

■ 委員長

大和 裕幸 一般財団法人 次世代環境船舶開発センター 代表理事/ 国立大学法人東京大学 名誉教授

■ 委員(50音順) <専門分野・氏名・所属>

【電動化】	石塚 康治	株式会社デンソー 執行幹部 環境ニュートラルシステム開発部 部長/ エレクトリフィケーションシステム開発部 担当部長
【航空産業】	今清水 浩介	一般社団法人日本航空宇宙工業会 専務理事
【電機】	岩田 明彦	学校法人大阪産業大学 工学部 教授
【超音速】	大林 茂	国立大学法人東北大学 流体科学研究所 教授
【運航/整備】	北田 裕一	日本航空株式会社 取締役常務執行役員
【AI】	櫻井 鉄也	国立大学法人筑波大学人工知能科学センター センター長/教授
【金融】	竹森 祐樹	株式会社日本政策投資銀行 業務企画部 イノベーション推進室長 兼 業務企画部担当部長
【機体開発】	翼 重文	一般財団法人日本航空機開発協会 専務理事
【オピニオンリーダ】	津田 佳明	ANAホールディングス株式会社 グループ経営戦略室 事業推進部長 兼 デジタル・デザイン・ラボ チーフ・ディレクター
【自動車/モビリティ】	新里 智則	本田技研工業株式会社 エクゼクティブチーフエンジニア
【航空エンジン】	平塚 真二	一般財団法人日本航空機エンジン協会 専務理事
【運航管制】	福島 幸子	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所 航空交通管理領域長
【学協会】	松尾 亜紀子	一般社団法人日本航空宇宙学会 会長/慶應義塾大学理工学部 教授
【運航/安全】	横山 勝雄	全日本空輸株式会社 取締役執行役員

<関連省庁オブザーバ>

福井 俊英	文部科学省 研究開発局宇宙開発利用課長
日暮 正毅	経済産業省 製造産業局航空機武器宇宙産業課長
北澤 歩	国土交通省 航空局安全部航空機安全課長
安藤 智啓	防衛装備庁 技術戦略部技術戦略課長

図1.1.1 委員名簿(敬称略): 航空科学技術分野に関する研究開発ビジョン検討に係る有識者委員会(2021年5月末時点)

科学技術・イノベーション基本計画(概要)

現状認識

国内外における情勢変化

- 世界秩序の再編の始まりと、科学技術・イノベーションを中心とする国家間の競争の激化
- 気候危機などグローバル・アジェンダの脅威の現実化
- ITプラットフォームによる情報独占と、巨大な富の偏在化

加速

新型コロナウイルス感染症の拡大

- 國際社会の大きな変化
 - 感染拡大防止と経済活動維持のためのスピード感のある社会変革
 - サプライチェーン寸断が迫る各国経済の持続性と強靭性の見直し
- 激変する国内生活
 - テレワークやオンライン教育をはじめ、新しい生活様式への変化

科学技術・イノベーション政策の振り返り

- 目的化したデジタル化と相対的な研究力の低下
 - デジタル化は既存の業務の効率化が中心、その本来の力が未活用
 - 論文に関する国際的地位の低下傾向や厳しい研究環境が継続
- 科学技術基本法の改正
 - 科学技術・イノベーション政策は、自然科学と人文・社会科学を融合した「総合知」により、人間や社会の総合的理解と課題解決に資するものへ

「グローバル課題への対応」と「国内の社会構造の改革」の両立が不可欠

我が国が目指す社会(Society 5.0)

国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会

【持続可能性の確保】

- SDGsの達成を見据えた持続可能な地球環境の実現
- 現世代のニーズを満たし、将来の世代が豊かに生きていける社会の実現

【強靭性の確保】

- 災害や感染症、サイバーテロ、サプライチェーン寸断等の脅威に対する持続可能で強靭な社会の構築及び総合的な安全保障の実現

この社会像に「信頼」や「分かち合い」を重んじる我が国の伝統的価値観を重ね、Society 5.0を実現

一人ひとりの多様な幸せ(well-being)が実現できる社会

【経済的な豊かさと質的な豊かさの実現】

- 誰もが能力を伸ばせる教育と、それを活かした多様な働き方を可能とする労働・雇用環境の実現
- 人生100年時代に生涯にわたり生き生きと社会参加し続けられる環境の実現
- 人々が夢を持ち続け、コミュニティにおける自らの存在を常に肯定し活躍できる社会の実現

Society 5.0の実現に必要なもの

サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靭な社会への変革

新たな社会を設計し、価値創造の源泉となる「知」の創造

新たな社会を支える人材の育成

「総合知による社会変革」と「知・人への投資」の
好循環

Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

- 総合知やエビデンスを活用しつつ、未来像からの「バックキャスト」を含めた「フォーサイト」に基づき政策を立案し、評価を通じて機動的に改善
- 5年間で、政府の研究開発投資の総額 30兆円、官民合わせた研究開発投資の総額 120兆円を目指す

国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会への変革

- (1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出
 - ・ 政府のデジタル化、デジタル庁の発足、データ戦略の完遂（ベースレジストリ整備等）
 - ・ Beyond 5G、スマート、宇宙システム、量子技術、半導体等の次世代インフラ・技術の整備・開発
- (2) 地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進
 - ・ カーボンニュートラルに向けた研究開発（基金活用等）、循環経済への移行
- (3) レジリエントで安全・安心な社会の構築
 - ・ 脅威に対応するための重要技術の特定と研究開発、社会実装及び流出対策の推進
- (4) 価値共創型の新たな産業を創出する基盤となるイノベーション・エコシステムの形成
 - ・ SBIR制度やアントレpreneur教育の推進、スタートアップ拠点都市形成、産学官共創システムの強化
- (5) 次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり（スマートシティの展開）
 - ・ スマートシティ・スマートシティの創出、官民連携プラットフォームによる全国展開、万博での国際展開
- (6) 様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用
 - ・ 総合知の活用による社会実装、エビデンスに基づく国家戦略※の見直し・策定と研究開発等の推進
 - ・ ムーンショットやSIP等の推進、知財・標準の活用等による市場獲得、科学技術外交の推進

※AI技術、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアル、宇宙、海洋、環境エネルギー、健康・医療、食料・農林水産業等

知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化

- (1) 多様で卓越した研究を生み出す環境の再構築
 - ・ 博士課程学生の待遇向上とキャリアパスの拡大、若手研究者ポストの確保
 - ・ 女性研究者の活躍促進、基礎研究・学術研究の振興、国際共同研究・国際頭脳循環の推進
 - ・ 人文・社会科学の振興と総合知の創出（ファンディング強化、人文・社会科学研究のDX）
- (2) 新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）
 - ・ 研究データの管理・利活用、スマートラボ・AI等を活用した研究の加速
 - ・ 研究施設・設備・機器の整備・共用、研究DXが開拓する新しい研究コミュニティ・環境の醸成
- (3) 大学改革の促進と戦略的経営に向けた機能拡張
 - ・ 多様で個性的な大学群の形成（真の経営体への転換、世界と伍する研究大学の更なる成長）
 - ・ 10兆円規模の大学ファンドの創設

一人ひとりの多様な幸せと課題への挑戦を実現する教育・人材育成

- 探究力と学び続ける姿勢を強化する教育・人材育成システムへの転換
- ・ 初等中等教育段階からのSTEAM教育やGIGAスクール構想の推進、教師の負担軽減
 - ・ 大学等における多様なカリキュラムやプログラムの提供、リカレント教育を促進する環境・文化の醸成

図1.2.1 第6期科学技術・イノベーション基本計画(概要)

出典：内閣府ホームページ、<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>、2021年3月

現状

- 航空機産業界が国際的な優位技術を有する先進材料分野等、JAXAが有する世界最先端レベルの超音速機のソニックブーム低減技術、コアエンジンの低環境負荷技術、数値解析技術等及び他産業分野が有する電動化技術、生産技術、情報技術等が我が国の強み。
- 航空機産業における研究開発には、一般的に、多額の費用と長い開発期間が必要であり、諸外国でも公的機関が国費を投入。科学技術行政には民間企業等にはリスクの高い研究開発や企業単独で保有の難しい大型試験設備の整備等の対応が求められている。

知識集約型社会への大転換(モノからコトへ)を加速し、Society 5.0を実現

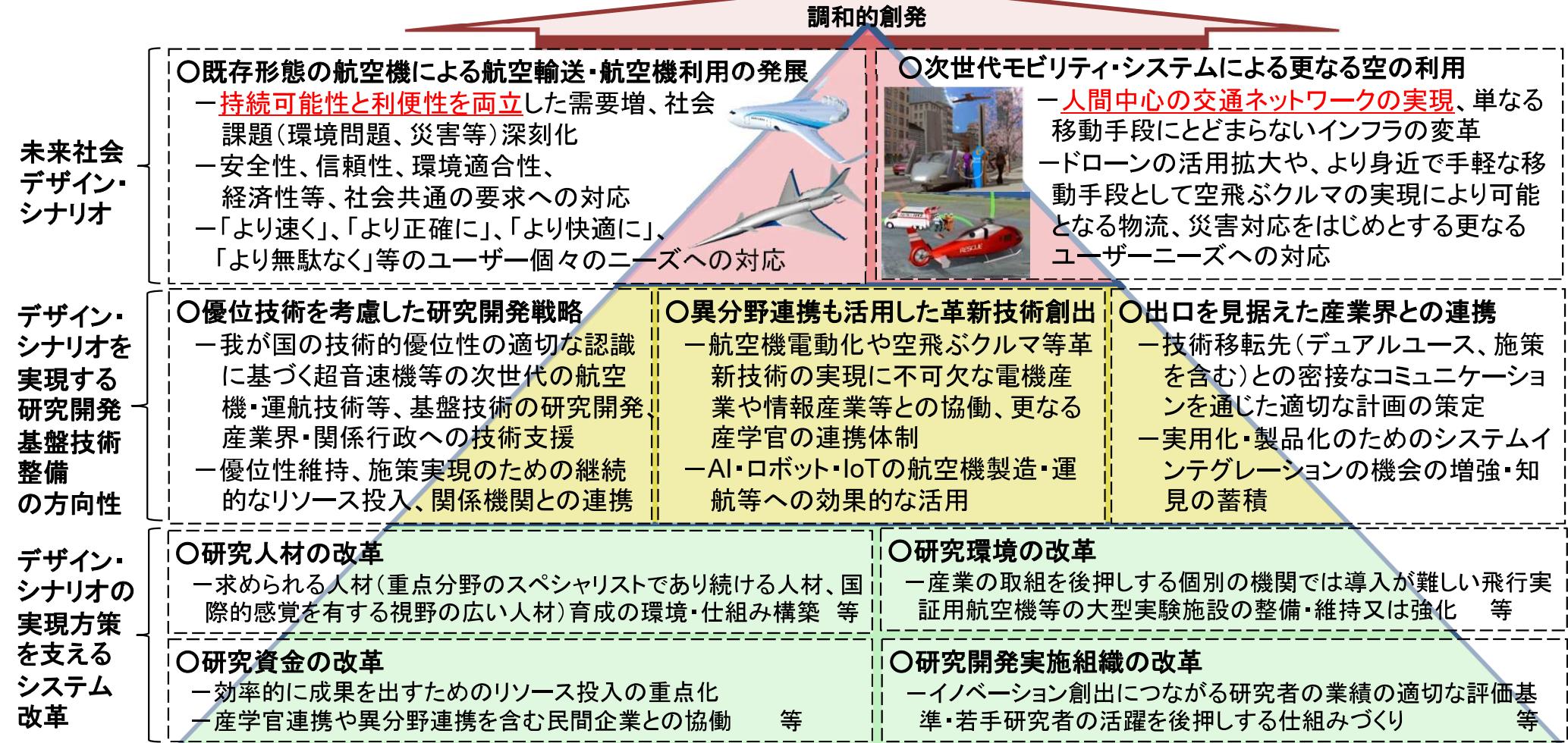


図1.2.2 航空科学技術分野に関する研究開発ビジョン中間とりまとめ(概要)

