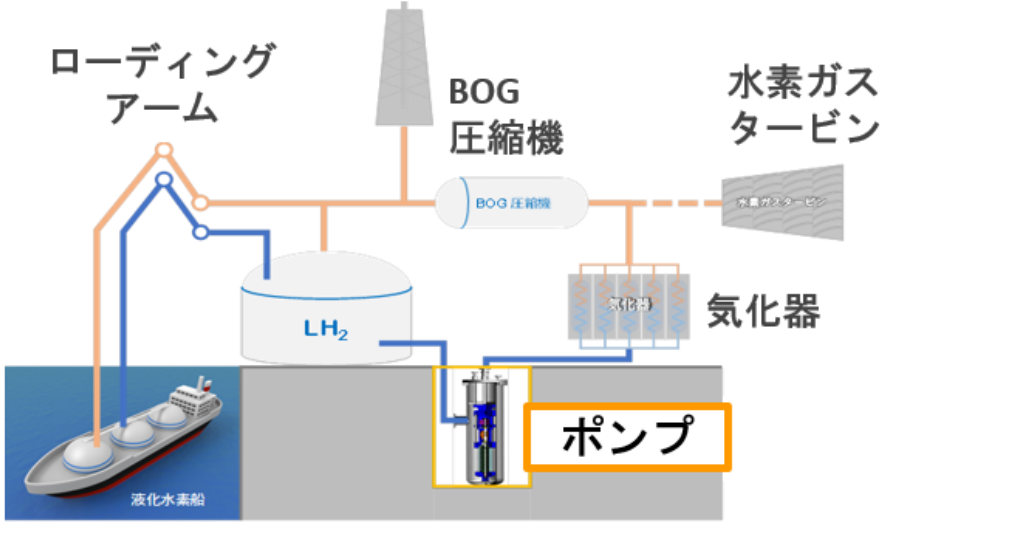
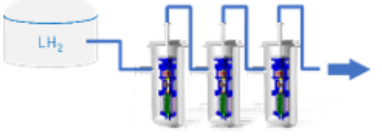
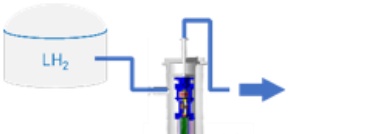


事業概要

最終目標

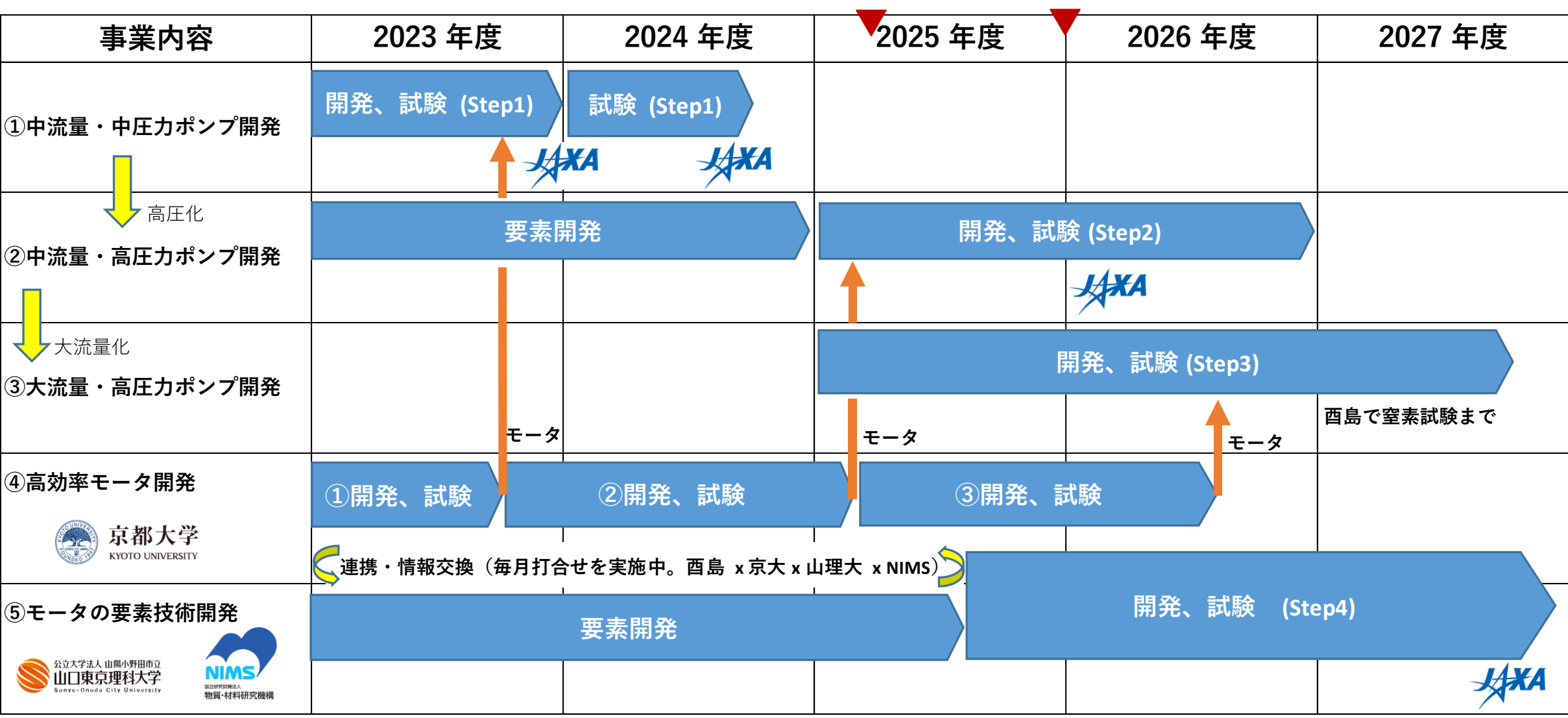
大規模水素サプライチェーン構築に貢献するため
大流量・高圧・高効率な液化水素昇圧ポンプを開発する

