

2022年8月時点

事業戦略ビジョン

提案プロジェクト名：水素航空機向けコア技術開発

提案者名：川崎重工業株式会社、代表名：代表取締役社長執行役員 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

航空業界でのカーボンニュートラル実現に向けた水素航空機開発の機運高揚

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）

- 世界のCO₂排出量36Gトンに対し、**民間航空機からは900Mトン／2.4%を排出**（2019年ベース）
- Flyshameなど、他交通機関の利用を促す動きもあり

（経済面）

- COVID-19により旅客需要は激減（2019年比 約50%）
2024年頃には回復し、その後は増加予定

（政策面）

- IATAでの「2050年CO₂排出ゼロ」目標設定を受け、**ICAOでも野心的長期目標を検討中**
- CORSIAなどCO₂削減に向けた制度の施行開始
- 各国政府による、CO₂排出削減に向けた研究開発支援が活発

（技術面）

- エアバス社が2035年運航開始の水素航空機開発を促進。水素エンジン飛行試験機計画や空港インフラ検討等の進捗あり。
- ボーイング社など持続可能航空燃料(SAF)の開発もあり

- 市場機会：**水素社会化へのポジティブな動きを確認、市場機会変更なし**

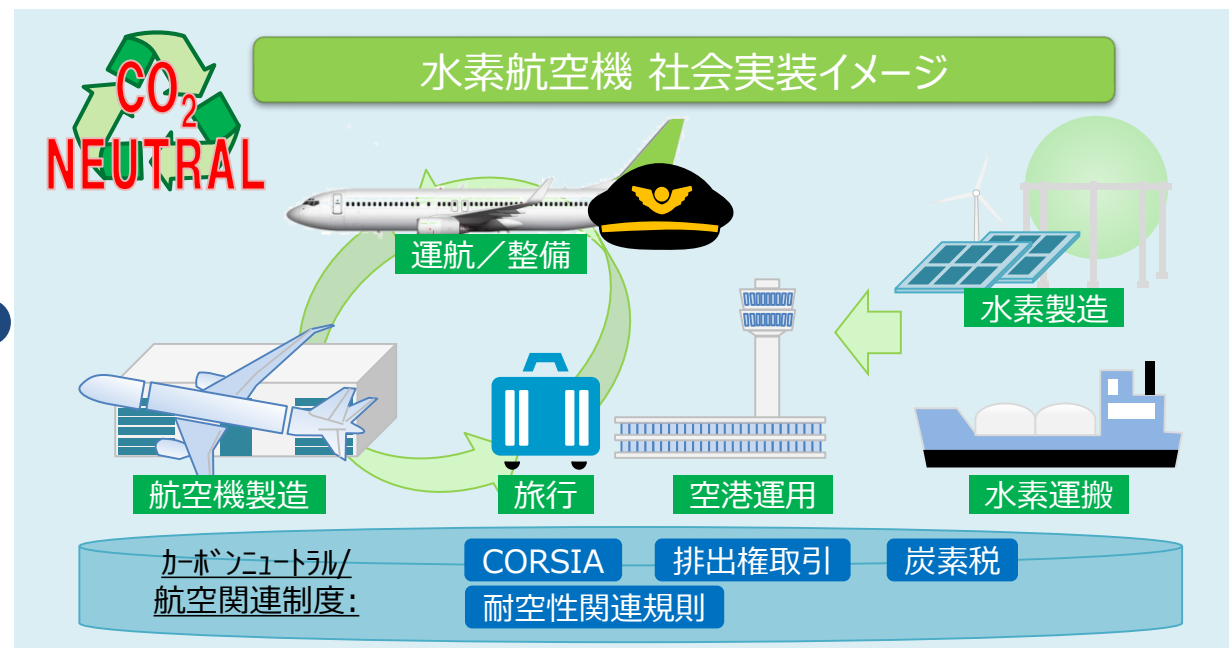
供給／運搬／利用あらゆる分野に強みのある我が国の水素技術を、開発黎明期の水素航空機に適用し、航空業界における水素技術の優位的地位を確立できる可能性あり

- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

CO₂排出削減のみならず、他産業に比べて低い**我が国の航空産業の世界シェア改善、ひいては技術レベル／品質の高い航空技術の他産業への波及**による日本産業発展に貢献する

※IATA: International Air Transport Association、ICAO: International Civil Aviation Organization
SAF: Sustainable Aviation Fuel、CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

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



- 当該変化に対する経営ビジョン：

- 弊社 水素ソリューション・スローガン -

Hydrogen Road ～水素を「つくる」・「はこぶ・ためる」・「つかう」～

- 水素社会の未来を切り拓くリーディングカンパニーとして**水素サプライチェーン総合力**を活用し、水素燃料タンク／水素燃料供給システム／水素燃焼器の**中核技術を一気通貫して開発を主導・水素航空機化開発への参画を目指す**

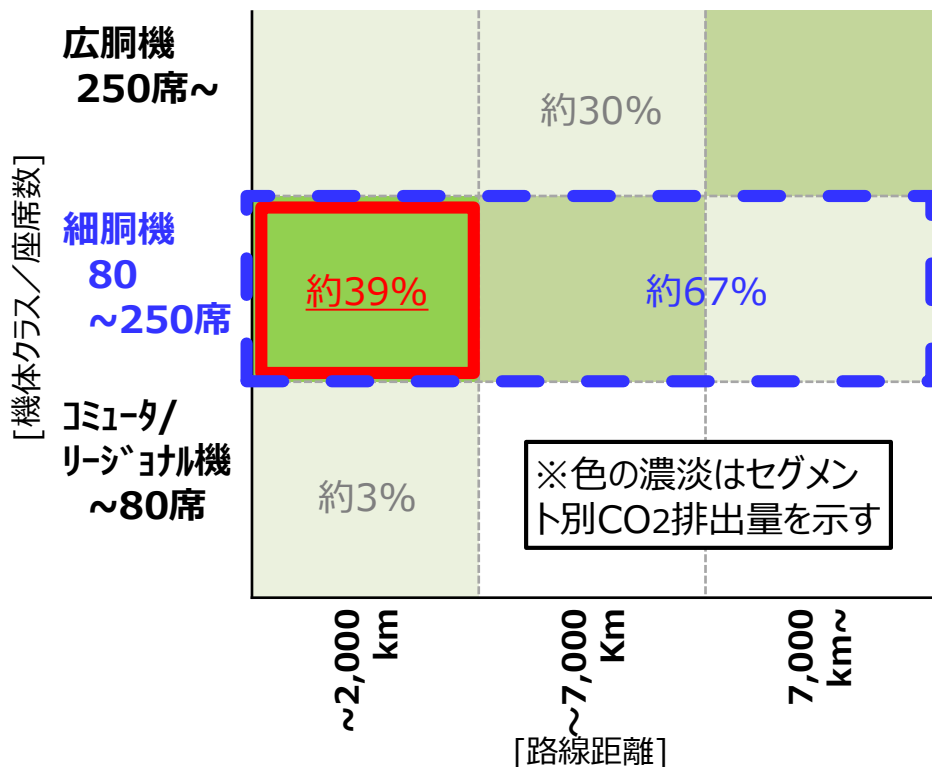
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

カーボンニュートラルへの寄与が大きい細胴機をターゲットとして想定

セグメント分析

CO2排出削減への寄与のため、**排出量の多い細胴機をターゲットに想定**。路線距離は排出量と水素航空機の技術的成立性を考慮し**2,000km以下**とし、将来的にはそれ以上の路線距離も視野に入れる

セグメント別CO2排出量



※CleanSky2資料に基づき弊社作成

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 細胴機のメイン市場は120～250席クラス。年間生産機数1,000機以上で運航機体数は年率数%で成長すると考えられる。

需要家	主なプレーヤー	課題	想定ニーズ
機体OEM	エアバス社 ボーイング社	・ 技術的成立性 ・ 他製品との棲み分け	・ 水素技術／航空機知見を有する開発パートナー
エンジンOEM	GE社 P&W社 RR社	・ 機体要求スペック ・ 技術的成立性 ・ 他製品との棲み分け	・ 水素燃焼技術 ・ 生産技術・設計開発能力
運航/整備者 (アライン/MRO業者)	ANA/JAL等	・ コスト／インフラ等含めた運航成立性	・ 運航成立性を満足する社会制度／外部環境

※OEM: Original Equipment Manufacturer

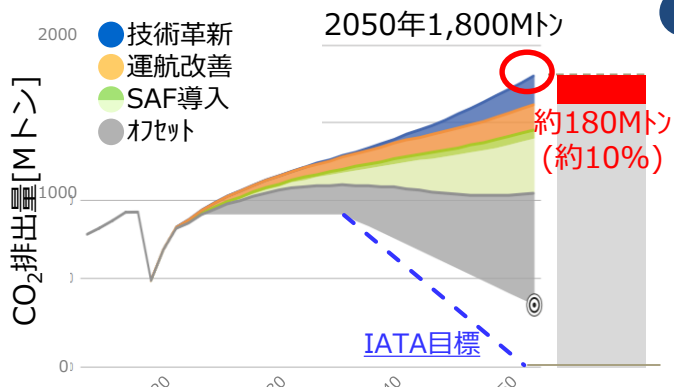
MRO: Maintenance, Repair and Overhaul (整備・修理・オーバーホール)

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

水素航空機の主要要素となる水素コンポーネントの部品／MROサービスを提供

社会・顧客に対する提供価値

- **航空業界へのカーボンニュートラル促進**
 - 水素航空機を社会実装することで、2050年に約180Mトン（航空機全体の約10%）のCO2排出削減に貢献
 - 社会実装時のイメージを示すことで、水素航空機導入に向けた制度設計に貢献
 - 機体／エンジンOEMに対して、**水素燃焼器／燃料タンク／燃料供給システム**等の水素航空機コア技術を提供

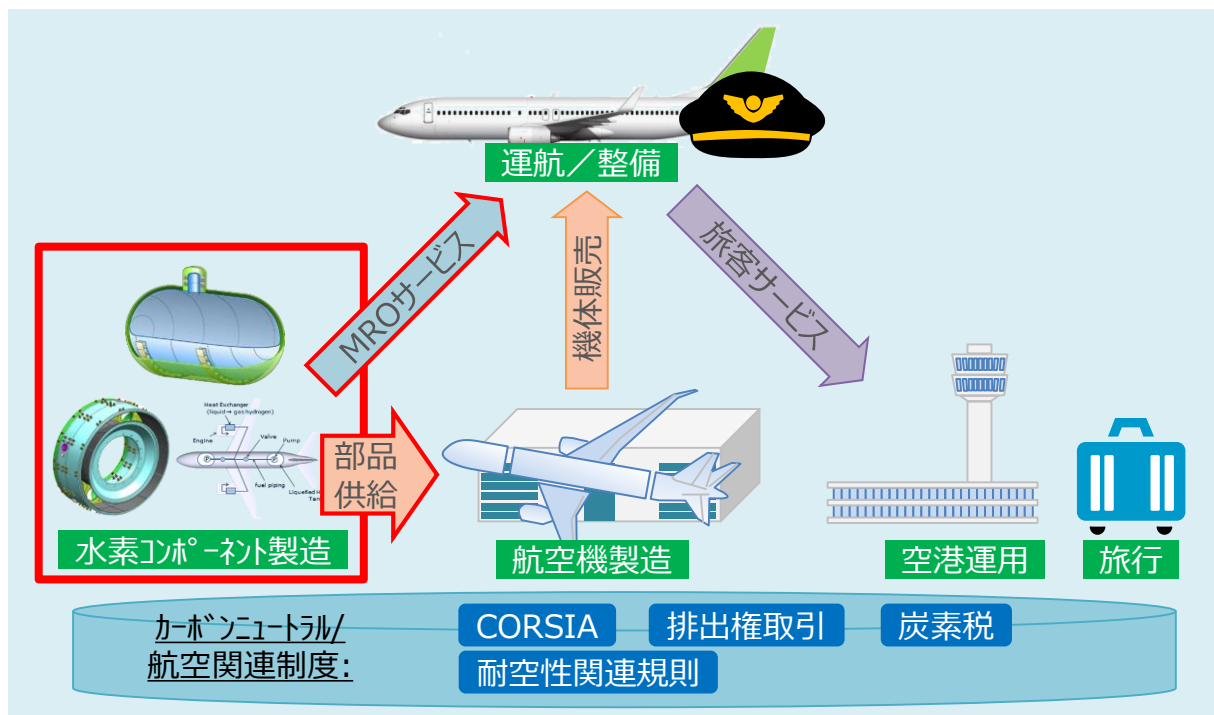


水素航空機への置き換えによるCO2排出削減量

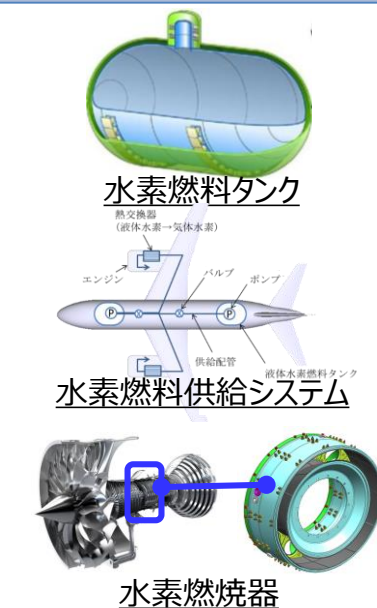
出典[左図のみ]: "WAYPOINT2050", ATAG

※ATAG: Air Transport Action Group

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



事業対象： 水素航空機 主要要素



- ビジネスモデル概要：
 - 機体OEM、水素コンポーネント・サプライヤが、**運用者／水素供給者／規制当局等と連携し社会実装化**
 - 水素航空機の**主要要素**である**水素燃料タンク／燃料供給システム／燃焼器**を機体／エンジンOEMに提供
また、**運航維持に必要な上記要素のMROサービスをエアラインに提供**
 - 上記ビジネスモデル実現に向け、**インフラ等の弊社水素関連技術を活用し、主要要素に対する研究開発を推進し、研究開発により得られた主要要素の技術成果を優位性として、機体／エンジンOEMと水素航空機の共同開発において主導的な立場を目指す**