World passenger traffic evolution 1945 – 2020

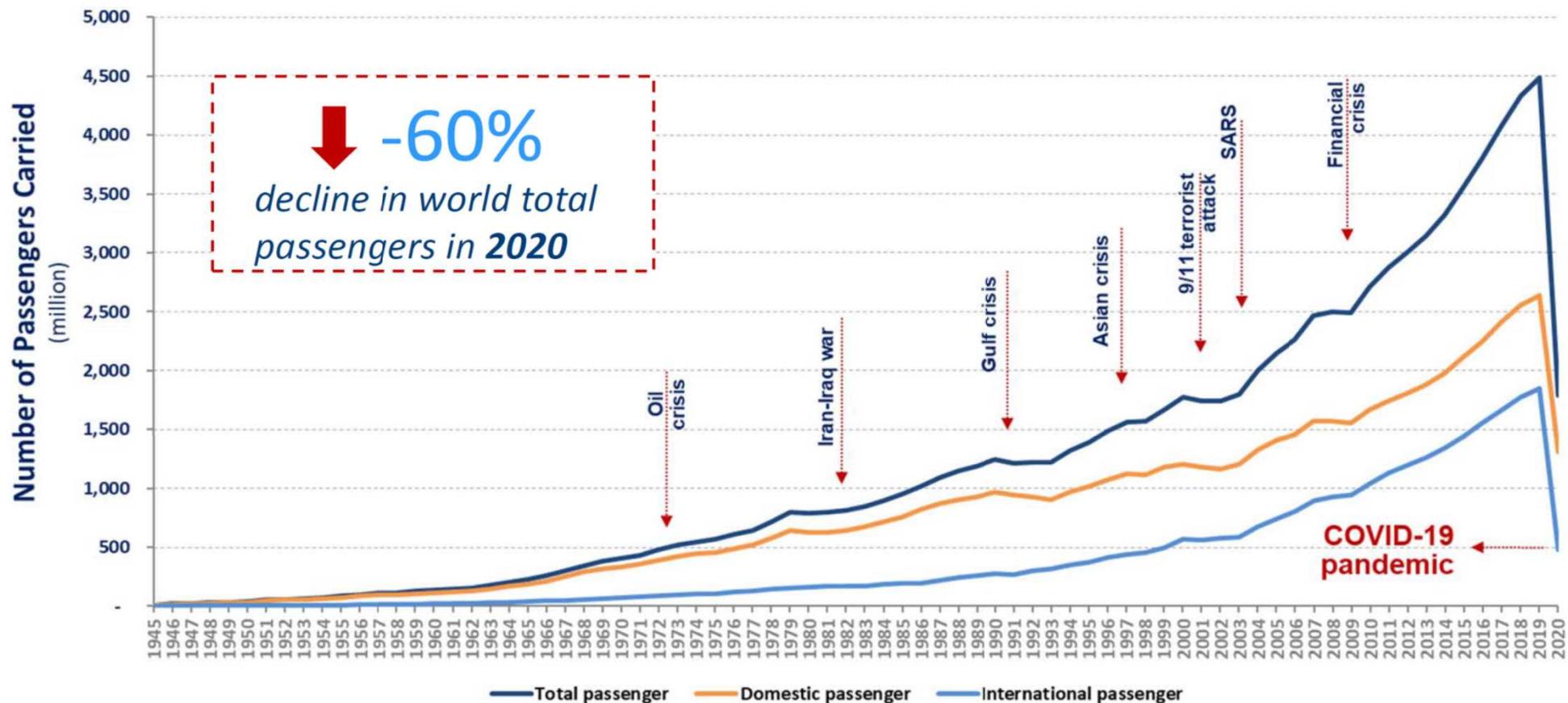


図2.1.1 世界の航空旅客数の推移

出典：Effects of Novel Coronavirus (COVID - 19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, ICAO Air Transport Bureau, 2021年1月、<https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx>

Global air passenger traffic forecast comparison, pre- and post-Covid²⁰

Comparison between the traffic forecasts used before Covid-19 hit and those used in the Waypoint 2050 report: the deep impact of Covid-19 on passenger traffic, as well as the long recovery will mean a 16% reduction in traffic in the central scenario in 2050.

コロナ禍による2050年の需要低下は16%程度あるが、需要の拡大傾向は維持される見通し

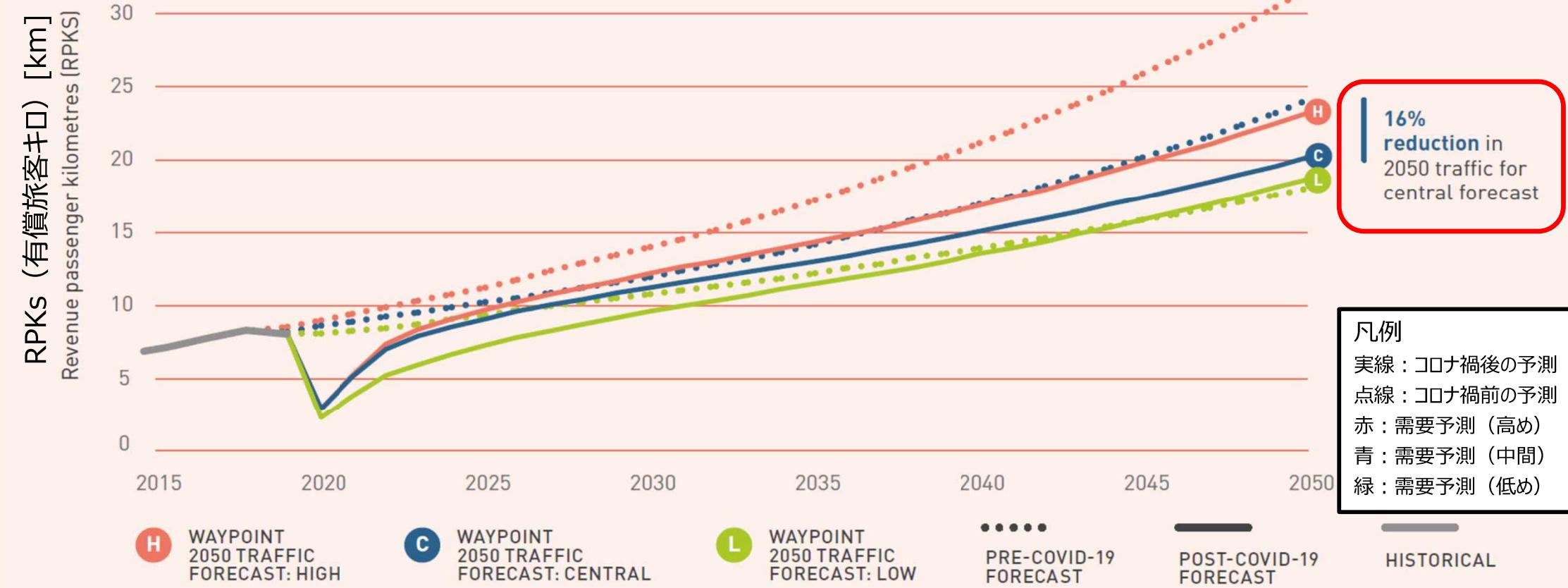
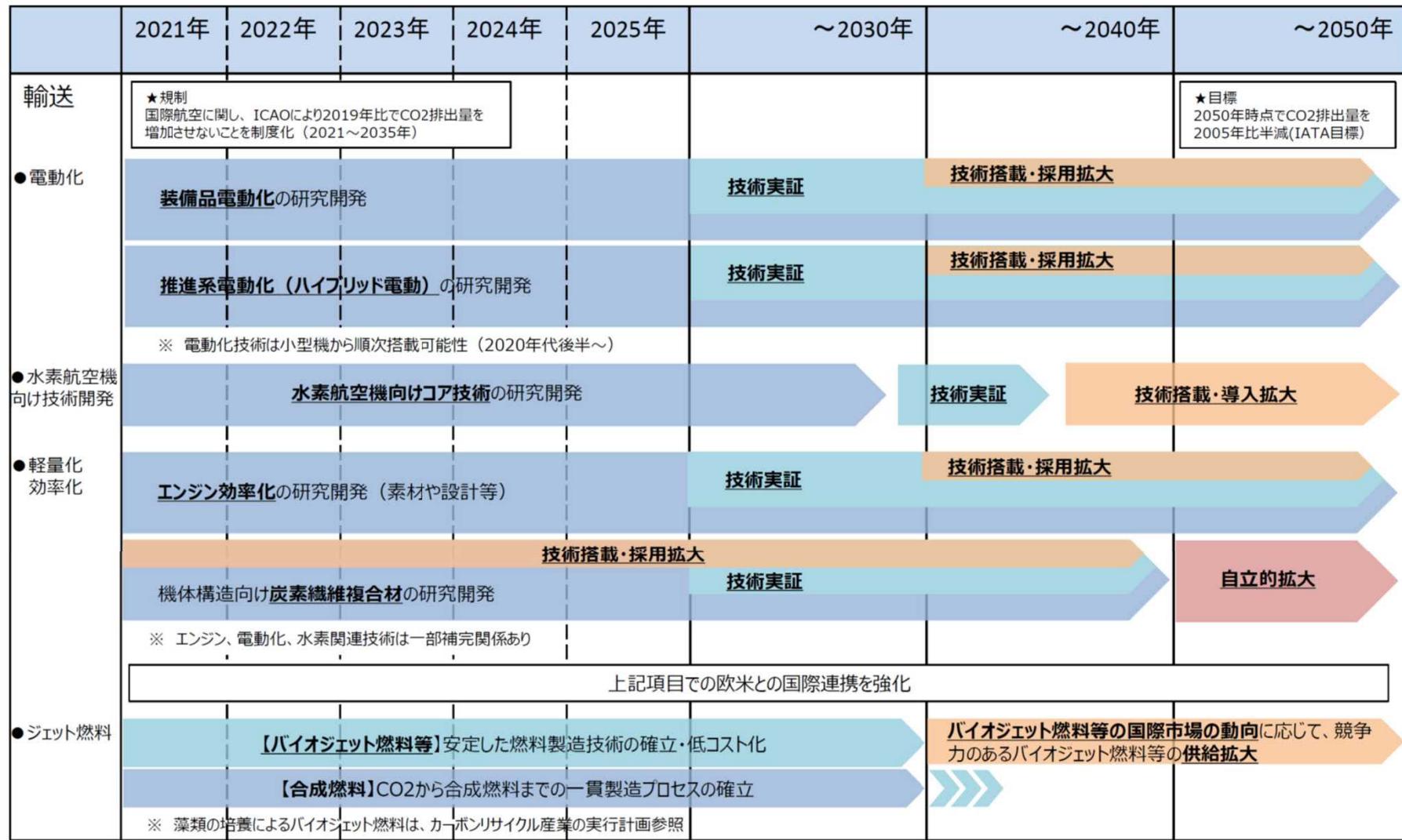


