

航空機産業政策の検討の方向性 ～航空機電動化への期待～

2023年10月24日

製造産業局 航空機武器宇宙産業課

我が国航空機産業の今後の方向性の検討

検討の背景

2014年に策定した「航空機産業戦略」のもと、官民ともに取組を推進してきたが、2050年カーボンニュートラル達成の目標合意や完成旅客機開発事業の中止等、**航空機産業を取り巻く環境は大きく変化**。こうした中、我が国として次の打ち手に関する共通認識を形成するため、「航空機産業戦略」を見直す必要がある。

中間整理

我が国航空機産業の今後の目指すべき方向性や、その方向性に向けて具体的に政策検討を進めるに当たり官民で共通認識を形成すべき事項について、検討課題として整理。

中間整理を受けた今後の取組

- ・「完成機事業への参画を目指したロードマップ策定の検討」
- ・「試験実証インフラの検討」
- ・「政府支援の在り方の検討」

といった課題について個別に深掘りを行った上で、「航空機産業戦略」を改定。（R6.3目処）

1. 我が国航空機産業の現状認識と課題

2. 航空機産業を取り巻く環境の変化

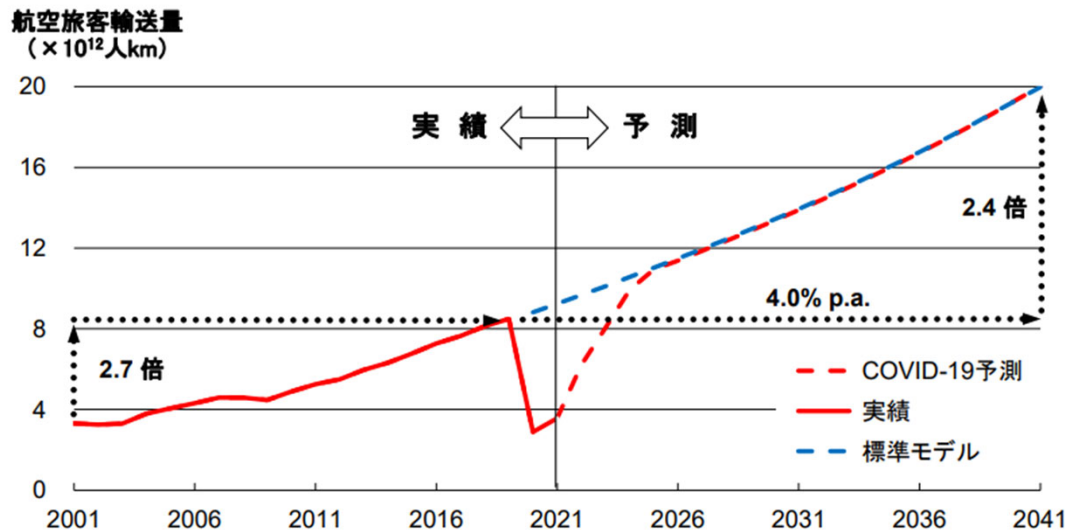
- グリーン

3. 目指すべき方向性

我が国航空機産業の世界市場との比較

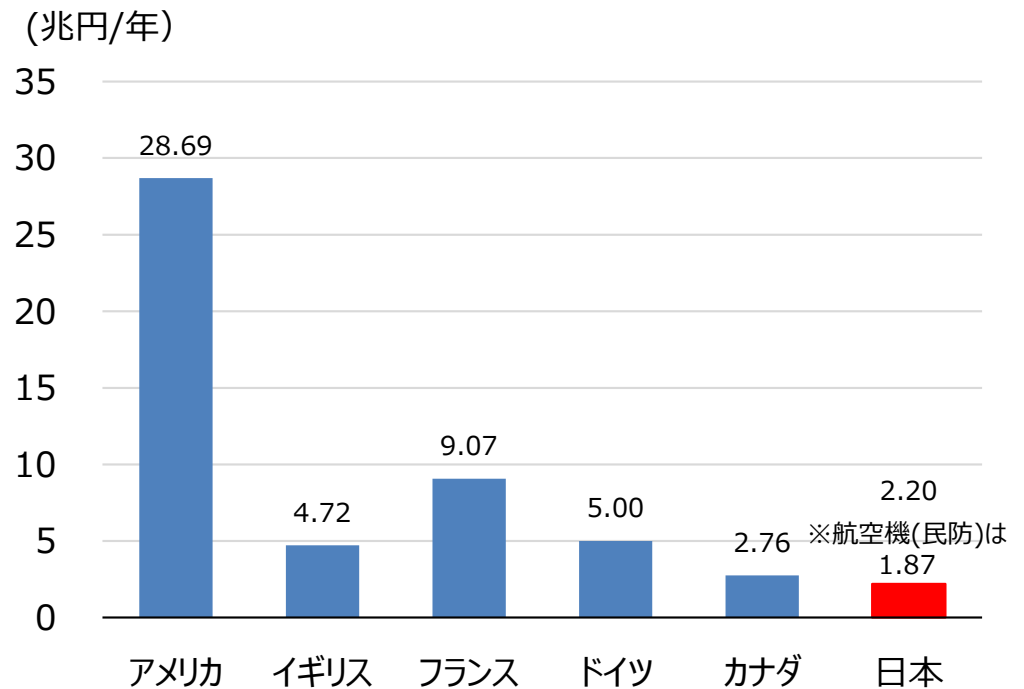
- 民間航空機市場は、一時はコロナで落ち込んだものの、年率3~4%で旅客需要の増加が見込まれている。
- 我が国航空機産業は着実に成長を続けており、コロナ前には売上高ベースで2兆円規模にまで発展した。一方、欧米主要国と比較し規模は小さく、今後世界市場が拡大する中、その分成長余地が大きいといえる。

世界の航空旅客需要（RPK）の予測



出典：一般財団法人日本航空機開発協会「令和3年度民間航空機関連データ集」

主要国の航空宇宙工業生産額

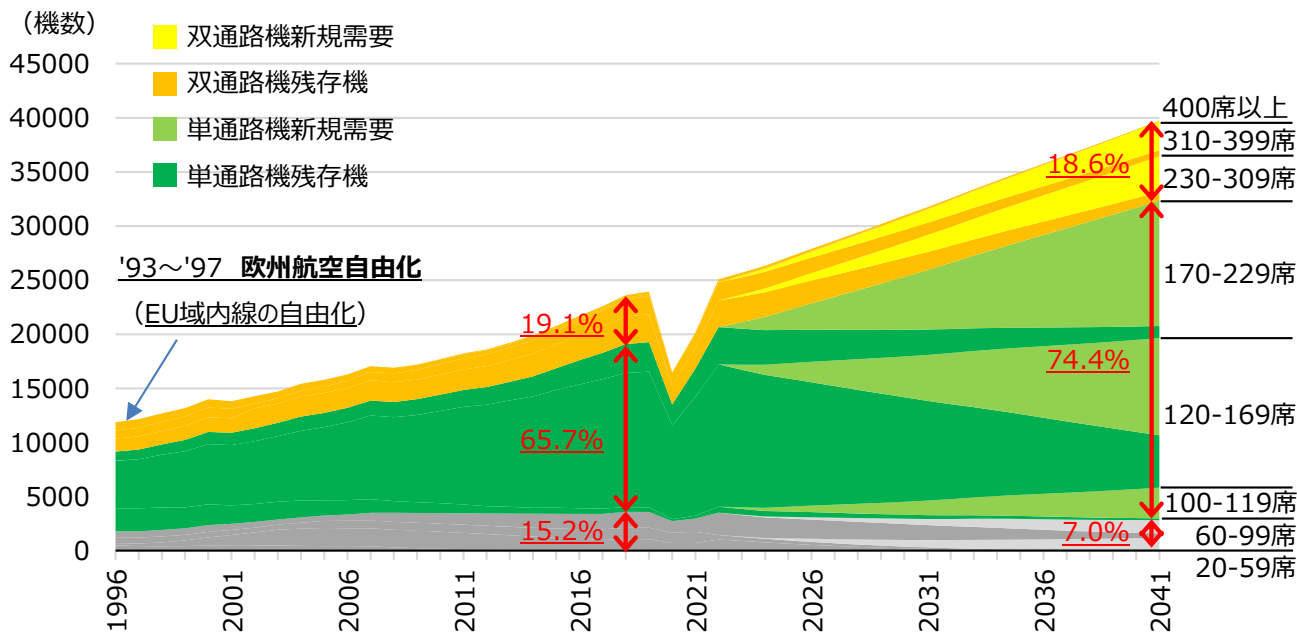


出典：日本航空宇宙工業会2019

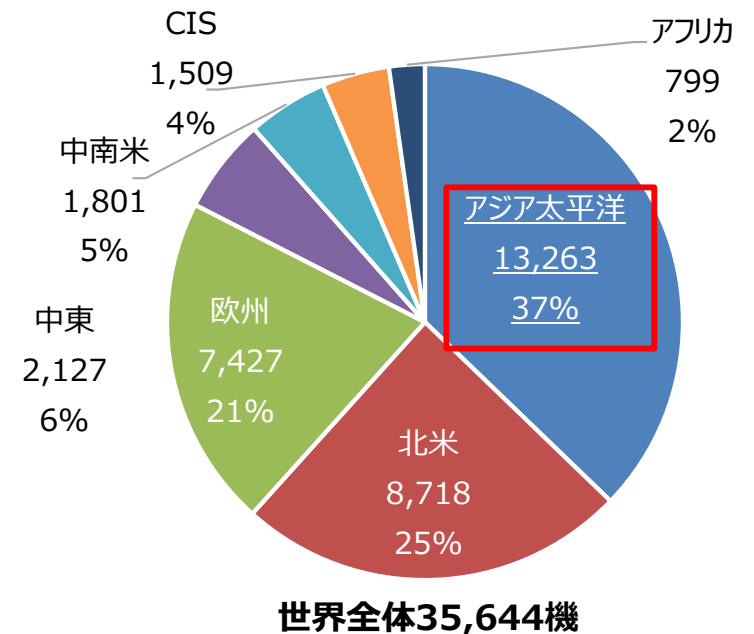
航空機産業の成長予測

- 民間航空機市場は、年率3～4%での増加が見込まれる旅客需要を背景に、双通路機、単通路機ともに新造機需要も拡大していく見込み。
- これまで、LCCの認知や欧州での航空自由化を背景として単通路機の納入機数が年ごとに増加してきた。今後も、新興国の成長を背景にアジア地域内での旅客需要が増加していくこと、LCC等の利用がさらに拡大していくこと、航空機の性能向上に伴い中小型の航空機の適用可能航路が増える中、そうした航空機の高頻度運航によりエアラインの資本効率が高まる（ハブ&スポークからポイントtoポイントへの移行）こと等から、単通路機需要が大きく拡大していくことが見込まれる。