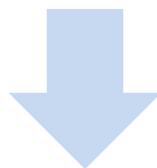
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

標準化活動への参画により、開発技術の優位性確保や標準化能力取得を推進

海外／国内の標準化や規制の動向、現状

[海外] ・ 認証当局FAAで水素燃料電池をテーマにした適用検討あり

[国内] ・ 水素関連の標準化検討なし、標準化国内知見も乏しい



標準化の取組方針

- 研究成果の社会実装化に必須となる**国際標準への適合性確保のため、標準や標準化活動の最新動向を早期入手**する
- 開発技術の競争優位性確保、また標準化策定能力取得のため、**基金研究成果を活用し標準化活動への参画**を目指す

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

（国内知見の活用／連携）

- JAXAなど国際標準化に関する知見を多く有する機関／企業と連携し、SAE等で検討中の標準や標準化活動の情報収集、及び、標準化に向けた戦略を検討する
- 再委託先等の国内装備品／材料メーカーと連携し、機体／システム／コンポーネント／要素レベルに渡る、総合視点／技術力を基に標準化に向けた取り組みを推進するとともに、**国内企業における市場拡大、国内認証能力の向上に貢献**する

（国際標準化への取組）

- 国交省及びMETIが進める新技術官民協議会や、METIが有する日欧などの**国家間連携スキーム等を活用**することで、日本参画における標準化活動を推進する

知財、その他規制等に関する取組方針・内容

[知財取組方針]

- 水素航空機は開発黎明期であり、**応用範囲の広い基本コンセプトを対象に、競合他社に先駆けて申請**することで、参入障壁の確立／競争優位性を確保する

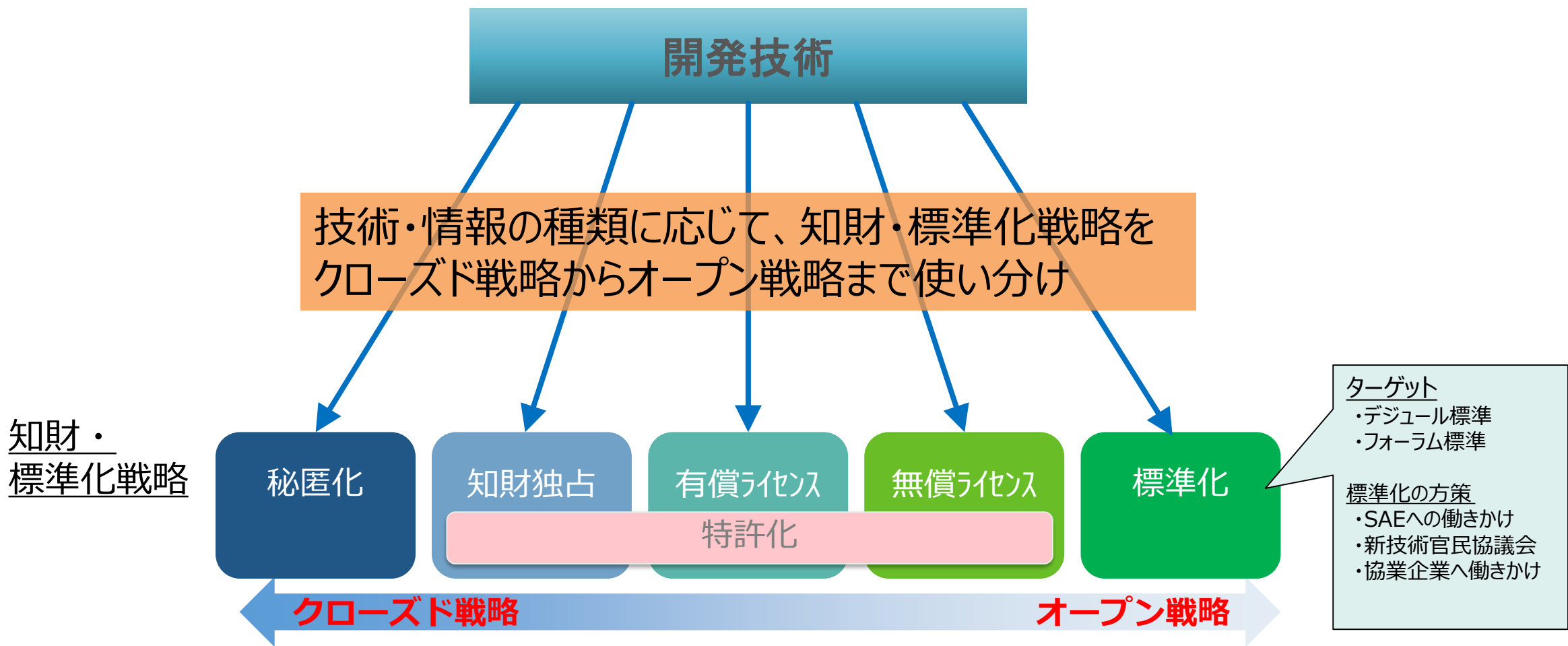
[知財取組内容]

- 弊社知財担当部の協力の元、OEMや競合他社の特許を調査し、出願対象技術の選定に活用する
- 再委託先と連携し、**要素技術を核に、広範囲の特許化**を志向する

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）

水素航空機の事業戦略を受けた知財・標準化戦略

事業戦略を基に、技術・情報の種類に応じて、知財・標準化戦略をクローズド戦略からオープン戦略まで使い分ける



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

航空機／水素技術の強みを活かして、顧客に対して水素航空機コア技術を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

競合との比較

ターゲットに対する提供価値

- 水素航空機を開発する機体／エンジンOEMに対して、**水素航空機コア技術を提供**
 - 対象：水素燃料タンク／水素燃料供給システム／水素燃焼器
 - 航空機／水素に関する開発経験に基づく技術



自社の強み

- 水素航空機に必要な**一気通貫技術力**
 - 機体(全機／構造／装備システム)とエンジンでの一気通貫の開発経験／技術
 - インフラ等で養った水素関連技術
- 国内装備品メーカーとの強い連携**

自社の弱み及び対応

- 民間固定翼に対する認証経験なし
 - 耐空性関連規則の理解・動向調査の強化**

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) - 機体（全機／構造／装備システム）とエンジンの一気通貫技術 - インフラ関連の水素技術(産業ガスタービンで実証済み) (将来) ↓ - 水素航空機コア技術	- 機体OEM エアバス社／ボーイング社等 - エンジンOEM GE社／P&W社／RR社等	- 防衛機開発で、国内装備品メーカーと設計／製造等の強い連携あり - 国内を主に、部品製造等の下請けあり	液化水素運搬船／コンテナ車／貯蔵タンク／ガスタービンなど、製造／輸送／貯蔵／利用に関する各種水素設備・技術あり
航空機構造／装備品／エンジン コンポーネントサプライヤ (米Spirit社／米Parker社／仏Safran社等)	- 既存航空機／エンジンに対しては、優れた技術を有する 水素技術は無し、もしくは限定的 - 水素燃焼技術の研究開発開始	- 機体OEM エアバス社／ボーイング社等 - エンジンOEM GE社／P&W社／RR社等	部品製造等の下請けあり（各サプライヤによる）	
水素関連サプライヤ (例タンク:英Luxfer社等)	- 水素タンクなど水素特有の技術を有する 航空機やインフラ等の技術／経験無し、もしくは限定的	タンク 自動車OEM／プラント等	部品製造等の下請けあり（各サプライヤによる）	

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

20年間の研究開発の後、2040年頃の事業化、2050年頃の投資回収を想定

投資計画

	研究開発 →				事業化 ▼		投資回収 ▼		
	2021年度	...	2030年度	...	2040年度	...	2045年度	...	2050年度
売上高 (入金ベース)	0		0		約6,000億円				
研究開発費	約200億円（本事業の支援期間）			社会実装に向け研究継続					
取組の段階	研究開発の 開始		GI基金研究の 完了		事業化		研究開始から 20年		投資回収
CO ₂ 削減効果					0Mトン		40Mトン		90Mトン

※不確実性を前提とした上で、現時点での一定の仮定に基づき概算

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	- コンポーネントレベルではなく、社会実装／機体レベルの要求を満足するよう技術開発を推進する - 顧客となる機体／エンジンOEM、また外注先となる装備品／材料メーカー等と協力／連携し、研究開発を進める - 各国で進行中の水素航空機研究開発や空港インフラ／水素関連の動向を把握し、優位性／差別化を維持しつつ、協調して研究開発を進める	- 大型構造物となる水素燃料タンクの製造について、入念な事前検討を行う - コスト／フロータイム／生産レートを考慮した、最適な工場／設備／製造計画を検討する - 運搬成立性も考慮し、工場計画を進める	- 機体／エンジンOEMとの協力体制を早期に構築し、共同研究／受注につなげる - 水素技術力に加え、概念検討を通じた社会実装のイメージについても機体／エンジンOEMと共有し共同検討の意義を高める - 運航コスト／水素価格などの経済性まで含めたシミュレーション計算 - 耐空性／運用法規制などの国際規格化の活動 - 国家間の連携スキーム、及び、複合材胴体技術と絡めた受注におけるシナジーの活用 - 規格分野に対し、国交省殿／METI殿／JAXAと連携調整中
進捗状況	エアバス社と空港インフラ共同調査覚書締結、調査開始	（機体仕様決定後、検討予定）	
国際競争上の優位性	- 水素関連の運搬、貯蔵、水素タービン発電等の国内有数の技術を有しており、これらの技術を活用する - 国内には水素技術や設備を有し、要素研究／規格化など国際的な連携先を多く持つJAXAが存在する（研究設備など支援いただく予定）。研究開発段階では既存設備を活用することで試験期間や費用を圧縮する。	- 世界的にも数社となる複合材一体成型胴体の製造設備を有する。また、それらの生産経験を通じて、効率的な工場／設備／製造計画の知見を有する - 航空用、地上用ガスタービンの製造設備を有する。また、それらの生産経験を通じて、効率的な工場／設備／製造計画の知見を有する	- 機体／エンジンOEMとは各種プロジェクトを通して共同研究・開発の経験あり - エアバス社の主導的立場である仏国の航空総局とMETI殿とは、協力覚書など航空分野の強力な連携あり - サプライチェーンなど水素利活用において、国際的事業多数あり

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

進捗状況①：直接／間接顧客であるOEMやエアラインとの連携を開始

OEMとの連携

（水素航空機向け空港インフラ）

- 水素航空機の社会実装に必須となる空港インフラの実現に向け、弊社が有する水素インフラ技術に、エアバス社が強い興味を示された
- 4月12日、**航空機の水素利用に必要な政策提言と課題への取り組みに向けたロードマップ策定に関する覚書をエアバス社と締結**