図2.1.2 コロナ禍を考慮した長期旅客需要予測
出典：「WAYPOINT2050, ATAG(Air Transport Action Group), 2020年9月」に追記

⑩航空機産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



49

図2.1.3 グリーン成長戦略:航空機産業の成長戦略「工程表」

出典： 経産省プレスリリース “2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を策定しました”、
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html>

3つの研究開発プログラムとそれを支える基礎的・基盤的技術の研究

(1)社会からの要請に応える研究開発

国際競争力強化

航空安全/安心な社会

(2)次世代を切り開く先進技術の研究開発

技術革新

文科省
研究開発計画

ECAT

航空環境技術の研究開発プログラム
Environment-Conscious Aircraft Technology Program



STAR

航空安全技術の研究開発プログラム
Safety Technology for Aviation and Disaster-Relief Program



SkyFrontier

航空新分野創造プログラム
Sky Frontier Program



Science & Basic Tech

基礎的・基盤的技術の研究
Aeronautical Science and Basic Technology Research



(3)航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発

文科省
研究開発計画

図2.2.1 JAXA航空技術部門の研究開発の全体像

- ①**企業戦略密着型**：ニーズが顕在化しており、コアとなる要素技術をメーカーと共同開発。要素技術レベルでメーカーは受け取れる。
- ②**ユーザー密着型**：潜在的なニーズをユーザーと共に具体化する。ソリューションレベルまで作り上げないとユーザーは受け取れない。
- ③**多分野連携型**：必要な要素技術が多分野に跨ぐため、連携相手が多数。メーカー、ユーザーの両方と連携。新分野でニーズが顕在化していないことも多く、その場合はソリューションレベルまで作り上げる必要がある。
- ④**標準化型**：新技術の普及や安全性確保に必要な規格・基準の提案を行う。公共性が高いためJAXA主導。新技術のニーズ顕在化（市場開拓）のためのステップとなる側面もある（新規格・基準を満たすために新技術が必要となる等）。
- ⑤**基盤技術提供型**：JAXAの基盤技術、設備を活用し、メーカーへの解析・評価ツールの提供や、メーカー技術の試験・評価を行う。

エコシステム：研究成果の社会実装の枠組み、ユーザー：最終製品・サービスを使う者、メーカー：最終製品・サービスを製作する者（分担含む）

エコシステムの型	典型例	研究開発時				社会実装時	
		連携する相手*	連携の形態	相手の担当	JAXAの担当	JAXAが関わる成果	成果を受け取る相手
① 企業戦略密着型	環境分野（低燃費、低騒音）	メーカー（少数）	共同研究	技術開発 評価環境 システム化	技術開発 評価環境	コア技術	連携相手と同じ
② ユーザー密着型	安全、防災分野	ユーザー（少数）	共同研究 協定	評価環境	技術開発 システム化	ソリューション	連携相手と同じ
③ 多分野連携型	異分野連携（気象、電動化）	メーカー、ユーザー （多数）	コンソーシアム	技術開発 評価環境 システム化	コア技術、あるいは ソリューション	連携相手と同じ	
④ 標準化型	新技術に係る規格・基準化	メーカー、 研究機関	連携相手と共に、 標準化団体の活動に参画	技術開発 (標準化提案の パートナー)	技術開発 評価環境	規格・基準 規格を満たすコア 技術	連携相手に限らないメーカー
⑤ 基盤技術提供型	CFD、風洞	連携は必須ではない	—	—	技術開発 評価環境	試験・解析・評価 ツール／データ	不特定多数の メーカー

表内の赤字は各型の特徴的な要素

*技術開発リスクをシェアする研究機関（大学含む）は、どのエコシステムの研究開発時でも連携相手になり得る

図2.2.2 JAXA航空技術部門のエコシステム
(研究開発成果の社会実装の枠組み)

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
(航空による強靭な社会への貢献)
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

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

 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	 住み続けられる まちづくりを	 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 対する強靭性 気候変動対策
--	---	--	--	---	--



図3.1.1 目指すべきと考えられる将来像

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

持続可能で強靭な 社会への貢献



次世代エアモビリティ（オンラインドライブ、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



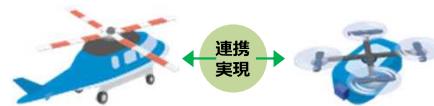
空中プラットフォーム

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）

図3.2.1 将来像に沿った10年後の航空の姿

研究開発領域			
適用領域	Sky Green+ 環境・利便性	Sky4All 安全・安心	Sky DX DX・自律化
	環境適合性 (CO₂排出低減) <ul style="list-style-type: none"> ● 機体の低抵抗／軽量化／電動化 (MEA) ● ガスタービンエンジンの燃費性能向上 ● バイオ燃料 ● 4D運航管制／飛行 ● 電動ハイブリッド推進 ● 水素利用 環境適合性 (騒音低減) <ul style="list-style-type: none"> ● 機体の低騒音化 ● ガスタービンエンジンの環境性能向上 利便性 <ul style="list-style-type: none"> ● 超音速機の環境適合性／経済性向上 	安全性 <ul style="list-style-type: none"> ● ヒューマンエラー低減 安全性／利便性 <ul style="list-style-type: none"> ● 気象影響防御 	環境適合性／安全性／利便性 <ul style="list-style-type: none"> ● 判断支援 (AI) 安全性 <ul style="list-style-type: none"> ● 自動化オーソリティ向上／自律化 ● サイバーセキュリティ 利便性 <ul style="list-style-type: none"> ● 情報通信／共有／統合 (ICT)
	次世代エアモビリティ／空中プラットフォーム <ul style="list-style-type: none"> ● 騒音低減等の環境適合性の向上 	共通 <ul style="list-style-type: none"> ● 多様な機体／運航に適した管制 ● 耐気象／全天候性の向上 次世代エアモビリティ <ul style="list-style-type: none"> ● 機材の信頼性向上、装備品電動化 空中プラットフォーム <ul style="list-style-type: none"> ● 滞空能力の向上 災害危機管理・対応 <ul style="list-style-type: none"> ● 任務情報共有／統合 (ICT) ● 高速VTOLの成立性向上 	共通 <ul style="list-style-type: none"> ● サイバーセキュリティ 次世代エアモビリティ <ul style="list-style-type: none"> ● 自動化オーソリティ向上／自律化 ● 遠隔操縦 空中プラットフォーム <ul style="list-style-type: none"> ● 遠隔操縦／複数航空機遠隔管理 ● 情報通信／共有／統合 (ICT)
	航空機産業 <ul style="list-style-type: none"> ● リサイクル (CFRPリサイクル) MRO事業 <ul style="list-style-type: none"> ● 换修部品製作のオンサイト化、高速化 (3Dプリンタ、ロボット) 	航空機産業 <ul style="list-style-type: none"> ● 多様な機体に適した認証技術 MRO事業 <ul style="list-style-type: none"> ● コンディションベースメンテナンス (SHM、AI、ビッグデータ) ● デジタルツインによる予知メンテナンス 	共通 <ul style="list-style-type: none"> ● サイバーセキュリティ 航空機産業 <ul style="list-style-type: none"> ● デジタル技術、データ科学、ブロックチェーン ● 自動製造技術 ● 自動化／自律化技術の認証技術 エアライン <ul style="list-style-type: none"> ● デジタル化による運航／整備の一体化 ● 運航／整備の半自動化／省人化 MRO事業 <ul style="list-style-type: none"> ● 検査／修理の半自動化／省人化

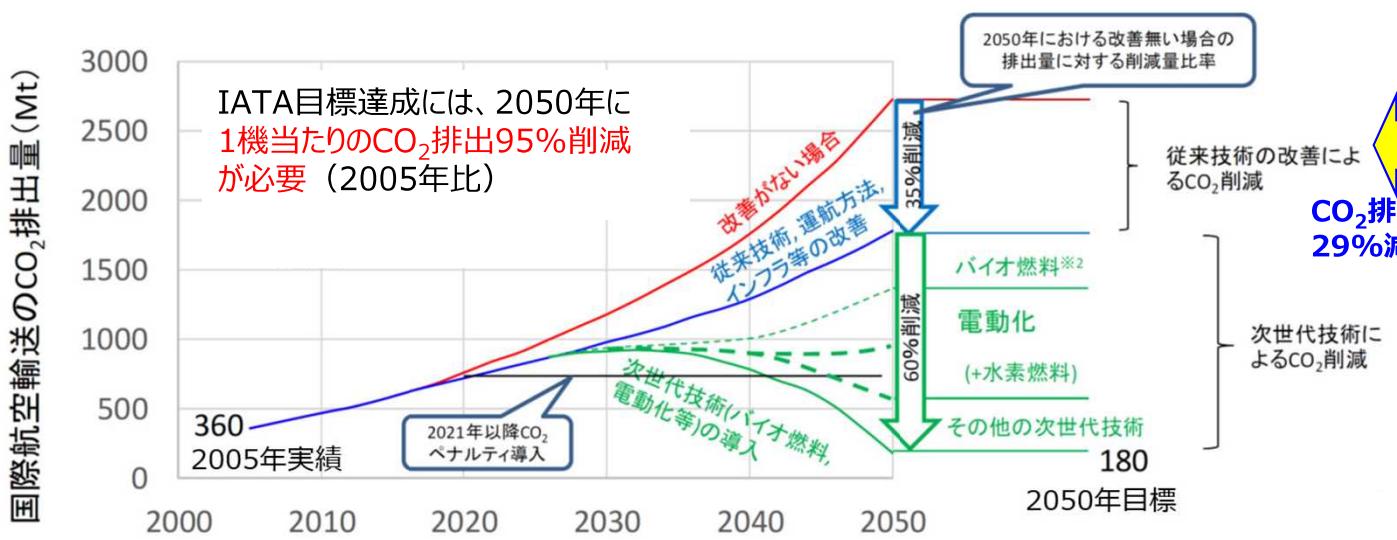
図3.3.1 抽出された技術課題とJAXA航空技術部門が取り組むべき研究開発領域

