

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.602-1-08

契約件名：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：2026年7月21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

発表者名 大室、仮屋

*団体名（企業・大学名など） 川崎重工業株式会社

問い合わせ先 川崎重工業株式会社 E-mail: omuro_y@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

- 水素を用いた実証試験設備竣工し、水素を用いた実ガス実証試験を開始した。大型化のFSを実施し、ハンドリング面もケアしつつ性能目標も達成できる設計案を得た。
- 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、第3フェーズ（FY25～28上）で実施する実機スケール試験に向け、追加の要素試験や、各試験設備および供試体の計画・設計、発注等を実施した。

1. 事業の位置付け・必要性

背景・目的

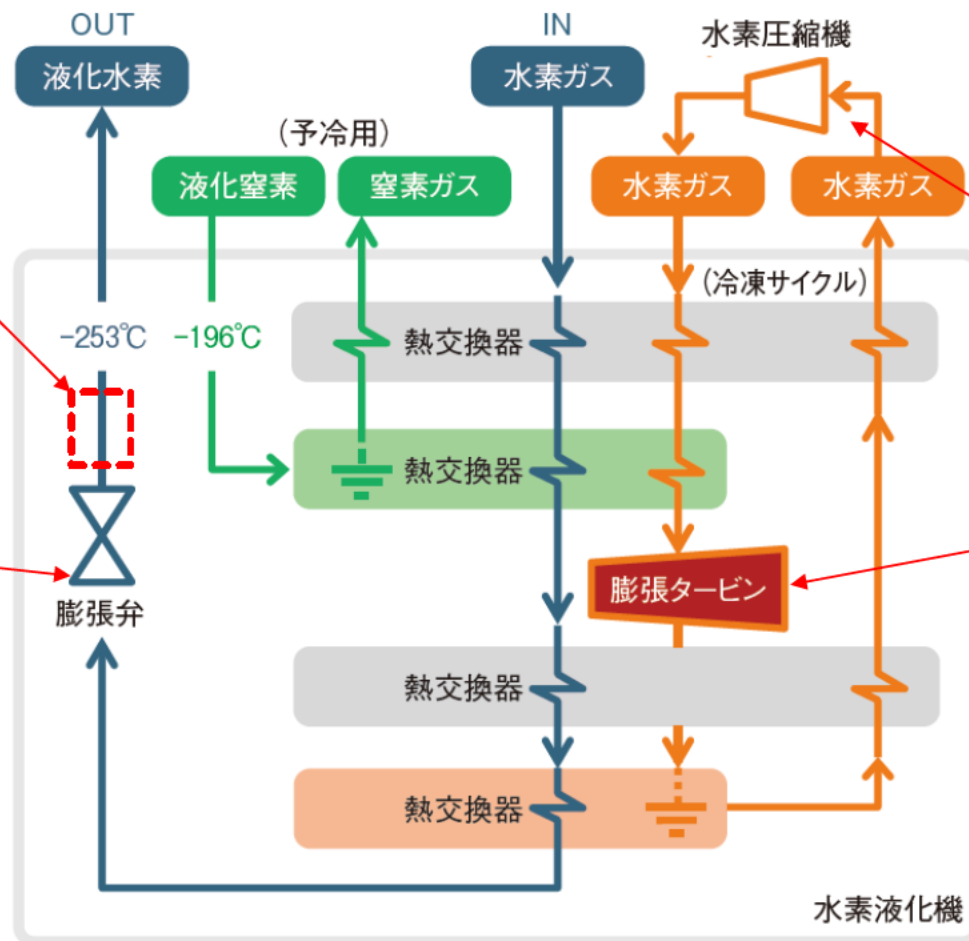
- 国際水素サプライチェーンの導入普及に伴い、水素液化機の機器市場が急速に拡大すると予想。
- 水素の普及には水素液化機器の性能向上による供給コストの削減が求められ、当社では、水素液化機向けに①大型高効率圧縮機、②動力回収型膨張タービン、③Wetタービン、④磁気冷凍機の開発を行い、市場の要請に応じていく。

