

JAXAが目指す将来像

一人と環境に優しい持続可能な航空利用社会へ

宇宙航空研究開発機構
理事/航空技術部門長
張替 正敏

1. コロナ禍の影響と今後への動き

- ✓ コロナ後をにらみCO₂排出低減を軸に航空輸送の持続可能性技術の創出に期待がある。
- ✓ 民間が厳しい状況のなか、国や公的研究機関がこれら新技術の研究開発を先導する必要がある。

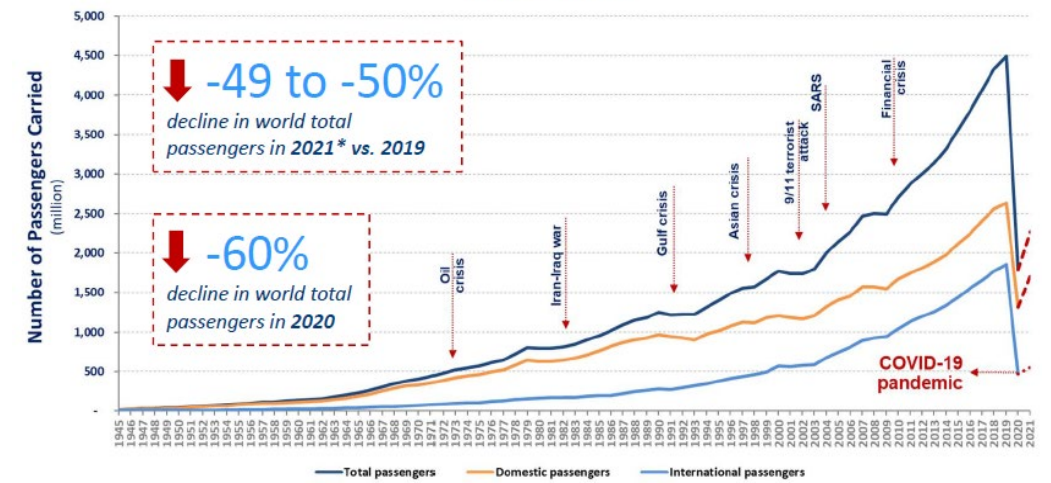
■ コロナ禍の影響

- ✓ コロナ禍により航空需要は大幅な減少。2021年も-50%の減少が続く（右上図）
- ✓ 回復には5年程度を見込むが、**長期的に航空旅客需要の拡大傾向は維持される見通し**（IATA、ATAG推定）

■ コロナ禍後に向けた動き

- ✓ カーボンニュートラルを目指す動きが加速。政府のグリーン成長戦略により、**航空機産業の成長戦略（電動化、水素航空機、軽量化／効率化、ジェット燃料）**が示された（右下図）
- ✓ 米国ではベンチャー企業が超音速機を開発中で、**再生可能代替燃料（SAF）の100%利用を掲げる小型超音速旅客機**を大手エアラインが発注するなど**超音速機のニーズが顕在化した**

World passenger traffic evolution 1945 - 2021*



世界の航空旅客数の推移

出典：Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
輸送	★規制 国際航空に際し、ICAOにより2019年比でCO ₂ 排出量を 増加させないことを削減化（2021～2035年）							★目標 2050年時点でCO ₂ 排出量を 2005年比半減（IATA目標）
●電動化	機体電動化の研究開発					技術実証	技術搭載・採用拡大	
	推進系電動化（ハイブリッド電動）の研究開発					技術実証	技術搭載・採用拡大	
	※ 電動化技術は小型機から順次搭載可能性（2020年代後半～）							
●水素航空機向け技術開発	水素航空機向けコア技術の研究開発					技術実証	技術搭載・導入拡大	
●軽量化効率化	エンジン効率化の研究開発（素材や設計等）					技術実証	技術搭載・採用拡大	
	機体構造向け炭素繊維複合材の研究開発					技術実証	技術搭載・採用拡大	自立の拡大
	※ エンジン、電動化、水素関連技術は一部補完関係あり							
	上記項目での欧米との国際連携を強化							
●ジェット燃料	【バイオジェット燃料等】安定した燃料製造技術の確立・低コスト化					バイオジェット燃料等の国際市場の動向に応じて、競争力のあるバイオジェット燃料等の供給拡大		
	【合成燃料】CO ₂ から合成燃料までの一貫製造プロセスの確立							
	※ 燃料の培養によるバイオジェット燃料は、カーボンサイクル産業の実行計画参照							

