交通運輸技術開発推進制度

# 令和７年度研究成果報告書
# （ダイジェスト版）

## 船舶におけるアンモニア燃料の用途拡大に関する研究

令和８年３月

株式会社三井 E&S

# Ⅰ　研究開発成果の要約

| | |
|---|---|
| 作成年月 | 令和 8 年 10 月 |
| 研究課題名 | 船舶におけるアンモニア燃料の用途拡大に関する研究 |
| 研究代表者名 | 株式会社三井 E&S　服部 望 |
| 研究期間 | 令和 5 年度～令和 8 年 3 月 31 日（令和 7 年度実施期間：令和 7 年 6 月 13 日～令和 8 年 3 月 31 日） |
| 研究の目的 | アンモニア燃料船に搭載するアンモニアを主機以外にも活用するため、アンモニアから水素を製造する小型・高効率な改質システムを開発する。船舶補機用途に加え、水素を直接輸送しにくい陸上需要地にアンモニアを運び、オンサイトで水素へ変換する用途も対象とし、改質、アンモニア除去、水素分離の各要素技術を確立して統合実証する。 |
| 研究成果の要旨 | 本研究では、アンモニア改質触媒、アンモニア吸着材及び水素分離膜を開発・選定し、これらを統合したラボ機を設計・製作して、水素製造プロセスを実証した。改質触媒は 500℃、0.3 MPaG で改質率 99%以上、水素分離膜は水素純度 98%以上を達成した。吸着材は 0.3 MPaG でアンモニアスリップ 100 ppb 以下と推定した。ラボ機では、水素純度 98%以上、製造量約 65 g/h を確認した。目標の 70 g/h にはわずかに届かなかったものの、回収率の改善により達成可能との見通しを得た。さらに、ラボ試験結果を反映したデモ機シミュレーションにより、プロセス圧力 0.4 MPaG でエネルギー効率 75%以上となる構成を確認した。マーケティングでは、アンモニアサプライヤー、水素機器メーカー、水素ユーザー等へのヒアリングを行い、アンモニアサプライヤーとの協業の可能性を見いだした。以上により、コンパクトで高効率なオンサイト型アンモニア改質水素製造装置の実現可能性を示した。 |
| 知的財産権<br>取得状況 | 特許出願 1 件<br>発明の名称：アンモニア改質水素製造装置（出願番号：2026-030463） |
| 研究成果発表実績 | 論文発表：国内 0 件、海外 0 件<br>口頭発表：国内 0 件、海外 0 件<br>その他：第 10 回交通運輸技術フォーラム講演 |

## II　研究開発の目的と実施体制

### 1　研究開発の目的

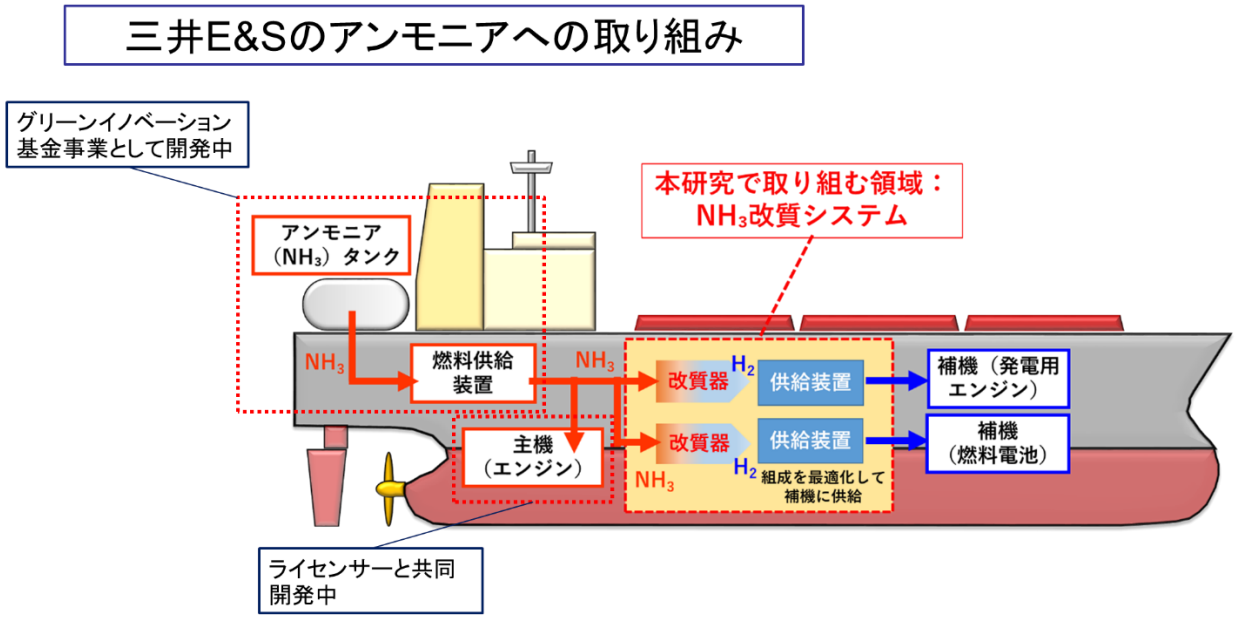



図 1　三井 E&S のアンモニアへの取り組み

国際海運では、2050 年頃までの温室効果ガス排出量ネットゼロに向け、アンモニア等のゼロエミッション燃料への転換が求められている。三井 E&S は、アンモニア燃料主機及び燃料供給装置を開発している。一方、船舶の補機や燃料電池、陸上の可搬型発電機等では、水素燃料の利用が先行する用途も多い。そこで、輸送・貯蔵に優れるアンモニアを水素キャリアとして活用し、需要地で水素へ変換する改質システムの開発に着手した（図 1）。

