

# NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.602-3-05

**競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業  
/大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発  
/大流量・高圧・高効率な液化水素昇圧ポンプの開発**

**発表：2026年7月23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

戸倉裕介（西島製作所）

（株）西島製作所、（国研）宇宙航空研究開発機構

（国）京都大学、（公）山陽小野田市立山口東京理科大学

（国研）物質・材料研究機構

問い合わせ先

株式会社西島製作所

<https://www.torishima.co.jp/>

# 事業概要

1. 期間 開始：2023 年 8 月  
終了：2028 年 3 月
2. 最終目標：大規模水素サプライチェーン構築に貢献するため、  
大流量・高圧・高効率な液化水素昇圧ポンプを開発する
3. 成果・進捗概要

| 事業内容          | FY2023     | FY2024     | FY2025     | FY2026 | FY2027 | 評価 | 成果・進捗                                                     |
|---------------|------------|------------|------------|--------|--------|----|-----------------------------------------------------------|
| ①中流量・中圧力ポンプ開発 | 開発、試験      | 試験         |            |        |        | ○  | 開発完了。試験実施。目標を達成し、有用なデータを取得した                              |
| ②中流量・高圧力ポンプ開発 | 要素開発       |            | 開発、試験      |        |        | ○  | 要素開発、ポンプ設計完了<br>試験装置の高圧力対応設計完了<br>ポンプおよび装置を製作中            |
| ③大流量・高圧力ポンプ開発 |            |            | 開発、試験      |        |        | -  | 開発中                                                       |
| ④高効率モータ開発     | Step1 用モータ | Step2 用モータ | Step3 用モータ |        |        | ○  | Step1 ポンプ用モータ開発完了<br>Step2 ポンプ用モータ開発完了<br>Step3 ポンプ用モータ開発 |
| ⑤モータ要素技術開発    | 要素開発       |            | 開発、試験      |        |        | ○  | 多芯燃線損失予測法の構築完了<br>燃線製作技術開発完了                              |

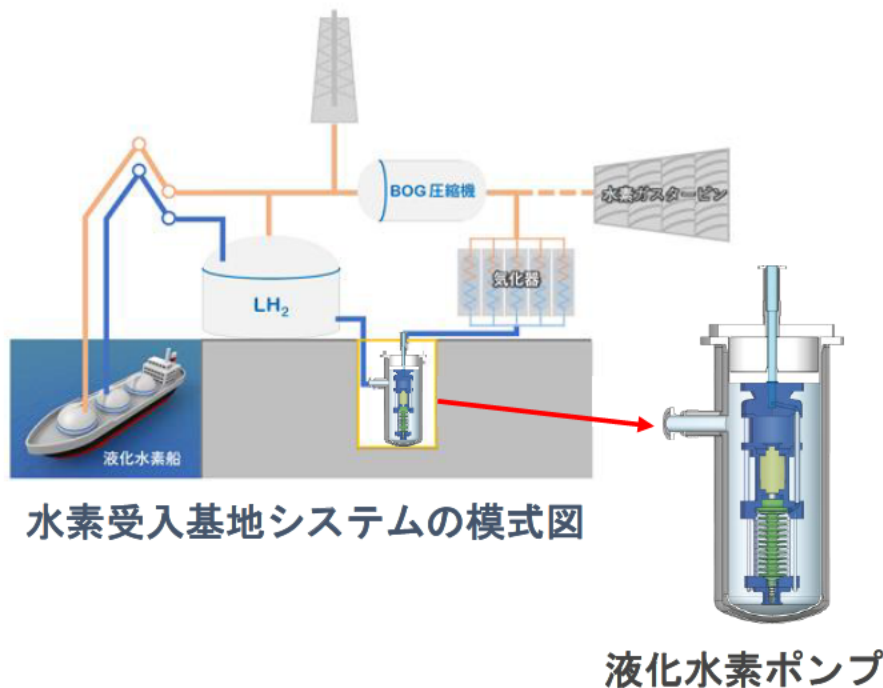
# 1. 事業の位置付け・必要性

## 本事業を実施する背景・目的

GI 基金事業「大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクト」

＞大規模水素サプライチェーンの構築には液化水素昇圧ポンプが必要不可欠である。

将来の水素コスト低減に、大流量・高圧・高効率なポンプで寄与する。



社会課題：水素コストの低減

→水素供給量拡大が必須

技術課題：現技術ではポンプが複数台必要  
(揚程不足、流量不足、効率低下)



