

NEDO水素・燃料電池成果報告会2024

発表No.B1-3

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	2024.7.18

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/Nm³を実現可能なレベルの技術確立

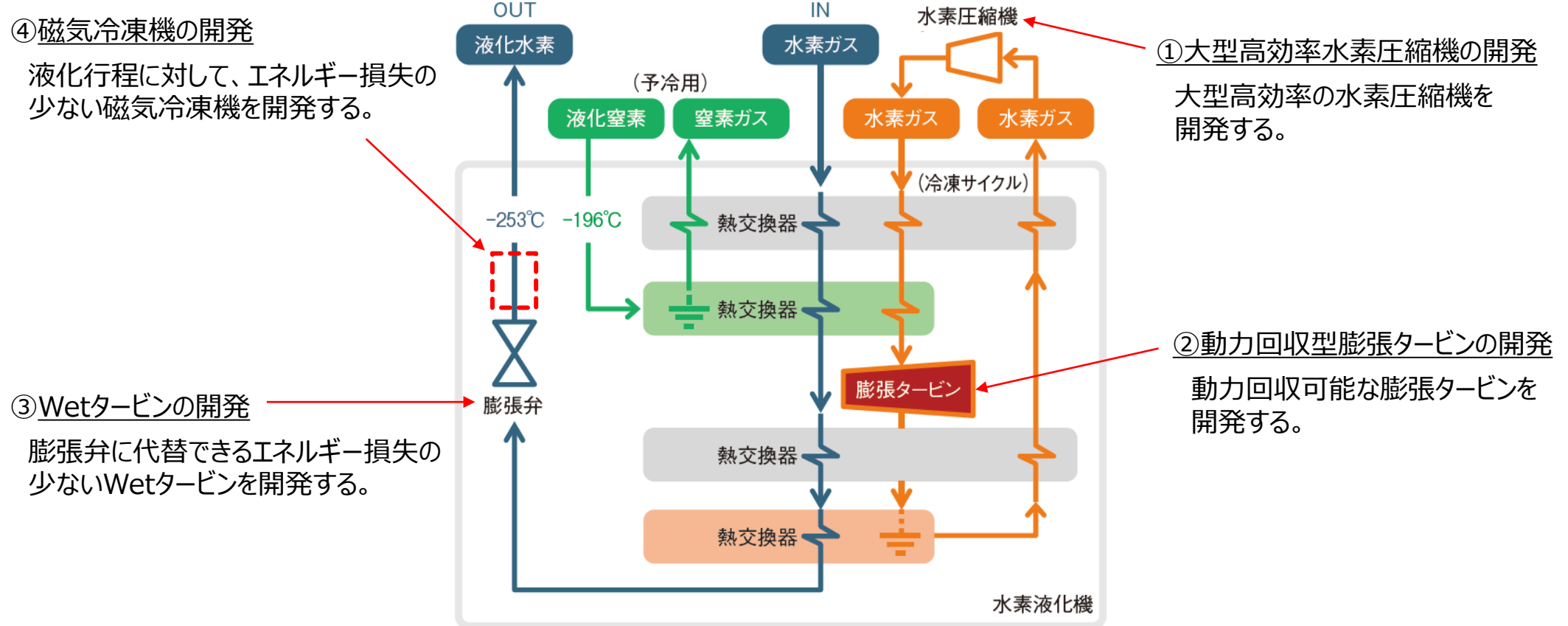
3. 成果・進捗概要

- 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開発が完了し、この技術を用いた小型試験機を製作中。また、水素を用いた実証試験計画に着手し、基本設計が完了した。
- 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、機器コンセプト選定と開発課題の整理が完了し、重要要素技術の確立に必要な要素試験を準備中、順次試験を開始していく見込み。

