が期待できる。成果公表や特許出願については、学術的な成果と知財として認められる成果を判断する等、適切な戦略の下に行われている。
- ・ 工業炉は、事業化としてガラス製造メーカーが本技術を製造工程にて実装することを目標としていて、具体性があり評価できる。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ コストの議論は重要であるが、それに終始するのではなく、基礎研究や技術開発のブレイクスルー等についても重視した方が良い。
- ・ 製造コストは、その算定範囲や前提条件等が明確になっていなければ、その価値を正しく理解することが困難である。また、天然ガス価格や為替レート等いくつかの外部変動要因の影響を受ける。アウトカム目標としての製造コストは、現在掲げている数値ありきではなく、例えば本プロジェクト終了時点で外部変動要因の影響を考慮するとともに算定範囲や前提条件も明確にして、その数値の位置付けを正しく理解できるよう工夫をしていただきたい。水素やアンモニアをグリーンやブルーという色では無く炭素集約度により整理する動きが出ている。ガラス溶融炉での燃料アンモニア利用も含め、炭素集約度や CO₂ 排出原単位等の観点からの目標設定についても検討の余地があるのではないかと。
- ・ 研究開発項目 1 については、現在目標にしている NO_x 排出濃度のクリアだけではなく、現在操業中の既存のガラス溶融炉での実績値との比較・評価も行い、更なる低 NO_x 化へ取り組むことを期待する。また、バーナー開発における事業化を見据えると、ガラス溶融炉とは異なる NO_x 排出基準の様々な工業炉への展開に必要な知見を本プロジェクト期間中に蓄積することも重要なことと考える。研究開発項目 2 については、プロセスの全体最適化にはプロセスシミュレータが非常に重要

な役割を果たすと考えられる。最新の技術情報の活用や小規模実証の実データのフィードバック等により精度の高いシミュレータを構築し、既存技術との比較も含め、大規模プラントへのスケールアップ評価へ活用することを期待する。また、消費エネルギーの削減に関して、提案プロセスの重要技術以外にも視野を広げ、既存技術ベースであっても本プロセス特有の条件に合わせて最適化の余地のある周辺設備についての検討も実施する価値があるのではないか。

- ・ブルーアンモニアの製造コスト目標は天然ガス価格に大きく依存することから、天然ガス価格に依存する変動費とその他設備費等を分割して目標設定すれば、本技術開発が目指す位置がより明確になる。
- ・アンモニア製造/燃焼排ガスからの低圧 CO₂ではなく、プロセスガス（ATR からの生成ガス）からの高圧 CO₂を省エネルギーで回収できる点が特長の一つである。これを活かして、CO₂の回収率をさらに向上させ、グリーンアンモニアに匹敵する炭素強度(Carbon Intensity)を、グリーンアンモニアと同等のコストで実現できれば、本技術が脱炭素へのトランジションにおける低炭素技術に留まらず、脱炭素技術の一つとして成立し、本技術の寿命をより長期化させられる可能性がある。その意味では、90%以上の CO₂回収率を目指す取り組み（技術開発等）も今後検討する価値があろう。

注) ATR (Autothermal Reforming 自己熱改質)

- ・アンモニア製造/ハーバー・ボッシュ法等に基づいた大規模ブルーアンモニア製造 (>100 万トン/年) に関する FS、PreFEED、投資検討等が進む中、数年のうちには、商用ブルーアンモニア製造プラント建設・運用が見込まれる。このような世界の動きの中、本プロセスの競争力の確保という観点からは、市場投入時期や様々な立地での FS 等に関する検討も、研究開発の加速と並行して、なお一層進められることを期待したい。

注) FS (Feasibility Study 事業化の可能性調査)

注) PreFEED (前段階の概念設計/概算費用検討)

- ・【燃焼】ブルーアンモニア需要量に対する本事業の需要拡大量は、限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くと達成状況の計測が不明確になる恐れがある。本事業の CO₂削減コストを他の手段と比較し需要可能な水準であることを確認するとともに、利用可能分野の規模を定量的に見積もって適用時の CO₂削減量をアウトカムと位置づけてはどうか。
- ・【製造】ブルーアンモニア製造に対する本事業の範囲は、適地の観点から当初想定よりも限定的だと見受けられるため、ブルーアンモニア製造コストをアウトカム目標に置くと達成状況の計測が不明確になる恐れがある。既存技術との比較は必要であるものの、適用候補地での CO₂削減貢献量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカムとして位置づけてはどうか。
- ・オープン・クローズ戦略では積極的に権利化ライセンスとあることから、海外動向踏まえ今後の特許出願を期待したい。一方で、利用拡大に向けては安全や保安に関

する情報発信をすることとなっているため、こちらも具体的なアウトプットを期待したい。

- ・ **【製造】** 提案プロセスの実現可否は、アンモニア製造に必要な冷熱の必要量と冷熱源からの供給量のバランスにかかっているため、理想的なエネルギー収支に加えて、具体的な候補地でのエネルギー収支や **OPEX** を検討してはどうか。
- ・ もし、実装に向けて課題があれば抽出して対応方針までは検討してはどうか。

注) **OPEX (Operating Expense 事業運営費)**

- ・ アンモニア製造コストの目標がかなり厳しい値に設定されているという意見がでていたが、目標達成に向けたシステム設計等を進めてほしい。
- ・ アンモニア合成プロセスに、特に低温低圧アンモニア合成に関して、触媒選定や反応条件の設定が不明確な印象を受ける。目標達成に向け、触媒を含めたモデルの構築を早急に進めることが望ましい。
- ・ ブルーアンモニア製造コスト \$200~340/ton-NH₃ の道筋が明確には見えていない。製造コスト目標を設定することは必要と考えるが、工業炉の実証を受けた結果を含めて、CO₂削減効果もアウトカムとして評価すべきである。
- ・ 工業炉において、燃焼技術として酸素燃焼（酸素富化燃焼）に加えて、高温空気燃焼も実施するということであるが、ガラス熔融炉分野以外の金属加工（加熱）分野に展開することを想定した場合、NEDO の他の事業との技術的なアウトプットの共有化や整理、デマケについて事業を俯瞰して調整することが必要である。特に大学等の基礎技術研究については複数の大学で同じような研究を実施して、委託事業が重複していないか NEDO 側で確認すべきである。

1. 3 マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」が研究開発要素を多く含む課題である一方で、「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」は事業化に近い製造プロセスの構築に関連する課題であることから、前者が委託 100%、後者が補助率 50%というのは妥当である。
- ・ CO₂排出削減技術として水素・燃料アンモニアの利用拡大は、我が国の政策の中で重要な技術と位置付けられている。水素・燃料アンモニアの製造・供給から利用までのサプライチェーン全体に対し、様々なプロジェクト間の連携も含めて効率的に実施していくことが重要であり、水素関連も含めて GI 基金事業等において複数の事業を推進している NEDO が本プロジェクトを推進することは妥当なものとして評価する。研究開発項目 1 は、燃焼の基礎的研究、その知見を反映した実機バーナー設計、実機バーナーの実生産炉での技術実証の各ステップの中心となる実施者が連携する体制を、研究開発項目 2 においては、プロセス構築のカギを握る重要技術のベンダーが連携して最適化を行う体制を構築しており、実施者の体制は適切なものと判断する。

注) GI 基金 (グリーンイノベーション基金)

- ・ 研究開発項目 1 は、アンモニア-酸素燃焼場での NO_x 生成メカニズムや反応解析モデルは未だ確立されたものは存在しないことに加え、アンモニア - 酸素燃焼場に製品が直接さらされるガラス溶融炉をターゲットにしている。これまでにない燃焼に関する基盤技術の開発とガラス溶融炉の実生産炉での実証を目指すもので、その技術的ハードル、事業者にとってのリスクは高いと判断できることから委託での実施は妥当と判断する。
- ・ 複数のプロジェクトが進行している中で、他プロジェクトとの重複が無いよう十分検討され、また、工業炉だけではなく発電分野、運輸分野のプロジェクトとの連携を図るための体制が NEDO 内で構築され、定期的に情報交換を行っていることを評価する。
- ・ 工業炉でのアンモニア利用については他の NEDO 事業との棲み分けをしつつ、これまでの NEDO の関連領域における実績を活かすことで、本技術開発を効率よく実施している。また、工業炉、ブルーアンモニア共に、各要素技術がどのように本事業の背景・意義に関連しているのかを理解しつつ、NEDO 実施者がきめ細かいマネジメントを行っている。
- ・ アンモニア利用/アンモニア純酸素燃焼によるガラス溶融の実炉での実証試験を実施済みである。加えて基盤的な部分でも、アンモニア燃焼反応機構を理解する試みを含む火炎の数値解析的研究の取り組みが進捗している。プロジェクトには、コンパクトでよく定義された実験火炎の研究から、中規模、実炉規模の大型火炎の試験研究が含まれており、基礎から応用面に渡る研究者の連携による開発の加速や、サイエンスの基盤に基づく着実な技術の深化が期待できる。
- ・ アンモニア製造/他国での事例のない新たな技術の開発である。これを国内で、小規模ながら実証していくことは、海外立地が前提となるブルーアンモニア製造技術の世界展開において必須であり、それを実用化・事業化できる体制である。
- ・ アンモニア製造/空気分離 (ASU)、純酸素 ATR による水素製造、CO₂ 分離回収、アンモニア合成、CO₂ 貯留、これらを小規模ながらも、一貫したプロセスで実証し、そのコストインパクトや炭素強度(Carbon Intensity)における、他技術に対する優位性を示すことができれば、その世界に与えるインパクトは大きいといえる。
- ・ 【燃焼】実施主体は各分野でこれまで研究開発実績のある組織であり、また本事業においても適切に役割分担されており、体制は有効に機能している。また、採択プロセスにおいて製品からの品質要求や付帯設備まで含めた全体の経済性まで含めることとした点や他の事業との重複がないことを確認した点は妥当である。
- ・ 【製造】実用化はプラント建設となるため、一社が助成を受け、その他を外注及びベンダーの形で取り組みを進めることは、プラント全体を見渡せる点で妥当。また採択プロセスにおいて重要となるアンモニア触媒の性能やプラントの CAPEX 精査を実施することとした点も評価できる。

注) CAPEX (Capital Expenditure 設備投資)

- ・ 【燃焼】製品の製造プロセスへの適用でありリスクが高いことから委託とした点は妥当。
- ・ 【製造】既存技術の組合せであることから補助事業とした点は妥当。
- ・ アンモニア分野のプロジェクトが多数並行する中、重複なく整理することと情報共有することで、全体を俯瞰したマネジメントを実施できている。利用において、追加確認事項が分かったのちに、開発項目の追加と予算措置をしており、必要なアウトプット獲得のためのマネジメントを実施している。
- ・ NEDO が実施する意義について明確な根拠を示しつつ説明が行われており、且つ各要素技術の目標の実現が見込める適切な実施者が選定されていると判断できる。指揮命令系統や責任体制については適切に設定されている。採択プロセスについて、採択条件、それに対する現状の対応等が明確化されており、概ね問題ないと言える。
- ・ 委託及び補助事業の理由が明確化された上で、研究開発が実施されており、現状案で特に問題ないと判断される。
- ・ 各要素技術に関する研究計画はアウトプット目標に対して適切に選定されている。研究スケジュールについて、中間評価時点では計画通り、或いはそれ以上の進捗であると判断される。
- ・ 工業炉について、基礎研究から実証、事業実証において適切な大学・研究機関、事業者により構成されている。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」については、成功すればチェンジメーカーともなりうる大いに期待すべき課題ではあるが、この短期間で成功へと導けるかというリスクもある。関係者と連携をより密に行い、確実に推進することを期待する。
- ・ 可能な範囲で構わないが、他プロジェクトで得られた情報や知見の共有・活用、複数プロジェクトに共通する課題に対する新たなテーマ設定など、全体を俯瞰しながら検討していくことも有効と考える。
- ・ ブルーアンモニアについては、国内外での類似・競合技術のエネルギー消費効率やCO₂回収率との比較を行いつつ、必要に応じて目標を見直すことも大事である。
- ・ アンモニア製造/化学と物理の原理に基づくアンモニア火炎の理解が進めば、原理的には、様々な形態の工業炉における現象の机上再現が可能となり、本プロジェクトで得られた知見を活用したアンモニア利用工業炉開発の加速が期待できる。このような成果の展開、周辺技術への波及が、見通せるのであれば、それを一定の意図を持って推進するようなマネジメントについて検討することも一定の意義があろう。その際に、極めて技術的な側面であるが、現状の火炎の数値解析技術(近似レベル)が反応機構の詳細度と計算領域規模のトレードオフの制約の中、選択せざる得ない現実的な選択肢であると理解はするものの、様々な形態の工業炉における現象の机上再現を目指す上で、それと State of the art の数値解析技術とのギャップを、何

らかな努力によって埋めるべきなのか、また、仮に埋めるとするならば、そのための数値解析技術オプションは何か、そのために必要なリソースは何かについて、必要に応じて、検討する価値があろう。

注) State of the art (最先端)

- アンモニア利用/CO₂回収率のアンモニア製造コストにおよぼす感度解析、プロセス間での熱のインテグレーションによるプロセス最適化など、プロセスシミュレーションに基づくコスト削減やプロセス性能向上への取り組みも商用プロセス検討において有効であろう。
- ブルーアンモニア合成については、シミュレーション等を基にする研究の特性上、詳細をスケジュールに記載することは難しいと思われるが、可能な範囲で研究開発における課題の明確化や計画の根拠等が示されるとよい。
- ブルーアンモニア製造については、事業者の管理下である外注先やベンダーが実施する内容についても、PLの助言を受けて、プロセス設計・構築など適切に行われるべきである。

注) PL (プロジェクトリーダー)

- ブルーアンモニア製造において、要素技術として実績のある技術を組み合わせ実証する方針の中で、未利用冷熱利用が技術開発要素であるので、この部分が適切に実施されアウトプットを出す必要がある。また、低圧アンモニア合成プロセスについては、反応のGHSVが適切に設定され、事業化に結びつく形で実証される必要がある。

注) GHSV (Gaseous Hourly Space Velocity 空間速度)

2. 評点結果

評価項目・評価結果	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1)本事業の位置付け・意義	A	A	B	A	A	A	B	2.7
(2)アウトカム達成までの道筋	B	B	B	A	B	B	B	2.1
(3)知的財産・標準化戦略	A	A	A	B	A	A	B	2.7
2. 目標及び達成状況								
(1)アウトカム目標及び達成見込み	B	B	B	B	B	B	B	2.0
(2)アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	B	A	B	B	2.4
3. マネジメント								
(1)実施体制	A	A	A	A	A	A	B	2.9
(2)受益者負担の考え方	A	A	A	A	A	A	A	3.0
(3)研究開発計画	B	A	B	A	A	B	B	2.4

《判定基準》

A：評価基準に適合し、非常に優れている。

B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。

C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。

D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

- 「燃料アンモニア利用・生産技術開発/
(1) 工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発/
(2) ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

事業原簿 概略版

担当部	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
-----	--------------------------------------------------------

—目次—

内容

概要

プロジェクト用語集

研究開発項目ごとの成果

1	研究開発項目（1）：工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発	1-1
1.1	実施者名、実施体制	1-1
1.2	期間、予算	1-1
1.3	目標	1-2
1.4	成果の達成状況と根拠	1-2
1.5	成果の副次的効果や波及効果	1-9
1.6	特許出願数、論文等の発表数	1-10
1.7	実用化・事業化への道筋と課題	1-10
2	研究開発項目（2）：ブルーアンモニア製造に係る技術開発	2-1
2.1	実施者名、実施体制	2-1
2.2	期間、予算	2-1
2.3	目標	2-1
2.4	成果の達成状況と根拠	2-2
2.5	成果の副次的効果や波及効果	2-3
2.6	特許出願数、論文等の発表数	2-4
2.7	実用化・事業化への道筋と課題	2-4

(添付資料)

(添付資料 1) プロジェクト基本計画

(添付資料 2) プロジェクト開始時関連資料 (事前評価結果、パブリックコメント募集の結果)

(添付資料 3) 特許論文等リスト

概要

		最終更新日	2023年5月29日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名：「燃料アンモニア利用・生産技術開発」 METI 予算要求名称：「化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な航空燃料(SAF)・燃料アンモニア生産・利用技術開発事業」	プロジェクト番号	P21012	
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	<p>研究開発項目 (1) 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」</p> <p>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 (2021年12月～現在) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 和田 祐子 (2021年12月～現在) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 山本 真一 (2023年2月～現在) 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課</p> <p>研究開発項目 (2) 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」</p> <p>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 (2022年11月～現在) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 佐々木 雄一 (2022年11月～現在) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 担当者 山本 真一 (2023年2月～現在) 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課</p>			
0. 事業の概要	<p>経済産業省が策定した「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のための技術開発が必要とされている。本事業では、燃料アンモニアの生産技術として、ブルーアンモニア製造技術開発、利用技術として工業炉における燃焼技術開発に取り組むことで、産業分野における脱炭素化に貢献する。</p> <p>研究開発項目 (1) 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」</p> <p>従来の炭化水素系燃料を燃焼するバーナと比較して、同等の輻射性能を有し、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を開発し、実証評価を行う。これにより、将来のスケールアップのための設計方法を確立し、実用化に向けた更なる大規模工業炉へ適用可能な燃焼技術の開発に取り組む。</p> <p>研究開発項目 (2) 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」</p> <p>将来のアンモニア利用拡大を見据え、燃料アンモニア製造における、製造プロセス全体の脱炭素化および従来法に代替しうる低炭素合成技術を小規模プラントにて実証し、将来の大型化を見据えた製造技術の開発、並びに製造プロセス全体の最適化に取り組む。</p>			
1. 事業のアウトカム (社会実装) 達成までの道筋				
1.1 本事業の位置付け・意義	<p>アンモニアは、その運搬や保管などに関する取扱い方法が確立しており、また、燃焼時に CO₂ を排出しないため、CO₂ 排出量の大幅な抑制が期待される「温暖化対策の有効な手段の一つ」となり得る。本事業では、電化など、他の手段では代替が困難な工業炉に対して、アンモニアを燃料として使用するための燃焼技術を開発し、発生する CO₂ の大幅な削減をすることで、国内製造業の競争力の維持・向上に貢献する。</p> <p>また、従来のアンモニア製造方法では、最新鋭の設備であっても、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」を実用化することが重要な課題となっている。本事業では、小規模ながら、最大限実証可能な設備で技術開発を行うことで、大規模化した際に、製造プロセスからの CO₂ 回収率 90%以上を達成するとともに、従来法比で 20%程度の消費エネルギー削減可能であることの実証を行う。これにより、製造工程での脱炭素化とエネルギー高効率化を推進し、クリーンエネルギーへの転換に貢献する。</p>			

1.2 アウトカム達成の道筋	<p>研究開発実施者は、本事業で得られた成果が、燃料アンモニアの利用拡大及び我が国の関連産業の競争力強化に資することを留意しつつ、研究開発成果の普及に努め、また、NEDO はこの普及を促進する。具体的には、経済産業省が主導する、燃料アンモニア導入官民協議会及び、民間企業等により組織された、一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会と連携し、本事業の成果を活用することで、燃料アンモニアのサプライチェーンの構築や需要拡大を促進する。</p>
1.3 知的財産・標準化戦略	<p>本事業において得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等を推進する団体・組織からの要請があれば、積極的にデータ提供し連携する。</p>
2. 目標及び達成状況	
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<p>[アウトカム目標]</p> <p>天然ガス改質に CCS を組み合わせて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、さら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。</p> <p>[達成見込み]</p> <p>アウトカム達成への道筋として重要な過程である、アウトプット目標の達成は、予定通り到達する見込みであり、アウトカム達成へ着実に歩んでいる状況である。</p>
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<p>研究開発項目 (1) 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」</p> <p>[中間目標](2023 年度)</p> <p>200kW 級アンモニア燃焼バーナを製作し、200kW モデル燃焼炉においてアンモニア-酸素等支燃ガス燃焼による、輻射伝熱強化条件と低 NO_x 燃焼条件の検討実験と検証を行い、輻射伝熱強化及び低 NO_x 燃焼化の技術を確立する。また、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小・中型工業炉向けのアンモニア燃焼バーナを設計、製作し、アンモニア燃焼の実証評価試験を行う。これにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。</p> <p>[達成状況]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラボスケールバーナで低 NO_x 化機構を明確にし、工業炉の環境基準を達成した。 (2023 年 3 月に中間目標達成) ・200kW 級アンモニア-酸素バーナを開発し、NO_x 排出濃度を一般的な工業炉の規制値以下とした。 (2023 年 3 月に中間目標達成) ・AGC ガラス生産炉における 200kW 級アンモニア-酸素バーナの技術検証を開始。 (2023 年 6 月に中間目標達成見込み) <p>研究開発項目 (2) 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」</p> <p>[中間目標](2023 年度)</p> <p>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、並びに CO₂ 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。</p> <p>[達成状況]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・EPC コントラクターを決定して、詳細設計を開始。 (2024 年 3 月に中間目標達成見込み) ・環境対策の検討開始。 (2024 年 3 月に中間目標達成見込み)

3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課 研究開発項目(2)「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 資源エネルギー庁 資源・燃料部石油・天然ガス課			
	プロジェクトリーダー	研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 大陽日酸株式会社 技術開発ユニット 開発企画統括部長 萩原 義之 研究開発項目(2)「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター 水素製造・貯蔵基盤研究チーム 研究チーム長 高木 英行			
	プロジェクトマネージャー	研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 研究開発項目(2)「ブルーアンモニア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 青山 勝博 主任研究員			
	委託先・助成先	研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 委託先：大陽日酸(株)/AGC(株)/(国研)産業技術総合研究所 /(大)東北大学 研究開発項目(2)「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 助成先：(株)INPEX			
3.2 受益者負担の考え方	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	1：工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発	○	○	○	
	1-1 アンモニア燃焼 基礎特性把握	○	○	○	
	1-2 アンモニア-酸素 バーナ開発	○	○	○	
	1-3 工業炉でのアンモニア燃焼技術検証	○	○	○	
	2：ブルーアンモニア製造に係る技術開発	-	○	○	
	2-1 大型化を見据えた天然ガス改質の低炭素化技術の開発	-	○	○	
	2-2 低炭素アンモニア合成プロセスの開発	-	○	○	
	2-3 製造プロセス全体の最適化・脱炭素化	-	○	○	

会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	総額
一般会計	-	-	-	-
特別会計 (電源・需給の別)	28	1,116	1,724	2,868
開発成果促進財源	-	-	-	-
総 NEDO 負担額	28	1,116	1,724	2,868
(委託)	(28)	(522)	(380)	930
(助成) : 助成率△/□	-	(594):1/2	(1,344):1/2	1,938
(共同研究) : 負担率△/□	-	-	-	-
3.3 研究開発計画				
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 から積極的に事業者へ働きかけを行い、必要な計画変更(予算配分も含め)を柔軟・迅速に実施した。			
中間評価結果への対応	-			
評価に関する事項	事前評価	研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 2020年度実施 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課		
		研究開発項目(2)「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 2021年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部		
	中間評価	2023年度 中間評価実施		
	終了時評価	2026年度 終了時評価実施予定		
別添				
投稿論文	1: 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 1件 2: ブルーアンモニア製造に係る技術開発 該当なし			
特許	1: 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 該当なし 2: ブルーアンモニア製造に係る技術開発 該当なし			
その他の外部発表 (プレス発表等)	1: 工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 「新聞・雑誌掲載」2件、「学会発表・講演」13件 2: ブルーアンモニア製造に係る技術開発 「新聞・雑誌掲載」15件、「学会発表・講演」2件			
基本計画に関する事項	作成時期	2021年3月 作成		
	変更履歴	2021年9月「研究開発項目(2) 1ステップでアンモニアを電解合成する技術開発」を削除すること等に伴う改訂		

