



クリーンエネルギー戦略検討合同
会合向けご説明資料

当社燃料アンモニアへの取り組み

つばめBHB株式会社

2022年1月19日

アジェンダ

1. アンモニアのご説明

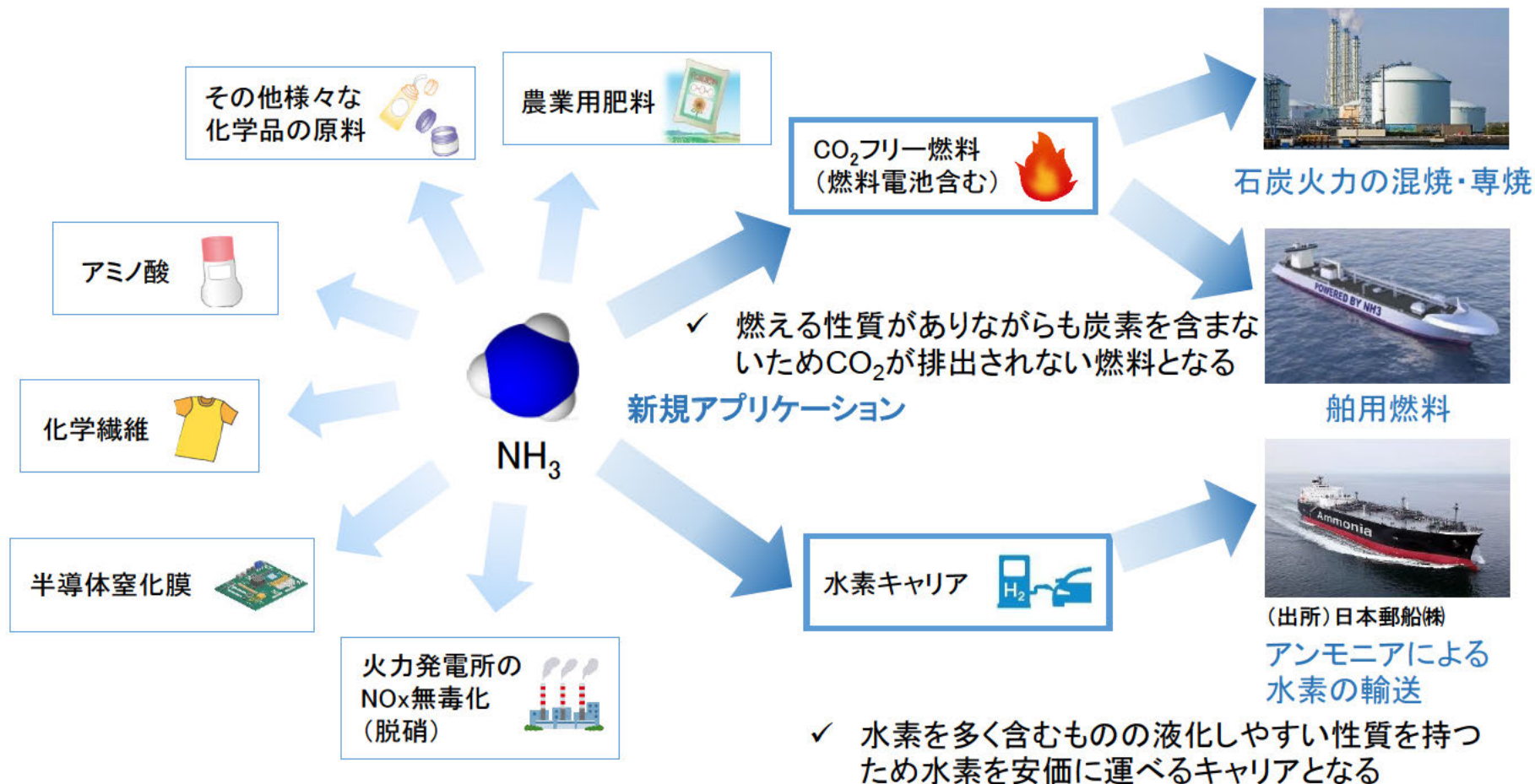
2. つばめBHBの事業概要と課題

3. 今後のアンモニア製造への取組と課題

アンモニアがなぜ気候変動対策に資するのか

- アンモニアは肥料を中心とした幅広い用途で使用されている化学品
- アンモニアの性質から将来用途としてCO₂フリー燃料や水素キャリアとして注目されている

アンモニアの様々な用途



既存のアンモニア製造技術(ハーバー・ボッシュ法)