重点課題	研究テーマ	将来像との整合性	意義・価値	強み（JAXA、日本の優位技術）	エコシステム
A) CO ₂ 排出低減技術	<ul style="list-style-type: none"> コアエンジン技術 電動ハイブリッド推進技術 水素電動エンジン技術 革新低抵抗・軽量化機体技術など 	<p>航空輸送の環境適合性・利便性の両立の観点で一致。</p> <p>SDGs目標7, 9, 12, 13に対応。</p>	優位な環境性能を実現する技術を開発・実証し、国内航空産業の競争力強化に貢献すると共に、環境負荷を低減し、持続可能な航空輸送の発展に貢献する。	<ul style="list-style-type: none"> 低NOxリーンバーン燃焼器技術、高温高効率タービン技術 胴体BLIファン技術、耐故障技術 燃料電池・ガスタービン複合サイクルエンジン技術 摩擦抵抗低減技術、最適構造設計技術 	<p>企業戦略密着型：国内メーカーと共同研究で開発し、国際共同開発でのシェア獲得を狙う</p> <p>多分野連携型：ECLAIRコンソーシアムを活用し、多分野技術を産学官で分担して研究開発</p>
B) 静肃超音速機統合設計技術	静肃超音速機統合設計技術	<p>航空輸送の環境適合性・利便性の両立の観点で一致。</p> <p>SDGs目標8, 9に対応。</p>	陸上超音速飛行を可能とすることで超音速機市場を拡大し、持続可能なものにする。併せて、低ブーム超音速機の国際共同開発への我が国産業界の参画を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> 全機ロバスト低ブーム設計技術：広範なソニックブーム到達域と飛行条件に対する低ブーム設計技術 統合設計技術：環境適合性（ソニックブーム低減）と経済性（低燃費）を両立 	<p>標準化型：海外研究機関と連携してICAOに飛行実証結果を提供し、陸上超音速飛行の基準策定に貢献</p> <p>企業戦略密着型：海外OEM等と共同で実証し、国際共同開発でのシェア獲得を狙う</p>
C) 多種・多様運航統合／自律化技術	<ul style="list-style-type: none"> 有人・無人混在運航管理技術 eVTOL高密度運航管理技術など 	<p>航空による社会への貢献の観点で一致。</p> <p>SDGs目標8, 9, 11, 13に対応。</p>	多種の航空機が効率的に多様な運航をするための運航管理技術を開発・実証し、災害・危機管理対応における有人機・無人機混在や、空飛ぶクルマ(eVTOL)の効率的な運航環境の実現に貢献する。	<ul style="list-style-type: none"> 低高度を運航する有人航空機の運航管理技術（D-NET） 無人機の運航管理技術（UTM） 	<p>多分野連携型：官民協議会、ECLAIRコンソーシアムを活用し、多分野技術を産学官で分担して研究開発</p> <p>標準化型：官民協議会を活用し、自動飛行や運航管制の基準策定に貢献</p>
D) 航空機ライフサイクルDX	<ul style="list-style-type: none"> デジタル統合設計 デジタルフライ特 デジタルテスティング／プロトタイピングなど 	<p>産業の競争力・持続可能性の強化の観点で一致。</p> <p>SDGs目標8, 9, 12に対応。</p>	DXにより多分野統合システム設計、試作レス・試験レスを促進し、解析による認証(CbA)を導入することで、生産性の向上や認証取得作業の効率化を実現し、国内航空産業の競争力強化に貢献するとともに、新たな航空機の創出を目指す。	<ul style="list-style-type: none"> 試験データに裏付けられた解析技術：数値シミュレーション技術、AI/機械学習技術、複合材解析技術など。 大型試験設備と試験技術：スパコン、風洞、複合材設備などのインフラと高精度のデータを取得する試験技術 	<p>基盤技術提供型：コンソーシアムを活用し、共通基盤ツールやノウハウを機体メーカー、ITベンダ等と連携して開発し、技術移転</p> <p>標準化型：機体メーカー、認証機関と連携し、解析による認証(CbA)におけるガイドライン策定に貢献</p>

表3.4.1 重点課題A～Dの選定条件に対する評価



図3.4.2 取り組むべきと考えられる重点課題とそれ以外の主な技術課題



CO₂排出量削減目標に対する従来技術改善と電動化の寄与（出典の図に加筆）

出典：航空機電動化コンソーシアム「航空機電動化将来ビジョン」2018年12月

JAXA研究のCO₂排出低減目標

燃費低減(CO ₂ 排出低減) : 45%減(現行機767比)	
(エンジン技術 17%減 + 機体技術 28%減)	
JAXA研究 コアエンジン	767比*
エンジン 高性能化	-17% SFC 18%減
革新環境 航空機	-10% L/D 8%向上
抵抗低減	-18% 構造重量 30%減
軽量化	

寄与分算出における仮定

- JAXA研究成果が適用された航空機が、2035年（細胴機）、2040年（広胴機）から徐々に就航
- 国際航空輸送の伸びはICAO Environmental Reportの条件を使用（コロナ禍前の数字）
- 機材構成比はNASA論文等を参考に設定

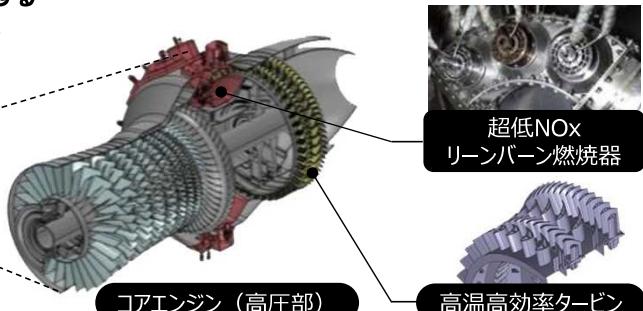
図4.1.1.1 技術課題の全体像(重点課題A:CO₂排出低減技術)

① コアエンジン技術(En-Core)



環境性能(CO₂/NOx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）



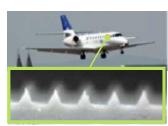
超低NOx
リーンバーン燃焼器

高温高効率タービン

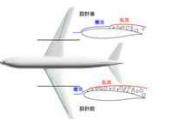
③ 革新低抵抗・軽量化機体技術

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

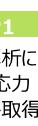


層流翼

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

層流及び乱流摩擦抵抗低減による空力性能向上

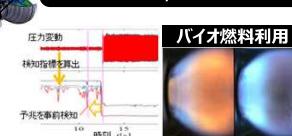
② 航空エンジンロバスト運用技術

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

高効率タービン マージン低減設計技術

ファン・圧縮機の
ロバスト性向上
運用技術/マージン
低減設計技術

燃焼器のモニタリング・
不安定予測/安定化技術



圧力変動
株知能検出
予兆を事前検知

時刻 t=1



研究開発課題
候補

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

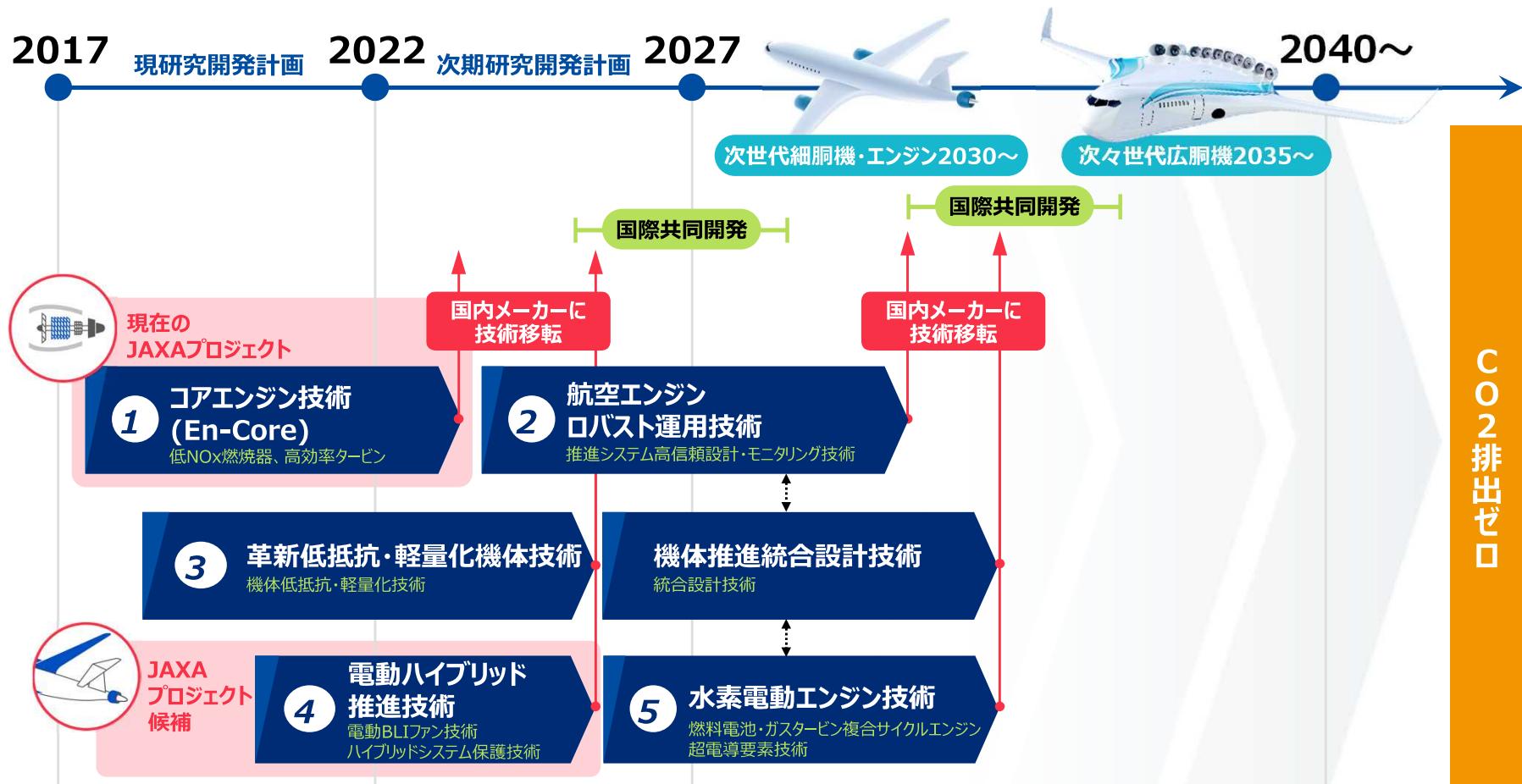
** SOFC-GT: Solid Oxide Fuel Cell – Gas Turbine

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

図4.1.1.2 研究開発テーマの概要(重点課題A: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々世代広胴機の**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。



主なエコシステム

企業戦略密着型（国内機体・エンジンメーカーと共同研究）、多分野連携型（コンソーシアム活用）

図4.1.1.3 研究開発のロードマップ(重点課題A:CO₂排出低減技術)