航空機産業の成長戦略「工程表」

出展：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

2. 目指すべき将来像

- ✓ 第6期科学技術・イノベーション基本計画が目指すSDGsの達成を含む「持続可能で強靱な社会」、及びコロナ禍後にカーボンニュートラルへの動きが加速している現状を踏まえ、「**持続可能**」をキーワードに設定
- ✓ 未来社会デザイン・シナリオとして、**航空輸送（既存形態の航空機による発展）**、**航空利用拡大（次世代モビリティ・システム等による更なる空の利用）**、**航空産業（国際競争力の強化）**の3つの分野で目指すべき将来像を設定



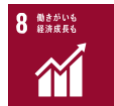
人と環境に優しい 持続可能な航空利用社会

- 1.環境負荷のない高速輸送で世界をつなぐ
(航空輸送の環境適合性・利便性の両立)
- 2.日常も災害時も誰にでも航空機の恩恵を
(航空による強靱な社会への貢献)
- 3.循環型のデジタル化した航空産業で世界をリード
(産業の競争力・持続可能性の強化)

■ 関連するSDGs目標



エネルギー効率の改善



高いレベルの経済生産性



資源利用効率の向上
環境に配慮した技術



持続可能な輸送システム



天然資源の効率的な利用
廃棄物の発生を大幅に削減



気象関連災害や自然災害に対する強靱性
気候変動対策



3. 将来像に沿った10年後の航空の姿

1 航空輸送

持続可能な
航空輸送の発展



環境適合性の向上

機体 環境適合性が向上した新型機の導入

運航 SAF導入、4D運航（時間管理）の導入による効率的な運航



安全性の向上

機体 ヒューマンエラーを低減するパイロット判断支援システムの導入

運航 ヒューマンエラー、気象影響を低減する運航判断支援システムの導入



利便性の向上

機体 海上超音速飛行機の導入、陸上超音速飛行機の開発

運航 4D運航（時間管理）の導入、気象影響の低減による定時性・就航率の向上
他の交通手段との情報共有（顧客・運航情報等）による輸送サービスの一体化。

2 航空利用拡大

持続可能で強靱な
社会への貢献



次世代エアモビリティ

（オンデマンド旅客輸送、無人空中物流）

無人空中物流による省人化、eVTOLによる離島アクセス等の利便性向上など、次世代エアモビリティが、社会課題を解決



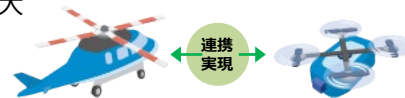
空中プラットフォーム

情報収集／通信中継等の手段として、空中プラットフォーム（小型無人機、HAPS（高高度滞空機）等）が社会実装



災害危機管理対応

有人機・無人機連携等による災害対応航空機を用いた「公助」の能力拡張と、「共助」「自助」への次世代航空利用技術の活用拡大



3 航空産業

持続可能な
産業への転換



航空機産業

完成機事業：国内完成機事業の再開・ファミリー化と共に次世代エアモビリティ市場が拡大
国際共同開発、装備品市場：システム統合力の向上によりシェア拡大
新たな動き：DX推進による既存システムの再構築や航空機廃材リサイクル等のバリューチェーン構築



MRO事業

ロボット導入による半自動化／省人化や個別機体に対するエビデンスに基づいた整備の最適化等による国際競争力の強化。
OEMや運航者と連携したライフサイクルビジネス化が進む。



エアライン

航空機運航のCO₂排出量削減（SAF、新型機の導入、運航方式の効率化等）、デジタル化等による運航・整備面での省人化、多様化するニーズへの対応（超音速、次世代エアモビリティ等）

4. 重点的に取り組むべき技術課題（重点課題）

目指すべき将来像に合致し、意義・価値、優位性（JAXA、日本の強み）、エコシステム（研究成果の社会実装の枠組み）の3要素が揃う見込みがある、重点的に取り組むべき技術課題（重点課題）を選定