開発目標の設定と方針

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
大流量・高圧力・高効率なポンプの開発 水素発電向け液化水素昇圧ポンプ  経済性、品質、市販性の付加価値を高めた超電導モータの開発と実機適用性検証	Step 1	 中流量・中圧力	1 (基準)	1 (基準)	商用化実証 ～2030 年
	Step 2	 中流量・高圧力	1	3	商用化 2031 年～
	Step 3	 大流量・高圧力	8	3	商用化 複数チェーン ～2050 年
	Step 4	Step 1 ポンプに搭載して試験する	1	1	-

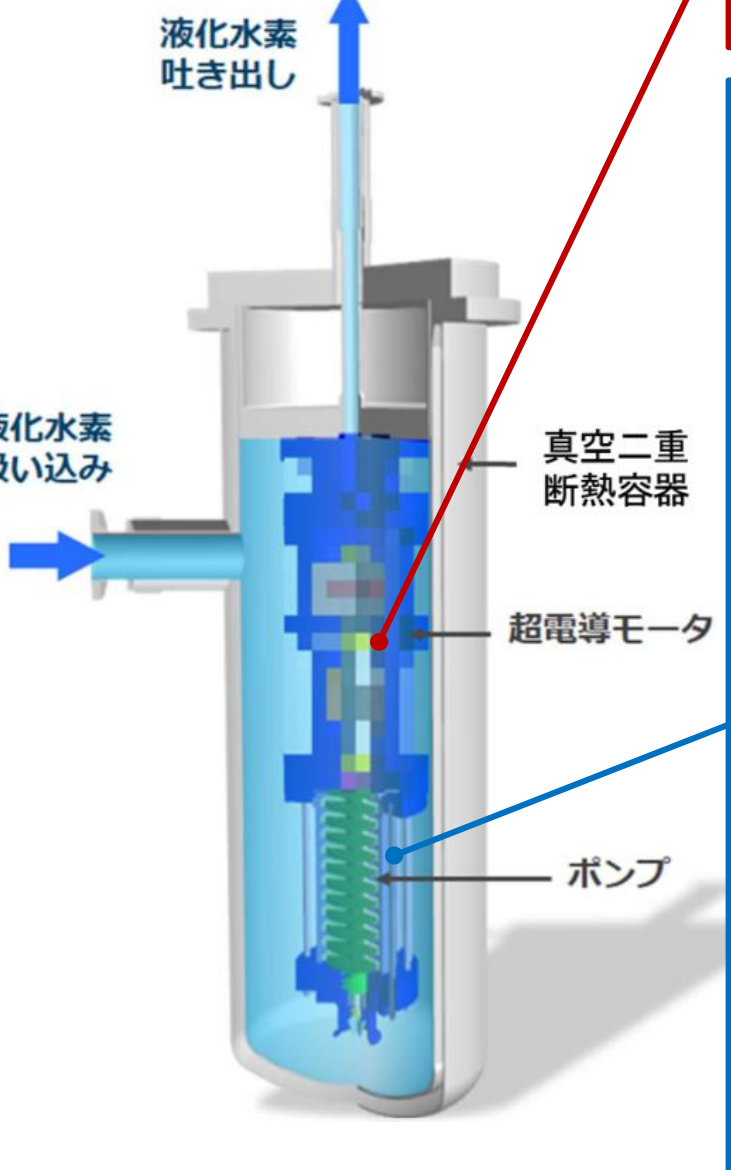
開発スケジュールと体制

JAXA能代実験場	Step 1, 2, 4 の試験（Step 3は液化窒素のみ）
京都大学	各 Step に対する超電導モータの開発、支給
山口東京理科大学	低損失な巻線構造の開発
NIMS	超電導線材、低損失巻線材の開発



研究開発内容

開発要素と実施内容



【モータ】

- モータ発熱を最小化
→超電導モータによる高効率化

【ポンプ】

- 気密性確保、外部漏洩
→サブマージドモータポンプ構造
- 高圧、大容量
→遠心多段ポンプを採用
- 外部入熱を抑制
→真空二重断熱容器を採用
- 水力設計
→流体加振力が小さく、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。高速回転にて低振動で安定して運転可能。

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

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

高温超電導かご形巻線

固定子コア
固定子巻線
回転子コア

高温超電導誘導同期モータの概略図

研究開発の成果

Step1 の成果（中流量、中圧力ポンプ）

- JAXA 能代ロケット実験場にて、2023年11月液化水素実液でのポンプ運転を成功、世界初の仕様を達成

達成した運転条件

最大回転速度	: 5,000 min-1
最大流量	: 30.5 m3/h (24,000 Nm3/h)
最高圧力	: 1.6 MPa

- 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であり、産業利用に大きな意義がある
- 2024 年の 11 月、12 月にポンプ運転を再度実施
- 実機の固有振動数が設計通りであることを確認
- 5,000 min⁻¹ での加振力が想定レベルであることを確認
→回転体 固有振動数の設計手法が妥当と確認でき、Step2ポンプへ反映
- 部分流量におけるポンプの健全性を確認

現在の進捗・成果と今後の予定

Step2 の進捗（中流量・高圧ポンプ）

○開発目的

ポンプの高圧化による、ポンプ台数の削減

○目的達成方法

ポンプ高速回転化による吐出圧増加

【課題】

- 高速化、高圧化による流体加振力増加
- 危険速度の離調
- 高速回転での回転体振動

【解決の道筋】

- Step1 で流体加振力低減の設計手法確立