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。

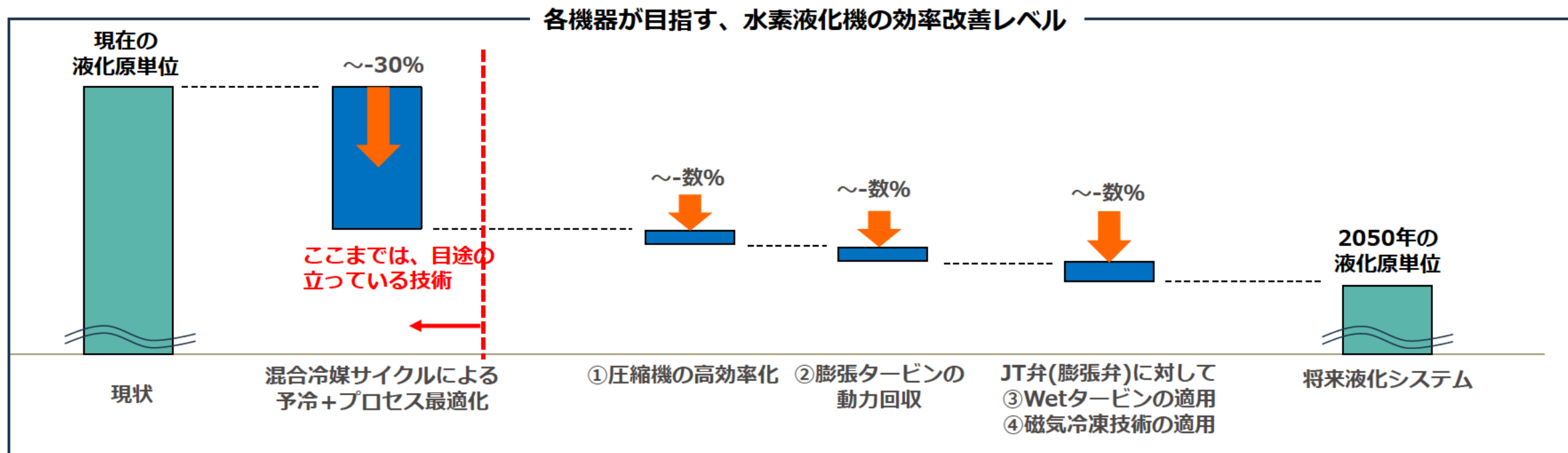
②動力回収型膨張タービンの開発

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

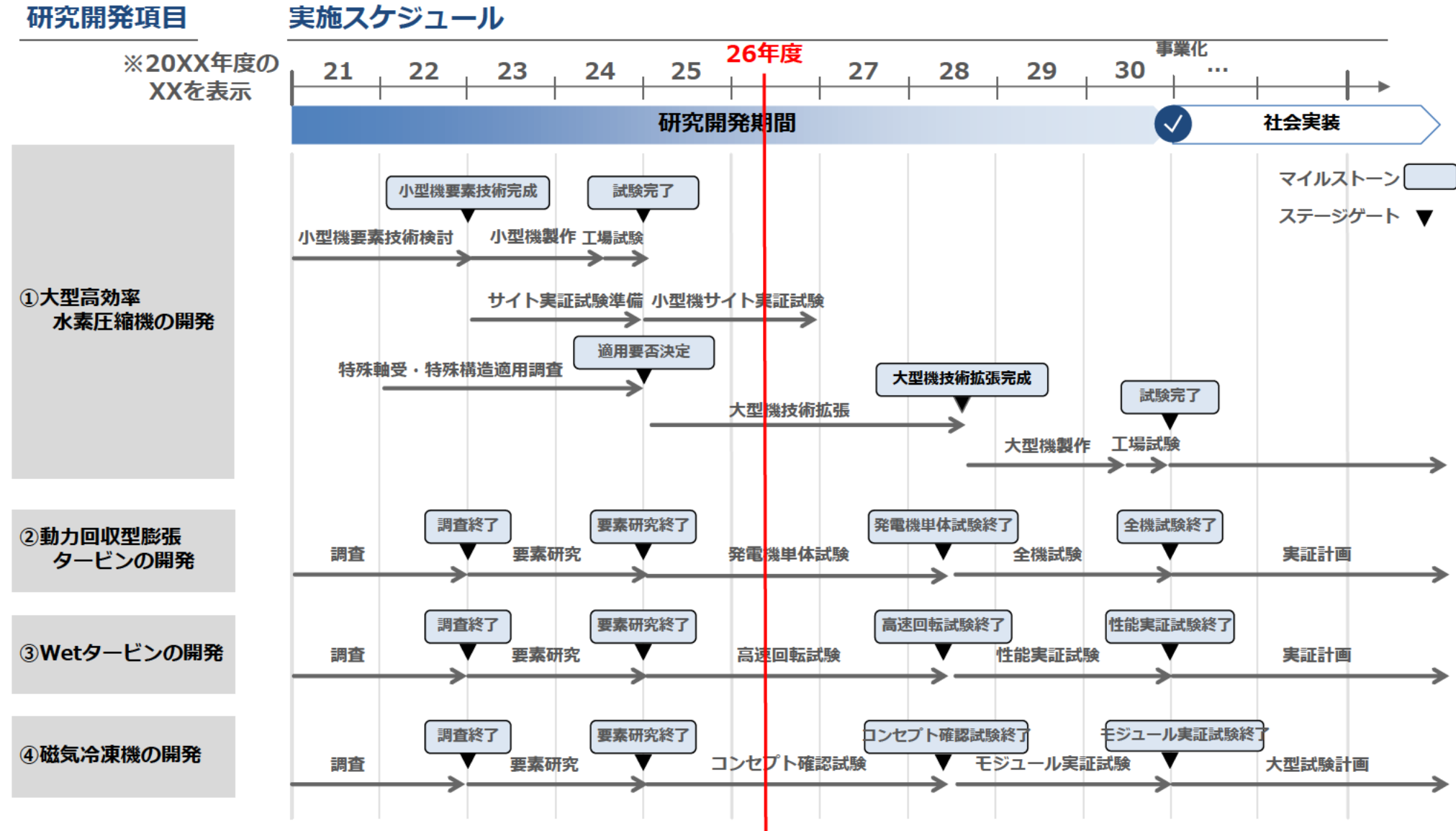
研究開発の目標設定

- 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。
- ③Wet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。