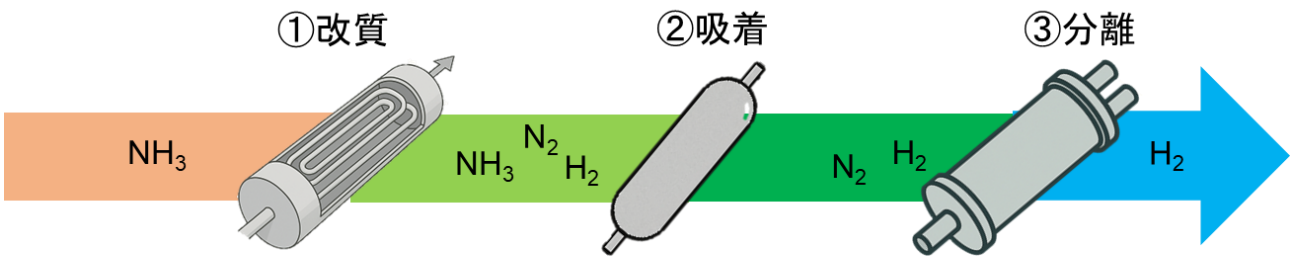



図 2　アンモニアから高純度水素を製造するプロセス

図 2 は、アンモニアから高純度水素を製造するプロセスを示している。プロセスは、大きく①改質、②吸着、③分離の 3 工程に分けられ、すべての要素技術の開発と、それらを統合するエンジニアリング

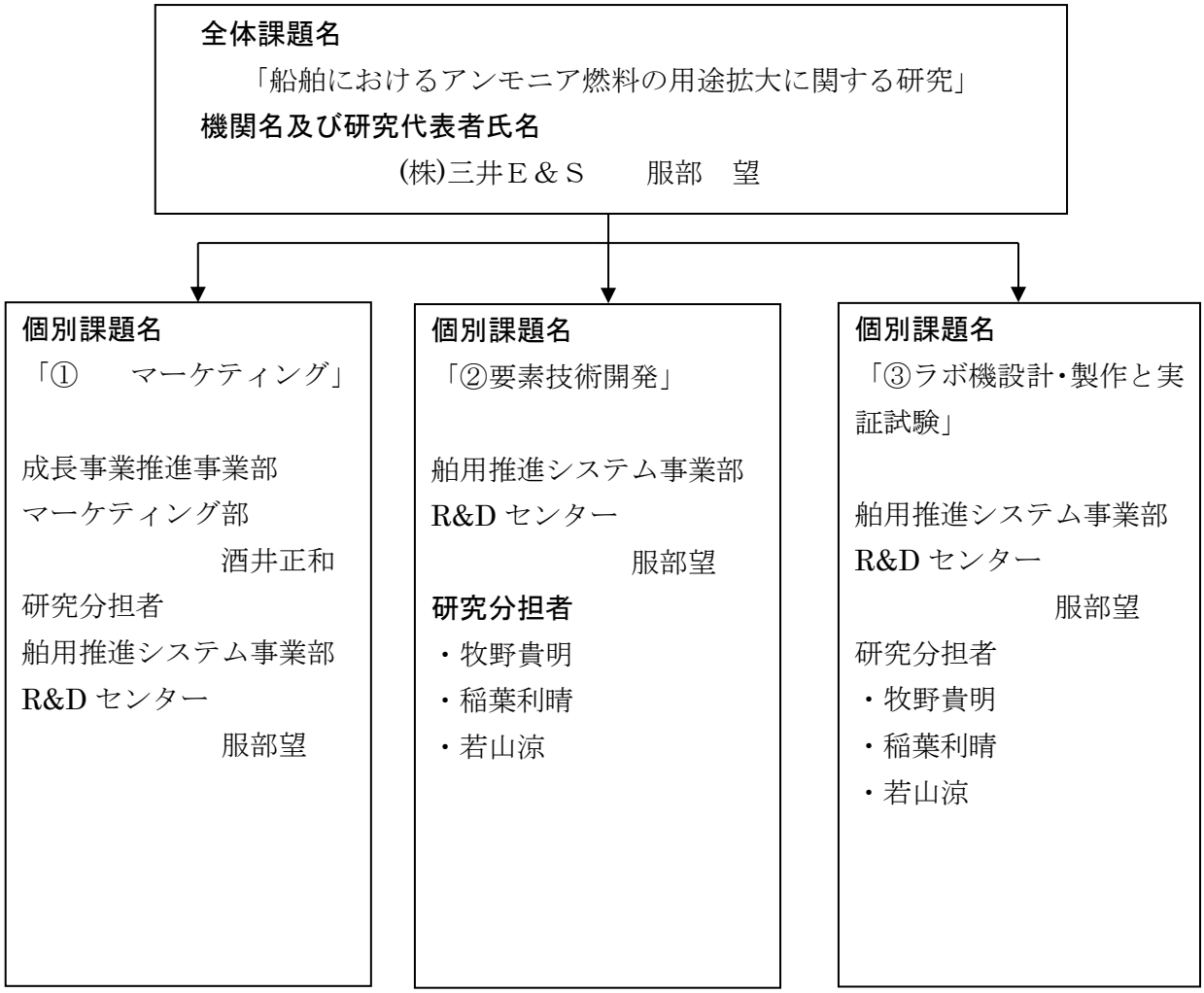
技術が必要となる。要素技術については、専門メーカーと協力しながら確立する。また、エンジニアリングには社内技術を活用できると考えている。研究の中心は、①500℃以下で高い改質率を得る触媒、②残留アンモニアを 100 ppb 以下まで除去する吸着技術、③水素純度 98%以上を得る分離技術、④これらを統合した小型・高効率システムの構築である。令和 7 年度は、各要素技術の高圧条件における性能確認、ラボ機による統合実証、商用規模デモ機のシステム設計及び実証・事業化パートナーの探索を実施した。