- 既存技術は高温・高圧下の水素と窒素からアンモニアを合成するハーバー・ボッシュ法
- ハーバー・ボッシュ法の技術を持つライセンサーは海外企業のみ

水素の製造

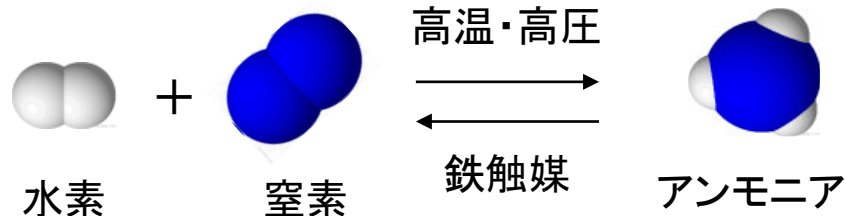
1 天然ガス等 化石資源



2 再生可能エネルギー



既存アンモニア製造技術 = ハーバー・ボッシュ法



※窒素は空気中から抽出

技術概要

- 既存の技術は約100年前にドイツで開発されたハーバー・ボッシュ法(HB法)
- 水素と窒素を400-600°C、20-100MPaの高温・高圧下でアンモニアを合成する製法
- 大量一極集中生産を行っている
- HB法の伝統的なライセンサー(基礎技術を持つ企業)は海外企業のみで日本企業はその技術に頼らざるを得ない

アジェンダ

1. アンモニアのご説明

2. つばめBHBの事業概要と課題

3. 今後のアンモニア製造への取組と課題

つばめBHB(株) 会社概要

- 当社は、東工大の技術を基に100年続くアンモニア合成技術の壁であった高温高圧反応の壁を破り、低温・低圧稼働を実現したアンモニア製造触媒を実用化し、まず数千～数万トン/年スケールでの生産に目途をつけた



項目	内容
代表者名	渡邊 昌宏
会社設立	2017年4月
技術シーズ	東京工業大学
主要株主	UMI1号投資事業有限責任組合(国内ベンチャーキャピタル)、味の素、日本郵船、三菱ケミカル、ほか
総資金調達額	約24億円

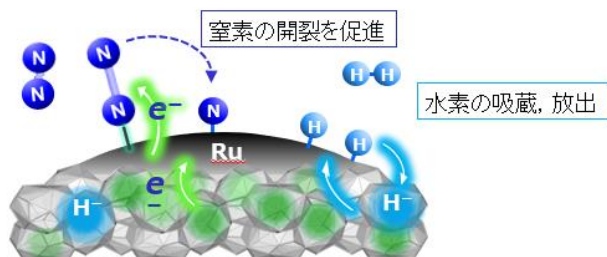
C12A7:e⁻ Nature. Chem. 2012, 4, 934

図: 細野栄誉教授が開発したアンモニア合成触媒 (エレクトライド触媒)

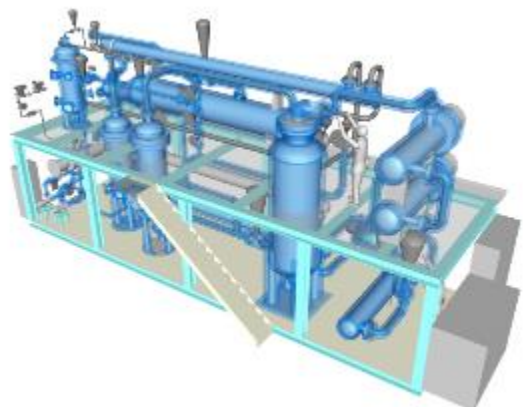
	既存法(HB法)	当社法(つばめ法)
ねらい	大量一極集中 スケールメリットの追求	オンデマンド供給
生産規模	20万～120万トン/年	1,000トン ～120万トン/年
設備投資	800億円～3,300億円	小型であれば数億円 大型はHB法の15%減(目標)
圧力	20 MPa	3～5 MPa
温度	400～500°C	300～400°C

