

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名 : 大型水素サプライチェーンの構築プロジェクト  
研究開発項目 1. 国際水素サプライチェーン技術の確立及び液化水素関連機器の整備  
研究開発内容③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」

実施者名 : 川崎重工業株式会社 代表名 : 代表取締役社長 橋本 康彦

---

# 目次

## 1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

## 2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

## 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

# 1. 事業戦略・事業計画

# 1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

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

## カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

### (社会面)

- 低炭素社会から脱炭素社会に意識が変化している
- CO2フリー水素利用の有効性が認知されている

### (経済面)

- 削減限界費用の高い削減手段の必要性が高まっている
- 液化水素による国際水素サプライチェーンの有効性が認知されている

### (政策面)

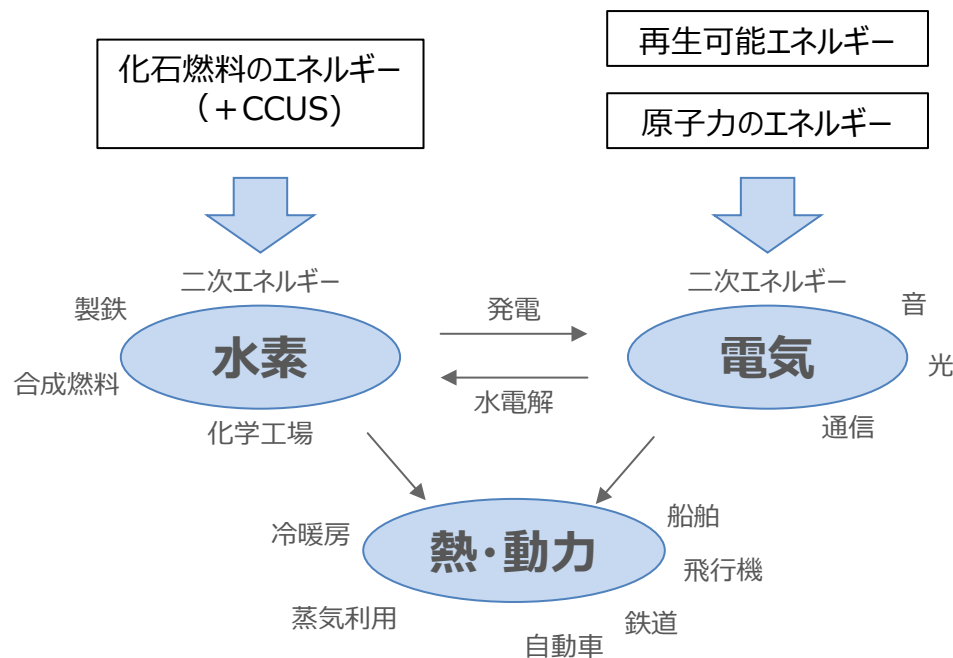
- 大量水素の導入に向けた政策が検討されている。
- 水素発電による電力導入を加速する政策が検討されている。

### (技術面)

- 大量水素を流通させる技術の向上が求められている。
- 液化水素による大量水素の海上輸送技術の確立が期待されている

## カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

### (2050年の産業構造)



### ● 市場機会

国際水素サプライチェーンの導入に伴い、液化機の機器市場が急速に拡大する。

### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト

一時的にエネルギー価格が上昇するが、技術の習熟により、影響は低減されてゆく。

### ● 当該変化に対する経営ビジョン

当社は水素液化機向けに、さらなる将来を見据え、大型で安価、高効率な機器の研究開発を続け、市場の要請に応えていく。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

## 水素の機器市場のうち水素液化機をターゲットとして想定

### セグメント分析

#### 水素の機器市場のセグメント

サプライチェーン



### ターゲットの概要

#### 市場概要と目標とするシェア・時期

2050年の液化水素の取扱量は、日本向けに900万t/年、世界で2700万t/年となると予想している。その量が2050年までの水素関連機器の市場規模であり、2030年以降には激しい大型化開発競争、高効率化競争が開始されると予想している。それに向けて当社は、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う。2050年において、これら製品の高い世界シェアを目指す。

#### 対象需要家と主な競合に対する優位性

現在世界には数社の水素液化機メーカーが存在しており、これら液化機メーカーにより当社開発機器が採用されることを想定している。当社は、自社でも液化機を開発しており、自社液化機への採用率は100%を見込む。また、他社液化機に対しても、技術力を背景とした高い導入率を目指している。

想定される液化機メーカー各社のニーズとしては、現在の～数10t/day規模からの大型化が今後予想されており、大型化に対応した構成機器の提供が求められる。また、水素社会の到来により、より高効率な機器の提供が求められる為、これらのニーズに対応した他所技術開発を行う。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

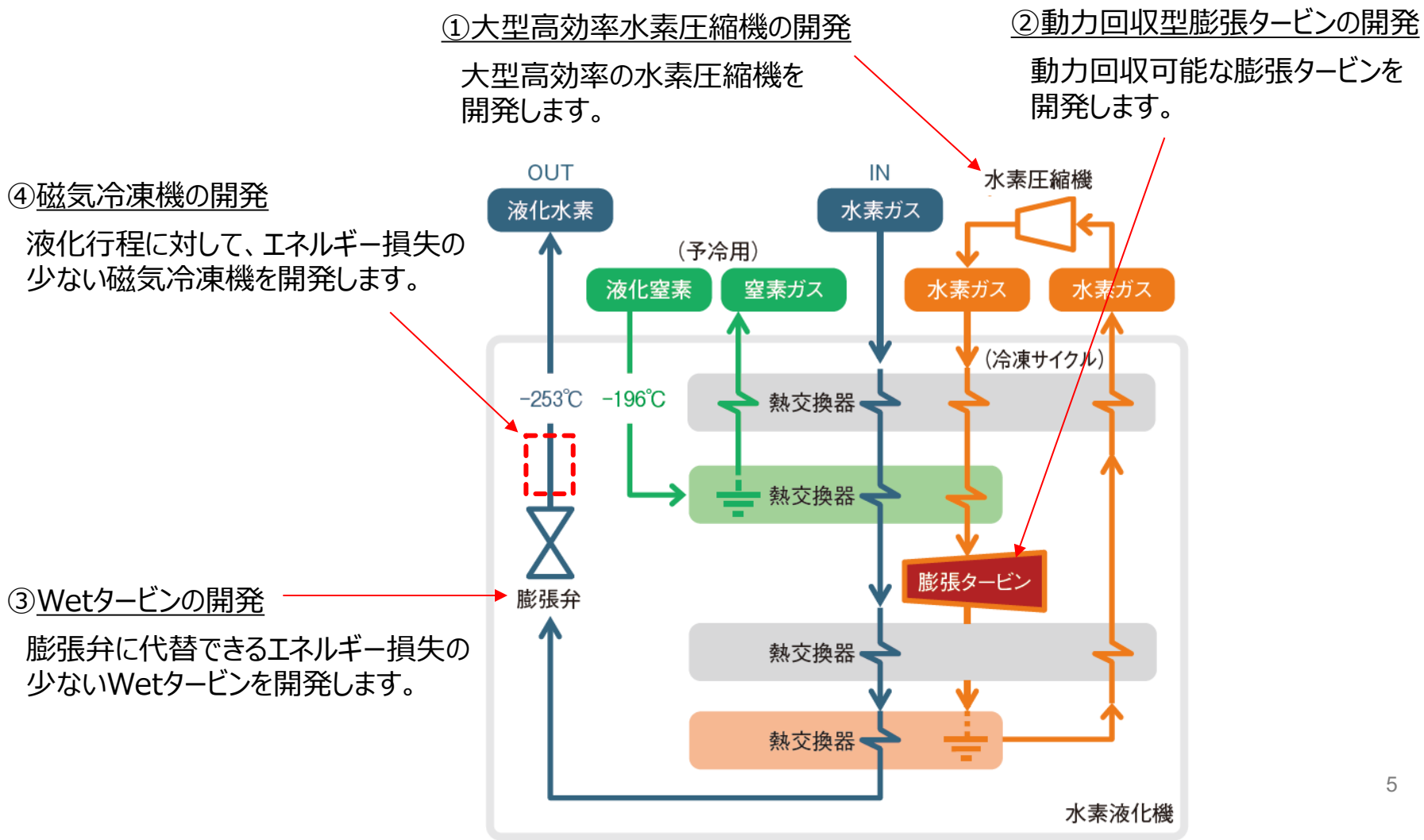
当社の保有する液化水素及び回転機器の技術を用いて、  
液化機の大型化・高効率化に必要な機器を提供する事業を創出/拡大 **(すべて世界初の製品)**

社会・顧客に対する提供価値

顧客である液化機メーカーに、  
液化機の大型化、高効率化  
を可能とする下記製品を提供  
する。

- ①大型高効率水素圧縮機
- ②動力回収型膨張タービン
- ③Wetタービン
- ④磁気冷凍機

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化）の方法と研究開発計画の関係性



# 1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

## 市場導入(事業化)しシェアを獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

### 標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組方針・考え方

機器を単体で液化プレーヤーへ供給するビジネスを想定。

#### ①水素圧縮機

- ・液化機のみでなく、パイプラインや燃料ガス供給等、多用途に使用できる汎用機器。
- ・現在のOIL&GAS市場では事業主が実績重視の保守的な閉鎖市場となっており、新規参入には高い参入障壁が存在。
- ・将来は純水素ガスに特化した新規格が策定される可能性が高く、規格化の動向に対して積極的なアプローチを行う。

#### ②動力回収型膨張タービン ③WETタービン ④磁気冷凍機

- ・汎用性はなく、液化プロセスに特化した仕様で提供される専用機器。
- ・現在、水素液化システムは限られた産業ガス会社が各々独自で開発したものがほとんどであり、また機器②～④については実用化されたものもないことから、現在は明確な基準化・標準化はなされていない。
- ・将来は、液化プロセスにおいて原単位・初期コストが最適となるような機器仕様を標準型式として設定し、各プレーヤーが提供するプロセスにおいて、当社機器仕様の採用が前提となるようにすることで、競合他社の参入障壁とする。

### 国内外の動向・自社のルール形成(標準化等)の取組状況

#### ①水素圧縮機

##### 【国内外の動向】

- ・現在、競合他社も純水素用途の遠心圧縮機の開発を詳細仕様は非公開で遂行中。
- ・各社の開発が完了し、稼働実績が認められた時期から本格的な標準化活動が開始される見込み。

##### 【自社の取組状況】

- ・先行して立ち上がると見込まれる欧州パイプライン用途をターゲットに、競合他社の技術動向、標準化動向について調査を実施中。
- ・今回開発の要素技術について、特許出願を随時実施。

#### ②動力回収型膨張タービン ③WETタービン ④磁気冷凍機

##### 【国内外の動向】

- ・現在、競合各社も水素液化用途のプロセス機器の開発を詳細仕様は非公開で遂行中。
- ・液化プロセスと一体になった機器開発が想定され、主流となったプロセスで使われた機器の仕様がその後の標準になる可能性がある。

##### 【自社の取組状況】

- ・事業性の高い液化プロセスが今後の主流となると考えられることから、自社・他社含めた液化プロセスの調査を実施中。
- ・今回開発の要素技術について、特許出願を随時実施。

### 本事業期間におけるオープン戦略 (標準化等) またはクローズ戦略 (知財等) の具体的な取組内容 (※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載)

#### [オープン戦略]

##### ①水素圧縮機

- ・エンドユーザーの機器導入検討に必要なインターフェイス技術は無償公開し、特殊技術の採用におけるユーザー側の障壁を排除する。

#### [クローズ戦略]

##### ①水素圧縮機

- ・本開発で完成した要素技術は知財権利化を実施。先行して立ち上がる欧州パイプラインをターゲットに要素技術を転用する。

##### ②動力回収型膨張タービン ③WETタービン ④磁気冷凍機

- ・今回開発する要素技術については、知財権を取得して完全クローズとし、自社含む特定のシステムインテグレータに完成機器を供給。



# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## ①大型高効率水素圧縮機の開発

当社の保有する液化機技術と圧縮機技術を活かして、顧客に大型高効率水素圧縮機を提供

### 自社の強み、弱み（経営資源）

#### ターゲットに対する提供価値

- ターゲットに大型高効率水素圧縮機を提供することで、ターゲットは大型高効率の液化機を製品化できる。さらに液化機ユーザは、低コストで液化水素を製造可能になる。



#### 自社の強み

- 当社は世界で数少ない水素液化機メーカーの1つ（国内唯一）であり、自社の液化機への搭載も行う。
- 半世紀以上にわたり、OIL&GAS市場を軸に多種多様な遠心圧縮機の納入実績を有している。
- 多種の遠心圧縮機の開発実績のある技術者を保有している。
- 重工メーカーとして、機器の大型化開発の能力を有している。また製品生産工場も有している。

#### 自社の弱み及び対応

- 従来のOIL&GAS市場向け圧縮機市場においては、競合他社と比較して占有シェアが小さい。
- 新市場となる常温水素用の遠心圧縮機を開発し、先行参入することにより、市場主導権を確立する。

### 他社に対する比較優位性

#### 技術：

他社も遠心圧縮機の基盤技術を保有しているが、当社は高速回転の単段型や特殊仕様の商用実績を有しているという点で技術的優位性があると考えられる。  
また、水素関連機器を多数取り扱っており、水素への対応という点で、当社は他社に対し多くの経験や知見、技術を保有している。

#### 顧客基盤：

当社は自社でも液化機を開発しており、顧客としての視点を有している。また、水素関連プロジェクトを多数遂行しており、顧客となる他の液化機メーカーとの交流も深い。

#### サプライチェーン：

当社は国内製造を予定しており、部品も国内調達を予定している為、国内経済への寄与が大きい。一部競合他社は海外にも生産拠点を有しており、部材調達も一部海外製を採用していることから、サプライチェーンを通した国内経済への寄与は少ない。

