

# NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.B1-14

グリーンイノベーション基金事業／大規模水素サプライチェーンの構築  
／革新的な液化、水素化、脱水素技術の開発  
／水素液化機向け大型高効率機器の開発

発表者名	鈴木、仮屋
団体名	川崎重工業株式会社
発表日	2025.7.15

連絡先：  
川崎重工業株式会社  
suzuki\_sachihiro@global.kawasaki.com

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : (西暦) 2021年10月

終了 (予定) : (西暦) 2031年3月

## 2. 最終目標

水素液化機に関する2050年度水素供給コスト20円/Nm<sup>3</sup>を実現可能なレベルの技術確立

## 3. 成果・進捗概要

- 圧縮機については、高圧力比かつ高効率を達成するために必要な要素技術を適用した小型試験機の設計・製作が完了し、性能試験によりKPIを達成していることを確認した。また、水素を用いた実証試験設備の詳細設計を実施し、建設に着手した。
- 動力回収型膨張タービン、Wetタービン、磁気冷凍機については、重要要素技術の確立に必要な各種要素試験を実施、いずれもKPIを達成。技術的な成立性を確認した。

# 1. 事業の位置付け・必要性

## 背景、目的

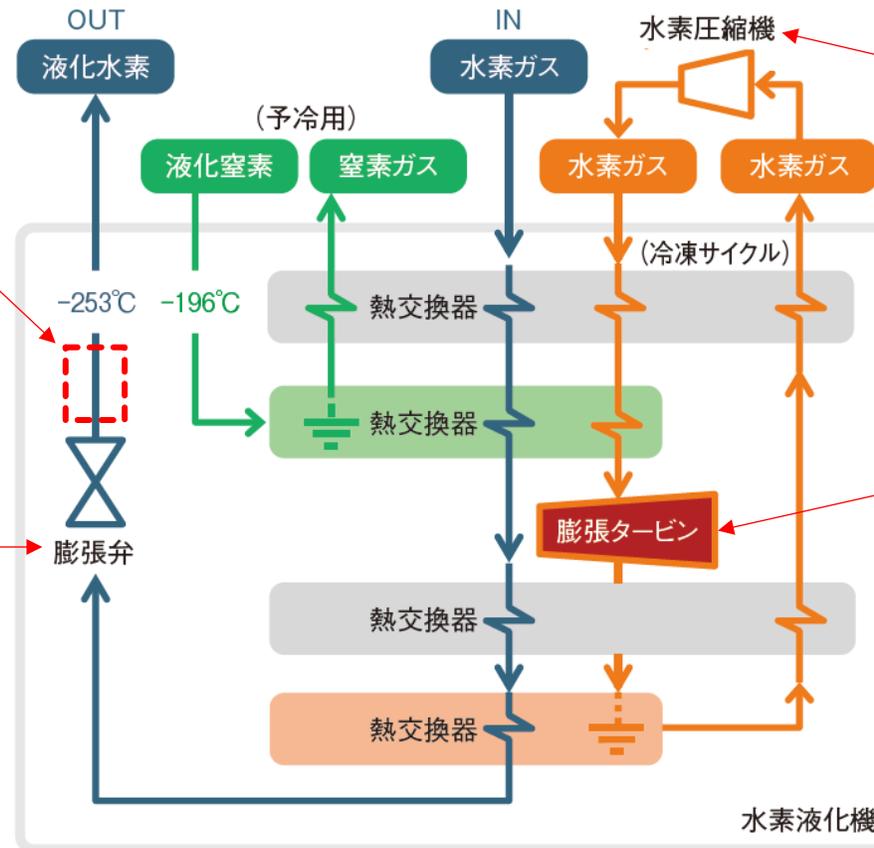
- 国際水素サプライチェーンの導入普及に伴い、水素液化機の機器市場が急速に拡大すると予想。
- 水素の普及には水素液化機器の性能向上による供給コストの削減が求められ、当社では、水素液化機向けに①大型高効率圧縮機、②動力回収型膨張タービン、③Wetタービン、④磁気冷凍機の開発を行い、市場の要請に応えていく。