高圧化、大容量化、高効率化

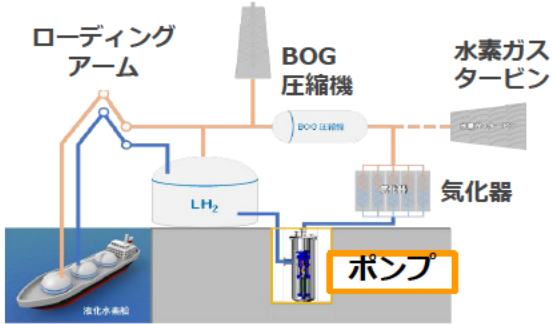
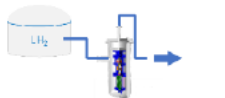
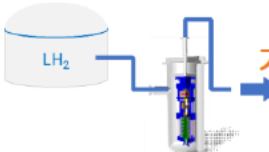
水素コスト低減に寄与

|                      |   |                     |   |                     |
|----------------------|---|---------------------|---|---------------------|
| 170円/Nm <sup>3</sup> | → | 30円/Nm <sup>3</sup> | → | 20円/Nm <sup>3</sup> |
| 現在                   |   | 2030年               |   | 2050年               |

## 2. 研究開発マネジメントについて①

### 研究開発の目的設定と方針

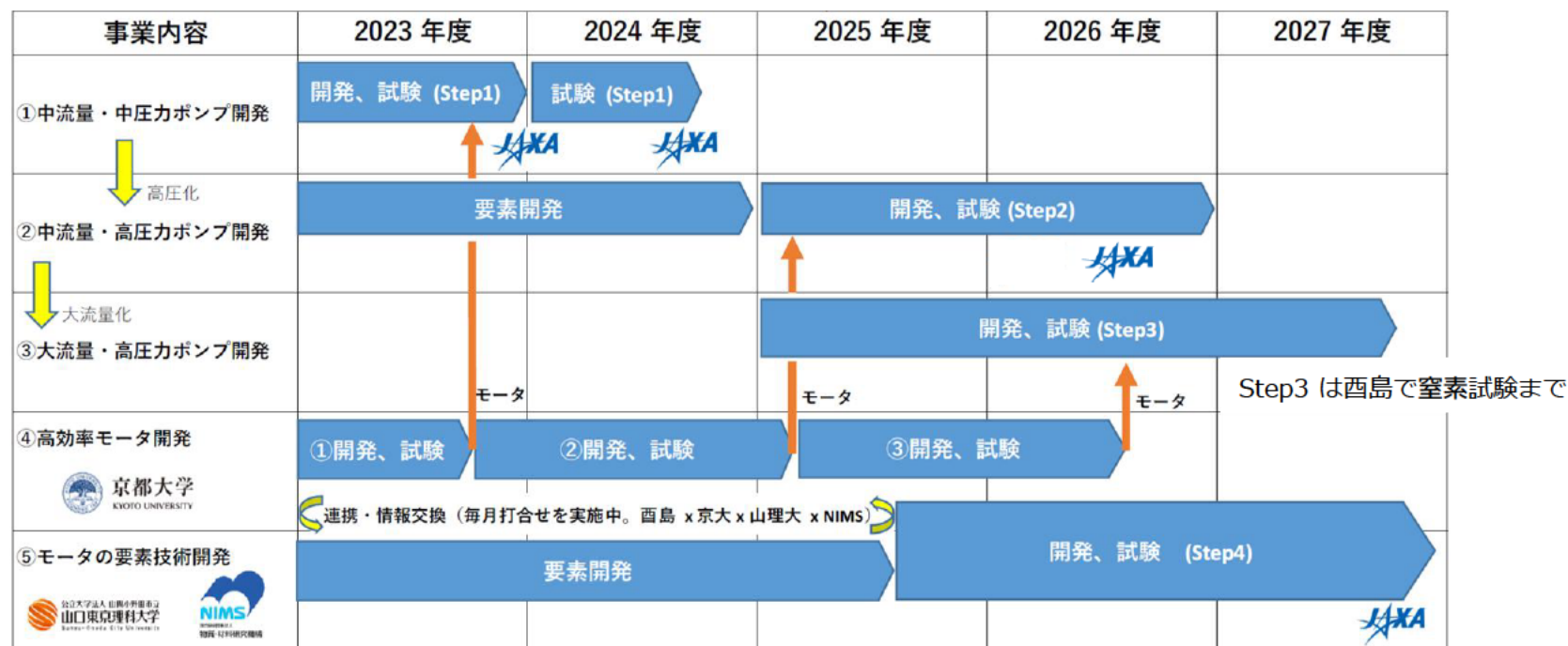
- ・ 3つのステップ（Step 1, 2, 3）で、大流量・高圧力・高効率なポンプの開発を行う  
各 Step において、大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクトにおける商用化実証や商用化のサプライチェーンへのポンプを開発のターゲットにする
- ・ Step 4 として、経済性、品質、市販性の付加価値を高めたモータを開発し、Step 1 のポンプに搭載して試験する