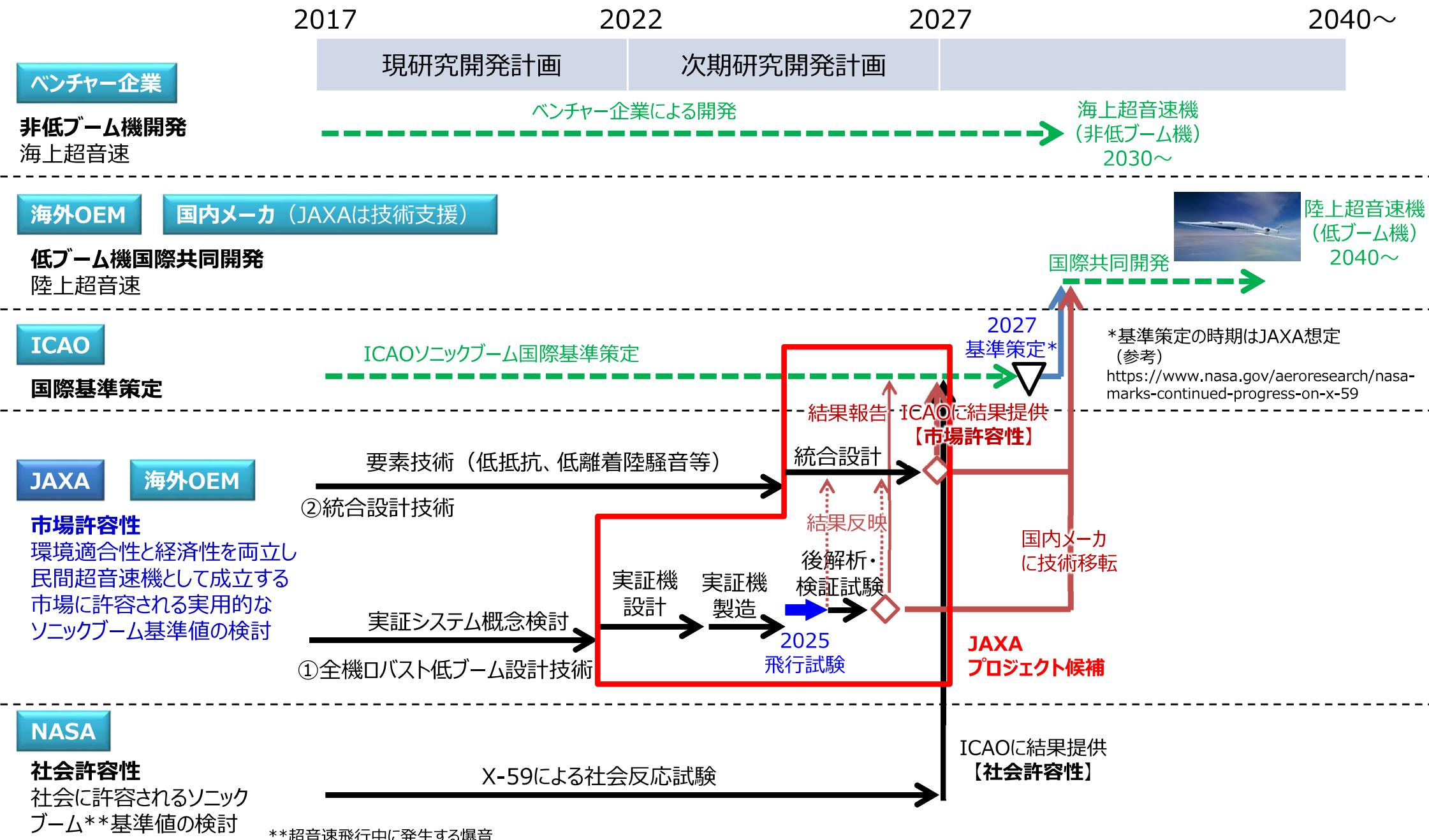


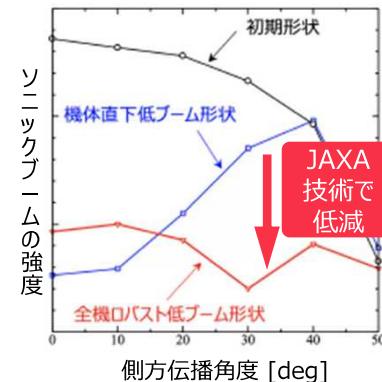
図4.1.2.1 技術課題の全体像(重点課題B:静肅超音速機技術)

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

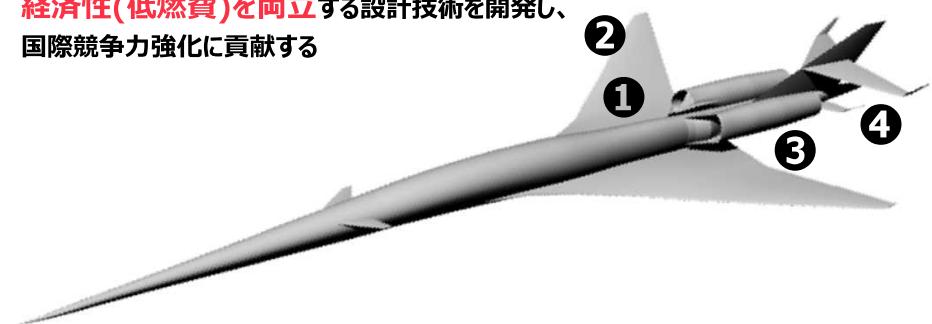


全機ロバスト低ブーム形状



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



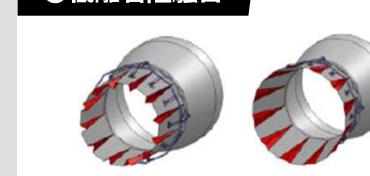
①空力性能改善



②低抵抗



③低離着陸騒音



④低ソニックブーム

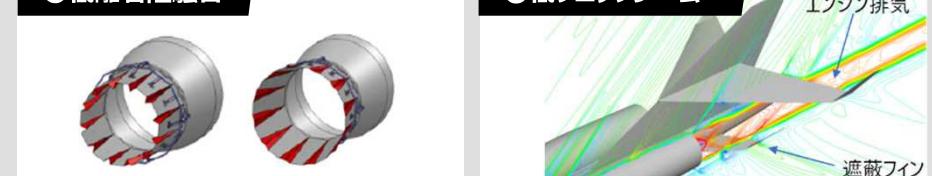
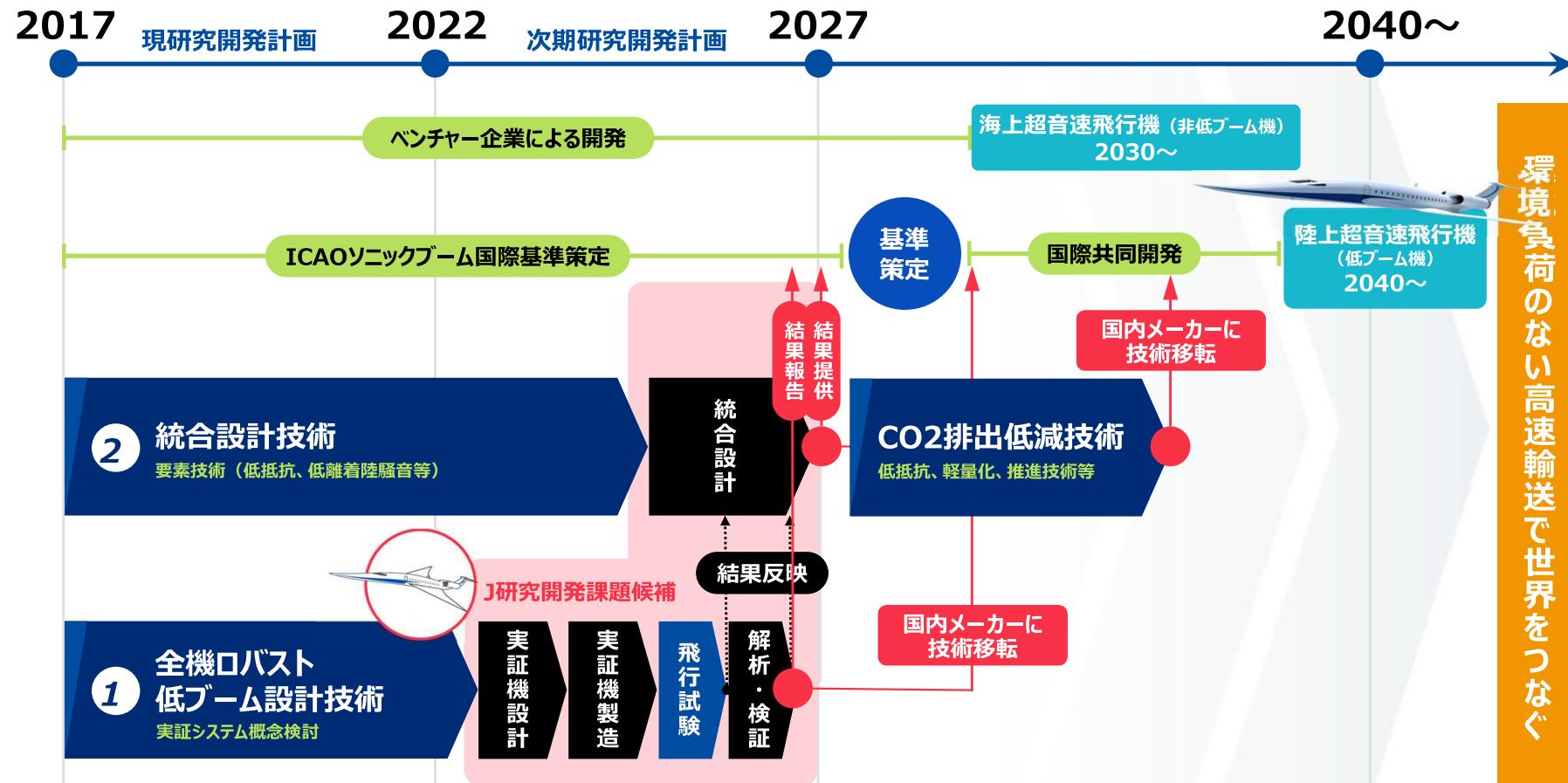


図4.1.2.2 研究開発テーマの概要(重点課題B: 静肅超音速機技術)

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。



主なエコシステム

標準化型（国際基準策定に貢献）、企業戦略密着型（海外OEM等と共同研究）

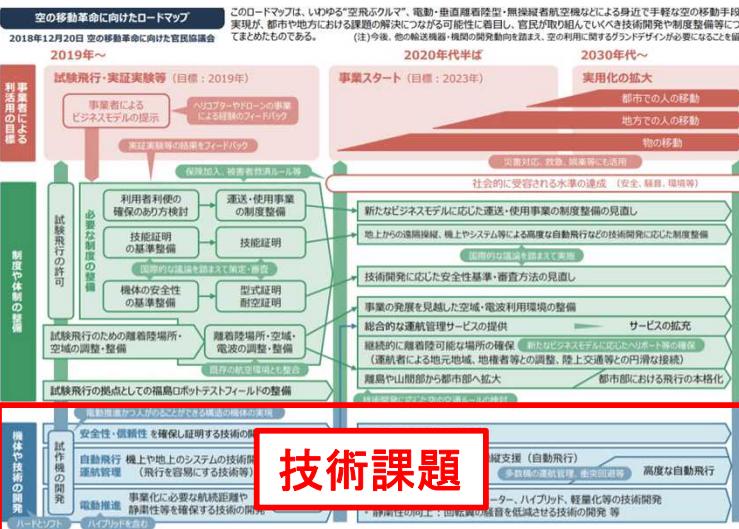
図4.1.2.3 研究開発テーマのロードマップ(重点課題B:静肅超音速機技術)