### ④磁気冷凍機の開発

液化行程に対して、エネルギー損失の少ない磁気冷凍機を開発する。

### ③Wetタービンの開発

膨張弁に代替できるエネルギー損失の少ないWetタービンを開発する。



### ①大型高効率水素圧縮機の開発

大型高効率の水素圧縮機を開発する。

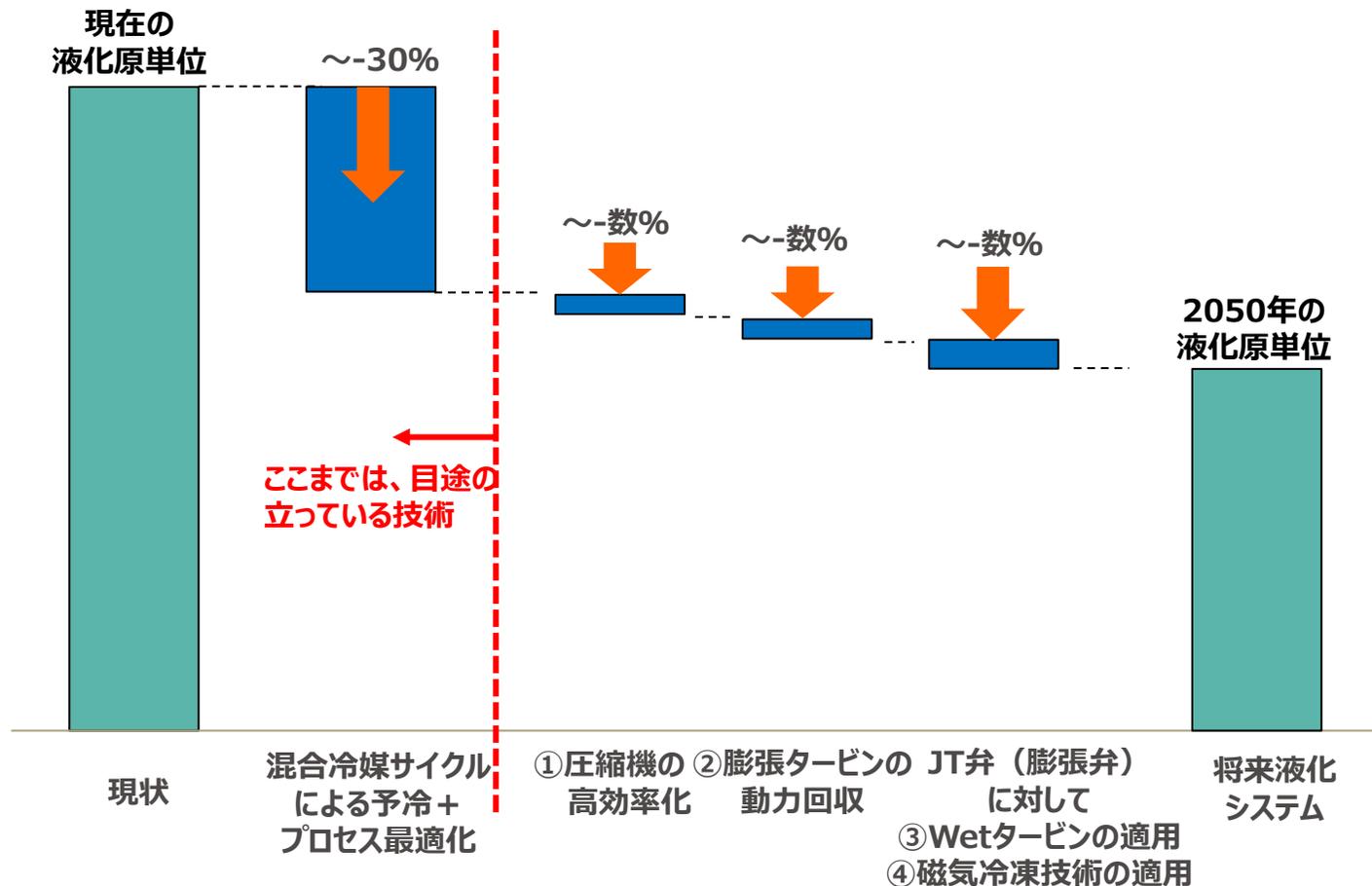
### ②動力回収型膨張タービンの開発

動力回収可能な膨張タービンを開発する。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 研究開発の目標設定