● 重点課題



課題A) 脱炭素社会に向けた航空機のCO₂排出低減技術

→航空輸送の環境適合性の向上



課題B) 超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術

→航空輸送の利便性の向上



課題C) 国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術

→航空による社会への貢献

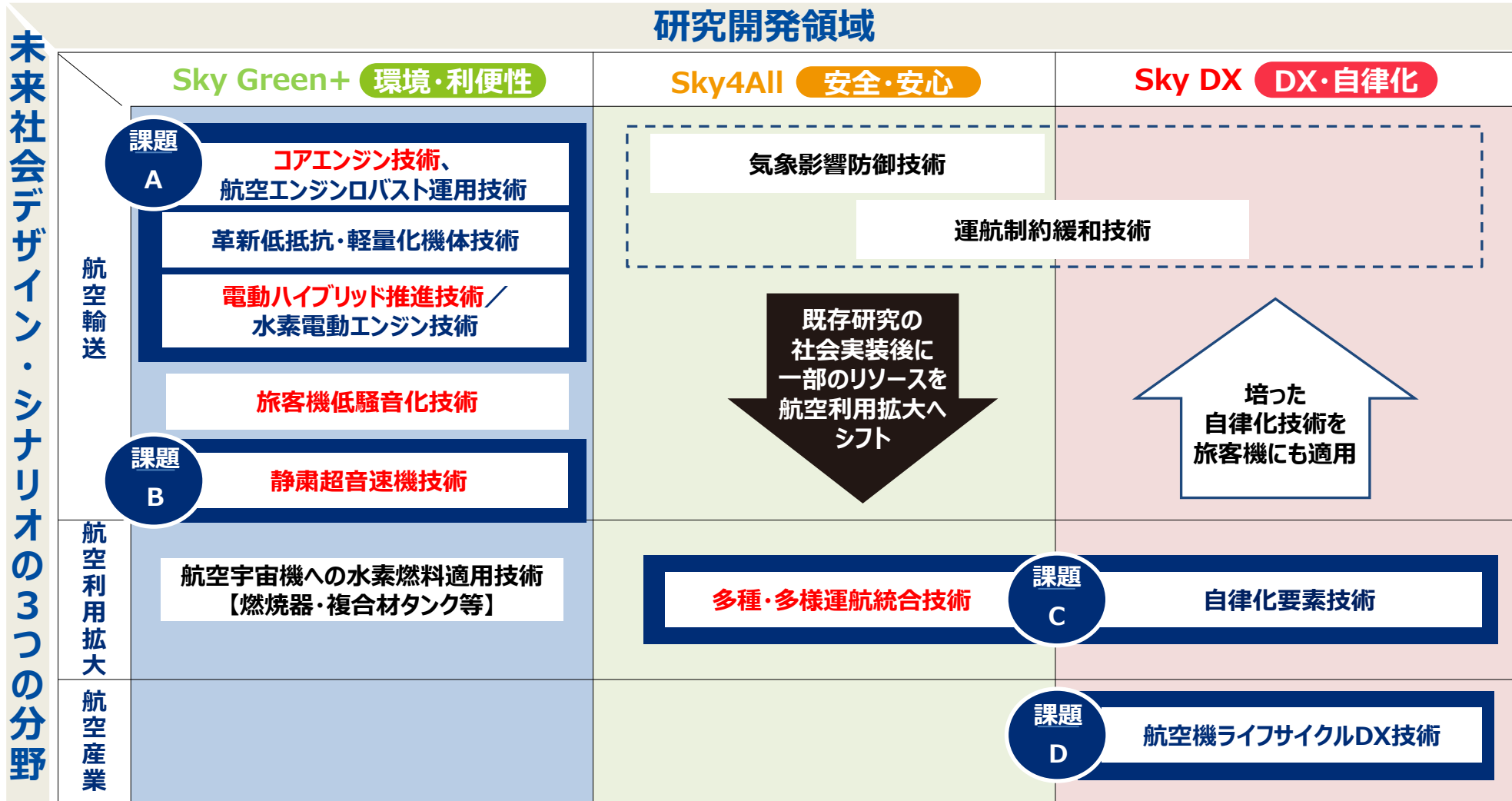


課題D) 新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術

→航空産業の競争力強化

5. 研究開発領域の定義と技術課題のポートフォリオ

- 課題 **A** 脱炭素社会に向けた航空機のCO₂排出低減技術
- 課題 **B** 超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術
- 課題 **C** 国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術
- 課題 **D** 新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術



赤字：現在の研究開発課題、今後の候補

10年後より先の将来を見据えた基礎的技術の研究開発や、研究開発を支える試験・計測・評価技術等の基盤的技術の研究開発は着実に実施。

脱炭素社会に向けた航空機のCO₂排出低減技術

既存技術の性能向上（コアエンジン技術、革新低抵抗・軽量化機体技術等）に加え、電動ハイブリッド推進技術や水素電動エンジン技術等の新技術を社会実装し、2020年代後半から2030年代前半に予想される次世代細胴機や次次世代広胴機の国際共同開発でのシェア獲得及び国内完成機事業の後継機開発に貢献する