| 研究開発対象                                                                                                                           | 開発 Step | 構成イメージ                                                                                     | 流量比        | 圧力比        | サプライチェーンのターゲット           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------------------|
| <b>大流量・高圧力・高効率なポンプの開発</b><br>水素発電向け液化水素昇圧ポンプ<br> | Step 1  |  中流量・中圧力 | 1<br>(基準)  | 1<br>(基準)  | 商用化実証<br>～2030 年         |
|                                                                                                                                  | Step 2  |  中流量・高圧力 | 1          | 3<br>↑ 高圧化 | 商用化<br>2031 年～           |
|                                                                                                                                  | Step 3  |  大流量・高圧力 | 8<br>↑ 大流量 | 3          | 商用化<br>複数チェーン<br>～2050 年 |
| 経済性、品質、市販性の付加価値を高めた<br>超電導モータの開発と実機適用性検証                                                                                         | Step 4  | Step 1 ポンプに搭載して試験する                                                                        | 1          | 1          | -                        |

## 2. 研究開発マネジメントについて②

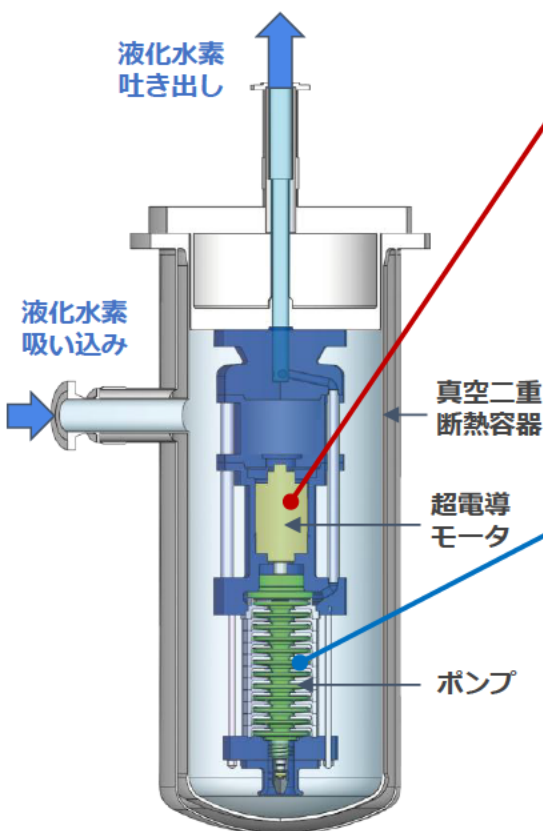
### 研究開発のスケジュールと研究開発体制

- ・ JAXA 能代ロケット実験場にて、Step 1, 2, 4 を試験する
- ・ 京都大学にて、各ステップに対する超電導モータを開発、支給する
- ・ 山口東京理科大学にて、低損失な巻線構造を開発する
- ・ NIMS にて、経済性、品質、市販性を高めた超電導線材、低損失巻線材を開発する



## 2. 研究開発マネジメントについて③

### 開発要素と実施内容



#### 【モータ】

- ・発熱の最小化：超電導モータ採用、極限までの高効率化

#### 【ポンプ】

- ・完全密閉・漏洩防止：サブマージドモータポンプ構造採用
- ・高圧・大容量化：遠心多段ポンプ採用
- ・外部入熱の抑制：真空二重断熱容器採用
- ・水力設計：流体加振力が小さい羽根車、高効率
- ・回転体設計：回転体の固有値解析により定格速度と危険速度との離調を検討。高速回転にて低振動・安定運転