- ✓ 近年、実用的な小型アンモニア生産技術として多くの引き合い
- ✓ 触媒技術によって、より低温・低圧の条件でアンモニアの合成が出来る・・・アンモニア製造低コスト化の可能性を広げ、クリーン燃料や肥料を安価に製造できるようにし、社会に貢献したい

当社のビジネスモデル: モジュールシステム販売 / EPC基本販売 / 将来構想

- 小型オンサイトアンモニア生産システム向けとしてA、Bの2種類のビジネスモデルを展開
- 将来的には年産120万トンレベルの大型プロセスも大手エンジニアリング会社と提携して進める

A. モジュールシステム(地産地消モデル)



(image)

B. EPC基本販売



(image)

将来構想

大型化を
目指す
(2024年までに
新触媒開発完了)

容量

- TM-3000: 年間3,000トン
- TM-5000: 年間5,000トン

自動スタートアップ/
シャットダウン機能付

- 年間1万トン以上(今後HB法と同程度の年間120万トンサイズまで達成を目指す)
- コスト低減を目指し、大型のモジュール化も検討していく

スコープ

- アンモニア合成設備
- 触媒販売(要 年間使用ライセンスフィー)

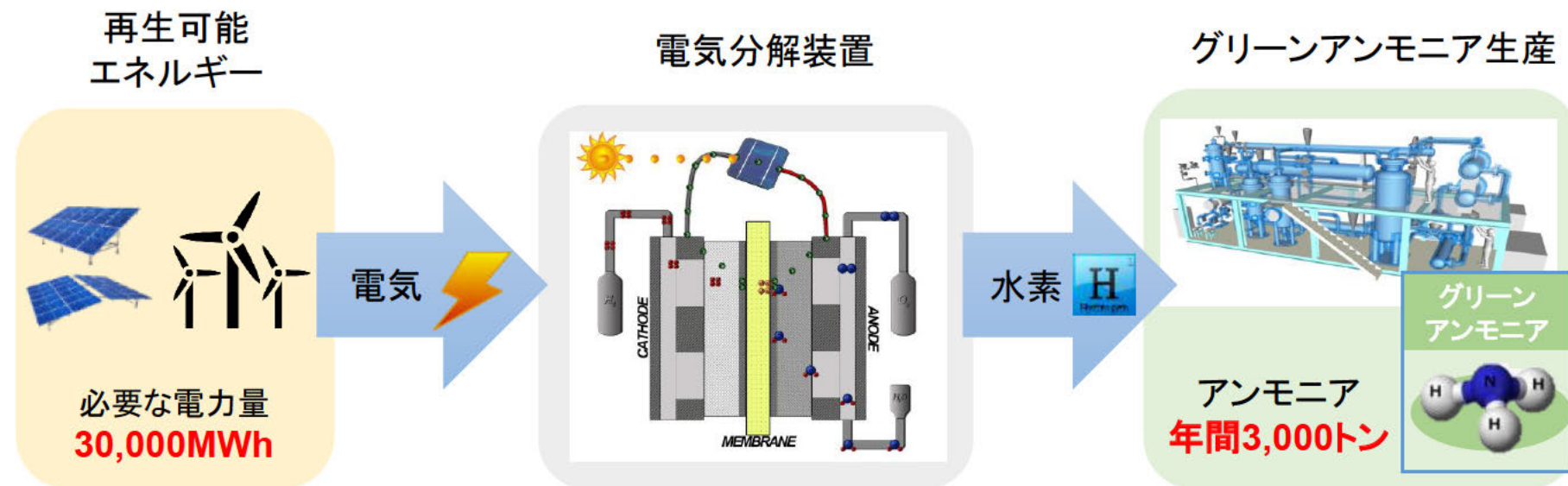
- 基本設計パッケージ
- 触媒販売(要 年間使用ライセンスフィー)