1. 事業の位置付け・必要性

背景、目的

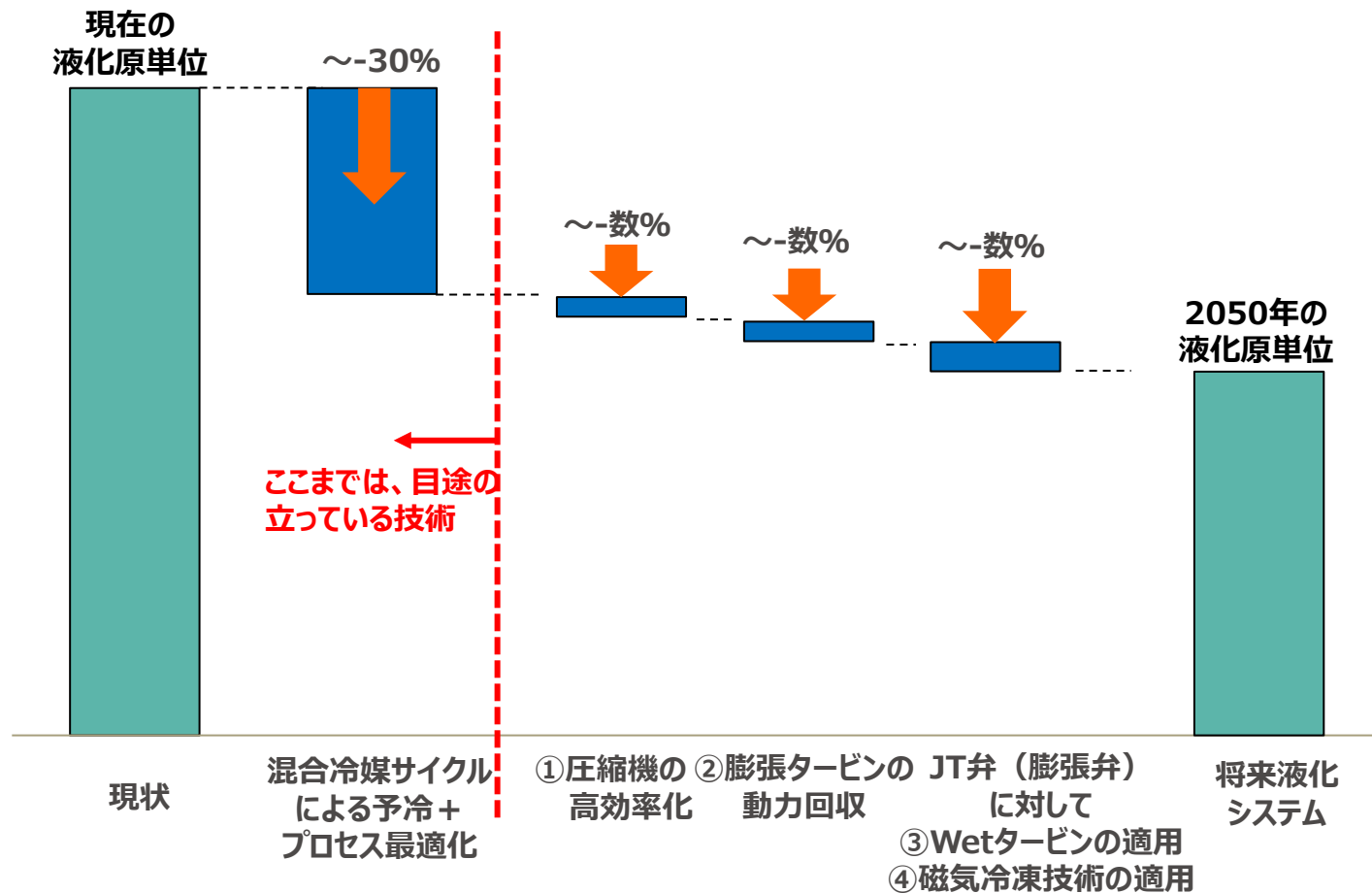
- 国際水素サプライチェーンの導入普及に伴い、水素液化機の機器市場が急速に拡大すると予想。
- 水素の普及には水素液化機器の性能向上による供給コストの削減が求められ、当社では、水素液化機向けに①大型高効率圧縮機、②動力回収型膨張タービン、③Wetタービン、④磁気冷凍機の開発を行い、市場の要請に応えていく。