## 2. 研究開発マネジメントについて④

### 超電導モータによる高効率化

#### ・超電導モータの採用



- ・ BOG 量を減らすために、  
ポンプ+モータで高効率を達成したい  
高効率なモータ ⇒ 超電導モータ

#### 【超電導モータのメリット】

- ・ 小型化可能：  
流体損失が減る、軸を短くできる。
- ・ 液化水素（-253℃）で利用可能：  
没液させて積極的に冷やして使える

効率のメリットだけでなく、  
ポンプ設計で見てもメリットがある。  
極低温流体との相性◎



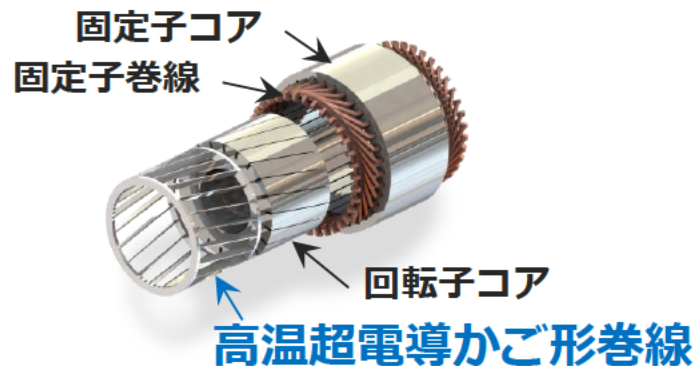
京都大学独自技術



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

かご形誘導モータの特長  
「単純な構造で堅牢」を  
活かしつつ、超電導化する

⇒ ポンプへの搭載に適している



高温超電導誘導同期モータの概略図

### 3. 研究開発成果について①

#### 目標達成に向けたアプローチ

- ・ 液化窒素試験設備を建設 @西島製作所 本社工場

2023 年度に Step 1 ポンプの動作確認のため、液化窒素での試運転実施

- ・ 液化水素試験設備を開発、建設 @ JAXA 能代ロケット実験場

2023 年度にポンプ運転による液化水素試験設備の有用性、Step 1 ポンプの信頼性、性能、機能確認のため、液化水素での試験実施

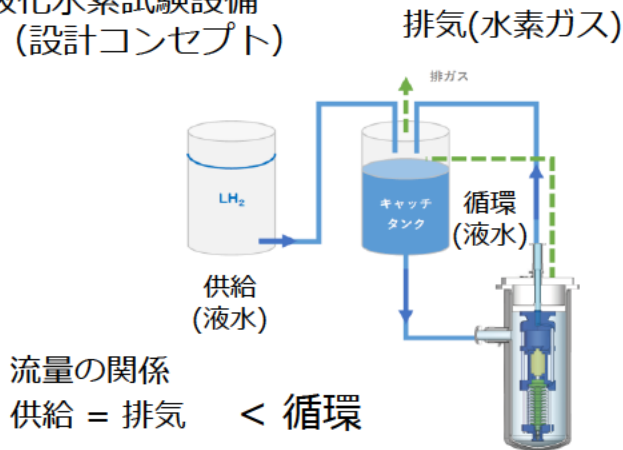
2024 年度に Step 2 設計に向けた実測データの取得のため、再度液化水素で試験実施

2025 年度に試験装置を Step 2 向けに高圧力対応の設計を完了

液化窒素試験設備



液化水素試験設備  
(設計コンセプト)



### 3. 研究開発成果について②

#### 中流量・中圧ポンプ開発 (Step1)

##### 2023年度の成果

- ・ 液化水素試験設備を用いて、  
液化水素実液でのポンプ運転を実施し、世界初の仕様を達成
  - ▶ ポンプ設計の妥当性を確認
  - ▶ 試験設備の有用性（循環による大流量運転）を確認
  - ▶ 性能予測に対する有用な実測データを取得
- ・ 本結果は当社調べで超電導モータを搭載した産業機械として世界初  
→産業利用に大きな意義

##### 2024年度の成果

- ・ 実機の固有振動数が設計通り離調されていることを確認
- ・ 定格速度  $5,000 \text{ min}^{-1}$  における振動値も問題なく、  
加振力が想定したレベルであることを確認
  - ▶ 設計手法の妥当性を確認し、Step2ポンプへ反映
- ・ 部分流量（小流量）においても健全な運転ができることを確認