#### その他経営資源：

当社は水素関連機器の開発に積極的に資本投下を行っている。競合他社は圧縮機メーカーであり、水素事業全体に対する関与は限定的と予想される。

以上のことから、将来に渡って強い優位性を継続的に確保可能と考える。



# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## ②動力回収型膨張タービンの開発

当社の保有する膨張タービン技術を進化させ、顧客に動力回収型膨張タービンを提供

### 自社の強み、弱み（経営資源）

#### ターゲットに対する提供価値

- ターゲットに動力回収型膨張タービンを提供することにより、ターゲットは高効率の液化機を製品化できる。さらに液化機ユーザは、低コストで液化水素を製造可能になる。



#### 自社の強み

- 当社は世界で数少ない水素液化機メーカーの1つ（国内唯一）であり、自社の液化機への搭載も行う。
- 膨張タービン本体については自社開発で製品化しており、それに熟知している技術者を保有している。
- 高速回転の電動ブロワ技術を有しており、電動機/発電機の専門技術者を保有している。
- タービンの組立、製造工場を有している。

#### 自社の弱み及び対応

- 顧客として自社自身が含まれおり、自社以外の顧客がビジネス上、警戒する恐れがある。対応として、製品自身の製造ライセンスを別メーカーに与え、当社は直接顧客と接触しないビジネス手法が考えられる。

### 他社に対する比較優位性

#### 技術：

当社は①極低温水素機器の技術、②膨張タービン技術、③高速回転電動ブロワの技術を有している。

#### 顧客基盤：

当社は自社でも液化機を開発しており、顧客としての視点を有している。また、水素関連プロジェクトを多数遂行しており、顧客となる他の液化機メーカーとの交流も深い。

#### サプライチェーン：

当社は国内製造を予定しており、部品も国内調達を予定している為、国内経済への寄与が大きい。

#### その他経営資源：

当社は水素関連機器の開発に積極的に資本投下を行っている。

以上のことから、将来に渡って強い優位性を継続的に確保可能と考える。

尚、最近、水素膨張タービンを製作する海外のメーカーがHPなどで確認されているが、発電による動力回収の情報は今のところなし。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## ③Wetタービンの開発

当社の保有する液化水素技術及びタービンの技術を活かして、顧客にWetタービンを提供

### 自社の強み、弱み（経営資源）

#### ターゲットに対する提供価値

- ターゲットに膨張弁に代替できるWetタービンを提供することにより、ターゲットは高効率の液化機を製品化できる。さらに液化機ユーザは、低コストで液化水素を製造可能になる。



#### 自社の強み

- 当社は世界で数少ない水素液化機メーカーの1つ（国内唯一）であり、自社の液化機への搭載も行う。
- 極低温の水素機器の研究開発に対応できる技術者を保有している。
- 液体、気体の混合の2相流体を用いる機器の研究開発に対応できる技術者を保有している。
- タービンの製品生産工場を有している。

#### 自社の弱み及び対応

- 顧客として自社自身が含まれおり、自社以外の顧客がビジネス上、警戒する恐れがある。対応として、製品自身の製造ライセンスを別メーカーに与え、当社は直接顧客と接触しないビジネス手法が考えられる。

### 他社に対する比較優位性

#### 技術：

当社は①極低温水素機器の技術、②ガス水素関連機器の技術、③二相流体に対応した機器の技術、④タービン機器の技術を有している。

#### 顧客基盤：

当社は自社でも液化機を開発しており、顧客としての視点を有している。また、水素関連プロジェクトを多数遂行しており、顧客となる他の液化機メーカーとの交流も深い。

#### サプライチェーン：

当社は国内製造を予定しており、部品も国内調達を予定している為、国内経済への寄与が大きい。

#### その他経営資源：

当社は水素関連機器の開発に積極的に資本投下を行っている。

以上のことから、将来に渡って強い優位性を継続的に確保可能と考える。

尚、本製品の技術の有効性について、液化機関連業界では知られているものの、その開発には高度な技術、大きな研究開発投資と時間が必要とされ、その開発に取り組んだ企業の情報はない。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## ④磁気冷凍機の開発

当社の保有する液化技術にNIMS※磁気冷凍技術を適用し、膨張弁に代替できる磁気冷凍機を提供

### 自社の強み、弱み（経営資源）

#### ターゲットに対する提供価値

- ターゲットに膨張弁に代替できる磁気冷凍機を提供することにより、ターゲットは高効率の液化機を製品化できる。さらに液化機ユーザは、低コストで液化水素を製造可能になる。

#### 自社の強み

- 当社は世界で数少ない水素液化機メーカーの1つ（国内唯一）であり、自社の液化機への搭載も行う。
- 極低温の水素機器の研究開発に対応できる技術者を保有している。
- 磁気冷凍機を水素液化機に組込むために必要な機械機構の設計研究を行える技術者を保有している。

#### 自社の弱み及び対応

- 当社自身は磁気冷凍技術を保有していない。そのため磁気冷凍技術保有するNIMS※と連携する。

※NIMS:国立研究開発法人物質・材料研究機構

### 他社に対する比較優位性

#### 技術：

当社は①極低温水素機器の技術、②磁気冷凍機を液化機に組み込む設計技術を有している。

#### 顧客基盤：

当社は自社でも液化機を開発しており、顧客としての視点を有している。また、水素関連プロジェクトを多数遂行しており、顧客となる他の液化機メーカーとの交流も深い。

#### サプライチェーン：

当社は国内製造を予定しており、部品も国内調達を予定している為、国内経済への寄与が大きい。

#### その他経営資源：

当社は水素関連機器の開発に積極的に資本投下を行っている。

以上のことから、将来に渡って強い優位性を継続的に確保可能と考える。

尚、従来液化機の膨張弁パーツに磁気冷凍機を用いる手法は、液化機関連業界でも知られていない。したがって、その開発に取り組んだ企業の情報は無い。

また、磁気冷凍機の技術については、米国国研がDOE予算でそれを開発中である。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像と資金計画

## ①大型高効率水素圧縮機の開発

10年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2036年頃の投資回収を想定

## ②動力回収型膨張タービンの開発

10年間の研究開発の後、2035年頃の事業化、2042年頃の投資回収を想定

## ③Wetタービンの開発

10年間の研究開発の後、2035年頃の事業化、2042年頃の投資回収を想定

## ④磁気冷凍機の開発

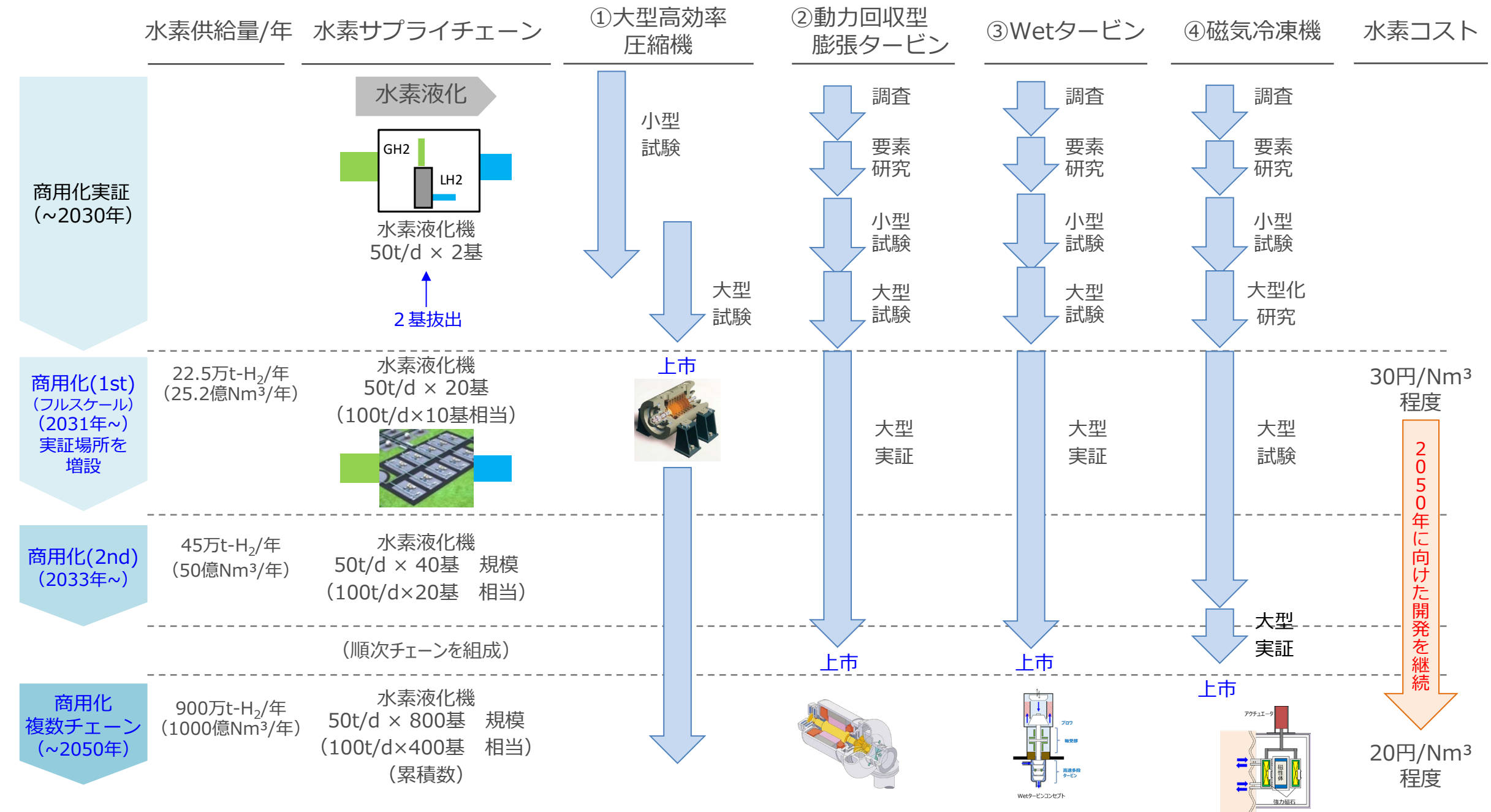
10年間の研究開発の後、2038年の事業化、2045年以降の投資回収を想定

①～④の開発に対して、  
2021年度から2035年度までの本事業全体の資金需要は、約99億円程度の見通し。

▼ : ステージゲート  
年度 : 20XX度を「XX年度」と表記

	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度	34年度	35年度
①大型高効率水素圧縮機の開発	大型機・小型機で各々技術検討 → 試験機製作 → 実証運転 → 上市を計画														
②動力回収型膨張タービンの開発	調査	調査	要素研究	要素研究	小型試験機設計	小型試験機製作	小型試験	大型試験機設計	大型試験機製作	大型試験	大型実証機設計	大型実証機製作	大型実証機据付	大型実証	上市
③Wetタービンの開発	調査	調査	要素研究	要素研究	小型試験機設計	小型試験機製作	小型試験	大型試験機設計	大型試験機製作	大型試験	大型実証機設計	大型実証機製作	大型実証機据付	大型実証	上市
④磁気冷凍機の開発	調査	調査	要素研究	要素研究	小型試験機製作	小型試験機製作	小型試験	小型試験	大型化研究	大型化研究	大型試験機設計	大型試験機製作	大型試験	大型試験	実証検討
CO2削減効果 (万t/y)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.6	2.4	5.4

# 1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像





# 1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	<ul style="list-style-type: none"><li>今回研究開発される製品を、まずはいち早く自社もしくはパートナーの液化機に搭載実証し、その性能を確認し、またさらなる改良点を研究する。また、圧縮機については小型機が完成次第、速やかに国内サイトで実水素を使用した模擬実証を行い、性能・改良点を研究する。</li><li>そのため、自社もしくはパートナーの液化機には、開発中の製品を実証するためのバイパスプロセス、接続口、計測口、実証スペースの確保等、予め開発機器の実証を想定した設計を施す。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>①大型高効率水素圧縮機<ul style="list-style-type: none"><li>既存圧縮機用生産設備・システム、部品調達サプライチェーン、アフターサービス体制の大部分をそのまま利用でき、設備投資を最小限とすることが可能。</li></ul></li><li>②動力回収型膨張タービン ③Wetタービン<ul style="list-style-type: none"><li>既存のタービンの生産/組立工場、アフターサービス体制を有しておりそれらを有効活用し設備投資を最小限とする。</li></ul></li><li>④磁気冷凍機<ul style="list-style-type: none"><li>磁気冷凍機については、NIMSと連携し、新たな部品ベンダーの育成に取り組む。</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>今回研究開発される①要素技術は、まずはいち早く欧州等のパイプライン用途に転用実装し、“高昇圧・高効率”技術の実績を確立する。 液化用途については、小型機が完成次第、速やかに国内サイトで実水素を使用した実証を行い、液化機を模擬したシミュレーションベースの有効性を早期にPRする。</li><li>また自社の液化機に搭載されている製品において不具合が発生した場合、同一機種の使用している顧客に対して、積極的にその情報を伝え、迅速な対応を行い顧客の信頼を得る。</li><li>自社の水素関連製品を総合的に営業活動する組織体制を整える。</li></ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"><li>①圧縮機に関しては、液化機用途の要素技術をパイプライン等の汎用用途へ適用する方法・課題について検討中。</li><li>その他機器についてはプロジェクト完了以降に実証試験を予定</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>①圧縮機に関しては、液化機以外の汎用用途にも適用した場合の必要生産設備や投資計画を検討中。</li><li>その他機器については、製品コンセプトから検討中、部品構成が明確化し次第、設備投資を最小限とする方針で製品設計を展開。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>①圧縮機については欧州パイプラインを含めた多用途への展開を検討中。</li><li>その他機器についてはまだ製品コンセプトの検討段階だが、製品の成立性が見えてきたところで、技術PRなどを積極的に行う。</li></ul>

# 1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

### 研究開発・実証



### 設備投資



### マーケティング



#### 国際競争 上の 優位性

- 今回研究開発される製品が適用される液化機は、国際水素サプライチェーン向けにのみ使用される大型サイズの製品であり、当社が世界に先駆けて開発した製品を実証、使用することとなる。したがって国外企業に対し先行優位性が確保できる。
- ①圧縮機の要素技術は多用途に展開でき、2020年代に立ち上がる欧州パイプラインにおいて早期の実績を作ること、"高昇圧・高効率"の要素技術について国外企業に対して先行優位性が確保できる。