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。



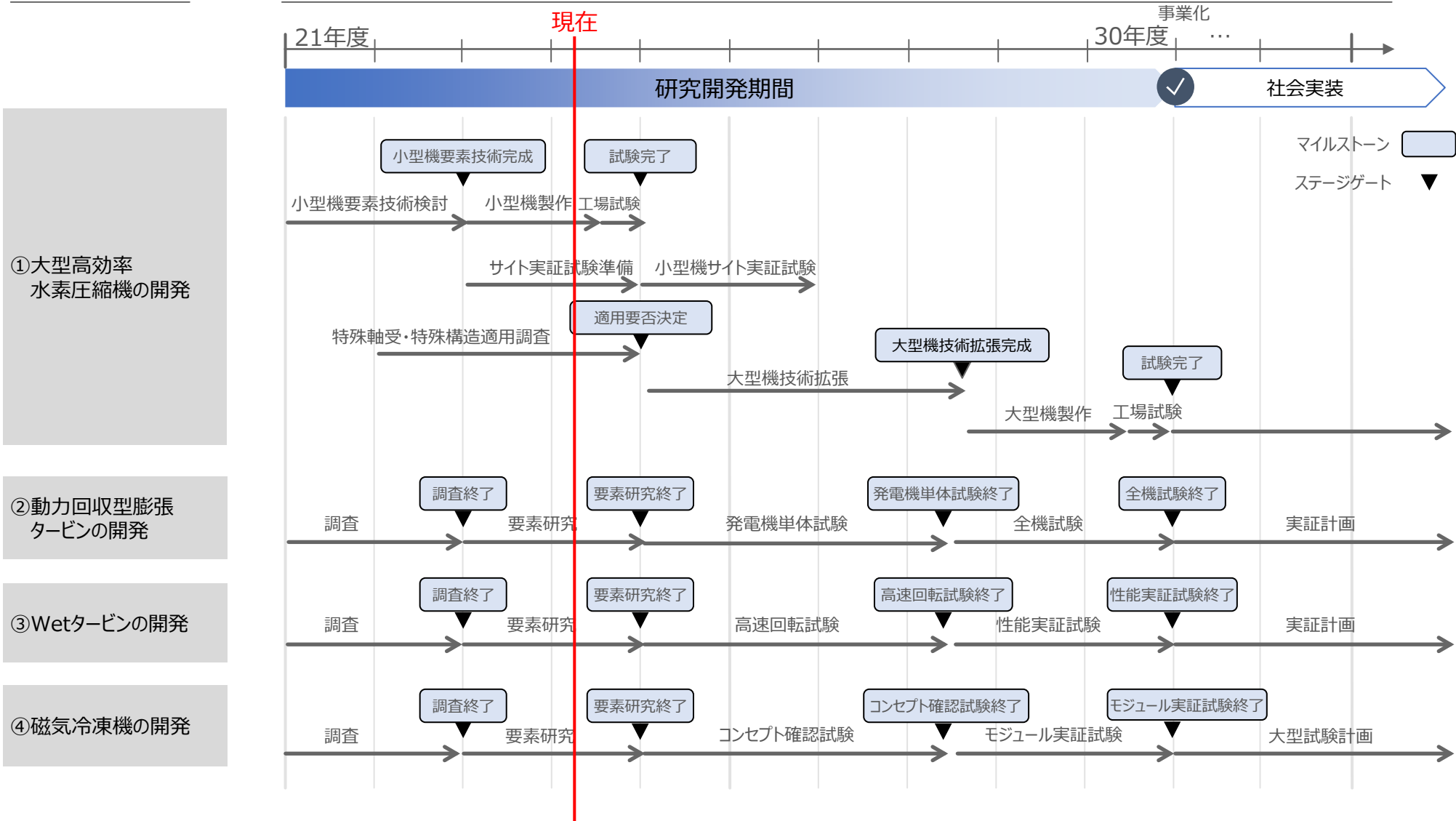
各機器が目指す、水素液化機の効率改善レベル

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

研究開発項目

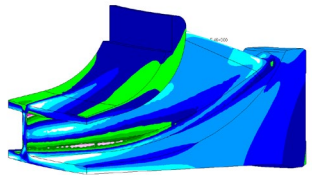
実施スケジュール



3. 研究開発成果について

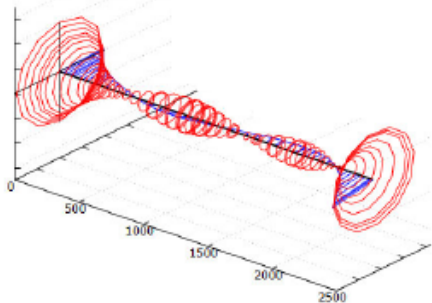
- 研究開発の成果と意義（①圧縮機）
目標性能を達成する上でボトルネックとなる要素技術（高速化、高効率）の検討および試験を行い、KPI達成が見込まれるデータを取得した。これを基に小型試験機の設計・製作に取り組んでいる。