		2022 年 5 月「研究開発項目（2）ブルーアンモニア製造に係る技術開発の追加に伴う改訂
--	--	-----------------------------------------------

プロジェクト用語集

研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」

用語	説明
予混合球状火炎伝播試験	バーナによって発生した予混合球状火炎について、空間中での燃え広がり方を評価する試験。
層流燃焼速度	火炎を形成する混合気が静止、もしくは層流で流れているとき、火炎面の前方には未燃混合気、後方には燃焼ガスが存在するが、火炎が未燃混合気を嚙り込んで行く際の速度のこと。
酸素富化燃焼	空気に酸素を加えて空気中の酸素濃度を 21%以上にしたもの（酸素富化空気と呼ぶ）を酸化剤として用いる燃焼。通常の空気燃焼と比べて、高い火炎温度が得られる。
量論混合気	燃料と、その燃料分子を過不足無く酸化させるだけの酸化剤との量が、理想的な比率（量論混合比）で構成された気体。
Rich-Lean 2 段燃焼	量論混合比よりも燃料過濃な状態(Rich 状態)で燃焼させたのち、空気を急速に混合して希薄燃焼(Lean)させる低 NOx 燃焼法の一つ。
輻射スペクトル	輻射において、発生する電磁波の振動数領域を表したもの。
噴流拡散火炎	燃料と酸化剤を各々噴流状態で静止大気中に噴出させ、着火したときにできる火炎のこと。
乱流拡散火炎	燃料と酸化剤を各々乱流状態で静止大気中や空気流中に噴出させ、着火したときにできる火炎のこと。
バンドスペクトル	スペクトルの存在領域のうち、多数のスペクトルが集中して存在している帯域のこと。
センターバーナ	燃料過多状態の混合気を噴出し、火炎を作り出すメインのバーナ。 Rich-Lean2 段燃焼の Rich 状態を創出する。
ステーシングノズル	センターバーナが作り出した Rich 状態の火炎に対して、不足する酸化剤を噴出するためのノズル。 Rich-Lean2 段燃焼の Lean 状態を創出する。
バーナブロック	燃料の噴出口や供給ポートが備わった耐火物製のブロック。
FT-IR 分析計	測定対象物固有の赤外線の吸収スペクトルを読み、対象物の特性を分析する赤外分光法の一つ。 固定鏡と移動鏡を用いて干渉波を作り対象物に当て、透過または反射した干渉波をフーリエ変換し赤外線スペクトルを測定する。
ステーシング燃焼	先述の Rich-Lean 2 段燃焼と同義。

研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

用語	説明
ブルー水素	天然ガスや石炭等の化石燃料を、水蒸気メタン改質（Steam Methane Reforming）や自己熱改質（Auto Thermal Reforming）などで水素と二酸化炭素に分解し、二酸化炭素を大気排出する前に回収して生産される水素。二酸化炭素を回収することで、グリーン水素と同様に、温室効果をゼロにすることができる。
ブルーアンモニア	ブルー水素を原料として合成されたアンモニアのこと。
ハーバー・ボッシュ法	鉄を主体とした触媒上で水素と窒素を 400～600℃、200～1000 atm の超臨界流体状態で直接反応させることより、アンモニアを生産する方法である。現代のアンモニア工業的製法として、広く普及している。
EPCコントラクター	事業に必要な施設・設備を建設するため、プロジェクトの設計（Engineering）、調達（Procurement）、建設（Construction）を一括して請け負う建設会社やエンジニアリング会社のこと。
ATR	Auto Thermal Reforming(自己熱改質)の略。 水蒸気改質による吸熱反応と部分酸化による発熱反応を共に反応容器内で進行させ、熱をバランスさせながら水素を製造する方式のこと。
HiPACT	High Pressure Acid gas Capture Technology(CO ₂ 高压分離回収技術)の略。 天然ガスや合成ガス中の二酸化炭素（CO ₂ ）を吸収分離し、回収する技術のこと。従来のアミン法よりも高压で二酸化炭素（CO ₂ ）を回収できるため、圧入プロセスの省エネルギー化を図ることができる。
CCS/CCUS	「CCS」とは、「Carbon dioxide Capture and Storage」の略で、日本語では「二酸化炭素回収・貯留」技術と呼ばれる。発電所や化学工場などから排出された CO ₂ を、他の気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入する。「CCUS」は、「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」の略で、分離・貯留した CO ₂ を利用するもの。回収した CO ₂ を古い油田やガス田に注入することで、残留油、ガスを圧力で押し出しつつ、CO ₂ を地中に貯留するもの。
フィードガス	改質器や合成器に供給する原料ガスのこと。

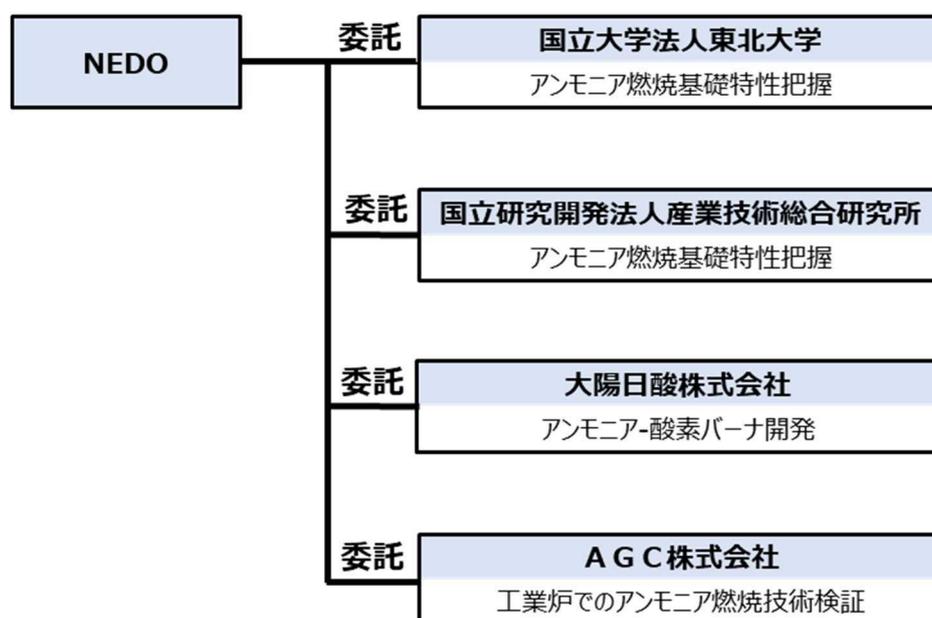
研究開発項目ごとの成果

研究開発成果について、2021 年度より実施している「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」及び、「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」に分けて記載する。

1 研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」

1.1 実施者名、実施体制

大陽日酸株式会社が代表機関となり、AGC 株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所と国立大学法人東北大学が参画した 4 者で分担して 2021 年度より委託事業として実施している。



1.2 期間、予算

実施期間は 2021 年度から 2025 年度までの 5 年間である。なお契約期間は 2023 年度までであり、2023 年度までの事業予算は以下に示す。

表 1.2-1 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」 予算（単位：百万円）

2021 年度	2022 年度	2023 年度	合計
28	522	380	930

1.3 目標

【最終目標】（2025 年度）

従来の炭化水素系燃料を燃焼するバーナと比較して同等の放射性能を有し、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を開発し、工業炉における長時間・連続燃焼による実証評価試験を行う。ここで、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や工業炉の最適化を完了する。

また、上記の成果を踏まえ、1MW 級アンモニア燃焼バーナ及び周辺技術の設計技術を確立し、大型工業炉への適用可能性の検討を完了する。

【中間目標】（2023 年度）

200kW 級アンモニア燃焼バーナを製作し、200kW モデル燃焼炉においてアンモニア-酸素等支燃ガス燃焼による、放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、放射伝熱強化及び低 NOx 燃焼化の技術を確立する。また、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小・中型工業炉向けのアンモニア燃焼バーナを設計、製作し、アンモニア燃焼の実証評価試験を行う。これにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。

1.4 成果の達成状況と根拠

1.3 で示した目標について、アンモニア燃焼基礎特性把握、アンモニア-酸素バーナ開発および工業炉でのアンモニア燃焼技術検証に分けて、成果の達成状況と根拠を以下に示す。

表 1.4-1 成果の達成状況

実施項目	目標 (2024 年 3 月)	成果（実績） (2023 年 6 月)	達成度（見込み）	根拠
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、放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-酸素バーナ開発	200kW 級アンモニア-酸素バーナを開発し、NOx 排出濃度を一般的な工業炉の規制値以下とした	200kW 級アンモニア-酸素バーナを開発し、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 ガラス生産炉における 200kW 級アンモニア-酸素バーナの技術検証	AGC ガラス生産炉における 200kW 級アンモニア-酸素バーナの技術検証	○ 2023 年 6 月に達成 見込み	2023 年 6 月下旬に実証予定

1.4.1 アンモニア燃焼基礎特性把握（国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学）

【国立大学法人東北大学 2021 年度成果】

アンモニア酸素燃焼、酸素富化燃焼の詳細反応モデルの検証を目的として、定容器内での予混合球状火炎伝播試験により層流燃焼速度計測を行った。さらに、代表的なアンモニア燃焼詳細反応モデル（メカニズム）を用いた数値解析により、実験結果と比較し、実験結果を再現できる詳細反応モデルを選定した。実験では燃料希薄から過濃までの 8 条件、酸素モル分率は代表的な酸素富化燃焼である 40%、ならびに酸素 100% の酸素燃焼条件とした。圧力は大気圧、初期混合気温度は室温である。アンモニア酸素富化燃焼では最大燃焼速度が 40 cm/s、酸素燃焼条件では 110 cm/s に達することが実験及び数値解析の両方により確認できた。酸素富化条件では断熱火炎温度が最大となる当量比と層流燃焼速度が最大となる当量比は概ね一致したが、酸素燃焼条件では両者は一致せず、層流燃焼速度が最大となる当量比はやや希薄側に位置することが分かった。数値解析は、Tian, Gotama, Okafor, Mei, Nakamura の 5 種のメカニズムを用いて比較を行った結果、量論混合気付近では Okafor メカニズムが、過濃側では Gotama メカニズムが実験結果を良好に再現することが分かった。当量比の全域で比較的良好な一致を見せたのは Mei メカニズムであった。これらのメカニズムの化学種数は 35 から 59 と多く、そのまま 3 次元数値シミュレーションに用いると大きな計算時間を要するため、化学種数 38 の Mei メカニズムをベースメカニズムとして簡略化を試みるのが望ましいと考えた。

数値解析による NO_x 生成抑制機構の把握に関して、プロジェクト提案書に示した各種対応技術に関し、炉内滞在時間による NO_x 濃度の変化を調べた。当量比は 1.0, 1.2 の 2 条件とした。また、酸素濃度 21% の空気燃焼、40% の酸素富化燃焼、100% の酸素燃焼に対して比較を行った。その結果、当量比 1 の空気燃焼では滞在時間が 1 秒でも NO 濃度が低下し続けることが分かった。一方酸素富化燃焼では 0.1 秒以下で、酸素燃焼ではさらに短い滞在時間で化学平衡の NO 濃度まで低下することが分かった。当量比 1 の NO 平衡濃度値は酸素燃焼では非常に大きく実用的ではないが、低 NO_x 化のために有効な Rich-Lean 2 段燃焼を実現する当量比 1.2 の過濃燃焼では、酸素富化燃焼、酸素燃焼とも平衡値に達する時間が短いまま平衡濃度も低下する。更に高当量比では平衡濃度も低いため、酸素富化燃焼、酸素燃焼でも Rich-Lean 2 段燃焼による低 NO_x 化は可能であり、また炉内滞在時間も十分であることが分かった。NO 還元反応への高濃度酸素の影響に関しては、 $\text{NO} + \text{N} = \text{N}_2 + \text{O}$ による還元反応が強化されること、 N_2O が生成される $\text{NO} + \text{NH} = \text{N}_2\text{O} + \text{H}$ 反応は低下して高酸素濃度では N_2O 生成が抑制されることが分かった。また、輻射モデル構築に関する次年度研究の準備として、HITRAN データベースから輻射スペクトルを抽出するテストを行い、400 万本を超える吸収線を適切にスムージングする処理を行うことによって、概ね実用的な輻射スペクトルが得られることが分かった。

【国立大学法人東北大学 2022 年度成果】

アンモニア噴流の基部に酸素ならびに酸素富化空気を供給する試験燃焼器を製作した。炉内アンモニア酸素燃焼および酸素富化燃焼は、燃焼ガス雰囲気、すなわちアンモニア燃焼生成ガスの主成分である窒素ガス中におけるアンモニア噴流拡散火炎であることから、周囲空気との混合を抑制するため石英ガラス燃焼管内にアンモニア噴流バーナを内蔵し、さらに窒素フローを有する構造とした。燃焼器熱出力は最大 10kW とした。この試験燃焼器に対して、アンモニア流量、酸化剤流量、酸化剤中の酸素モル分率、窒素フロー流量をパラメータとして燃焼試験を実施し、NO_x の最大成分である NO 排出濃度への影響を調べた。火炎安定性については酸素モル分率が概ね 55% 以上で火炎基部が安定し、アンモニアに対する酸素燃焼、酸素富化噴流火炎は乱流拡散火炎の形態となることが確認された。燃焼器熱出力 5kW から 10kW の範囲において火炎基部が安定する酸素モル分率の範囲で石英ガラス燃焼管から排出される燃焼ガス中の NO 濃度、未燃 NH₃ 濃度を計測した結果、いずれの条件に対しても総括当量比が 1 に近い条件で、NO 濃度ならびに未燃 NH₃ 濃

度が最小になる、いわゆる最適当量比が存在することが確認された。最適当量比は燃焼条件によって若干希薄側あるいは過濃側に移動するが、このような最適当量比の存在の確認は、アンモニア予混合燃焼に対して以前に開発された Rich-Lean 二段燃焼による低 NOx 化技術が拡散燃焼である工業炉燃焼においても適用可能であることを意味する発見である。さらに、いずれの燃焼条件に対しても排出される NO 濃度は 15%O₂ 換算値に対して環境基準である 360ppm を下回ることが明らかになった。これらにより、工業炉におけるアンモニア噴流に対する酸素燃焼、酸素富化燃焼の NOx 生成抑制条件が明らかになった。さらに、試験燃焼において異なる火炎高さの 3 か所に赤外発光を検知可能な分光器導入部を設置し、アンモニア噴流拡散火炎からの輻射スペクトルを計測することに成功した。輻射スペクトルは予想されたように高温水蒸気からの赤外輻射であり、スペクトル形状も HYRTAN データベースから予測された構造に概ね一致し、火炎温度の違いによるピーク値の違いもよく再現された。さらに、燃焼熱出力 10kW の燃焼試験と同じ条件に対して、RANS 計算によりアンモニア噴流に対する酸素燃焼拡散火炎の数値解析の収束解を得ることに成功し、バンドスペクトルを考慮した気体輻射数値シミュレーションモデル開発に向けたプラットフォームの構築に成功した。

【国立研究開発法人産業技術総合研究所 2021 年度成果】

バーナ大型化の影響評価のために、東北大学のラボ規模バーナ（10kW）より長火炎の 50kW 級のバーナと火炎観察可能なモデル炉の仕様検討と基本設計を行った。バーナは 2 重管式であり、東北大学のバーナと同様な基本構造と設計流速を採用し、太陽日酸より試供される。バーナの内管より燃料を供給し、外管より供給される酸化剤とゆっくり混ぜながら、長さ 1.5 メートル程の細長い拡散火炎が形成される。火炎長に合わせて内径 0.4 メートル、長さ 2 メートルのモデル炉を設計した。モデル炉に水冷壁を採用し、火炎形状が壁の輻射の影響を受けにくい設計とした。また、水の放熱にラジエーターを採用し、放熱量からラジエーターの仕様検討を行った。炉の正面から火炎を観察できるように耐熱ガラスの窓を設け、左右 2 方向からレーザー光が入射する窓を設けた。

モデル炉における 50kW バーナ試験に向けて、産総研福島再生可能エネルギー研究所(FREA)にある試験設備の整備に着手した。酸素燃焼・酸素富化燃焼のために必要な酸素流量条件に合わせて酸素ポンプ庫とレギュレータの選定を行い、そして、水蒸気添加による輻射強化のために必要な水蒸気流量条件に合わせて電気式水蒸気発生装置の選定を行った。新設するモデル炉及び酸素ポンプ庫、水蒸気発生装置について配置案を検討し、関連の既存設備についても配置の見直し検討を行った。また、計測装置の動作確認および計測手法の確立のために平面火炎バーナを用いる小型アンモニア燃焼試験装置の構築を進めた。

【国立研究開発法人産業技術総合研究所 2022 年度成果】

バーナ大型化の影響評価のために、東北大学のラボ規模バーナ（10kW）より長火炎の 50kW 級のバーナの燃焼試験を実施した。

まずそのために 50kW 級のモデル炉について前年度実施した仕様検討と基本設計をもとに細部を検討して試作するなど、試験設備の整備を完了した。試験設備は 20ft コンテナを改造して構築しており、3 面に窓を配置した内径 0.4m×全長 2m の縦型水冷炉を中央に、周囲にアンモニア、空気、酸素、メタンの供給・制御系、カメラ等を内部に設置し、それらを外部より制御して燃焼試験が行えるようにした。燃焼試験はメタン－空気燃焼によるパイロットバーナにより、炉下部に設置された酸素燃焼用 50kW バーナに点火して開始した。まず予備試験では、メタン－酸素燃焼を用いて試験設備の動作確認を行った。またアンモニア－酸素燃焼の場合、排気ガス中の水蒸気が多く凝縮しやすいことから、排気を希釈して分析できるようサンプリング方法を改良した。

その上で、アンモニア－酸素燃焼試験を実施し、排気ガス成分の変化を把握した。具体的にはメタン－酸素燃焼で火炎を形成してから、燃料をアンモニアに徐々に切り替えてアンモニア－酸素燃焼を実現し、火炎形状を

確認するとともに、排気ガスの計測を行い、以下の結果を得た。酸素比 1.1 のアンモニア-酸素燃焼では、燃焼量 25～50kW の範囲で保炎可能なこと、燃焼量とともに NO が増加すること、燃焼量が 25kW に低下すると急激に未燃アンモニアが増加することなどを確認した。さらに酸素に空気を混入することで酸素富化空気とし、燃焼量 50kW のときの排気ガス成分への酸素比の影響を調べて、以下のことが確認できた。

- ・酸素比を高めると、NO₂ が NO と同様に上昇するが、NO に遅れて上昇し、酸素比を低くすると、N₂O が NH₃ と同様に上昇するが、NH₃ よりも先に上昇することが分かった。
- ・酸素比 1.08 で NH₃ と NO が最小となった。
- ・酸素濃度（富化率）を下げることで、NO が減り、酸素濃度（富化率）を上げることで、輻射（温度）が強くなるため、低 NO_x と輻射の両立にはトレードオフがあることが分かった。
- ・全体の当量比を一定としたまま酸素を分割して、供給することで二段燃焼による NO 低減効果と未燃 NH₃ への影響を確認した。

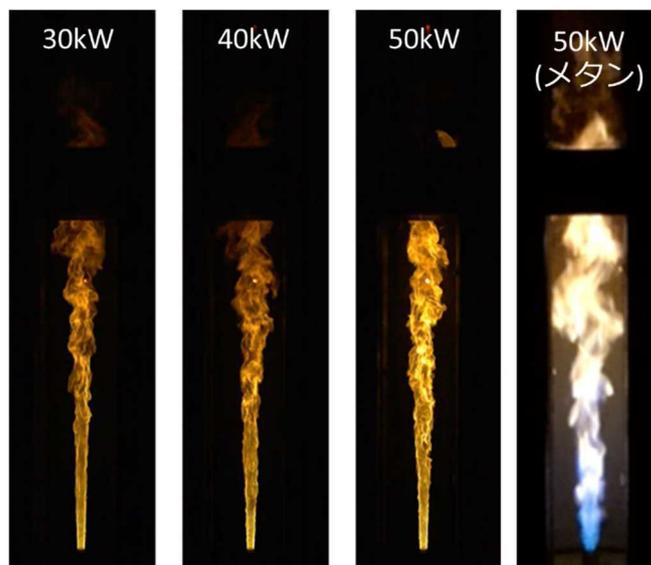


Fig. 1.4.1-1 50kW バーナの燃焼状態比較

1.4.2 アンモニア-酸素バーナ開発（大陽日酸株式会社）

【大陽日酸株式会社 2021 年度成果】

・200kW 級試作バーナの設計・製作

大陽日酸でのバーナ開発に用いる 200kW 試作バーナの設計・製作を完了した。バーナ外観を Fig.1.4.2-1 に示す。バーナ本体部は大陽日酸の所有するバーナをベースに、先端部のノズルをアンモニア-酸素燃焼用に設計製作した。バーナは二重管構造のセンターバーナと 2 本 1 対のステーキングノズルからなり、耐火物のバーナブロックと組合せて使用する。Fig.1.4.2-2 にバーナのコンセプトを示す。燃料はセンターバーナ中心から噴出し、酸素はセンターバーナとステーキングノズルに分配され、噴出する構造である。中心部では燃料過濃な火炎が形成されるため、NO_x が生成されにくい。ステーキングノズルからの酸素が合流して完全燃焼するが、このように段階的に燃焼させることで局所的な高温部が形成されにくく、NO_x を抑制することが可能である。従来の取組で本構造が NO_x 抑制に効果があることが分かっており、本プロジェクトでも当該構造をベースに開発を進めていくことを決定した。

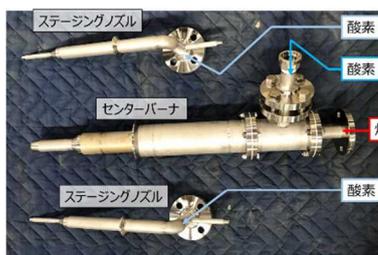


Fig.1.4.2-1 200kW 試作バーナ

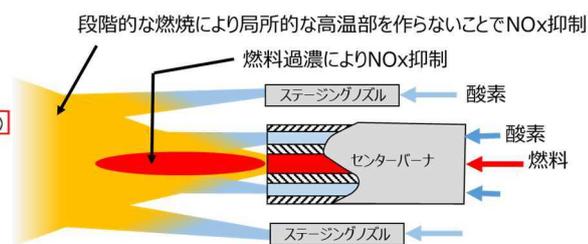


Fig.1.4.2-2 バーナ設計コンセプト

・200kW モデル炉整備

Fig.1.4.2-3 に試験炉の外観を示す。大陽日酸の所有する耐火物炉を使用し、上述のバーナを取付、燃焼試験を開始する準備が整った状態とした。煙道側では排ガスのサンプリング用のポートを設け、排ガス成分の分析を実施する計画とした。また、炉の側面は水冷のパイプを設けられる構造になっており、パイプを通る水の流量と出入りの温度差から伝熱量を計測する。2022 年度に FT-IR 等の排ガス分析装置を導入することを検討し、その設置をもって炉の整備を完了するという見込みを立てた。