- 今回研究開発される製品は大部分を純国産部品の使用を想定しており、日本メーカーの技術と設備が使用される。したがって、日本メーカーの優位性が確保される。

- 当社は世界各国に事業拠点を有しており、それらの販売網を利用して、今回研究開発される製品を世界各国に供給し、後発のメーカー追従を許さず、国際競争力を維持することが可能である。



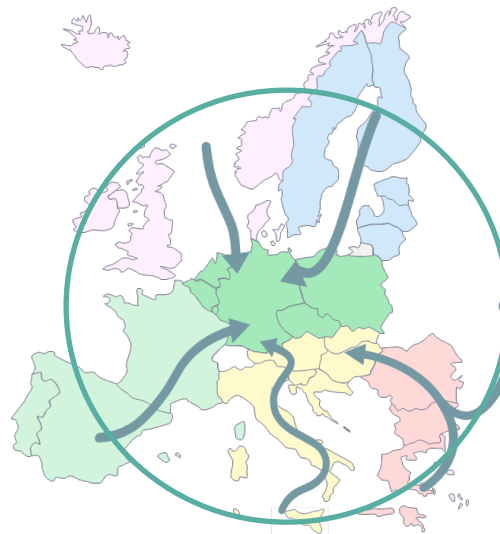
## 1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

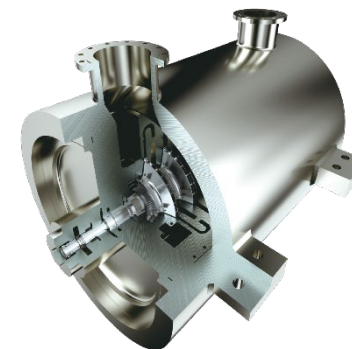
### 大型高効率水素圧縮機 水素パイプラインへの展開／国際競争での優位性

- 欧州では、既存のガスインフラを最大限活用した欧州域内の水素輸送インフラの展開を目指す構想が打ち出されており、2030年までに大規模な純水素パイプライン(PL)が敷設される計画。
- **本GI基金事業で開発した要素技術をPL用途に転用し、いち早く製品事業を開始。**  
**巨大な欧州PL市場に展開するべく、欧州企業等と検討に着手。**
- 2030年から事業化する液化機用途においても、国際競争での優位性を確立しシェアを獲得するため、PLで実績が証明された固有技術を全面PRしてスペックインに繋げる。

欧州では5つの主要コリドーで最終需要地  
ドイツに向かって純水素PLが敷設される



パイプライン用圧縮機  
(GIでの要素技術を転用)



# 1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

## 資金調達方針

- ①大型高効率水素圧縮機の開発
- ②動力回収型膨張タービンの開発
- ③Wetタービンの開発
- ④磁気冷凍機の開発

の4つの開発に対して、総額約99億円程度の資金計画を予定。

(単位：百万円)	合計
事業全体の資金需要	約99億円
うち研究開発	(同上)

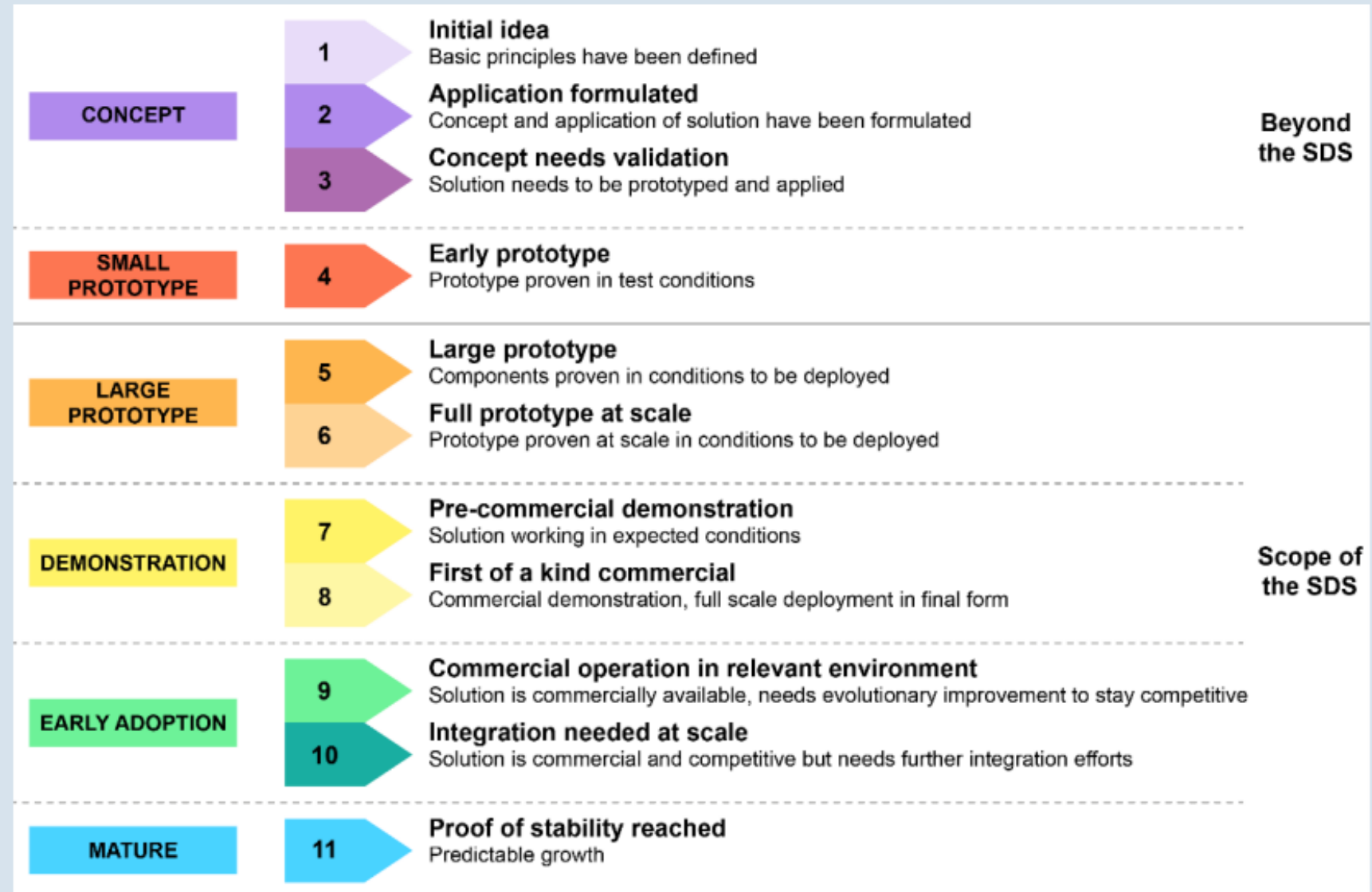
①～④の開発に対して、  
2021年度から2035年度までの本事業全体の資金  
需要は、約99億円程度の見通し。

本件は委託事業であるが、上記の資金需要のうち、  
インセンティブ額や人件費等については必要額の自己  
負担を計画。

## 2. 研究開発計画

# TRLの定義

## Technology readiness level scale applied by the IEA



## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

### ①大型高効率水素圧縮機の開発を達成するために必要な複数のKPIを設定

#### 事業全体のアウトプット目標

液化機に搭載される機器の性能を向上させ、2050年20円/Nm<sup>3</sup> の水素コストの達成に資する

#### 研究開発項目

##### ①-1 小型機要素技術開発

#### 研究開発内容

1 インペラ強度

2 空力性能

3 ローターダイナミクス

4 冷却

5 材料

#### アウトプット目標

- ・小型機の開発に必要な要素技術の開発を完了し、試験機製作の目処をつける。
- ・要素技術開発の結果、液化効率を向上させる見通しを得る。

KPI ※KPIについては、検討フェーズの結果から、より適切な数値に改訂するものとします。

高周速化を実現

高昇圧および高効率が同時成立するインペラを実現

高速回転に対応可能なローターの開発

圧縮ガスの冷却

水素脆化に対応し、必要強度を満足する材質を選定する

#### KPI設定の考え方

- ・1台の遠心圧縮機で高圧力比を達成するため、高周速化が必要。
- ・高昇圧と省エネ性の双方に同時対応するインペラの最適化が必要。
- ・遠心圧縮機で高圧力比を達成するため、ロータの高速回転が必要。
- ・圧縮された水素ガスに対して、適切な冷却で温度を下げる必要がある。
- ・機械的な健全性確保のため、圧縮機の接ガス部品は、水素脆化割れの発生がないことが必要。

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

### ①大型高効率水素圧縮機の開発を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
①-2 試験機の製作及び試験の実施とスケールアップ		開発対象である小型圧縮機の製作、工場試験を実施し、目標性能を達成していることを確認。順次サイズアップした試験機を製作・試験を実施し、目標性能を達成していることを確認。結果、液化効率を向上させる目途を得る。	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① 小型機の製作		小型機の製作完了	<ul style="list-style-type: none"><li>工程管理、品質管理を行い、製作・検査を計画通りに進め、圧縮機として完成させる。</li></ul>
② 小型機での試験実施		小型機を用いて試験を実施し、目標性能達成を確認する	<ul style="list-style-type: none"><li>空力性能試験、機械性能試験、気密試験などを行い、目標の性能が満たされていることを確認する。</li></ul>
③ 大型化に係る要素技術の開発		特殊構造、特殊軸受採用に必要な技術開発を完了する	<ul style="list-style-type: none"><li>特殊構造、加工/組立性検討を実施する。</li><li>特殊軸受ロータの確認試験を実施する。</li></ul>
④ 中型機の製作及び試験の実施		中型試験機を製作し、試験を通して目標性能達成を確認する。	<ul style="list-style-type: none"><li>工程管理、品質管理を行い、製作・検査を計画通りに進め、中型機を完成させる。</li><li>空力性能試験、機械性能試験、気密試験などを行い、目標の性能が満たされていることを確認する。</li></ul>
⑤ 大型機の製作及び試験の実施		大型機を製作し、試験を通して目標性能達成を確認する	<ul style="list-style-type: none"><li>工程管理、品質管理を行い、製作・検査を計画通りに進め、大型機を完成させる。</li><li>空力性能試験、機械性能試験、気密試験などを行い、目標の性能が満たされていることを確認する。</li></ul>

※KPIについては、検討フェーズの結果から、より適切な数値に改訂するものとします。

計画変更のため削除

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済

### ②動力回収型膨張タービンの開発を達成するために必要な複数のKPIを設定

#### 事業全体のアウトプット目標

液化機に搭載される機器の性能（大型化及び高効率化）を向上させ、2050年20円/Nm<sup>3</sup>の水素コストの達成に資する。

#### 研究開発項目

② 動力回収型膨張タービンの開発

#### アウトプット目標

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。

#### 研究開発内容

1 水素環境に対応する高速発電機

2 水素環境に対応する高速磁気軸受

3 プロセスガスを利用した発電機冷却方法

#### KPI

水素環境中での発電出力

#### KPI設定の考え方

液化機に複数台使われるタービンのうち、代表的な仕様のもを対象に開発。試験機での開発目標として水素環境中での発電出力値を設定。



## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済

### ③Wetタービンの開発を達成するために必要な複数のKPIを設定

#### 事業全体のアウトプット目標

液化機に搭載される機器の性能を向上させ、2050年20円/Nm<sup>3</sup> の水素コストの達成に資する。

#### 研究開発項目

#### ③ Wetタービンの開発

#### アウトプット目標

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。

#### 研究開発内容

1 気液二相の水素条件で  
作動するタービン設計

2 高速回転軸系  
（軸受含む）

3 タービンと制動部間の  
シール技術

#### KPI

タービン効率：約75%

#### KPI設定の考え方

液化機に使われるWetタービンとして想定される仕様を設定し、試験機での開発目標として左記の値を設定。

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済

### ④磁気冷凍機の開発を達成するために必要な複数のKPIを設定

#### 事業全体のアウトプット目標

液化機に搭載される機器の性能を向上させ、2050年20円/Nm<sup>3</sup> の水素コストの達成に資する。

#### 研究開発項目

#### ④ 磁気冷凍機の開発

#### アウトプット目標

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。

#### 研究開発内容

1 BOG数%抑制に相当する冷却性能を有する熱交換システムの開発

2 磁性体を励磁／消磁するための磁石の機械的駆動機構

#### KPI

冷凍能力0.4kW  
強磁場下で数百cycle/hの磁石高速駆動

#### KPI設定の考え方

液化効率を数%向上するのに必要な磁気冷凍機の冷却能力を想定し、試験機としての開発目標として左記の値を設定。

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### ①大型高効率水素圧縮機の開発のKPIの目標達成に必要な解決方法を提案

#### ①-1 小型機要素技術開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 インペラ強度	高周速化を実現	机上検討 段階 提案時TRL:1 →現状TRL:4	ラボレベル 試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>既存インペラの構造をベースに、シミュレーションを行い形状を決定。試験インペラを製作し、回転試験を行い成立性を確認する。</li></ul>	達成
2 空力性能	高昇圧および高効率 が同時成立する インペラを実現	机上検討 段階 提案時TRL:1 →現状TRL:3	ラボレベル 試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>当社で実績のある、流路最適化技術により、空力性能の最適化を行い、シミュレーション、試験により成立性を確認する。</li></ul>	60% (今ステージも継続して検討中)
3 ローターダイナミクス	高速回転に対応可能な ローターの開発	机上検討 段階 提案時TRL:1 →現状TRL:4	ラボレベル 試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>滑り軸受とロータの形状を仮定し、検討計算を実施し、運転回転数が危険回転数から余裕を持って離調していることを確認。</li><li>要素試験機を用いて、軸受けの特性を計測し、成立性を確認する。</li></ul>	達成
4 冷却	圧縮ガスの冷却	机上検討 段階 提案時TRL:1 →現状TRL:3	設計完了 TRL:3	<ul style="list-style-type: none"><li>既存遠心圧縮機の構造をベースに、熱伝導・熱伝達シミュレーションを行い入力仕事低減の成立性を確認する。</li></ul>	達成
5 材料	水素脆化に対応し、 必要強度を満足する 材質を選定する	机上検討 段階 提案時TRL:1 →現状TRL:4	ラボレベル 試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>候補材料に対して、実際の使用環境を模擬した雰囲気での要素試験を実施。使用環境における、対水素脆化材料強度の成立性を確認する。</li></ul>	達成