##### 達成した運転条件

|        |                                                                  |
|--------|------------------------------------------------------------------|
| 最大回転速度 | : $5,000 \text{ min}^{-1}$                                       |
| 最大流量   | : $30.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ( $24,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ) |
| 最高圧力   | : $1.6 \text{ MPa}$                                              |

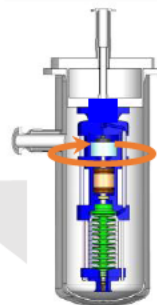


### 3. 研究開発成果について③

#### 中流量・高圧ポンプ開発 (Step2)



高圧化して  
少台数化



##### ○開発目的

高圧化による、台数の削減

##### ○目的達成方法

高速回転化による吐出圧増加

##### 【課題】

- ・ 流体加振力の増加 ⇐ Step1 で確立した設計手法により低減
- ・ 危険速度の離調 ⇐ Step1 で妥当性を確認した固有値計算手法を踏襲
- ・ 高速回転時の振動 ⇐ Step1 の実測データを参照し、精度高く振動予測

##### 【解決の道筋】

#### 研究開発の成果

- ・ 回転体を模擬して回転体の要素試験を行い、振動特性を確認
- ・ ポンプ設計完了。製作中
  - ▶ 2026年度：液体窒素、液化水素試験予定



### 3. 研究開発成果について⑥

#### 高効率モータ開発（京都大学）

##### 高速、高出力、高効率の超電導モータを新規に開発

クライオスタット

負荷モータ

減速機

超電導モータ  
※図はイメージ

【極低温環境で、目標性能を実証】

- ・ 開発した試験装置に実サイズモータ試作機を組み込み
- ・  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ （液化水素温度）の過酷な環境下を実現し、高速回転で運転を達成
- ・ モータ単体試験で Step1 の超電導モータより高効率、高出力密度を確認し、目標を達成した。

- ▶ 2026 年度にポンプに組み込み、液体窒素、液化水素で検証試験予定

## モータの要素技術開発（固定子導体の開発）

【課題】 極低温下かつ高速回転では  
金属抵抗  $\rho$  : 減少、周波数  $f$  : 増加  
→ ジュール損失  $P_J$  は減少する  
→ しかし、渦電流損失  $P_e$  が増加する

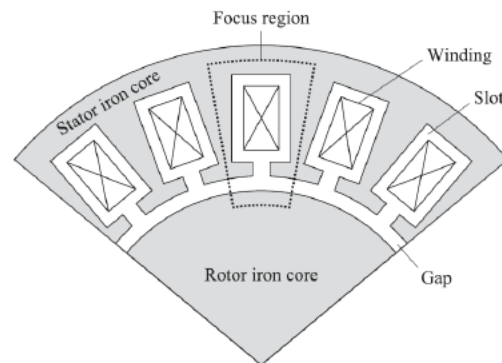


渦電流損失増加を抑制し損失の最小化が必須

【解決策】 単線 → 線径  $d$  の細い電線の多芯撚線を採用

ジュール損失  $P_J (\propto \rho)$

渦電流損失  $P_e (\propto B_m^2 f^2 d^2 / \rho)$



モータ効率の最大化

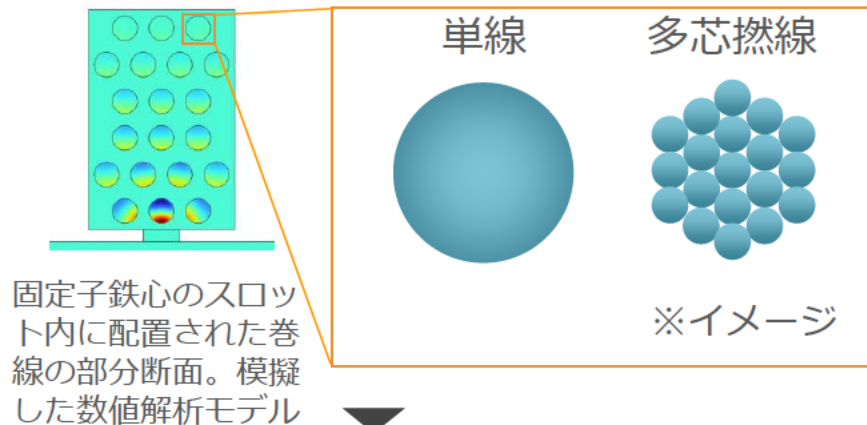
- 山口東京理科大学 : 損失評価、構造立案
- NIMS : 電線の導体設計、製作
- 京都大学 : モータ設計へ組み込み、性能評価