空の産業革命で示されている技術課題

- UTMの本格的な社会実装
 - ✓ 動態飛行情報共有の段階的導入
 - ✓ 航空機、小型無人機相互間の安全確保と調和
 - 高い安全性と信頼性の機体
 - ✓ 落ちない・落ちても安全
 - ✓ 高度な自律飛行

空の産業革命ロードマップ[®]：小型無人機に係る環境整備 に向けた官民協議会、2020年7月17日



空の移動革命ロードマップ：空の移動革命に向けた官民協議会、2018年12月20日

図4.1.3.1 技術課題の全体像(重点課題C:多種・多様運航統合／自律化技術)

43

① 有人・無人混在運航 管理技術

 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



連携実現 →

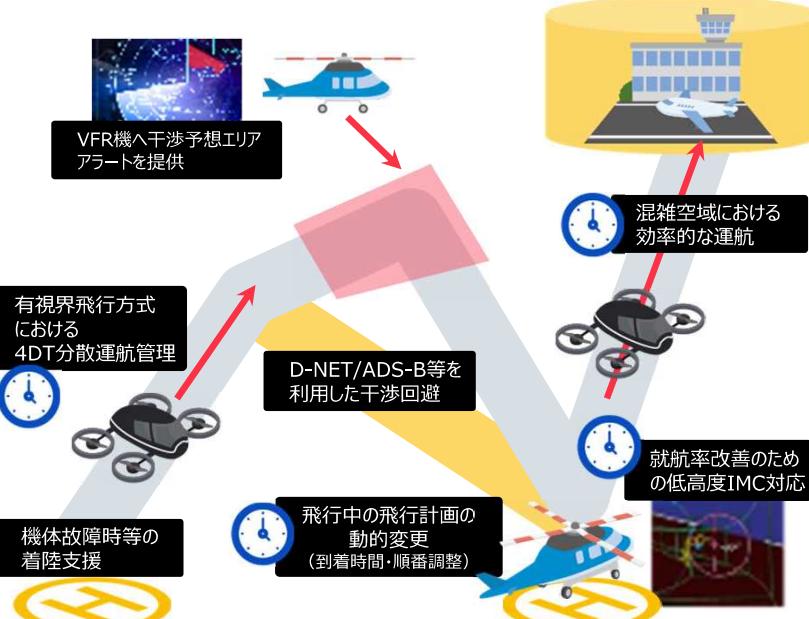
分散運航管理
災害空域情報共有

無人機 有人機

② eVTOL 高密度運航管理技術

 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



VFR機へ干渉予想エリアアラートを提供

混雑空域における効率的な運航

有視界飛行方式における4DT分散運航管理

D-NET/ADS-B等を利用した干渉回避

飛行中の飛行計画の動的変更(到着時間・順番調整)

就航率改善のための低高度IMC対応

機体故障時等の着陸支援

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



画像航法・障害物検知

Traffic, ADS-B & Visual

Visibility < 5km 気象情報

Traffic, 10 o'clock

状況認識・リスク判断

音声認識・合成による管制通信

引用: Wikipedia

図4.1.3.2 研究開発テーマの概要(重点課題C:多種・多様運航統合／自律化技術)

有人・無人機の混在運航や高密度運航を実現する**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。

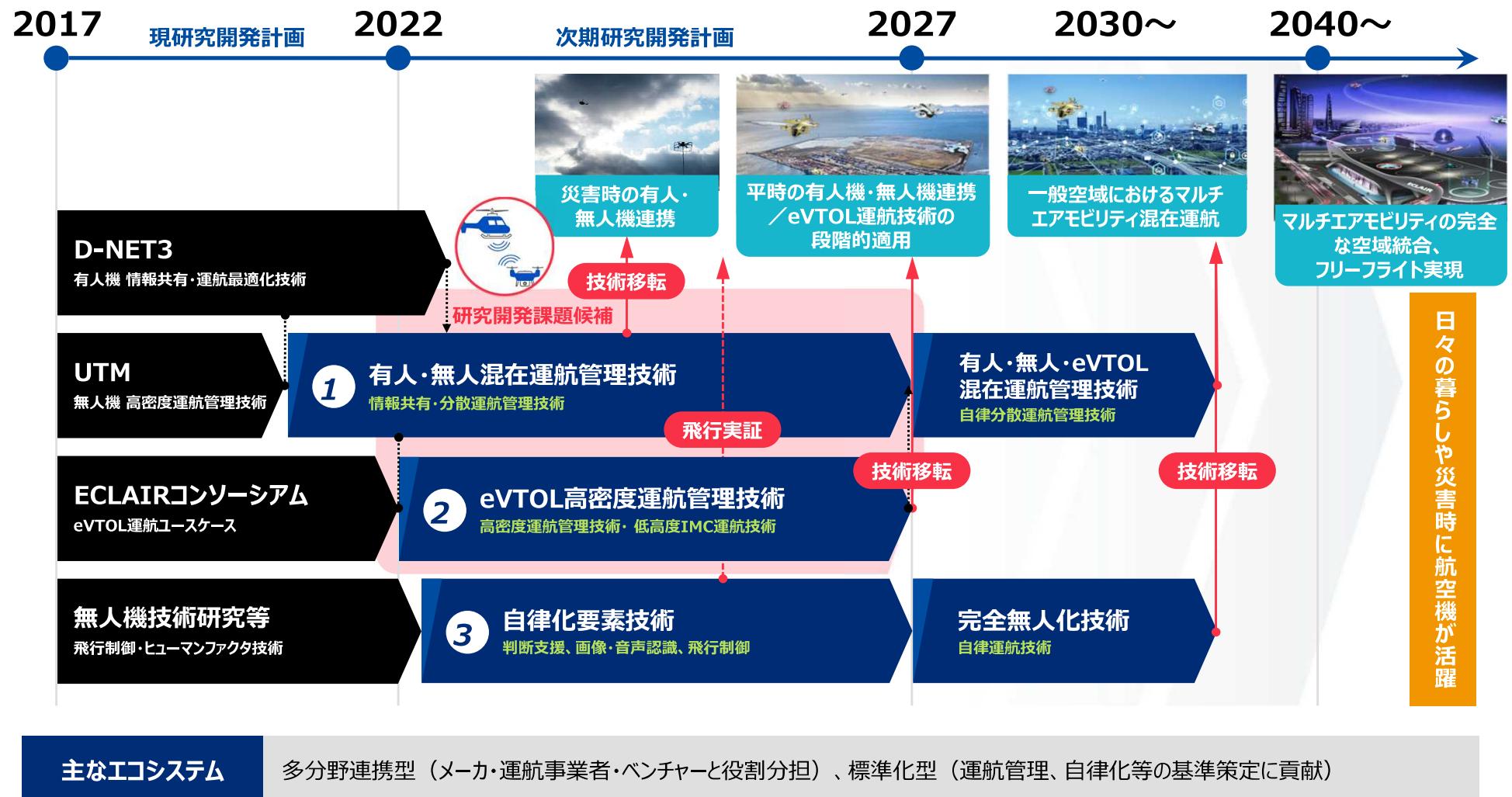


図4.1.3.3 研究開発テーマのロードマップ(重点課題C: 多種・多様運航統合／自律化技術)

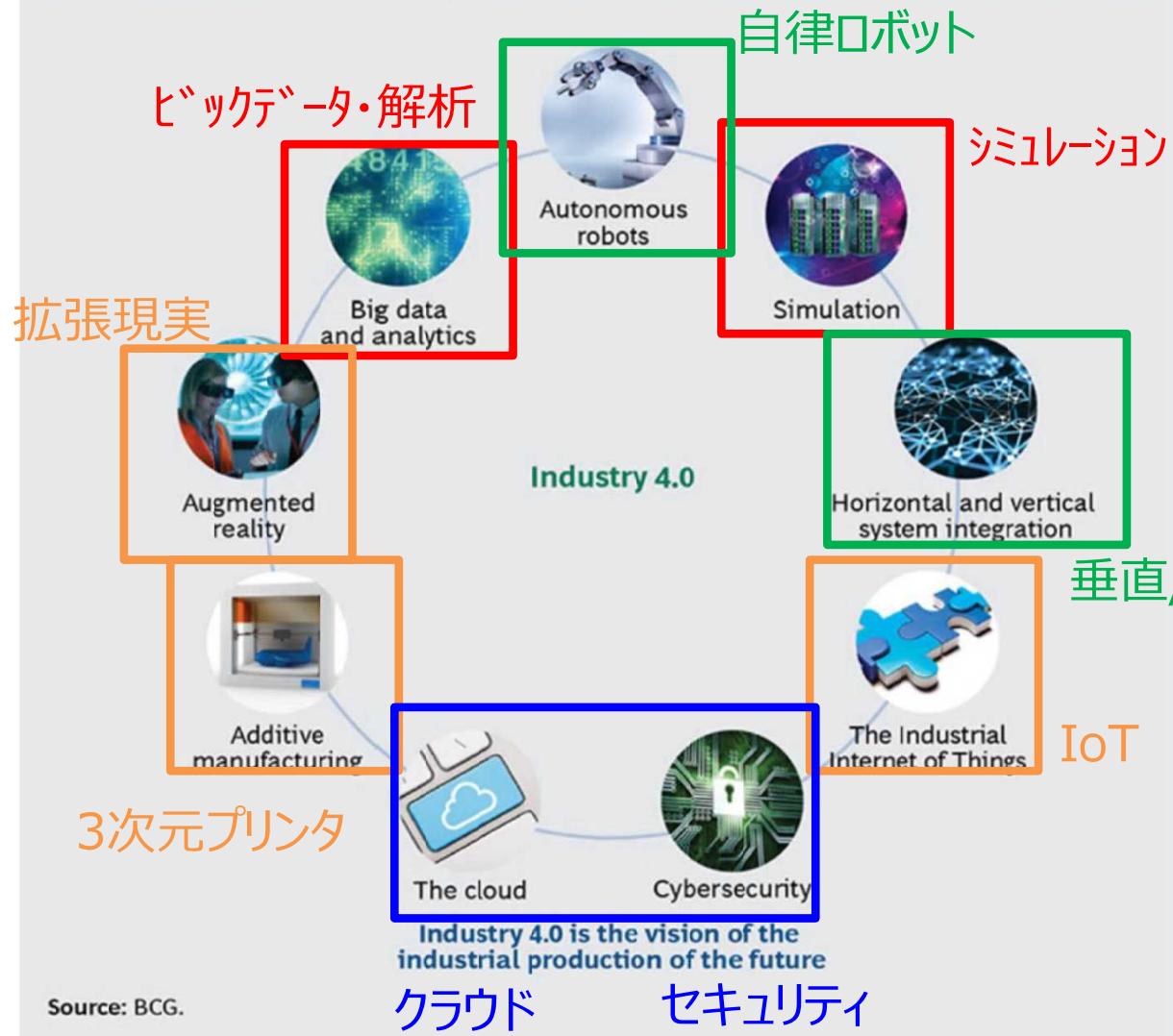
DXのメリット（黄色マーカ部分）：
効率化、迅速化だけでなく、革新的な性能向上も狙う



図4.1.4.1 技術課題の全体像(重点課題D:航空機ライフサイクルDX技術)(1/2)

Industry 4.0における9つの重要技術

EXHIBIT 1 | Nine Technologies Are Transforming Industrial Production



JAXA/大学が主に担当する部分

ITベンダが主に担当する部分

製造メーカーが主に担当する部分

JAXA/大学/ITベンダ/製造メーカーの連携

垂直/水平統合

Philipp Gerbert, et. al., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston Consulting Group, 2015.