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### ①大型高効率水素圧縮機の開発のKPIの目標達成に必要な解決方法を提案

※達成レベルに定義との不整合があり見直し

#### ①-2 試験機の製作及び試験の実施とスケールアップ

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
6 小型機の設計、製作	小型試験機の設計、製作完了	机上検討段階 提案時TRL:1 →現状TRL:2	実証機の製作完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>小型機の設計を実施。工程管理、品質管理を行い、調達・製作を進め、圧縮機としての成立性を確認する。</li></ul>	50%
7 小型機の試験実施	小型試験機を用いて試験を実施し、目標性能達成を確認する	机上検討段階 提案時TRL:1 →現状TRL:2	実証試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>小型機の工場試験、実証試験を行い、目標性能を達成していることを確認する。</li></ul>	60%
8 大型化に係る要素技術の開発	特殊構造、特殊軸受採用に必要な技術開発を完了する	机上検討段階 提案時TRL:1 →現状TRL:2	ラボレベル試験完了 TRL:4	<ul style="list-style-type: none"><li>加工・組立シミュレーションを行い、課題の解決を確実に行う。</li><li>ロータモデルを製作し、特殊軸受ロータシステムの確認試験を行う。</li></ul>	50%
9 中型機の設計、製作及び試験の実施	中型試験機を設計、製作し、試験を通して目標性能達成を確認する	机上検討段階 TRL:1	工場試験完 計画変更のため削除	<ul style="list-style-type: none"><li>中型機の設計、製作を行い、圧縮機としての成立性を確認する。</li><li>中型機の工場試験を行い、目標性能を達成していることを確認する。</li></ul>	50%
10 大型機の設計、製作及び試験の実施	大型機を設計、製作し、試験を通して目標性能達成を確認する	机上検討段階 提案時TRL:1 →現状TRL:1	工場試験完了 TRL:5	<ul style="list-style-type: none"><li>大型機の設計、製作を行い、圧縮機としての成立性を確認する。</li><li>大型機の工場試験を行い、目標性能を達成していることを確認する。</li></ul>	50%

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

②動力回収型膨張タービンの開発のKPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 水素環境に対応する高速発電機	水素環境中での発電出力	机上検討段階 TRL:1	ラボレベル試験完了 TRL:4~5	発電機の構成材料について耐水素性の成立性を確認する。その構成材料によって高速回転可能な発電機システムを試作し、水素環境中で単体で発電性能を確認する。	50%
2 水素環境に対応する高速磁気軸受		机上検討段階 TRL:1	ラボレベル試験完了 TRL:4~5	磁気軸受の構成材料について耐水素性の成立性を確認する。その構成材料によって高速回転可能な磁気軸受システムを試作し、水素環境中で回転性能等を確認する。	
3 プロセスガスを利用した発電機冷却方法		机上検討段階 TRL:1	ラボレベル試験完了 TRL:4~5	プロセスガスによる発電機冷却構造について、液化効率への影響を踏まえてシミュレーションにて決定する。冷却構造を備えた発電機とタービンを一体化したコンセプト機を試作し、低温水素環境中で回転試験を行い機械的な成立性を確認する。	

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### ③Wetタービンの開発のKPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 気液二相の水素条件で作動するタービン設計	タービン効率： 75%	机上検討 段階 TRL:1	ラボレベル 試験完了 TRL:4~5	液水環境でキャビテーション数を合わせた相似試験をおこなって、性能計測による成立性の確認を行う。	50%
2 高速回転軸系 (軸受含む)		机上検討 段階 TRL:1	ラボレベル 試験完了 TRL:4~5	液水中の実機スケールの実回転数試験にて、成立性の確認を行う。	
3 タービンと制動部間の シール技術		机上検討 段階 TRL:1	ラボレベル 試験完了 TRL:4~5	液水と気体水素間のシール性能を計測可能な実機スケール試験機を製作して、成立性の確認をする。	

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### ④磁気冷凍機の開発のKPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 BOG数%抑制に相当する冷却性能を有する熱交換システムの開発	冷凍能力0.4kW  強磁場下で数百cycle/hの高速駆動	机上検討段階 TRL:1	実証機の製作完了 TRL:3~4	<ul style="list-style-type: none"><li>大きな冷凍能力を出力するため並列設置可能な磁気冷凍機モジュールを開発する。</li><li>ダウンサイジングを可能とする磁性材料の選定と熱交換技術の性能向上を行い、磁気冷凍機モジュール（1/2スケール）の成立性を確認する。</li></ul>	50%
2 磁性体を励磁／消磁するための磁石の機械的駆動機構		机上検討段階 TRL:1	実証試験完了 TRL:3~4	<ul style="list-style-type: none"><li>強大な磁力に対応し、磁石 z の高速駆動を可能とする機械的駆動機構を開発。</li><li>磁気冷凍機モジュール（1/2スケール）にて機械的駆動機構の成立性を確認する。</li></ul>	



## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度 (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
① インペラ強度	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>要素技術開発完了</li><li>特許関連調査完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>なし (次ステージに移行)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>スピントストを実施し、所定の周速に耐えることを確認した。(KPI達成)</li><li>国内外の競合他社を対象に特許調査を行い、取得状況の整理、および知財面での留意点等を検討。特許調査報告書にまとめた。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗 KPI達成
② 空力性能	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>要素技術開発完了</li><li>特許関連調査完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>なし (次ステージに移行)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>単段試験機による性能試験を実施した。</li><li>一部段落において性能が若干KPIを下回る結果となり、追加検証試験をステージ2にて実施。</li><li>特許調査については同上。</li></ul>	○ (理由) KPI未達なるものの圧縮機システム全体の効率化により目標達成の見込みあり。
③ ロータダイナミクス	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>要素技術開発完了</li><li>特許関連調査完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>なし (次ステージに移行)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>高速バランス試験を実施し、所定の回転数で安定運転できることを確認した。(KPI達成)</li><li>特許調査については同上。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗 KPI達成

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度 (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
4 冷却	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>冷却方式の決定</li><li>特許関連調査完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>なし (次ステージに移行)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>各冷却方式について机上検討を実施し、KPI達成の目途を付けた。</li><li>特許調査については前頁と同じ。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗 KPI達成
5 材料	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>材料試験完了</li><li>特許関連調査完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>なし (次ステージに移行)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>選定材料の材料試験を実施し、材料強度特性を取得。水素環境下で利用できることを確認した。</li><li>特許調査については同上。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗 KPI達成

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度 (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
6 小型機的设计、製作	<p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>第二次製品化調査報告書 '25.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>性能改善するべく追加の単段試験を行い、原因部位を特定した。この知見を小型試験の設計に反映し、KPI達成の見込みが得られた。</li><li>小型試験機の部品の製作中。</li><li>一部の手配部品納入に遅れが生じているが、24年度末のマイルストーンには影響なし</li></ul>	○ (理由) 一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし
7 小型機での試験実施	<p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>工場試験報告書 '25.3月</li><li>サイト実証試験実施計画書 '25.3月</li><li>小型機改造報告書 '26.3月</li><li>サイト据付工事完了報告書 '26.3月</li><li>サイト実証運転報告書 '27.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>工場運転における試験条件を検討中。</li><li>サイト実証試験設備の基本設計が完了。基本設計段階の安全アセスメント (HAZID/HAZOP)を実施済み。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗
8 大型化に係る要素技術の開発	<p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>特殊軸受および特殊構造適用検討書 '25.3月</li><li>特殊軸受および特殊構造実装効果検討書 '25.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>更なる高性能化を目指して新コンセプトロータの成立性を確認するために試験装置が完成し、試験を実施。コンセプトが成立することを確認した。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容（これまでの取組）

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度（②動力回収型膨張タービン）

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 水素環境に対応する高速発電機	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>磁石の水素暴露 1 次試験</li><li>磁石の水素暴露 2 次試験</li><li>高周波電力変換装置の試作評価機的设计完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>発電機ロータのスピントスト</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>磁石の水素暴露評価は 1 次評価試験が完了。破損等が生じなかった候補材に対して、2 次評価試験を完了。</li><li>発電機ロータの磁石固定部構造について試作評価中。スピントストの供試体の設計を実施中。</li><li>高周波電力変換装置の試作評価機的设计を完了。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗
2 水素環境に対応する高速磁気軸受	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>磁気軸受の制御評価試験装置的设计完了</li><li>構成材料の水素適合性試験完了</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>同試験装置の製作完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>磁気軸受の制御評価試験装置的设计中。装置部品のリードタイムの長期化により装置完成の遅れが見込まれるものの、24年度末のマイルストーン達成には問題無い。</li><li>軸受の構成材料について水素適合性確認試験を実施中。</li></ul>	○ (理由) 一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし
3 プロセスガスを利用した発電機冷却方法	<p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>プロセスガス冷却技術の概略設計完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>発電機の構造仕様（冷却部を除く）を決定し、それを基にした冷却構造の概略検討を実施中。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度 (③Wetタービン)

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 気液二相の水素条件で作動するタービン設計	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>要素試験用タービン設計完了</li><li>タービン性能試算完了</li><li>要素試験機の詳細設計完了、製作着手</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>水タービン要素試験機の試運転完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>気液二相水素条件で作動するタービンの性能評価技術構築に着手。実在ガス&amp;液体水素の物性を組み込んだ流体解析技術を構築し、試解析まで進めている。キャビテーション評価精度を含め、今後評価精度の検証を進める。</li><li>タービンの設計精度検証に向けて、水を用いたタービン要素試験の準備を進めた。試験用タービンや試験設備の詳細設計は完了、製作に着手。</li></ul>	◎ (理由) 予定通り進捗
2 高速回転軸系 (軸受含む)	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>予測ツールを用いた液体水素軸受評価技術の検証</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>流体解析を活用した液体水素軸受評価技術の構築</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>液体水素軸受関連の文献、及び特性予測が可能な1次元ツール調査を行った。最有力と思われるツールを導入し、軸受概略サイズや作動条件の見積を行った。</li><li>将来的に、より複雑形状で高性能な軸受開発を進める予定のため、より正確に性能評価可能な技術を3次元非定常流体解析をベースに構築着手した。簡易形状の軸受を対象に試算を行い、文献の計測結果や1次元ツールとの比較検証を進めている。</li></ul>	○ (理由) 一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし
3 タービンと制動部間のシール技術	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>シール要素試験機の概略設計完了</li><li>シール要素試験機の詳細設計完了、製作着手</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>シール要素試験完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>液化水素条件でシールの要素試験ができる施設の調査を進め、JAXA/能代実験場が最適との結論を得た。設備詳細仕様のヒアリングにもとづき要素試験機の詳細設計を終え、製作に着手した。</li><li>伝熱解析を活用して、シールの基礎的な性能予測技術や設計手法の高度化にも着手している。</li></ul>	○ (理由) 一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度 (④磁気冷凍機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 BOG数%抑制に相当する冷却性能を有する熱交換システムの開発	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>要素試験計画書完了</li><li>試験装置設計、仕様書作成完了、装置発注</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>試運転完了</li><li>熱交換評価試験完了</li></ul>	<p>&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>液化水素と磁性体の熱交換の相似条件 (代替条件) での試験を計画。試験装置の発注を完了、製作中。</li><li>試験装置における一部の部品でリードタイムの長期化により、装置完成と試運転が当初予定から遅れる見込みだが、試験期間に対して余裕があるため、24年度末のマイルストーンに対して問題なし。</li></ul>	<p>○</p> <p>(理由)</p> <p>一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし</p>
2 磁性体を励磁/消磁するための磁石の機械的駆動機構	<p>&lt;通過&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>開発計画書作成完了</li><li>試験装置の設計完了</li><li>試験装置発注</li></ul> <p>&lt;直近&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>試運転完了</li><li>試験評価完了</li></ul>	<p>&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>磁石の機械的駆動機構の要素試験装置の基本設計を完了。</li><li>試験装置の長納期部品の発注は完了しており、一部短納期部品の未発注はあるが、24年9月の試運転は予定通り完了できる見込み。</li></ul>	<p>○</p> <p>(理由)</p> <p>一部遅れがあるが、24年度末のマイルストーンには影響なし</p>

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 インペラ強度	<ul style="list-style-type: none"><li>なし (ステージ1にて完了)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>試験が完了し、KPI達成を確認</li></ul>	(課題なし)
2 空力性能	<ul style="list-style-type: none"><li>なし (ステージ1にて完了)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>圧縮機性能の改善</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>KPIを下回った原因調査を実施し、原因箇所を特定。ここで得られた知見を小型試験機の空力設計に反映し、効率の改善を図る。</li></ul>
3 ロータダイナミクス	<ul style="list-style-type: none"><li>なし (ステージ1にて完了)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>試験が完了し、KPI達成を確認</li></ul>	(課題なし)



## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
4 冷却	<ul style="list-style-type: none"><li>なし (ステージ1にて完了)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>冷却仕様の最終決定 ※技術課題ではないが、プロジェクト期間中に実施する。</li></ul>	(課題なし)
5 材料	<ul style="list-style-type: none"><li>なし (ステージ1にて完了)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>試験が完了し、KPI達成を確認</li></ul>	(課題なし)