2. 研究開発マネジメントについて

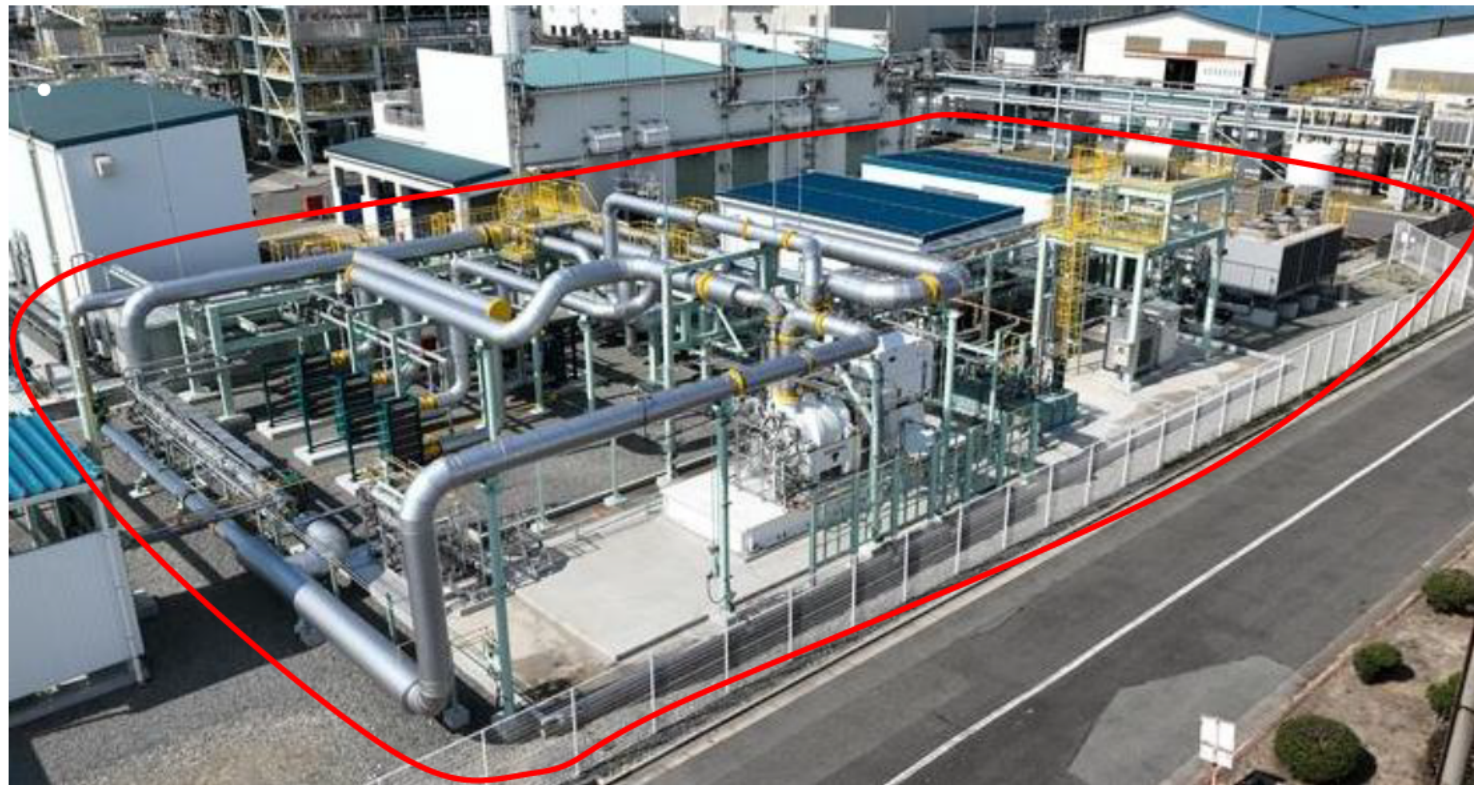
研究開発のスケジュール



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/小型機サイト実証）

- ・ 実ガス（水素）での試験が可能な実証試験設備を建設し、実ガスによる実証試験を開始。



実証試験設備全景

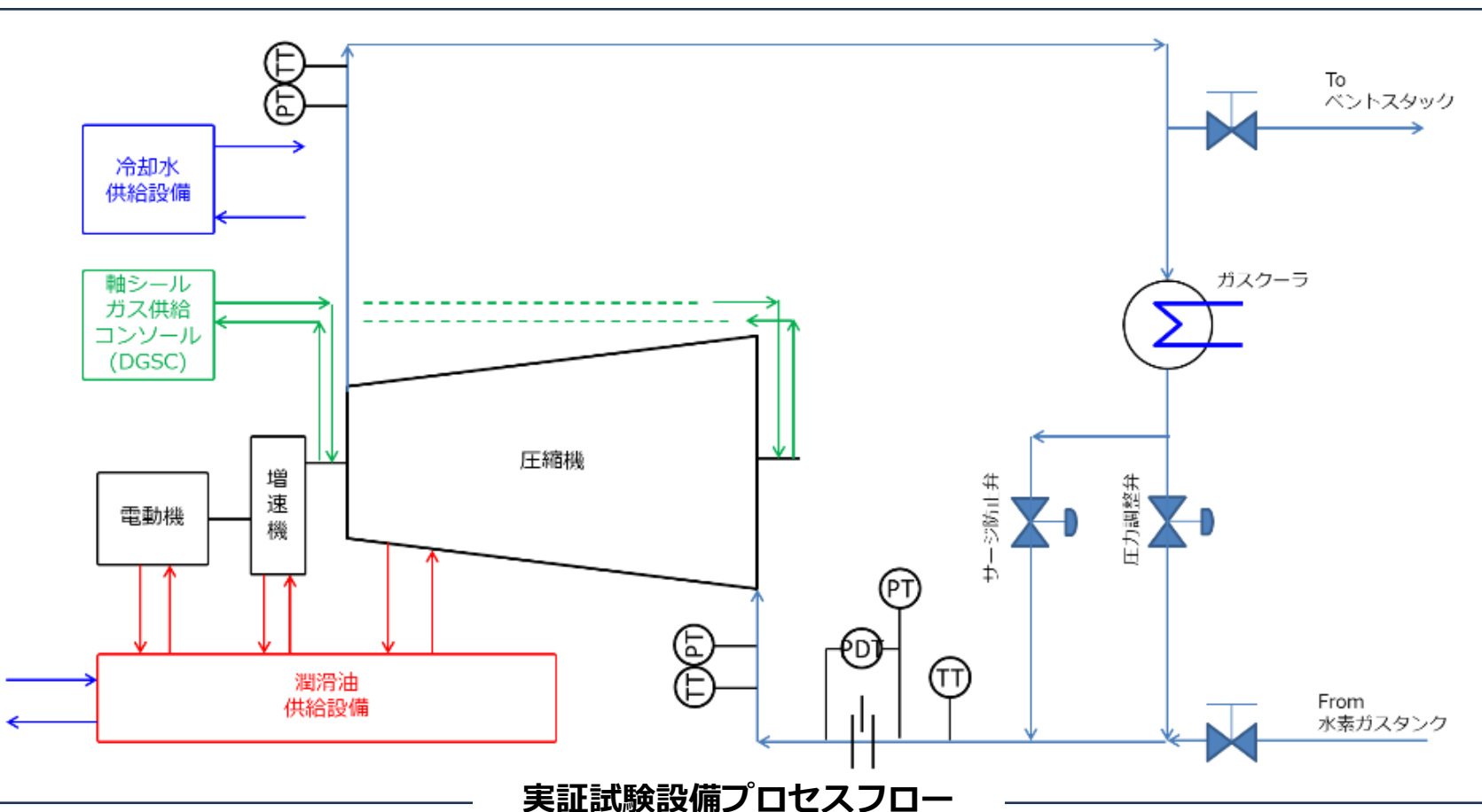


小型試験機

- ・ 潤滑油循環設備/ガス漏洩防止装置/ガス冷却装置などを有する閉ループ構造設備
- ・ 設備面積：1500m²、処理流量：約35,000m³/hr、圧力比：約3

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/小型機サイト実証）



試験	状況
ロータ安定性確認試験 ・・・MR(API617、粘性変更試験)	済
性能試験(ASME PTC-10)	済
サージ試験	未
長期強度評価試験 ・・・8000hr run	未

- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み
特許出願：9件、プレスリリース：2件、研究発表：1件
(https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20260319_b2.html)

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/大型機技術拡張）

- ・ FSを実施し、実現可能な試験機仕様を決定。

小型機を単純に相似拡大した場合の課題

- ・ 構成部品も大型化するため製作難易度が上がる。
- ・ 使用する素材重量が増え、高コスト化につながる。
- ・ コアパーツであるインペラ素材のサイズがメーカ取り扱いサイズを超える



よりコンパクト化した大型機の新規設計に着手

- ・ サイズダウン設計検討：済。機械装置として成立可能。
- ・ 圧縮機性能検討：済。相似拡大設計と同等の性能を達成できる見込み
- ・ **ロータ安定性検討：検討中。**
- ・ **インペラ素材：試験計画立案中**