ジェット旅客機の運航機材構成の推移



地域別新造旅客機需要見込み



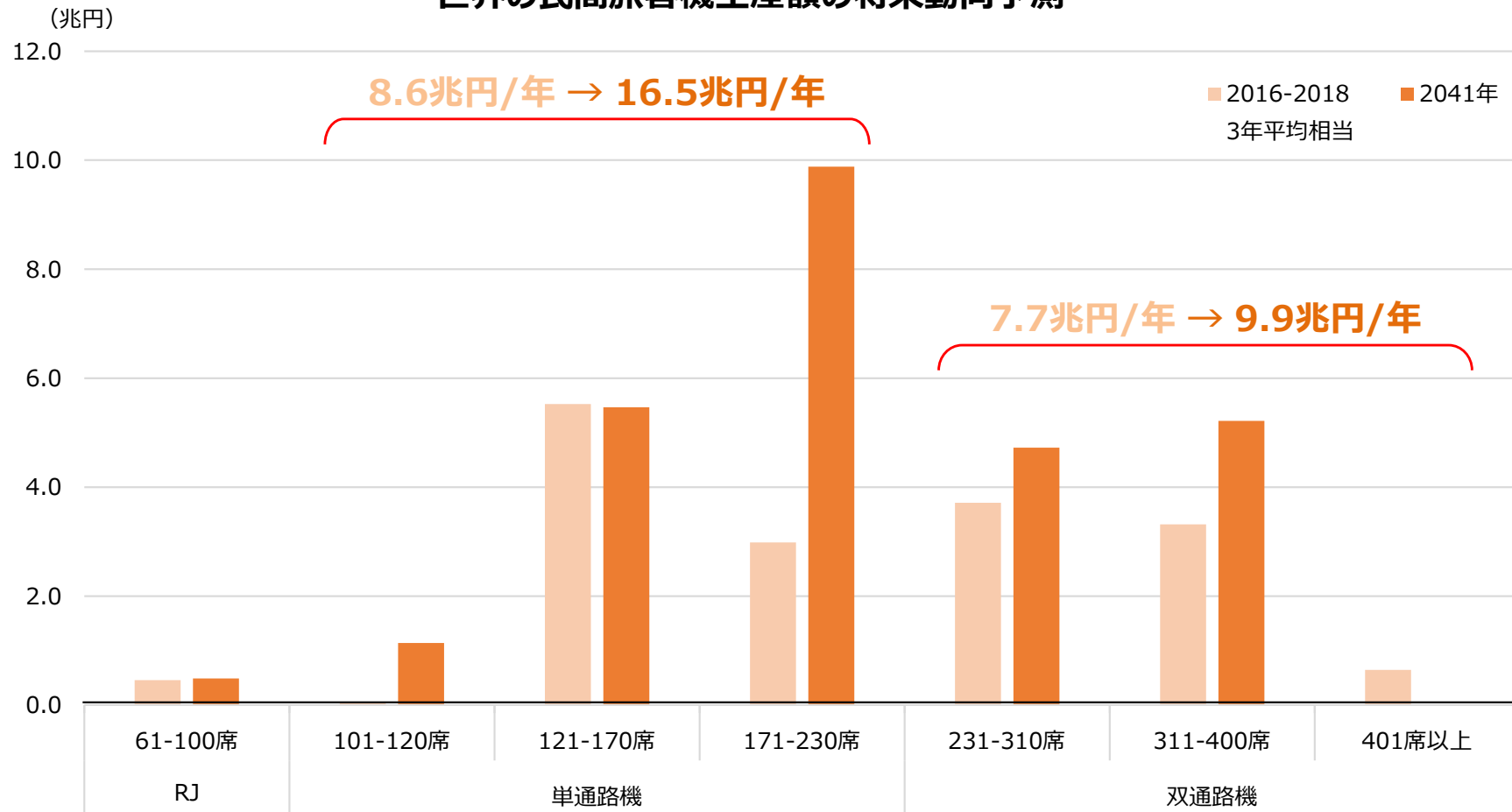
出典：一般財団法人日本航空機開発協会

出典：一般財団法人日本航空機開発協会「民間航空機に関する市場予測2022-2041」

航空機産業の成長予測

- 双通路機、単通路機の生産額の動向を予測し、それらを比較しても、双通路機に比べ、単通路機市場の方が拡大が見込まれる。
- 今後の成長にあたっては双通路機市場のみならず、成長市場である単通路機への参画が鍵となる。

世界の民間旅客機生産額の将来動向予測

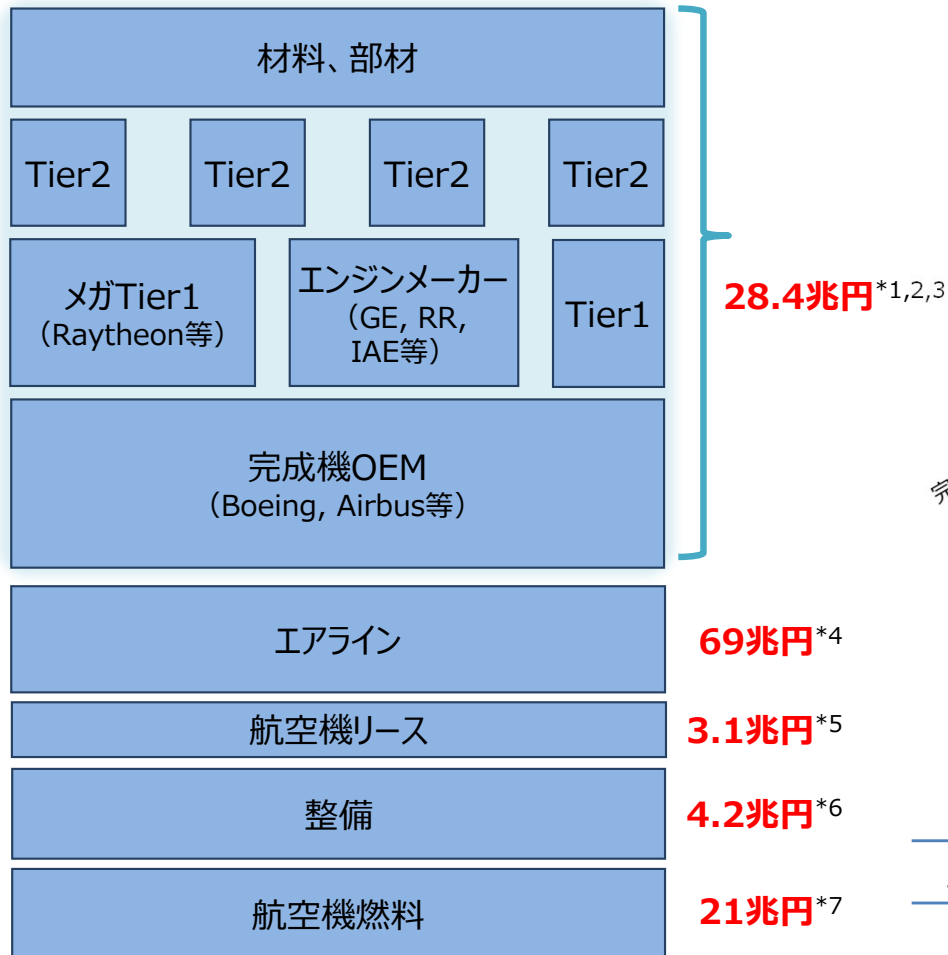


注1) コロナ、737MAX出荷停止等による影響を排除し、年ごとの増減を平準化するため、2016-2018年の3年平均の納入機数実績を基に推計
 注2) メーカーHP掲載のリスト価格からの割引率が50%と仮定して推計
 注3) インフレによる価格上昇の影響は考慮していない

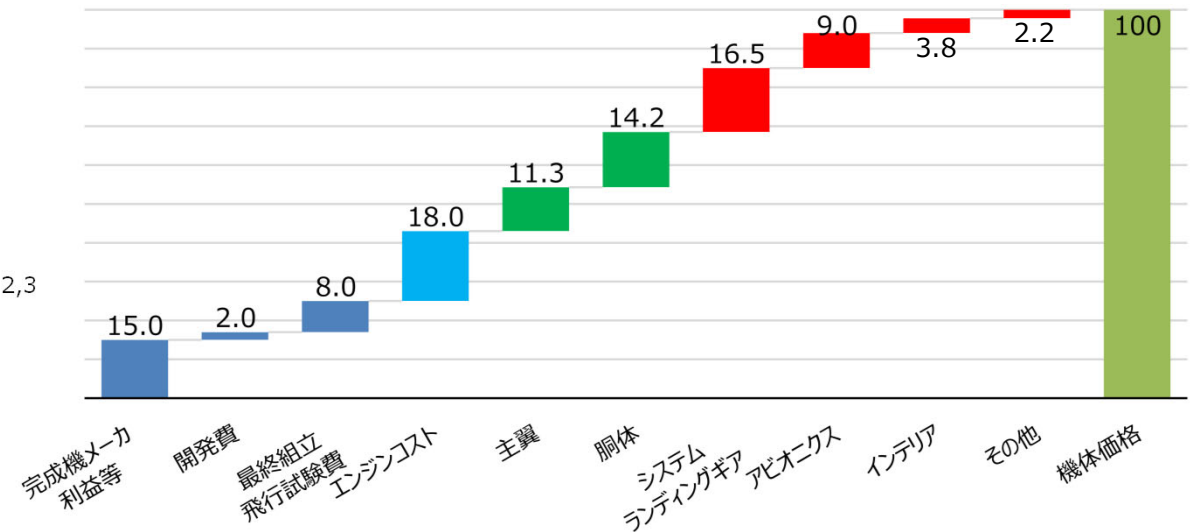
航空機産業の全体像

- 航空機を取り巻く産業のうち、我が国製造業は、航空機製造および整備事業に参画。製造に関しては航空機のバリュー構成のうち、主に機体構造体、エンジン事業および装備品事業の一部に参画している。
- 航空機製造の市場の内外含め獲得する価値を拡大していくことが重要。