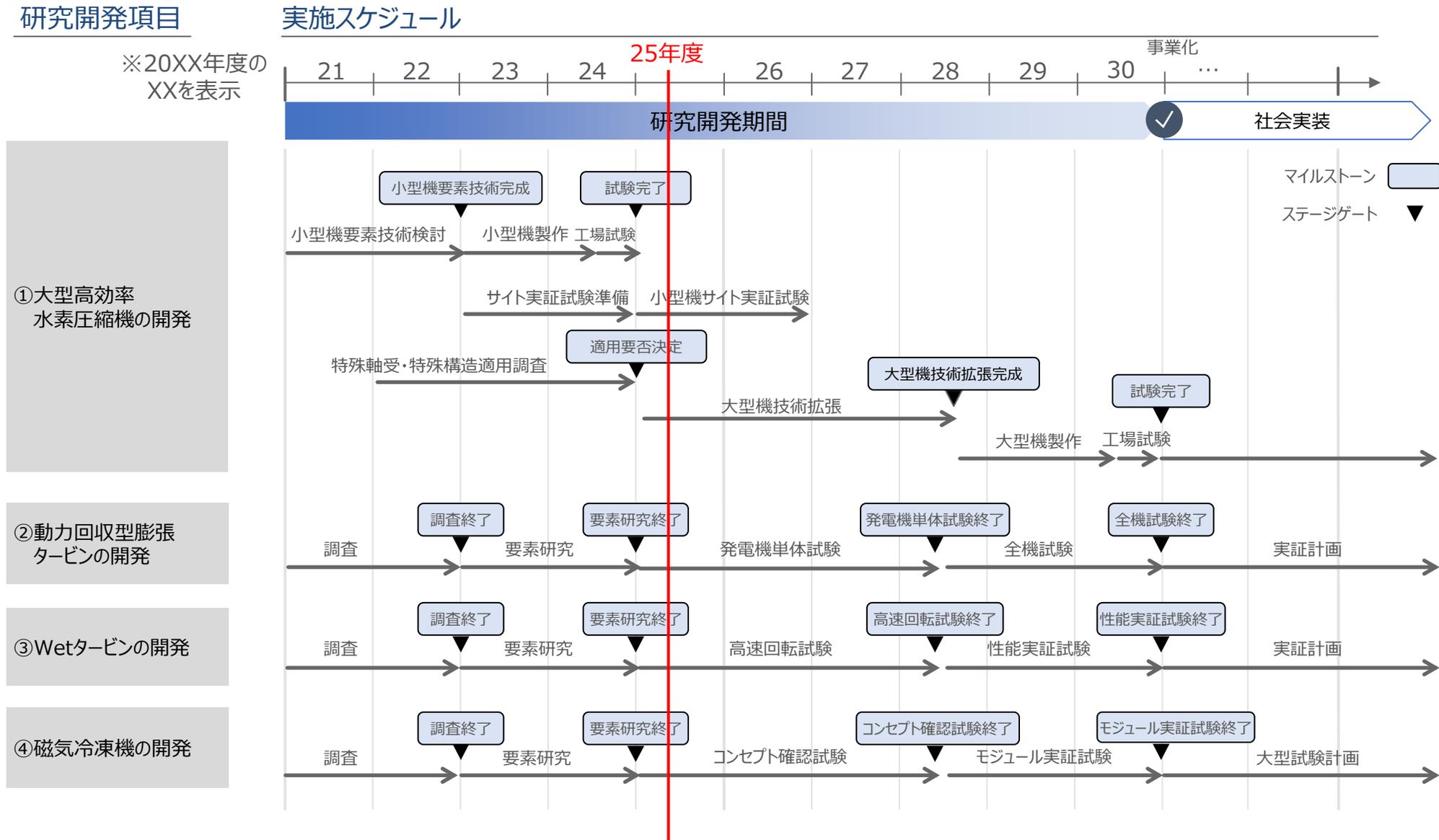
- ① 圧縮機 : 容積式圧縮機に対し数%の動力削減の見通しを得る。
- ② 動力回収型膨張タービン : 膨張タービンから動力を回収することにより、液化効率を数%向上させる。
- ③ Wetタービン : 従来の膨張弁（JT弁）をWetタービンに代替することで、液化効率を数%向上させる。
- ④ 磁気冷凍機 : 液化工程に対し、エネルギー損失の少ない磁気冷凍機を適用することで、液化効率を数%向上させる見通しを得る。