1 コアエンジン技術

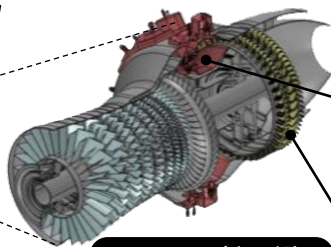


環境性能（CO₂/NO_x排出削減）を高める**燃焼器技術**と**タービン技術**を実証し、国際競争力強化に貢献する

エンジン燃費向上



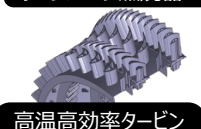
ターボファンエンジン



コアエンジン（高圧部）



超低NO_x リーンバーン燃焼器



高温高効率タービン

3 革新低抵抗・軽量化機体技術

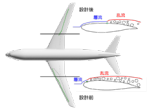
優位な環境性能を実現する**低抵抗・軽量化技術**を開発・実証し、国際競争力強化に貢献する

抵抗低減技術

層流及び乱流摩擦抵抗低減による空力性能向上



リブレット



層流翼

層流及び乱流摩擦抵抗低減による空力性能向上

最適構造設計

自動積層装置により荷重に沿った最適な複合材積層構造を実現



STEP1

FEM解析による主応力ベクトル取得



STEP2

カーブデータ変換



STEP3

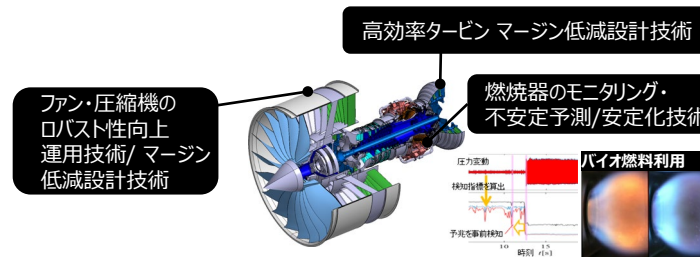
積層方向定義

最適構造設計

自動積層装置により荷重に沿った最適な複合材積層構造を実現

2 航空エンジンロバスト運用技術

低燃費・軽量化及びSAFの適用範囲拡大に資する**運転範囲拡大・安全性向上技術**を実証し国際競争力強化に貢献する



4 5 電動ハイブリッド推進技術 / 水素電動エンジン技術



世界トップの燃費削減効果を有する**電動ハイブリッド推進システム**により、CO₂排出を抜本的に削減する

「エミッションフリー航空機」のキー技術



多発電動BLI*ファン

胴体境界層の制御とファン面積の増加により、推進効率を向上

*BLI : Boundary Layer Ingestion

SOFC-GT**複合サイクルエンジン

燃料電池とジェットエンジンを組み合わせ、熱効率を向上

** SOFC-GT: Solid Oxide Fuel Cell - Gas Turbine

総合効率 = 熱効率 × 推進効率

熱効率と推進効率の両方を向上させ、圧倒的な燃費削減を実現

ソニックブーム低減技術を核に、2030年代に予想される陸地上空を超音速飛行する超音速機の市場を拓く国際基準策定を推進し、超音速機の国際共同開発でのシェア獲得に貢献する