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。

1) 超高速回転に対応する動力回収方法

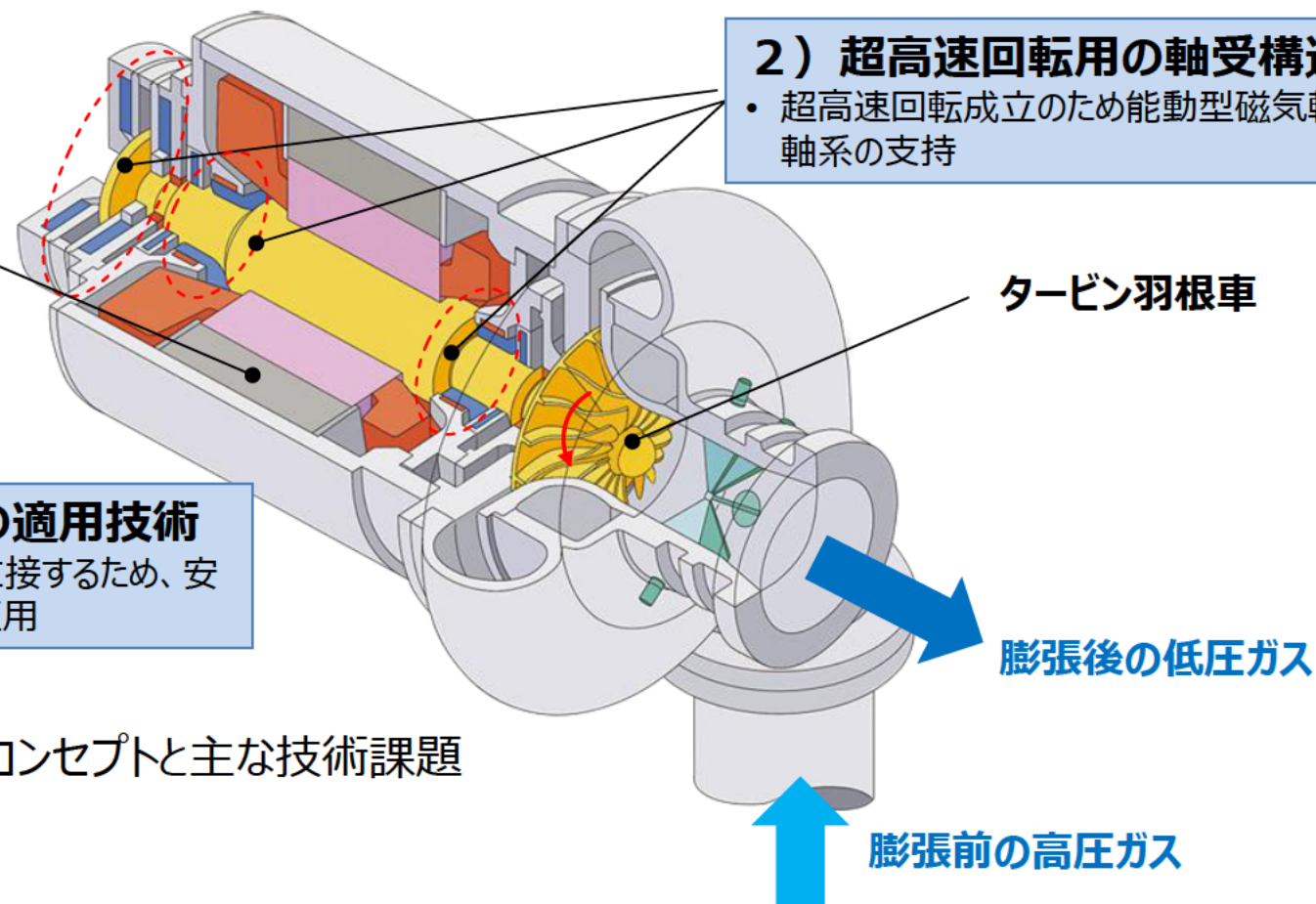
- リサイクル圧縮機動力の数%以上を回収するための高速発電機の適用

3) 水素環境に対応するための適用技術

- 発電機・磁気軸受共に水素ガス環境に接するため、安全性および耐久性を実現する技術の適用

2) 超高速回転用の軸受構造

- 超高速回転成立のため能動型磁気軸受による軸系の支持



動力回収型膨張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（②動力回収型膨張タービン）

- ・ 発電機・磁気軸受の要素技術課題のうち未解決の項目について要素研究および試験を実施。また、次年度からの発電機単体回転試験に向けた設計を本格化。

特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

- ・ 特許出願：2件

発電機キャンド構造の成立性評価

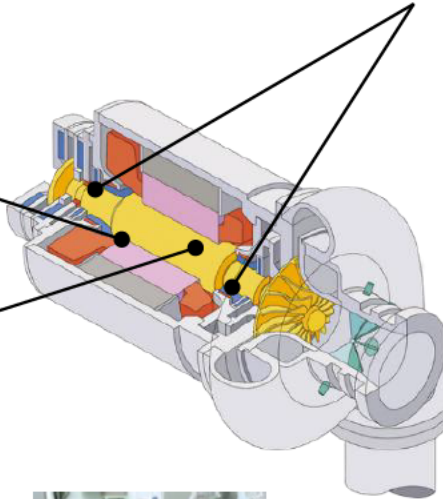