表 1　令和 7 年度の課題、開発の狙い、目標及び III 章との対応

| 課題 | 開発の狙い | 目標 | III 章の該当節 |
|---|---|---|---|
| 要素技術の開発 | 競合との差別化要素となる、1）改質触媒、2）アンモニア吸着材、3）水素分離膜の改良を進める。 | A）　500℃かつ 0.3 MPaG で改質率 99%以上<br>B）0.3 MPaG でスリップ 100 ppb 以下<br>C）　水素純度 98%以上 | III-1.1～1.3 |
| ラボ機による実証試験 | 昨年度シミュレーターによって構築したシステムを具体化する。 | 水素製造量 70 g/h を実証する。 | III-2 |
| デモ機設計 | シミュレーターにより商用レベルのデモ機設計を実施可能とし、実証体制の構築や補助金獲得につなげる。 | デモ機のシステム構成においてエネルギー効率 75%以上を維持。補助金申請等に寄与する。 | III-3 |
| 市場・実証事業パートナーの選定 | 標準的で、発展性のあるビジネスモデルを構築する。<br>実証事業の補助金を獲得する。 | 市場候補を選定する。<br>実証事業の研究開発体制を構築する。 | III-4 |

## 2　研究実施体制

本研究は、株式会社三井 E&S が単独で実施した。社内の実施体制は以下のとおりである。



# III　研究開発の成果

## 1　要素技術開発

### 1.1　アンモニア改質触媒の選定

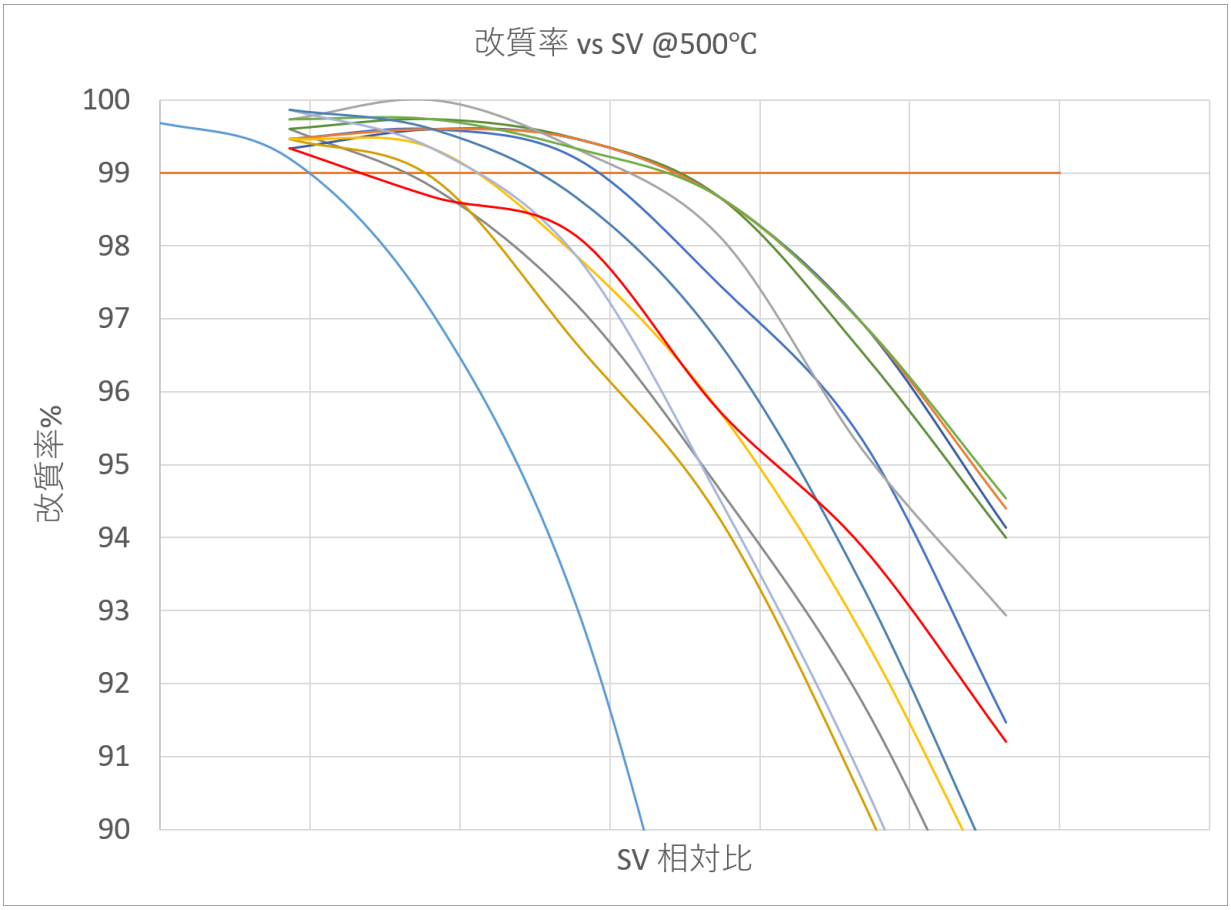



図 3　アンモニア改質触媒を同条件で計測して比較したグラフ

アンモニア改質触媒は、アンモニア改質水素製造プロセスにおいて最も重要な要素である。本研究では、触媒メーカーと協力し、継続的に改良を行ってきた。本年度も複数のメーカーと議論しながらサンプルをご提供いただき、同一条件で実測・比較した。