世界の航空機産業の市場概要（市場規模/年）



航空機 1機あたりのバリュー構成（イメージ）



出典：文献情報等を基に経済産業省において推定。
注）イメージを掴むための概算値であり、実際には個別の航空機毎に異なる点に留意

（日本の現状）

	完成機	エンジン	機体構造	装備品・システム
民間	未参画	JV,RRSP	Tier1	一部参画
(例) 787	-	参加比率 15% ※GEnX/Trent1000	製造分担割合 35%	各種機器を納入

*1,2,3：主要企業の売上高合計（2010年）現代航空論より *4：主要企業の売上高合計（2012年）Airline Businessより
*5：主要企業の保有機材価値（2013年現在）、Airline Businessより *6：主要企業の売上高合計（2012年）Airline Businessより
*7：主要航空企業の燃料支出合計（推計）（2012年）IATAより

民間機体事業の現状と課題

- 我が国の機体構造事業はボーイングの双通路機を中心にTier1サプライヤーとしての地位を確立しているものの、エアバス機、単通路機市場は取り込めていない。また、機体構造関連企業の収益性は、装備品・システム関連企業、エンジン関連企業と比して、比較的低い。
- 双通路機の「生産額」の伸びが限定的であること、単通路機市場は低コスト・高レート生産が求められることを踏まえると、今後の成長に向けては「参入市場の拡大」のみならず「収益性の向上」が重要な視点。

主要航空機構造体における日本の参画部位

			単通路機		双通路機				
			737	A320	767	787	777	A330	A350
納入機数 (2016~2018年平均)			533	576	17	139	74	61	73
1 次 構 造	主翼	主翼ボックス							
		リブ等、部品							
		中央翼							
	胴体	機首							
		前胴							
		中胴							
		主脚格納部							
		後胴							
		尾胴							
	ドア	旅客扉							
		貨物扉							
	尾翼	水平尾翼							
		垂直尾翼							
	降着装置	前脚							
主脚									
2 次 構 造	主翼 前後縁	固定前縁							
		スラット							
		固定後縁							
		動翼							
		フラップ							
	尾翼 前後縁	ウイングレット							
		水平尾翼前後縁							
		昇降舵							
		垂直尾翼前後縁							
		方向舵							
		脚ドア/翼胴フェアリング							
レドーム									

注) 各種ファミリー機を含む

航空宇宙防衛産業におけるセグメント別の収益性

Segment	Revenues[B\$]			Core operating margin		
	2016	2017	Average	2016	2017	Average
OEMs	\$370.9	\$376.5	\$373.5	8.2%	9.3%	8.8%
Electronics	\$82.5	\$87.2	\$84.9	13.9%	14.1%	14.0%
Aerostructures	\$31.7	\$32.3	\$32.0	8.0%	5.8%	6.9%
Propulsion	\$66.3	\$69.5	\$67.9	17.2%	17.4%	17.3%

注1) 主要航空宇宙防衛企業100社に関する分析。

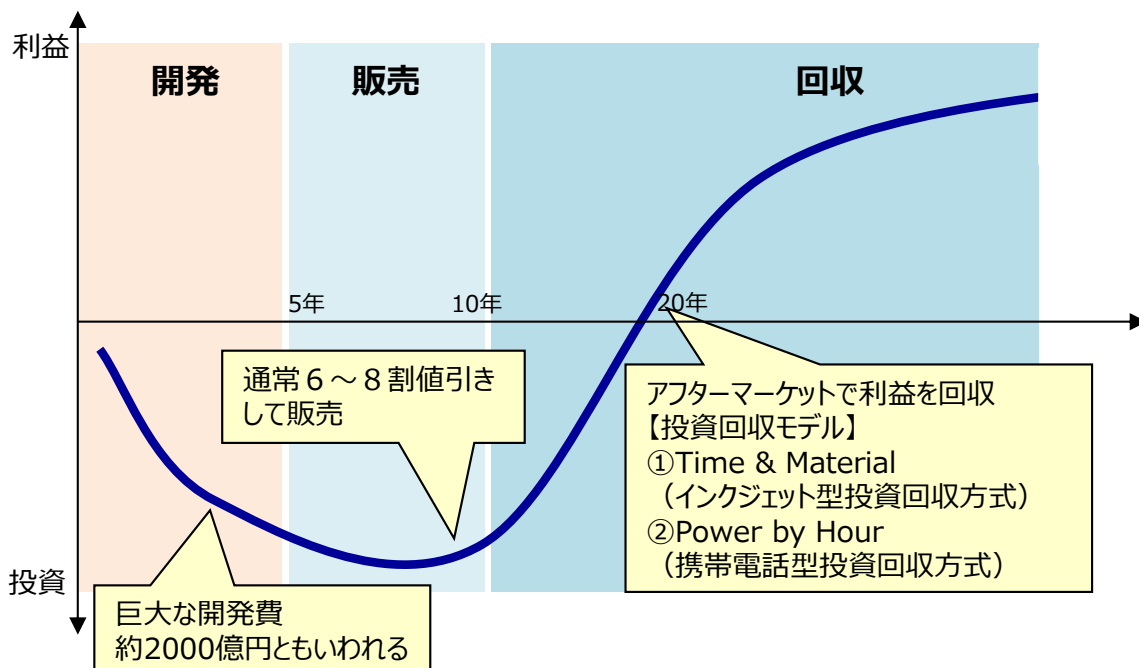
注2) OEMs, Electronics, Propulsion : 防衛・宇宙を含む
Aerostructures : 防衛を含む

出典 : Deloitte., "2018 Global aerospace and defense industry financial performance study"のデータに基づき経産省作成

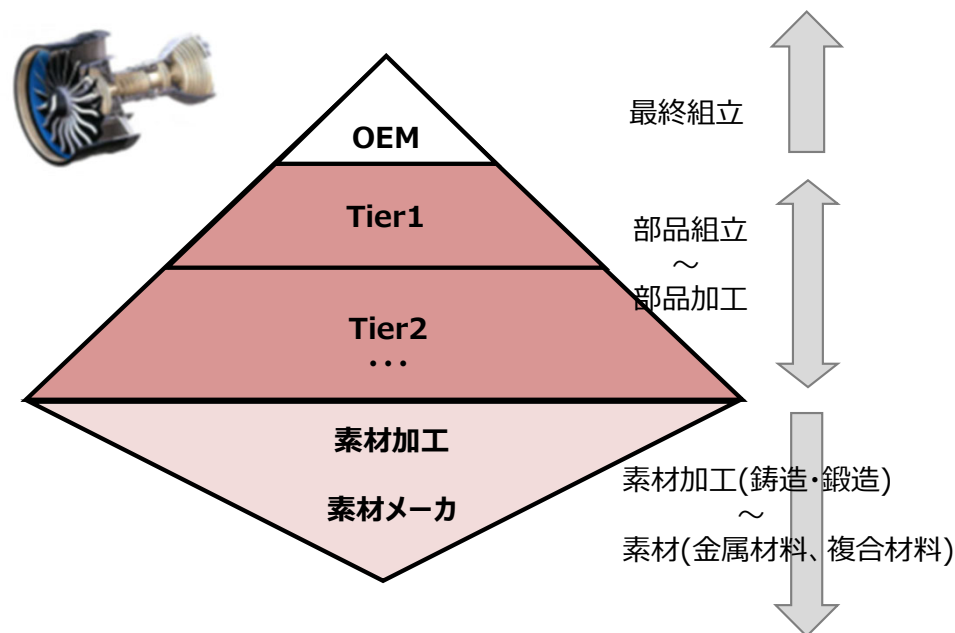
民間航空エンジン事業の現状と課題

- さらなる成長に向けては、高温・高圧部へと参画領域を拡大していくことが重要。
- 加えて、エンジン事業は開発、販売時における大きな投資を経て、アフターマーケットにおいて利益を回収するビジネスモデル。近年、エンジンメーカーとエアラインの包括契約（運航時間等に応じて収入を受取る方式。部品交換等で別途稼ぐ形態ではない）が主流。国際共同開発への参画において、参画部位の設計製造だけでなく、エンジン整備能力や部品修理能力の重要性が増大。
- また、国内部品製造のコストの6~7割程度を材料費が占めており、主要な材料に関しては、海外メーカーからの購入品に依存。加えて、M&A等により、海外材料メーカーの寡占化が進展しており、サプライチェーンの強靱化が重要。

典型的なエンジンビジネスモデル



エンジンのサプライチェーン構造 (イメージ)



我が国の装備品事業の現状

- 装備品は、航空機の価値構成のうち4割程度を占める重要分野。
- 米国の航空機産業と比較すると、日本は航空機機体（主に構造部位等）とエンジンに比べて、装備品のシェアが相対的に小さい。
- 機体メーカーが主要な装備品をシステムとして一括外注する動きに対応して、海外の大手装備品企業はM&Aを繰り返して巨大なシステムインテグレータへと成長している。