固定子側に適用するキャンド構造について試作を行い、耐圧強度の評価試験を実施中。

発電機のロータ構造（水素適合性評価）

実機を模擬したロータ構造を試作して水素曝露試験を実施。破損等が生じないことを確認中。

補助軸受の要素試験

補助軸受の負荷荷重を計測する試験を実施。また、水素ガス環境下での摺動性評価試験を準備中。

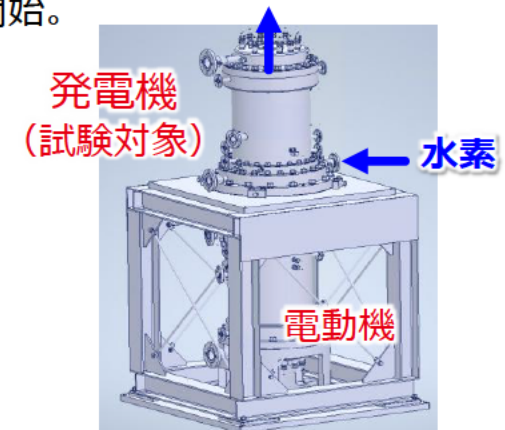
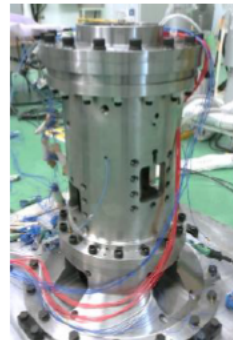


磁気軸受の低温特性の把握

磁気軸受は低温での動作が必要なため、軸受を液体窒素に浸漬する試験を行い、設計に必要なデータを取得。

発電機単体回転試験設備の計画

実機スケールの発電機単体回転試験を計画し、ガス系統・発電機システム・計測装置等からなる試験装置の設計を開始。



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

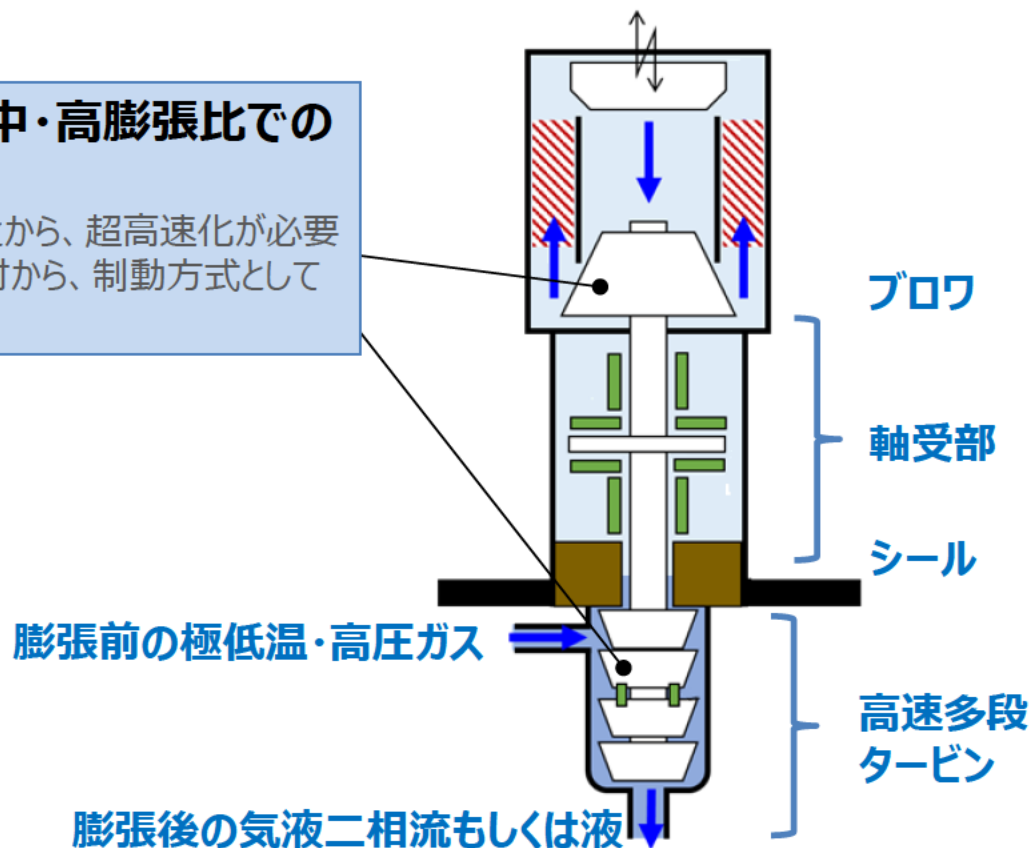
- ・ 水素かつ高膨張比となることから、超高速化が必要
- ・ 種々のコンセプトの比較検討から、制動方式としてブロウ制動を採用