同一条件で触媒を計測し、比較した結果を図 3 に示す。横軸は共通の基準値で規格化した空間速度（SV）の相対比を示し、縦軸は改質率を示す。改質率 99%以上を目標としているため、グラフに目印を付した。改質率 99%のラインにおいて最も空間速度が高い触媒を、後述するラボ機に採用した。

### 1.2　アンモニア吸着材

令和 6 年度の成果としてアンモニア吸着材の選定を完了したが、プロセスが高圧となることから、吸着材も高圧環境下で使用することになる。そこで、高圧時の吸着挙動を評価する必要があった。

表 2　アンモニア吸着材の圧力依存性

| 圧力 | 外観 | 吸着量 | アンモニアスリップ（目標100ppb以下） |
|---|---|---|---|
| 常圧 |  | 5.9mmol/g | ○ |
| | | 性能UP | |
| 0.3MPa | | 6.7mmol/g | ○（予測値） |

表 2 は、常圧とゲージ圧 0.3 MPaG における吸着量を比較したものである。令和 6 年度に選定したサンプルはゼオライト系吸着材であり、高圧ほど吸着量が増加する傾向がある。本研究の試験においても、同様の傾向を確認した。このときのアンモニアスリップ量は、FT-IR による測定では 1 ppm 以下であり、測定下限を下回ったため正確な値は把握できなかったが、スペクトルから 100 ppb 以下と推定した。

選定した吸着材は、高圧環境下でも十分な性能を発揮することが分かった。

### 1.3　水素分離膜

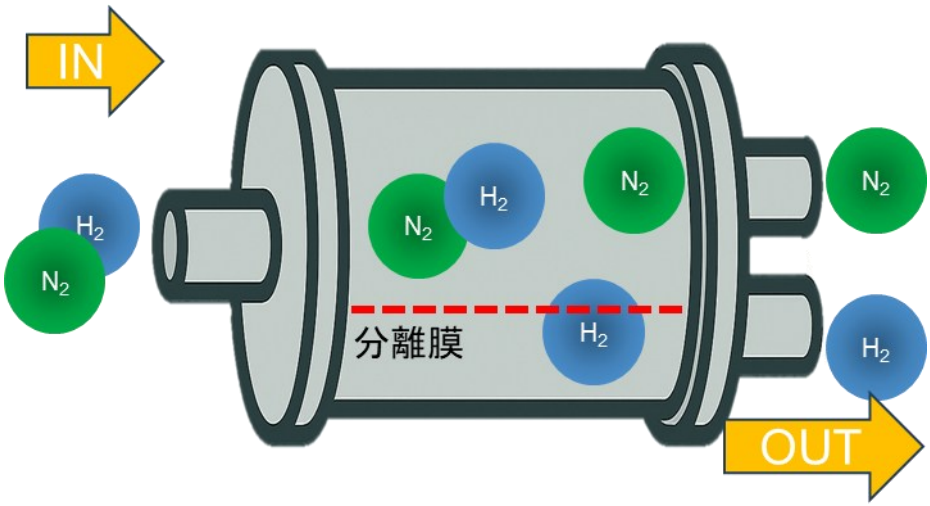



図 4　水素分離膜の仕組み

水素精製の方法はいくつかあるが、本研究では水素分離膜に着目した。理由は、他の手法に比べてコンパクトであり、必要な動力が少ないためである。一方、高純度化が難しいことや、発展途上の技術であるため供給可能なメーカーが少ないことが課題である。水素分離膜の仕組みを図 4 に示す。水素のみを透過する分離膜を使用し、分離膜の前後に圧力差を設けることで機能する。OUT 側にある、分離膜を透過しないガスの出口を非透過側と呼び、分離膜を透過しなかった水素が排出される。この水素が少ないほど、回収率は高くなる。また、分離膜を透過したガス（透過ガス）の大半は水素であるが、わずかに水素以外のガスも透過するため、水素純度が低下する。