各機器が目指す、水素液化機の効率改善レベル

# 2. 研究開発マネジメントについて

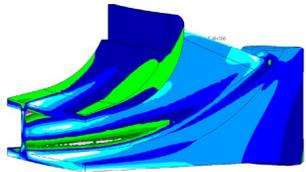
## 研究開発のスケジュール



### 3. 研究開発成果について

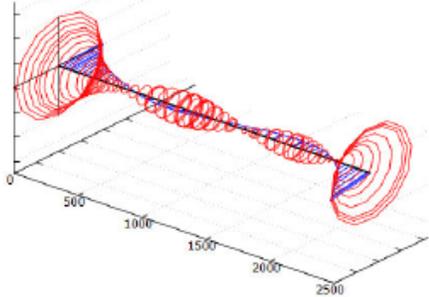
- 研究開発の成果と意義（①圧縮機）  
目標性能を達成する上でボトルネックとなる要素技術（高速化、高効率）の検討および試験を行い、それらの結果を基に小型試験機を設計・製作した。

#### インペラ強度



FEM解析（イメージ）

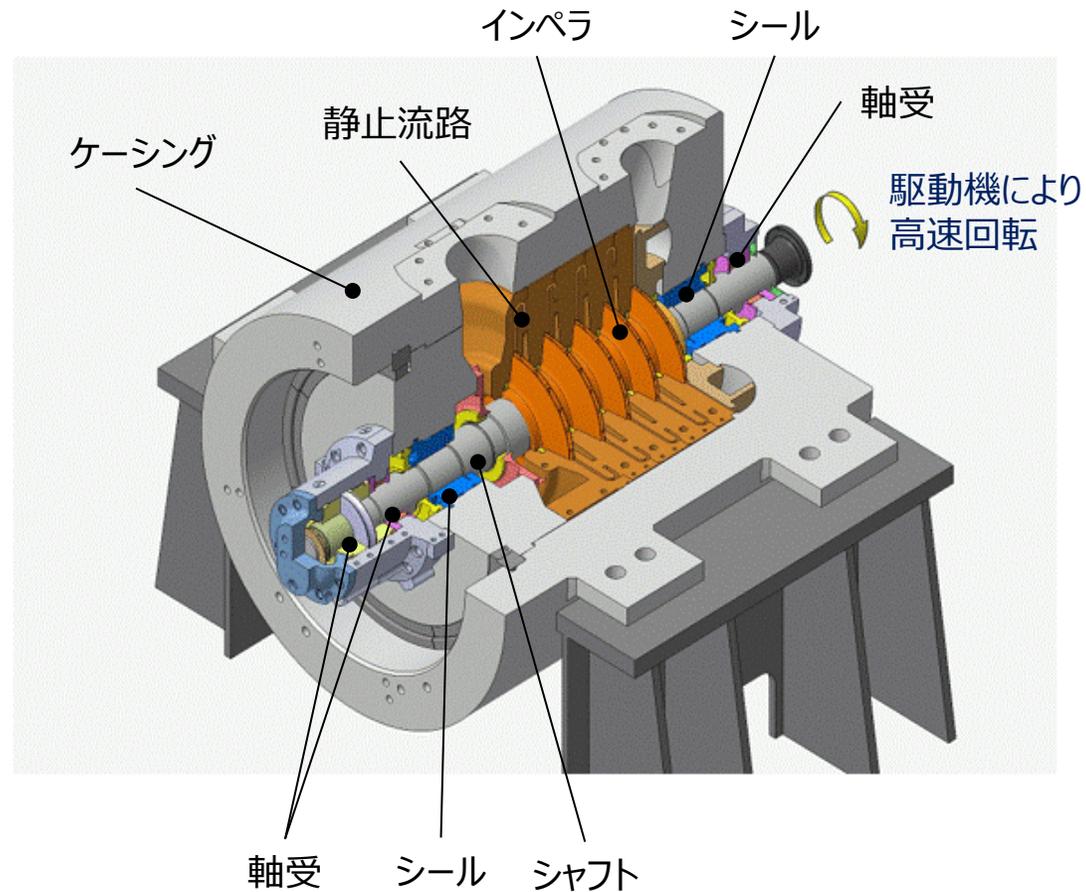
#### ロータダイナミクス



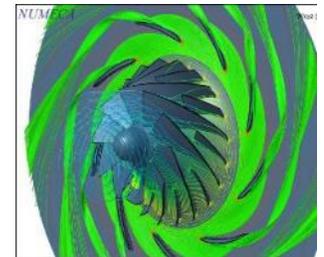
軸振動解析（イメージ）

#### 材料

水素環境下での使用に耐えうる  
材料の調査・試験



#### 空力性能



CFD解析（イメージ）



単段試験

#### 冷却

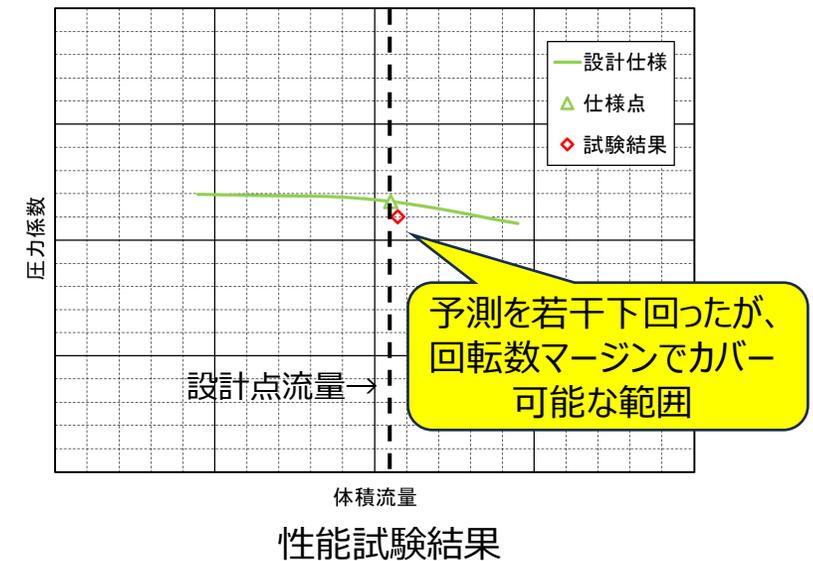
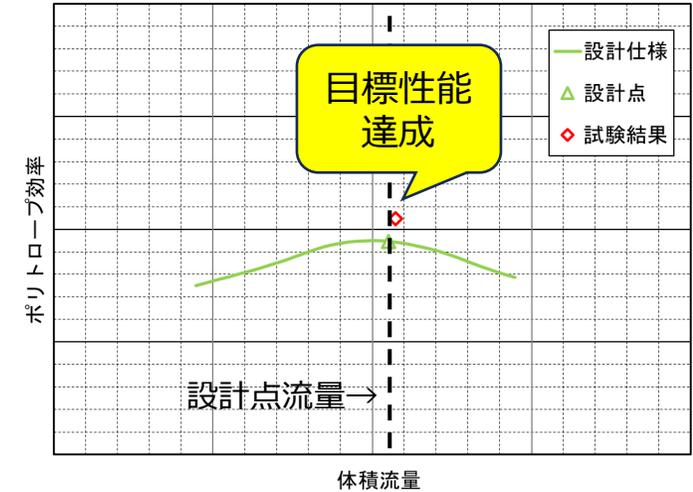
冷却方式、構造の検討

### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義（①圧縮機）  
代替ガスを用いた性能試験の結果、効率は目標性能を満足していることを確認した。  
（圧力係数については予想を若干下回るものの、回転数マー  
ジンの範囲で目標達成できることを確認している。）