エアバス社との覚書締結プレスリリース

エアラインとの連携

- 国内エアラインと**連携を開始**。議論／調整テーマの準備状況に応じて、**定期的に情報交換する予定**。
- 空港での水素給油方法や時間についてなど、水素航空機社会実装時の想定や課題について情報交換／議論を実施。

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

進捗状況②：関係省庁／機関との協力関係を構築

国交省航空局殿との連携

- 水素航空機の想定基準検討や標準化に向けた支援をいただくため、国交省殿との連携構築を開始。航空局本省や航空機技術審査センターでの調整の他、弊社明石工場／岐阜工場での設備等を見学しながらの意見交換を実施
- 2021年度実施の「航空機運航分野におけるCO2削減に関する検討会」にオブザーバとして参加
- 2022年6月新設の**新技術官民協議会に参加**。環境技術の実用化に向け、産学官が連携し、日本発の安全基準策定を志向

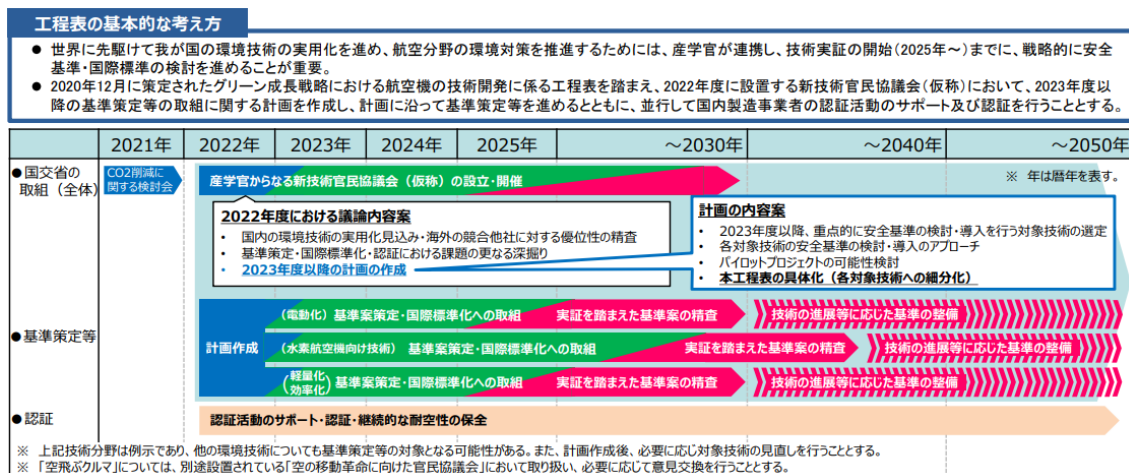
METI殿との連携

- 先述の新技術官民協議会について、共同事務局であるMETI殿とも連携し調整実施
- METI殿委託事業の一環である**「水素航空機の実現に向けた空港周辺インフラ検討会」に参加**。水素航空機メーカーとして航空機技術視点で検討を支援。

基準調査／標準化に向けた取り組み、関係機関との連携

- JAXA: 基準／標準化の知見を有するJAXAとは、ポンプ開発等の本研究作業と合わせて、**基準関連でも連携を構築**。基準全般の知見や、SAE等での標準化の動向など、情報共有を実施中
- SJAC: 航空宇宙関連のISO取りまとめ機能を有するSJACと、水素航空機の**基準関連の連携について調整を実施**。ISOでは水素分野の検討は限定されとのことであり、必要に応じて調整を実施する方針とした。

※ SJAC: The Society of Japanese Aerospace Companies（日本航空宇宙工業会）
ISO: International Organization for Standardization



国交省 CO2削減に向けた新技術に対する取組計画案 出典：“CO2削減に関する検討会”，国交省

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、事業期間に30億円、その後も投資継続予定

資金調達方針



※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標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. 水素航空機向けコア技術		水素航空機向けエンジン燃焼器及び液化水素燃料貯蔵タンクについて、水素航空機の実現の見通しが得られるレベルを達成し、併せて、CO2排出削減の社会的貢献に供しうる水素航空機の機体構想としてまとめる	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① 水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発		化石燃料と同等以下のNOx排出量（ICAO ^{*1} CAEP ^{*2} /8 -54%）を達成することを燃焼器リグ試験により示す *1 ICAO: International Civil Aviation Organization *2 CAEP: Committee of Aviation Environmental Protection	水素は化石燃料と比べて燃焼温度が高く低NOx化が難しい傾向にある。化石燃料と同等のNOx排出量を燃焼性能目標とし、脱炭素以外でも高い環境適合性を得られることを目指す
② 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発		タンク構造重量を推算し、水素燃料重量の2倍以下を達成することを示す	水素航空機で従来機相当の重量、航続距離を達成するためにタンク重量目標値を設定 液化水素はケロシン重量の1/3で同等のエネルギーを発生でき、タンク重量が搭載水素の2倍（＝ケロシン重量の2/3）で、従来機相当の性能が期待できる
③ 水素航空機機体構造検討		2,000-3,000kmの航続性能を有する水素航空機の機体構想を確認する	CO2排出削減の社会的貢献の観点から、運航市場シェアの大きなエリアを設定 この航続性能は、路線距離で2,000kmに相当し提供座席距離の約60%をカバー 機体アーキテクチャを含む機体構想としてまとめる

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各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 水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	化石燃料と同等以下のNOx排出量にする	コンセプト設定段階 (提案時TRL2→現状TRL2)	プロトタイプ地上試験確認完 (TRL6)	地上用ガスタービンでの知見を活用して航空機エンジン用のバーナを設計、試作し、要素試験により成熟度を高める	弊社の保有技術を活用することで実現性ありと想定 (70%)
2 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発	タンク構造重量を水素燃料の2倍以下にする	コンセプト設定段階 (提案時TRL2→現状TRL2)	プロトタイプ地上試験確認完 (TRL6)	- 以下方式の設計、試作、試験評価を通して技術成熟度を高める - 方式① 発泡断熱一般構造タンク - 方式② 真空断熱二殻構造タンク	弊社の保有技術を活用することで実現性高いと想定 (80%)
3 水素航空機機体構造検討	2,000-3,000 kmの航続性能を有する水素航空機の機体構想を確認する	初期アイデア (提案時TRL1→現状TRL1)	コンセプト検証 (TRL3)	- 全体成立性確保のため、シミュレーション／試験を用いて構想検討／検証作業を行う - 方式① 機体仕様／運航成立性シミュレーション - 方式② 風洞試験	①、②の成果を活用して、運用成立性／耐空性等への適合性を整合させる (70%)

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

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 水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	2023.1 ゲートレビュー ・ 航空機エンジン燃焼器用水素バーナの基本形状を設定する。 ・ エンジンシステムの機器構成と各構成品の仕様を設定する。	・ 地上用での知見をもとにMicromixバーナの設計・試作を行い、社内で低圧燃焼試験を実施【①-A】 ・ エンジン補機システムの構成・配置を検討。統合実証用エンジン燃焼器の基本設計実施【①-B】 ・ 燃料供給システムのシステム構成候補案を設定。仮設定した主要構成品(水素用ポンプ/バルブ)仕様に基づいてシステム成立性を検討。ポンプ/バルブの技術課題を明確化【①-C】	○：計画通りに進捗
2 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発	2023.1 ゲートレビュー ・ 材料強度データ（文献調査、クーポン試験）をもとにタンク重量を推算し、貯蔵水素燃料の2倍以下であることを示す。	・ タンクの構想設計を実施【②-A】 ・ 宇宙ロケット等の関連文献調査をもとに水素環境に適した金属材料候補を選定【②-B】 ・ 低温強度に優れた複合材料の候補を選定し、液化窒素、液化ヘリウム環境下でのクーポン試験により特性データ取得[継続]【②-B】 ・ タンク内圧制御システムの構想設計を実施。主要構成品(バルブ)の技術課題を明確化【②-C】	○：計画通りに進捗
3 水素航空機機体構造検討	2023.1 ゲートレビュー ・ 機体要求仕様の設定 ・ 機体コンセプト案の設定 ・ 機体仕様ベース案の策定	・ CO2削減に貢献し、かつ運航者の利便性を考慮した要求仕様として、水素航空機の座席数や路線距離等を設定【③】 ・ 要求仕様を踏まえて、従来型航空機形態の機体コンセプト案を考案。【③】 ・ 従来型航空機形態に対して、空力や重量への影響等を定量的に評価し、数パターンに絞り込み【③】	○：計画通りに進捗

※ 【○-x】はp.21以降の参考資料番号を表す。

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

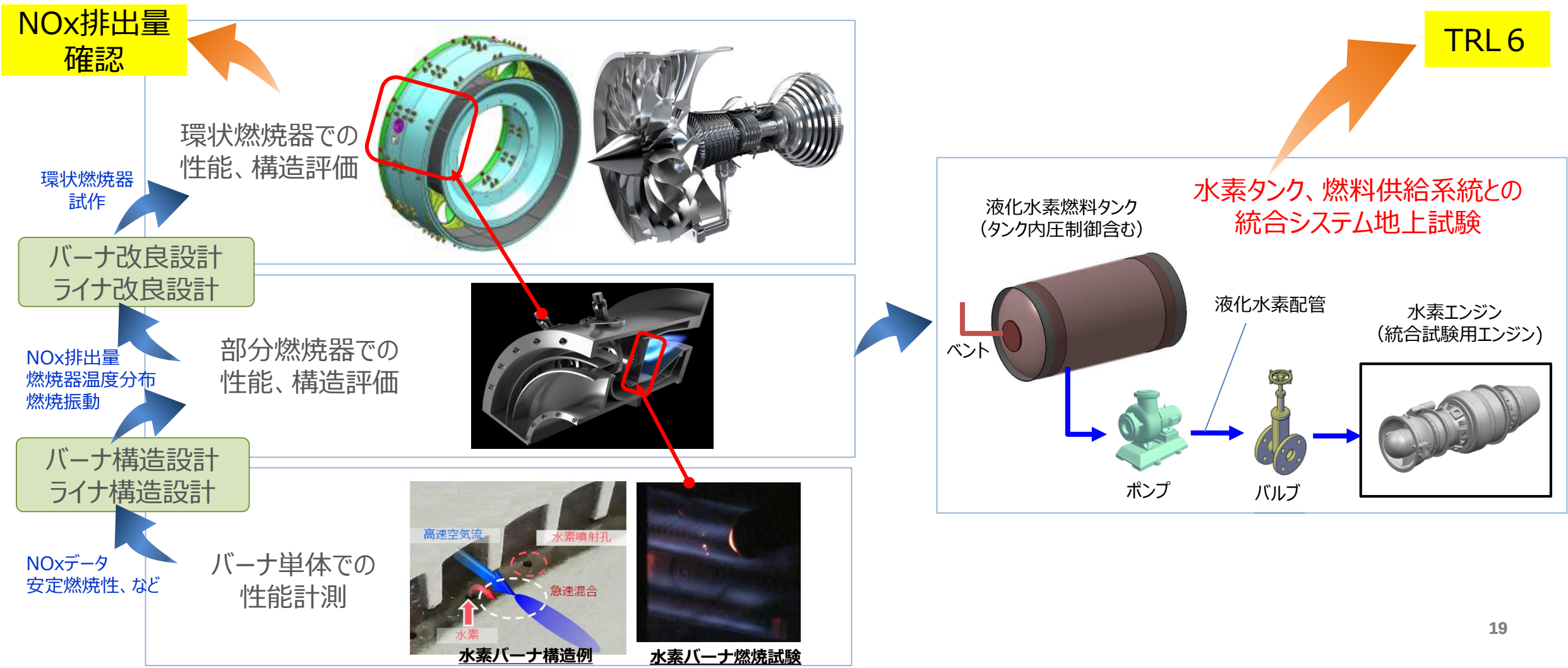
研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	2023.1 ゲートレビュー ・ 航空機エンジン燃焼器用水素バーナの基本形状を設定する。 ・ エンジンシステムの機器構成と各構成品の仕様を設定する。	・ 実機燃焼条件（高圧）でのNOx排出抑制、燃焼振動抑制に向けた燃焼特性データの取得【①-A】 ・ 熱交換器の成立性確保【①-B】 ・ タンクへのリターン・ラインが燃料供給システムに与える影響の検討及びブースタ・ポンプの課題解決【①-C】	・ 高圧試験でNOx排出量のデータを取得し、実機条件を予測。これまでの燃焼器開発実績を活用して対策実施【①-A】 ・ 部分モデルの熱歪みデータを基に検討実施【①-B】 ・ 弊社地上/船舶での流体解析実績及びJAXA及び日機装のポンプ開発経験を活用【①-C】
2 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発	2023.1 ゲートレビュー ・ 材料強度データ（文献調査、クーポン試験）をもとにタンク重量を推算し、貯蔵水素燃料の2倍以下であることを示す。	・ タンク構造、断熱システムの軽量化及び安全性等の確保【②-A】 ・ 金属：十分な溶接強度、複合材：極低温強度、バリア性等の確保【②-B】 ・ タンク内の温度・圧力変動抑制及びエンジンへの適切な燃料供給方式の確立。各種バルブの技術課題【②-C】	・ 航空機軽量構造の開発知見の活用と水素航空機用タンクに必要な技術要求の設定【②-A】 ・ 適切な溶接条件のチューニング実施と材料表面保護技術も考慮した広範囲な探索の継続【②-B】 ・ 弊社地上/船舶用のタンク内の温度・圧力制御システムの知見及び再委託先(キッツ)の極低温流体用バルブの開発実績を活用【②-C】
3 水素航空機機体構造検討	2023.1 ゲートレビュー ・ 機体要求仕様の設定 ・ 機体コンセプト案の設定 ・ 機体仕様ベース案の策定	・ 航続性能等の向上が期待されるBlended Wing Body(BWB)等の非従来型の航空機形態に対するコンセプト案の設定と水素航空機としての成立性検討【③】 ・ 航続性能要求を満たす機体の基本諸元(初期三面図)策定【③】	・ 弊社の実機開発の知見や航空機メーカーとしての総合力を活用し非従来型水素航空機についても従来型航空機形態と同様の検討実施【③】 ・ 従来型/非従来型の2形態に対して、①や②の検討を踏まえた全体成立性評価や、弊社独自のCFD解析技術による空力データ推定を活用して航続性能評価等を実施【③】