## モータの要素技術開発（固定子導体の開発）

### 渦電流損失を低減した電線構造設計、および長尺な極細線の製作完了

#### ○電線構造の設計と評価 （山口東京理科大学）

数値解析による各種電線の損失評価



高回転速度域において渦電流損失が低減される電線構造を決定

#### ○線種決定と長尺な極細線の製作（NIMS）

液化水素温度 20K 下における評価

- ・ 導体の比抵抗測定
- ・ 絶縁被覆膜のサーマルサイクル試験

+

長尺な極細線の製作方法の決定



液化水素温度下にて比抵抗が小さく堅牢な線材にて数 km の極細線を製作

### 3. 研究開発成果について⑦

#### 成果の意義：次のステップに向けて 大流量・高圧力・高効率ポンプの開発

成果) Step 2 ポンプ設計に向けて取得したデータをポンプ設計に反映 ▶ Step 2 ポンプの製作中  
成果) 超電導モータの設計、製作、運転を行ってデータを得た ▶ Step 3 に向けたモータ設計に反映  
**特許や論文，学会発表，広報等の取組**

特許出願 1 件取得（特許第7629567号）、学会発表・雑誌投稿 8 件（英語招待講演 4 件）

| 公開形態  | 雑誌名・学会名・イベント名                                                               | タイトル                                                                                                                | 所属        | 発表者    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|
| 講演    | 2024年度火力原子力発電大会                                                             | カーボンニュートラルに向けた次世代エネルギー用ポンプの開発                                                                                       | (株) 西島製作所 | 野間口 慧  |
| 講演    | H2 POWER WORLD OSAKA<br>水素エネルギーワールド 関西                                      | 高温超電導モータ搭載型液化水素昇圧ポンプ開発について                                                                                          | (株) 西島製作所 | 三浦 知仁  |
| 講演    | 第37回超伝導国際シンポジウム（ISS2024）                                                    | Development of Liquid Hydrogen Pump with High-temperature superconducting motor (invited)                           | (株) 西島製作所 | 三浦 知仁  |
| 研究発表  | 10th International Conference on Superconductivity and Magnetism(ICSM2025)  | Numerical and Theoretical Analyses of Losses in Armature Windings of HTS Motors for Liquid Hydrogen Pumps (invited) | 山口東京理科大学  | 柁川 一弘  |
| 研究発表  | 10th International Conference on Superconductivity and Magnetism(ICSM2025)  | Development of Liquid Hydrogen Submerged Pump with High-temperature Superconducting Motor (invited)                 | (株) 西島製作所 | 増田 直樹  |
| 研究発表  | 2025年度春季低温工学・超電導学会研究発表会                                                     | 鉄心スロット内に配置した多芯金属撚線における損失の定量的評価                                                                                      | 山口東京理科大学  | 柁川 一弘  |
| 研究発表  | Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, Vol.38, No.6 (2025) 229   | Numerical and Theoretical Analyses of Losses in Armature Windings of Motors for Liquid Hydrogen Pumps               | 山口東京理科大学他 | 柁川 一弘他 |
| 研究発表  | 11th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2026) | Research and Development of Liquid Hydrogen Pumps Driven by HTS Motors (invited)                                    | 山口東京理科大学  | 柁川 一弘  |
| プレス発表 | (株) 西島製作所の Webサイト                                                           | 液化水素サプライチェーン商用化実証の主要施設となる液化水素基地向け「大流量液化水素ポンプ」を受注                                                                    | (株) 西島製作所 | -      |

### 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み

- ・ 水素サプライチェーン適用に向けて本事業で確立された技術を製品化
- ・ 水素サプライチェーン向けポンプの仕様について情報収集し、大流量・高圧ポンプの設計に反映し、2026 年、および 2027 年に中流量・高圧ポンプおよび大流量・高圧ポンプの実サイズでの検証試験を実施して、技術を確立

「脱炭素社会の実現に向けたエネルギー課題への取り組み」として  
大流量・高圧・高効率な液化水素昇圧ポンプの開発 を成功させ、  
大規模水素サプライチェーンの構築に貢献し、  
社会に欠かせない企業をめざします。

---

ご清聴ありがとうございました