図4.1.4.1 技術課題の全体像(重点課題D:航空機ライフサイクルDX技術)(2/2)

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

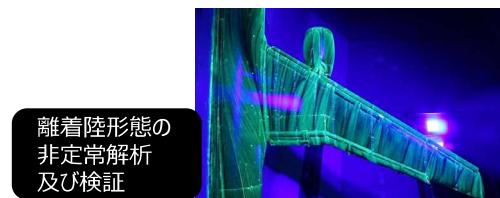
AIによる解析の軽量迅速化、多分野統合システム解析
(空力・構造・飛行・制御・推進等) 技術を構築し、
サブシステムで実証。
AI設計により革新コンセプトを創出



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

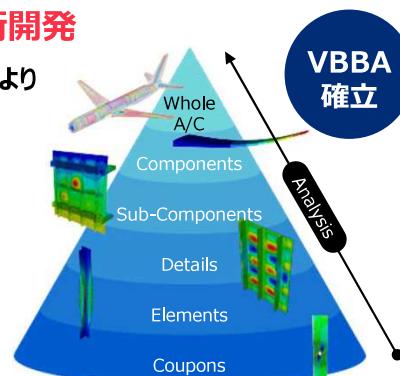
実機スケール・複雑形状を考慮した離着陸形態の
高忠実非定常空力解析の検証。
飛行シミュレータを用いた認証（CbA）の提案



3 デジタルテスティング

■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



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

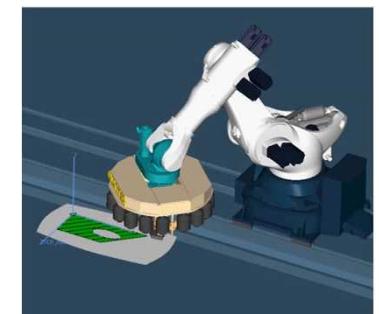
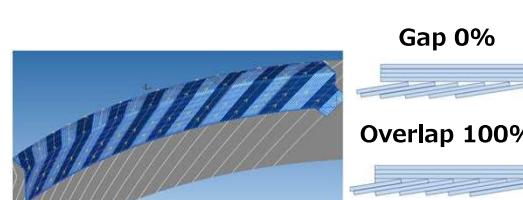


図4.1.4.2 研究開発テーマの概要(重点課題D:航空機ライフサイクルDX技術)

実試験で実証された解析技術（主に空力・構造分野）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。

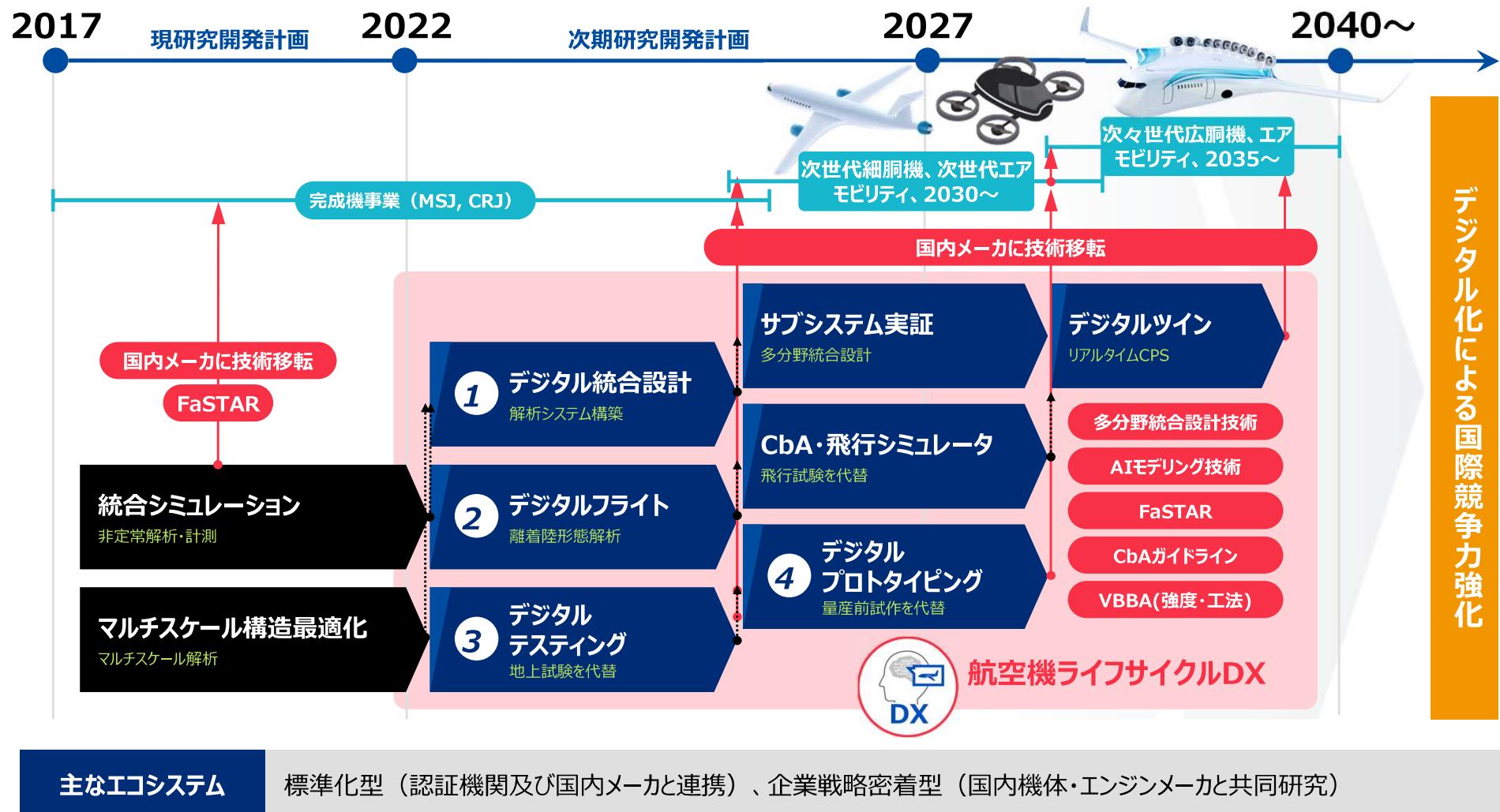


図4.1.4.3 研究開発テーマのロードマップ(重点課題D:航空機ライフサイクルDX技術)

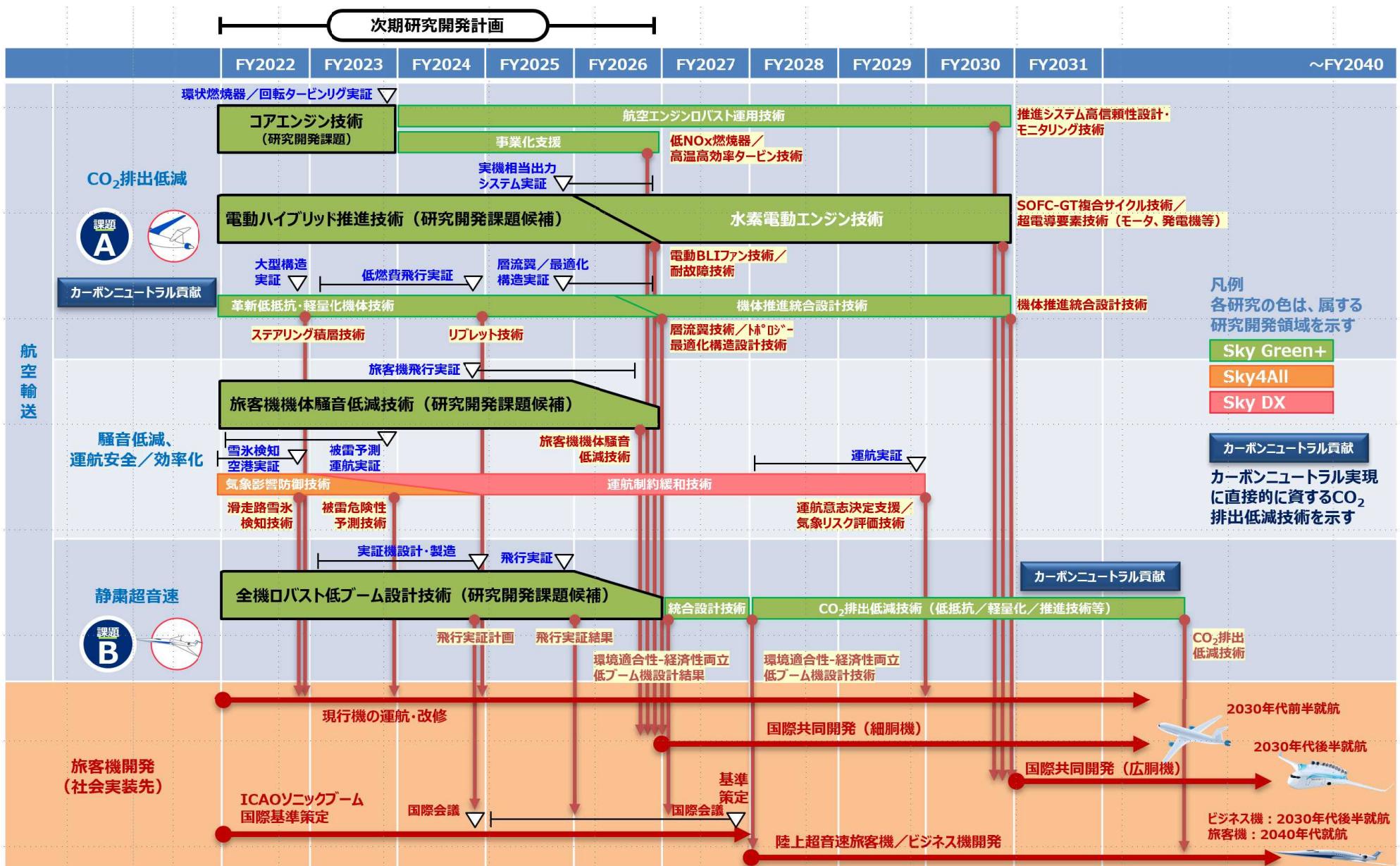


図4.3.1 研究開発ロードマップ案(1/2)