Fig.1.4.2-3 試験炉外観

【大陽日酸株式会社 2022 年度成果】

・試験環境整備

アンモニア燃焼で課題となる NOx 排出に関して正確な評価を可能とする FT-IR 分析計を導入した。また、伝熱強化のための酸素予熱装置、水蒸気発生装置を導入完了した。さらにアンモニア燃焼雰囲気における耐火物の評価を行うため小型の試験炉を設計製作した。以上により試験環境整備を完了した。

・アンモニア-酸素バーナの特性把握

まず伝熱効率について評価した結果を Fig.1.4.2-4 に示す。ステーjing酸素の位置および酸素の分配比率の影響を評価したところ、ステーjingの比率を大きくすることでわずかに伝熱効率の上昇が見られた。また最も低い結果でも目標とする伝熱効率 55%を達成しており、基準となるメタン-酸素燃焼の伝熱効率 57%と同等程度であった。さらに酸素予熱を組み合わせることで、最大で 60%まで伝熱効率を増強することができた。

続いて NOx 排出について評価した結果を Fig. 1.4.2-5 に示す。ステーjing燃焼技術により NOx 濃度が大きく低減できた。ステーjing酸素の位置が中央のバーナーから遠い程 NOx が下がり、またステーjing酸素の比率が多い 80%でより NOx が下がる結果となった。炉の側面からステーjing酸素を供給した条

件ではガラス溶解炉の規制値 360ppm 以下を達成した。さらに排ガス中の酸素濃度を下げることによって NOx 濃度が下がることが分かり、最小で 120ppm まで抑制することができた。ただし、本試験における炉内温度はガラス溶解炉で要求される温度帯よりも低いため、次年度に 1500℃ 程度の高温環境下での NOx 削減技術について評価を進める計画とした。

・アンモニア燃焼雰囲気での耐火物評価

2023 年度の実証試験に向け、炉の構成材料のアンモニア燃焼環境下での使用可否に関して評価を行った。大陽日酸で小型の燃焼炉を製作し、AGC より提供されたサンプルをアンモニア燃焼環境に暴露する試験を実施した。サンプル評価は AGC にて実施した。

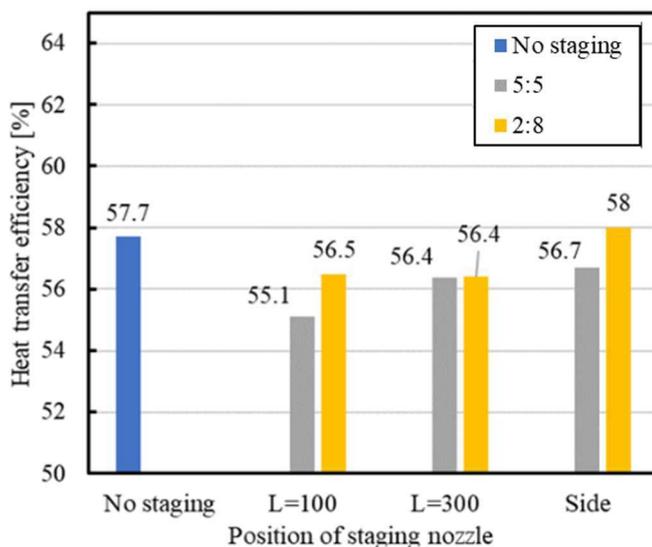


Fig. 1.4.2-4 伝熱効率

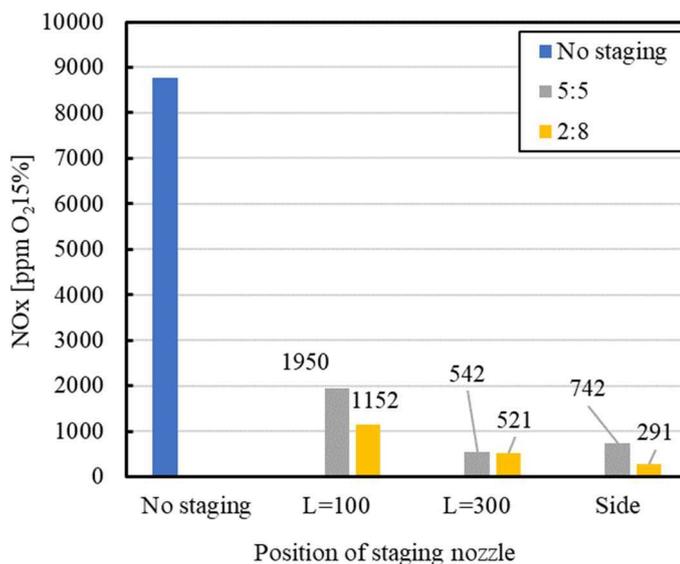


Fig. 1.4.2-5 NOx 排出

1.4.3 工業炉でのアンモニア燃焼技術検証（AGC 株式会社）

【AGC 株式会社 2021 年度成果】

アンモニア燃焼雰囲気、ガラス溶解炉を構成する各種部材、ガラスメルト（溶融物）やガラス特性へ及ぼす影響を評価するための各種ラボ試験の検討を開始した。ガラス溶解炉を構成する部材への影響評価では、まずは実証試験を予定している溶解炉に使用されている炉材種について、アンモニア燃焼雰囲気を曝露させ、表面分析などの各種解析を実施する予定を計画し、バーナ燃焼試験設備を準備した。一方、ガラスメルトやガラス特性への影響を見極めるため、高露点雰囲気を実現できる燃焼雰囲気評価炉を製作すべく仕様を決定し、電気炉メーカーへの発注を行った。その他、ガラス品質を予測できるようにするために、アンモニア燃焼解析技術構築を目指した取り組みも開始した。

ガラス溶解炉での 200 kW アンモニア酸素バーナによる実機試験に向けては、アンモニア供給設備の設置が新たに必要になるため、安全性等の観点も熟慮して設置場所を選定するとともに、概略の設備仕様について決定した。

【AGC 株式会社 2022 年度成果】

・アンモニア燃焼シミュレーションモデル構築

ガラスの溶解プロセスでアンモニア燃焼技術を活用するには、その燃焼特性を正確に把握し、ガラス溶解窯で温度場がどのように形成され、NO_x がどのように生成し排出されるかを予測し、ある程度の品質予測を可能とする必要がある。そこで、アンモニア燃焼シミュレーションモデルを構築し、従来から保有するガラスメルトの流体シミュレーションと連成させる取り組みを開始した。2022 年度ではアンモニア燃焼に関する初期モデルを構築し、定性的にはアンモニア燃焼時の温度場形成を予測可能にしたが、NO_x 排出予測に関しては十分なものが得られておらず、より詳細反応を解くようにモデルの改良に取り組んだ。

・燃焼雰囲気評価炉

アンモニア燃焼時には従来の重油や天然ガス燃焼時と比較して雰囲気中の水分濃度が高まることが想定される。雰囲気中の水分濃度の影響を評価する為に加湿機能を備えた電気炉での試験を実施しているが、これまでの電気炉ではアンモニア燃焼時の高い露点を再現することはできなかった。そこで、高露点を実現できる燃焼雰囲気評価装置を設計し導入した。

・炉材評価

アンモニア燃焼雰囲気がガラス溶解窯を構成する炉材に与える影響の評価は、溶解窯の寿命に関わる重要な項目である。ただ、寿命評価を短期間で高精度に行うことは大変難しく、今回は生産窯での試験を実施する上で問題ないことの確認を優先して評価を実施した。具体的にはアンモニア燃焼雰囲気の特徴である高水分濃度の影響、アンモニアが未燃状態となった時の影響、ガラスからの揮散成分の影響などを評価する試験を実施した。大陽日酸にアンモニアの不完全燃焼状態を実現する燃焼炉を作成頂き、実機試験を行う溶解窯で使用している炉材の燃焼雰囲気への曝露試験を実施した。比較のため天然ガス燃焼時を含めて、燃焼雰囲気条件の異なる曝露試験を実施した結果、いくつかの炉材及びプロセス条件では差異が認められたものの、短期間の燃焼試験では大きな変化はないと予測され、溶解窯での実証試験は問題のないことを確認した。一方、Al₂O₃-ZrO₂ 系あるいは、-SiO₂ 質電鍍煉瓦や Al₂O₃ 質電鍍煉瓦の一部の品種では、炉材中のガラス質部分の成分変化がアンモニア燃焼時と天然ガス燃焼時で差があることが判明した。長期的な観点の評価は今後の課題として認識した。

・酸素燃焼窯での実機試験

実機試験時のリスクの洗い出しを行い、設備的に大きな問題のないことを「炉材評価」等により確認した。大気への排出 NO_x 濃度に関しても大陽日酸の燃焼試験結果等から発生量を推定し、酸素比調整やリバーニング対策により十分制御・抑制が可能であることを横浜市に説明し、実機試験実施に関し概ね了解を頂いた。第一回目の試験は生産スケジュールを調整して 2 日間の予定を確保し、アンモニア燃焼条件を変更してガス燃焼と比較する試験計画を策定した。温度分布や排ガスの測定、ガラスサンプリングなどを実施する予定で、測定精度などを事前に確認しながら測定方法などの詳細案を決定した。

・アンモニア供給設備

ガラス溶解窯での 200kW アンモニア酸素バーナによる実機試験にあたっては、アンモニア供給設備の設置が新たに必要になるため、安全対策や環境対策等の観点も熟慮して詳細設計し、2023 年度の実機試験に間に合うように製作、導入を進めた。安全性に関しては HAZOP 手法を用いてリスクの特定を進め、対策を取った。

1.5 成果の副次的効果や波及効果

1.5.1 成果の波及効果

・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える。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が可能である。

・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、その為には、先の LNG サプライチェーン構築時の様に、主たるエネルギー消費者である発電分野への導入が行われる事が重要である。しかし、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)の拡大が必要となり、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・石炭からのグリーン化・低炭素化を達成したと同様に重要なポテンシャルを有している。

・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、アンモニアの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。

1.6 特許出願数、論文等の発表数

概要中別添欄および「(添付資料3)特許論文等リスト」を参照。

1.7 実用化・事業化への道筋と課題

- ①実証試験に引き続き、AGC 株式会社のガラス溶融炉に、アンモニア燃焼技術を実装し、CO₂ 排出の少ないガラス製品の生産を目指す。
- ②アンモニア燃焼バーナは、大陽日酸株式会社が、本プロジェクト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でのアプリケーション展開を図り、電化による脱炭素化の難しい産業分野の熱利用に対する脱炭素化技術として、貢献する。

2 研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

2.1 実施者名、実施体制

株式会社 INPEX が当該事業を 2022 年度より助成事業として実施している。



2.2 期間、予算

実施期間は 2022 年度から 2025 年度までの 4 年間である。なお契約期間は 2023 年度までであり、2023 年度までの事業予算は以下に示す。

表 2.2-1 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」 予算（単位：百万円）

2022 年度	2023 年度	合計
594	1,344	1,938

2.3 目標

【最終目標】（2025 年度）

天然ガスの改質によりブルー水素を製造し、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を行う。製造プロセスから発生する CO₂ の回収率 90% 以上を達成するとともに、既存法と同等程度の生産効率を保ちつつ、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（6000ton-NH₃/日、\$300/ton-NH₃ 程度）に備えスケールアップ時の課題の抽出も併せて完了する。

【中間目標】（2023 年度）

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、並びに CO₂ 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。

2.4 成果の達成状況と根拠

2.3 で示した目標について、大規模化を見据えた低炭素天然ガス改質技術の開発、低炭素アンモニア合成プロセスの開発、製造プロセス最適化・脱炭素化に分けて、成果の達成状況と根拠を以下に示す。

表 2.4-1 成果の達成状況

実施項目	目標 (2024年3月)	成果(実績) (2023年6月)	達成度(見込み)	根拠
大規模化を見据えた低炭素天然ガス改質技術の開発	2023年度までにハーバー・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。	○ 2024年3月に達成見込み	基本設計、詳細設計共工程通り進んでおり問題なし
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。		
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。		

2.4.1 大規模化を見据えた低炭素天然ガス改質技術の開発

本事業ではATRプロセスと上述のHiPACTを利用した天然ガス改質プロセスを詳細設計し、CCS/CCUSにかかるエネルギーの削減効果の確認、ATRのフィードガス条件を変化させた場合の熱効率に与える影響の確認することで、大規模化に向けた知見獲得、及び課題整理を実施する。

- ・CCS/CCUSにかかるエネルギーの削減効果の確認

設計値、実際の運転によるデータにより、大型化時に提案法によるCCS/CCUSにかかるエネルギーを20%程度削減可能なことを確認する。

- ・ATRのフィードガス条件の影響確認

ATRには原料として、天然ガス、スチーム、酸素を供給するため、全体プロセス最適化にはスチームと天然ガス中の炭素分の比であるSteam/Carbon比(=S/C)や酸素供給量(=反応温度)を最適化する必要がある。本事業では設計、運転を通してこれらフィードガス条件を変化させた場合の熱効率、CO₂回収率などに与える影響を評価し、大型化時の設計に有意義な結果を得る。

【2022年度成果】

基本設計および水素製造工程のシミュレーションモデルの作成を完了した。

2.4.2 低炭素アンモニア合成プロセスの開発

本事業では開発された低温・低圧アンモニア合成触媒を用いたプロセスを詳細設計し、アンモニア合成工程の消費エネルギーの削減効果の確認、反応条件を変化させた場合の消費エネルギーに与える影響の確認を実施し、低炭素アンモニア合成プロセスの開発に向けた知見獲得、及び課題整理を実施する。

- ・アンモニア合成工程の消費エネルギー削減効果の確認

設計値、実際の運転によるデータを基に、プロセスシミュレーターを援用して、提案法によるアンモニア合成工程の消費エネルギー削減効果を確認する。

- ・反応条件の影響確認

反応温度、圧力を変化させ、最適な反応条件を模索する。

【2022 年度成果】

基本設計および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完了した。

2.4.3 製造プロセス最適化・脱炭素化

本事業でのブルーアンモニア製造プロセスは、各要素技術は運転の実績があるものの、それらを有機的につなげ、天然ガスからの水素製造、CO₂ 回収、アンモニア製造、CO₂ 圧入を一貫して実施された実績は数少ない。本事業では小規模で、提案するブルーアンモニア製造プロセスを一貫して詳細設計、調達、建設、運転することでスムーズに大規模展開が可能となる知見の獲得を目指す。また、製造プロセスからの CO₂ 回収率が 90%以上となること、大規模化した際に消費エネルギーが従来法+CCS/CCUS と比較して 20%以上削減可能なことを示す。

- ・大規模化した際の従来法+CCS/CCUS と比較した消費エネルギーの削減効果の確認

上述の結果や、設計値、実際の運転によるデータを基に、プロセスシミュレーターを援用して、提案法が従来法+CCS/CCUS と比較して消費エネルギーが 20%以上削減可能であることを確認する。

- ・提案法を一貫して運転することで、非正常操作を含めた操業手法を確立し、今後設計に反映すべき課題をまとめる。

【2022 年度成果】

基本設計およびシミュレーションモデルの作成を完了した。

2.5 成果の副次的効果や波及効果

本事業は、現時点では詳細設計の段階であり、事業の副次的効果や波及効果は無いが、今後の進捗に伴い、発生したものは追記していく。

2.6 特許出願数、論文等の発表数

概要中別添欄および「(添付資料3)特許論文等リスト」を参照。

2.7 実用化・事業化への道筋と課題

本事業は、年産 100 万 t 規模のブルーアンモニア製造を可能とする効率的なプロセスの開発を目的として小規模(年産 500t)ブルーアンモニア製造設備(実証プラント)を建設・実証試験を実施するものであり、年産 100 万 t 規模のブルーアンモニア製造を可能とする効率的なプロセスは 2030 年以降の商用化を前提としている。助成事業終了後も最低 5 年間は実証プラントでの小規模(年産 500t)ブルーアンモニア製造の実証を継続し、運転条件の最適化及び設備に使用する材料の最適化検証等を行い、商用化へ向けた更なる改良を継続することを計画している。なお、実証プラントは小規模であることから、大規模化時に期待されるエネルギー効率の改善策の全てを取り込むことは不可能であり、実証試験で製造したアンモニア等の売り上げを上回る運転コストを要する見通しであり、助成事業終了後の実証試験期間中に収益は得られない見通しである。

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」基本計画

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的重要性

2020年3月に経済産業省が策定した「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のための技術開発が必要とされている。また、2020年10月26日の総理所信表明演説において、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことが宣言された。この目標達成に向けた具体的な方策を示した「グリーンイノベーション戦略」が取りまとめられ、電力、運輸、熱、産業プロセスのあらゆる分野で低炭素化に向けた取り組みを推進していくことの重要性が示されるとともに、その一つにアンモニアを燃料として用いる「燃料アンモニア産業」に関する戦略が策定された。

アンモニアは劇物であるものの、化学工場では肥料や化学品の原料として、また発電所では脱硝用に利用されており、運搬や保管などに関する取扱い方法がすでに確立している。また、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「温暖化対策の有効な手段の一つ」となり得る。日本全体のCO₂排出量の35%を占めている産業分野において高炉や工業炉の脱炭素化は非常に重要であり、工業炉でアンモニアを燃料として用いることが可能となれば、日本全体のCO₂排出量の約5%を削減するポテンシャルを有している。

また、燃料アンモニアの需要喚起とともに、需要に応える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、水蒸気改質法とハーバー・ボッシュ法を組み合わせる製造されており、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」の実用化が重要な課題である。

②我が国の状況

我が国では、2014年～2018年に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」において、「CO₂フリー水素利用アンモニア製造・貯蔵・輸送関連技術開発」や、「アンモニア水素ステーション基盤技術」、「アンモニア燃料電池」、「アンモニア直接燃焼」等の基盤技術開発が実施された。この研究開発において、燃料アンモニア燃焼のボトルネックであった、燃焼時に発生するNO_xに関して抑制可能であること等が確認され、その利用についてますます関心が高まっている。

ブルーアンモニアの製造技術に関しては、前述のように原料である天然ガスの改質プロセスから排出される CO₂ を削減・回収することに加え、製造コストの削減と製造プロセス全体の脱炭素化を両立する、新たな製造方法の確立が重要な課題であり、高温高压下のハーバー・ボッシュ法に対し、低温低压下で製造する手法が国内より開発されている。

③世界の取組状況

海外において、工業炉でのアンモニア燃焼の事例は現時点で例がなく、日本が先行している。アンモニア製造に関しては、燃料アンモニアとして新たな市場が開拓される機運が世界的に高まってくれば、既存のアンモニア製造法のライセンスを中心に、スケールアップに取り組む者が現れるものと想定される。

④本事業のねらい

本事業では、燃料アンモニアの利用技術が確立できていない工業炉における、アンモニアの燃焼技術を開発し、産業分野における脱炭素化に貢献する。また、ブルーアンモニア製造において、製造プロセスの脱炭素化およびハーバー・ボッシュ法を代替しうる低炭素合成技術を小規模プラントにて実証し、将来の大型化を見据えた製造技術の開発、並びに製造プロセス全体の最適化に取り組む。

これら2つの研究開発項目を通じて、燃料アンモニアのサプライチェーン構成要素である、利用技術と製造技術の構築に寄与し、産業分野における脱炭素化に貢献する。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

・研究開発項目(1)「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」

【最終目標】(2025年度)

従来の炭化水素系燃料を燃焼するバーナーと比較して同等の輻射性能を有し、国内の環境規制をクリアできる NO_x 排出レベルとするアンモニア燃焼バーナーを開発し、工業炉における長時間・連続燃焼による実証評価試験を行う。ここで、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を完了する。

また、上記の成果を踏まえ、1MW級アンモニア燃焼バーナー及び周辺技術の設計技術を確立し、大型工業炉への適用可能性の検討を完了する。

【中間目標】(2023年度)

200kW級アンモニア燃焼バーナーを製作し、200kWモデル燃焼炉においてアンモニア-酸素等支燃性ガス燃焼による、輻射伝熱強化条件と低 NO_x 燃焼条件の検討実験と検証を行い、輻射伝熱強化及び低 NO_x 燃焼化の技術を確立

する。また、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小・中型工業炉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。これにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。

・研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

【最終目標】（2025年度）

天然ガスの改質によりブルー水素を製造し、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を行う。製造プロセスから発生するCO₂の回収率90%以上を達成するとともに、既存法と同等程度の生産効率を保ちつつ、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(6000ton-NH₃/日, \$300/ton-NH₃程度)に備えスケールアップ時の課題の抽出も併せて完了する。

【中間目標】（2023年度）

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、並びにCO₂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。

② 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。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

経済産業省が主導する、燃料アンモニア導入官民協議会及び、民間企業等により組織された、一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会と連携し、本事業の成果を活用することで、燃料アンモニアのサプライチェーンの構築や需要拡大を促進する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

- ・研究開発項目（1） 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」
- ・研究開発項目（2） 「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

研究開発項目（1）については、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基

盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する研究開発であり、委託事業として実施する。

研究開発項目（２）については、一定程度の実用化が進んだ技術をベースに企業が中心となって改良・スケールアップを行う「実用化開発」であることから、助成事業（助成率1／2）として実施する。

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO が、単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業等の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 青山 勝博 主任研究員が研究開発責任者（プロジェクトマネージャー）の職務を行い、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

（2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして、次に掲げる適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて外部有識者による技術検討委員会等を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDO は、主としてプロジェクトリーダーをとおして研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、必要に応じて外部有識者で構成する技術委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について必要に応じて調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

原則として、2021年度から2025年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者によるプロジェクト評価を実施する。

評価の時期は中間評価を2023年度、事後評価を2026年度とし、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、燃料アンモニアの利用拡大及び我が国の関連産業の競争力強化に資することを留意しつつ、研究開発成果の普及に努める。NEDO は、研究開発実施者による研究開発成果の普及を促進する。

②知的基盤整備事業又は標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等を推進する団体・組織からの要請があれば、積極的にデータ提供し連携する。

③知的財産権の帰属、管理等取扱いについての方針

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、開発段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

④ 知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する（ただし、研究開発項目（1）のみ）。

⑤ データマネジメントに関わる運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」を適用する（ただし、研究開発項目（1）のみ）。

(2) 基本計画の変更

NEDO は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国

内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクトの基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号、第三号及び第九号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

2021年3月、基本計画制定

2021年9月、「研究開発項目(2) 1ステップでアンモニアを電解合成する技術開発」を削除すること等に伴う改訂

2022年5月、「研究開発項目(2) ブルーアンモニア製造に係る技術開発」の追加に伴う改訂

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目 (1) 「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」

1. 研究開発の必要性

産業分野で用いられている工業炉は現状、重油、石炭、天然ガスを利用しているが、産業分野は日本全体の温室効果ガス排出の35%を占めており、高炉や工業炉の脱炭素化は非常に重要である。工業炉に求められる温度帯や、アンモニア燃料の火炎の特性を踏まえると、製紙、セメント、石灰製造、アルミ、板ガラス分野等でのアンモニアの利用が想定され、燃料アンモニア工業炉は日本全体の温室効果ガス排出量の約5%を削減するポテンシャルを有している。