※ 【○-x】はp.21以降の参考資料番号を表す。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発

地上用水素ガスタービン開発の知見を活かして、気化器・燃料制御システム等の補機を含めてエンジンシステムとしての成立性を満足させる。さらに、将来予想されるNOx規制値にも対応可能な航空エンジン用水素燃焼器を開発する。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発

地上用水素ガスタービン開発の知見を活かして、気化器・燃料制御システム等の補機を含めてエンジンシステムとしての成立性を満足させる。さらに、将来予想されるNOx規制値にも対応可能な航空エンジン用水素燃焼器を開発する。

当該技術（水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発）の位置づけ

- 独自性：弊社地上用水素ガスタービンにて知見を蓄積した燃焼方式を活用するため、独自性あり
- 新規性：燃焼方式の原理自体は既知の技術だが、出力変動や最大出力への要求が厳しい航空エンジンへの適用実績はなく、新規性あり
- 優位性：他の燃焼方式に比べて逆火が発生しにくく安定している点で技術的優位性あり
また、自社技術の開発・運用実績を活用できる点でも優位性あり
- 実現可能性：70%（航空エンジン用としての構成品の成立性及び性能を確保することが特に重要な技術課題）
- 残された技術課題の解決の見通し
 - ✓ NOx低減
高温・高圧下でのNOx排出量を早期に予測し、技術課題を抽出する
地上用水素ガスタービンでの知見を基にバーナ形状の調整を行うことで解決可能と想定している
 - ✓ 安定燃焼性
水素燃焼時は燃焼振動が発生しやすい
要素試験・数値解析による流れの可視化、振動評価を行い、広い作動範囲で安定燃焼を維持するための検討を行う
 - ✓ 小型・軽量化
航空エンジンでは空間的な制約が多く、バーナの適正な配置と低NOx化の両立が難しい懸念がある
研究初期では複数の燃焼方式を視野に入れて、航空機エンジン燃焼器に相応しいバーナ構造を選定・開発する
 - ✓ 安定供給
航空機エンジンの出力変動に応じた流量、圧力、温度の燃料を供給する必要がある
JAXAの水素用ポンプの開発経験及び弊社の既存航空機の供給システムの知見を利用することで解決の見通しがある
 - ✓ 水素航空機に対する規格／設計基準
当該技術に関連する国際標準化活動への参加、認証取得に向けた安全性を示すためのロジック・方針の検討を進める

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発

【参考資料①-A】航空機エンジン燃焼器用水素バーナの開発

【これまでの開発進捗】

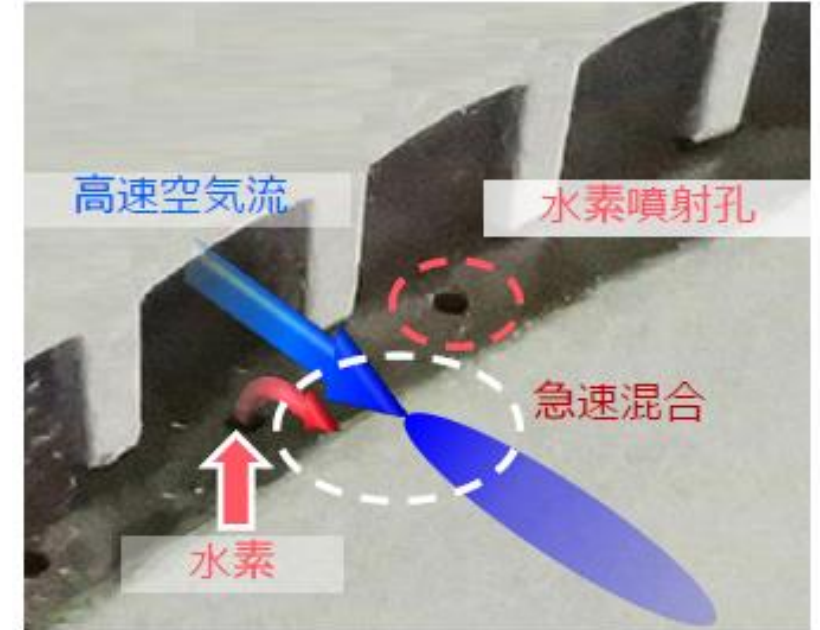
- 地上用GTで得られた知見をもとに航空機エンジン用燃焼器条件を想定して水素バーナ（Micromixバーナ）の空気、水素通路形状を設定。
- 数値解析により燃焼器内の流れ場を予測し、バーナ形状を調整。
- 水素バーナ単体試験装置を設計・製作し、低圧燃焼試験によりバーナの基礎的な排ガス特性などを取得。

【残された技術課題】

- 実機条件（高圧）でのNO_x排出抑制、燃焼振動抑制に向けた燃焼特性データの取得。

【解決の見通し】

- 10月に実施予定の高圧試験により、NO_x排出量の圧力依存性、燃焼振動データを取得し、実機条件を予測。併せてこれまでの燃焼器開発実績を活用してバーナ、ライナ形状の調整を行うことにより、バーナの改良、ライナの設計を実施することで解決可能。



Micromixバーナ概念図

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発 【参考資料①-B】エンジン補機システム技術の開発

【これまでの開発進捗】

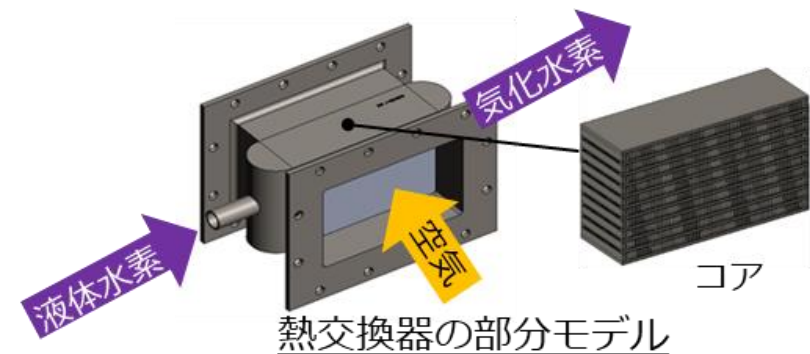
- 現状のFAA規格より航空機用水素エンジンの設計において考慮すべき要求事項を抽出・整理。
- 要求事項を考慮して燃料系統機器の仮要求仕様やエンジン補機システムの機器構成・配置を設定。
- 統合実証用エンジンの単体試験に向けて、試験内容や準備項目を検討。
- 統合実証用エンジン燃焼器の基本設計を実施。
- 熱交換器は部分モデル試作品の熱歪みデータを取得。

【残された技術課題】

- 極低温からエンジン燃焼器での燃焼に適した温度まで水素温度を上昇させる熱交換器の成立性確保。

【解決の見通し】

- 熱交換器の部分モデル試作品の熱歪みデータから熱交換器の基礎特性を取得。
- 燃料供給条件の調整を実施し、水素エンジン燃焼器に適した熱交換器を検討することで解決可能。



供試体



試験風景

熱交換器部分モデル試作品の熱歪み計測試験

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発

【参考資料①-C】燃料供給システムの開発

【これまでの開発進捗】

- 燃料供給システムのシステム構成候補案を複数設定。
- 仮設定した主要構成品(水素用ポンプ/バルブ)仕様に基づいて要求される流量、圧力、温度の燃料を供給可能かといったシステム成立性を流体解析により検討。
- ブースタ・ポンプ/バルブの技術課題を明確化。

【残された技術課題】

- <燃料供給システム> 燃料供給システムの成立性検討。
- <ブースタ・ポンプ> 技術課題に対する解決方法検討。

【解決の見通し】

- <燃料供給システム> 弊社地上/船舶用の液化水素燃料供給システムの解析実績を活用した流体解析を行い、燃料供給システムの成立性を検討することで解決可能。
- <ブースタ・ポンプ> JAXAの水素用ポンプ開発実績及び日機装のLNG・気体水素のポンプ開発経験を活用することで解決可能。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

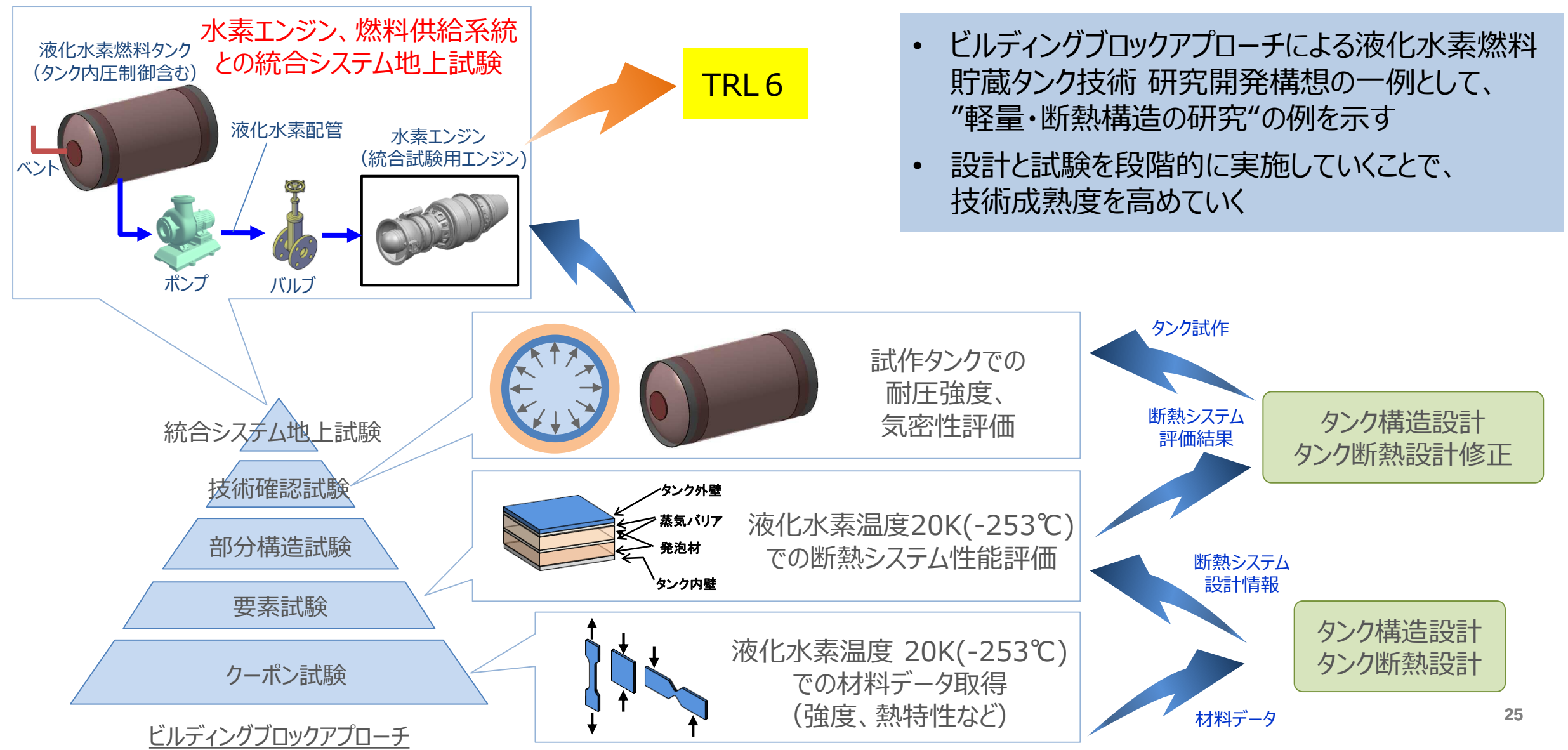
②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