インペラ強度



FEM解析（イメージ）

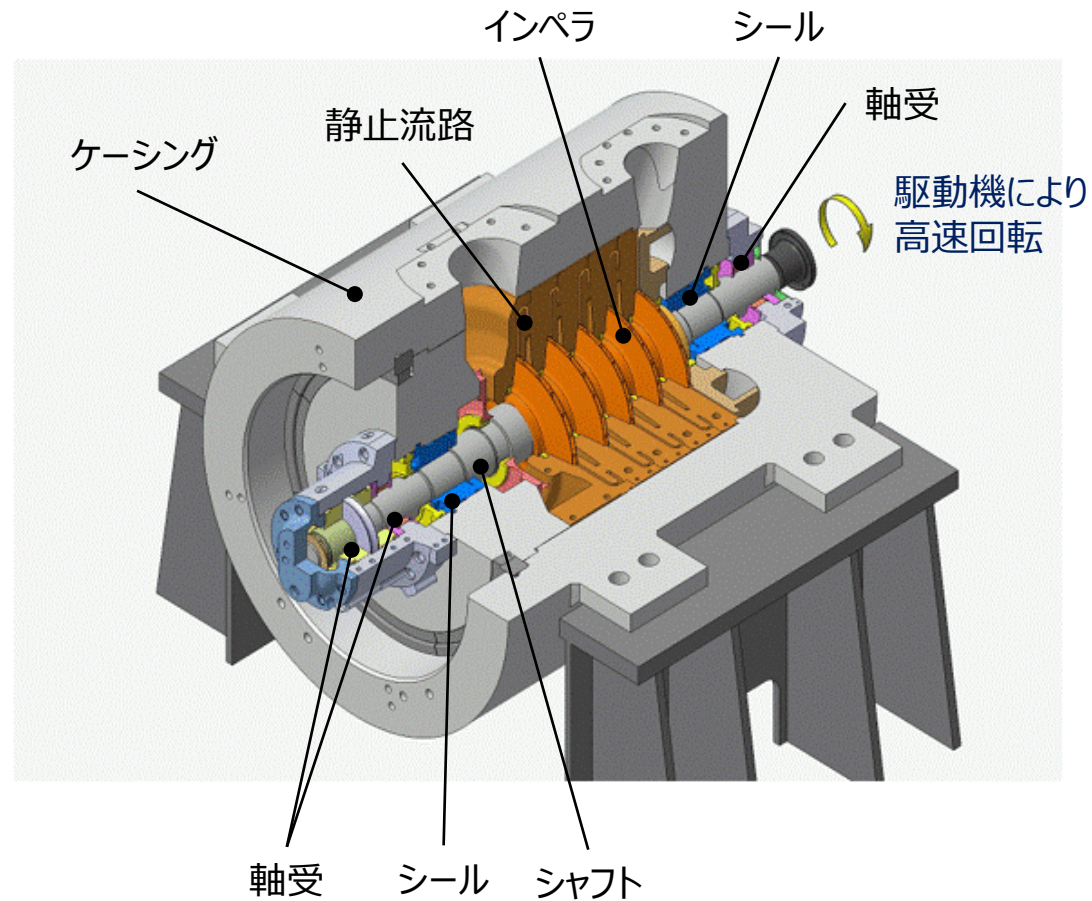
ロータダイナミクス



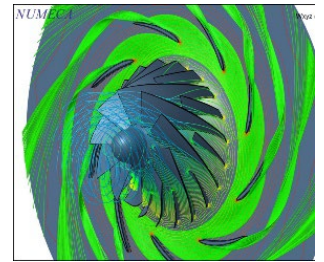
軸振動解析（イメージ）

材料

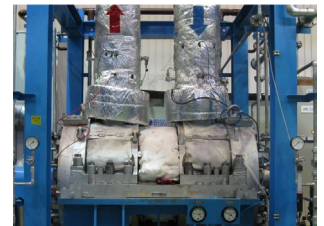
水素環境下での使用に耐えうる
材料の調査・試験



空力性能



CFD解析（イメージ）



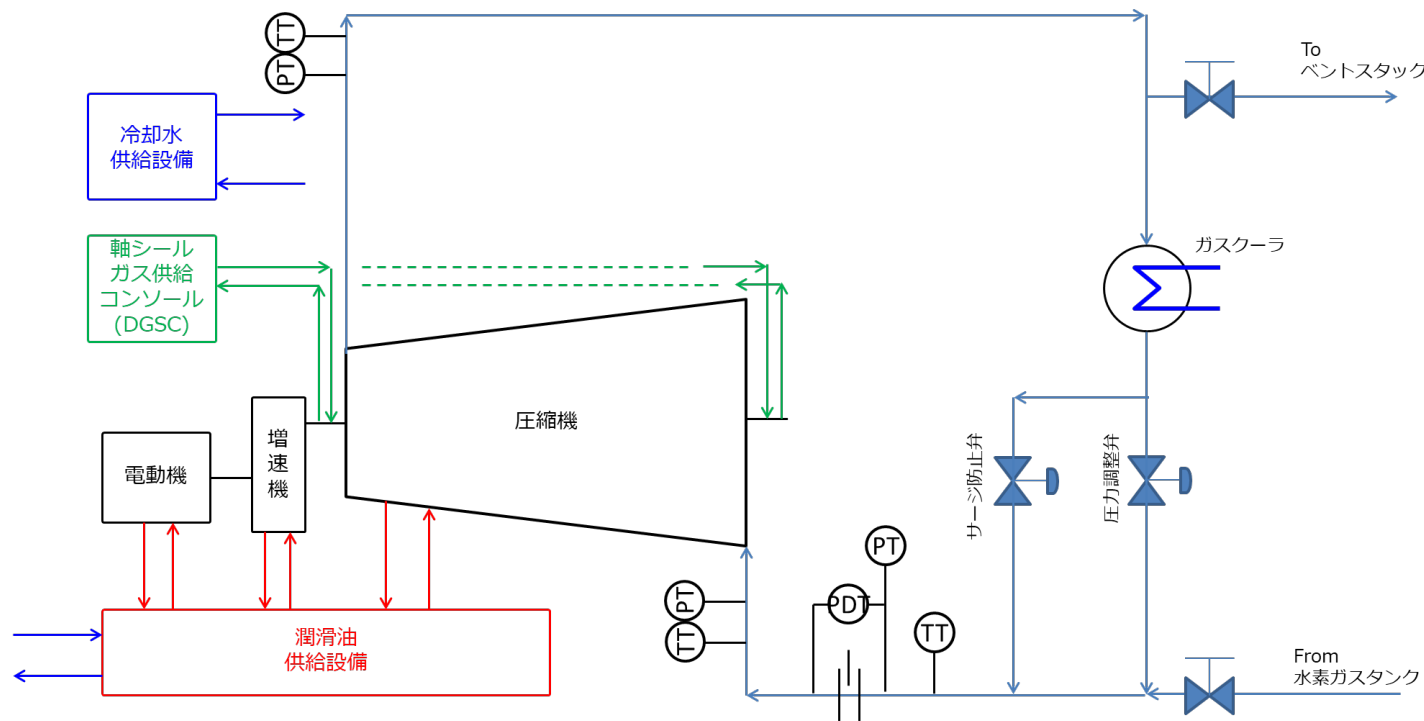
単段試験

冷却

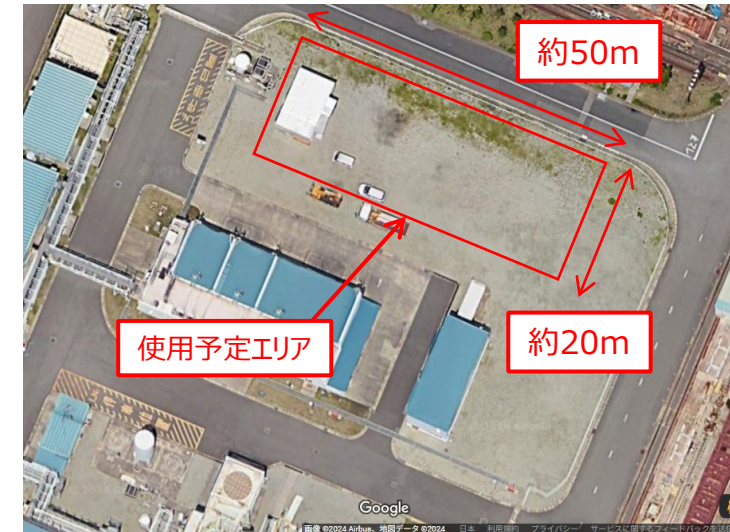
冷却方式、構造の検討

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）
水素ガス環境下での性能、機械的信頼性を評価するための
実証試験設備検討に着手し、安全アセスメント
（HAZID/HAZOP）を経て、基本設計が完了した。