また、燃料アンモニアは既存技術でサプライチェーン構築(陸上輸送や受入設備の整備等)が可能である点を踏まえると、水素社会の早期実現や産業分野の脱炭素化のためには燃料アンモニア工業炉の実用化が重要である。

アンモニア工業炉における燃焼技術に関しては、2014年～2018年の内閣府SIPプロジェクトにて試験炉を用いた技術開発が行われ、アンモニア利用のボトルネックであったNO_x排出の抑制が可能である等は確認されたものの、実用化に向けては更なる大規模工業炉へ適用可能な技術開発が必要となっている。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 輻射伝熱強化及び低NO_x燃焼化の技術開発

アンモニア燃焼はカーボンフリーであるために、炉内伝熱においては燃焼過程において生成する煤からの固体輻射による輻射伝熱が期待できない。そこで、酸素等支燃性ガス燃焼等との組み合わせによる火炎温度の上昇を利用した輻射伝熱強化の技術開発を行う。一方、アンモニアには窒素原子が含まれるため、燃焼時にNO_xの生成が危惧される。特に上述の酸素等支燃性ガス燃焼との組み合わせにおいては、火炎が高温になるためNO_xが生成し易い状態となる。現行の環境規制をクリアできるNO_x排出レベルを達成出来る、低NO_x燃焼化の技術開発を行い、上記の両技術開発において、最適なアンモニア燃焼バーナー構造の設計技術を確立する。

(2) 200kW級モデル炉における輻射伝熱及び低NO_x燃焼の特性評価

小型の加熱炉や反射炉でも使用可能な200kW級のアンモニア燃焼バーナー及びモデル炉を設計・製作し、燃焼時の輻射伝熱特性、低NO_x燃焼の特性評価実験を行うことで、バーナーの設計基準を決定する。

(3) 工業炉における燃料アンモニア燃焼の実証評価試験

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小・中型工業炉向けのアンモニア燃焼バーナーを設計、製作し、工業炉における

ガラス製造等製品へ適用によるアンモニア燃焼技術の実証評価試験を行う。また、燃料としてアンモニアを利用する上での経済性、製品品質、安全性等の評価を行い、それを反映したバーナーや工業炉の最適化を図る。

また、上記の成果を踏まえ、1MW 級アンモニア燃焼バーナー及び周辺技術の設計技術を確立し、大型工業炉への適用可能性の検討を行う。

3. 達成目標

【中間目標】(2023 年度)

200kW 級アンモニア燃焼バーナーを製作し、200kW モデル燃焼炉においてアンモニア-酸素等支燃性ガス燃焼による、輻射伝熱強化条件と低 NO_x 燃焼条件の検討実験と検証を行い、輻射伝熱強化及び低 NO_x 燃焼化の技術を確立する。また、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小・中型工業炉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。これにより、工業炉におけるアンモニア燃焼の要素技術を確立する。

【最終目標】(2025 年度)

従来の炭化水素系燃料を燃焼するバーナーと比較して同等の輻射性能を有し、国内の環境規制をクリアできる NO_x 排出レベルとするアンモニア燃焼バーナーを開発し、工業炉における長時間・連続燃焼による実証評価試験を行う。ここで、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を完了する。

また、上記の成果を踏まえ、1MW 級アンモニア燃焼バーナー及び周辺技術の設計技術を確立し、大型工業炉への適用可能性の検討を完了する。

研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

1. 研究開発の必要性

現在、アンモニアは天然ガスを原料として、水蒸気改質法とハーバー・ボッシュ法を組み合わせ製造されており、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」を供給可能とすることが重要な課題である。

ブルーアンモニアの製造においては、前述のように原料である天然ガスから排出される CO₂ を削減することは技術的に可能であるものの、製造プロセス中における脱炭素化までは技術的に確立していない。このため完全な「ブルーアンモニア」の製造とはいえない状況である。さらに高温高压下のハーバー・ボッシュ法から低温低压下で製造する手法が国内より開発されており、20ton-NH₃/y の小規模製造実績がある。

このため、将来のアンモニア利用拡大を見据え、燃料アンモニア製造における、製造プロセス全体の脱炭素化およびハーバー・ボッシュ法を代替しうる低炭素合成技術を小規模プラントにて実証し、将来の大型化を見据えた製造技術の開発、並びに製造プロセス全体の最適化に取り組む。

2. 研究開発の具体的内容

完全な「ブルーアンモニア」の製造を目指した、燃料アンモニアの製造プロセスにおける脱炭素化およびハーバー・ボッシュ法を代替しうる低炭素合成技術を小規模プラントにて実証し、将来の大型化を見据えた製造技術の開発、並びに製造プロセス全体の最適化に取り組む。また、将来的な大型化に備えたスケールアップ時の課題抽出も併せて行う。

(1) 大規模化を見据えた低炭素天然ガス改質技術の開発

将来の大型化が可能であり、天然ガス改質プロセスから発生する CO₂ を 90%以上回収可能なプロセスを設計し、大型化に向けた技術的な設計課題抽出のため、最小規模で設備建設・実証運転を行い、安全性評価及び大型化設計を可能とするデータを取得する。

(2) 低炭素アンモニア合成技術の開発

従来法（ハーバー・ボッシュ法）と比較し、生産効率が同等以上かつプロセス全体でエネルギー消費が少ない低炭素合成プロセスを設計し、大型化に向けた技術的な設計課題抽出のため、最小規模での設備建設・実証運転を行い、安全性評価及び大型化設計を可能とするデータを取得する。

(3) 製造プロセス全体の最適化・脱炭素化

前段プロセスと後段プロセスを統合の上、プロセス全体で最適な熱収支及びマテリアル・バランスとなるようシステム設計を行い、大型化に向けた技術的な設計課題抽出のため、最小規模での設備建設を行う。また、実証運転を通じて、安全性評価及び大型化設計を可能とするデータを取得する他、CCS/CCUS による長期 CO₂ 貯留・利用が出来ることも併せて確認する。

3. 達成目標

【中間目標】(2023 年度)

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、並びに CO₂ 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。

【最終目標】(2025 年度)

天然ガスの改質によりブルー水素を製造し、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を行う。製造プロセスから発生する CO₂ の回収率を 90%以上達成するとともに、既存法と同等程度の生産効率を保ちつつ、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%以上の削減可能であることを実証する。さらに将来的な大型化(6000ton-NH₃/日, \$300/ton-NH₃程度)に備えスケールアップ時の課題抽出も併せて完了する。

・プロジェクト開始時関連資料（事前評価結果、パブリックコメント募集の結果）

事前評価結果

案件名	燃料アンモニア利用・生産技術開発 研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」
推進部署	スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
総合コメント	<p>（戦略、実施体制について） 燃料アンモニアは各社が強い興味を持っている分野であり、今後熾烈な戦いになるだろう。燃料アンモニアの世界的な利用展開を見据えつつ、関係する企業のビジネスモデルを描きながら、事前に戦略や実施体制を十分検討して、事業を開始していただきたい。</p> <p>（目標設定について） 本事業において計画している実証規模や目指す効率が分かるように、具体的な研究開発目標（アウトプット目標）を設定していただきたい。</p> <p>[第55回産業技術構造審議会評価ワーキンググループ]</p>

案件名	燃料アンモニア利用・生産技術開発 研究開発項目（2）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」
推進部署	スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
総合コメント	<p>地球規模における脱炭素化の実現に向けて大きく貢献する CO2 フリーとなる燃料アンモニアへの取り組みは重要である。一方、水素製造・アンモニア製造・輸送・貯留などを含むライフサイクル全体のエネルギー、CO2 などに関する総合的観点で、グリーンアンモニアと比較してブルーアンモニアに着目した開発項目の位置付け、技術的課題、達成度を明確にする必要がある。その上で、従来のハーバー・ボッシュ法を代替するアンモニア合成技術が、低炭素化へどのように貢献するのか明らかにして頂きたい。また、開発された技術が満たすべき供給コストの目標、供給量、アンモニア生産プラント生産規模を、拡充開発項目を含め、最新のエネルギー政策を反映させた目標値で示すことが望ましい。</p> <p>[第66回 NEDO 研究評価委員会]</p>

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」に対するパブリックコメント募集の結果について

NEDO POSTにおいて標記基本計画(案)に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
貴重なご意見をいただき、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間
2021年2月16日～2021年3月1日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>
計1件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
全体について		
<p>[意見1] (1件)</p> <p>2050年カーボンニュートラルを実現するため、技術開発と社会実装を加速することが必要不可欠である。本基本計画における燃料アンモニア工業炉の技術開発はその一環として大変重要である。グリーン成長戦略において燃料アンモニアは電力部門に重点が置かれているが、全方位的に取り組むべきである。本基本計画における対象工業炉はガラス熔融炉が取りあげられており、要求水準の高さを勘案すれば、波及効果の面でも適切な選択である。工業炉は多様でありその特性も幅広いが、低NOx化など共通かつ他の工業炉にも適用可能な技術は多いであろう。10年間のグリーンイノベーション基金も随時活用し、多様な熱処理炉、化学プラントなど熱利用における燃料アンモニアの活用に向けた技術開発を推進していただきたい。</p>	<p>[考え方]</p> <p>ご意見ありがとうございます。 頂いた意見を参考に、引き続き燃料アンモニアの活用に向けた技術開発を推進していきます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

「燃料アンモニア利用・生産技術開発／ブルーアンモニア製造に係る技術開発」の
基本計画（案）に対するパブリックコメント募集の結果について

2022年5月17日

NEDO

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。

1. パブリックコメント募集期間
2022年4月22日～2022年5月6日
2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞
計0件

以上

●特許論文等リスト

研究開発項目（1）「工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発」

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	ページ番号	発表年月
1	M. Hayashi, A. Hayakawa, T. Kudo, H. Kobayashi	東北大学	Effects of Water Vapor Dilution on the Laminar Burning Velocity and Markstein Length of Ammonia/Water Vapor/Air Premixed Laminar Flames	Energy and Fuels, Vol.36	12341- 12349	2022.10

【外部発表】

(a) 学会発表・講演(口頭発表も含む)

番号	発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名	発表年月
1	萩原義之	大陽日酸	酸素燃焼による CO2 削減	ニューガラスフォーラム 若手懇談会	2022.5
2	萩原義之	大陽日酸	ガラス溶解炉用酸素燃焼の基礎	日本瓶ガラス協会 「技術伝承講座 テクニカルカレッジ」	2022.9
3		大陽日酸	Advanced Combustion Technology for Innovative Customaized Solution	83th Conference on Glass Problem(出展)	2022.10
4	萩原義之	大陽日酸	酸素燃焼による CO2 削減	ケミカルマテリアル Japan 2022	2022.10
5	萩原義之	大陽日酸	工業炉における燃料アンモニアの利用	CFAA セミナー	2022.12
6	萩原義之	大陽日酸	カーボンニュートラルを実現する酸素燃焼技術	MCG Technology Week 2023	2023.2
7	壹岐典彦	産業技術総合研究所	アンモニアを燃料として利用するガスタービンの研究開発	石油学会 64 回年次大会	2022.5
8	壹岐典彦	産業技術総合研究所	産総研におけるアンモニア燃焼技術の進展	石炭・炭素資源有効利用研究会第 10 回研究会	2023.2
9	H. Kobayashi	東北大学	Further applications of ammonia combustion in energy and industry sectors	KAUST-Tohoku University-Orleans Core to Core Workshop	2022.10
10	小林秀昭	東北大学	燃料アンモニアの利用技術開発	三菱ふそう実践的教育プログラム共同研究部	2022.10

				門オンライン講義	
11	H. Kobayashi	東北大学	Ammonia Combustion for Gas Turbine Power Generation	19th International Conference on Flow Dynamics	2022.11
12	Y. Shen, K. Sakai, S. Colson, T. Kudo, A. Hayakawa, H. Kobayashi	東北大学	Laminar Burning Velocities and Markstein Lengths of Oxygen Enriched NH ₃ /O ₂ /N ₂ and NH ₃ /O ₂ Premixed Flames	19th International Conference on Flow Dynamics	2022.11
13	小林秀昭	東北大学	CO ₂ フリー アンモニア直接燃焼	化学工学会 第 88 年 会, 産業セッション	2023.3

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	AGC	AGC 横浜テクニカルセンターにおける新たな技術開発体制	日本燃焼学会誌	2022.11
2	大陽日酸	酸素燃焼による CO ₂ 削減	電気硝子工業会誌	2022.4

【受賞実績】

番号	発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名	発表年月
1	H. Kobayashi	東北大学	Bernard Lewis Gold Medal for brilliant research in the field of combustion, particularly on high pressure turbulent premixed flames and ammonia combustion for decarbonization	39th International Symposium on Combustion, The Combustion Institute	2022.7

【成果普及の努力(プレス発表等)】

番号	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
1	大陽日酸 AGC	ガラス溶解プロセスの CO ₂ 削減にアンモニア活用推進	ガスレビュー	2022.5

研究開発項目（２）「ブルーアンモニア製造に係る技術開発」

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	伊藤 多聞	株式会社 INPEX	柏崎市でのブルー水素・アンモニア製造・利用一貫実証試験につきまして	第2回柏崎刈羽地域若手経営者等勉強会（資源エネルギー庁 原子力広報室主催）	2023.3
2	高橋 裕也 他	株式会社 INPEX	石油・ガス上流事業におけるプロセス・フティーに係る手法の水素・アンモニア関連設備への適用	石油技術協会 令和5年度春季講演会	2023.6

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1		INPEX が新潟で国内初のブルー水素製造 約 100 億円投資	日本経済新聞	2022.11
2		INPEX、ブルー水素やアンモニアの製造・利用一貫実証実験開始	ロイター	2022.11
3		INPEX、ブルー水素やアンモニアの製造・利用一貫実証試験開始	朝日新聞	2022.11
4		INPEX、ブルー水素やアンモニアの製造・利用一貫実証試験開始	ニューズウィーク日本版	2022.11
5		INPEX、水素・アンモニアで実証施設 25 年運転開始	時事通信	2022.11
6		INPEX、新潟でブルー水素実証/製造・圧入・発電まで一貫で	電気新聞	2022.11
7		水素製造、発電 25 年開始	新潟日報	2022.11
8		ブルー水素・アンモニア INPEX 新潟で実証	日刊工業新聞	2022.11
9		INPEX takes FID on blue hydrogen, ammonia, 100% hydrogenfired power project in Japan	S&P Global	2022.11
10		国産天然ガスから水素とアンモニア製造 INPEX 新潟で実証実験	西日本新聞	2022.11

11		新潟柏崎で水素を製造 INPEX 実証試験	沖縄タイムス	2022.11
12		INPEX takes FID on Japanese blue hydrogen project	Upstream	2022.11
13		INPEX 実証試験 水素発電 25 年開始へ	柏崎日報	2022.11
14		Japan to build its first hydrogen to ammonia asset	The Energy Year	2022.11
15		Japan's INPEX Ventures Into Blue Hydrogen	QU4TRO Strategies	2022.11

2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「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

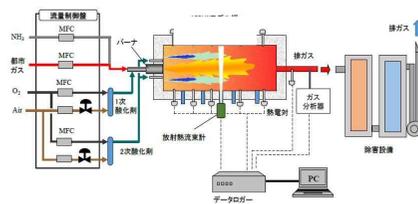
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

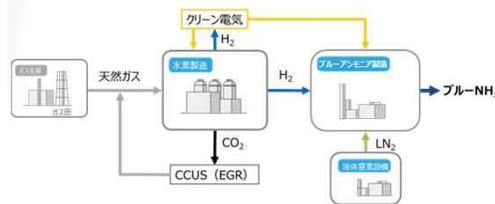
燃料アンモニア利用・生産技術開発

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

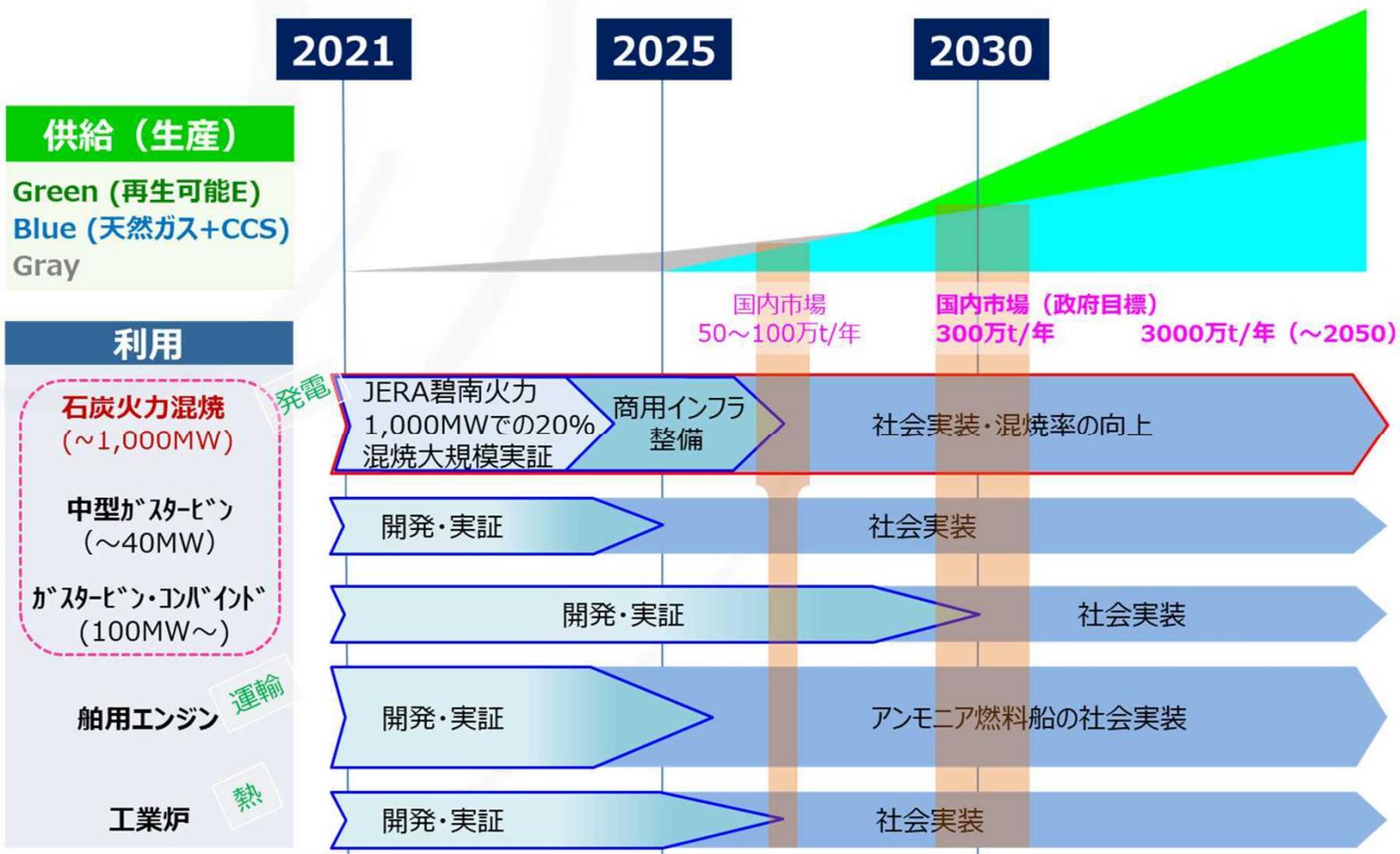
3. マネジメント

- (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）



資源エネルギー庁
長官
次長
長官官房
総務課
国際課

省エネルギー・新エネルギー部
部長
政策課
新エネルギーシステム課
省エネルギー課
新エネルギー課

資源・燃料部
部長
政策課
石油・天然ガス課
石油精製備蓄課
石油流通課
石炭課
鉱物資源課

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

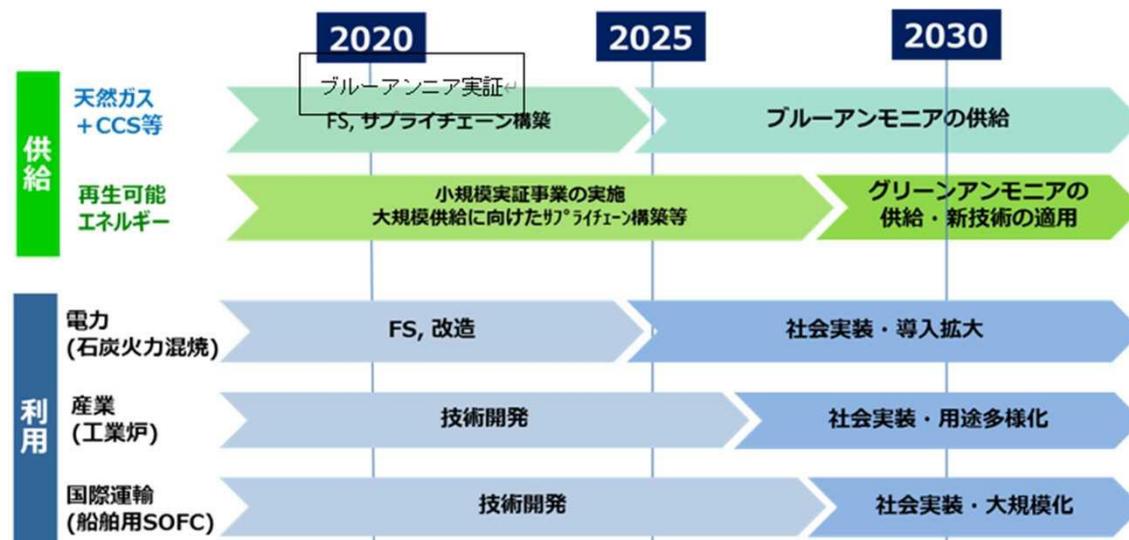
技術戦略は、内閣府SIPプロジェクト終了後、速やかに国家プロジェクトを立ち上げるため、(通常の)NEDOではなく

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) 技術の現状と課題 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）

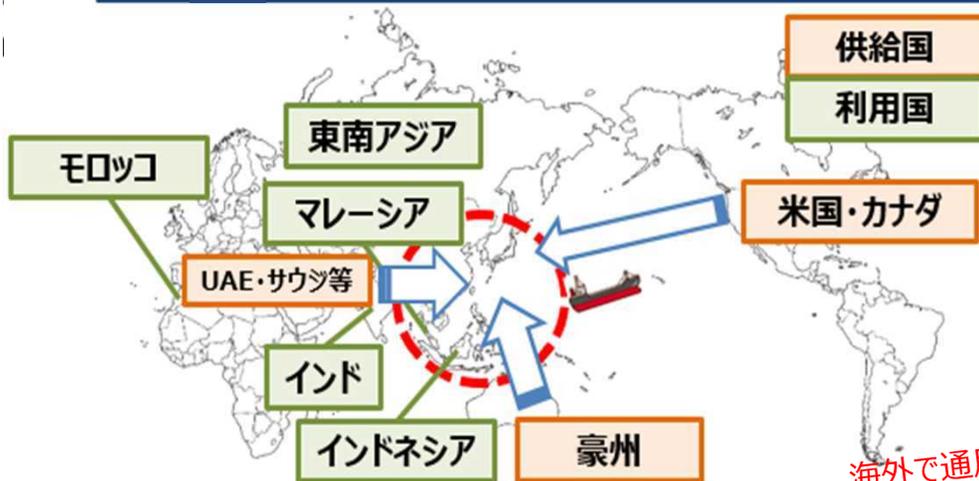
<p>【ナフサ分解炉】 2021～2030年度 NEDO GI基金 アンモニア燃料のナフサ分解炉実用化</p>	<p>三井化学、丸善石油化学、東洋エンジニアリング、双日マシナリー</p>
<p>【金属加熱炉】 2021～2022年度 NEDO先導研究PG ①革新的アンモニア燃焼による脱炭素工業炉の開発 ②アンモニアを燃料とした脱炭素次世代高性能工業炉の基礎研究</p>	<p>①大阪大学、中外炉工業、東京大学 ②北海道大学、ロザイ工業、三建産業、東北大学、広島大学</p>