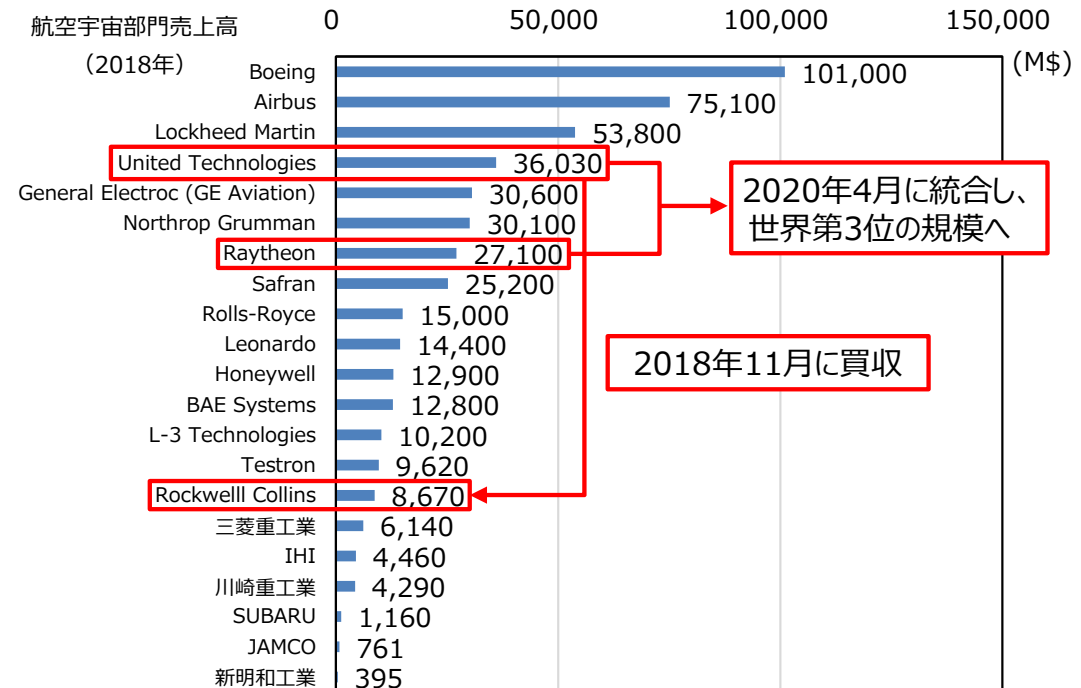
日米の航空機産業構造の割合

	日本	米国
機体	55.0% (0.61兆円)	29.0% (2.86兆円)
エンジン	33.3% (0.37兆円)	32.6% (3.22兆円)
装備品	11.7% (0.13兆円)	38.4% (3.79兆円)
合計	1.11兆円	9.87兆円

注1) 防衛産業を含む 注2) 生産額の二重勘定分を補正済み
 注3) 2007年時点（最新の産業連関表） 注4) 118円/\$のレートで計算（2007年当時）

出典：US Bureau of Economic Analysis, 日本航空宇宙工業会統計資料を基に三菱総合研究所作成

メガTier1の台頭



出典：一般財団法人日本航空機開発協会「民間航空機関連データ集」をもとに経済産業省作成

完成機プロジェクト（三菱スペースジェット）の中止

- 完成機事業として、三菱スペースジェットの開発が行われてきたが、開発は中止された。
- 一方で、試験データ・設備、開発プロセスを経験した人材、CRJ事業等から得られた知見も多くあり、これらも有効活用することが重要である。

<これまでの経緯>

- 2008年4月、三菱重工が三菱航空機を設立して開発開始。半世紀ぶりの完成旅客機開発。当初、5年間の開発計画。2015年11月に試験機による初飛行。
 - 国内外のエアラインから300機以上受注も、度重なる設計変更等により、合計6回の納入延期。
 - 2020年10月30日、三菱重工は、「中期経営計画」において、開発活動は一旦立ち止まり、再開のための事業環境の整備に取り組む方針を表明。体制縮小し、書面での型式証明（TC）取得作業は継続。
- ※政府としては、**要素技術開発（経済産業省）、安全審査体制（国土交通省）等の事業環境整備を支援**

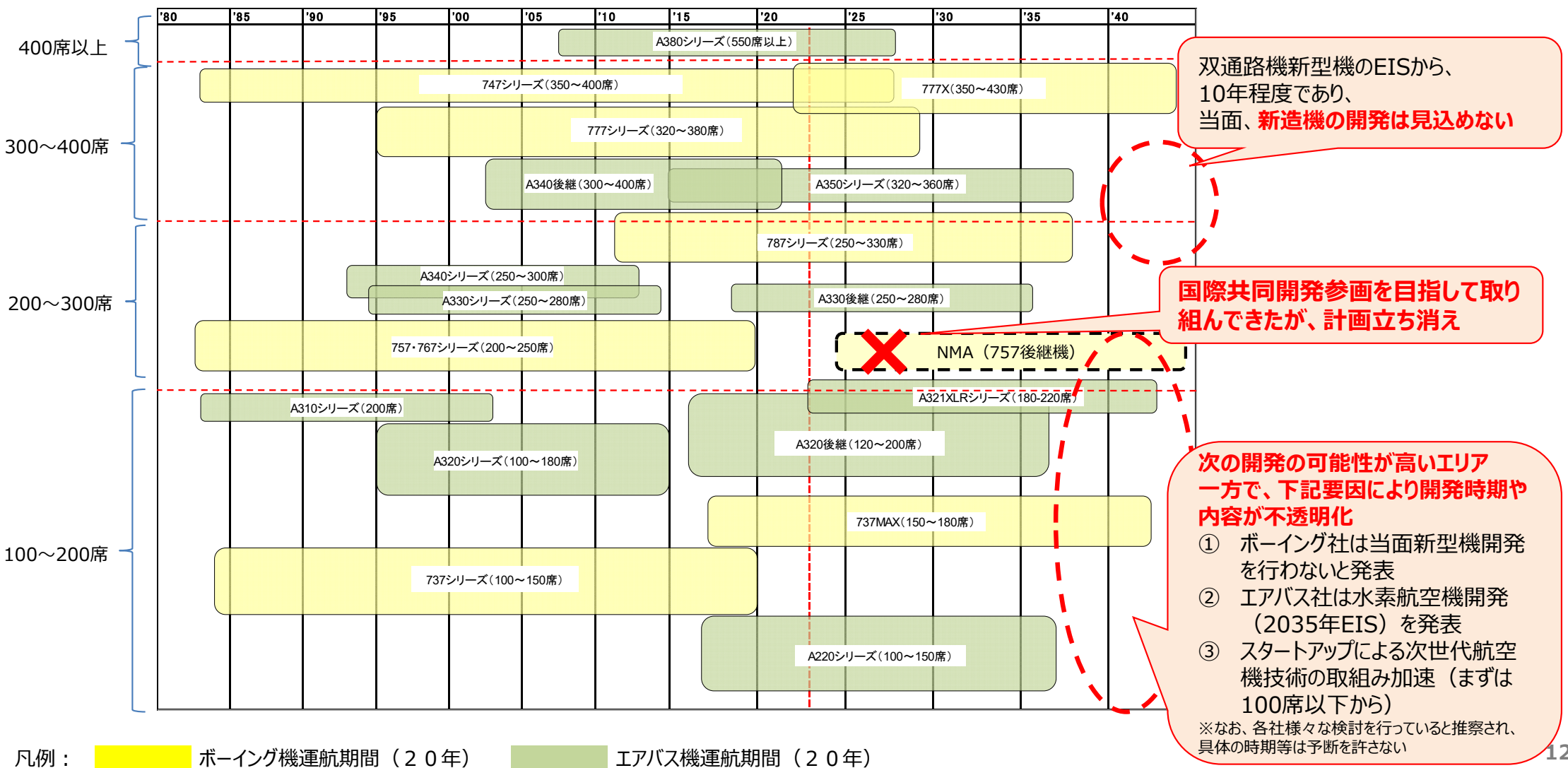


<スペースジェットの課題>

- **安全認証プロセスの理解・経験不足**
高度化した認証プロセスへの理解・経験不足により、設計変更等を繰り返し、開発が長期化。
- **事業構造**
エンジン、アビオニクス（電子機器）等の主要装備品をほぼ海外サプライヤーに依存。開発が長期化する中、コスト面や生産体制確保など、海外サプライヤーからの必要な協力の確保が困難に。
- **市場環境**
当初、米国市場の制限緩和（労使協定による機体サイズの制限）を見込み、90席クラス（M90）の開発を行ったが、今に至るまで緩和は実現されず。足下のR J市場もパイロット不足等により先行き不透明。

今後の航空機開発の不透明性の高まり

- 双通路機の新規開発は当面見込まれず、これまで中小型航空機（2020年代半ばにローンチと想定）への参画を目指してきたが、具体的なプロジェクトが立ち消えた状況。
- 中小型単通路機市場は今後の市場性を踏まえると新型機開発の可能性が高いと予測されるが、**新型機開発の時期、内容が不透明に。**



次世代航空機に向けた動向（ボーイング・エアバスCEOの発言）

- ボーイング社は新型機開発について現行機と比べ20-30%効率改善した航空機が必要と考えているが、タイムラインは不明。2050年までのネットゼロに向けてはSAFが唯一のチャンスであり、水素については25年以内に意味のある変化をもたらすのであれば検討。
- エアバス社は2050年までには技術的だけでなく、商業的（経済的）にも100%SAF利用が必要という考えではあるが、A320neo・A321neoと比較して、燃費を20-25%改善した航空機を2035年にEISすることを目標とし、水素についても開発を継続し、2035年に水素航空機を市場に送り出す計画を維持。

ボーイング

Aviation Weekのインタビュー（2023年6月）におけるカルフーンCEOの発言

- （新型機開発に着手する時期、就航する時期はいつか？）現在の航空機と比較して20～30%の改善をもたらすものが必要だと明言してきた。そのような能力の成熟についてのタイムラインは持っていない。私たちが取り組んでいる技術パッケージは、どのような飛行機になるにせよ、多くの価値を付加することになるだろう。ただ、いつ成熟するかはわからない。
- 水素が25年以内に意味のある変化をもたらすのであれば検討するが、それはわからない。私たちは水素を信じているが長い道のりだ。
- 現在から2050年にかけて、SAFは私たちに残された唯一のチャンス。