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み
特許出願：10件、業界誌出稿：1件



実証試験設備プロセスフロー



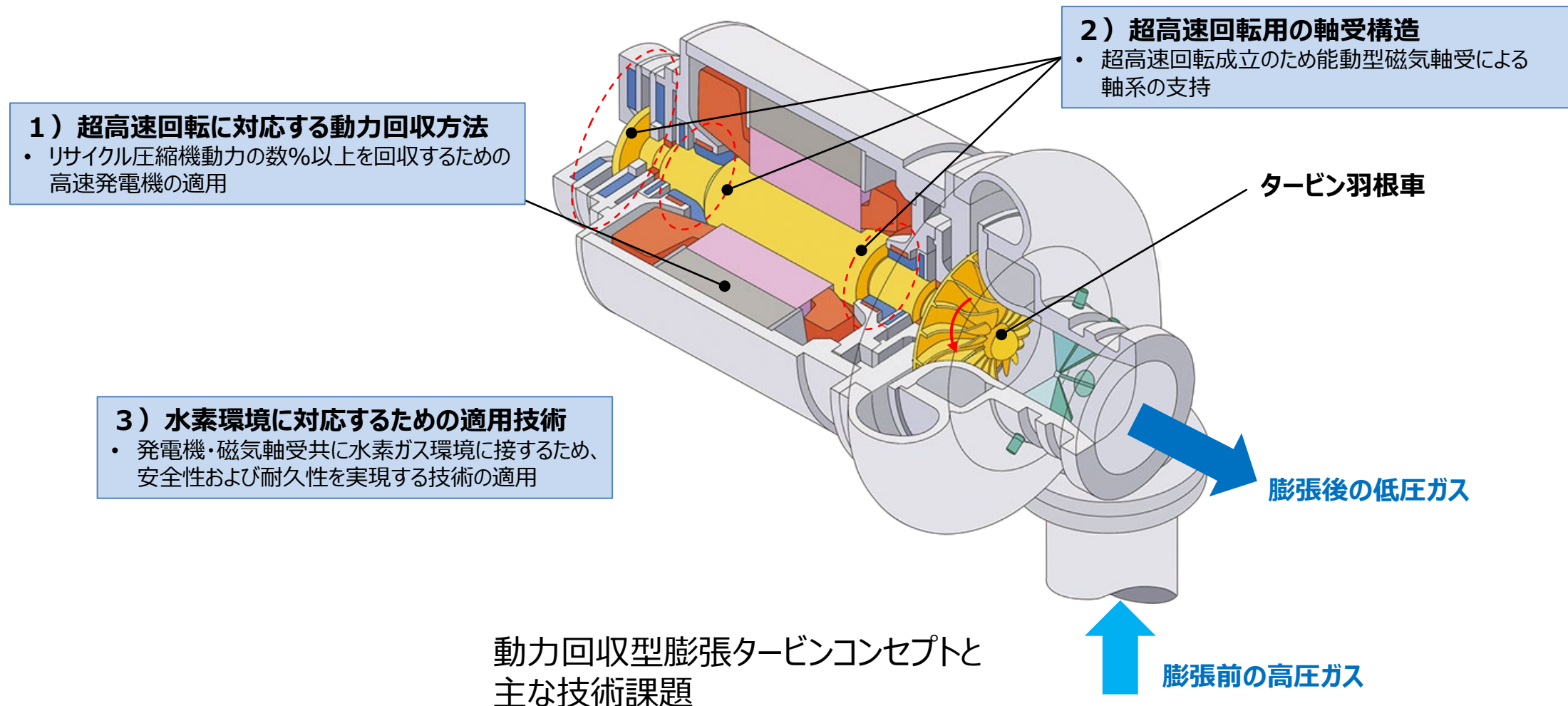
実証試験設備 建設予定地（当社播磨工場）
※google mapより引用



安全アセスメント実施風景

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。

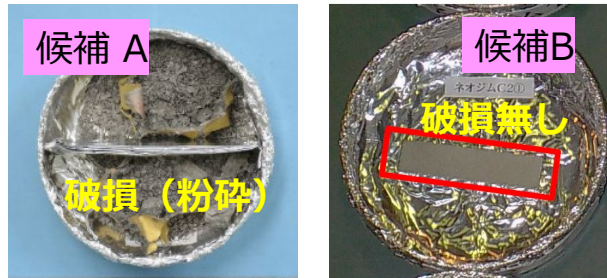


3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義（②動力回収型膨張タービン）
概略設計の結果、特に重要な要素技術について要素開発および試験を実施中。
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み
特許出願：2件