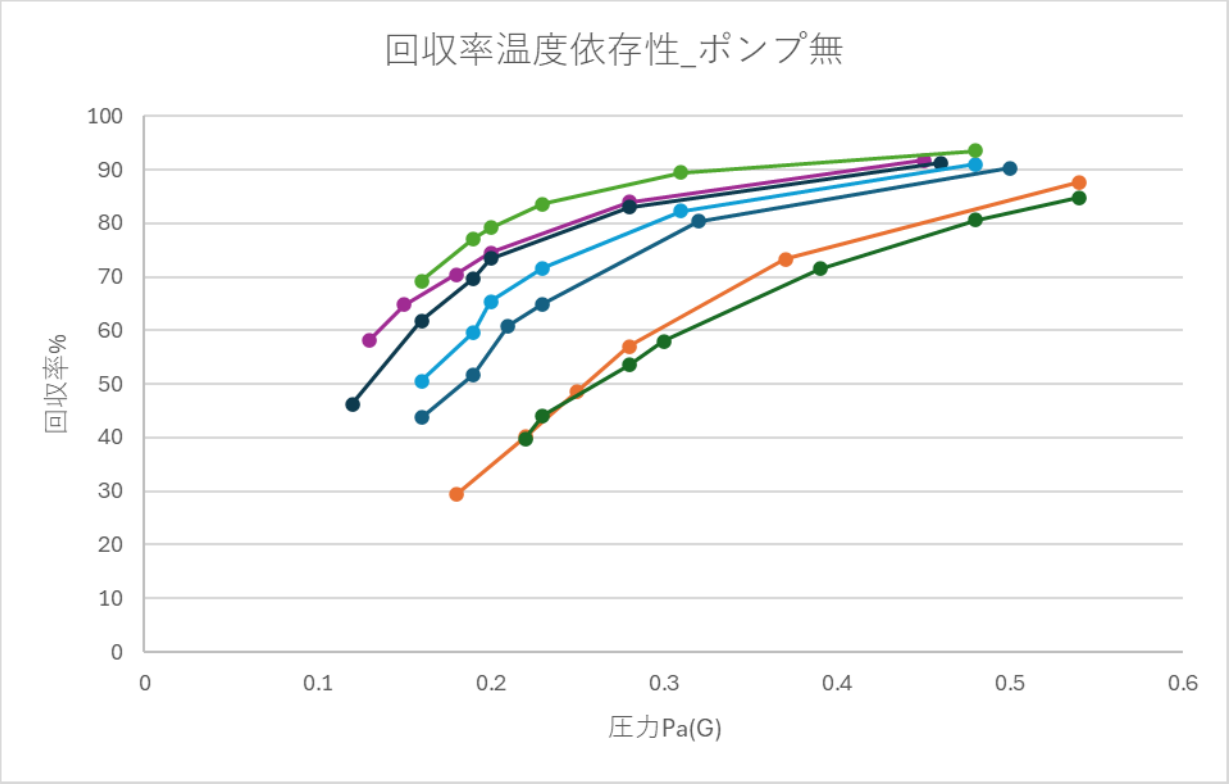



図 5　水素分離膜による回収率評価結果（ポンプなし）

図 5 に分離膜の性能試験結果を示す。回収率に着目し、圧力をパラメーターとして評価した試験である。色分けした複数のグラフは、異なる温度で計測した結果を示す。ただし、温度が安定せず、正確な温度を計測できなかったため、温度は表記していない。モジュール表面温度を約 10℃から 50℃まで変化させた。図 5 の最上部にある緑線は、シミュレーションによる予測値である。シミュレーション値には到達しなかったが、圧力によっては 90%以上の回収率が得られ、良好な結果となった。