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）

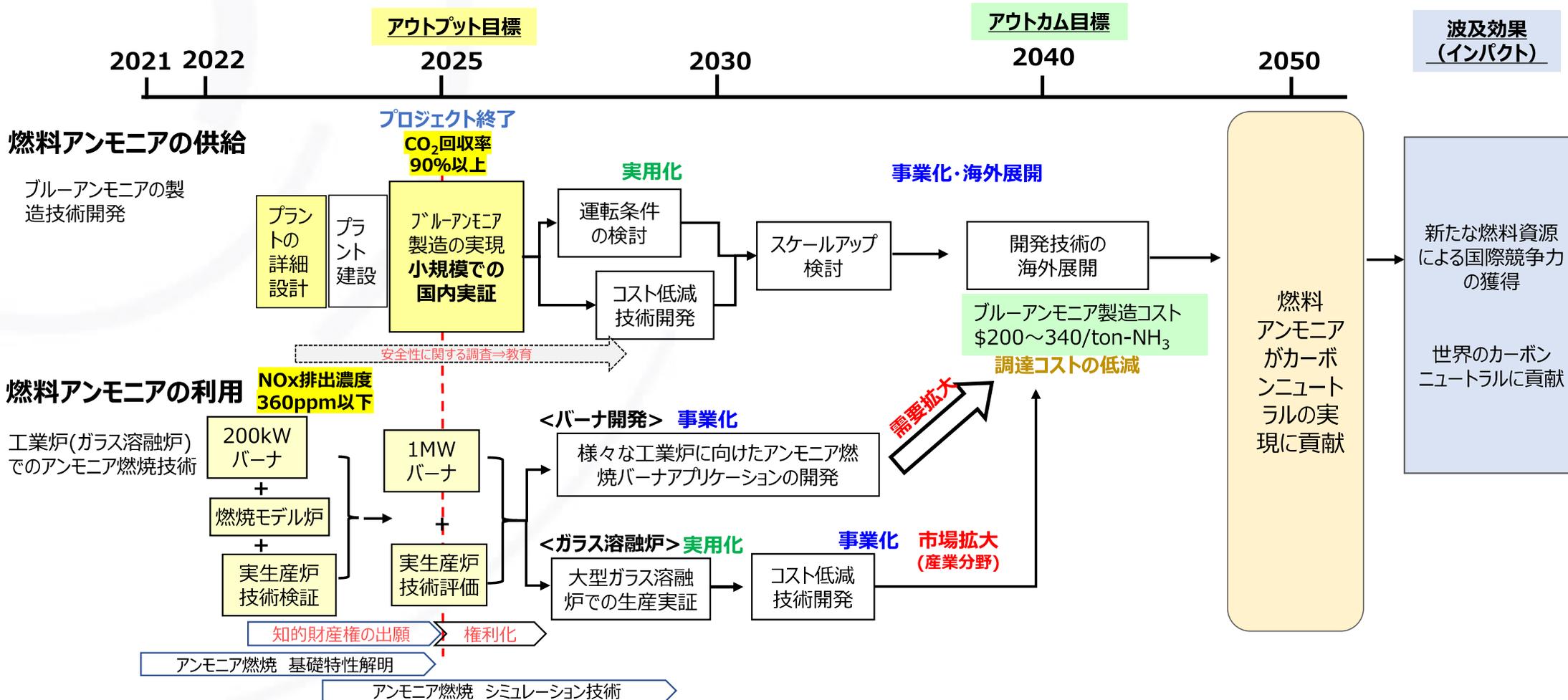
【出典】Nitrogen+Syngas No.381, Jan.-Feb.2023 (BCInsight)



他事業との関係



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

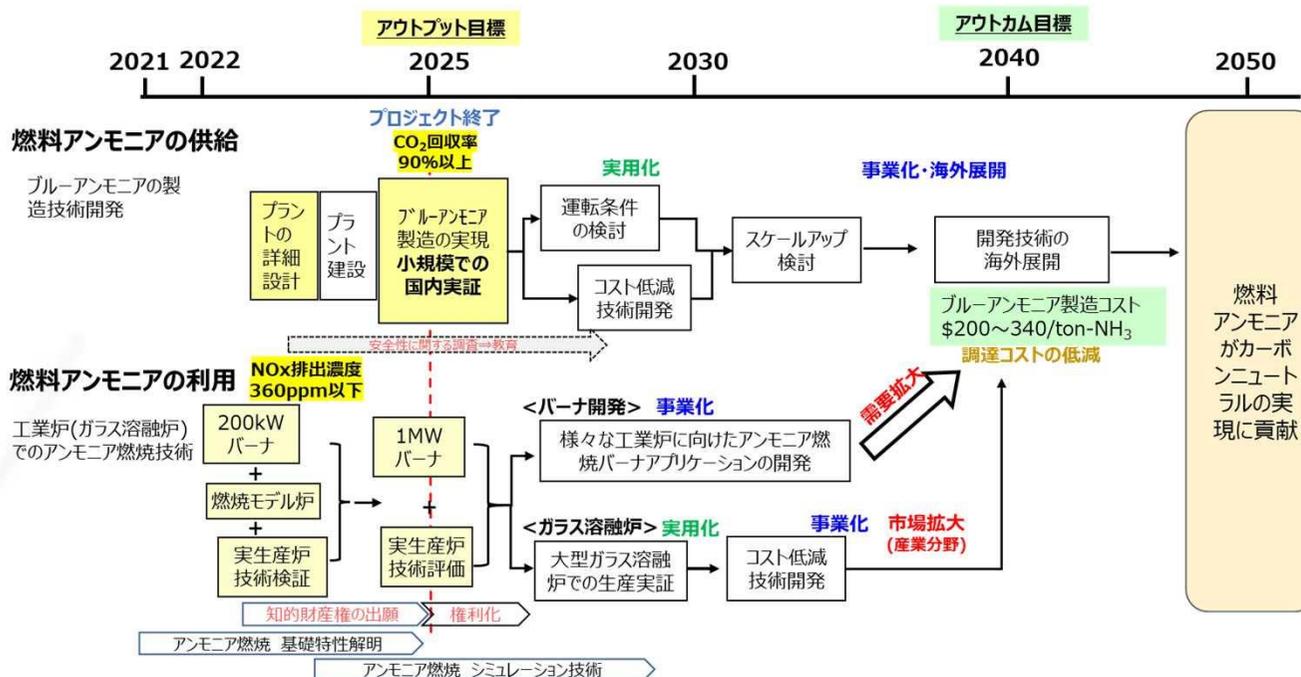
アウトカム目標

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

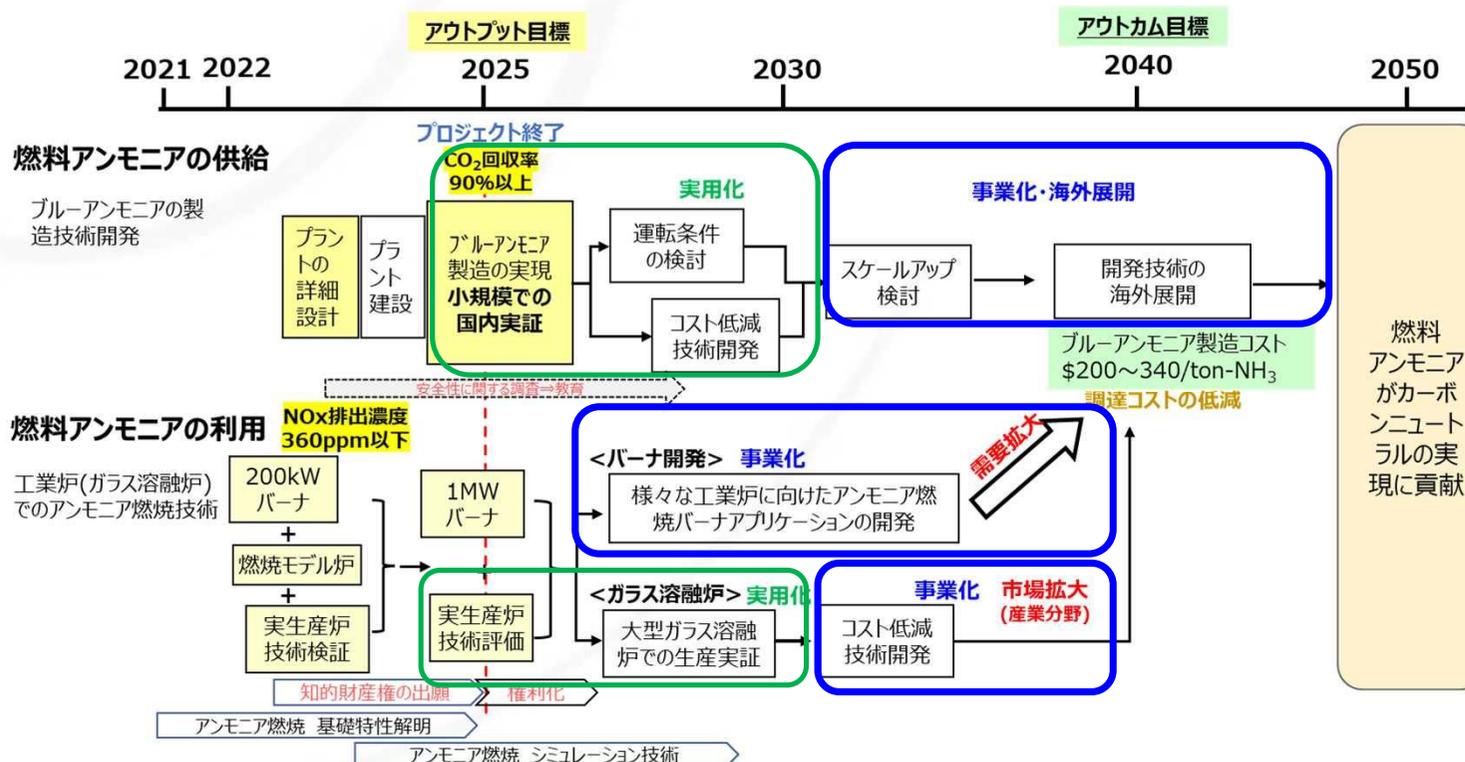
カーボンニュートラル達成に向けたアンモニア利用促進の為には、アンモニアサプライチェーンの構築が重要であるが、先のLNGサプライチェーン構築時の様に、主たるエネルギー関係者である発電分野への導入が行われる事が重要である。発電プロセスで脱炭素燃料として利用開始されたアンモニアの低価格化に向けては、需要(利用面で)の拡大が必要であり、工業炉におけるアンモニア燃焼の社会実装は、日本が世界で初めて天然ガスをLNGにして、石油・石炭からのクリーン化・低炭素化を達成したことと同様に重要なポテンシャルを有している。

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討を行い、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。

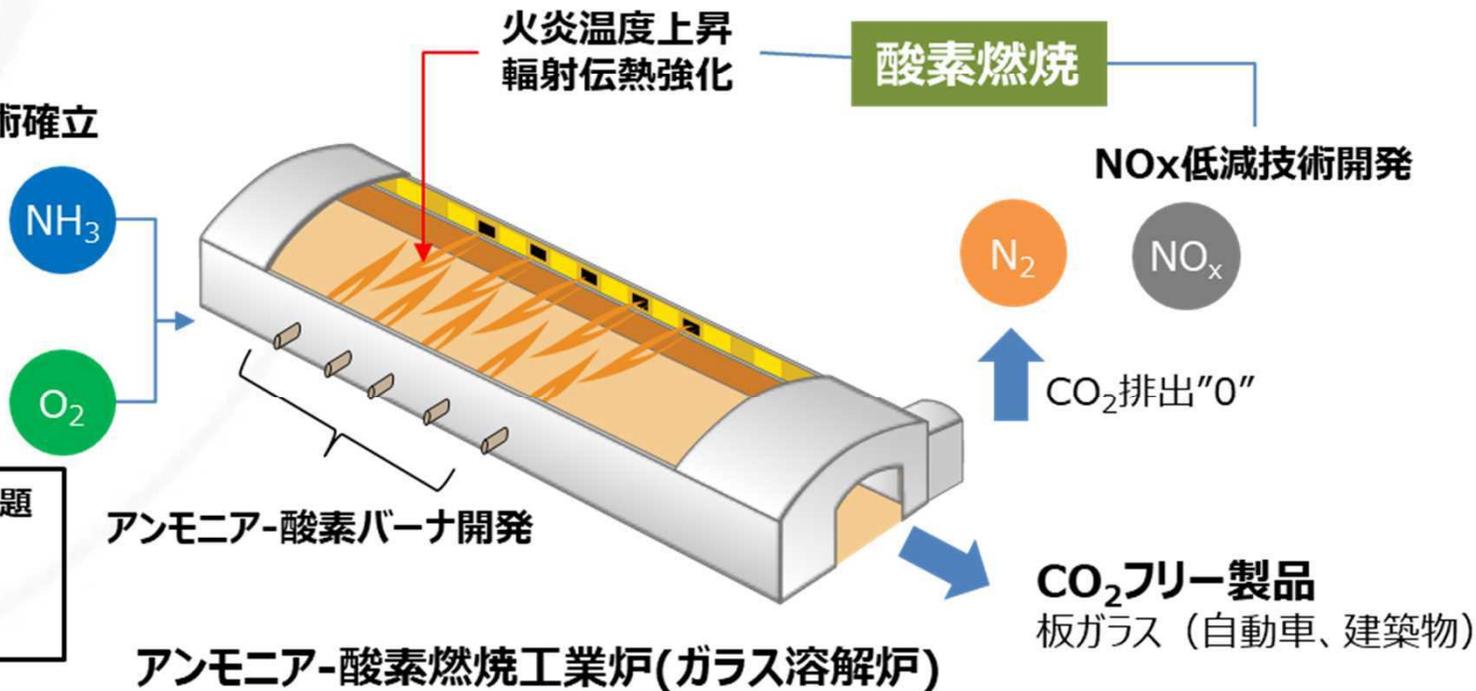
アウトプット（研究開発成果）のイメージ（工業炉）

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

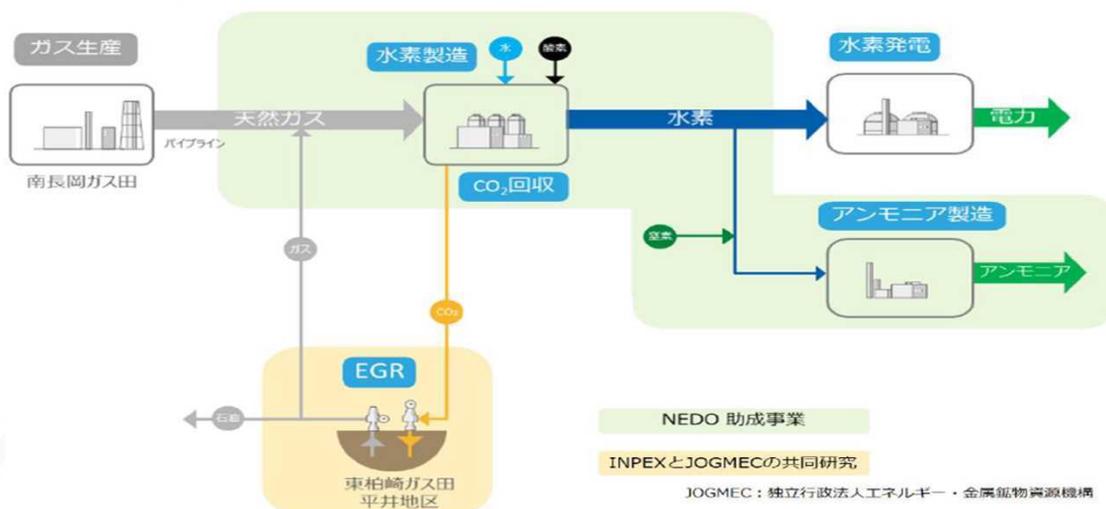


アンモニア利用の為の安全技術確立



- アンモニアの燃料利用における課題
- ・ 火炎温度の低下
 - ・ 火炎放射強度の低下
 - ・ 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



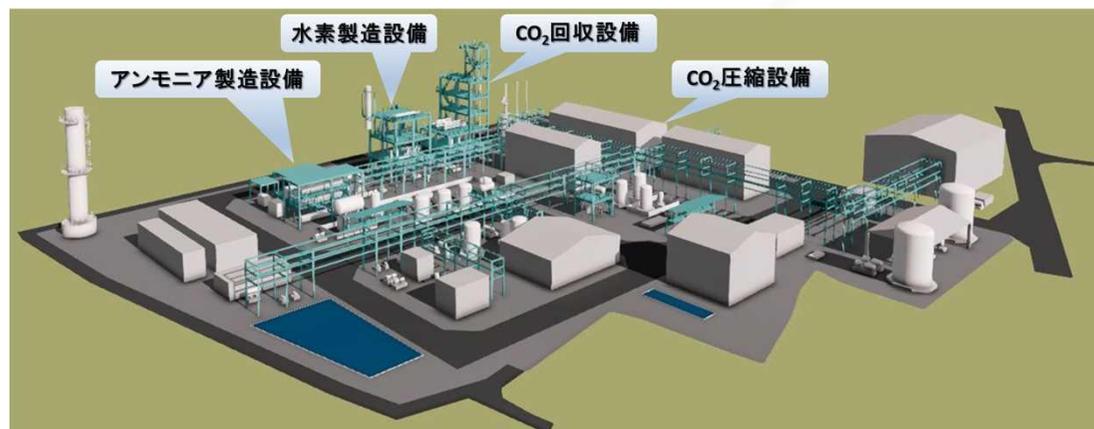
新潟県柏崎市での水素・アンモニア製造・利用一貫実証

- ・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

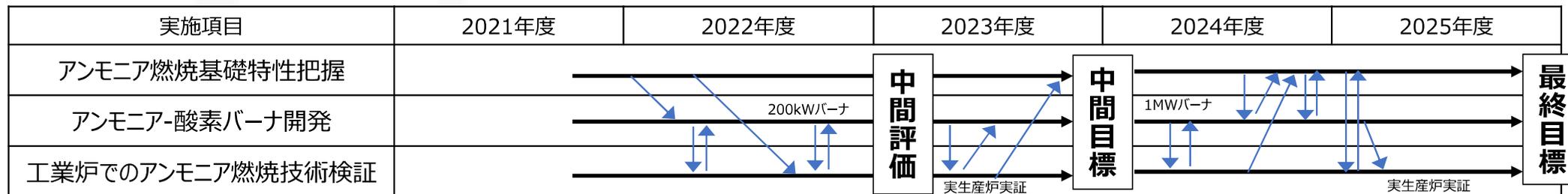
- ・上記成果を基盤に、当社天然ガス田及び既存インフラを活用したブルー水素製造プラントを建設し、2030年頃までに商業化を目指す。

【出典】INPEX Vision2022から抜粋

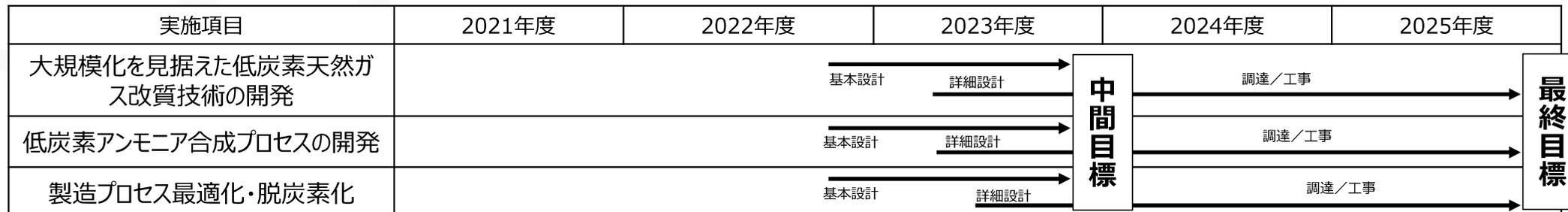


アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

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ーを開発し、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あり問題なし
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あり問題なし
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あり問題なし