- 研究開発実施内容を下表に示す
- 本研究では、タンク構造軽量化に必要な薄型断熱構造等の研究開発に取り組む
なお、本技術は、水素航空機だけでなく、液化水素を使用する他の用途（燃料電池を使用した電動航空機など）にも適用できる
- 次ページに、“軽量・断熱構造の研究”を例に、研究の進め方を示す

研究開発実施項目	研究開発実施内容
軽量・断熱構造の研究	- クーポンレベルの試験を通して、設計に必要な強度および熱特性データを取得する - 水素を液化状態に保持することができる軽量断熱構造を設計し、重量を推算する - 要素、試作タンクレベルの試験で断熱性能、強度、長期耐久性の目途を得る
燃料供給艀装構造の研究	- 燃料タンク内の艀装（燃料揺動防止のためのスロッシングバッフルや気密性に優れた点検孔、燃料配管など）を設計し、重量を推算する - 要素、部分構造、試作タンクレベルの試験で燃料揺動抑止や気密性確保の目途を得る
タンク支持構造の研究	- 航空機の運動や非常着陸等を考慮した大きな慣性荷重（加速度による）に耐荷できる支持構造を設計する - 支持構造からのタンク入熱を低減するための断熱構造を設計する - 要素、部分構造、試作タンクレベルの試験で支持構造強度と断熱性能の目途を得る
タンク内の温度・圧力制御システムの研究	- 航空機の運用に必要なタンク内の温度・圧力等を計測するシステムを設計する - 液化水素のボイルオフやエンジンの燃料消費によるタンク内の圧力変動を防止し、エンジンへの供給燃料を適切な温度・圧力範囲に制御するシステムを設計し、試作タンクを使用した試験でシステム成立性の目途を得る

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

当該技術（航空機向け 液化水素燃料貯蔵タンク技術）の位置づけ

- 独自性、新規性：液化水素を対象とした航空機は実用化されておらず、このタンク開発自体に独自性、新規性あり
- 優位性：弊社保有の水素総合技術力（液化水素製造技術、地上および船舶用液化水素貯蔵技術）と航空機開発能力に優位性あり
- 実現可能性：80%（航空機に要求される高度な安全性の確保が特に重要な技術課題）
- 残された技術課題の解決の見通し

弊社の開発知見（航空機、水素運搬船、地上水素貯蔵設備、地上水素ガスタービン発電設備）を活用して、以下の技術課題を解決していく

✓ タンク構造軽量化

設計から試験による技術確認を段階的に進めて技術成熟度を高めていくことで解決の見通しあり

✓ 断熱システム軽量化

宇宙用途の事例も参考にし、軽量の断熱構造の解を探っていくことで解決の見通しあり

✓ 長期運用

設計から試験による技術確認を通して技術成熟度を高めていくことで解決の見通しあり

✓ 安全性、信頼性（気密性、漏洩対策、火災防止）

航空機の安全性、信頼性を考慮した設計を進めていく

認証当局の水素航空機向けの安全性要求規格化はこれからであり、本研究の中で規格案を検討しつつ設計を進める

✓ エンジンへの適切な温度・圧力での燃料供給

設計から試験による技術確認を通して技術成熟度を高めていくことで解決の見通しあり

✓ 水素航空機に対する規格／設計基準

当該技術に関連する国際標準化活動への参加や、認証取得に向けた安全性を示すためのロジック・方針の検討を進める

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

【参考資料②-A】液化水素貯蔵タンクの設計

【これまでの開発進捗】

- 国内外の宇宙ロケット開発や地上水素貯蔵タンクに関する文献調査を実施。
- 断熱性能に優れた真空断熱二殻構造を対象に、文献調査結果と弊社の地上水素貯蔵タンク開発知見を活用して水素航空機用液化水素燃料タンクに対する設計要求を設定。
- 設定した設計要求をもとに真空断熱二殻構造の液化水素燃料タンクの構想設計を実施し、強度、断熱性等の観点から成立性を検討。

【残された技術課題】

- タンク構造を軽量化するうえで不可欠な、軽量なタンク構造、断熱システムの様式選定。
- 長期運用への対応、安全性、信頼性（気密性、漏洩対策、火炎防止）の確保。

【解決の見通し】

- 弊社の航空機開発知見や複合材構造、金属構造の高度なFEM解析技術を活用した設計を推進することで解決可能。
- 文献調査結果と弊社の地上水素貯蔵タンク開発知見を活用して水素航空機用液化水素燃料タンクに必要な十分な設計要求を継続検討することで解決可能。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

【参考資料②-B】液化水素貯蔵タンク用金属材料、複合材料の研究

液化水素貯蔵タンク用金属材料の研究

【これまでの開発進捗】

- 金属材料に対する要求事項を検討。
(液化水素との適合性、極低温下での高い強度、溶接性)
- 液化窒素、液化ヘリウム等を活用した極低温環境でクーポン試験を実施し、強度データを取得。

【残された技術課題】

- 極低温環境でタンク構造を成立させるのに十分な溶接強度の獲得。

【解決の見通し】

- 極低温環境でクーポン試験を実施して溶接部の強度を確認し、社内他部門の豊富な溶接実績も活用しながら適切に溶接条件のチューニング実施することで解決可能。



金属材料 引張試験状況

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

【参考資料②-B】液化水素貯蔵タンク用金属材料、複合材料の研究（続き）

液化水素貯蔵タンク用複合材料の研究

【これまでの開発進捗】

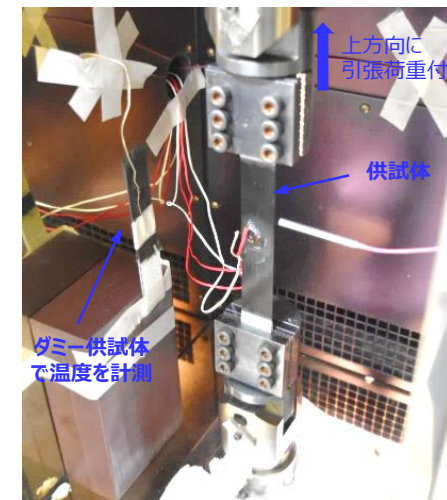
- 複合材料に対する要求事項を検討。
- 液化窒素、液化ヘリウム等を活用した極低温環境でクーポン試験を実施し、特性データを取得中。（継続）

【残された技術課題】

- 高い極低温強度に加え、水素透過に対する高いバリア性と低アウトガス性を有する複合材料の選定。

【解決の見通し】

- 液化水素燃料の適用実績のある宇宙機器等の調査を引き続き実施しつつ、極低温環境でクーポン試験および要素試験を引き続き実施して材料特性を評価していくとともに、広範囲な探索を継続することで解決可能。



複合材料 引張試験状況

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発

【参考資料②-C】タンク内の温度・圧力制御システムの研究

【これまでの開発進捗】

- 液化水素燃料タンク内の温度・圧力制御システムの構成候補案を複数設定。
- 仮設定した主要構成品(水素用バルブ)仕様に基づいて要求される流量、圧力、制御方式を検討。
- ベント・チェック・バルブをはじめとする各バルブの技術課題を明確化。

【残された技術課題】

- <タンク内の温度・圧力制御システム> タンク内の温度・圧力変動の抑制及びエンジンへの適切な温度・圧力での燃料供給方式の確立。
- <バルブ（ベント・チェック・バルブの例）>
 - ✓ 航空機用の小型/軽量設計時の肉厚/ボルト強度への影響分析
 - ✓ 極低温で内部流体の漏れ量を最小とするための封止構造
 - ✓ 極低温に対応するための断熱構造

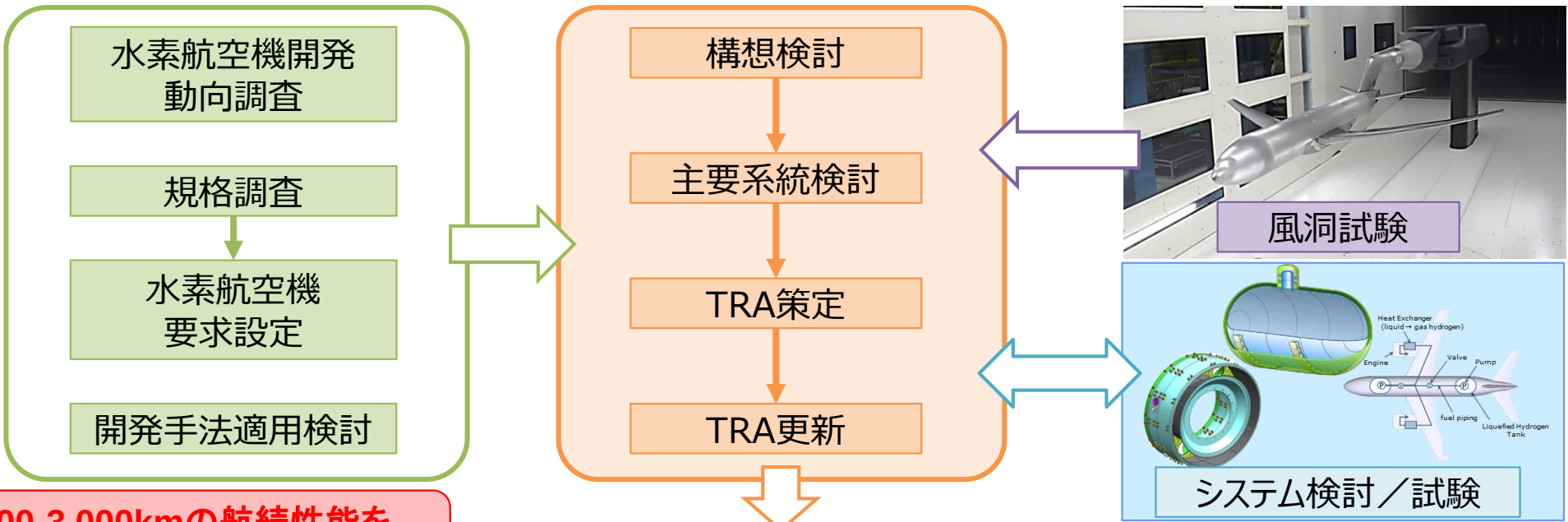
【解決の見通し】

- <タンク内の温度・圧力制御システム> 弊社地上/船舶用のタンク内の温度・圧力制御システムの知見を活用し、設計段階から並行して試験による技術確認を実施することで技術成熟度が向上し、解決可能。
- <バルブ> 再委託先(キッツ)の極低温流体用バルブの開発実績を活用しつつ、重要機能部の部分試作を実施することで解決可能。

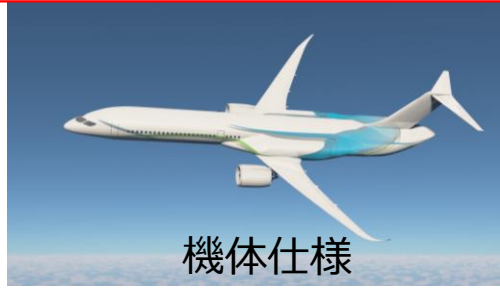
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