EPC実務は
他エンジニアリング企業
と連携

モジュールタイプの利用例(グリーンアンモニア生産)

- 当社の小型アンモニアプラントでは、小規模の再生可能エネルギー設備からグリーンアンモニア生産が可能であり、日本国内のニーズのある場所でのオンサイト生産が可能

再生可能エネルギーの余剰電力も想定した地産地消モデルとして小規模からのグリーンアンモニア製造にニーズ有



削減可能なCO2排出量



当社の抱える課題と事業環境整備

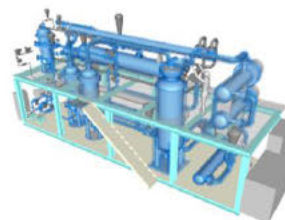
- スタートアップ企業は早い段階での技術の社会実装が望ましいが、初期需要を見込むことは難しく、企業との共同研究及び新株予約権による投資を促し、オープンイノベーションを実施



当社の抱える課題

- 資産としてベンチプラント実証も社会実装を意図する初期需要になりにくい
- 現状購入価格を下げる提案も既存サプライヤーへの当て馬になる程度の捉え方をされた
- 40人程度のベンチャー企業であり小型のアンモニア合成開発以外の業務に工数や資金はあまりかけられない

大手企業とのオープンイノベーション



設備のモジュール化によるコスト低減、簡易運転の実現



株式出資

ベンチプラント実証協力と人材派遣
海外プラント実装協力



三菱ケミカル株式会社

新株予約権

設備コスト低減アンモニア透過膜の
共同研究契約と人材派遣



新株予約権

プロジェクトリースを活用した
事業連携



株式出資

船用燃料開発協力と人材派遣



株式出資

エンジニアリング機能の補完

コンバーティブル・エクイティの活用

- スタートアップは、新たな需要の獲得に向けた先行投資が必要になる一方、投資家がまだ企業価値評価が出来ない場合が生じる・・・当社も初期の資金調達においてCEを活用し事業進捗を実現

企業価値算定が困難
(三菱ケミカル株式会社)



Tsubame BHB

- ✓ 実績がない中で、多額の開発資金や運転資金が必要
 - ✓ 資金調達を行い事業を止めずに進めたい
- (つばめBHB株式会社)

投資概要

総合化学事業を行う三菱ケミカルは、小規模プラントにおいてオンサイトアンモニア生産（必要な量のアンモニアを必要とされる場所でアンモニアを生産すること）の実用化を目指すつばめBHBの**CE型新株予約権を2020年10月に取得（他の投資家と合わせて計3.65億円投資）**。

三菱ケミカルが独自に開発した化学品製造システムの研究開発に、出資先のつばめBHBの高性能アンモニア製造触媒と組み合わせ、**従来達成できなかった高効率かつ環境負荷を大幅に削減した次世代アンモニア製造プロセスの実現を目指す。**

CE型新株予約権を選択した理由

初期の研究開発型スタートアップは、MVP（Minimum Viable Product：実用化可能な最小限の商品）の具現化に向けた技術的ハードルが高く、企業価値評価が定まり切らない一方で、そのハードルを乗り越えるための研究開発には多額の先行投資を要する。

そこで、**厳格な企業価値評価の先延ばしが可能であるというコンバーティブル・エクイティ型新株予約権の特徴を活用することで、共同研究に必要な資本提携を実現した。**

(出所)経済産業省「コンバーティブル投資手段」活用ガイドライン(令和2年12月28日)

燃料アンモニアの課題と燃料向けで当社が目指すところ

- 燃料アンモニアにおける課題は大量で安価なアンモニア供給と製造技術は海外のライセンサーが握ること
- 当社として目指すところは、日本発の技術で国産アンモニア製造技術ライセンサー