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）

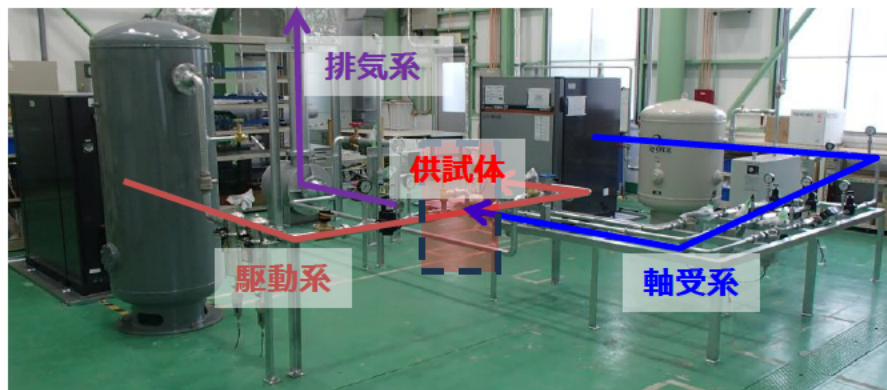
- ・ 実機スケール高速回転試験（空気／水素）に向けた全体計画、試験設備の一部と供試体の設計・製作発注を完了。
- ・ 部分負荷（50%）流量での性能改善に向けタービンの改良設計を完了、26年度に試験予定。

特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

- ・ 特許出願：2件（準備中）
- ・ 対外発表：2件

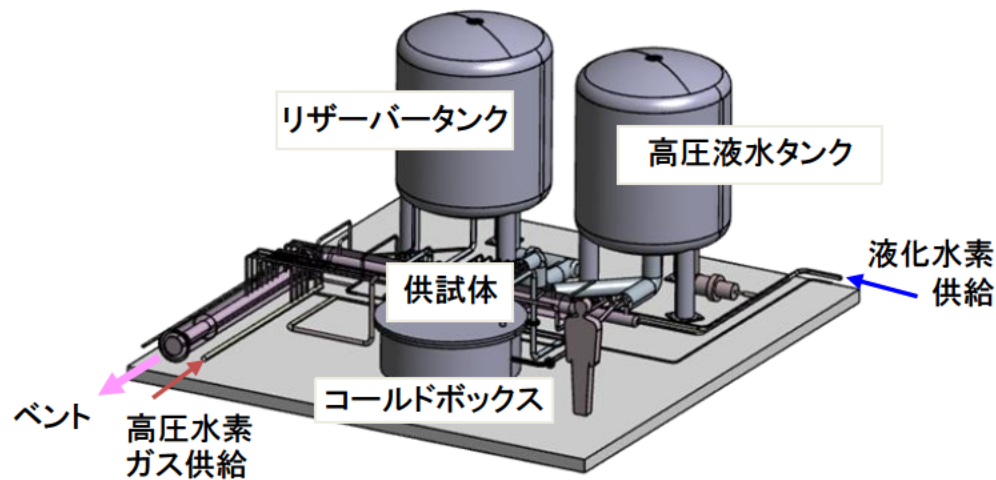
空気高速回転試験

軸受-ロータ設計の技術高度化に向けた設備導入
26年度に試験開始予定。



水素高速回転試験

水素ガス加圧により高圧液水を大量供給可能な試験設備
27年度下期から稼働予定。



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とした。その上で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。