③水素航空機機体構造検討

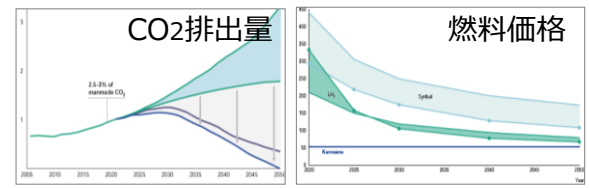
航空機の開発経験と一気通貫の水素総合力を活用しCO2削減に貢献する水素航空機の技術開発目標と社会実装時のイメージを示す開発する技術の成立性を示すため、風洞試験や各種システム試験を活用しながら、2,000-3,000kmの航続性能を有する水素航空機のベース機体TRA（Technical Reference Aircraft）を策定する



2,000-3,000kmの航続性能を有する水素航空機ベース機体TRA



機体仕様



CO2削減量／コスト等
運用成立性 出典: CleanSky2

実現性のある水素航空機の具体化

- 主要要素技術の開発目標値
- 成立性のある最適な機体仕様 (構造／システム仕様含む)
- 社会実装時のCO2削減量

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

③水素航空機機体構造検討

当該技術（水素航空機機体構造検討）の位置づけ

- 独自性、新規性：水素価格など経済性に関わる項目も機体性能と同時にシミュレーション検討を行うことで、運用成立性も満たす機体仕様を設定する点に、独自性／新規性あり
 - ①エンジン燃焼器／②液化水素燃料貯蔵タンクへの要求設定、またそれらの成果活用など、水素航空機全体として一気通貫で検討できる点に、独自性あり
- 優位性：機体全機開発能力／エンジン技術／水素総合技術力を有し、水素航空機に対して総合的検討能力に優位性あり
- 実現可能性：70%（①、②の成果を活用して水素航空機として成立させるには、運用成立性や適合性等を整合させる必要がある）
- 残された技術課題の解決の見通し

弊社の開発知見（航空機、水素運搬船、地上水素貯蔵設備、地上水素ガスタービン発電設備）を活用して、以下の技術課題を解決していく

 - ✓ 2,000-3,000kmの航続性能を有する水素航空機としての成立性
 - 風洞試験や各種システム試験を活用し、機体レベルからシステムレベルまで段階的に検討／検証作業を進め成熟度を高めていくことで解決の見通しあり
 - 従来航空機と大幅に形状の異なるBWB※等の航空機形態も視野に入れ機体構想案を検討する
 - ✓ 運航／社会実装成立性
 - シミュレーションを用いた全体成立性を検証しながら作業を進めることで解決の見通しあり
 - ✓ 水素航空機に対する規格／設計基準
 - 認証当局の水素航空機向けの安全性要求規格化はこれからであり、本研究の中で規格案を検討しつつ設計を進める
 - ✓ 水素航空機としての適合性／安全性検証
 - 全機開発知見を活用し、既存航空機との比較による妥当性確認を行うことで解決の見通しあり

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

③水素航空機機体構造検討

【参考資料③】従来型航空機形態に対する機体コンセプト案の設定

【これまでの開発進捗】

- CO2削減への貢献を重視し、かつ運航者の利便性を考慮した要求仕様として、水素航空機のターゲットとする座席数や路線距離等を設定。
- 水素以外の技術的リスク低減と既存地上設備の活用による早期市場投入を実現するため、既に旅客機として運用実績のある形態（＝従来型航空機形態）の複数の定性的な機体コンセプト案を考案。
- タンク配置の異なる従来型航空機形態の6パターンに対して、空力特性や重量への影響等を定量的に評価し、数パターンに絞り込み。

【残された技術課題】

- Blended Wing Body(BWB)等の非従来型航空機形態の方が航続性能等の観点から水素航空機に適している可能性があるため、従来型航空機と同様の技術的検討が必要。
- TRAの策定に向けて空力データを取得する必要があるため、そのためには、全機レベルで成立性のある水素航空機の機体寸法やエンジン推力など基本諸元（初期三面図）の策定が必要。特に非従来型航空機形態については世界的にも検討例や空力データ、飛行特性等の基礎データが少ない。

【解決の見通し】

- 弊社の実機開発の知見や航空機メーカーとしての総合力を活かして、柔軟な発想と詳細な技術検討により、非従来型水素航空機についても従来型航空機形態と同様の検討を行うことで解決可能。
- 従来型/非従来型の2形態に対して、①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発や②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発の検討を踏まえた全体成立性の評価や、弊社独自のCFD解析技術による空力データ推定を活用して航続性能評価等を実施することで解決可能。

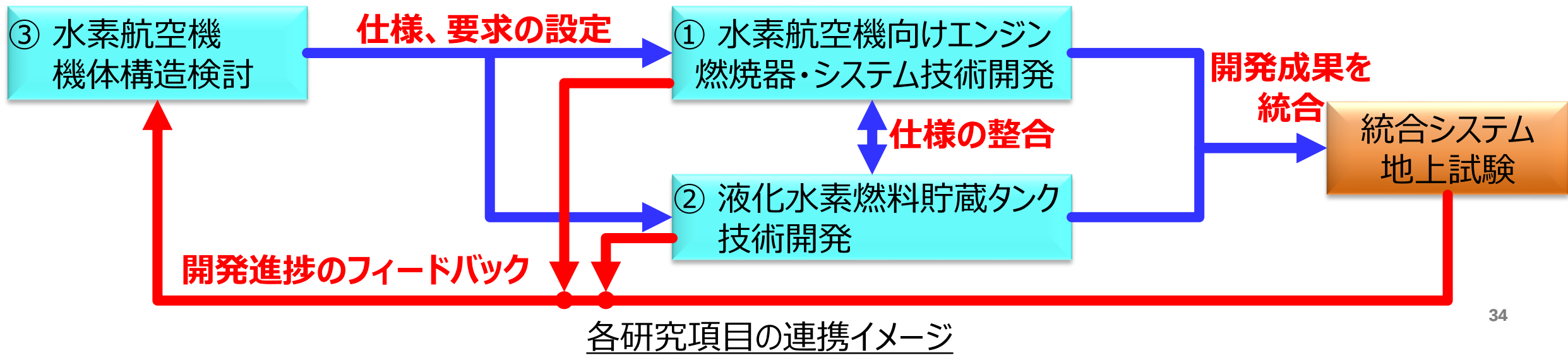
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

水素航空機の社会実装に向けた統合技術検討

研究項目①エンジン燃焼器技術開発、②液化水素燃料貯蔵タンク技術開発、③機体構造検討は、それぞれ水素航空機実現におけるコア技術であるが、わが国としての技術優位性を確立し、水素航空機の社会実装を早期に実現するためには、これらのコア技術を統合してシステム全体として完成させ、機体OEM及びエンジンOEMに、インテグレーション能力も含めた圧倒的な技術力を示すことが不可欠である

この実現に向け、以下のように研究開発を進める

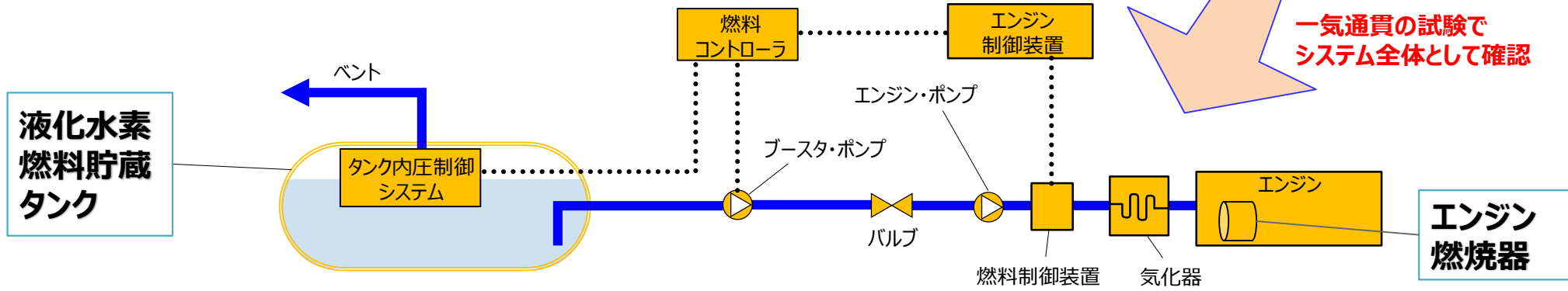
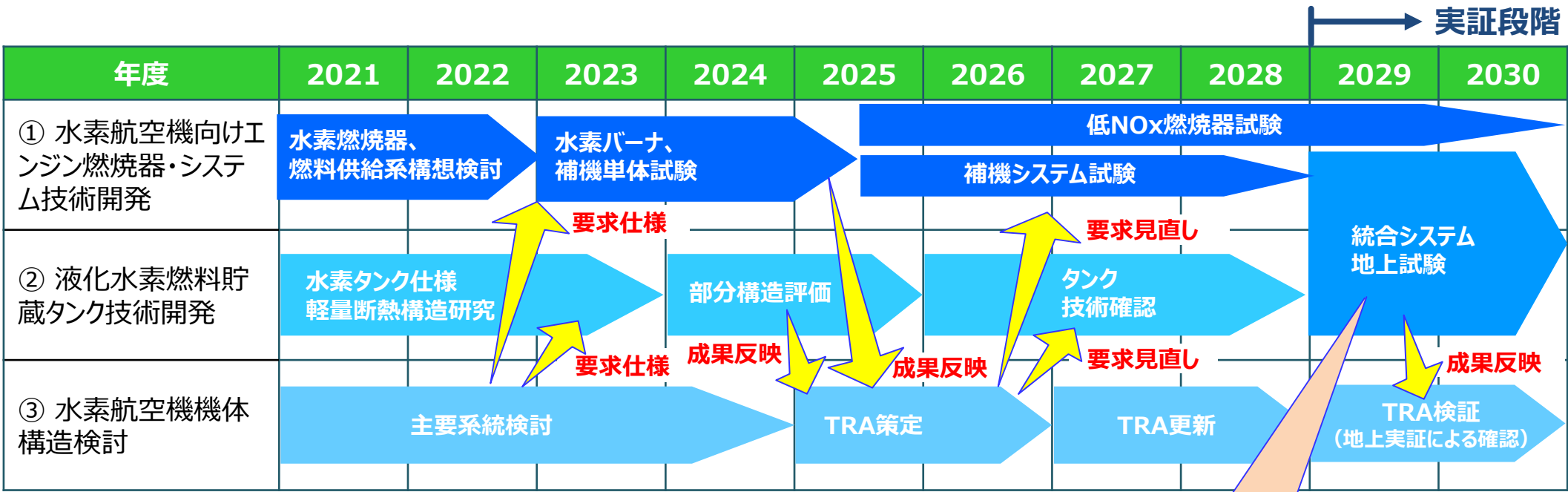
- ③機体構造検討において、水素航空機としての運用まで想定した機体をTRAとして定義し、これを基に①エンジン燃焼器及び②液化水素燃料貯蔵タンクに必要な仕様、要求を設定して、これらを考慮した研究開発を進める
- 液化水素燃料貯蔵タンク（**極低温**）から水素燃焼エンジン（**高温燃焼**）までの適切な熱マネジメント及び圧力制御を考慮した液化水素燃料供給システムを検討し、その各構成要素を一気通貫で開発する
- これらを統合した統合システム地上試験によりシステム全体としての実証を行う
- 各研究項目の連携イメージを以下に示す