課題①: 大量で安価なアンモニア供給

燃料にすると供給量が足りない

日本国内のためのエネルギーとして確保するのが現状は困難

- 国内のアンモニア製造は徐々に減少し現状年産80万トン弱
- 世界で取引されているアンモニアの量は年間約2,000万トン
- 国内の大手電力会社が保有する石炭火力発電所を全てアンモニア専焼にすると、約1億トンが必要になる

課題②: 技術を持つライセンサーが海外企業のみ

欧米企業が基本ライセンス技術を持っており、EPCコントラクターがライセンスされた技術を用いプラントを建設
(右: 主なライセンサー)

CASALE Haldor Topsoe



Thyssenkrupp

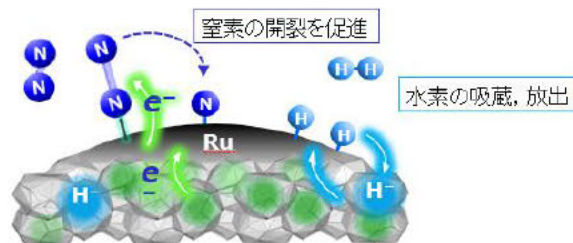


KBR



燃料となると、安全保障上、海外の技術によりエネルギーを製造することに懸念がある

触媒技術により低エネルギーでアンモニア生産



C12A7:e⁻ Nature. Chem. 2012, 4, 934



日本発の省エネ技術で国産アンモニア製造技術ライセンサーを目指す

海外展開に向けての環境整備

■世界に向けた日本技術の発信は日本経済発展に欠かせないものであり、日本発のアンモニアライセンスを目指す当社としてCO₂フリーとなるブルーとグリーンアンモニア製造の環境整備が重要となっている

中東、豪州、南米
での連携強化

ブルーアンモニア



中東・ASEAN等での天然ガス田近傍での
国産技術による大型アンモニア生産
(100万トン/年クラス)

ブルーアンモニアは火力発電所が主になると考えられるため、電力会社のリードを期待



LNGと共に輸送

火力発電所等での混焼燃料



火力発電所等
での脱硝

グリーンアンモニア



余剰の再生可能電源

送電

水電解



需要地近傍での
再生可能電源に合わせた
水素 & 小型アンモニア生産
(数1,000トン/年クラス) or 大型(豪州・チリ等)

化学品原料
半導体材料
工場用電力
工場脱硝

東南アジアでの
事業推進
(グリーン肥料)