## 2　ラボ機による実証試験

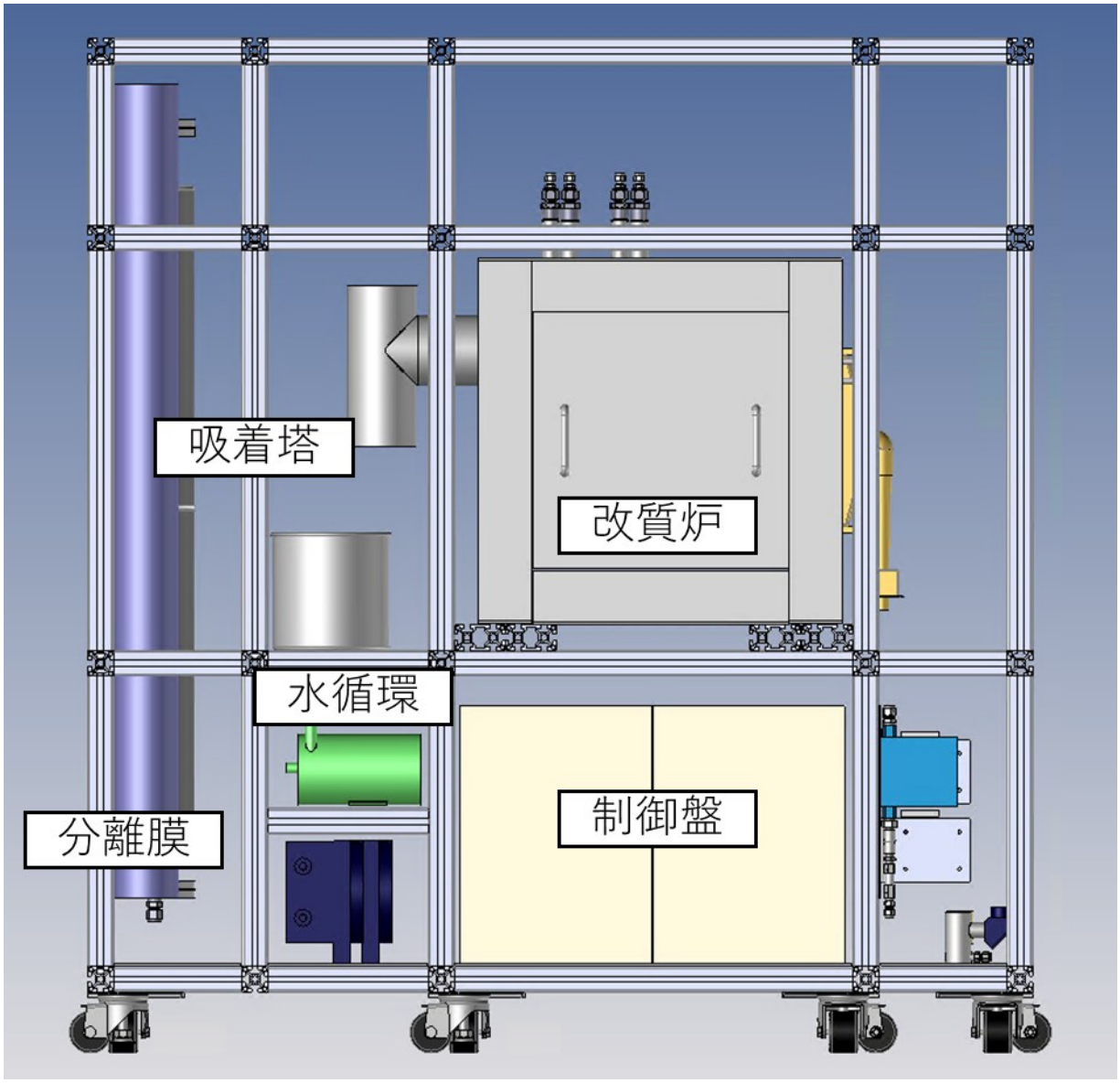



図 6　ラボ機のレイアウトイメージ

図 6 は具体的に装置を配置したイメージである。架台に据え付けてユニット化し、可搬型としている。これらをベースに設計図を作成し、ラボ機の製作を行った。

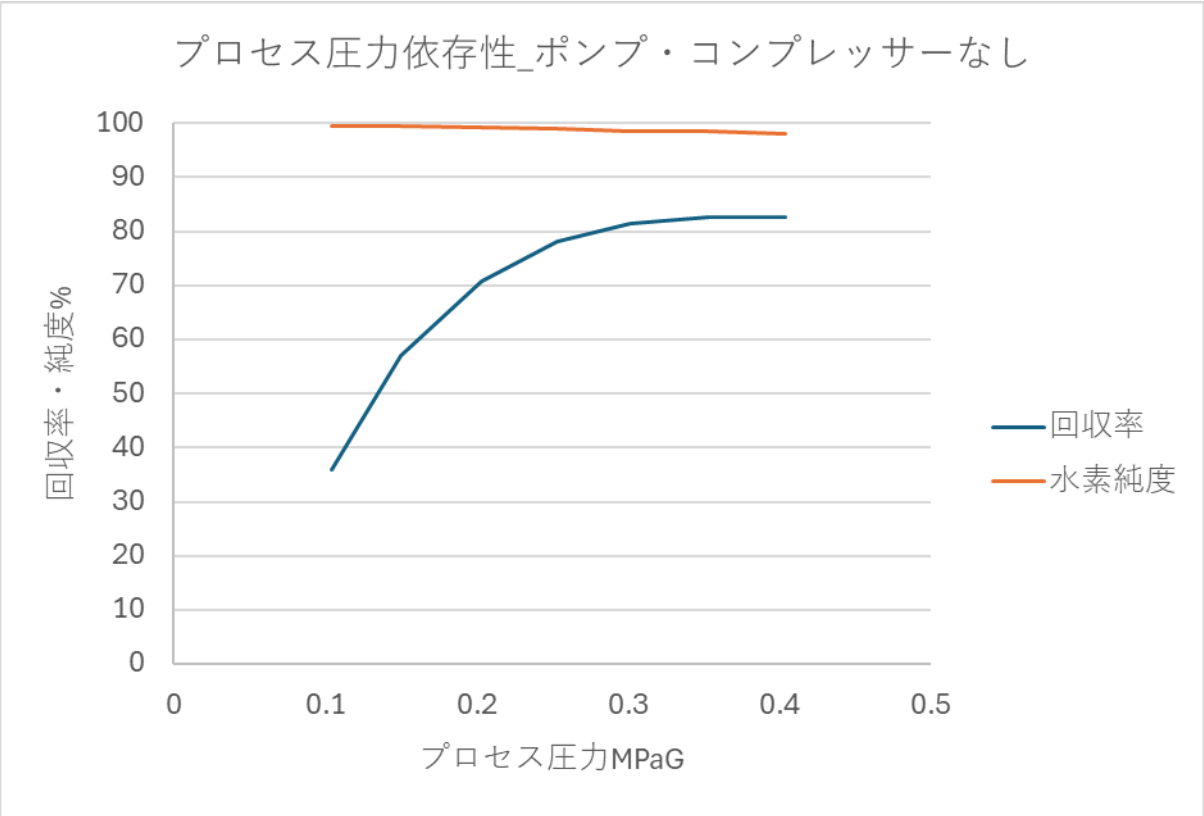



図 7　ラボ機実証試験結果：プロセス圧力と回収率・水素純度の関係（アンモニア 10 L/min）

表 1 に示した目標値の達成に向け、アンモニア流量を 10 L/min に増加させてデータを取得した。水素精製後の水素純度は 98%以上を維持し、目標を達成した。回収率もプロセス圧力 0.3 MPaG 以上で 80%を超え、この流量でも良好な結果を得た。水素製造量は約 65 g/h であり、70 g/h の目標には到達しなかったが、回収率の改善により目標達成が見込まれる。プロセスの最適化により回収率の向上を目指す。