1 全機ロバスト低ブーム設計技術

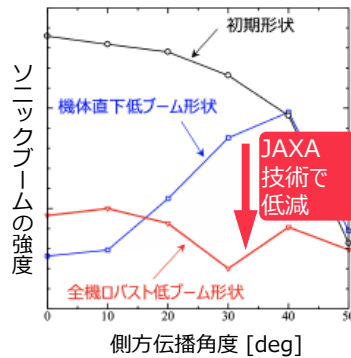


ソニックブームを広範囲に低減し超音速機の騒音基準を満たす

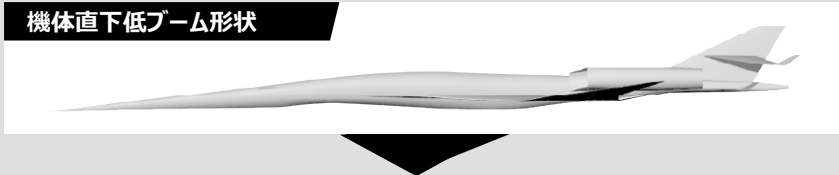
機体設計技術を飛行実証し、国際基準策定に貢献する

全機ロバスト低ブーム設計技術

機体形状の最適化技術（特許申請）により、地上に伝わるソニックブームを側方でも低減



機体直下低ブーム形状

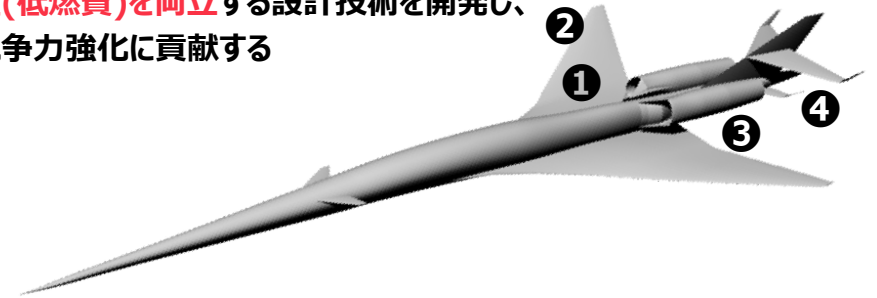


全機ロバスト低ブーム形状

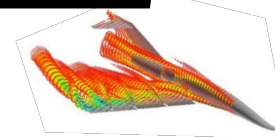


2 統合設計技術

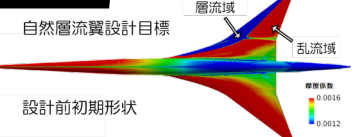
超音速機の環境適合性(低騒音)、経済性(低燃費)を両立する設計技術を開発し、国際競争力強化に貢献する



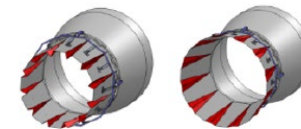
①空力性能改善



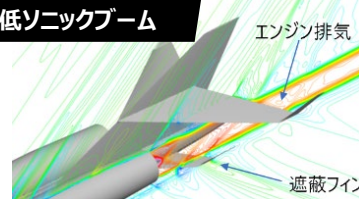
②低抵抗



③低離着陸騒音



④低ソニックブーム



国土強靱化、空の移動革命を実現する 多種・多様運航統合／自律化技術

有人・無人機の混在運航を実現する**多種・多様運航統合技術**、高度な自律飛行を実現する**自律化要素技術**を社会実装し、2020年代半ばの**災害対応能力の向上**、2030年代前半の**空の移動革命の実現**に貢献する

1 有人・無人混在運航管理技術

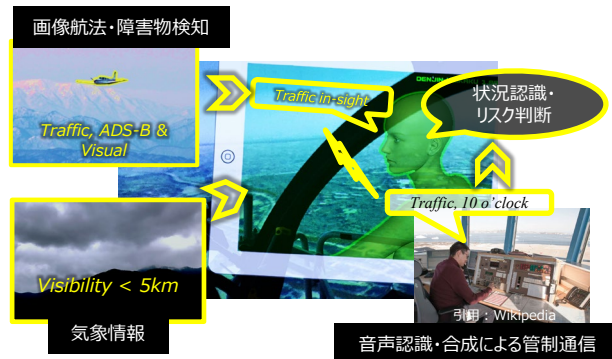
今後の
研究開発課題候補

有人機・無人機の運航統合技術を実証し、災害時に混在運航できる環境を実現する



3 自律化要素技術

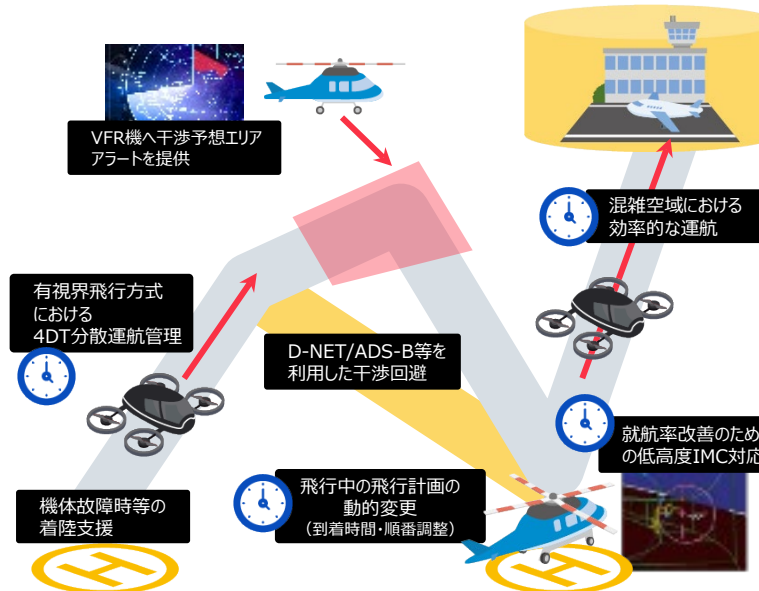
「出発から到着まで人間が介在しない完全な自律運航」の成立性を飛行実証し、マルチエアモビリティの完全な運航統合／フリーフライト実現に貢献する



2 eVTOL高密度運航管理技術

今後の
研究開発課題候補

VFR機とeVTOL機が同一空域で高密度運航する技術を実証し、マルチエアモビリティ混在運航の実現に貢献する

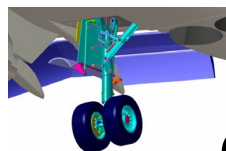


実証された**基盤的な解析技術**（主に空力・構造分野）に基づくDX技術を社会実装し、2020年代後半にも予想される次世代細胴機、次世代エアモビリティ等の開発・運用や国内完成機事業の再開を対象として**航空機ライフサイクル全体のデジタル化**を推進する