グリーンアンモニア



HH

余剰水力発電



アンモニア合成



肥料生産



ラオスの農家

アジェンダ

1. アンモニアのご説明

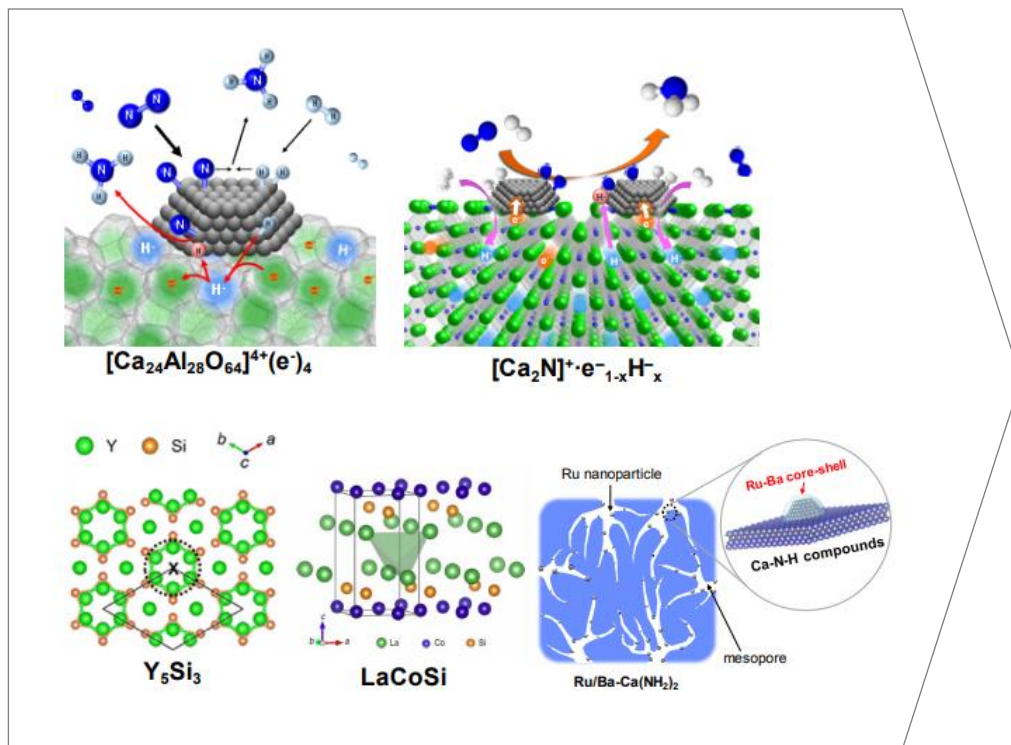
2. つばめBHBの事業概要と課題

3. 今後のアンモニア製造への取組と課題

アンモニア生産の大型化に向けてのつばめBHBのハードル

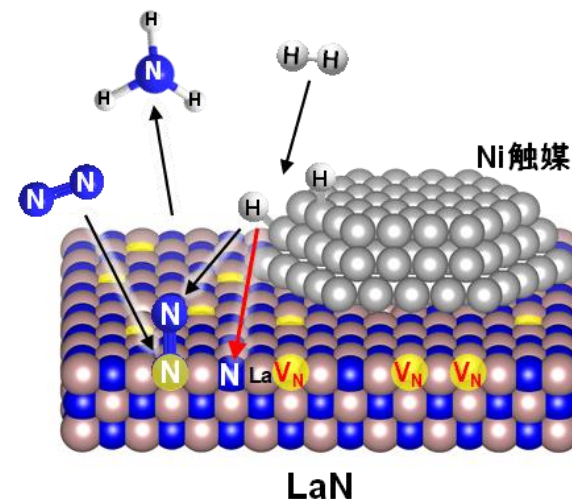
- 埋蔵量が限られる貴金属を大型プラント向けの触媒で用いようとすると足りなくなる可能性がある・・・現在東工大の細野研が開発している、貴金属を用いない触媒の性能向上及び量産化開発が必要となる

貴金属を用いたエレクトライド触媒



(出所)東京工業大学・元素戦略研究センター 北野准教授
ポスター発表『エレクトライド系アンモニア合成触媒の開発と実用化に向けた取り組み』

貴金属を用いないエレクトライド触媒



(出所)東京工業大学・元素戦略研究センター 細野栄誉教授
プレスリリース『貴金属を使わないアンモニア合成の画期的技術』
(2020年8月3日公開)

こういった非貴金属を用いたエレクトライドの
性能を上げる研究および量産化開発が必要になる

GI基金 燃料アンモニアサプライチェーンの構築プロジェクト(新触媒の開発・実証)概要

- アンモニア製造新触媒をコアとする国産技術を開発する事業で、期間は10年間(事業規模は約240億円)
- 新触媒の開発競争及びベンチ及びパイロット試験による技術立証を行う

事業の目的・概要

- (1) 燃料アンモニアの利用拡大に向けて、製造コストの低減を実現できるアンモニア製造新触媒をコアとする国産技術を開発する。
- (2) 三つの開発チームによる新触媒の競争開発を中心として、低温低压プロセスを構築し、商業装置を念頭に置いたベンチ試験、パイロット試験による技術実証を行うことで、早期の社会実装につなげる。