◎ 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

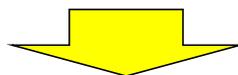
3. マネジメント

- (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。

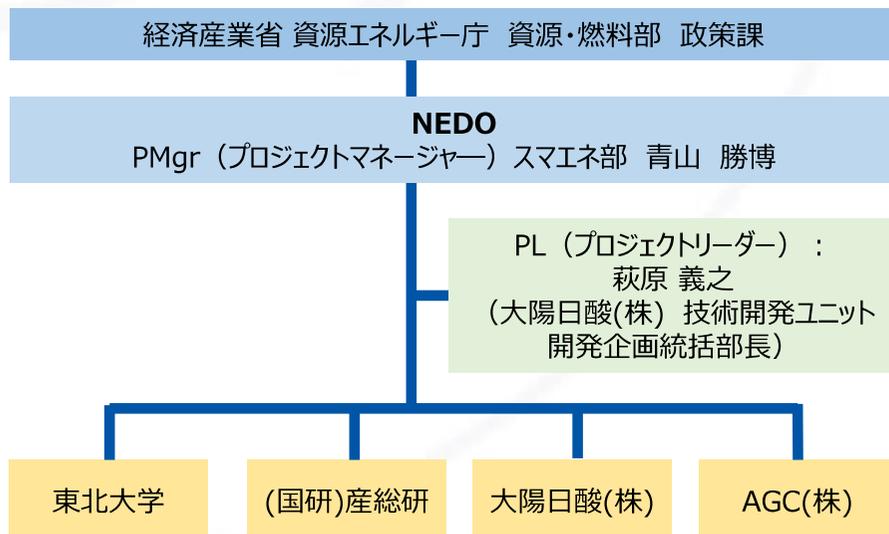


NEDOが持つこれまでのプロジェクトマネジメントの知識、実績を活かして実施すべき事業である。

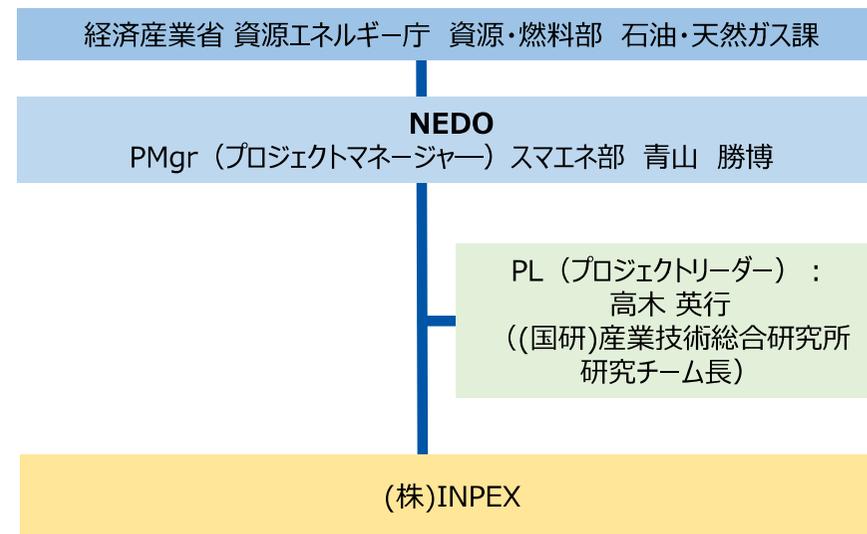
実施体制（責任体制）

- 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

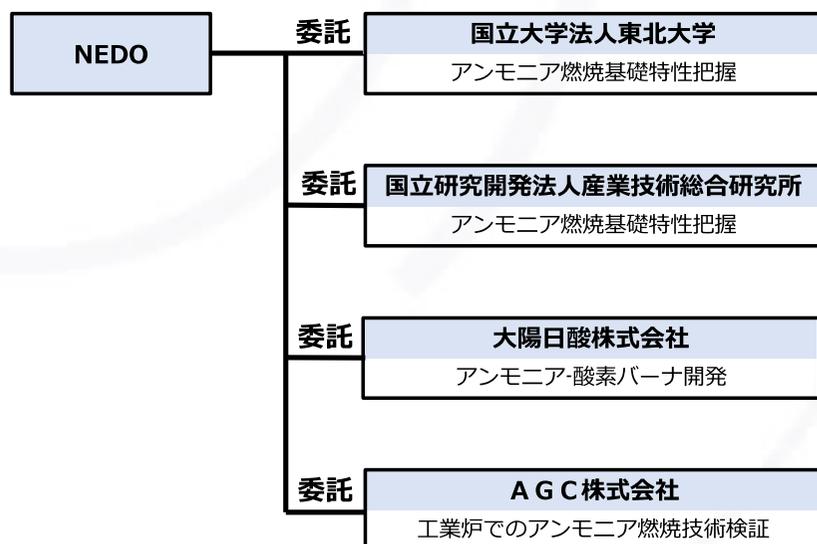


ブルーアンモニア製造に係る技術開発

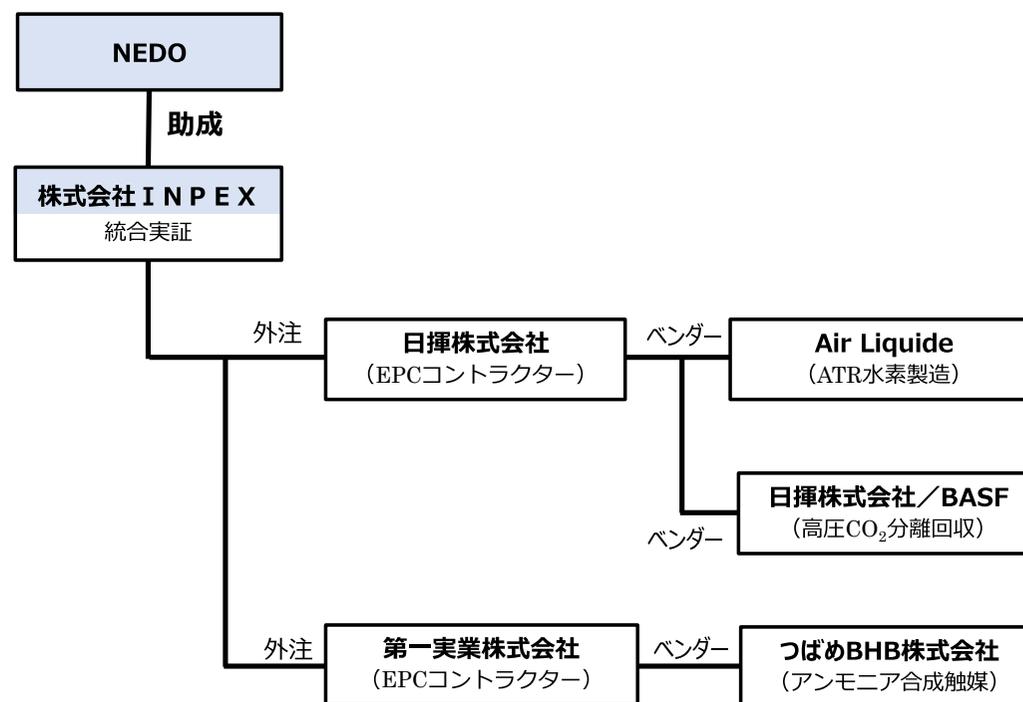


実施体制 (実施者間での連携)

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

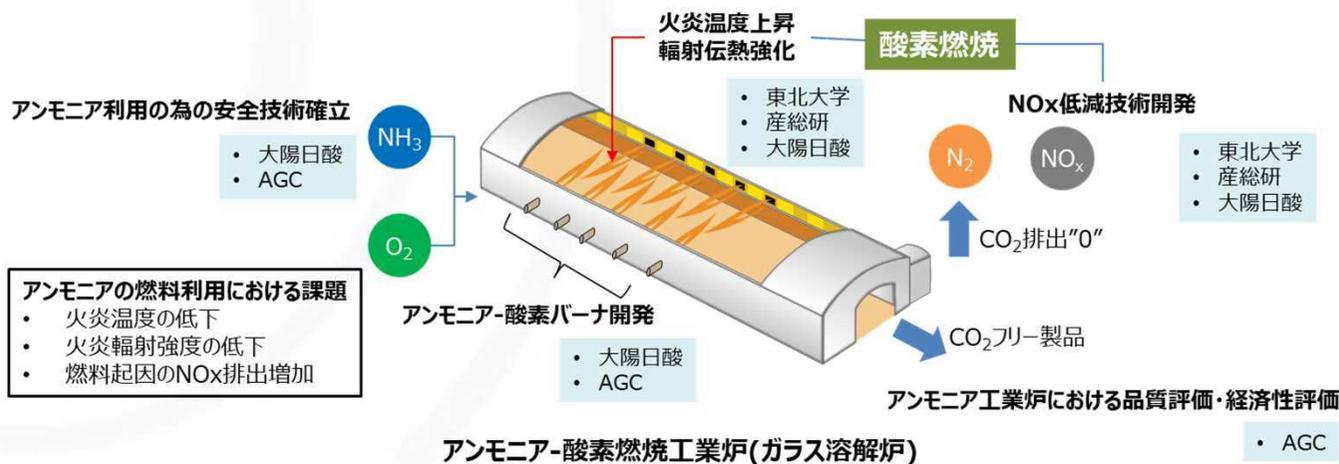
(単位：百万円)

◆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

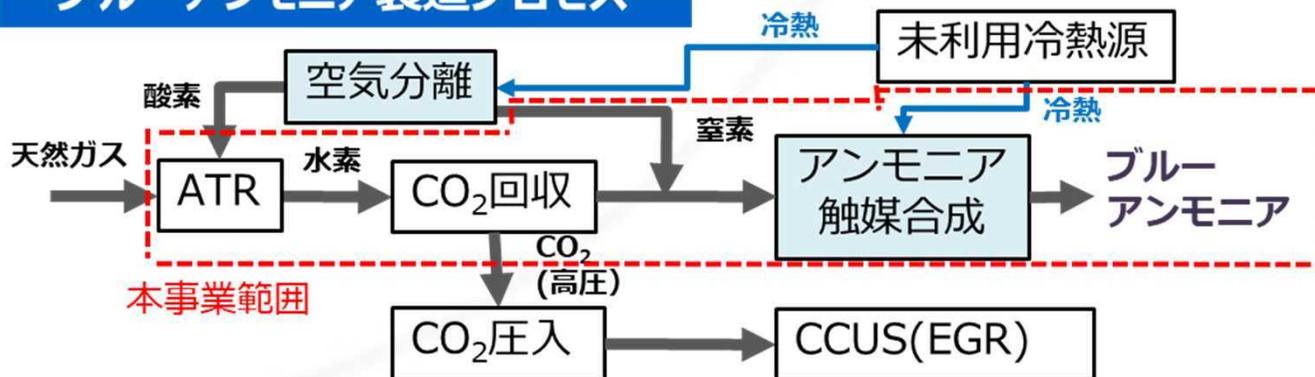


工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発

- 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



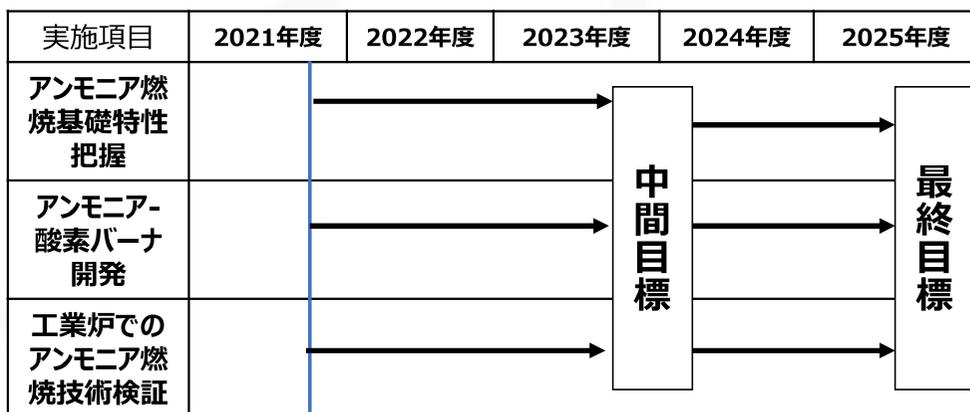
ブルーアンモニア製造に係る技術開発

- 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

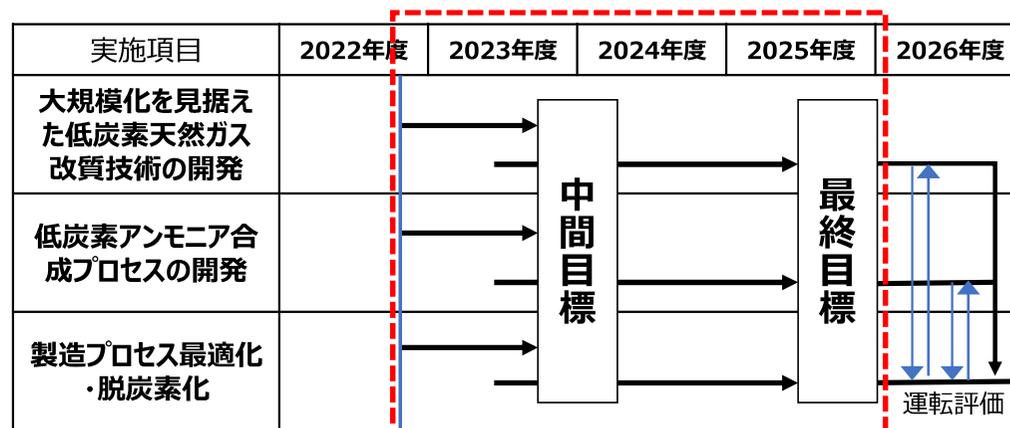
ATR技術/CO₂分離回収技術/(EGR技術)/低温・低圧アンモニア合成技術

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。

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「燃料アンモニア利用・生産技術開発」(中間評価)分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2023年6月28日(水) 13:00~17:10

場 所 : NEDO 川崎本部 2301,2302,2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	黒瀬 良一	京都大学 大学院 工学研究科 機械理工学専攻	教授
分科会長代理	原 三郎	一般財団法人 電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部	副本部長
委員	柴田 善朗	一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット	担任補佐・研究理事
委員	則永 行庸	名古屋大学 未来社会創造機構 脱炭素社会創造センター	教授
委員	波多江 徹	東京ガス株式会社 基盤技術部 次世代技術研究所	副所長
委員	宮岡 裕樹	広島大学 自然科学研究支援開発センター	准教授
委員	山崎 勇英	株式会社 日本触媒 事業企画本部 マーケティング戦略部	部長

<推進部署>

今田 俊也	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	部長
青山 勝博(PM)	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主任研究員
半沢 弘毅	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主査
鈴木 慶太郎	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主査
佐々木 雄一	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主査
和田 祐子	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	職員
大滝 美里	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	事務職員
山本 真一	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主任
藤田 睦美	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主幹
村上 真一	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主任
島村 亜咲子	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	職員
小岩 雅和	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	主査

<実施者>

萩原 義之(PL) 大陽日酸株式会社 技術開発ユニット 開発企画統括部 開発企画統括部長
阿部 圭佑 大陽日酸株式会社 技術開発ユニット 開発企画統括部 主事
小林 秀昭 東北大学 流体科学研究所 教授
壹岐 典彦 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
再生可能エネルギー研究センター 水素キャリア利用チーム 招聘研究員
白井 正信 AGC株式会社 技術本部 先端基盤研究所 CN技術・戦略室 マネージャー
上堀 徹 AGC株式会社 技術本部 先端基盤研究所 CN技術・戦略室 室長
高木 英行(PL) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター
水素製造・貯蔵基盤研究チーム 研究チーム長
古座野 洋志 株式会社 INPEX 水素・CCUS 事業開発本部
技術開発ユニット 副ジェネラルマネージャー
埴原 昭信 株式会社 INPEX 国内 E&P 事業本部 建設ユニット プロジェクトマネージャー
大島 義史 株式会社 INPEX 水素・CCUS 事業開発本部
事業推進ユニットプロジェクト推進グループ アドミニストレーションリード
金子 創太 株式会社 INPEX 国内 E&P 事業本部 建設ユニット プロジェクトエンジニア

<オブザーバー>

遠藤 直人 経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課 係員
銭 祥富 経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部石油・天然ガス課 課長補佐
亀山 孝広 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 課長補佐
浅野 常一 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 技術評価係長

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長
山本 佳子 NEDO 評価部 主幹
佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員
板倉 裕之 NEDO 評価部 専門調査員
須永 竜也 NEDO 評価部 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 意義・社会実装までの道筋
 - 5.2 目標及び達成状況
 - 5.3 マネジメント
 - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発
 - 6.2 ブルーアンモニア製造に係る技術開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

- ・開会宣言 (評価事務局)
- ・配布資料確認 (評価事務局)

2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
- ・出席者の紹介 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【黒瀬分科会長】 本日の分科会長を仰せつかりました京都大学の黒瀬です。専門は燃焼工学、熱流体工学であり、主に数値シミュレーションを用いた解析等々を行っております。不慣れではありますが、どうぞよろしくお願いいたします。

【原分科会長代理】 電力中央研究所の原です。私は、発電分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組に携わっており、その中ではアンモニアを使った微粉炭火力での混焼といった分野も含めて取り扱っております。本日はよろしくお願いいたします。

【柴田委員】 日本エネルギー経済研究所の柴田です。私は、再生可能エネルギーや水素等のクリーンエネルギーであるとか、カーボンリサイクルの政策・技術評価、経済性の評価といったところに携わっております。本日はどうぞよろしくお願いいたします。

【則永委員】 名古屋大学の則永です。専門は化学工学です。その中でも、特に反応工学や分離工学をベースとした固体資源の有効利用技術開発、CO₂の分離回収、CO₂の有効利用技術、特に、メタネーション等の研究に関わっております。本日はよろしくお願いいたします。

【波多江委員】 東京ガスの波多江です。私の専門分野は燃料電池のシステム開発やCO₂分離回収であり、最近は燃焼などにも携わっております。不慣れではありますが、本日はよろしくお願いいたします。

【宮岡委員】 広島大学の宮岡です。専門は材料科学になりますが、主な研究テーマとしては、水素やエネルギーの製造、貯蔵といったところを取り組んでいます。本日はよろしくお願いいたします。

【山崎委員】 日本触媒の山崎です。私の専門は、触媒と触媒を使ったプロセスといったところになります。本日はどうぞよろしくお願いいたします。

3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1から4-5に基づき説明した。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 意義・社会実装までの道筋

5.2 目標及び達成状況

5.3 マネジメント

推進部部長より挨拶の後、PMによる資料5に基づく説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.4 質疑応答

【黒瀬分科会長】 ご説明ありがとうございました。これから質疑応答に入りますが、技術の詳細については次の議題 6 での取扱いとなりますので、ここでは主に事業の位置づけ、アウトカム達成の道筋、マネジメントについて議論を行います。

それでは、事前質問の内容も踏まえまして、委員の皆様、何かご意見、ご質問等はございますか。原分科会長代理、お願いします。

【原分科会長代理】 電中研の原です。ご説明ありがとうございました。資料 12 ページあたりの燃料アンモニアの製造のところを伺います。アウトプット目標で CO₂ 回収率 90%以上と設定されておりますが、昨今、アンモニアにしろ、水素にしろ、ブルーやグリーンといった色ではなく炭素集約度的な区分で見たいこうといった動きが出ているものと理解しております。さらに、水素基本戦略では、「Gate-to-Gate」でアンモニアについては、1 キログラムのアンモニア製造時の CO₂ 排出量は 0.84 キログラム以下という数字も出てきています。そういったところで、今回の 90%以上回収というレベルは、この 0.84 という数字に対してどれぐらいのところにあるのかと。もちろん、0.84 という数字自体がその算定範囲や算定手法がなかなか分からないというところもあるかもしれませんが、正確には言えないかもしれませんが、90%以上であれば、この 0.84 というのはほぼ大丈夫だろうというものなのかどうか。そのあたりについて、もし現状で知見をお持ちであれば教えてください。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 ご質問ありがとうございます。まず、通常のハーバー・ボッシュ法でのアンモニアを製造するときというのが、大体アンモニア 1 トンを製造することに対し、古いプラントではその 2 倍の 2 トンといったところになるのですが、今は 1.7 トンぐらいの CO₂ が発生するといった状態になっております。そして、ハーバー・ボッシュ法でのアンモニア合成のプロセスをブルー化していく上では、いわゆる天然ガスを改質して出てきたところの CO₂ を回収する、こちらの天然ガスを改質して水素をつくるところで出てくる CO₂ を、先ほど言った 1.7 トンぐらい出てくる場所の 3 分の 2 をその改質のための熱として使うところとなりますので、それを CO₂ で回収するといった形になるのでしょうか。今回のこの方法は、そこを外部加熱ではなく ATR 法といった天然ガスを内部加熱で、さらに空気ではなく酸素を吹いてあげるということになりますので、恐らく今、原分科会長代理のおっしゃられた CO₂ 量よりも、もっと低い量が期待できるのではないかと考えている次第です。

【原分科会長代理】 ありがとうございます。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかにかかがでしょうか。柴田委員、お願いします。

【柴田委員】 日本エネルギー経済研究所の柴田です。非常に分かりやすいご説明をありがとうございました。18 ページ、19 ページあたりのアンモニアの燃焼について伺います。その説明において、確か今回やられているプロジェクトがほかのアンモニアの燃焼プロセス解明にも役立つといった内容があったのでしょうか。そうしたところで、例えばそのデマケに関して、これは 11 ページの下のほうになりますが、ほかのところでも同じようなことをやられているような気がするのですが、今回やられていることがほかにも役立つということは、ほかにもやられていることと完全にデマケされており重複がないように行われているのかといった点をもう一度教えていただけないでしょうか。よろしく願いいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 承知いたしました。ご質問ありがとうございます。まず、例えば特に工業炉という観点からいくと、このナフサ分解炉も一つの工業炉分野になるかと思えます。ガラス熔融炉の場合は、ガラスの原料が炉の中に入っていく、上にあるバーナーであぶることにより実際のガラスと炎が接する可能性がある。一方、ナフサ分解炉等は、いわゆる管の中を原料が流れていて、その管を外側から温めるというような炉の違いがありまして、例えばそういった炉の構造上の違いであるとか、あるいは金属炉の場合は温度が違うといったところがあるでしょ

うか。そうしたところで、我々が今回ガラスをターゲットにしているのは、まず温度が 1,400 度から 1,600 度と非常に高温な温度の燃焼であることをはじめ、ガラスと接する可能性がありますので、そこで発生するものが直接被加熱物質に影響を与えるような燃焼をさせてはいけなく、すなわち低 NOx 燃焼もしなければいけない、さらに被加熱物質に対する影響をしっかりと調べながら技術開発をやっていかなければいけないといったところの違いがございます。そういった点では、どちらかというとハードルが高いテーマを選んでおきまして、それぞれの燃焼の中で特徴がある、違いは微妙にあると考えております。社会実装に向けては、やはりそのあたりまでが必要となっていきますので、そういったところをそれぞれのテーマにおいて行っているという状況になります。

【柴田委員】 ありがとうございます。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかのいかがでしょうか。波多江委員、お願いします。

【波多江委員】 東京ガスの波多江です。分かりやすい説明をありがとうございました。冒頭のところで、このアウトカムを実現するために、製造の技術開発と需要拡大の両面で達成を目指すというお話がありました。そういったところで、それぞれの何か寄与度のようなものをもし検討されていたら教えてください。

質問の意図としましては、需要拡大のほうに期待をするとなると、この燃焼工業炉がどの程度入っていくかによって、発電分野のアンモニア量に対してどのぐらいの増加分があるかによっても変わってくるのではないかと考えるためです。よろしく願いいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 ご質問ありがとうございます。ただいまのご質問は非常に重要な観点だと理解しているところで、恐らくほかの委員の皆様も、そのこの工業炉分野でということではご意見があるのではないかと考える次第です。まず、波多江委員のおっしゃるとおり、日本で排出されている CO₂ 削減効果という意味では、発電分野のところに積極的に入れていくところが先決であり、そのこのほうがいわゆる Mass としては大きく、効果も高いものと思います。では、なぜ我々が工業炉をやっているかということ、やはり発電の分野での脱炭素というのは、例えば燃焼以外では電化とかいろいろなやり方があり、再生可能エネルギー電力をそのまま使うであるとか、水素を使うであるとか様々な方法があるかと思うところですが、やはり工業炉は、この熱ということで、先ほど言いましたように、特に熱需要の中でも高温の 1,000 度を超えるような高温の熱需要を脱炭素する方法というのが、例えば電化をするといっても、それぐらいの高温になってくると非常に大変ですし、ほかに技術がないため、「2050 年カーボンニュートラル」ということをうたっている限りでは、非常に難しいところをやっていかなければいけないと考え、そこに至っております。もちろん Mass 的な観点から言えば、発電分野等の話が先に来るかと思うのですが、逆に言うと、NEDO の中で既に発電分野でのアンモニア利用というのは、別な部署、環境部のほうで具体的にやっておりますので、我々はそこと違うところで、特にカーボンニュートラルの難しいところをテーマとしてやっているという位置づけになっております。

【波多江委員】 理解いたしました。このテーマの中では、需要拡大を Mass で追うというよりも、ほかの技術手段で実現できないところをしっかりと超えて、カーボンニュートラルを達成するといった位置づけがあるものと捉えます。ありがとうございました。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかのいかがでしょうか。山崎委員、お願いします。