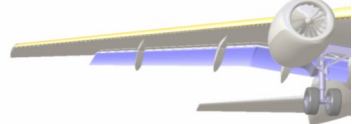
1 デジタル統合設計

■ 多分野統合システム設計の研究開発

AIによる解析の軽量迅速化、多分野統合システム解析（空力・構造・飛行・制御・推進等）技術を構築し、サブシステムで実証 革新コンセプト創出



サブシステムによる実証



AI設計による革新
コンセプトの創出

2 デジタルフライト

■ 飛行試験の代替を実現する研究開発

実機スケール・複雑形状を考慮した離着陸形態の高忠実非定常空力解析の検証
飛行シミュレータを用いたCbAの提案

離着陸形態の
非定常解析及び検証



飛行シミュレータを用いたCbA

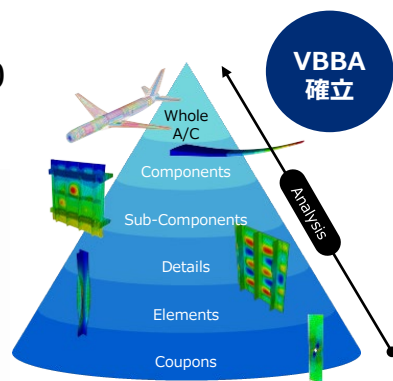
3 デジタルテスト

■ 構造強度証明を迅速化する技術開発

航空法に適合した一貫性ある解析技術適用により
認証期間を短縮、国際競争力強化に貢献する

耐空性審査要領

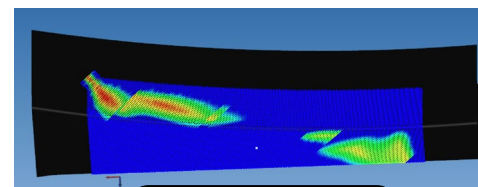
CFR/CS Part25



4 デジタルプロトタイピング

■ 迅速な量産開始を実現する研究開発

サイバー空間での試作シミュレーション手法を構築し、開発プロセスの実証研究を行う



製造品質定量化



製造シミュレーション

航空宇宙の一層の連携強化、将来技術の芽出しとして、水素燃料の航空から宇宙までの幅広い適用を目指した研究開発を実施する

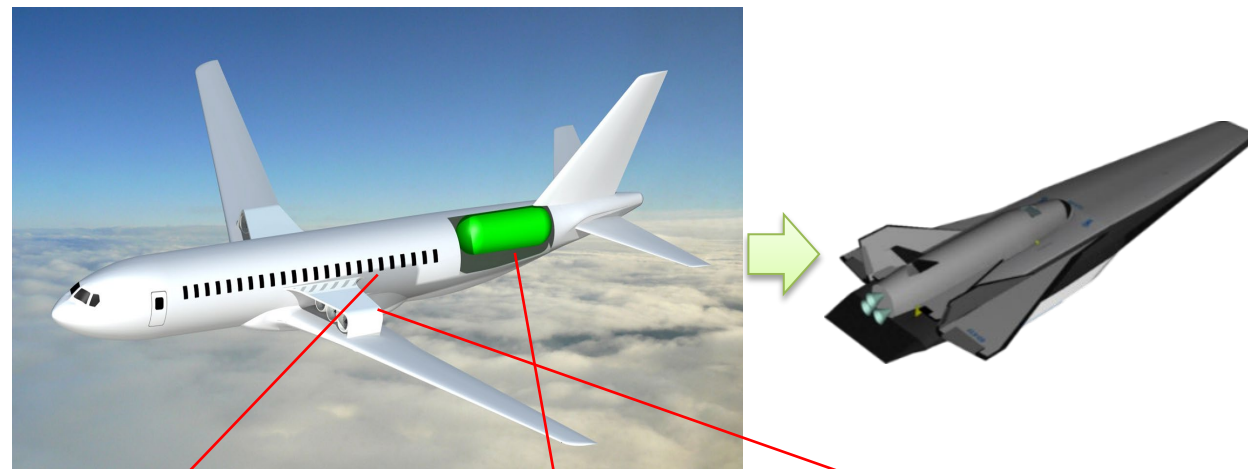
■ 研究の目標

- ✓ 航空分野における水素航空機技術を確立
- ✓ 宇宙分野における将来宇宙輸送機／二地点間高速輸送機へ適用可能な技術の確立*

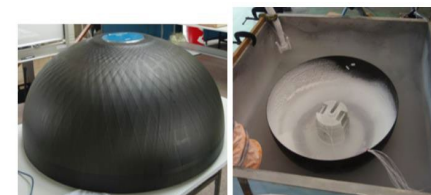
■ アプローチ

- ✓ グリーン成長戦略における水素航空機の実現に向け、2030年に向けたコア技術を確立する。
 - 液体水素燃料供給系技術の確立
 - 軽量低蒸発率タンクの実現
 - 水素ジェットエンジンの排気特性評価