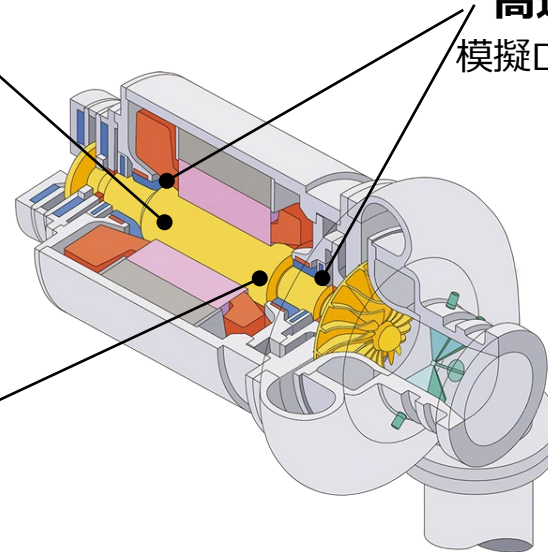
磁石適用技術の構築（水素暴露評価）

磁石の保護被膜材の水素暴露評価を実施中

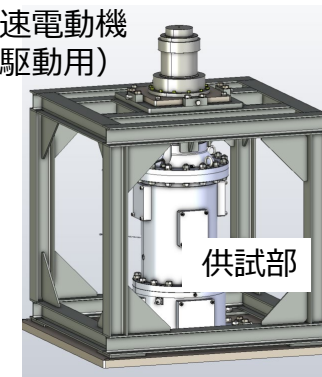


高速磁気軸受の制御技術の構築

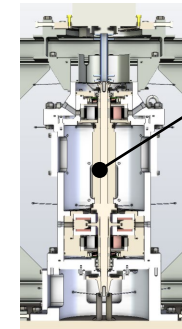
模擬ロータ（1/1スケール）および回転試験装置の設計完了、製作中



高速電動機
（駆動用）



装置外観

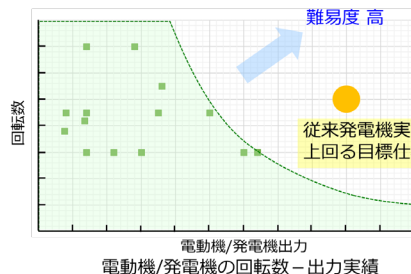


模擬ロータ

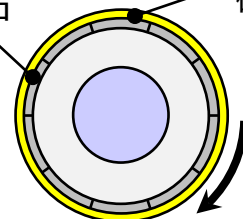
供試部の詳細

発電機ロータの遠心強度評価

遠心強度評価のための要素試作と評価試験を実施中



磁石 磁石固定部品



発電機ロータ

プロセスガスを利用した発電機冷却技術の構築

発電機冷却ガスのマテリアルバランス検討を実施、
冷却構造を詳細検討中

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。

1) 極低温水素環境中・高膨張比でのタービン制動方法

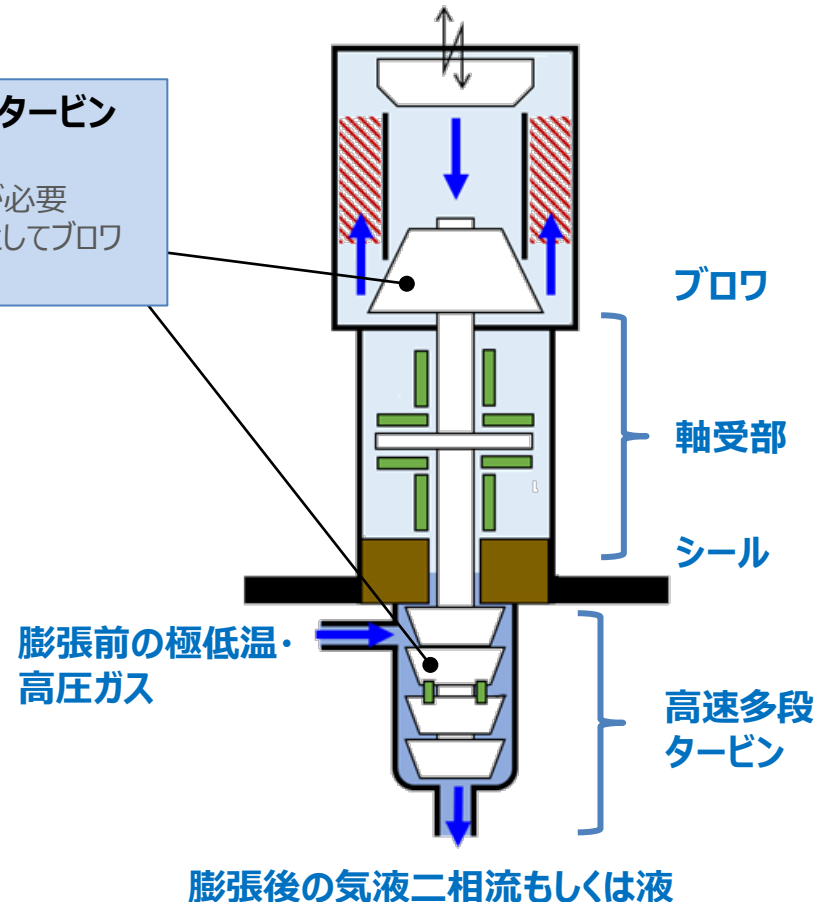
- 水素かつ高膨張比となることから、超高速化が必要
- 種々のコンセプトの比較検討から、制動方式としてブロウ制動を採用