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (①大型高効率水素圧縮機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
6 小型機的设计、製作	<ul style="list-style-type: none"><li>第二次製品化調査報告書 '25.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>圧縮機性能の改善</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>②空力性能と同様</li></ul>
7 小型機での試験実施	<ul style="list-style-type: none"><li>工場試験報告書 '25.3月</li><li>サイト実証試験実施計画書 '25.3月</li><li>小型機改造報告書 '26.3月</li><li>サイト据付工事完了報告書 '26.3月</li><li>サイト実証運転報告書 '27.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>代替ガス試験の条件検討</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>各種制約を回避しつつ、圧縮機の性能と健全性を評価する方案を検討中。</li></ul>
8 大型化に関わる要素技術の開発	<ul style="list-style-type: none"><li>特殊軸受および特殊構造適用検討書 '25.3月</li><li>特殊軸受および特殊構造実装効果検討書 '25.3月</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>新コンセプトロータの成立性の確認</li><li>特殊構造採用時の防爆規格、要求仕様が不明</li><li>特殊軸受採用時の圧縮機効率低下を加味した省エネ性評価</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>試験装置を製作してコンセプト確認試験を実施予定。</li><li>防爆コンサルを受診し、要求仕様が明確化する。</li><li>小型機ベースで特殊軸受を概略設計し、隙間からの漏れ量を評価する。</li></ul>

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (②動力回収型膨張タービン)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 水素環境に対応する高速発電機	<ul style="list-style-type: none"><li>発電機ロータのspinテスト</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>磁石適用技術の構築</li><li>発電機構造、電力変換装置等の設計精度確認</li><li>防爆等の必要規格の検討</li></ul>	<p>24年度までの今フェーズにおいて各要素試験もしくはシミュレーションにより成立性を確認。 構造成立性が見えてきた時点で規格等についても検討を行っていく。</p>
2 水素環境に対応する高速磁気軸受	<ul style="list-style-type: none"><li>磁気軸受試験装置の製作完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>磁気軸受の制御技術構築</li><li>構成材料の水素適合性確認</li><li>防爆等の必要規格の検討</li></ul>	
3 プロセスガスを利用した発電機冷却方法	<ul style="list-style-type: none"><li>プロセスガス冷却構造設計完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>発電機冷却の成立性</li><li>キャンド構造の成立性</li><li>防爆等の必要規格の検討</li></ul>	

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (③Wetタービン)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 気液二相の水素条件で作動するタービン設計	<ul style="list-style-type: none"><li>水タービン要素試験設備の製作完了</li><li>水タービン要素試験の完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>気液2相水素条件で作動するタービンの性能評価、設計技術</li></ul>	次フェーズ以降の水素を用いた試験での検証を進める予定。
2 高速回転軸系 (軸受含む)	<ul style="list-style-type: none"><li>液体水素軸受の改良設計の完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>液体水素軸受の性能実証</li><li>ロータの液水環境における高速回転</li></ul>	次フェーズ以降の水素を用いた試験での検証を進める予定。
3 タービンと制動部間のシール技術	<ul style="list-style-type: none"><li>シール要素試験装置製作完了</li><li>シール要素試験の完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>気液分離断熱シールの高性能化</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>24年度中に実施する要素試験結果を反映して、流体-伝熱解析を活用したシール性能評価技術の高度化を進める。</li><li>また、次フェーズ以降に実証試験を計画する。</li></ul>

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し (④磁気冷凍機)

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 BOG数%抑制に相当する冷却性能を有する熱交換システムの開発	<ul style="list-style-type: none"><li>試運転完了</li><li>熱交換評価試験完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>熱交換設計精度の確認</li><li>流体切替方法の確立</li></ul>	要素試験にて熱交換設計精度の確認と流体切替方法の試験検討を実施
2 磁性体を励磁／消磁するための磁石の機械的駆動機構	<ul style="list-style-type: none"><li>試運転完了</li><li>試験評価完了</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>磁石駆動機構の技術課題を抽出 (渦電流損の発熱状況など)</li><li>アクチュエータの制御設計確認</li></ul>	要素試験により、技術課題の抽出とアクチュエータ制御の設計確認を実施

## 参考資料（以下を添付いたします）

参考資料：液化機本体の説明

参考資料：各機器が目指す、水素液化機の効率改善レベル

参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 機器のイメージ

参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 課題（１）

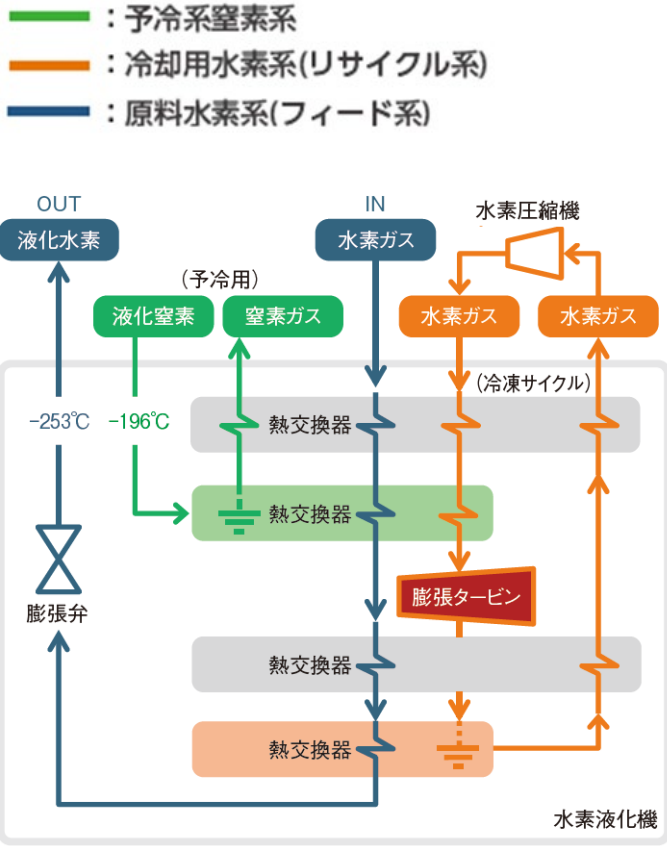
参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 課題（２）

参考資料：②動力回収型膨張タービンの開発 機器のイメージと課題

参考資料：③Wetタービンの開発 機器のイメージと課題

参考資料：④磁気冷凍機の開発 機器のイメージと課題

参考資料：液化機本体の説明



□の機器が、右図の様に真空容器の中に収納されている



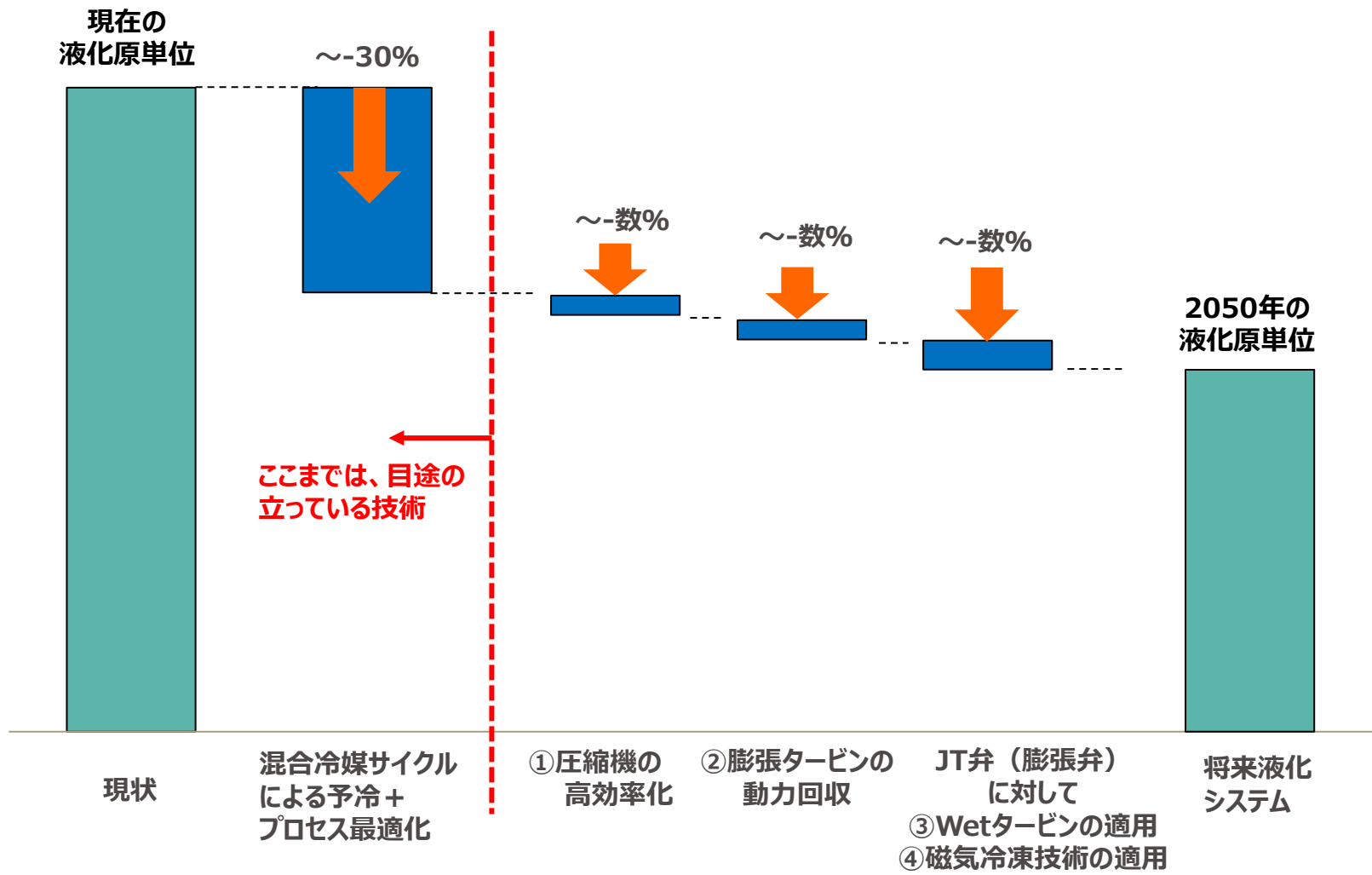
5t/dの小型液化機では、レシプロ型水素圧縮機が採用されている  
(大型向けの遠心型水素圧縮機は現存しない)