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

統合システム地上試験

水素航空機の実現に向けたコア技術を同時並行で開発し、これらを統合して一気通貫の統合システム地上試験を実施する

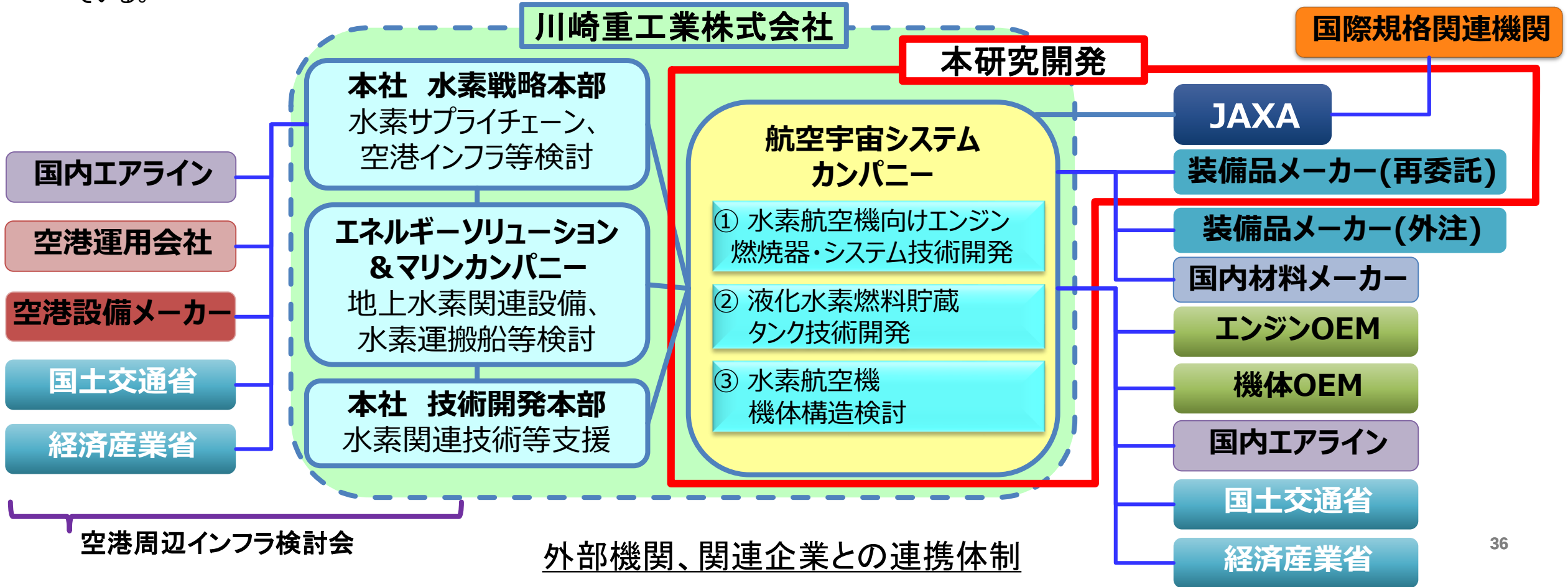


統合システム地上試験の概要

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

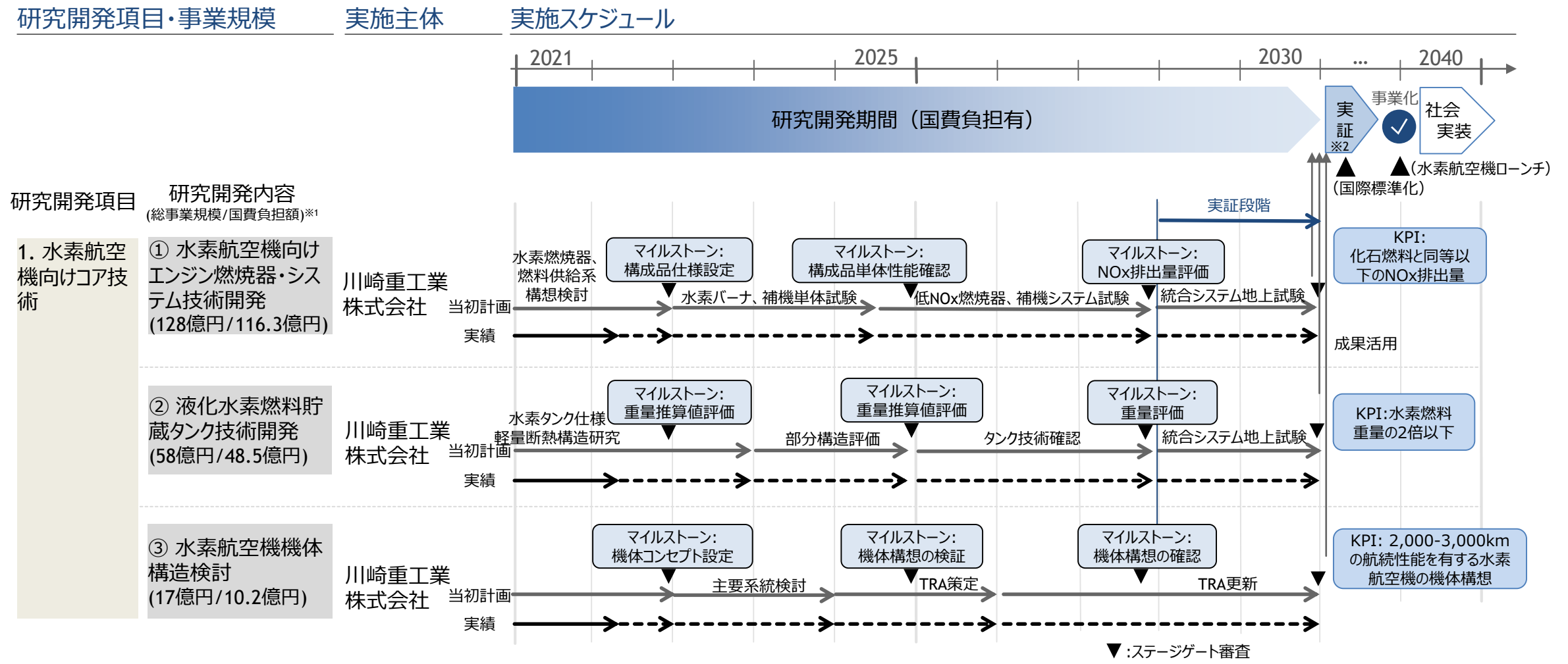
外部機関、関連企業との連携

水素航空機の社会実装を早期に実現するためには、機体OEM、エンジンOEM、エアライン、各種装備品メーカー、材料メーカー、研究機関等との密接な連携が不可欠である。また、航空機の機体だけでなく、併せて、その機体を運用するための空港インフラ、水素供給サプライチェーン等の検討との連携、また水素航空機関連の国際標準化活動に積極的に参加し、わが国が主導していくためには、国際規格関連機関とも連携が必要である。以上を考慮して、効率的かつ的確な方向性をもって研究開発を進めるために、以下のような連携体制を構築し、検討を進めている。



2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

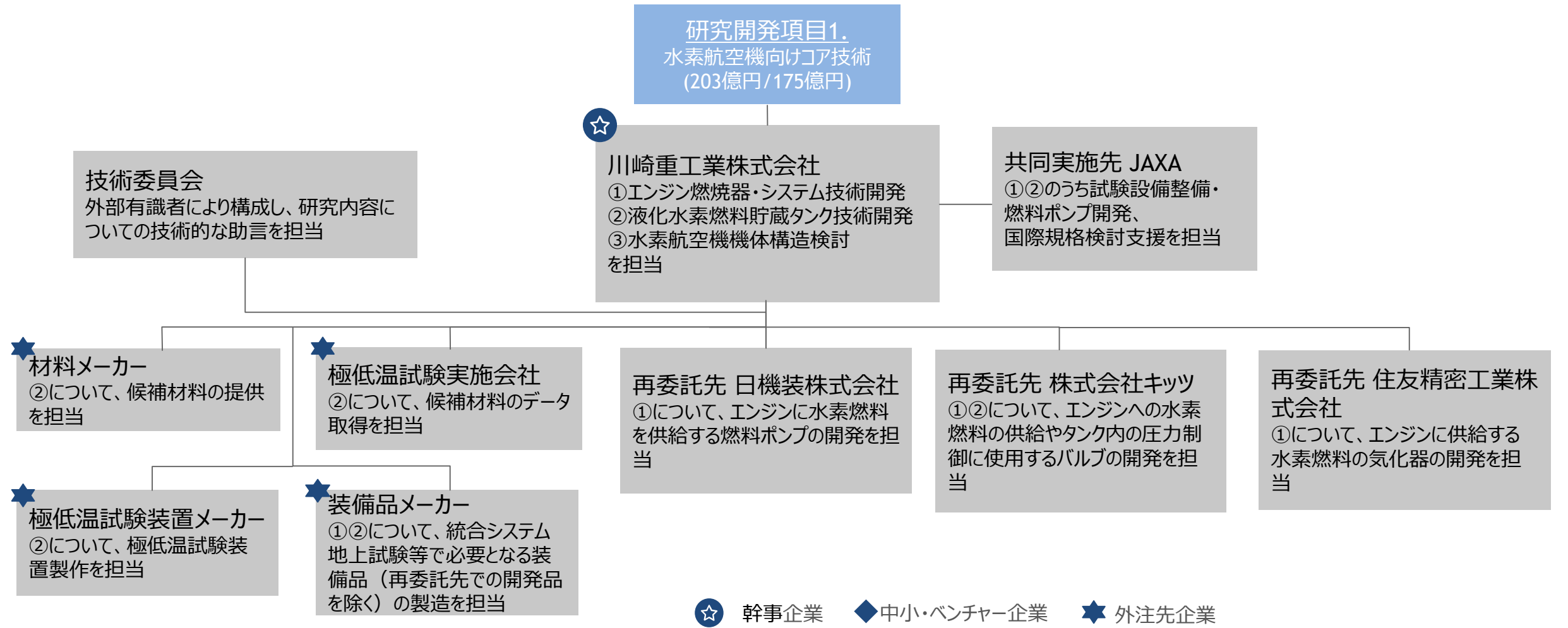


※1 総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額
※2 飛行試験による実証（OEMと共同実施）

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図 ※金額は、総事業費/国費負担額



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1 全体の取りまとめは、川崎重工業株式会社が行う
- 川崎重工業株式会社は、①②③の技術開発、技術検討、試験を担当する
- JAXAは、①②において、試験設備の整備、燃料ポンプ等の開発、及び国際規格検討支援を担当する
- 日機装株式会社は、①において、エンジンに水素燃料を供給する燃料ポンプの開発を担当する
- 株式会社キッツは、①②において、エンジンへの水素燃料の供給やタンク内の圧力制御に使用するバルブの開発を担当する
- 住友精密工業株式会社は、①において、エンジンに供給する水素燃料の気化器の開発を担当する

研究開発における連携方法

- JAXA調布航空宇宙センターに設置予定の水素供給設備及び極低温試験設備を使用し、水素エンジン構成品（燃焼器、燃料供給系統）の性能試験、環境試験を実施する
- JAXA能代試験場を使用し、エンジンシステム、タンクの統合システム地上試験を行う
- JAXAの水素ポンプ開発経験を利用して水素航空機用の燃料ポンプの開発を実施する
- JAXA及び各再委託先とは定例会を年数回開催し、情報共有、知的財産の有効活用に努める

中小・ベンチャー企業の参画

- 液化水素燃料タンクから水素燃焼エンジンに至るシステムの構成要素において、十分な技術を有する機器メーカー等を調査中
- その他にも有望な企業があれば、再委託や外注先として採用を検討する

その他企業との連携

- 極低温環境下に適用可能な材料について、国内材料メーカーと情報交換、候補材料の供給を受ける
- 極低温等の環境下での材料データ取得について、国内試験実施会社に試験を外注する
- 極低温環境下での断熱システム評価試験装置の製作を国内試験装置メーカーに外注する

技術委員会によるレビュー

- 大学、研究機関、他カンパニー等の外部有識者で構成される技術委員会を組織し、各研究内容についての技術的な助言を得て、これらを適宜考慮しながら研究開発を実施する

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

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 水素航空機向けコア技術	1 水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	- 低NOx燃焼器開発技術 - 地上用水素ガスタービン開発技術	→ 国家プロジェクトでの燃焼器開発担当実績多数。民間航空機エンジン全体での開発経験なし → 水素ガスタービン発電設備において、水素専焼での運転実績あり。航空機適用可能な燃焼器・エンジンシステム確立が課題
	2 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発	- 航空機軽量構造 開発技術 - 液化水素貯蔵技術（地上向け）	→ 民間機、防衛省機の構造開発実績多数 → 地上液化水素貯蔵技術は世界トップクラス 航空機適用可能な軽量断熱システムが課題
	3 水素航空機機体構造検討	- 航空機全機開発能力（空力／構造／システム等の設計技術） - エンジン技術 - 水素総合技術 - CFD解析技術、風洞試験技術／設備	→ 防衛省機の開発、民間ヘリの認証実績あり 民間固定翼の認証経験なし → 各種エンジン開発実績あり。大型ジェットエンジン全体の開発経験なし → 船舶等のサプライチェーン関連技術あり → 国際共同研究など実績多数あり 低速～遷音速まで風洞試験能力あり