* 将来宇宙輸送システムについては、実現に向けたロードマップ検討が文部科学省で行われており、その検討状況を研究計画に随時反映する。



液体水素燃料供給技術
(少流量、高吐出圧、
精密制御)



液体水素複合材タンク技術
(口金接合部、漏洩対策、
疲労対策)

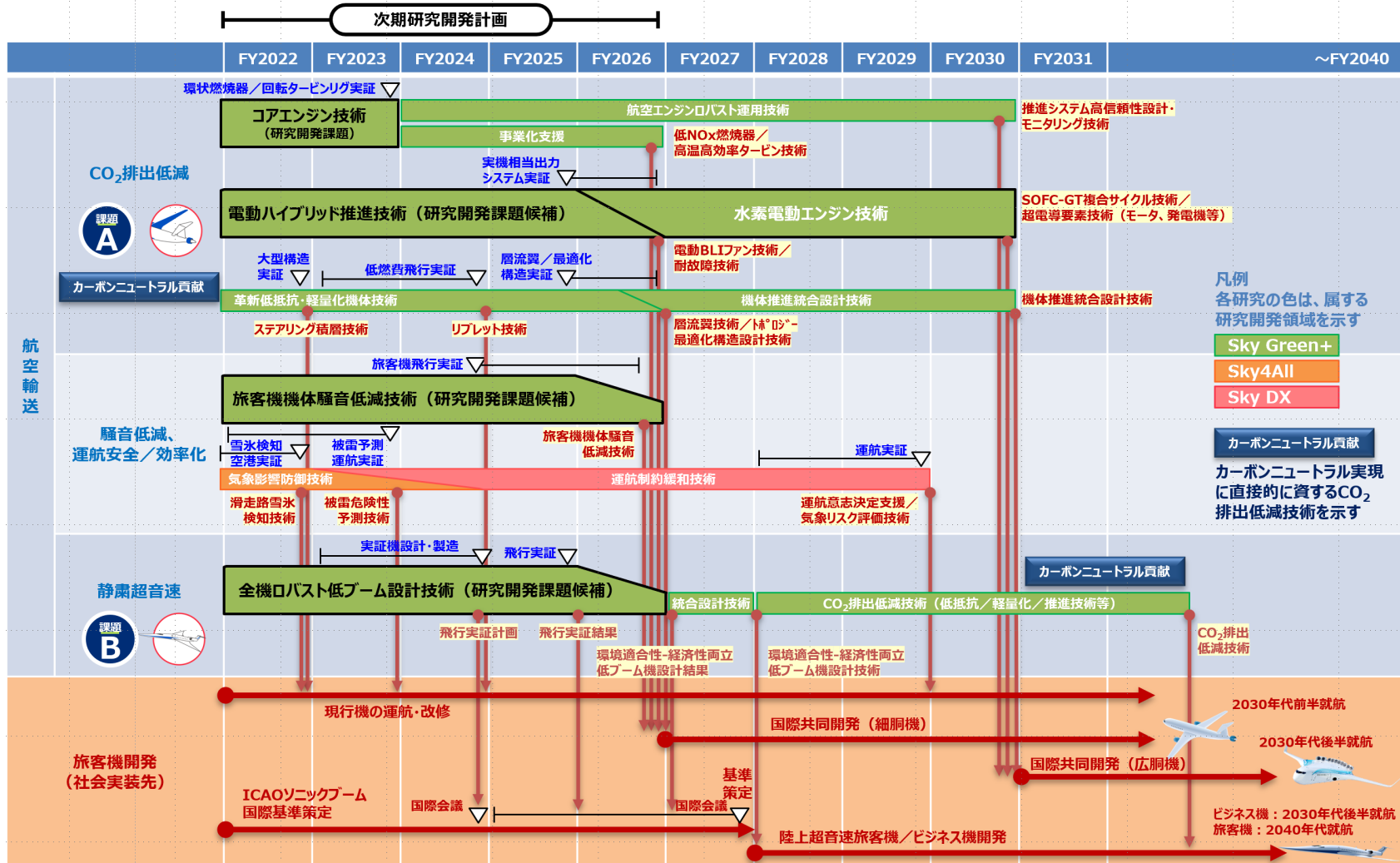


環境影響評価技術
(水蒸気排出特性、
NOx排出特性)