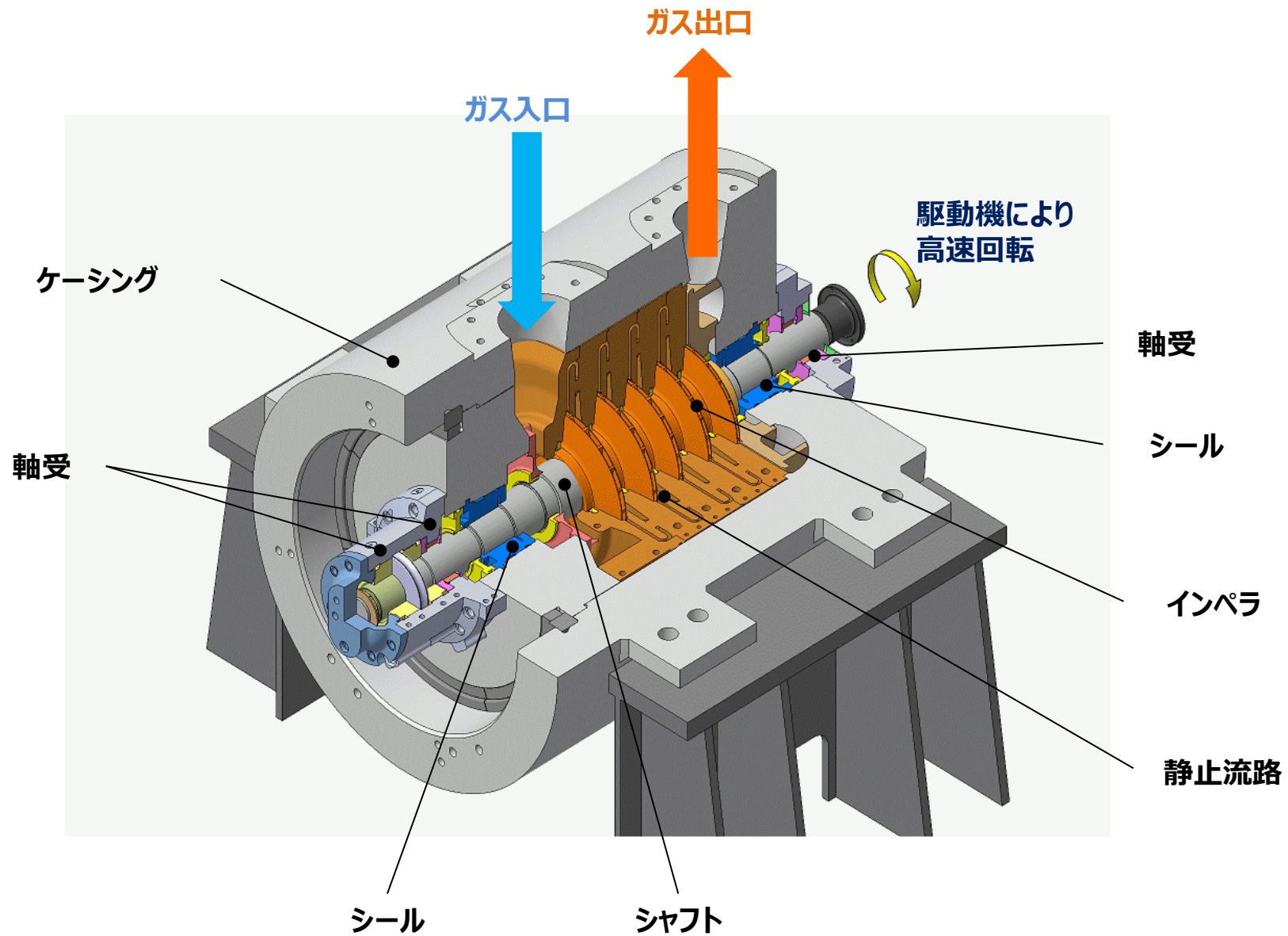
実際の5t/dの液化システム（川崎重工業製）



参考資料：各機器が目指す、水素液化機の効率改善レベル

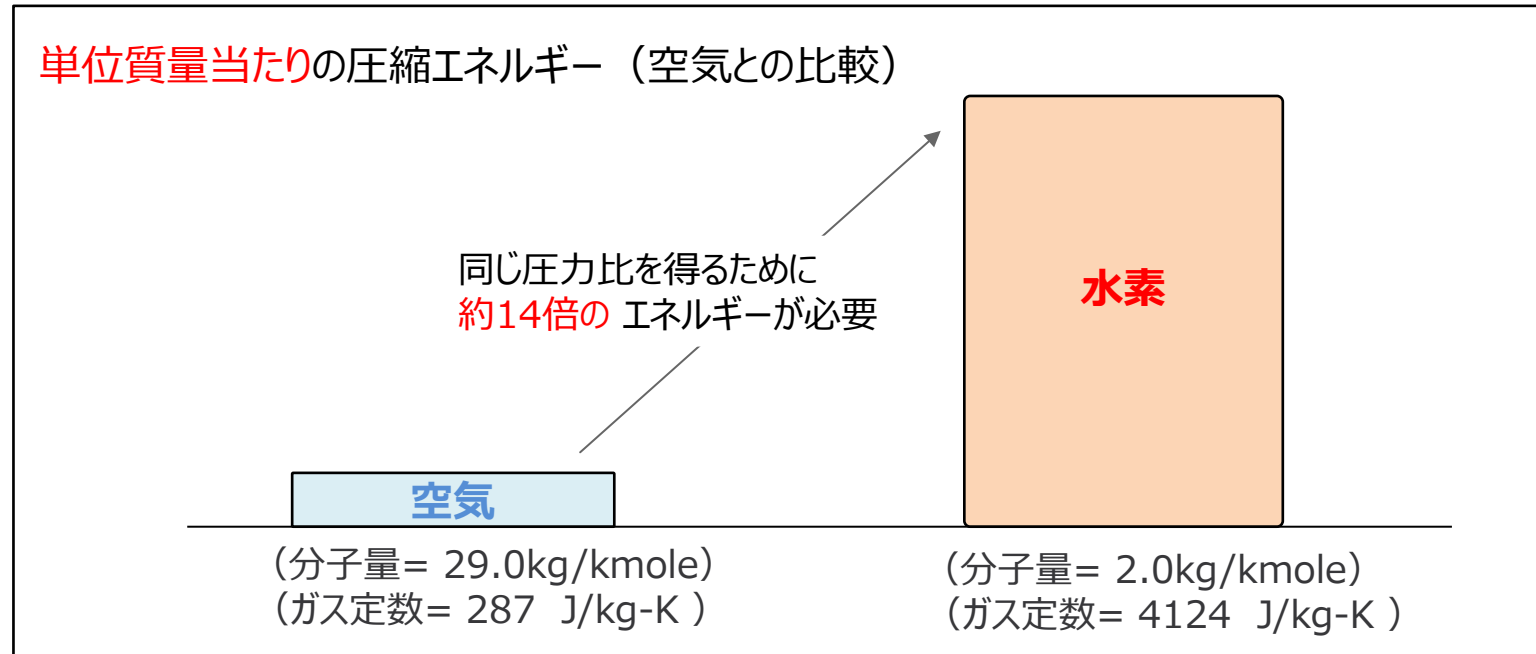


## 参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 機器のイメージ



## 参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 課題（１）

水素圧縮機における本質的な課題は、  
ガスの圧縮過程で大きなエネルギーが必要であること



例えば、空気と比較した場合、水素の分子量は空気の約1/14、ガス定数は約14倍となり、  
空気圧縮に対して水素圧縮は14倍の仕事(エネルギー)が必要となる。

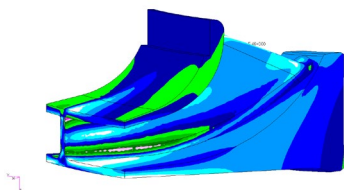
## 参考資料：①大型高効率圧縮機の開発 課題（２）

### 各要素技術の課題克服を**同時成立**させることが課題

#### インペラ強度

高周速化を実現

＜参考＞ 構造強度解析

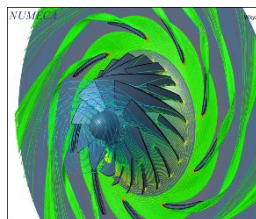


当社の持つ強度解析技術を使用して、構造強度を検討

#### 空力性能

高昇圧および高効率が同時成立するインペラを実現

＜参考＞ CFD解析

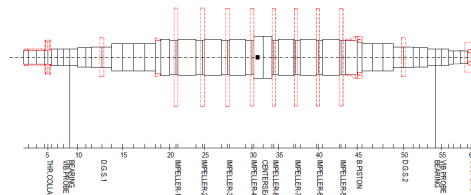


当社の持つシミュレーション技術（CFD）を使用して効率・圧力比を最適化

#### ロータダイナミクス

高速回転に対応可能なロータの開発

＜参考＞ 回転系設計モデル



当社の持つ回転系設計技術を使用して、高速回転体の安定性を検討

#### 冷却

圧縮ガスの冷却

熱交換器メーカーと適切な冷却仕様を検討

#### 材料

水素脆化の影響を受けない高信頼性材料を圧縮機内部に適用し、水素環境下で必要強度を確保する材料技術が必要

当社の持つ材料データや試験装置を使用し、水素環境下における部材強度を評価。必要に応じて圧縮機内部への特殊コーティング等を検討

※課題を最新に変更

各部位に関する課題を示した。

## ③水素環境に対応するための適用技術

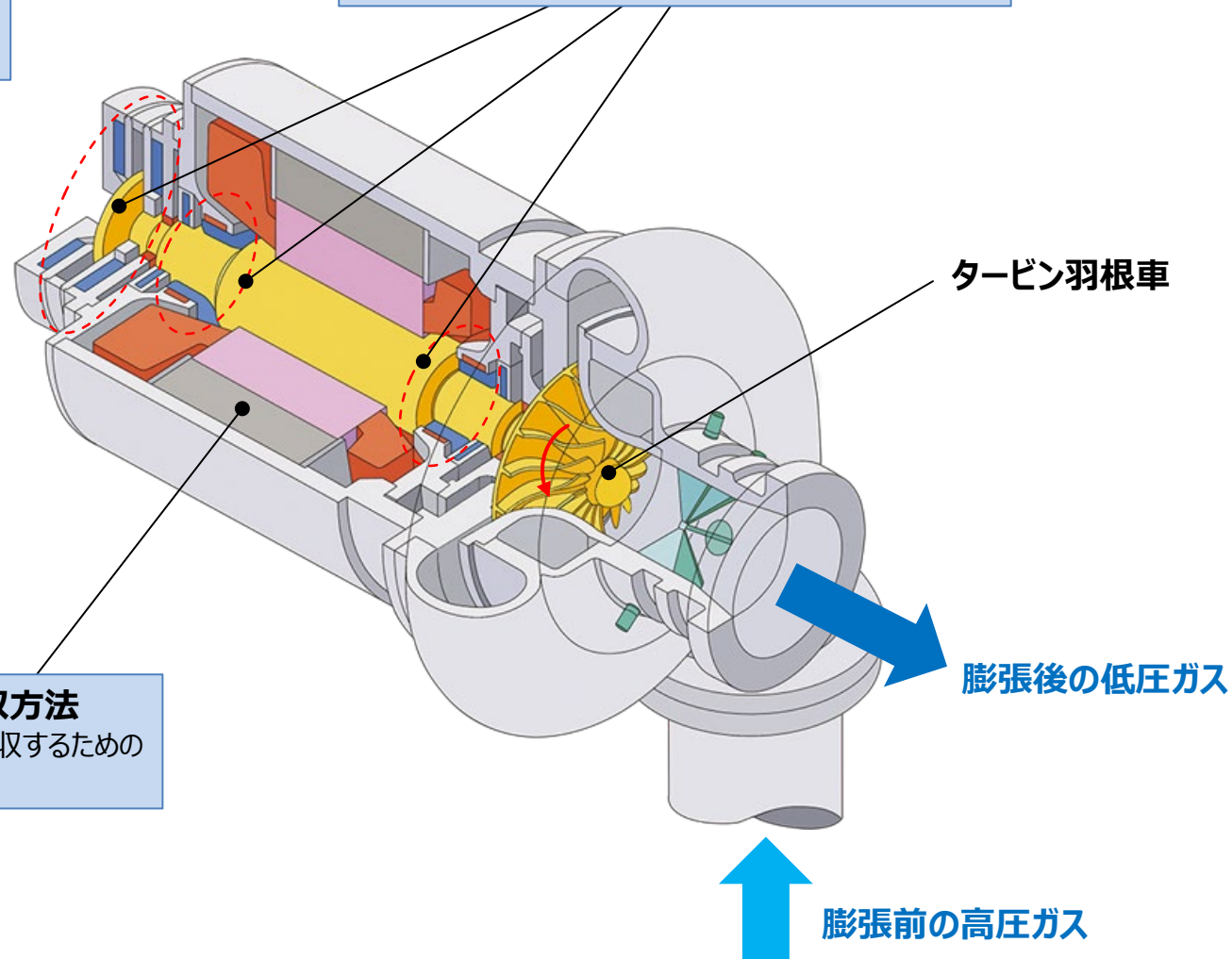
- 発電機・磁気軸受共に水素ガス環境に接するため、安全性および耐久性を実現する技術の適用