3) 防爆、材料の対策

- 防爆を考慮した構造コンセプト
- 構造材料は水素ガス環境・液水環境でも実績ある材料とできる見込みだが、引き続き検討中。

2) 極低温水素環境中での軸受・シール構造

- 超高速、コンタミフリー、非接触の軸受・シールの選定



Wetタービンコンセプトと主な技術課題

3. 研究開発成果について

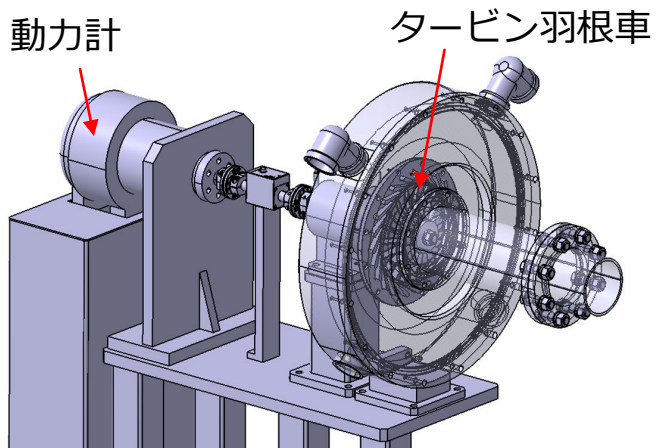
- 研究開発の成果と意義（③Wetタービン）

概略設計の結果、特に重要な要素技術について要素研究やシミュレーション技術構築を実施。および要素試験設備・装置を製作中。8月より順次試験開始。

- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み
特許出願：6件
対外発表：1件（2024年5月ターボ機械協会で発表）