※CFD: Computational Fluid Dynamics

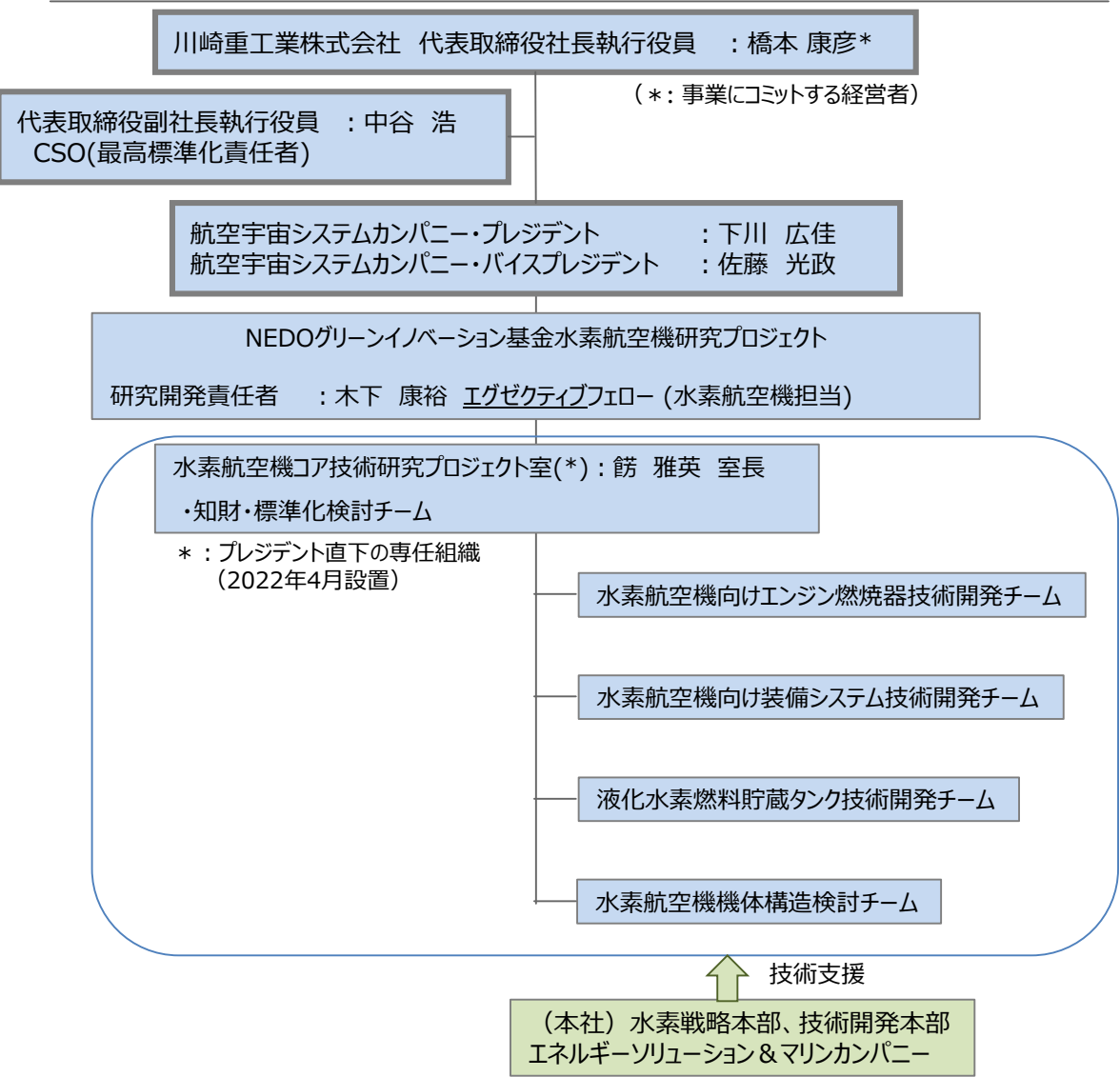
3. イノベーション推進体制

(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、専門部署に複数チームを設置

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
 - 木下 康裕: 研究取り纏め
 - プロジェクト室
 - 水素航空機コア技術研究プロジェクト室: 専任3人、併任4人規模
 - プロジェクト室長
 - 水素航空機コア技術研究プロジェクト室 : 飴 雅英
 - 担当チーム
 - 水素航空機向けエンジン燃焼器技術開発チーム
 - 水素航空機向け装備システム技術開発チーム
 - 液化水素燃料貯蔵タンク技術開発チーム
 - 水素航空機機体構造検討チーム
 - 知財・標準化検討チーム
- 部門間の連携方法
- 社長連絡会 : 社長への定期報告 (2回/年)
 - 水素航空機プロジェクト推進会議 : カンパニー上層部への定期報告 (2回/年)
 - 水素航空機技術フォローアップ会議 : プロジェクト全体連絡会 (1回/週)
 - 水素航空機担当者連絡会 : 担当間の連絡会 (2回/週)

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

経営者等による水素航空機開発事業への関与の方針

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
 - 弊社の**グループビジョン2030**で、カーボンニュートラル、水素関連事業への取り組みを発表済みであり、本プロジェクトもその一つと位置付けている
 - **弊社社長**は、社内外に本プロジェクトへの参画を発信している
 - グループビジョン2030は、弊社の社会向け各種ソリューションを提示したもので、**マーケットインの発想とスピード感を重視**したビジョン実現を重視している。経営者等が着実かつスピーディーに進めるため、グループ全体でのベストプラクティスを追求している
- 事業のモニタリング・管理
 - 社長連絡会及び**プロジェクト推進会議**で**半期ごとにフォローおよびモニタリング**を行う。そこで経営層から事業の進め方・内容に対して必要な指示が出され、管理される
 - **研究推進のための技術委員会**を設置し、水素や航空機等に知見を持つ外部有識者からの意見を頂くとともに、別途社内でもカンパニーの垣根を超えた社内の有識者からの意見を頂く会議体を設定し、社内外から幅広い意見を取り入れる体制を構築
 - 本プロジェクトを通じて技術開発を進めるとともに、**事業化に関する調査も継続して進め**、必要となるKPI・条件を検討する

経営者等の評価・報酬への反映

- 従来は、本プロジェクトの進捗が直接反映される体系にはなっておらず、**本プロジェクトの進捗状況が弊社の株価等に反映**されて、間接的に大きな時間軸の中で経営者の評価・報酬に反映されてきた
- グループビジョン2030では、役員報酬制度は**“ペイ・フォー・ミッション”**の考え方を重視と明示されており、今後は**プロジェクトの進捗が経営者等の評価・報酬へ反映**されていく方向である

事業の継続性確保の取組

- **プロジェクト推進会議**の中で体制見直しや追加的な対応も判断されるため、経営層が交代しても**事業は継続実施**されるように対応している

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水素航空機開発事業を位置づけ、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
 - 弊社は、**2010年**にカーボンニュートラルに向けた水素事業への取り組みを公表し、NEDOプロジェクトも活用して事業推進を継続してきた
 - グループビジョン2030**で、カーボンニュートラル、水素関連事業への取り組み、及びその拡大方針を公表。**水素サプライチェーン**商用化に向けた技術実証等の進捗に加え、**水素発電**、**船舶用水素ガスエンジン**に関する取り組みを紹介。本プロジェクトは、水素燃料を**航空機分野**へ展開として説明
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 本プロジェクトへの取り組み**は、弊社の2021年2月の取締役会相当の会議において**承認済み**。新組織設置後の計画を2022年4月に報告実施
 - 本プロジェクトの進捗を半期ごとにフォローする社内経営層レベルの**プロジェクト推進会議**を設置
 - 本プロジェクトへの取り組みについては、年頭あいさつや社内報等で社内に広い周知を継続
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - グループビジョン2030**の中で、本プロジェクトへの参画を「大幅な温室効果ガス削減にむけて、水素航空機の開発に参画」と明言済み

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - グループビジョン2030**で、カーボンニュートラル、水素関連事業への取り組み拡大を発表済み。水素サプライチェーン商用化（液化・積荷基地、液化水素運搬船）に向けた技術実証は2022年度末の開発完了を目標とし、その後スケールアップして商用実証に移る。水素航空機開発については、水素燃料を航空機分野へ展開として説明
 - 本プロジェクトの研究開発計画**については、NEDO事業への採択時に**対外公表**を実施
- ステークホルダーへの説明
 - グループビジョン2030**で、カーボンニュートラル、水素関連事業への取り組み拡大を発表
 - 水素関連事業は、インフラ、船舶等に加えて水素燃料をマリン分野、航空分野へ展開することを2021年12月のグループビジョン2030の進捗報告会にて説明済み。
 - 水素サプライチェーン商用化に向けた技術実証は幅広く情報発信中。**水素航空機に関しても発信**を継続していく



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

- 実施体制の柔軟性の確保
 - プロジェクト推進会議の中で体制見直しや追加的な対応も判断されるため、柔軟な実施体制は確保される
 - 弊社は社内に水素関連部門を有するが、外部リソースは積極的に活用する方針である。JAXA、岩谷産業などの著名なリソースに限らず、中小企業も含めて貴重な技術を有するリソースを継続して調査する
 - 将来の顧客であるエアライン等と積極的に意見交換を行い、技術開発のみならず事業として魅力的なものにすべく情報収集と発信を行っていく
- 人材・設備・資金の投入方針
 - カンパニー内で技術人材を活用しつつ水素関連の知見を有する本社人材との連携を図り、必要な人材を確保した。今後の検討の進捗に応じて適宜増員を考慮し、要すれば外部人材の獲得も検討する
 - 試験設備は、社内に限らず、JAXA殿の土地・設備を最大限活用させて頂く。外注業者等の設備も調査の上、必要に応じて活用し、効率的に研究開発を進めていく
 - 国費以外では、研究員等への資金を投じ、研究開発を推進していく
 - 長期事業戦略ビジョンに沿って、必要な資金・人材を投じる計画である。ただし、短期的な経営指標が大きく悪化する場合は、METI様、NEDO様とプロジェクトの進め方について協議させていただきたい

専門部署の設置等

- 専門部署の設置
 - 弊社社長をトップとし、水素航空機担当フェローのもと、航空エンジン、航空宇宙の両ディビジョンが開発に参画。本プロジェクト専任のプロジェクト室をカンパニープレジデント直下の組織として新規に設置。一日おきに連絡会を開催して密な情報交換と機動的な意思決定を図り、適宜上層部への報告を行っている
 - 弊社では、事業環境の変化に合わせ、柔軟な体制構築を行っている。例として、マリン事業でエネルギーソリューション＆マリンカンパニーを発足させ水素関連事業／コア・コンポーネント・エンジニアリング事業を推進、等
 - 機動性が必要な社長直轄プロジェクト等では、全社からメンバーを選出し、カンパニーの枠を超えたシナジーを発揮している例もある
- 若手人材の育成
 - 本プロジェクトには若手技術者を積極的に投入しており、技術開発とともに人材育成の場としても活用していく。航空機の開発は足が長く、若手がベテランとなる頃に水素航空機技術の成熟度も増すと考えられ、システム全体を把握できる総合的な技術者を目指した育成を行う
 - 現在の人事制度では「チャレンジ＆コミットメント」のコンセプトで、実力のある若手社員に重要職務／ポジションでチャレンジさせる方針である
 - JAXA殿等との連携や、機会があれば学会発表等の場も活用し、若手技術者を育成していく

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、不測の事態に陥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
• ステージゲート目標未達によるリスク 外部有識者、研究機関等との連携による検討の方向性確認、作業効率化等を実施 • 研究リソース不足によるリスク 研究効率化等を適宜実施 • ワーキンググループにて改善要望を受けるリスク 社内レビューによる研究開発の内容、事業推進体制等の点検・見直しを適宜実施	• 水素普及の遅れによる水素利用困難のリスク 水素インフラ、水素運搬事業の促進等を実施 • SAF、電動化等の急速な普及による航空分野での水素燃焼エンジン需要喪失のリスク 船舶、鉄道等の他のモビリティ分野における水素燃焼エンジン適用の検討、及び燃料電池向け液化水素タンク、供給システムの活用検討を実施	• 統合システム地上試験場の天候、災害等により試験実施不可となるリスク 状況に応じ、代替試験場（海外含む）の検討等を実施



- 事業中止の判断基準：ワーキンググループにてプロジェクト中止が決議される