【山崎委員】 丁寧なご説明をありがとうございました。私からは 3 点伺います。まず 1 点目として、今回の熱利用における工業炉において、特定の高温が必要な部分で必要になってくる技術であることは理解いたしましたが、今後これを広げていくという話があった際に、例えばほかの電気炉や水素といったものに対してハイブリッドが出てくるとか、そういうことも考えられると思うのですが、それはこの事業の中では考えなくてもよいところでしょうか。つまり、バーナーの開発をしていて、自然

とそれが電気炉とのハイブリッドに結びつくのかどうかと。そのあたりでのご見解を伺えたらと思います。

2点目としては、この分野に関しては標準化戦略といったところがあると思っております。どちらかというと、石炭混焼のところをよく出てくる話だと思うのですが、今後は海外勢が出てきて技術のキャッチアップが進んでくるものと理解しています。その中で、例えば排ガス中のNO_xであるとかN₂Oであるとか、残存アンモニアが低いというような国際基準があつて、今後追従してくる他国の技術に対して、今回つくられた技術が、こういう分野に関して非常に差別化できて、それを技術秘匿にすることによって標準化戦略ができるのかどうか、その辺についてもコメントをいただけたらと思います。

3点目としては、ブルーアンモニアの製造に関するところになります。ご存じのとおり、アンモニアの製造技術というのは、日本においても、ほぼ海外のライセンサーの技術に基づいてつくられているというのが現状です。何か、ややもすると単独でこの技術をつくり上げるというようにも聞こえるのですが、やはり海外のライセンサーの技術との融合というか、そういうことがないと最終的にアンモニアの技術を海外で大量に生産するということは難しいのではないかとと思うところで、こういう意味での海外のライセンサーに対してどのように協業をしていくのか、その辺のところを国の政策でやっている部分に関してのご見解を伺いたく思います。以上3点について、よろしくお願ひいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山PM】 ご質問ありがとうございます。まず1点目からお答えいたします。熱利用の特に広げるハイブリッドのところとして、技術的なところは後段のほうでお願いするところになりますが、今考えているのは、どちらかというと、今回の場合は非常にシンプルな炉といいますか、先ほど見ていただいたように、かまぼこ形の絵をした炉の中にバーナーが突き出ているということで、どちらかというと汎用性が高いであろうと考えます。温度の高い難しい領域であつて、被加熱物質もある状態で、ただ、炉の構造としては非常にシンプルなものがありますので、むしろそういう一番ベーシックなケースでの今回技術実証をやっていると。そこでいろいろなデータを取りまして、山崎委員がおっしゃられた複雑なところ、そういうところと多分ハイブリッドをしていくというのも必要だと思いますが、まずは技術のシンプル化というのが最初の部分だと思いますので、そこから応用に展開していくというのが基本的な考え方となります。

2番目の標準化については、これはいろいろな解釈の仕方があるかと思うのですが、特に石炭火力発電については、むしろ日本はそもそもの石炭火力のボイラーとして、例えばNO_xの排出値の環境基準値が非常に低く、中国や韓国のボイラーよりも低いレベルでの非常にチューンナップされた炉という中での発電を既にしております。その中で、さらに石炭から燃料をアンモニアに変えてというところでは非常にハードルが高いと。真の意味でのカーボンニュートラル、あるいはNO_xの排出量が低いものといったところはあるものの、アジアの国に展開していくときには、どうしても安いボイラーなどが入ってきてしまうというところで、ここでやっている技術というのは、その脱炭素化を図る上ではこの技術が必要だということと差別化を図ろうという考えで行っております。

3番目のブルーの海外ライセンサーとの融合としては、まさにご指摘のとおりだと考えます。ただ、一応このプロジェクトにおいては、むしろアンモニアのところというよりも、トータルのシステムとして、天然ガスから水素をつくる場所、その水素をつくる場所でもCO₂が発生しないようなものが出てきたCO₂をうまく省エネルギーで注入できるもの、そして、その上で冷熱を使うなどをしながら、その中でのアンモニア合成を行うことから低温低圧でのアンモニア合成触媒を使っています。つまり、まずはトータルのシステムでの評価をするといった観点がメインなところであり、山崎委員のご指摘の現状の触媒に対する海外ライセンサーがといったところとしては、我々の別な取組であるGI基金におけるミッションであるという意識を持っております。そこでは、燃料アンモニアサプライチェーンの構築の中で、アンモニアの新触媒の開発というのをやっていますので、対するこちらのプロジェクトと

しては、そういったよい触媒が出てきたのなら、どんどん海外製のものも含めて実際の事業のときには取り込んでいきたい。いわゆる海外での低コストのアンモニアをつくり、それを日本に導入しながら、最初に申し上げた「2050年カーボンニュートラル」に向けた、例えば3,000万トン/yearというような巨大な量のアンモニアを日本に持っていくための技術としてつくりたいという方針を持っている次第です。

【山崎委員】 ありがとうございます。よく理解できました。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかのいかがでしょうか。宮岡委員、お願いします。

【宮岡委員】 広島大学の宮岡です。最初の位置づけのところで少し伺います。特に工業炉の話において、海外ではあまりアンモニアを使った検討がされていないということで、現状について既に調査をされているとは思いますが、こういう燃料を変えていく取組というのはどこの国も考えられるところだと思いますが、なぜアンモニアの取組が行われないのかと。例えば何か問題があるのか、そういったところでの見解がありましたら教えてください。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 ご質問ありがとうございます。まず、燃焼分野としては、3年に1回「国際燃焼シンポジウム」というものが開かれており、本日ご出席の小林先生におかれましては、そこでも非常に著名な方なのですが、まさに SIP のエネルギーキャリア、ここに書いている当時にアンモニアの燃焼が始まったと考えられるかと思えます。そういったところで、これより以前は、アンモニアはNOx ジェネレーターであると。すなわち、これはよく言われるのですが、CO₂削減に貢献してもNOx であるとか、最悪N₂O なんかが出てしまったのなら、温暖化係数が高かきそちらのほうが高いわけで、いかに低NOx 燃焼ができるかどうかというところが、今までなかなかなされてこなかったところでございます。それを、まさにここに掲げられているメンバーで低NOx 燃焼をやったことにより、この分野の技術としては非常に日本が進んでいるという状況で、先ほど説明を失念しておりましたが、アンモニア燃焼に関しては国際燃焼シンポジウムのほか、既に中国においても学会発表の論文数も増えてきているというのが現状です。やはり彼らも日本の技術の後追いをしていますので、そういう意味でも、まさにこの分野を、せつかく日本がまず基礎分野で先行しているわけですから、うまく社会実装をし、早く社会導入を行う必要があると考えます。それにおいては、ノウハウなのか、もちろん知財が効果的なのですが、それを取っていかなければ、せつかくいろいろと日本でやってきたことに対し、後から来た人たちに追い抜かれてしまうという状況になりかねませんので、それを避けるべく今、我々一生懸命このテーマに取り組んでいる次第です。

【宮岡委員】 ありがとうございます。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかのいかがでしょうか。則永委員、お願いします。

【則永委員】 則永です。資料 6 ページ目のところで伺います。国の導入目標に対し、この工業炉がどれくらいの需要を見込めるのかという点で、ある程度その見通しが見えてくると、先ほどの質疑にも通じる「Hard-to-Abate」のところ、こういった技術開発をしていくことの意義が非常によく理解できるのではないかと考えます。そうした観点から、この量的なインパクトというのはマネジメントの中でどのような試算を立てられているのか、もしご知見がありましたら教えてください。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 ご質問ありがとうございます。少し古い資料になるのですが、そういった意味では、例えば 2015 年度の段階での日本の CO₂ 排出量として 12 億トンぐらい出ているところで、例えば電力分野が 40%、運輸が 17%、産業分野というところで、工業炉などが入っているのが 28%という比率になっております。これは資源エネルギー庁が出されている資料になるのですが、そうすると、12 億トンの 28%というので、多分 3.5 億トンぐらいが産業分野のセクターとなり、さらにこの中で 3.5 億トンの 50%がいわゆる鉄鋼であると。やはり、どうしても鉄鋼の鋼炉から出る CO₂ というのは圧倒的に多く、いわゆる工業炉分野で、もし鉄鋼を入れてしま

うと、そこを攻めないで難しいかとも思うのですが、その次に多いのが化学で20%、その次が窯業となっており。ただ、窯業といっても、どちらかというと多分セメントのほうが多いかと思っております。ガラスは、それよりもさらに少ないかと思うところで、ボリューム的には今このようなところとなるでしょうか。多分2020年のデータとかがあると、またもう少し状況は変わってくると思うのですが、占める位置で考えると、全体の「28%×11%×セメントとガラスの割合」といった形で、そこで掛けていくとそういった割合になるかと思えます。ただ、申し上げたように、この技術というのが、もちろん実生産炉の何の炉に入ってくるかというのがありますけれども、今、大陽日酸様でやっているのはバーナーの部分の開発ですので、このバーナーというのは、ほかのいろいろなもの、極端な言い方をすると、一応全ての炉で使えるのではないかと考えており、ここの燃焼技術を広めることが、先ほど言った産業分野のところの全体3割近くに寄与するものだと考えている次第です。

【則永委員】 分かりました。今のところは、導入目標に対するどれぐらいの寄与度かといったところでの根拠があるわけではないという理解で合っているでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山PM】 おっしゃるとおりです。タイムリーに変わっていくところですので、先ほど言いましたのは2015年のデータとなりますが、本当に評価をする時点では、そういったことを常にウオッチしながらやっていく必要があると我々も認識しております。コメントをいただきまして、ありがとうございました。

【則永委員】 ありがとうございました。

【黒瀬分科会長】 それでは、ほかのいかがでしょうか。

では、私からも一つだけ質問をいたします。このプロジェクト自体は2025年までというところでありながらも、全体としては2050年の先までを見ているということで、これ自体はすばらしいことだと思いますが、2025年が終わってから2050年までにおいては、何かケアをされるというか、ウオッチされていくといったお考えはあるのでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山PM】 ご質問ありがとうございます。まさに2050年というのは、いわゆる例のカーボンニュートラルでございまして、2025年がプロジェクト終了とはなりますが、そこについては常に次のステップで何をやっていかなければいけないか、特にブルーにおいては、まだもう少し実用化をやりながらといったところもございまして。そうしたところで結論から申し上げますと、まさにそういったところを、いわゆる我々の原課である経済産業省様とも協力をしながら、国として2050年カーボンニュートラルにどう向かっていけばよいのかというところでの相談をしながら、必要に応じては新たなプロジェクトをつくることも考えていかなければならないと考えている次第です。

【黒瀬分科会長】 分かりました。どうもありがとうございました。それでは、ご意見、ご質問等はまだまだあるかとも思うところですが、予定の時間となりましたので以上で議題5を終了といたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【黒瀬分科会長】 議題 8 に移ります。これから講評を行います。その発言順序につきましては、冒頭に行った挨拶との逆の流れとなりまして、初めに山崎委員からお願いいたしまして、最後に私、黒瀬ということを進めてまいります。

それでは、山崎委員、よろしくお願いいたします。

【山崎委員】 山崎です。本日はどうもありがとうございました。今回のプロジェクトに関する 2 件の内容を拝聴し、まず燃焼においては、着実な進行により実証に向かっているものと捉えております。今後とも、特に AGC 様でのガラスの燃焼に関してはぜひ成功していただけたらと思っております。また一方で、ブルーアンモニアに関しては、これから設計に入る段階と理解いたしました。ですが、土地や造成といったところで着実に進んでいることも把握いたしましたので、世界に発信できる技術ができるのではないかと考えております。ぜひ今後とも着実に進めていただければ幸いです。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございました。続きまして、宮岡委員、よろしくお願いいたします。

【宮岡委員】 広島大学の宮岡です。今日はありがとうございました。研究の進捗や課題についていろいろと議論を行い、私なりに理解が深まった次第です。また、総じてプロジェクトとして順調に進捗しているものと理解いたしました。こういった実証プロセスというのは、アンモニア製造、アンモニア利用のいずれにおいても、社会実装であるとか、アンモニア大量導入において必ず重要になる技術です。こういった技術が先駆的な技術となって、アンモニア導入をはじめ、そういったところが進んでいくことに期待いたします。引き続き、研究開発のほうを進めていただければ幸いです。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございました。続きまして、波多江委員、よろしくお願いいたします。

【波多江委員】 東京ガスの波多江です。本日、利用と製造について両面における話を伺い、日本という国でカーボンニュートラルをやっていく上で、もちろん必要な手段がいろいろとあるわけですが、やはりここも一つ大事であると。ここも技術確立をし、社会実装を期待したい分野だと改めて思った次第です。個別としては、まず利用について、熱分野の脱炭素において、特に難しい高温のところを担われている中で、基礎から着実に積み上げて小規模実証もなされ、その成果を上げられていることを理解いたしました。今後としては、ノウハウとしての秘匿、あるいは特許として競争力を確保するといったことに加え、やはりアンモニアというところでの利用される方々の不安を払拭する上では、保安・安全に関する情報公開のところを特に期待いたします。そして、追加で意欲的に空気燃焼のところもやられるということですから、ますます活用の幅が広がっていくのではないかと、こちらにおいても非常に期待する次第です。それから製造については、ハーバー・ボッシュ法という既存技術がある中、日本の強みである様々な技術を統合して検討されていることを把握いたしました。今後の実証で得られる結果をフィードバックしながら、本当に 20%省エネであるとか、キャパックス低減というところでの成果を得られることを期待するとともに、具体的な適地というのを探されているということでは、こういったところが後々明らかになると、成果の活用の期待感であるとか、実感が湧いてくると思いますので、そういった公表や今後の検討が進むことを楽しみにしております。ありがとうございました。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございました。続きまして、則永委員、よろしくお願いいたします。

【則永委員】 名古屋大学の則永です。本日はありがとうございました。まず、最初の工業炉のところですが、やはり工業炉というのは、いわゆる「Hard-to-Abate」なセクターであり、そこでの脱炭素燃料への転換、そしてガラス溶融炉におけるアンモニア利用技術の開発というのは、非常に意義が大きいものと考えます。また、後者のブルーアンモニアの製造技術として、競争力を持ったものをつくっていくということで、2050 年に国内 3,000 万トンのアンモニア供給という目標達成をする上では、やらざるを得ないというか、必須なものであると思っております。そして、アンモニア利用の技術的なところとしては、最近、溶融炉での実証が行われていることや、基盤的な部分としても研究開発が非常に順調に進捗されているものと理解いたしました。基礎的なところと応用的なところの研究開発の皆様の連携

も非常によく取られているとも感じました。こういった研究開発を通じ、基盤的なところも固めていただくことは非常に重要であると考えますし、工業炉というのは、ガラス溶解炉だけではなく様々なタイプのものがありますので、ここで得られた基礎的な知見を横展開しながら、いろいろなところに波及させ、様々な分野の工業炉において、こういったアンモニアの活用が進んでいくというように、今回のプロジェクトの成果の波及効果として期待を持っております。また、ブルーアンモニアのほうは、これは他国で事例のない新しい技術の開発ですので、やはり国内で小規模でも実証して展開していくというところでは、海外立地が前提となるかと思えますし、ブルーアンモニアの場合においては、新しい技術を含む様々な技術課題はありますが、実証の成功に向けた開発に対し大いに期待いたします。ATRで水素をつくり、それを低温低圧でブルーアンモニアをつくっていく。そしてCO₂も埋めるといふところを含めたパッケージでの実証というのは、世界に与えるインパクトとして非常に大きいものになると思いますから、開発の進捗と今後の発信を楽しみにしております。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございます。続きまして、柴田委員、よろしく願いいたします。

【柴田委員】 柴田です。本日はありがとうございました。全体を通して、非常にきめ細かくマネジメントがされており、期待されるアンモニアの製造から利用までを非常にうまく組み合わせた技術提案を実施されているものと理解いたしました。特にアンモニアの利用のほうは、石炭とアンモニアの混焼ばかりが注目されがちですが、やはり産業部門の「Hard-to-Abate」、ここに注目して脱炭素化をしていかなくてはいけない、それにはアンモニアが必要だということ、非常に重要なプロジェクトだと思っています。それからもう一点、製造側のブルーアンモニアになりますが、ここも非常に重要ではありますが、どうしてもブルーアンモニアというのはCCSが必要ですし、かつCCSは少し外部要因的なものがあるという認識を持っております。ですので、そこまでを全てプロジェクトに入れ込んで背負い込むということではなく、今回は、あくまで新しいアンモニアの製造方法というものを提案されていることから、そこを従来型と比較するとこれだけよいのですよというところでアピールできるとよいのではないのでしょうか。もちろん公開できる範囲で構いませんが、簡単に何かアピールできるものがあれば、資料として作っていただくなどをするだけでも、もっと世に発信できるのではないかと考えます。また、結局、水素もアンモニアもそこにぽんと自然にあるわけではないので、やはりどこかでつくって、どうやって運んできて、何に使うかという一連のチェーンを全体として評価することが必要になっていくわけで、今回の取組がそうしたところの一つの要素となって、今後の全体的な発展につながっていただけたら幸いに思います。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございます。続きまして、原分科会長代理、よろしく願いいたします。

【原分科会長代理】 原です。本日は、いろいろとご説明いただきありがとうございます。全体としても、個別としても非常に理解が深まった次第です。まず、プロジェクトの意義としては、やはり2050年カーボンニュートラルに向けてというところで、産業分野の中での工業炉、さらにその中で電気炉、電化での対応が難しい領域に対しては、アンモニアの利用というのが非常に重要であると考えます。また、ほかの分野も含めて、アンモニアをいかに安定的かつ安価に供給していくかという中では、ブルーアンモニアの製造についても様々な手法を開発していくべきであろうというところで、非常に意義のあるプロジェクトだと感じております。そして、個別には、工業炉での利用については、既にほかの委員からもありましたように、基礎から実炉での実証まで段階を踏み、それぞれの役割を分担しながら各事業者様の連携が密に取られて、しっかり進まれていることを把握いたしました。ブルーアンモニア製造の方は、採択されてからまだ6か月ということで、実質これからかなり集中的に進められるものと理解しております。こういった技術は、小規模とはいえ、国内で実証することに大きな意義があると思いますから、ぜひ頑張ってやっていただければ幸いです。それから、これはマネジメント的なところにも絡みますが、ご説明にあったように、水素・アンモニア関係として非常に多くのプロジェクトが並

行して走っている中、NEDO 様がそれをうまくデマケをしつつ、共有すべきところは共有していくというような体制を取っていただいていると思います。ぜひ基盤的なところで共通的に活用できる知見、あるいは、このプロジェクトからは外れてしまうかもしれませんが、複数のプロジェクトが走っていく中で、共通基盤的にこれはやっておくべきだろうといったように、何か新しい視点のものが見つかった場合などいろいろなことが考えられると思いますので、そういったところを俯瞰的に見てコントロールを取っていただければと思います。以上です。

【黒瀬分科会長】 どうもありがとうございました。それでは最後に、黒瀬より講評を行います。本日は長時間にわたりまして誠にありがとうございました。そして皆様、大変お疲れさまでございました。全体的に話を伺いまして、計画どおりに進捗していることを理解し、改めてこのプロジェクトの重要性というものを皆で共有できたのではないかと考えております。また、2つのプロジェクトについて、まず燃焼技術については、もともとアンモニア燃焼というのは日本が火をつけたといえますか、そういう状況としてずっとリーダーシップを取ってきたという経緯としても、ぜひ今後ともこの状況を続けられるように、さらに推進を頑張っていただきたいですし、このプロジェクトは2025年までということですが、その次も、またその次もということで、ぜひNEDO様と共有をしながら世界を引っ張っていくようなプロジェクトをどんどん立ち上げていただくことに期待いたします。それから、ブルーアンモニアについては、個別技術はあるものの、それを組み合わせ一つのものにしていくという意味ではまだ始まったばかりということで、非常にチャレンジングなプロジェクトであると理解しております。しかしながら、それが成功したときのインパクトはかなり強いものだと思いますから、ぜひ迅速かつ注意深く進めていかれながら、成功に導いていただくことを願っております。

以上で、本分科会評価委員7名からの講評とさせていただきます。今までの講評に対して、実施者及び推進部署の皆様から、何かコメントがございましたらよろしくお願いいたします。

【板倉専門調査員】 委員の皆様、ご講評を賜りまして誠にありがとうございました。それでは、ただいまのご講評に対しまして、まずプロジェクトリーダーの萩原様、高木様、それから推進部の青山PM、最後に今田部長の順でコメントを賜りたく存じます。よろしくお願いいたします。

【大陽日酸株式会社_萩原 PL】 大陽日酸の萩原です。本日は、長時間において、どうもありがとうございました。皆様からのご講評の中にもありましたように、工業炉のほうは、比較的、基礎研究の部分から実証までをよいメンバーでやらせていただけていると自負しております。また、幸いなことに今月、実証試験までたどり着くことができました、その結果も非常にポジティブなものでありました。実は当初としては、今年度は1回だけ実証試験をやって終了するという計画を立てていたのですが、あまりにも結果がよかったもので、もう何回か行ってみようかというように、非常にプロジェクト内も盛り上がっている状況です。2024年、2025年に向けても加速を目指す意気込みを皆が持っておりますので、本日頂戴したご講評を踏まえ、世界のトップランナーとなれるような技術を仕上げられるように、今後とも頑張っていきたいと思っております。改めまして、本日はどうもありがとうございました。

【産総研_高木 PL】 産総研の高木です。委員の先生方、本日、貴重なご意見をいただきましたことに厚く御礼を申し上げます。先生方の意見を活かしながら着実に成果を上げていくということが重要だと受け止めております。私自身、今回、NEDO様からもご紹介がありました「SIP事業」の前、「ALCA」と呼ばれる頃からアンモニア製造事業に関わってきておりました。SIP事業のアンモニア製造での代表は日揮様で、アンモニア製造技術の開発というところで、弊所では福島に小型の実証プラントを導入するところを担当し、私は産総研での代表を務めておりました。また、最近では、経産省資源エネルギー庁のメタネーションの官民協議会やe-fuelの官民協議会の委員を務めるほか、水素基本戦略が最近改定になりましたが、この議論を行った水素・燃料電池戦略協議会のほうにも2013年の設立当初から関わってきたところです。そうしたところでも、よく申し上げているのですが、やはりこう