エアバス

Aviation Weekのインタビュー（2023年6月）におけるフォーリィCEOの発言

- 新世代の航空機が必要と考え、航空機技術、新生産システム、航空機のデジタル化、データ利用による運航効率改善を準備している。
- 2050年までには技術的だけでなく、商業的（経済的）にも100%SAF利用にしなければならない。また、A320neo・A321neoと比較して、燃費を20-25%改善した航空機が必要で、2035年のEIS（遅れた場合は2035～2040年）を目標としている。
- 水素利用は、短中距離航空機で脱炭素化の重要な役割を果たし、2035年に水素利用航空機を市場に送り出す計画に変更はない。水素は長期的に持続可能な航空にとって絶対に不可欠であり、引き続き開発を進める。



我が国航空機産業の現状認識まとめ

- **我が国航空機産業は、国際共同開発を主軸に、産業規模2兆円に手が届くところまで着実に成長を遂げてきた。**
- **一方で今後グローバルな航空需要の拡大に比して、成長が頭打ちとなってしまう構造上の課題が存在。**

<機体事業>

双通路機向けの構造体Tier1の経験で成長してきたが、

- 低コスト・高レートが求められる単通路機を中心に市場が拡大する見込み、
- 構造体事業は、装備品・システム事業（我が国の参画は限定的）に比して比較的収益性が低い
- 航空需要の増加に伴い拡大が見込まれるアフターマーケット収益を取り込めていない

<エンジン事業>

単通路機向けエンジンにJV形式で、双通路機向けエンジンにRRSPで参画し成長してきたが、

- 高温・高圧部への参画がまだまだ限定的で、アフターマーケット含め収益のさらなる拡大の余地を残している
- 主要な材料に関して海外に依存しておりバリューチェーンを国内に取り込めていない

<サプライチェーン>

部品の安定供給を行う国内サプライチェーンの維持・強化のため、重工各社と一体となり成長してきたが、

- 特定の企業の生産計画の影響を大きく受ける産業構造となっており持続的な成長に対して安定性が低い

- **「完成機事業の創出」「国際共同開発によるシェア拡大」をベースに、こうした構造上の課題の克服を目指してきた。**
- **しかしながら、MRJ/MSJが開発中止となり、新型機の国際共同開発参画機会は不透明化。海外勢が将来に向けた投資競争を加速させる中、我が国は目指すべき方向性が定まっていない。**

⇒ **これまでの教訓と環境変化を踏まえ、再度戦略的な取組を進めていくべきでは。**

1. 我が国航空機産業の現状認識と課題

2. 航空機産業を取り巻く環境の変化

- グリーン

3. 目指すべき方向性

我が国航空機産業から見た環境変化のポイント

<グリーン>

2050年カーボンニュートラル達成に向けて、国際的に実証プロジェクト等の投資競争が加速

- SAF、運航方式改善、新技術導入（水素利用、電動化率向上、革新的な燃費向上等）といった多様な選択肢の組合せが必要で道筋が複雑化する中、一国、一社では対応が難しく、産業構造変革（新たな国際アライアンス、他産業プレイヤーの活躍、運航・インフラを踏まえた一体的取組）が起き得る
- 技術面のみならず、カーボンニュートラル達成に向けたCO2削減義務に係る枠組みを含む具体的対策などの国内外の制度的対応、新技術の国際標準化・安全基準の策定が、次世代航空機の動向を左右し得る

<デジタル>

サプライチェーン管理や保守・運用効率化のためのサービス創出に向けた動きに加え、開発プロセス革新に向けた動きが加速

- 開発プロセスの革新に伴い、DXへの対応能力によっては、従前の地位を失う恐れ、あるいは、単なるサプライヤーを超えて、より付加価値の高い形で航空機開発に関与し得る
- 航空機製造ビジネスにおいて初期コスト低減が可能となり収益性を改善し得る

<レジリエンス>

グローバルなサプライチェーン混乱を経て、一定能力を有する企業による安定供給の価値が増大

- アジア圏において我が国が地政学リスクが比較的低いこと等を活かし事業を拡大し得る
- 経済安保上の観点から、国内に持つべき能力、海外を活用すべき能力の評価が重要となる

<新興市場>

スタートアップによる小型航空機、Advanced Air Mobility等の新たな市場創出に向けた動きが加速

- 新たなイノベーション投資を通じた先端技術実証や人材育成の場として機能とし得る
- 今後、量産に向けたサプライチェーン構築が見込まれる中、製造業としての新たな稼ぎ先となり得る

1. 我が国航空機産業の現状認識と課題

2. 航空機産業を取り巻く環境の変化

- グリーン

3. 目指すべき方向性

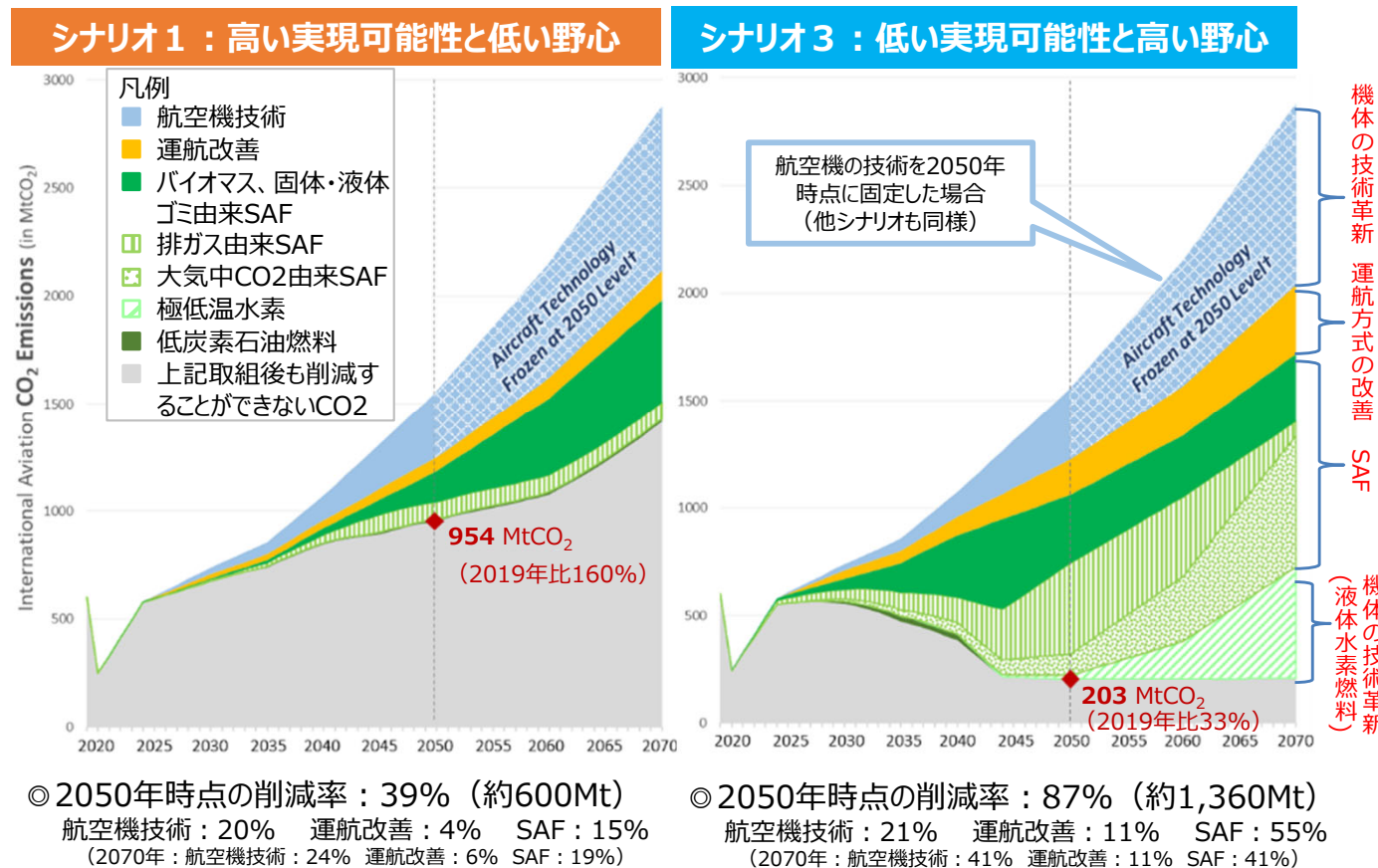
航空分野におけるCO₂削減に関する国際目標

- 航空分野では、従来より温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標が存在。2021年10月にIATA、2022年10月にICAOにおいて、**2050年カーボンニュートラル達成の目標を合意**。
- 日本としても、2022年7月下旬、ICAOのハイレベル会合内で、**日本の国際航空分野において2050年までにカーボンニュートラル**を達成することを公式に宣言しており、航空分野におけるCO₂削減の動きが活発化。
- **SAFの活用、新技術の導入、運航方式の改善**を組み合わせなければ目標達成が難しいことが示されている。

温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標

	短中期目標	長期目標
パリ協定	<ul style="list-style-type: none"> 産業革命以降の平均気温上昇を2度未満に抑制(義務)、1.5度未満に抑制(努力) 今世紀後半には排出量と吸収量を均衡させる(義務) 	
協定下での日本の目標	<ul style="list-style-type: none"> 2030年度までに2013年度比総排出量46%減(全分野として) 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年カーボンニュートラルの実現を目指す
国際航空業界団体(IATA)	<ul style="list-style-type: none"> 2020年からの年平均1.5%の燃費改善 2020年以降総排出量を増加させない 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年炭素排出をネットゼロ(2021年10月4日 第77回IATA年次総会で採択)
国際民間航空機関(ICAO)	<ul style="list-style-type: none"> 燃料効率を年平均2%改善 2020年以降総排出量を増加させない *CORSIA(国際航空におけるカーボンオフセット制度)により2035年に達成することを意図 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年炭素排出をネットゼロ(2022年10月7日 第41回ICAO総会で採択)