## 3　デモ機設計

ラボ機試験によりデータを取得し、商用サイズであるデモ機の性能シミュレーションを行った。

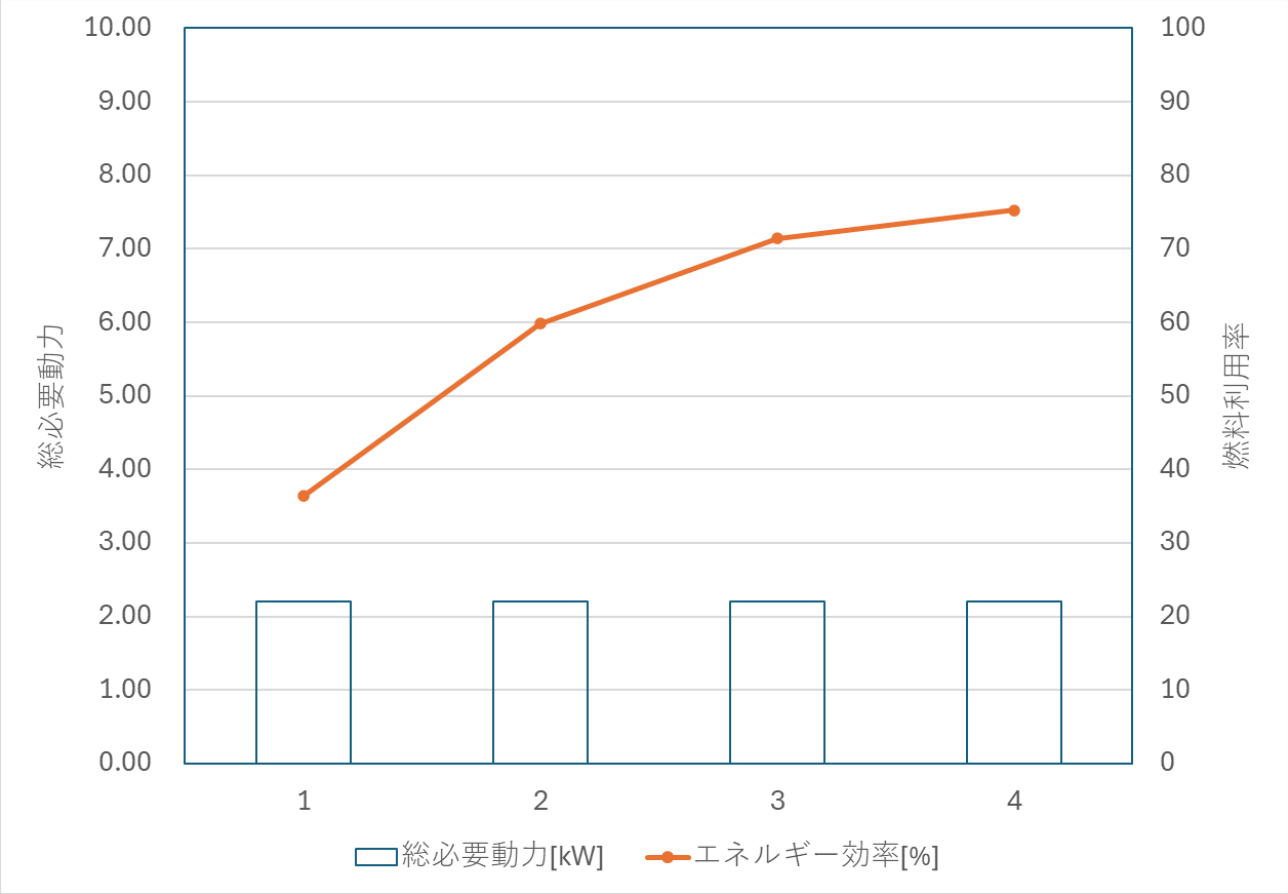



図 8　シミュレーションによるデモ機装置の試算結果

図 8 の横軸はシミュレーション番号であり、1～4 はそれぞれプロセス圧力 0.1～0.4 MPaG に対応している。シミュレーションにより、プロセス圧力を 0.4 MPaG とすることでエネルギー効率が 75%を超えることが分かった。この成果により、既存のプロセス構成を微調整することで P&ID を作成できることが分かり、デモ機設計の準備が完了した。