本研究で取り組む重点要素技術

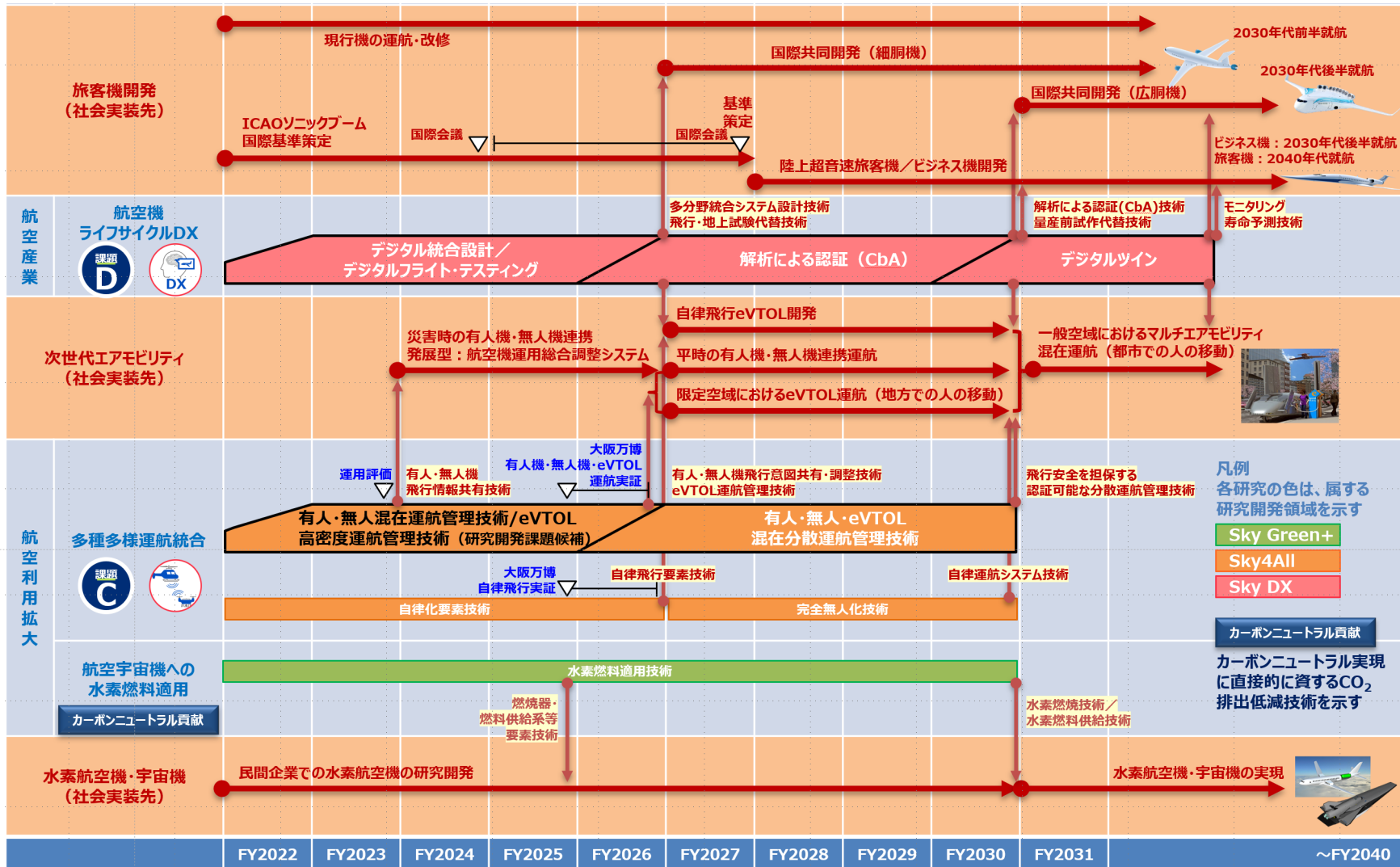
6. 研究開発の中長期ロードマップ (1/2)

- ✓ 研究開発のマイルストーン、成果の出口を明確化する中長期ロードマップ（10年間）を作成
- ✓ ステークホルダーと連携して、中長期の研究開発をロードマップに沿って実施する。研究評価機会等を活用し、計画は定期的に見直す



適用領域「航空輸送」の中長期ロードマップ

6. 研究開発の中長期ロードマップ (2/2)



適用領域「航空利用拡大」「航空産業」の中長期ロードマップ

ご清聴ありがとうございました。