LTAGレポートで示されたシナリオ

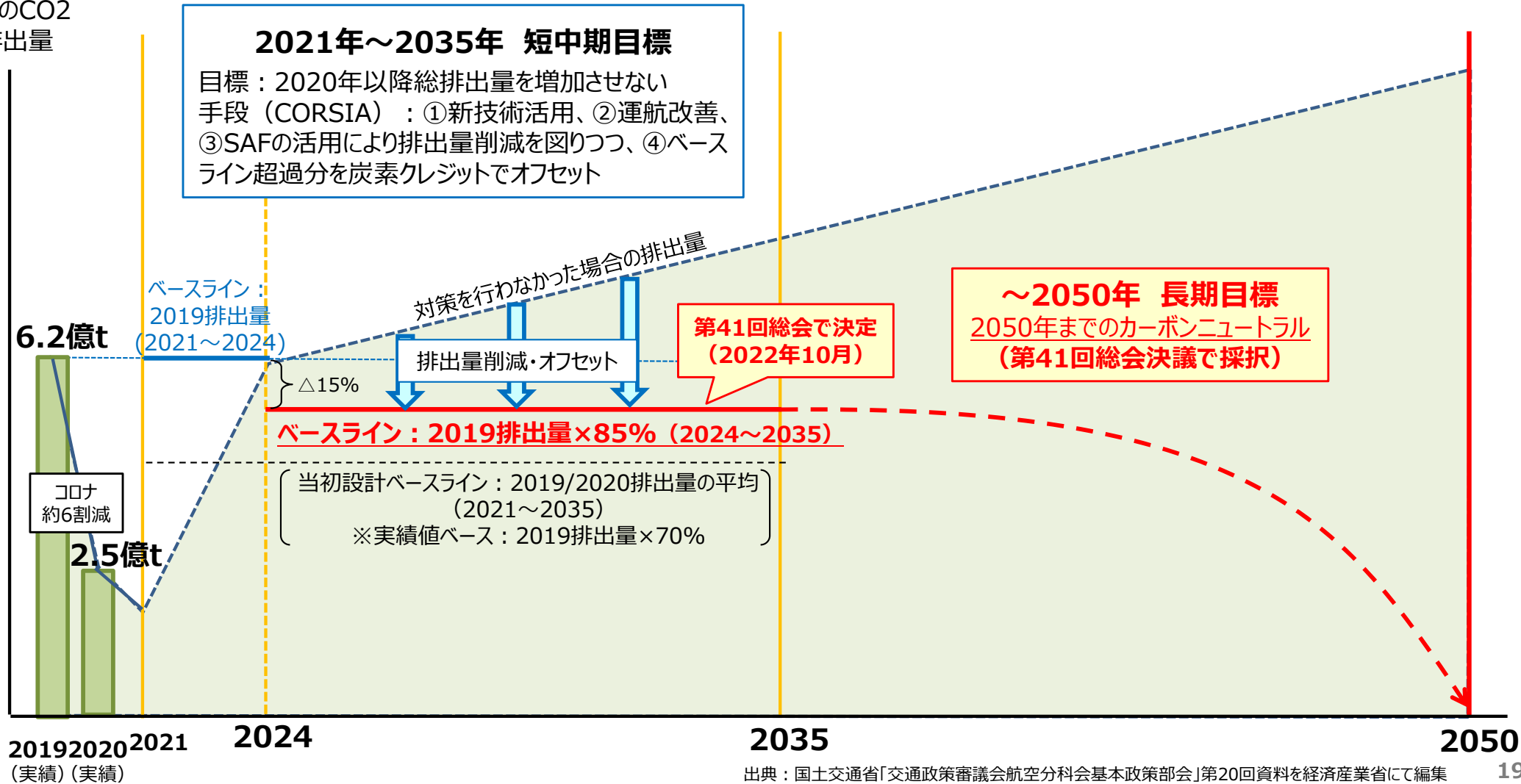


出典：国際民間航空機関 (ICAO) 公表資料より経済産業省にて作成

脱炭素化を目指した制度的枠組み（国際的な動向）

- 2016年にICAOにおいて、新技術の導入、運航方式の改善、SAFの活用の組合せにより排出量を図りつつ、なお不足する部分について、市場メカニズムを活用した制度として、定められたベースラインを超過した排出量を炭素クレジットでオフセットするCORSIAの導入が採択された。
- 2022年のICAOでは、長期目標の採択とともに、ベースラインの引き下げが決定された。

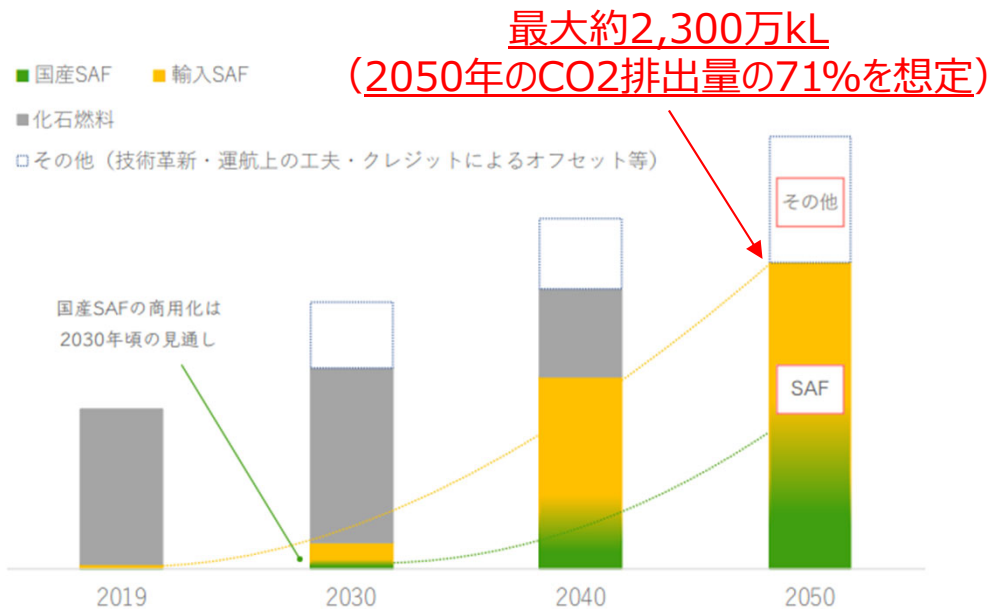
国際航空全体
からのCO2
排出量



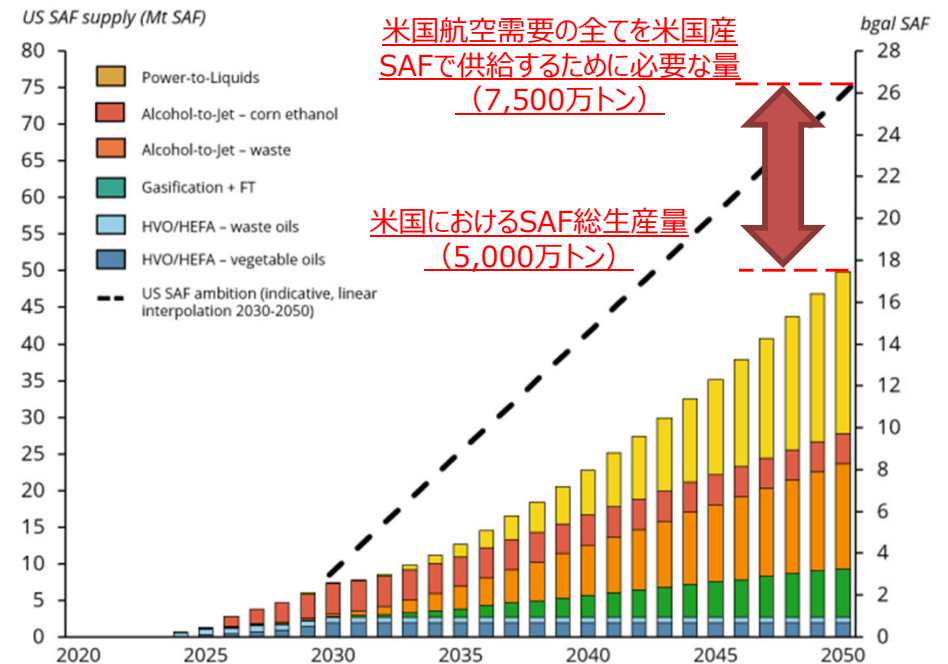
SAFにおける需要・供給見込み

- 2050年にCO2排出量実質ゼロを実現するためには、国内でのSAF必要量は最大2,300万kLとの試算も存在しており、今後、将来的なSAFの需要増加を見据え、国内において国際競争力のある価格で安定的にSAFを供給できる体制の構築が重要となる。
- また、SAFのみではCO2削減量に限界があるため、2050年ネットゼロ目標の達成に向けては、その他の方法（技術革新、運航上の工夫、クレジットによるオフセット等）と組み合わせて対応していく必要がある。