## 4　市場・実証事業パートナーの選定

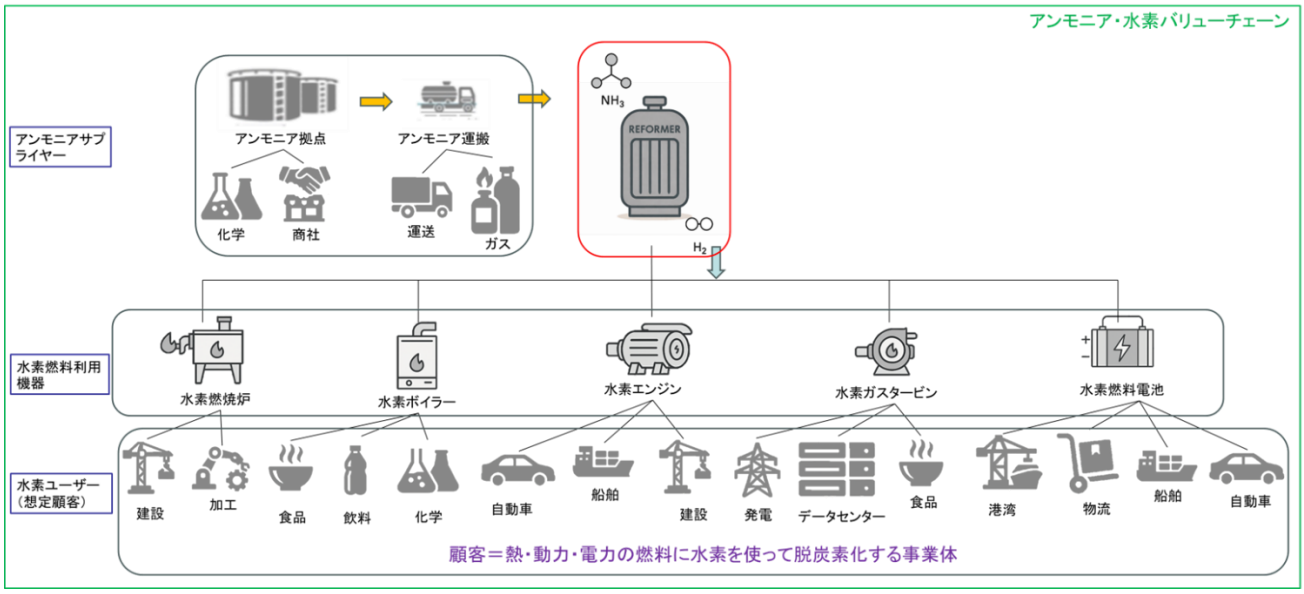



図 9　アンモニア・水素バリューチェーンにおけるアンモニア改質水素製造装置の立ち位置

図 9 に、アンモニア・水素バリューチェーンにおけるアンモニア改質水素製造装置の位置付けを示す。アンモニア改質水素製造装置はバリューチェーンの比較的上流に位置し、アンモニアサプライヤーと水素ユーザーをつなぐ役割を担う。アンモニアサプライヤーとしては、価格差支援等に申請している事業体を想定しており、アンモニアの利用者を拡大する必要がある。アンモニアは水素キャリアとしての役割も持つため、水素ユーザーもアンモニアユーザーの一部と考えられる。そこで必要となるのが、アンモニアを水素に変換する装置であり、本研究で開発したアンモニア改質水素製造装置への需要が見込まれる。製造した水素は、水素燃料機器により主に熱又は電気へ変換され、水素ユーザーに利用される。このバリューチェーンに関わる事業体は多種多様であり、サプライヤーとして商社や化学メーカー、水素燃料利用機器メーカーとして燃焼炉メーカー、ボイラーメーカー、エンジンメーカー等が挙げられる。水素ユーザーは、食品分野から重工業まで幅広く想定される。

このバリューチェーンの上流から下流までを幅広く訪問し、パートナーとなり得る事業体を調査するため、ヒアリングを実施した。

顧客となり得る水素ユーザーを見いだすことはできなかったが、サプライヤーや水素機器メーカーからは良好な反応が得られた。特に、ヒアリング先の化学メーカーはアンモニアサプライヤーであり、本研究に大きな関心を示したため、協業に向けた議論を行った。具体化には至らなかったが、今後も協議を継続することで合意している。

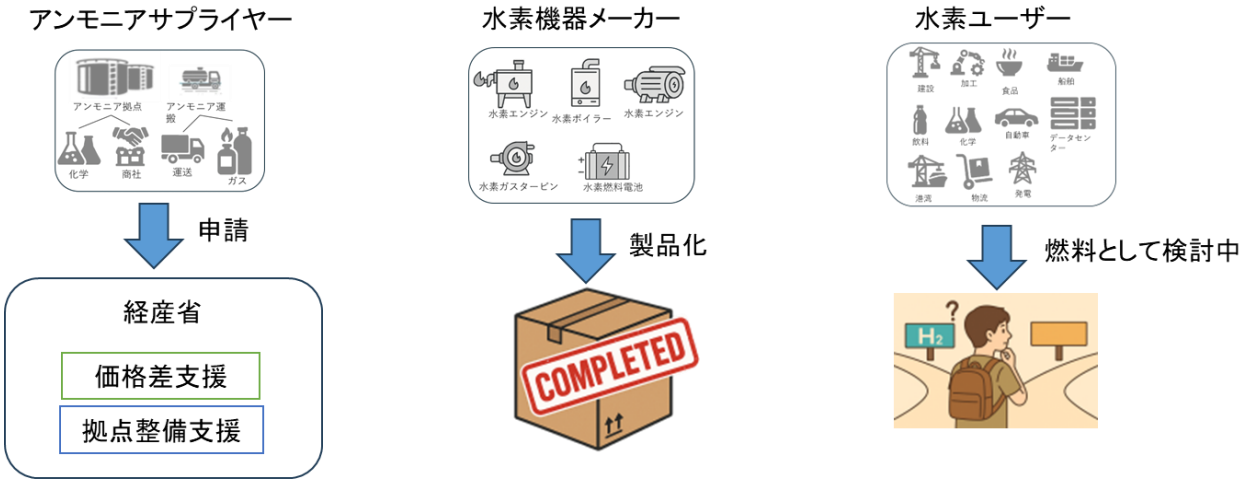



図 10　ヒアリングで得られた情報を可視化した図

ヒアリング結果を基に市場動向を可視化したものを図 10 に示す。アンモニアサプライヤーの中には、価格差支援や拠点整備支援に既に申請している事業体も多く、アンモニアの普及に高い関心を示している。また、水素機器メーカーは既に製品化を完了し、市場を拡大したいという意識が強く、アンモニアへの期待も高い。一方、水素ユーザーは脱炭素エネルギーに関心があるものの、水素は選択肢の一つにすぎず、現時点で方針を決定し、設備投資等を実施している事業体はほとんどない。このため、関係者間に大きな温度差があることが分かった。現状では、アンモニアサプライヤー及び水素機器メーカーと協力して技術を訴求し、水素ユーザーに働きかけることが有効と考えられる。今後は、パートナー候補先の化学メーカーとの協業を進めながら、市場を開拓していく。

## 5　知的財産権取得状況

特許出願　1 件
発明者：服部望、牧野貴明、稲葉利晴、若山涼
発明の名称：アンモニア改質水素製造装置
出願日：2026 年 2 月 27 日
出願番号：2026-030463

## 6　研究成果発表実績

1）論文発表：国内 0 件、海外 0 件
2）口頭発表：国内 0 件、海外 0 件
3）その他（研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等）
第 10 回交通運輸技術フォーラム講演