いった新しい技術というのは、システムとしてサプライチェーンとして導入していくこと、すなわち需要側、利用側、そして供給側、製造側ともに入れていくことが重要であると。かつ、新しい技術に関しては、実証していく形にしていくことが非常に大切だと考えております。そういった意味では、やはり NEDO 様の事業、特にエネルギー分野でございますので、国民の皆様の理解が重要だという観点からも、今回、アンモニア製造で行う実証設備の導入というのは非常に重要な意味をなすものだと思っております。事業そのものを今懸命にといたしますか、これからというところではあります、最終的な目標はブルーアンモニア製造技術を社会実装していく、商用化をしていくということになりますので、それに向けて必要となる技術開発を着実に進めていき、その成果を最大化させていけたらと思います。さらには、その後の 2030 年以降の商用化ということに向けても、その次の展開をどうしていくのかといったところで成果を活かしていけたらと。本事業では、技術を組合せていくこととなりますので、そういったところも考えながら、PL として事業者の皆様と一緒に取り組んでまいり所存です。引き続き、先生方から貴重な意見をいただきながら、METI 様、NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部の皆様ともご相談をしながら、一緒にこの事業を推進し取り組んで、成果を上げていきたいと思っておりますので、今後ともご指導いただければ幸いです。何とぞよろしくお願いいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_青山 PM】 それでは、推進部の PM として青山より一言述べさせていただきます。委員の皆様、本日は本当に貴重なコメントを頂戴いたしまして、誠にありがとうございました。事業者の皆様とも共有しながら、このプロジェクトの成果の最大化に努めてまいり所存です。また、PM を務める上で考えるところとしては、やはりエネルギーの問題、特に脱炭素化をしていく上でのエネルギーの問題というところがございます。資源の少ない日本としては、例えば燃料アンモニアの分野というのは非常に今期待されているところではありますが、海外でどのようにこれを調達していくかという点としては、やはり知恵で勝負していくしかありません。そういった意味でも、我々 NEDO の置かれている立場というのは、日本の優れた技術を世界に持っていき、この技術で資源を獲得するといった戦略を取っていかなければいけないと考えている次第です。そういった面でも、今日こちらに来ていただいている委員の先生方は、それぞれの分野で日本を代表する専門の方々でありますし、皆様の貴重なお知恵をお借りしながら、それを活かし、非常に重要であるこのプロジェクトを推進していく事業者の皆様とともに、今後とも本プロジェクトを進めてまいりたく思います。引き続きご指導ご鞭撻のほど、何とぞよろしくお願いいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_今田部長】 NEDO の今田でございます。本日は、長時間にわたりまして、ありがとうございました。また、この分科会に至るまでも、資料にお目通しをいただくなど、貴重な時間を割いていただき感謝を申し上げる次第です。本日の分科会の中でいただいたコメントをはじめ、プレゼンテーション後の質疑応答においていただいた質問というものも、その一つ一つにおいて私どもの中で気づきになるような部分も多々ございました。そういったところを、先ほど青山からも申し上げたように、今後のマネジメントに活かしていきたいと思っております。あわせまして、委員の先生方におかれましては、この中間評価というタイミングだけでなく、今後のプロジェクト推進に当たっても、また何かしら私どものほうからご協力をお願いする機会があるかとも思っておりますので、その際には、ぜひともご支援いただけますと幸いです。改めまして、本日はどうもありがとうございました。

【黒瀬分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題 8 を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

資料 1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 2	研究評価委員会分科会の公開について
資料 3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
資料 4-1	NEDO における技術評価について
資料 4-2	評価項目・評価基準
資料 4-3	評点法の実施について
資料 4-4	評価コメント及び評点票
資料 4-5	評価報告書の構成について
資料 5	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料 6	プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
資料 7	事業原簿概略版（公開）
資料 8	評価スケジュール
番号なし	質問票（公開 及び 非公開）

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」（中間評価）分科会

ご質問への回答（公開分）

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 5 の P19	工業炉の様々な用途（セメント、ガラス、金属処理、セラミックス、化学）によって、供給熱温度や製品に及ぼす影響が多様で用途ごとにバーナー等の開発が求められる前提で、技術開発、政策、法整備、標準化戦略等をどのように整理してすすめていく方針でしょうか。	山崎 委員	本 PJ では、アンモニア-酸素燃焼における輻射伝熱強化や低 NOx 技術の開発を進めます。アンモニア-酸素バーナーに関する基本技術が確立されれば、この技術を工業炉向けの技術標準化する事で、従来の化石燃料バーナー同様に、他の工業炉への展開は比較的容易であると考えています。一方で、アンモニア-酸素燃焼時の NOx 評価に関しては、酸素燃焼による排ガス量削減効果に対する評価等を盛り込んだ大気汚染防止法の見直しが必要であると考えており、今後情報発信を行いながら、関係機関との調整を行っていきます。
資料 5 の P19 資料 7 の P4	アウトカム目標として、ブルーアンモニアの製造コストとして、\$ 440/ton-NH ₃ 程度が、本事業のブルーアンモニア製造技術による成果によりコストダウンと想定していることは理解できるが、なぜ、工業炉等における燃料アンモニア需要を創出することで、コストダウンにつながると考えているのか？需要拡大による低価格は、ブルーアンモニア市場への参入企業が増えることによる低価格化でしょうか。	山崎 委員	工業炉で使用するアンモニアは、火力発電所が輸入する燃料アンモニアの一部を利用する事を想定しています。その結果、アンモニアの需要が拡大しコストダウンにつながると考えます。特に沿岸部のコンビナートに設けられた工業炉は、比較的エネルギー消費量が大きく、前述した輸入アンモニアを活用する上で立地面で有利であると考えます。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 5 の P6	海外や国内で、電気炉や電気溶融炉を利用したガラス製品の製造プロセスが開発、実用化されています。この電気炉技術に対する優位性は何でしょうか。	山崎 委員	再エネ電力を想定した電気溶融炉は、カーボンニュートラルを達成する上で有効な手段の一つであると認識しています。しかし、大型の溶解炉等再エネ電力での運用が困難な溶解炉に対してはカーボンフリー燃焼である、アンモニア燃焼が有効であると考えています。一方で、炉内の温度制御の難しさ等課題も見受けられ、海外では燃焼を一部残したハイブリッド溶解が主流です。従って、そのようなケースにおいても燃焼部においてはアンモニア燃焼が必要になると考えます。
資料 5 の P6	本プロジェクト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での活用を図ることにより、電化による脱炭素化の難しい産業分野の熱利用に対する脱炭素化技術に寄与するとありますが、電化による脱炭素化の難しい産業分野とは具体的にどのような分野でしょうか。	山崎 委員	化石燃料を熱エネルギーに転換して利用している工業炉を対象としております。工業炉では燃料を燃焼させる事で熱を取り出しています。小型の工業炉であれば電化の可能性もありますが、ガラス溶解炉や鉄鋼分野の加熱炉等、エネルギー消費量の大きな溶解炉では、電化は難しい為、燃料アンモニアの需要が見込まれると考えております。
資料 5 の P19	アンモニア燃焼への変換において、工業炉の新設を想定されているでしょうか？あるいは、改造等のレトロフィットを想定されているでしょうか。	山崎 委員	両方を想定しております。既存の工業炉が空気燃焼で運用されている場合、ガラス溶解炉等では、選定する耐火物が異なる為に酸素燃焼においては、炉を新規設計する場合があります。一方で、運転温度の比較的低い非鉄金属の溶解炉等では、既存のバーナを酸素バーナに転換するだけで運用が可能な場合もあります。
資料 7 の P19	炭化水素系燃料を燃焼するバーナーと比較して同等の輻射性能を検証する場合、バーナーだけでなく工業炉の構造等の全体の温度分布や気体の流れを検	山崎 委員	200kW モデル炉では、メタン燃焼とアンモニア燃焼の温度分布、伝熱量分布の比較を行います。実証試験では、既存バーナーの一部をアンモニア燃焼に置換しますので、周囲の温度変化か

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
	証する必要がある、シミュレーションを含め検討する予定になっていると理解していますが、実際の評価炉でも評価される予定でしょうか。		ら、全体をアンモニア燃焼に置換した場合の状態を想定していく予定です。
資料 7 の P16	炉内温度がガラス溶解炉で要求される温度より低いとのことであるが、温度をあげることにより想定 NOx 濃度やその他の影響はどのように見積もっているのでしょうか。	山崎 委員	炉内温度が高くなると、NOx 濃度は高くなる事が想定されます。その為に、ステージング比率や酸素比等の運転条件に加え、バーナ構造の最適化が必要であると考えております。
資料 5 の P36	アウトカム目標であるアンモニア製造コストは、どこまでを含めたコストの想定でしょうか。当然 CO ₂ の回収に係わる費用は含まれると思うのですが、回収した CO ₂ の輸送や貯留に係わる費用、海外製造プラントから国内までの NH ₃ 輸送費用等はどのような扱いでしょうか。	原 分科会長 代理	このアンモニア製造コストには、製造プラントから発生する CO ₂ の分離・回収コストは含まれますが、CO ₂ の輸送や貯蔵コストは含まれません。また、アンモニアの海外から日本までの輸送費用も含まれておりません。
資料 5 の P13 資料 7 の 1-9	工業炉における燃料アンモニアの利用拡大には保安・安全対策面は重要である。非競争域と位置づけて認知度向上に貢献とは、具体的なアウトプットはどのような内容を想定しているのでしょうか。	波多江 委員	AGC での実証試験を通じて、その成果を対外的に発信し、工業炉における燃料アンモニア利用の可能性を広く認識させていきます。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料5のP34	上記の50%(若しくは20%)のエネルギー消費削減は、左下の図に示されている”本事業範囲”のみを対象としたものでしょうか。実際には、空気分離に係るエネルギー消費量も含めた評価であるべきかと思えます。	柴田 委員	20%のエネルギー消費削減に空気分離に係るエネルギー消費量も含まれており、提案法における消費エネルギーの中で大きな割合を示しております。空気分離能力は酸素供給量依存のため、ATRの反応条件最適化を通して、最適な酸素供給量を検討したいと考えております。

参考資料 2 評価の実施方法

NEDOにおける技術評価について

1. NEDOにおける技術評価の位置付けについて

NEDOの研究開発の評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおけるPDCAサイクル（図1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODAループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

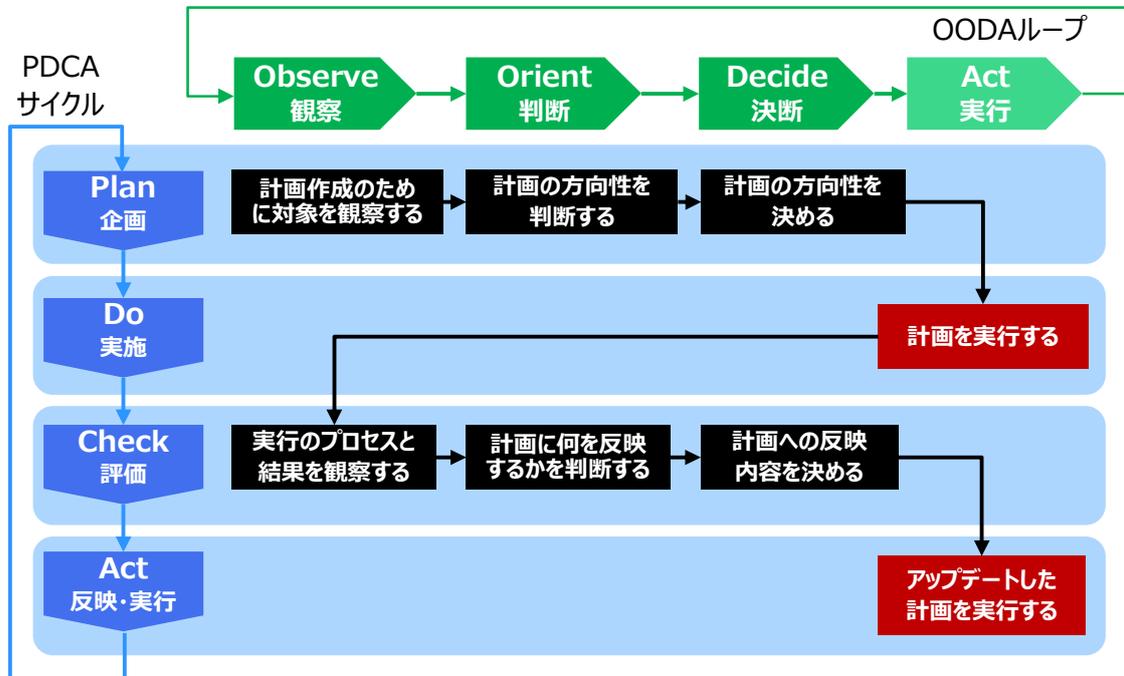


図1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDOでは、次の3つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価の実施体制

プロジェクト評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクトの技術評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を委員とした分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクトの技術評価を行い、評価報告書（案）を取りまとめた上、研究評価委員会に諮る。
- (4) 研究評価委員会の審議を経て評価報告書が確定され、理事長に報告。

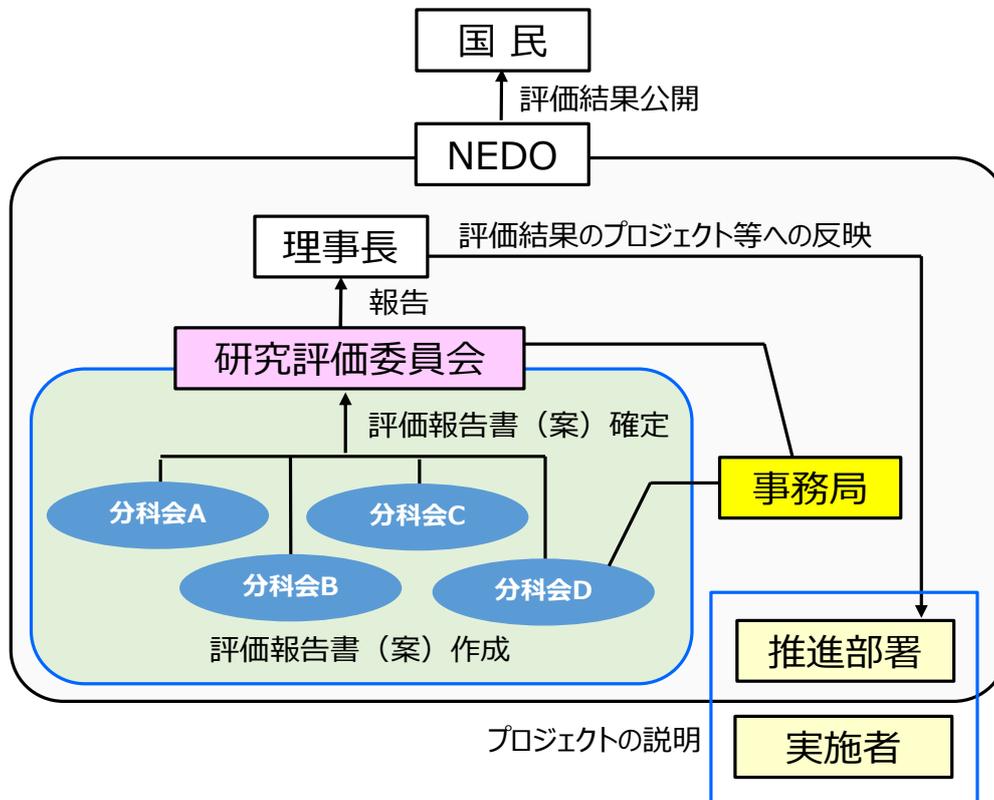


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、研究開発成果の技術的、経済的、社会的意義について評価できる NEDO 外部の専門家、有識者で構成する。

6. 評価手順

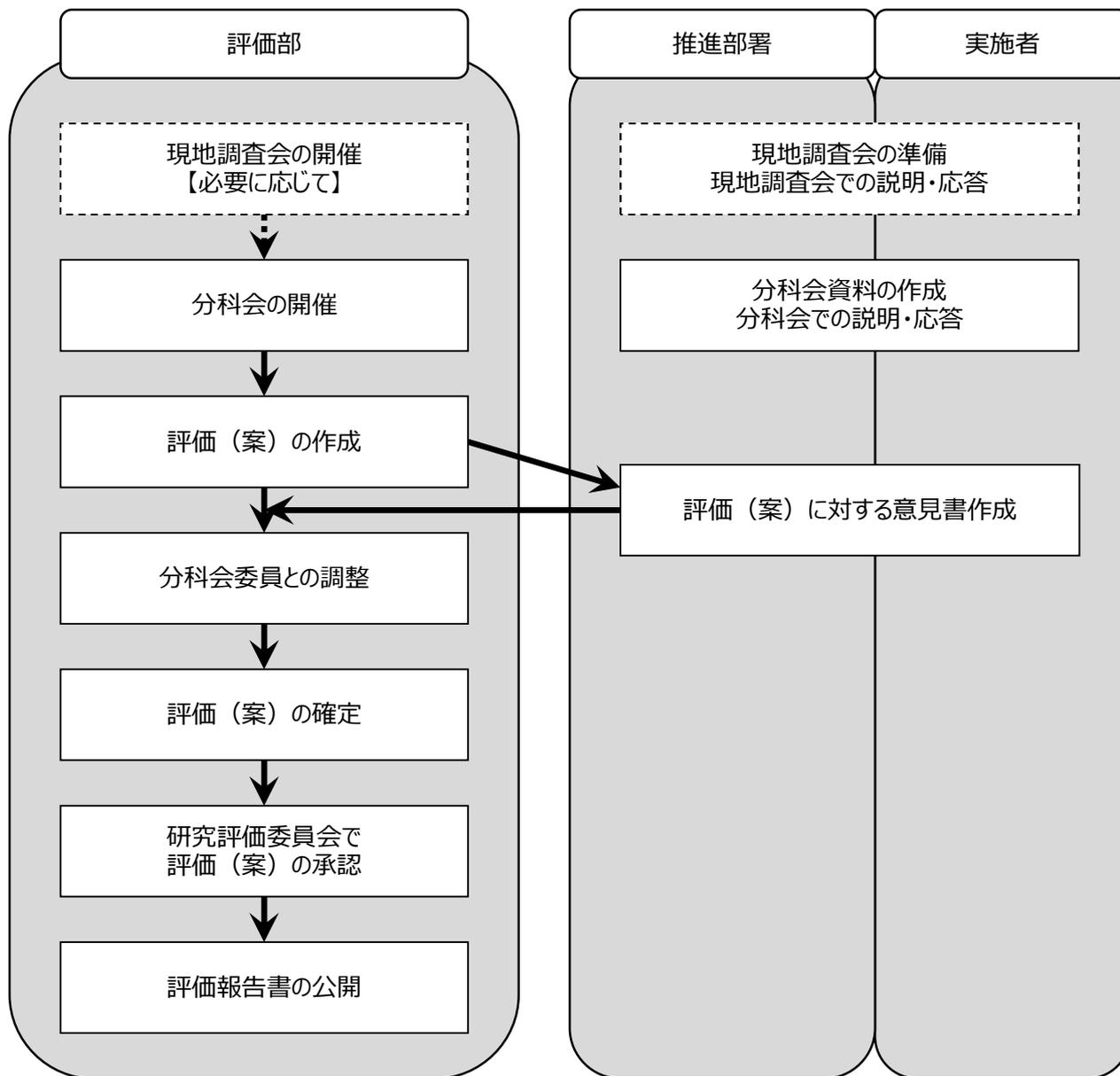


図 3 評価作業フロー

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」（中間評価）分科会に係る
評価項目・評価基準

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

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
- ・外部環境（内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等）の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」*の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮しているか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(3) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データを含め、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当か。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであるか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいるか。

2. 目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
- ・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・中間目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切か。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあるか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われているか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3. マネジメント

(1) 実施体制

- ・ 執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
- ・ 実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
- ・ 実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっているか。
- ・ 個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切か。
- ・ 本事業として、研究データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公平性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしているか。

(2) 受益者負担の考え方

- ・ 委託事業の場合、委託事業として継続することが適切[※]か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切[※]か。

※ 適切な受益者負担の考え方

- ・ 委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない[※]、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。
- ・ ※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで10年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。
- ・ 補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

- ・ 外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
- ・ 研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS[※]等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

参考資料 3 評価結果の反映について

「燃料アンモニア利用・生産技術開発」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【1】 アウトカム達成までの道筋において、「ブルーアンモニアの製造」については、トータルプロセスとして確立できる見通しを得るために、立地条件の整理と具体的な候補地の探索や、アンモニアや水素の経済性及びCO₂削減効果を把握するため、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価が必要になると考える。</p> <p>【2】 今後、国内外での技術開発やルール整備が急速に進むことも想定されることから、新たな制度・規制への対応や外部環境の変化の影響を継続的に評価し、他技術に対する優位性をタイムリーに見直し、必要に応じて有望な関連技術の取り込みなども検討していくことが望まれる。</p> <p>【3】 知的財産・標準化戦略に関して、「ブルーアンモニアの製造」では海外での実施を想定していることから、特許の取り扱いについての検討、また、「工業炉での燃料アンモニア利用」では、海外勢に先駆けて燃焼技術で達成した、排ガス中のNO_x、N₂O、残存アンモニア濃度をバーナーや炉の基準値として設定するなどの検討も期待したい。</p>	<p>【1】 「ブルーアンモニアの製造」において、立地条件の整理、具体的な候補地の探索、製造から利用までのサプライチェーン全体での評価はこれまでも実施しており、周辺環境の変化に合わせて、引き続きこれらの情報収集を継続し、精度を高めていく。</p> <p>【2】 本プロジェクト以外の燃料アンモニア関連プロジェクトとも連携して、新たな制度・規制の動向や技術開発動向を注視し、必要に応じて有望な関連技術の取り込みなどを検討していく。</p> <p>【3】 「ブルーアンモニアの製造」では、まずは実証試験を確実に進捗させ、そこから得られる知見も含めて海外での適地を検討する。その後、海外適地の状況を踏まえ、必要に応じて特許の取り扱いについて実施者とともに検討する。また「工業炉での燃料アンモニア利用」では、まずは実施者が設置する知財委員会での協議を踏まえて特許出願等を実施するとともに、バーナーや炉に関する試験データを蓄積する。その後、試験データの提供等を通じて、ガラス熔融炉以外の工業炉の関係者と協力し、バーナーや炉の基準値の検討に貢献する。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【4】「ブルーアンモニアの製造」については、アウトカム目標において、製造コスト目標値を\$200～340/ton-NH₃と設定しているが、製造コストは天然ガス価格や為替レート等に大きく依存することから、達成状況が不明確になる恐れがある。現在掲げている数値ありきではなく、例えば本プロジェクト終了時点での外部変動要因の影響を考慮するとともに、算定範囲や前提条件も明確にして達成状況を評価できるような工夫が必要である。</p> <p>【5】適用候補地でのCO₂削減貢献量や日本へのブルーアンモニア調達量の増加などもアウトカム目標に設定するなどの見直しも必要であると考ええる。</p> <p>【6】オープン領域では積極的に権利化することを考えられていることから、海外動向を踏まえた特許出願を期待する。</p> <p>【7】「ブルーアンモニアの製造」の技術に関しては、成功すれば大きなインパクトが期待される研究開発項目ではあるが、短期間で成功へと導けるかというリスクもあることから、可能な範囲で研究開発における課題を明確化し、プロジェクトリーダーをはじめとした関係者との連携をより密に行い、確実に推進することを期待したい。</p>	<p>【4】アウトカム目標においては、現在掲げている製造コスト目標値だけではなく、本プロジェクト終了時点での外部変動要因の影響を考慮するとともに、算定範囲や前提条件も明確にして達成状況を評価できるようにする。</p> <p>【5】CO₂削減貢献量や日本へのブルーアンモニアの調達に貢献することをアウトカム目標に設定する。</p> <p>【6】技術開発の進捗を見極めながら、事業化を見据えた特許出願を進めるよう、実施者とともに検討する。</p> <p>【7】プロジェクトリーダーをはじめとした関係者との連携をより密に行い、プロジェクト後半期の技術開発を着実に実施する。従来実施してきたプロジェクトリーダーとNEDOによる打合せに加え、課題解決に向けた方針検討を迅速に進めるため、プロジェクトリーダーと実施者とNEDOの3者による打ち合わせを定期的実施する。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 三代川 洋一郎

担当 板倉 裕之

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162