- Step1 で固有値計算の妥当性確認
- Step1 の実測振動データより、振動予測

Step2 超電導モータのさらなる高効率化

【課題】 極低温下では、金属抵抗 ρ が減少
⇒ジュール損失減少
⇒ただし、渦電流損失 P_e が増加

↓

渦電流損失増加を抑制することで損失を最小化させる

【解決策】 線径 d の細い線材を採用

ジュール損失 $P_j (\propto \rho)$

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

多芯燃線

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

研究開発の成果 Step2 ポンプ

- 想定回転速度で要素試験を行い、振動特性を把握
- 詳細設計、ポンプ製作中

2026年度
LN2試験予定, LH2試験予定

研究開発の成果 Step2 ポンプ用 超電導モータ

- 液化窒素温度条件にて、目標効率達成、想定出力密度確認
- 本試験装置にて、20K 環境を維持し運転可能なことを確認
- 20K 環境にてモータ単体試験実施中

ポンプに組み込み試験予定（LN2, LH2）

成果と今後の予定

- 大流量・高圧力・高効率ポンプの開発
- 成果）Step 1 ポンプの開発完了、Step 2 ポンプ設計に向けたデータ取得完了
設計中の Step 2 に向けたポンプ設計に反映する
 - 成果）超電導モータの設計と製作を行い、ポンプに搭載しての運転のノウハウを得た
設計中の Step 3 に向けたモータ設計に反映する

- 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 6 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	㈱西島製作所	野間口 慧
講演	H2 POWER WORLD OSAKA 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	㈱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)	㈱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)	㈱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燃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

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する
- 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、中流量・高圧ポンプ、および大流量・高圧ポンプの設計に反映し、2026 年、および 2027 年に実サイズでの検証試験を実施して、技術を確立する

「脱炭素社会の実現に向けたエネルギー課題への取組み」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。