タービン設計評価技術の構築

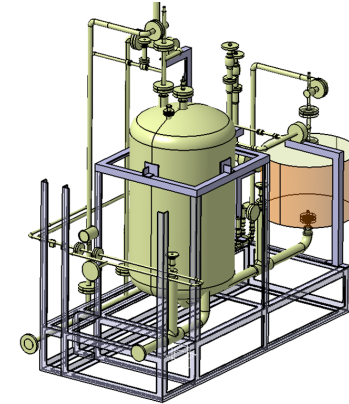
タービン要素試験設備の製作中



タービン試験装置（供試体部）

液水シール開発

シール供試体及び試験装置製作中

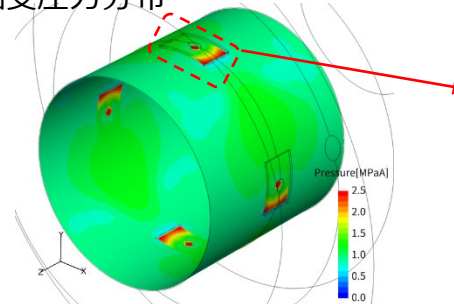


液水シール試験機外観

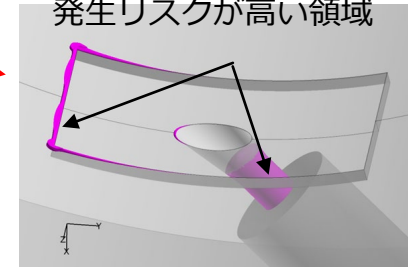
液化水素軸受 及び 高速ロータ系の開発

CFD等による軸受特性評価技術を構築、軸受詳細設計中

軸受圧力分布



キャビテーションの
発生リスクが高い領域

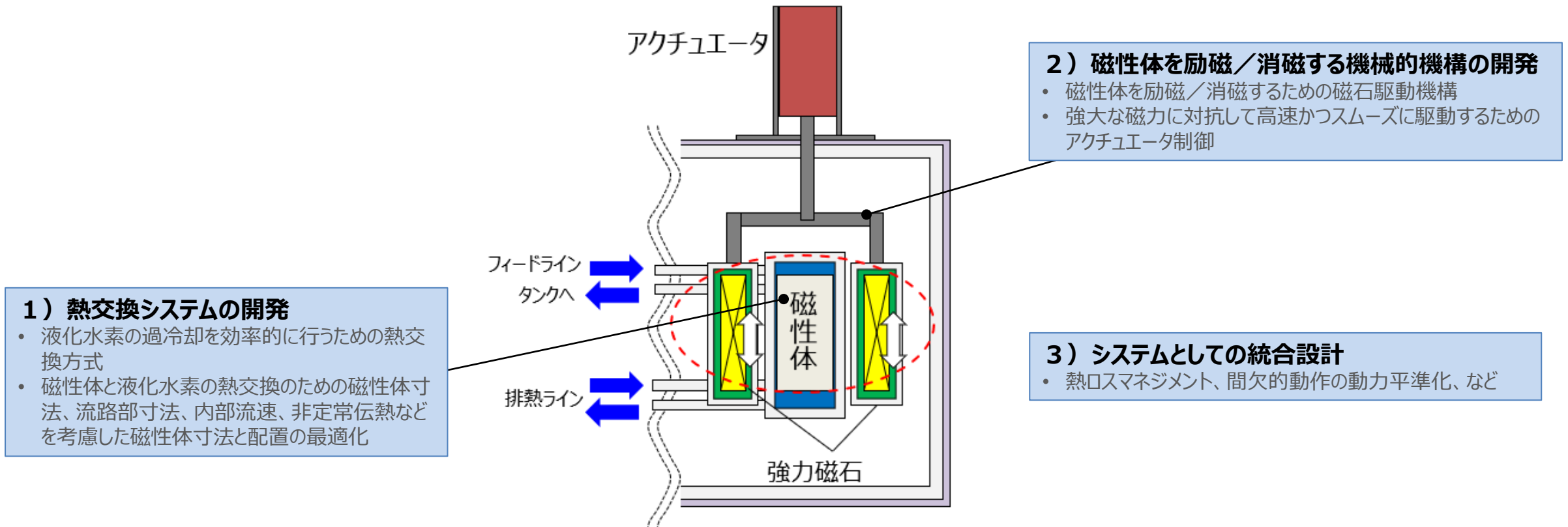


液水軸受のCFD解析例

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。



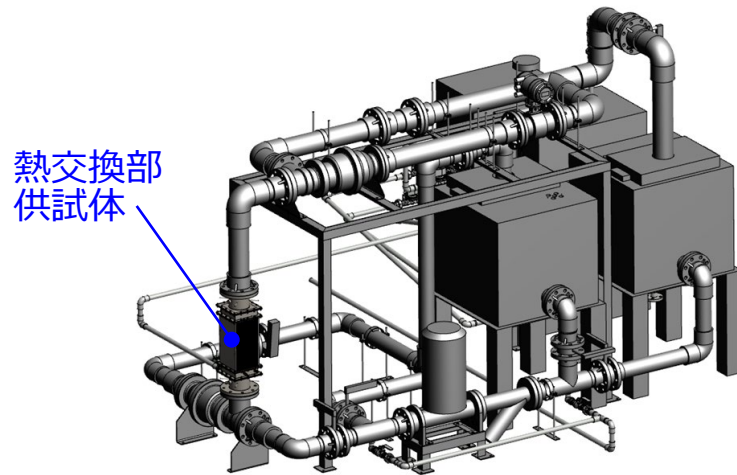
磁気冷凍機コンセプト（モジュール）と主な技術課題

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）
要素レベルの技術課題（熱交換・流体システム、励磁/消磁機構）について、試験装置の設計・製作を実施。現在、据付実施中、まもなく試験開始予定。
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み
特許出願：3件

熱交換・流体システム

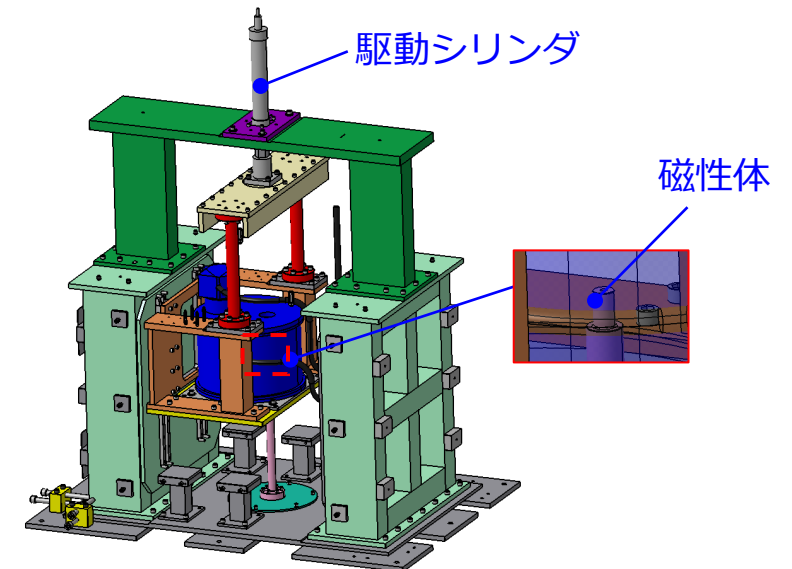
磁性体と液体水素の熱交換を、代替材・冷媒の相似条件で試験する要素試験装置



熱交換要素試験装置

磁石の駆動機構（励磁/消磁機構）

強力磁石を高速で往復駆動させる試験装置



磁石の駆動試験装置

4. 今後の見通しについて

①圧縮機

小型試験機の設計・製作を進め、**2024**年度中に工場試運転を実施予定。その後、サイト実証試験に移行する。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、③Wetタービン、④磁気冷凍機

要素試験設備・装置の準備ができたものから順次試験を開始し、各要素技術の成立性を確認・評価する。その結果を次ステージの実施計画に反映する。
現想定では、実スケールの試験機を用いて構造面の確認（次フェーズ）、水素環境での動作確認（次々フェーズ）と進めていく予定。事業化は**2035**（②③）～**2038**（④）頃を想定。