小型試験機外観

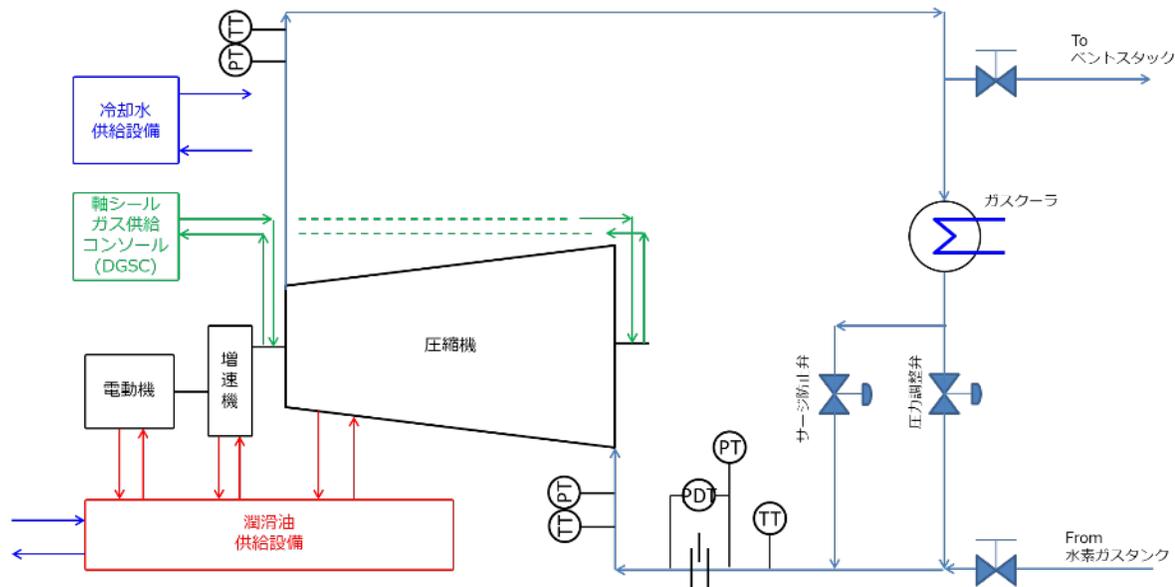


### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義（①圧縮機）  
水素ガス環境下での性能、機械的信頼性を評価するため、当社播磨工場に設置する実証試験設備の詳細設計を2024年度に実施し、現在建設中。2025年11月頃より試験開始予定。
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み  
特許出願：10件、プレスリリース：1件  
( [https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20250326\\_1.html](https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20250326_1.html) )



実証試験設備全体図（完成イメージ）



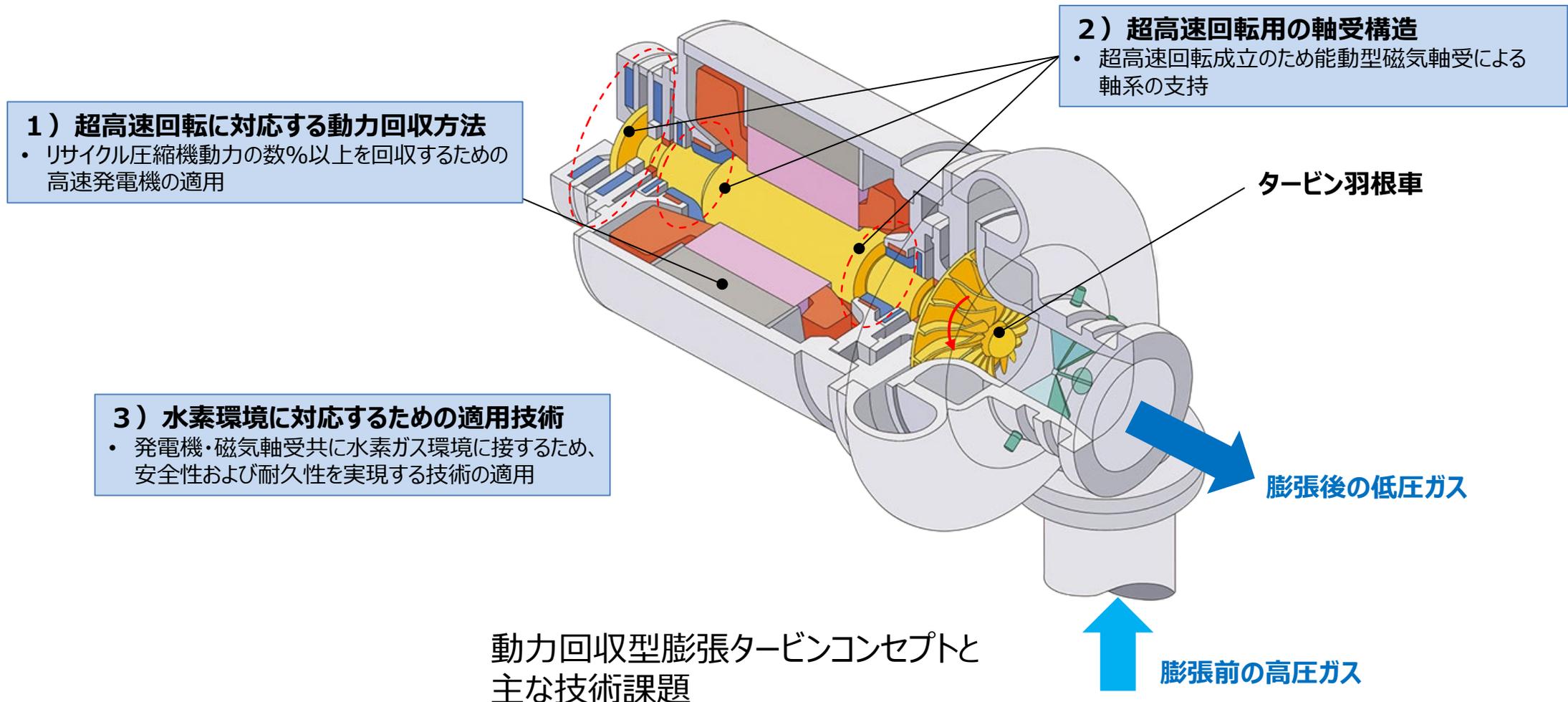
実証試験設備プロセスフロー



工事中写真

### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義（②動力回収型膨張タービン）  
膨張タービンの機器構造コンセプトを複数検討した上で、最適と考えられる構成（高速発電機＋磁気軸受）を選定した。