国内SAF需要量予測（2021年10月時点）



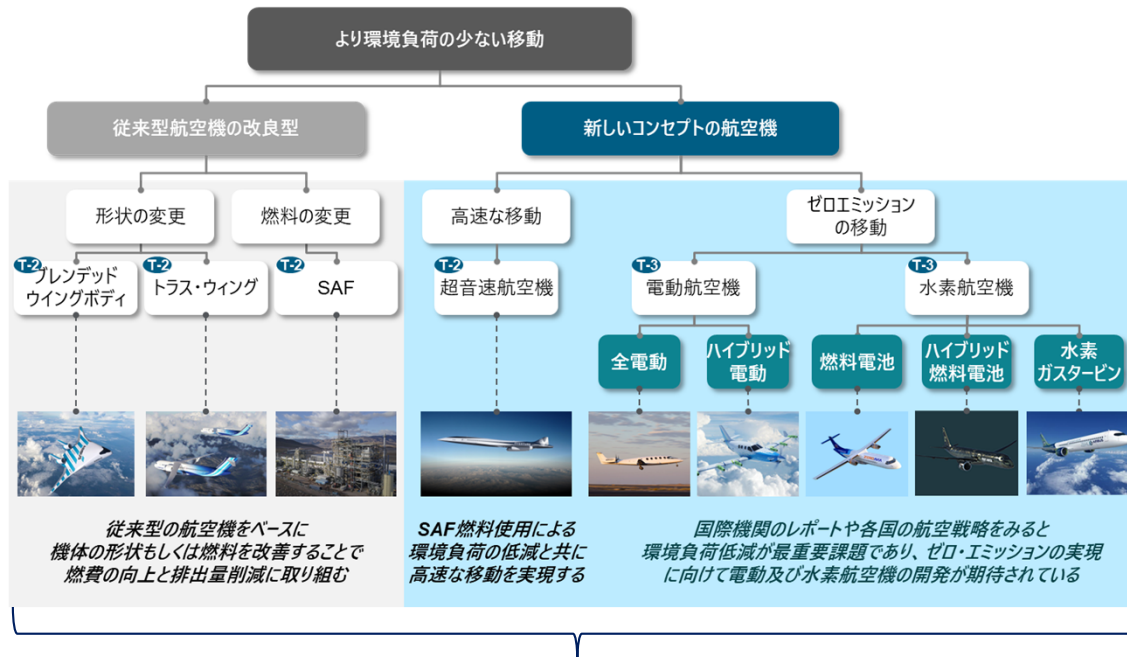
SAF製造量の長期的な見通し（米国）



新技術の導入による排出量削減

- 新技術が導入される次世代航空機においては、様々なコンセプトが存在し、どの技術オプションが採用されるかについて、不透明性が大きい。
- その中でも、航空機のエネルギー源の変革の対象、時期については、SAF(持続可能な航空燃料)は機体サイズ等に制限されず2020年代から導入、電動化は小型機を中心に2020年代後半以降に導入、水素燃料電池は小型機を中心に2025年代以降、水素燃焼技術は中小型機中心に2035年以降に導入されると分析されている。

次世代航空機の類型



SAFがメインオプションとなったとしても、供給量、価格の観点から、革新的な燃費向上を実現するためのゲームチェンジは必須

エネルギー源変革の見通し

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Commuter > 9-19 seats > < 60 minute flights > <1% of industry CO ₂	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Regional > 50-100 seats > 30-90 minute flights > ~3% of industry CO ₂	SAF	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Short haul > 100-150 seats > 45-120 minute flights > ~24% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF
Medium haul > 100-250 seats > 60-150 minute flights > ~43% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen
Long haul > 250+ seats > 150 minute + flights > ~30% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF

※赤枠は、電動ハイブリッド化についてのタイミング

【参考】世界のエアラインにおける次世代航空機に係る動き（電動航空機）

エアライン	採用予定						その他連携方法		
	企業名	型式	種別	機体数	運用開始時期	導入予定路線	連携概要	連携方法	
フラグシップ	ユナイテッド航空	Heart Aerospace*1	ES-30	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	100機	2028年	リージョナル路線	NA	投資 (46億円)
	エアカナダ	Heart Aerospace	ES-30	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	30機	2028年	リージョナル路線	出資	投資 (7億円)
	フィンエア	Heart Aerospace	ES-30	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	20機	2028年	リージョナル路線	NA	NA
	ニューゼaland航空	Eviation	Alice	全電動	3機 (追加で最大20機)	2026年	NA	NA	NA
リージョナル	メサ航空	Heart Aerospace	ES-30	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	100機	2028年	リージョナル路線	NA	投資 (ユナイテッド航空と共同投資)
	セブンエア	Heart Aerospace	ES-30	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	3機 (追加で3機)	2028年	リージョナル路線	NA	NA
	Aerus	Eviation	Alice	全電動	最大30機	2027年	リージョナル路線	NA	NA
	Widerøe	Rolls-Royce	NA (Tecnam P2010に搭載予定)	全電動(~200km) ハイブリッド電動(200km~)	NA	2026年	コミューター路線	開発協力	パートナーシップ (+Tecnam)

推進系メーカーのRolls-Royce、機体フレームメーカーのTecnam、エアラインのWiderøeの3社で電動航空機を開発する計画

*1: Heart Aerospace社は2022年9月に元々19名乗りの機体(ES-19)の開発を取りやめ、30名乗りの機体(ES-30)に注力する方向に方針転換した。元々ES-19として発注を受けていたオーダーをES-30に順次切り替えている状況

【参考】世界のエアラインにおける次世代航空機に係る動き（水素航空機）




エアライン	採用予定						その他連携方法		
	企業名	型式	種別	機体数*1	運用開始時期	導入予定路線	連携概要	連携方法	
フラグシップ	ユナイテッド航空	ZeroAvia	ZA2000-RJ	水素燃料電池	最大50機	2028年	リージョナル路線	出資	投資
	アメリカン航空	ZeroAvia	NA	水素燃料電池	最大50機	2020年代後半	リージョナル路線	出資	投資
		Universal Hydrogen	NA	水素燃料電池	NA	NA	NA	出資	投資
	デルタ航空	Airbus	NA	水素燃焼	NA	NA	NA	開発協力	パートナーシップ (知見提供*2)
	アラスカ航空	ZeroAvia	ZA2000-RJ	水素燃料電池	NA	NA	リージョナル路線	開発協力	パートナーシップ
	ブリティッシュエアウェイズ	ZeroAvia	NA	水素燃料電池	NA	NA	短距離路線	出資	パートナーシップ (投資)
	アイスランド航空	Universal Hydrogen	NA	水素燃料電池	NA	NA	リージョナル路線	開発協力	パートナーシップ
	ANA	Airbus	NA	水素燃焼	NA	NA	NA	開発協力	パートナーシップ
リージョナル	コネクト航空	Universal Hydrogen	NA	水素燃料電池	75~100機	2026年	リージョナル路線	開発協力	NA
	Easy Jet	Rolls-Royce	AE 2100-A	水素燃焼	NA	2030年代中盤	NA	NA	NA

*1: ZeroAvia社のコンバージョンキットは航空機1機当たり2個必要な想定、*2: 実現可能性の高い航空機のコセプト、運航上必要なインフラならびに重要なステークホルダーとの連携について知見を提供する

次世代航空機に向けた動向（エアバス）

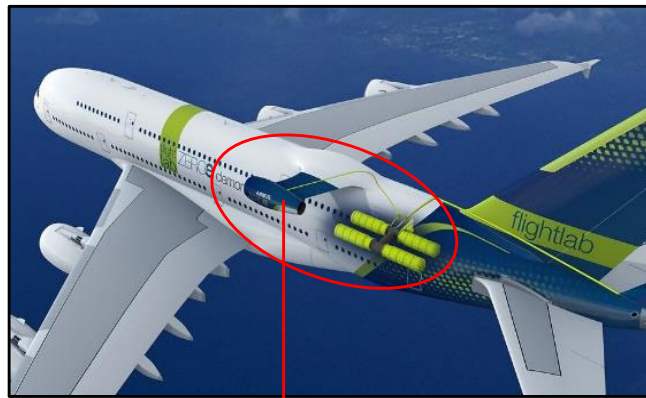
- 2020年9月、2035年に世界初の「ゼロエミッション航空機」の実用化を目指すとして、複数のコンセプト航空機（ZEROe）を公表。3つのコンセプトはいずれも、液体水素を燃料として燃焼させる改良型ガスタービンエンジンとガスタービンを補完する水素燃料電池から構成されるハイブリッド型の推進システム。
- 2022年2月、11月にA380をプラットフォームにした水素燃焼エンジン、水素燃料電池エンジンの飛行実証を実施する旨を発表。

エアバスが発表したZEROeコンセプト機

機体コンセプト	イメージ図	乗客数	航続距離
ターボプロップ機 (水素燃焼)		100人 以下	1000nm以上 (1850km以上)
ターボファン機 (水素燃焼)		200人 以下	2000nm以上 (3700km以上)
翼胴一体機 (水素燃焼)		200人 以下	2000nm以上 (3700km以上)
ポッド式 (水素燃料電池)		100人 以下	1000nm以上 (1850km以上)

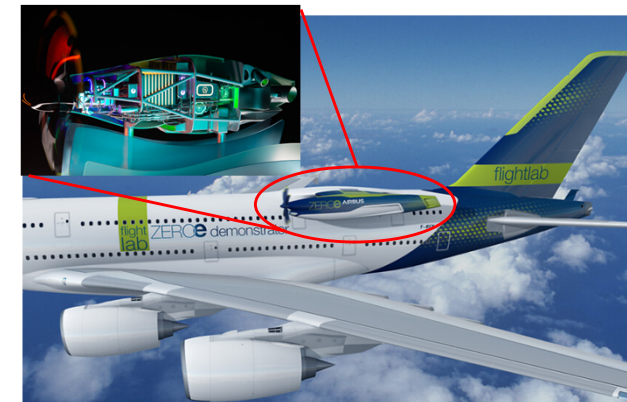
エアバスが発表したデモンストレーター機(左図：水素燃焼、右図：水素燃料電池)

- 水素タンク、水素燃焼エンジン、燃料供給システムなどの各技術コンポーネントは、個別に地上実証され、その後、システム全体で地上実証し、飛行実証へ移る。
- 最初の飛行は今後4年以内の予定。



水素燃焼エンジン部分の地上・飛行実証をするためのパートナーシップを、CFMインターナショナルと締結

- 燃料電池エンジンポッドを搭載するために外部が変更される見込み。テストプラットフォームは、左図イメージ同様A380。
- 最初の飛行は今後4年以内の予定。



水素燃料電池スタックの開発をエルリンググリンガーと合併企業を設立し実施。

次世代航空機に向けた動向（ボーイング）

- NASAやエンジンOEMと連携をしながら、次世代航空機のコセプト検討、ハイブリッド電動推進システムや、TTBW(支柱付き主翼)といった次世代航空機コンセプトの実証機開発を推進。また水素などの極低温燃料タンクの製造など要素技術検討も進めている。
- 2022年6月に公表したサステナビリティレポートにおいて、「カーボンニュートラルへの移行を可能にするフリート効率の改善、SAF、将来のプラットフォーム技術への投資」を進めることとしている。