## 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

## 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



※機器イメージと課題を最新に変更

各部位に関する課題を示した。

②極低温水素環境中での軸受構造

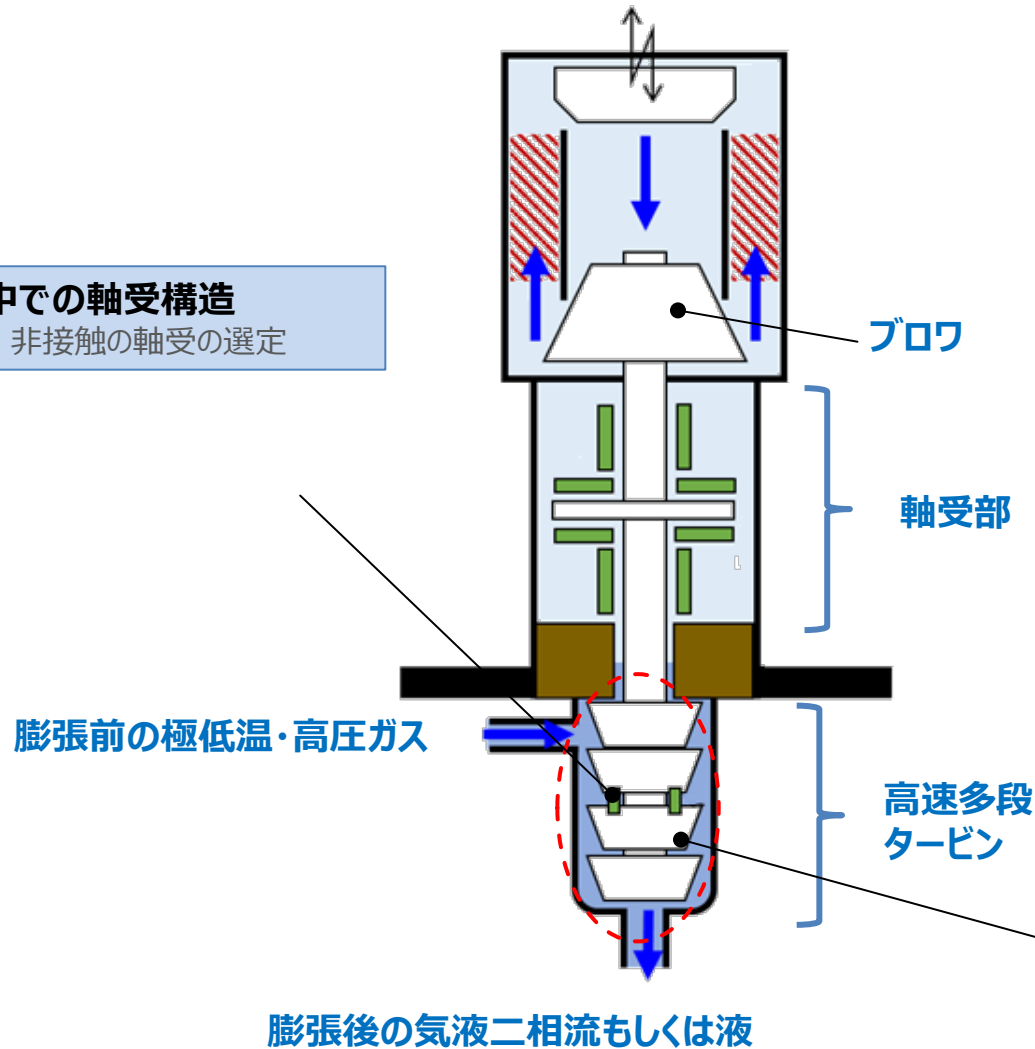
- ・ 超高速、コンタミフリー、非接触の軸受の選定

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。

①極低温水素環境中・高膨張比でのタービン制動方法

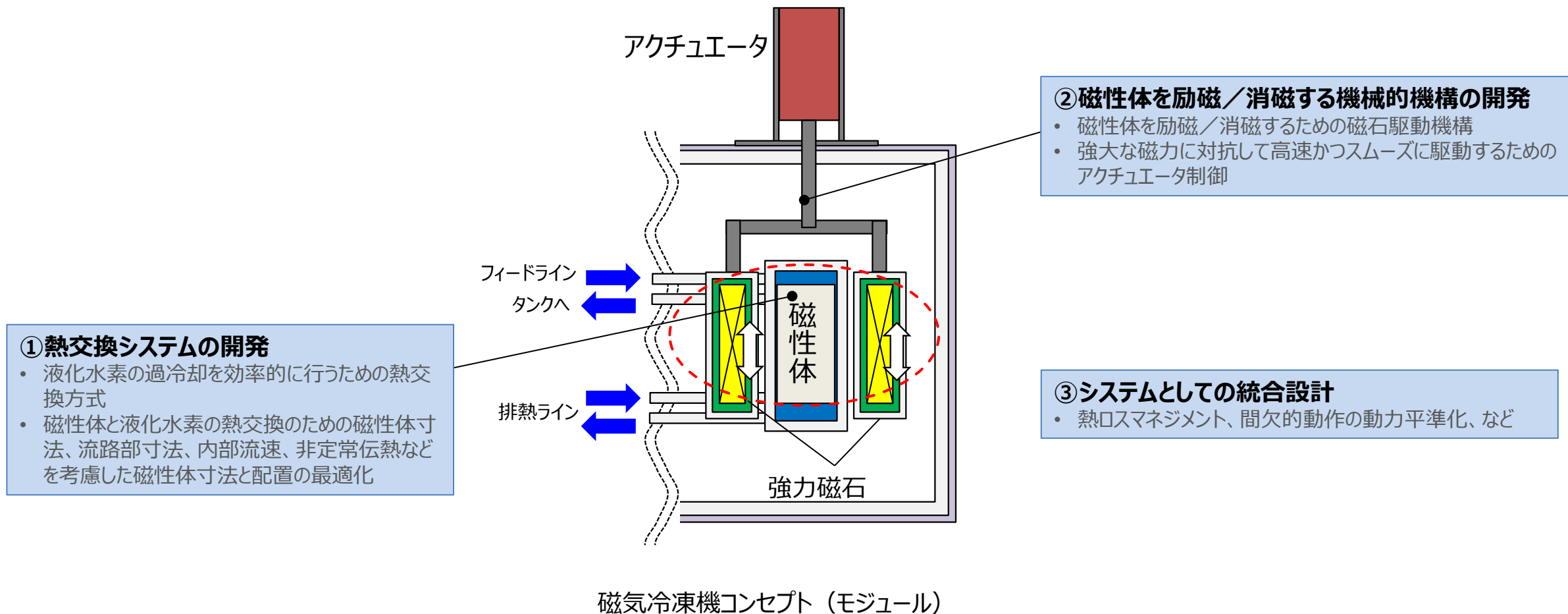
- ・ 水素かつ高膨張比となることから、超高速化が必要
- ・ 種々のコンセプトの比較検討から、制動方式としてブロウ制動を採用



Wetタービンコンセプト

※機器イメージと課題を最新に変更

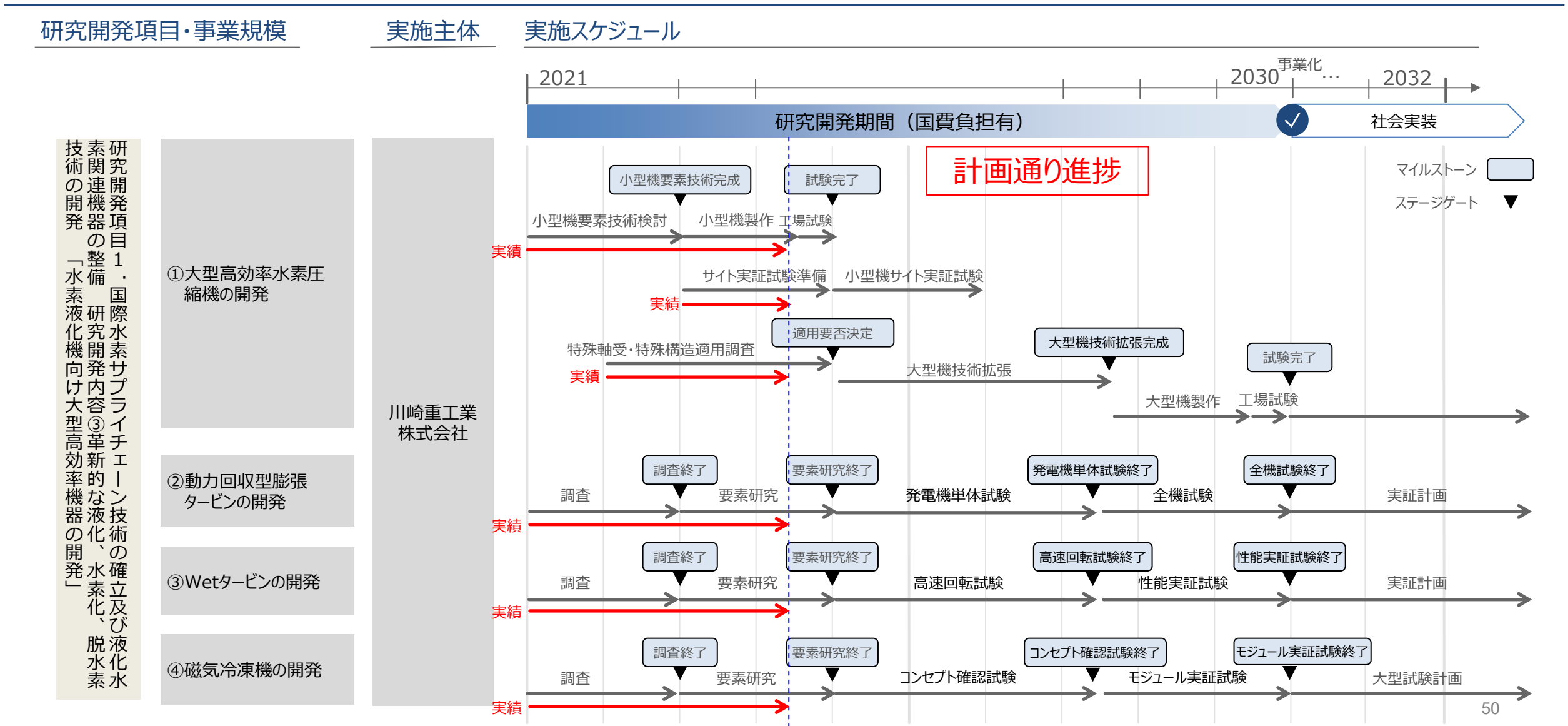
各部位に関する課題を示した。





## 2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

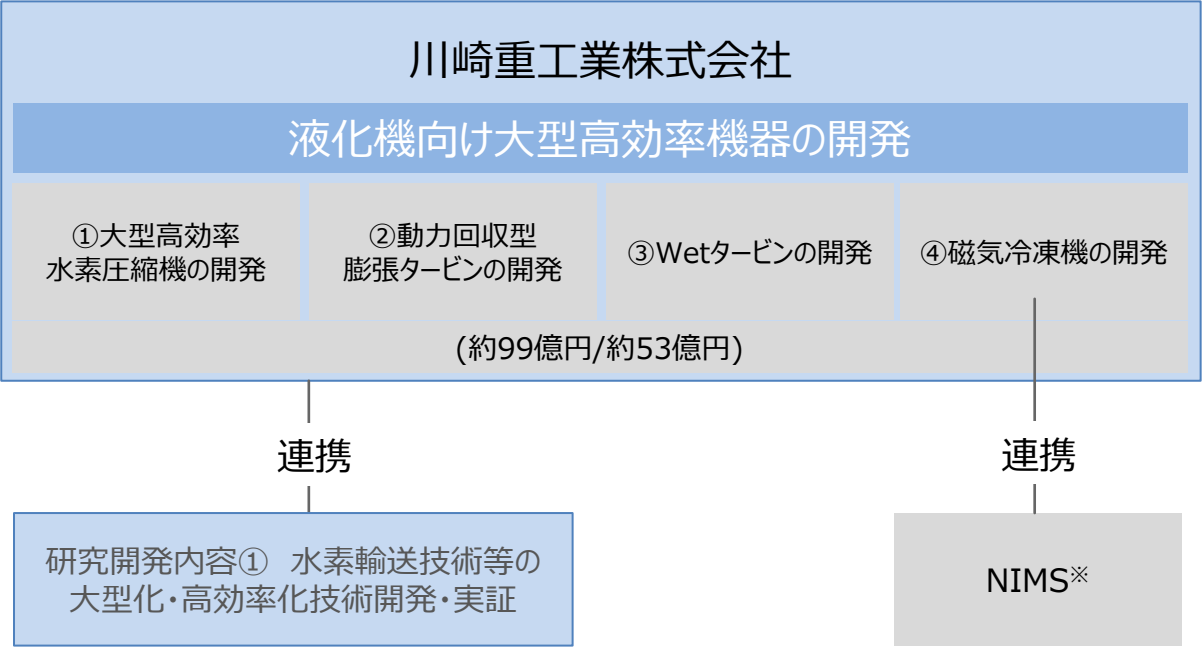
各機器を平行して、小型試験からSTEP by STEPで開発



## 2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

水素液化機及びそのシステム全体を開発する川崎重工自身が、液化機の搭載機器を自社開発する

実施体制図 ※金額は、総事業費/国費負担額



※NIMS:国立研究開発法人物質・材料研究機構

### 各主体の役割と連携方法

#### 各主体の役割

- 各機器の開発を川崎重工業（株）で担う。

#### 研究開発における連携方法

- 「④磁気冷凍機の開発」についてはNIMSとの技術連携を行う。NIMSからは公開可能な範囲での技術・知見等の指導を受けながら、大型液化機への適用に必要な構造コンセプトや実装方法の研究開発を行う。
- 「研究開発内容① 水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証」と連携する。当社は、2050年に向けに本事業で開発される機器や技術情報を、上記連携先に供給し、連携先で実施される将来システムの合理化や、水素コスト試算の検討等に資する。

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

#### ①大型高効率水素圧縮機の開発

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術、開発中の技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 小型機 要素技術開発	① インペラ強度	<u>プロジェクト開始時</u> <ul style="list-style-type: none"><li>当社の有する、高速回転機械に関わる各要素技術（流体・構造強度・熱システム、軸受、回転軸系、材料系）の総合的な基盤技術を用いて、機械としての全体最適を考慮した検討が可能。</li><li>自社で水素液化機を開発しており、水素ガスに対する材料選定、伝熱特性に関する基盤技術を有する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>総合重工メーカーとして、様々な製品に適用できる基盤技術を有しており、蓄積されている知見は深い。</li><li>自社で水素液化機を開発しており、水素ガスの特性を把握している。</li><li>現行技術を使用した圧縮機については、国内外に多数の競合あり。</li></ul>
	② 空力性能		
	③ ローター ダイナミクス		
	④ 冷却	<u>2024年度の見通し</u> <ul style="list-style-type: none"><li>左記の5つの要素技術については、②を除き2022年度にKPI達成。②については2023年度に追加試験を行い、KPI未達の原因を特定した。ここで得られた知見をもとに小型機設計を進めており、KPI達成の見込みが立ちつつある。</li><li>コア技術に関しては順次特許出願を行い、8件を出願済み。当年度にさらに数件の出願を行う予定。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>各要素技術の同時成立によって得られる、常温水素ガスに対して、今回設定された性能は、国内外の遠心型圧縮機メーカーに対して大きな優位性が見込まれる。</li></ul>
	⑤ 材料		

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

#### ①大型高効率水素圧縮機の開発

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術、開発中の技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 小型機 製作、工場試験	6 小型機の製作	<u>プロジェクト開始時</u> <ul style="list-style-type: none"><li>自社の製造設備を使用し、圧縮機品質を確保。</li><li>自社が有する部品・資材調達ルートにて品質・納期を確保。</li><li>用地やその他条件の制約を受けることなく、自社工場の試験設備を使用した試験・性能評価が可能。</li><li>API617、ASME PTC-10に準拠した検査・試験の実施実績が多数あり、検査・試験関連技術がある。</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>総合重工メーカーとして、様々な製品に適用できる基盤技術を有しており、蓄積されている知見は深い。</li><li>自社で水素液化機を開発しており、水素ガスの特性を把握している。</li><li>現行技術を使用した圧縮機については、国内外に多数の競合あり。</li></ul>
	7 小型機での試験実施		
	8 大型化に係る要素技術の開発		
	<del>9 中型機の製作及び試験の実施</del>	<u>2024年度の見通し</u> <ul style="list-style-type: none"><li>小型機の全体設計を実施中。2023年度には基本設計が完了し、長納期品の製作に着手した。当年度にて詳細設計・製作を進め、工場運転試験までを予定。</li></ul>	<div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>各要素技術の同時成立によって得られる、常温水素ガスに対して、今回設定された性能は、国内外の遠心型圧縮機メーカーに対して大きな優位性が見込まれる。</li><li>小型機に続いて大型化の開発を行う過程で、更なる優位性を探求する。</li></ul>
	10 大型機の製作及び試験の実施		

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

#### ②動力回収型膨張タービンの開発

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術、開発中の技術等	競合他社に対する優位性・リスク
動力回収型膨張タービンの開発	1 水素環境に対応する高速発電機	<p><u>プロジェクト開始時</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>当社の有する、高速回転機械に関わる各要素技術（流体・構造強度・熱システム、軸受、回転軸系、材料系、電気系、制御系）の総合的な基盤技術を用いて、機械としての全体最適を考慮した検討が可能。</li><li>高速回転機械技術と電気系を複合した機電一体化製品として、「メガMAGターボ」などの開発実績あり。 <a href="https://www.khi.co.jp/stories/articles/vol100/">https://www.khi.co.jp/stories/articles/vol100/</a></li><li>また、従来型（動力非回収）の水素液化機用膨張タービンについては、液化機と合わせ、国内メーカーとして唯一開発・実証運転した実績。 <a href="https://www.khi.co.jp/knews/pdf/news188_04.pdf">https://www.khi.co.jp/knews/pdf/news188_04.pdf</a></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>総合重工メーカーとして、様々な製品に適用できる基盤技術を有しており、蓄積されている知見は深い。</li><li>水素液化機用の動力回収タービンは世界的にも実用化例はなく、世界に先駆けて開発することの優位性は大きい。</li><li>モーターの自社開発実績はあるが、水素防爆対応の重電機器は今回が初めて。</li></ul>
	2 水素環境に対応する高速磁気軸受		
	3 プロセスガスを利用した発電機冷却方法	<p><u>2024年度の見通し</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>本機器のコンセプトについて成立性のある程度見通しているが、個々の要素技術の難易度がかなり高いことが見えてきている。課題が残るようなものについて次フェーズ以降の開発計画に反映させる。</li><li>知財化できそうな要素技術については特許を2件出願済み、さらに権利化を進めていく予定。</li></ul>	