# 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義 (②動力回収型膨張タービン)  
機器コンセプト上特に重要な複数の要素技術について試験・検討を実施、いずれも成立性を確認
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み  
特許出願：1件 (準備中)

## 磁石、その他材料の水素適合性確認 (水素曝露評価)

水素透過防止被膜を施工した発電機用磁石や、その他の構成材料に対し、水素曝露試験にて破損及び磁気特性の著しい劣化が無いことを確認



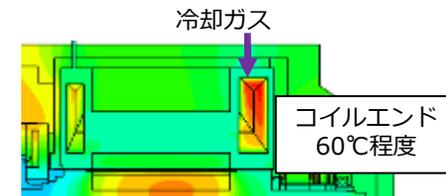
## 発電機ロータの遠心強度評価

ロータの発電機部について試作を行い、スピンテストにより目標回転数まで遠心強度に問題が無いことを確認



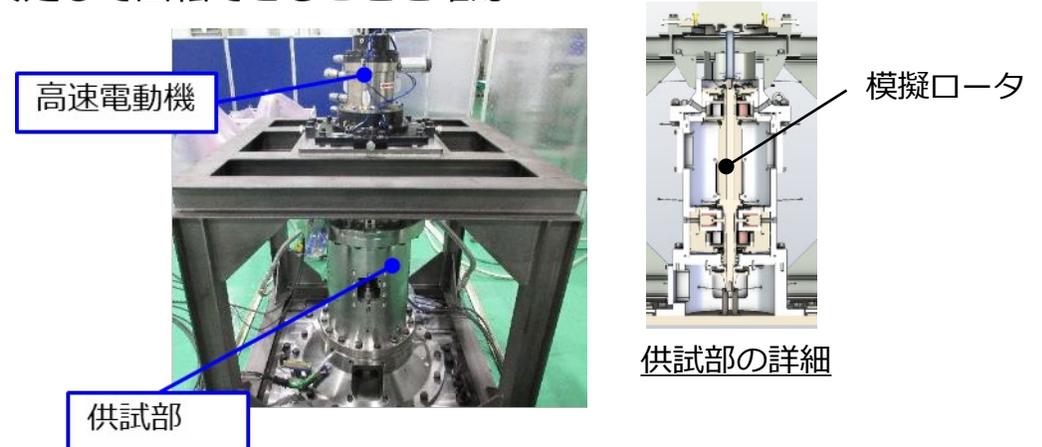
## プロセスガス冷却技術の開発

発電機の基本構造検討を実施し、その構造にてプロセスガス冷却の成立性を確認、かつ液化効率に与える影響を推定



## 高速磁気軸受の制御技術の構築

実機の1/1スケールの模擬ロータに対し、磁気軸受のオーバークリティカル制御により、目標回転数 (大気中) で安定して回転できることを確認



## 高周波電力変換装置の開発

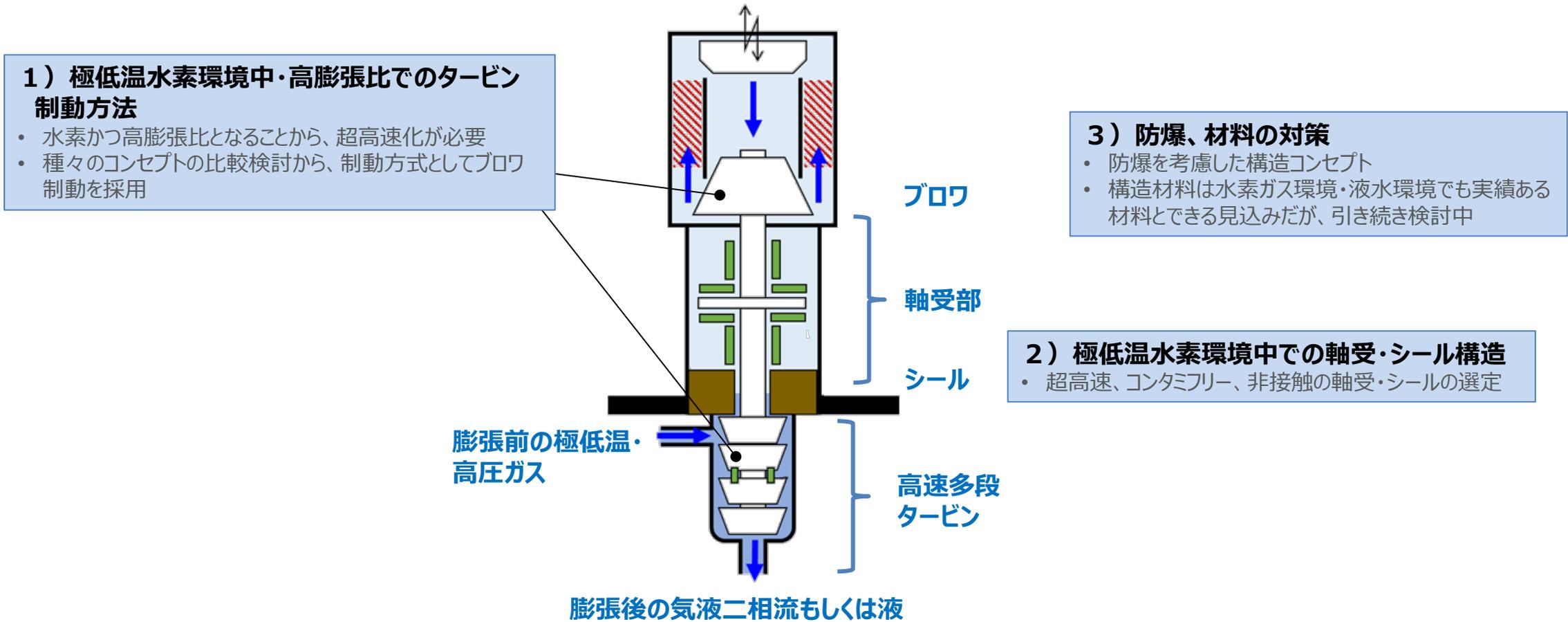
高周波電力変換装置 (SiCインバータ) を試作し、目標周波数・出力が可能であることを確認



### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義 (③Wetタービン)

将来の大型水素液化機を想定したWetタービンの要求諸元より、機器コンセプトや制動方式を検討した結果、高速多段タービン及びブロウ制動方式を選定。



# 3. 研究開発成果について

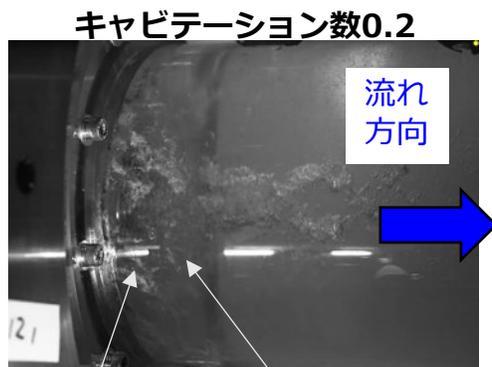
- 研究開発の成果と意義 (③Wetタービン)

機器コンセプト上特に重要な複数の要素技術について試験・検討を実施、いずれも成立性を確認。

- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み  
特許出願：3件  
対外発表：1件 (2025年10月発表予定)

## タービン設計評価技術の構築

相似条件 (キャビテーション数) での水タービン性能試験を実施、設計流量において目標タービン効率を達成



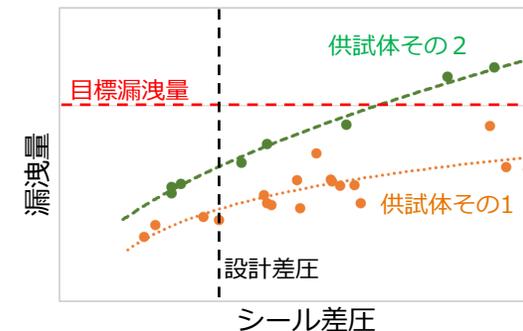
タービン試験装置 (供試体部)