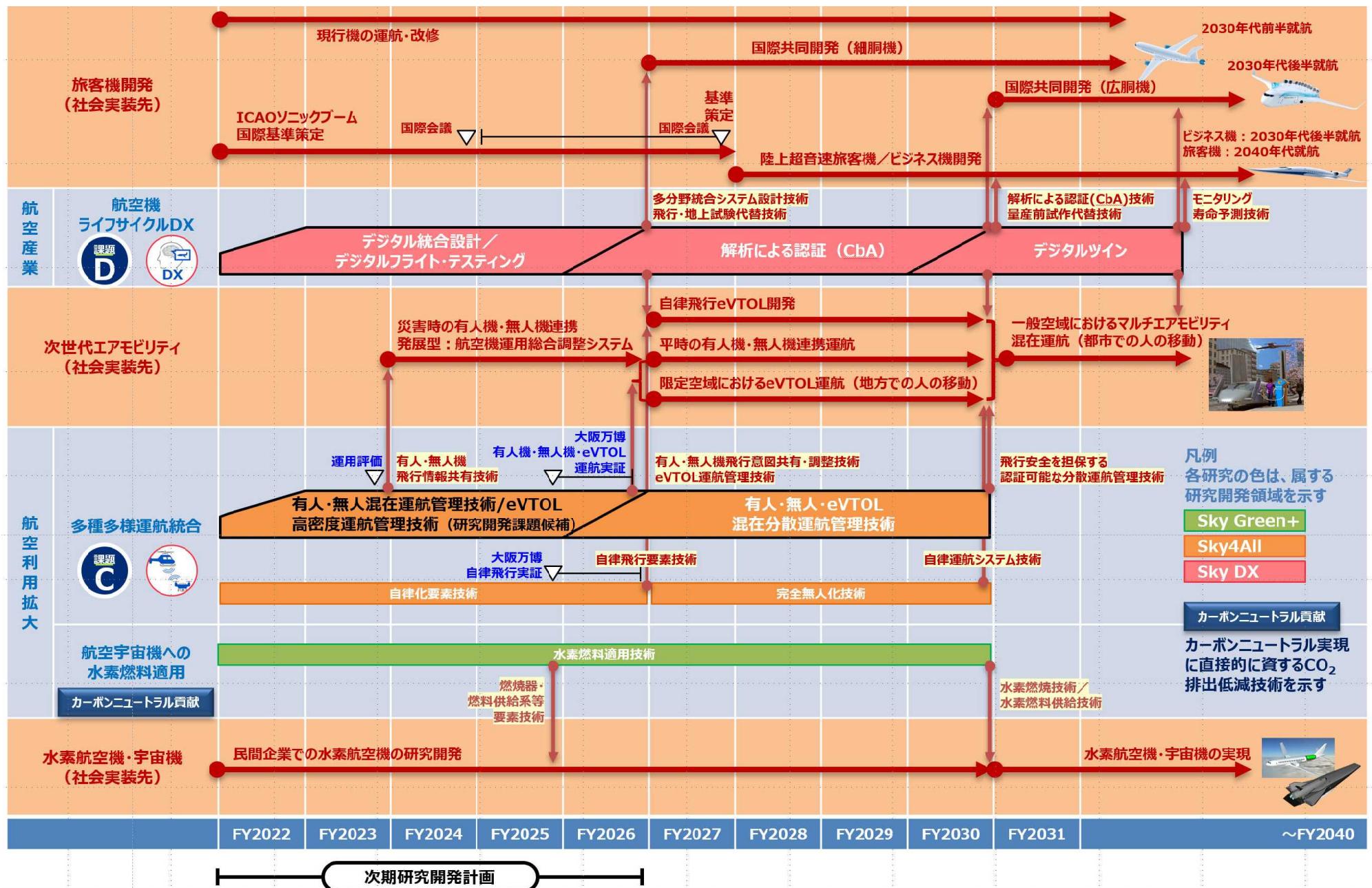


図4.3.1 研究開発ロードマップ案(2/2)

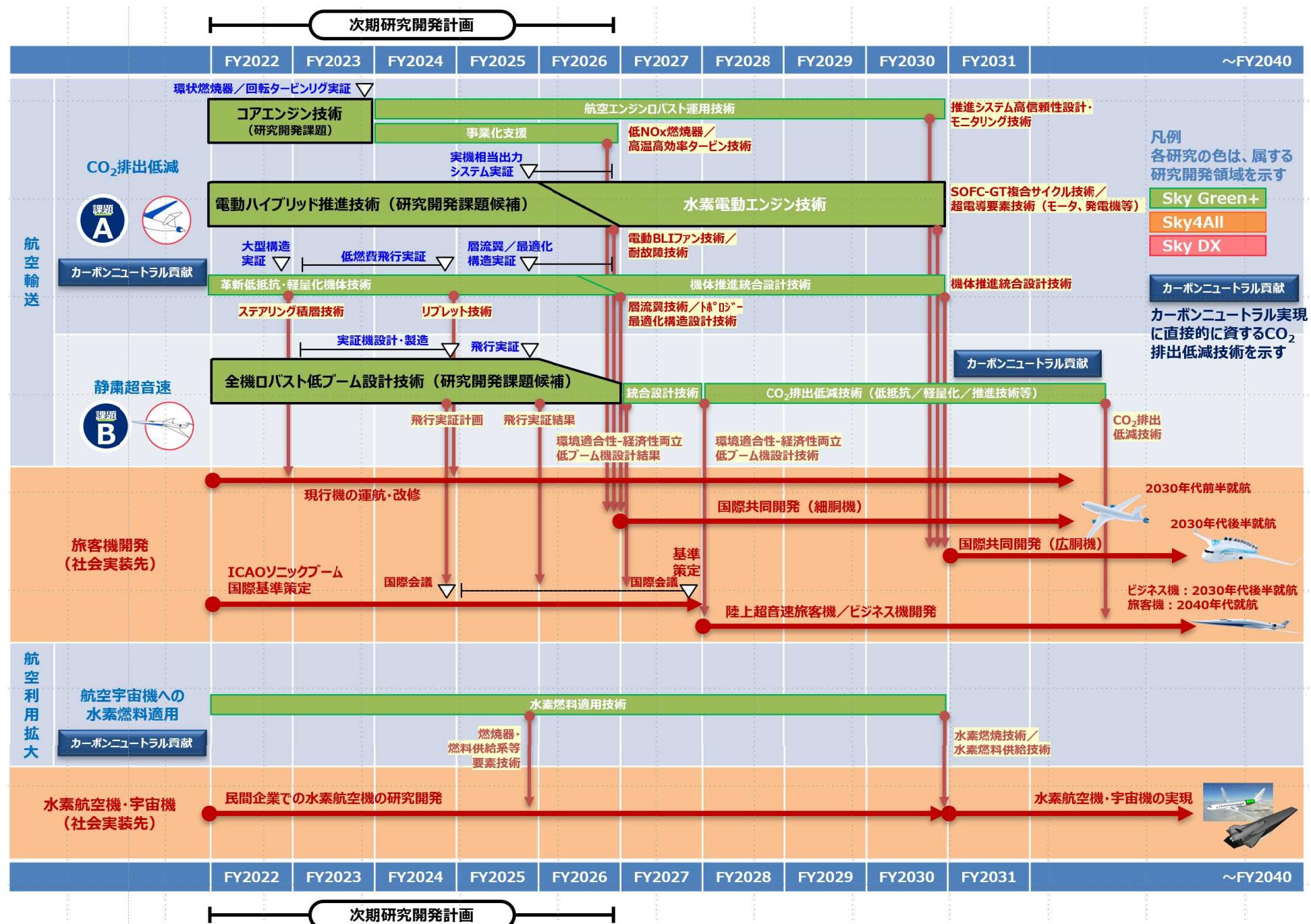
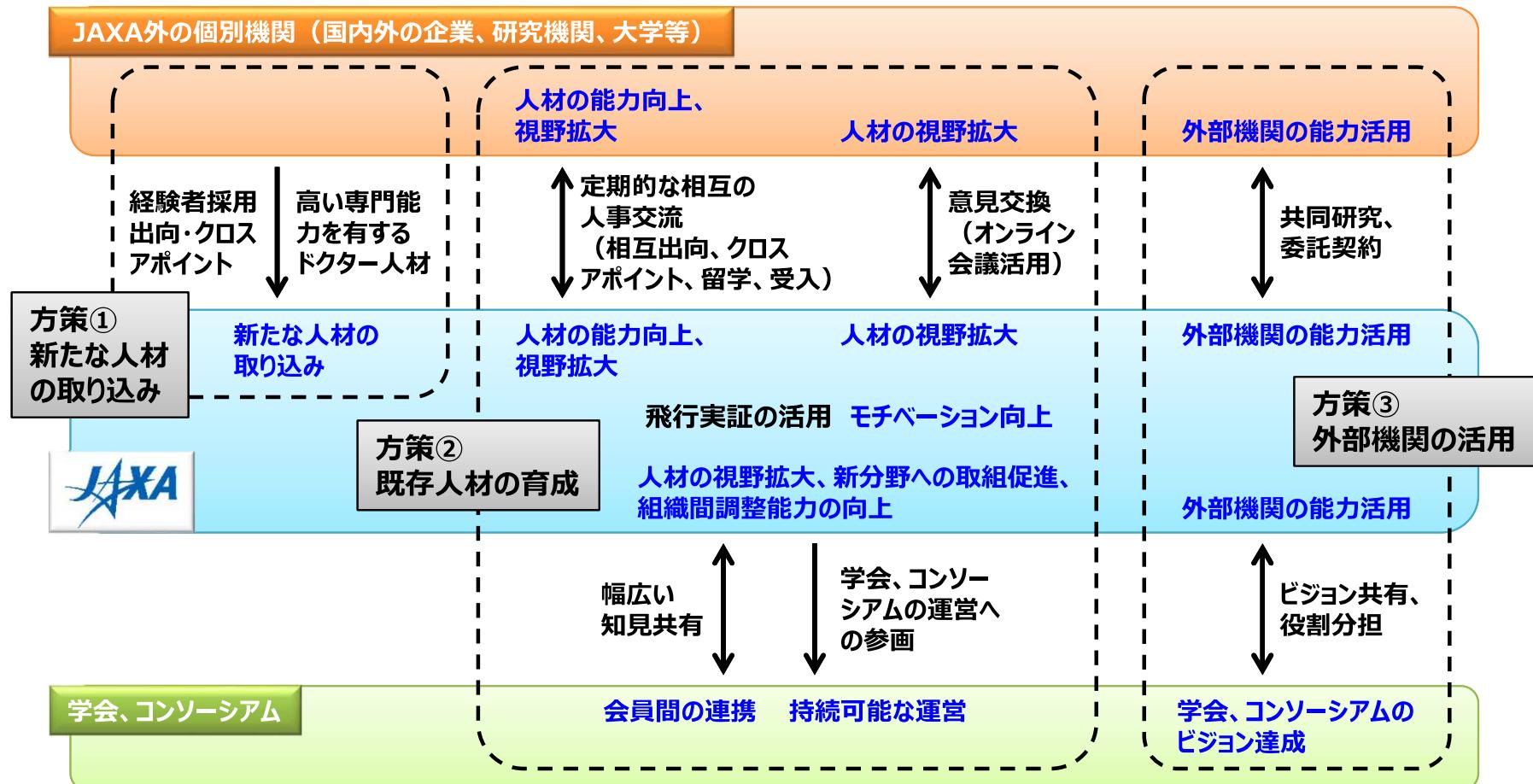


図4.3.2 カーボニュートラルの実現に資する研究開発ロードマップ案



方策①～③による人材育成・活用策（黒字：方策、青字：メリット）

図5.2.2.1 新しい研究開発に必要と考えられる人材育成・活用策