実施体制

※太字: 幹事企業

千代田化工建設株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、株式会社JERA

(再委託/共同実施予定先: 国立大学法人九州大学、国立大学法人京都大学、つばめBHB株式会社、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校)

事業規模等

- 事業規模: 約240億円
- 支援規模*: 約206億円

*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり
補助率など: 委託→2/3助成 (インセンティブ率は10%)

事業期間

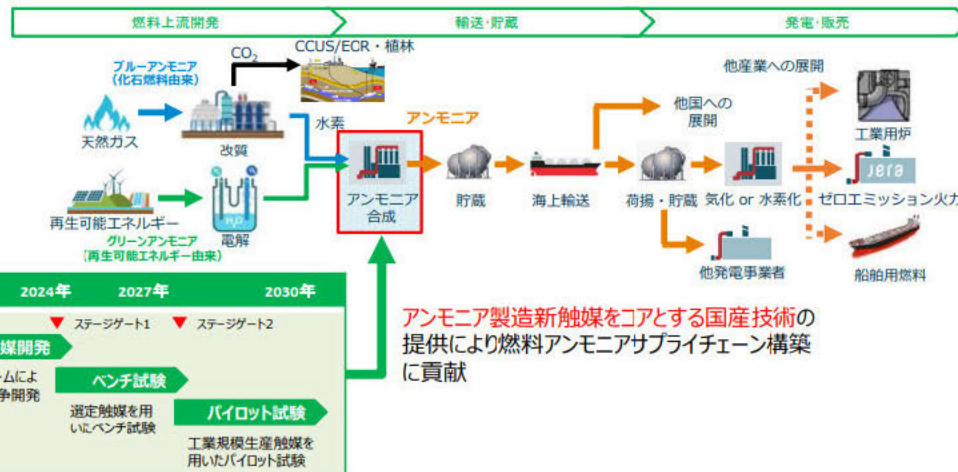
2021年度~2030年度 (10年間)

事業イメージ

本事業



出典: (株)JERA、東京電力ホールディングス(株)、千代田化工建設(株)



(出所) NEDO グリーンイノベーション基金事業「燃料アンモニアのサプライチェーン構築」に着手

Appendix

(参考) 水素キャリアとして有望視されるアンモニアの特長詳細

① 高水素密度

- 窒素原子(N)に水素原子(H)が3つ付いており、水素密度は17.6%
- 体積当たりのエネルギー密度は気体水素に比して1,200倍以上大きい

② 良液化性

- 常温で8気圧程度、常圧で-34°Cで液化
- 水素は常温で700気圧、常圧で-253°Cで液化
- 天然ガス(メタン)は常温では液化せず、常圧で-162°Cで液化

③ 良取扱性

- 1,800万t/yと大量のアンモニアが国際間で流通しており既存設備を利用可
- 発火点が651°Cと高く、アンモニア自体は不燃性で、水素と比べ扱いやすい

④ 原料が地球上に大量に存在

- 地球上にほぼ無尽蔵に存在する窒素と水素元素から出来ている…空気と水と再生可能エネルギーから製造することが出来る

⑤ CO₂フリー燃料

- CO₂フリー燃料にもなり得る(最初に別燃料で点火させることが必要)→分子中に炭素(C)を含まず燃えると窒素(N₂)になり、CO₂は排出されない
- 燃料電池の原料にもなり、電気エネルギーを取り出すことが出来る

⑥ 多用途性

- 肥料や化学原料にも出来、エネルギーとして使用しない場合でも多様な用途に転用できる

アンモニアと水素の貯蔵コストの比較

貯蔵する化合物	単位	生産コスト	貯蔵コスト		
			1日	15日	182日
アンモニア(NH ₃)	€ kg ⁻¹ H ₂	3.40	0.03	0.05	0.49
水素(H ₂)	€ kg ⁻¹ H ₂	2.70	0.71	1.78	13.48

(出所) Vrijenhoef JP. Decentralised ammonia production in The Netherlands. HH3 fuel conference. 2016. Los Angeles (CA).

脱炭素化に貢献するアンモニアの世界