## 液水シール開発

液化水素を用いたシール試験にて目標漏洩量を達成



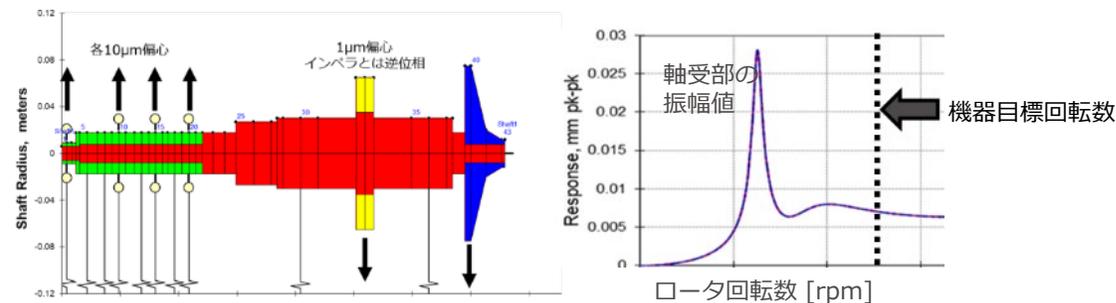
液水シール試験機外観



シール差圧と漏洩量の関係

## 液化水素軸受 及び 高速ロータ系の開発

目標回転数を実現可能な液水軸受および軸系の設計を完了

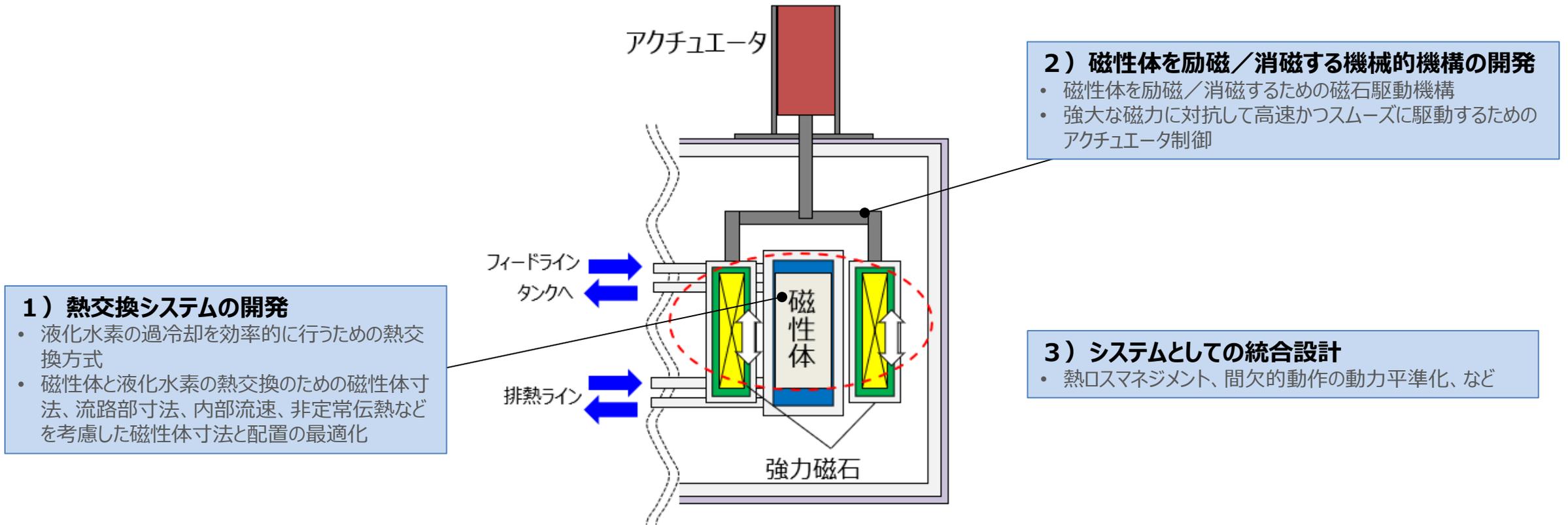


高速回転ロータの振動解析

### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義 (④磁気冷凍機)

磁気冷凍機の機器配置検討から現実的な機器サイズを考慮し、冷凍機を複数のモジュール構成にすることが合理的であると判断。モジュールおよび周辺機器の必要諸元を概算し、目標冷凍能力に到達する見通しを得た。



磁気冷凍機コンセプト（モジュール）と主な技術課題

### 3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義（④磁気冷凍機）  
機器コンセプト上重要な要素技術（熱交換・流体システム、励磁/消磁機構）について、要素試験を実施し、いずれも成立性を確認。

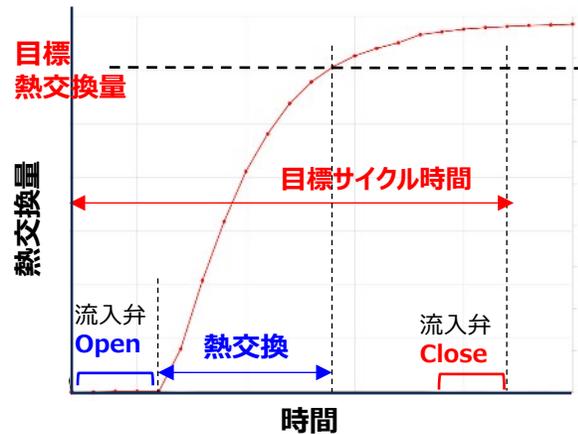
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み  
特許出願：4件

#### 熱交換・流体システム

液化水素と磁性体の非定常熱交換を模擬した相似試験により、目標時間内で目標量の熱交換を達成



熱交換要素試験装置



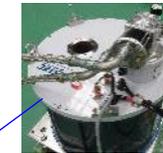
非定常熱交換試験結果

#### 磁石の駆動機構（励磁/消磁機構）

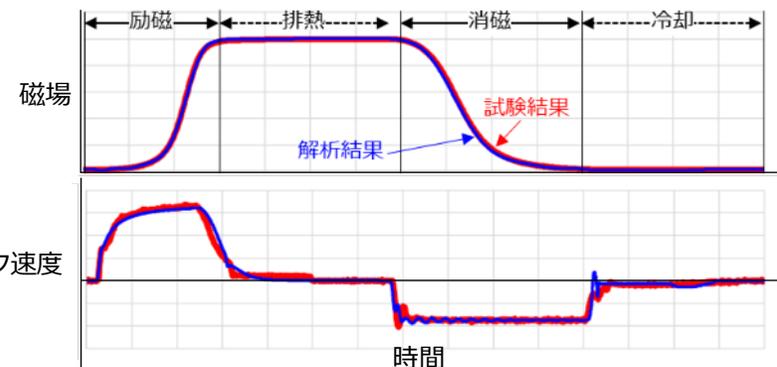
実機1/1サイズの駆動機構と油圧系統を備えた試験装置により、励磁状態の超電導磁石を磁性体無し条件で駆動し、クエンチ（=常電導化）することなく、目標駆動速度を達成



超電導磁石



超電導磁石の駆動試験装置



超電導磁石駆動の解析と試験結果の比較

## 4. 今後の見通しについて

### ① 圧縮機

当社播磨工場に実証試験設備を建設し、小型試験機を当設備に据え付けて水素環境下での性能及び機械的信頼性を確認する実証試験を2025年11月頃より実施予定。また、大型機への拡張開発にも着手し、コンセプト検討や課題の洗い出しを行う。並行して製品化調査を進め、社会実装を早期に実現する。

### ② 動力回収型膨張タービン、③ Wetタービン、④ 磁気冷凍機

いずれも1/1スケールの単体試験機を製作し、試験を2027～28年度にかけて実施。②では発電機単体試験、③では高速回転試験、④では磁気冷凍機のコンセプト確認試験をいずれも水素環境中で行い、その結果を最終ステージでの全機試験に反映する。今年度はそれら試験設備の計画・設計、一部発注を行っていく。これらの機器の事業化は2035（②③）～2038（④）年度頃を想定。