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

#### ③Wetタービンの開発

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術、開発中の技術等	競合他社に対する優位性・リスク
Wetタービンの開発	1 気液二相の水素条件で作動するタービン設計	<p><u>プロジェクト開始時</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>当社の有する、高速回転機械に関わる各要素技術（流体・構造強度・熱システム、軸受、回転軸系、材料系、電気系、制御系）の総合的な基盤技術を用いて、機械としての全体最適を考慮した検討が可能。</li><li>高速回転機械技術と電気系を複合した機電一体化製品として、「メガMAGターボ」などの開発実績あり。 <a href="https://www.khi.co.jp/stories/articles/vol100/">https://www.khi.co.jp/stories/articles/vol100/</a></li><li>水素液化機を国内メーカーとして唯一開発・実証運転した実績。 <a href="https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20200610_1.html">https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20200610_1.html</a></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>総合重工メーカーとして、様々な製品に適用できる基盤技術を有しており、蓄積されている知見は深い。</li><li>LNG用のWetタービンは他社に実績があり、その知見を活用して他社が先行する可能性はあり。</li></ul>
	2 高速回転軸系（軸受含む）		
	3 タービンと制動部間のシール技術	<p><u>2024年度の見通し</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>本機器のコンセプトについて成立性のある程度見通してはいるが、個々の要素技術の難易度がかなり高いことが見えてきている。課題が残るようなものについて次フェーズ以降の開発計画に反映させる。</li><li>機器全体構造、タービン、シール、軸受で4件の知財出願済み、今後もさらに権利化を進めていく。</li></ul>	

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

#### ④磁気冷凍機の開発

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術、開発中の技術等	競合他社に対する優位性・リスク
磁気冷凍機の開発	<div>1 BOG数%抑制に相当する冷却性能を有する熱交換システムの開発</div>	<p><u>プロジェクト開始時</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>当社の有する、高速回転機械に関わる各要素技術（流体・構造強度・熱システム、軸受、回転軸系、材料系、電気系、制御系）の総合的な基盤技術を用いて、機械としての全体最適を考慮した検討が可能。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>総合重工メーカーとして、様々な製品に適用できる基盤技術を有しており、蓄積されている知見は深い。</li></ul>
	<div>2 磁性体を励磁／消磁するための機械的駆動機構</div>	<p><u>2024年度の見通し</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>本機器のコンセプトについて決定し、成立性もある程度見通してはいるが、個々の要素技術の難易度もかなり高いことが見えてきている。課題が残りそうなものについて次フェーズ以降の開発計画に反映させる。</li><li>知財化できそうな要素技術については特許を出願し、権利化を行う予定。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>従来技術の水素液化機と磁気冷凍機を両方手掛けられるメーカーは他にないと考えられ、両者の最適組み合わせなどを検討できる唯一のメーカーとなる。</li></ul>

※FSを進めた結果として、機器の構造コンセプトを見直すとともに、より適切な技術的開発目標にブレークダウンし、ステージゲート審査で了承済



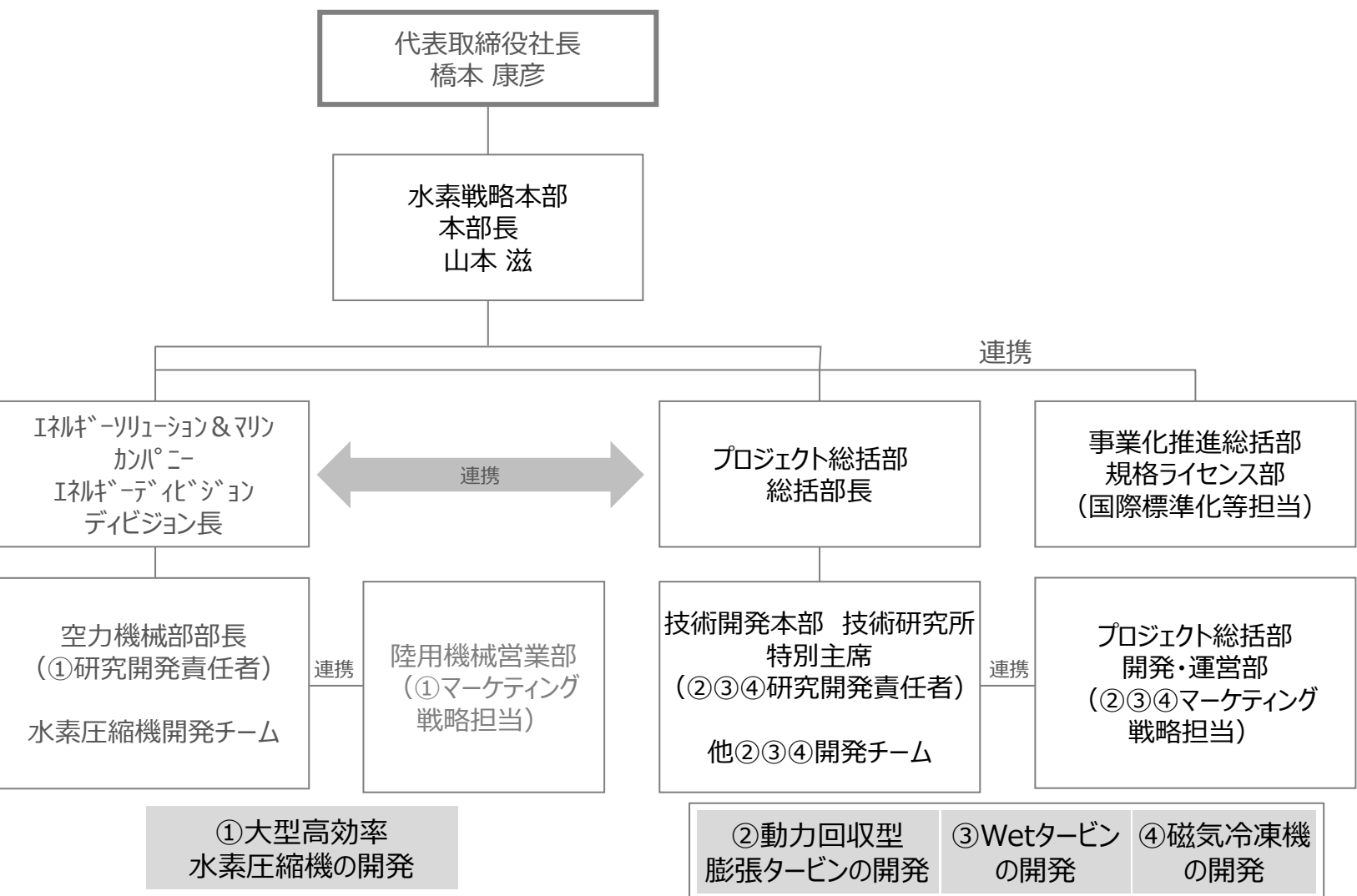
# 3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

### 3. イノベーション推進体制 / (1) 組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門プロジェクトチームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

#### 研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
  - 空力機械部部長：①を担当
  - 技術研究所特別主席：②③④を担当
- 開発チーム
  - ①水素圧縮機：（空力機械部主体）
  - ②③④他機器：（技術開発本部主体）
- チームリーダー
  - ①：空力機械部から選任
  - ②③④：技術研究所から選任
- マーケティング戦略担当（オープン・クローズ戦略）
  - ① 陸用機械営業部から選任
  - ②③④ 開発・運営部から選任
- 国際標準化等担当（標準化戦略）
  - 規格ライセンス部から選任

#### 部門間の連携方法

- 定期的な進捗確認会議を実施
- プロジェクトチーム連携用に窓口担当を配置

### 3. イノベーション推進体制 / (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与 経営者等による今回プロジェクトへの関与の方針

#### 経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
  - 水素関連機器は勿論、水素液化機のさらなる将来を見据え、水素液化機に対する大型で安価、高効率な機器の研究開発を続け、市場の要請に応えていくことを社内外の幅広いステークホルダーに対して自ら発信して行く。
- 事業のモニタリング・管理

社長直轄の報告会議、カンパニー内の報告会議を定期的に行い、事業の進捗状況を確認し進捗を管理のうえ、必要な判断・社内指示を実施中。

  - 報告会議においては、NEDO殿を初めとする事業関連のステークホルダーの方針、マーケット等の市場、他社の状況等も共有し、総合的な判断を行っている。
  - 報告会議を基本とした事業管理を行い、WG等に対する透明性を持った適切な説明を実施している。

#### 経営者等の評価・報酬への反映

- プロジェクトチームの配置メンバーおよびその管理職は、2021年4月から開始された「新人事処遇制度」において本事業を具体的な評価対象とし、事業内における各メンバーの役割・達成度に応じた評価および報酬反映を行っている。

#### 事業の継続性確保の取組

- 本事業を中期経営計画等に反映し、経営層全体として、本事業の進捗、方向性を共有し、経営者の任期完了後の交代時においても事業進捗を遅滞させることない継続性を確保する。

### 3. イノベーション推進体制 / (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

#### 経営戦略の中核において全体事業を位置づけ、広く情報発信

##### 取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - グループビジョン2030において、水素関連事業の重要事業の一つとして位置づけ、当社が行う液化水素のサプライチェーン関連事業との連携を図りながら2050年のカーボンニュートラルに向けた活動を行う。  
[https://www.khi.co.jp/ir/pdf/etc\\_210601-1j.pdf](https://www.khi.co.jp/ir/pdf/etc_210601-1j.pdf)
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 中期経営計画は、3年に1度を基本として目標を定めるが、前述の報告会等による進捗管理をとおり、必要に応じた事業戦略ないし事業計画の変更を行い、必要に応じて経営会議等へ諮る。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
  - 当社は執行役員制度を採用しており、取締役は会社全体の経営計画の承認を行い、各事業（カンパニー・ディビジョン）の運営は執行役員等が担っている。執行役員は每期所掌する事業の戦略・計画ならびに目標を策定のうえ施策を実施し、その達成度に応じて評価されるとともに報酬等に反映される。

##### ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
  - 中期経営計画等のIR資料・統合報告書、CSR報告書等において、事業戦略・事業計画の内容を明示的に位置づけ発信する。
  - 採択された場合に、研究開発計画の概要をプレスリリース等により対外公表する。
- ステークホルダーへの説明
  - 中期経営計画の説明会などを通じて、機関投資家等のステークホルダーへの説明を実施して行く。

研究開発の主要なマイルストーン達成時において対外的な公表を積極的に実施して行く。

### 3. イノベーション推進体制 / (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

#### 機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

##### 経営資源の投入方針

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
  - プロジェクトチームを立ち上げ、専門性のあるメンバーを配置。
  - 川崎重工業(株)神戸工場に有する組立工場・運転場、および播磨工場に有する試験設備等を活用して効率的な事業推進を図る。
  - 事業終了後の商用事業では適切な設備投資を行って製品供給を行う。
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
  - 2021年度4月よりエネルギープラントカンパニーと船舶海洋カンパニーを統合し、エネルギーソリューション＆マリンカンパニーとして編成。水素関連機器開発に対して、リソースの効率的かつ柔軟性を持った投入を可能とする体制を構築。
  - 経営層も含むプロジェクト進捗報告会議を定期で行い、問題点把握、予算変更措置に直結できる体制を構築済。

##### 専門部署の設置

- 専門部署の設置
  - 2021年度4月から、本社組織として水素関連を統括する水素戦略本部を設置。事業運営を行うカンパニーと連携したプロジェクト組成、開発、プロジェクト運営を行っている。
  - 左記のとおり、これまで分かれていたエネルギープラントカンパニーと船舶海洋カンパニーを統合し、エネルギーソリューション＆マリンカンパニーを設立。水素関連の陸舶リソースの統合によるシナジー効果を狙う。
- 人材育成
  - 将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、プロジェクトチームには若手を積極的に配置している。
  - 必要な技術・スキルの育成に努めるべく2021年度より新人事制度を導入。
  - 社内公募、中途採用、新入社員配置を駆使し、新規人材の確保と育成を図っている。

## 4. その他

#### 4. その他 / (1) 想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、対象とする市場が無く技術的開発意義を失った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
<ul style="list-style-type: none"><li>開発において、想定していた以上の困難さが発見され、目標として設定した技術の達成が、現実的に困難であるリスク</li></ul> <p>&lt;リスク対応&gt; NIMSなどを初めとする社外との連携を図る。必要に応じて、競合他社との共同開発も視野に入れ、開発計画を変更しながら目標の達成を目指し、目標値の再設定も検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>技術確立はできても、その技術に基づいて製作した製品が価格や性能的に競合他社の製品に対して競争力を持たず、市場に受け入れられないリスク</li></ul> <p>&lt;リスク対応&gt; 社外の技術動向の収集と社内コスト管理を徹底し、必要に応じて、市況を踏まえた目標値の変更を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>社会トレンドが変化し、液化機の必要性が低下するリスク</li></ul> <p>&lt;リスク対応&gt; 社会情勢等の情報収集に努め、液化機の需要が変化した場合は、要素技術を転用可能な他のマーケットヘターゲットを変更し、開発計画および、達成目標の調整を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>天災地変、風水害その他の誰の責に帰すことができない事由が発生するリスク</li></ul> <p>&lt;リスク対応&gt; 本開発を一旦中断の上、該当事由が収束次第、開発計画、スケジュールの見直し等をNEDO殿と協議する。</p>
<p>● 事業中止の判断基準：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>再設定した目標値では受け入れられる市場が存在せず、技術的開発意義も無いと判断される場合。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>転用可能な市場が存在せず、技術的開発意義も無いと判断される場合。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>事由発生後の状況において、開発計画やスケジュールの変更を行っても開発継続が困難であると判明した場合。</li></ul>