1) 熱交換システムの開発

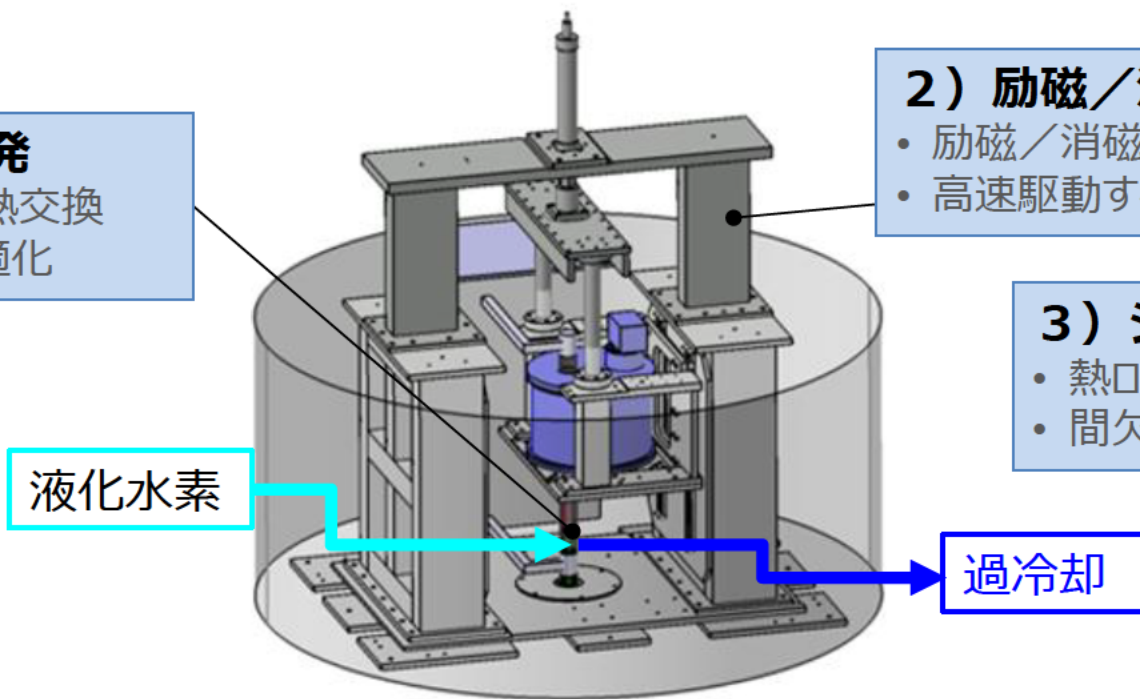
- ・ 液化水素と磁性体の直接熱交換
- ・ 磁性体の寸法と配置の最適化

2) 励磁／消磁の機械的機構の開発

- ・ 励磁／消磁の磁石駆動機構
- ・ 高速駆動するためのアクチュエータ制御

3) システムとしての統合設計

- ・ 熱ロスマネジメント
- ・ 間欠的動作の動力平準化、など



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）

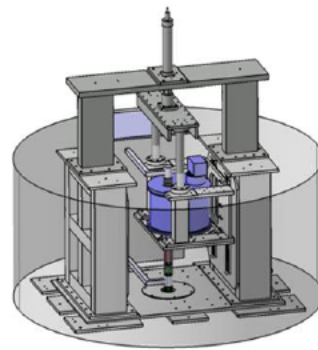
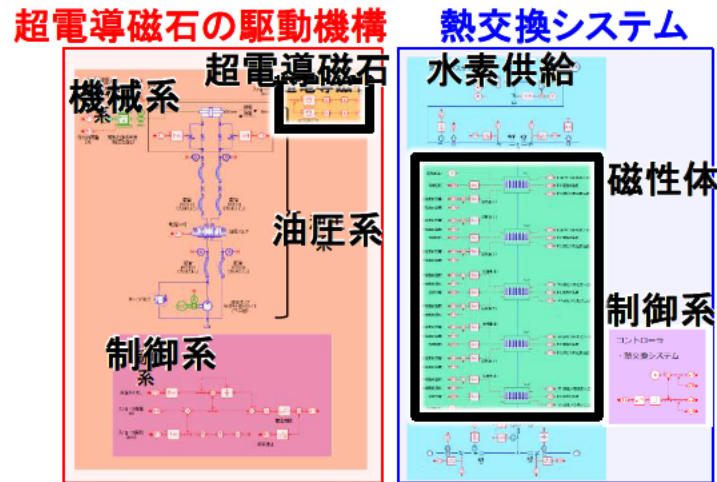
- ・ 次年度からのコンセプト確認試験に向けた試験機（実機スケール）設計の本格化、および実機設計への課題を整理。

特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

- ・ 特許出願：2件、对外発表：1件

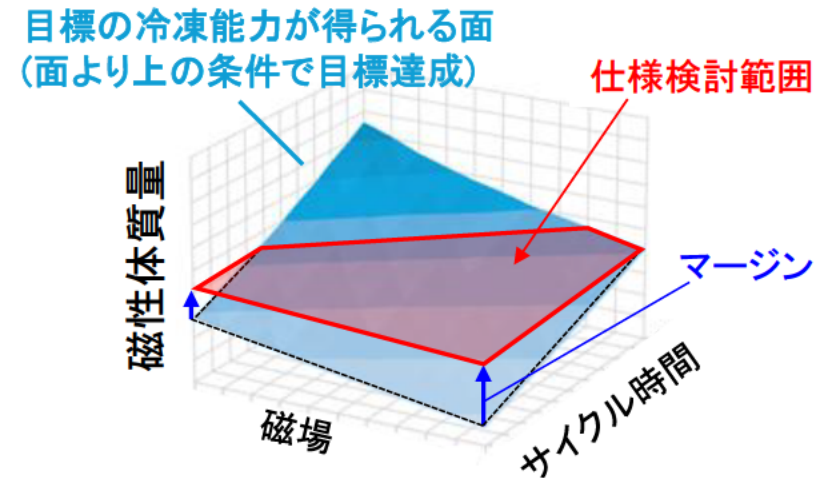
磁気冷凍サイクル及び冷凍能力をシミュレーションする解析モデルの構築

前フェーズで得た試験データを基に、磁気冷凍サイクル及び冷凍能力をシミュレーションする解析モデルを構築、目標冷凍能力を達成するコンセプト確認試験機の仕様を決定。



コンセプト確認試験機の基本設計完了

強力な磁気吸引力に耐える磁石と駆動機構の構造設計、強度と伝熱性能を両立する磁性体の設計を行い、コンセプト確認試験機の基本設計を完了。



4. 今後の見通しについて

①圧縮機

- 液化機用途については2030年の事業化を想定。
- 2027年度内に小型機での長期強度評価試験を完了。大型機に結果を反映する。
- 2028年度に大型機の試作開始、2030年度内での工場試験完了を目指す。

②動力回収型膨張タービン、③Wetタービン、④磁気冷凍機

- これらの機器は、2030年代半ばの大型水素液化機への適用を想定。事業化は2035(②③)～2038(④)年度頃を想定。
- いずれも革新的技術でハードルが高いため、それぞれ実機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(いずれも水素環境中)。その結果を最終フェーズ(FY28下～FY30)での全機試験に反映する。