<2022年1月>

GEアビエーションのハイブリッド電動飛行試験デモンストレーションプログラムにおいて、ボーイングとその子会社であるオーロラと提携を公表。

<2023年1月18日>

NASAがTTBW(支柱付き主翼)の実証機の開発と飛行試験について、ボーイングに主導するよう選定。TTBWにより、現行の単通路機と比較して、燃料消費と排出量を最大30%削減可能。

2022年

2023年



<2022年2月>

大型かつ複合材で製造された極低温燃料タンクを製造。水素燃料の航空機への活用可能性も示唆。

<2022年7月>

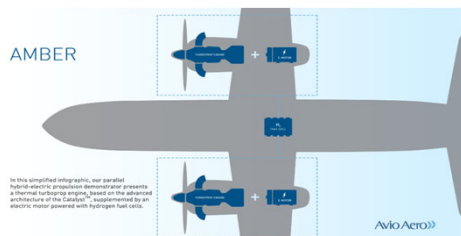
大学と共同開発した分析ツール（Cascade）を発表するとともに、ハイブリッド技術、電気及び水素動力の航空機を描いた将来の機体コンセプトの一例も公表。



次世代航空機に向けた動向（エンジンメーカー）



GE



<EPFDプロジェクト> ハイブリッド電動

- NASA、Boeing、MagniX、Aurora Flight等への投資を含め、総額2億6000万ドルの取り組み。
- 改造されたサーブ340B航空機とCT7-9Bターボプロップエンジンを使用したハイブリッド電気推進システムの飛行試験を実施。

<AMBERデモンストレーター> ハイブリッド電動

- 子会社である伊 Avio Aero が Clean Aviationの支援を受け、GEやH2FLY、DLRなど産学で構成されるコンソーシアムを主導。
- リージョナルジェット向けの水素燃料電池を動力とするハイブリッド電動推進システムに必要な要素技術を成熟させ、統合する予定。2020年代半ばにリグテスト用の統合を実施。



CFM International



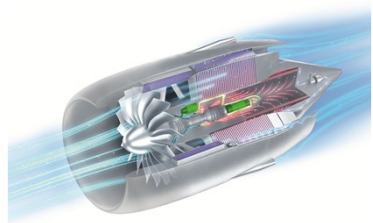
<RISEプログラム>

水素燃焼 ハイブリッド電動 先進的なエンジンコンセプト

- CFMIは、GE AerospaceとSafran Aircraft Enginesの50/50のJV。
- オープンファンという特徴ある形式であり、現行のエンジンより20%のCO2排出削減、100%SAFへの互換性などの性能向上を見込む。
- オープンファンのデモフライトは今後10年間の後半に実施予定。
- RISEプログラムの一環である水素直接燃焼技術についても、Airbusとパートナーシップを締結。今後4年間のうちに、地上試験、デモフライトを実施予定。



Pratt & Whitney



<SWITCHプロジェクト> ハイブリッド電動 先進的なエンジンコンセプト

- Clean Aviationの支援を受け、独MTU、米Collins、独GKN、Airbusと連携し、水噴射ターボファンとハイブリッド電動推進システム2つの革新的技術で、25%の排出削減を目指すことを発表。
- 水噴射とは、エンジン排気から水蒸気を回収し、燃焼室に噴射することで、燃料効率向上と、NOx排出削減に寄与。



<STEP-Techプログラム> ハイブリッド電動

- Pratt & WhitneyとCollinsがハイブリッド電気技術デモンストレータープログラムを立ち上げ。
- 2023年1月には、地上試験が成功。今後、2024年を目途にDash8-100ターボプロップをベースにし、飛行デモを実施予定。
- ハイブリッド電動推進システムと高効率のP&Wのエンジンにより、通常のターボプロップエンジンよりも30%排出削減見込み。



Rolls-Royce



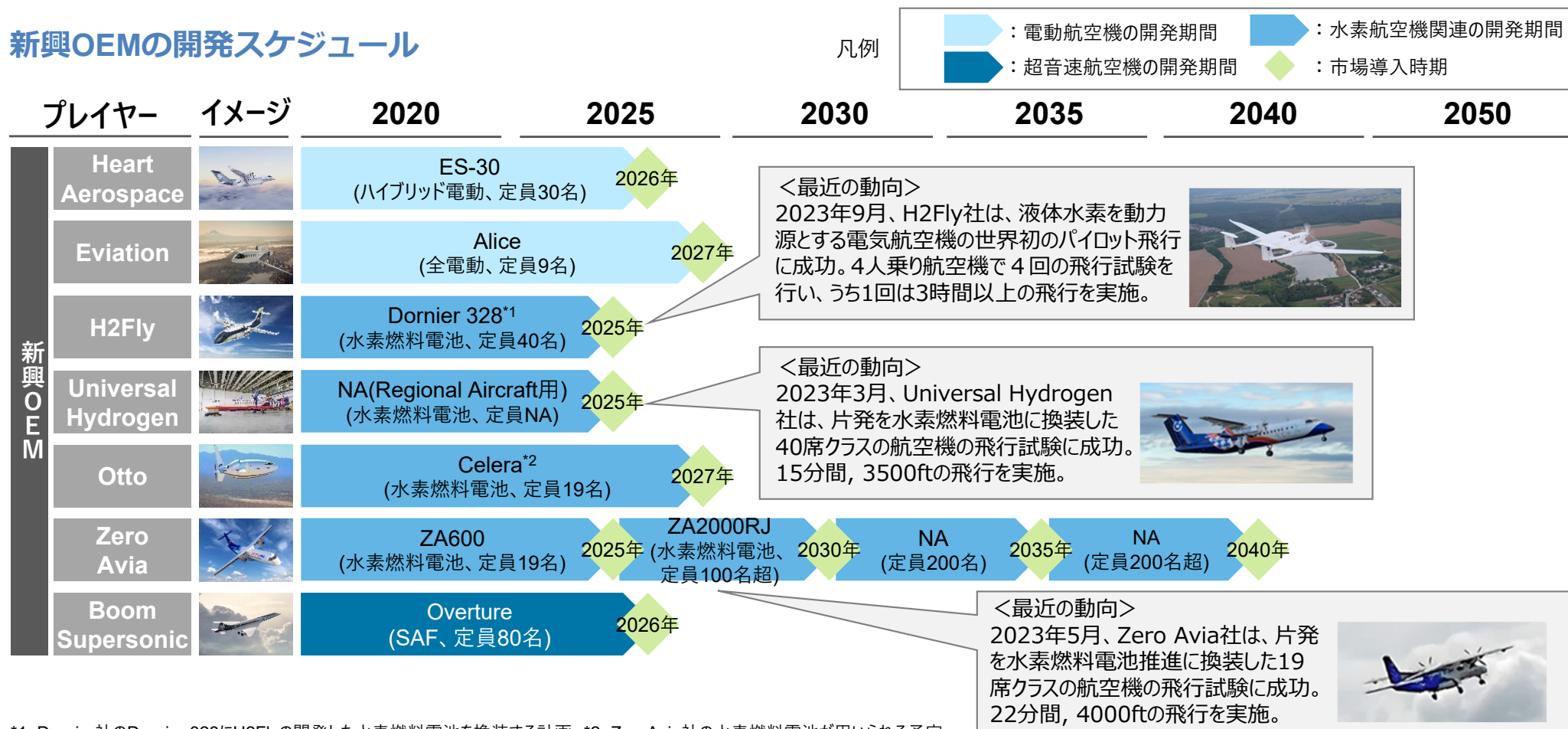
水素燃焼 ハイブリッド電動 先進的なエンジンコンセプト

- Clean Aviationの支援を受け、①HEAVEN：UltraFanの設計とハイブリッド電動推進システム、水素技術の開発、②HE-ART：ハイブリッド電動ターボプロップシステムの開発、③CAVENDISH：液体水素システム地上試験の3つのプロジェクトのリーダーに。
- 2022年12月、英国エアラインのeasyJetと水素燃料による航空機用エンジンの試験を成功。航空エンジンでの動作確認は世界初。

次世代航空機に向けた動向（スタートアップ）

- 欧米のスタートアップを中心に、100席以下のサイズの次世代航空機（電動、ハイブリッド電動、水素燃料電池、超音速）の開発、飛行試験が進展。
- 2020年代後半での市場投入を目指している。

新興OEMの開発スケジュール



*1: Dornier社のDornier 328にH2Flyの開発した水素燃料電池を換装する計画、*2: ZeroAvia社の水素燃料電池が用いられる予定
ZeroAvia HP、Universal Hydrogen HP、euronews.next(2022)「All-electric aircraft 'Alice' makes its first test flight in a milestone for zero-carbon aviation」等を基にDeloitte作成

次世代航空機の実現に向けた技術的課題と海外の動向

- ボリュームゾーンである単通路機においては水素燃焼、電動化率の向上に係る技術開発について主要なOEMを中心に取り組まれている。特に電動化率の向上に係る技術開発は今後使用される燃料がSAF、水素のいずれの場合においても必須となる燃費改善に大きく貢献するため非常に重要。
- 一方で、100席以下の小さいサイズの航空機においては、水素燃料電池推進の適用に関する開発実証が海外スタートアップ企業を中心に取り組まれている。これらの技術は、単通路機サイズへ直接適用するには出力密度等にギャップがあるためハードルが高いものの、水素燃焼、電動化率の向上を航空機システムとして成立するうえでの技術課題は共通しているため、単通路機市場への参画を目指すうえでも、水素燃料電池航空機関連技術に対する知見を国内において獲得しておくことが重要。

技術課題

直接適用できないが、技術課題は共通

液体水素の貯蔵・供給技術

熱・電力管理・制御技術

バッテリー/燃料電池の安全性・性能

空力/構造技術、耐熱材料技術、駆動系/発電機技術

50席

100席

250席

席数

少

電動

水素燃料電池

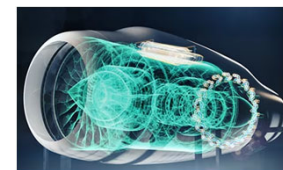
水素燃焼

SAF

電動化率の向上

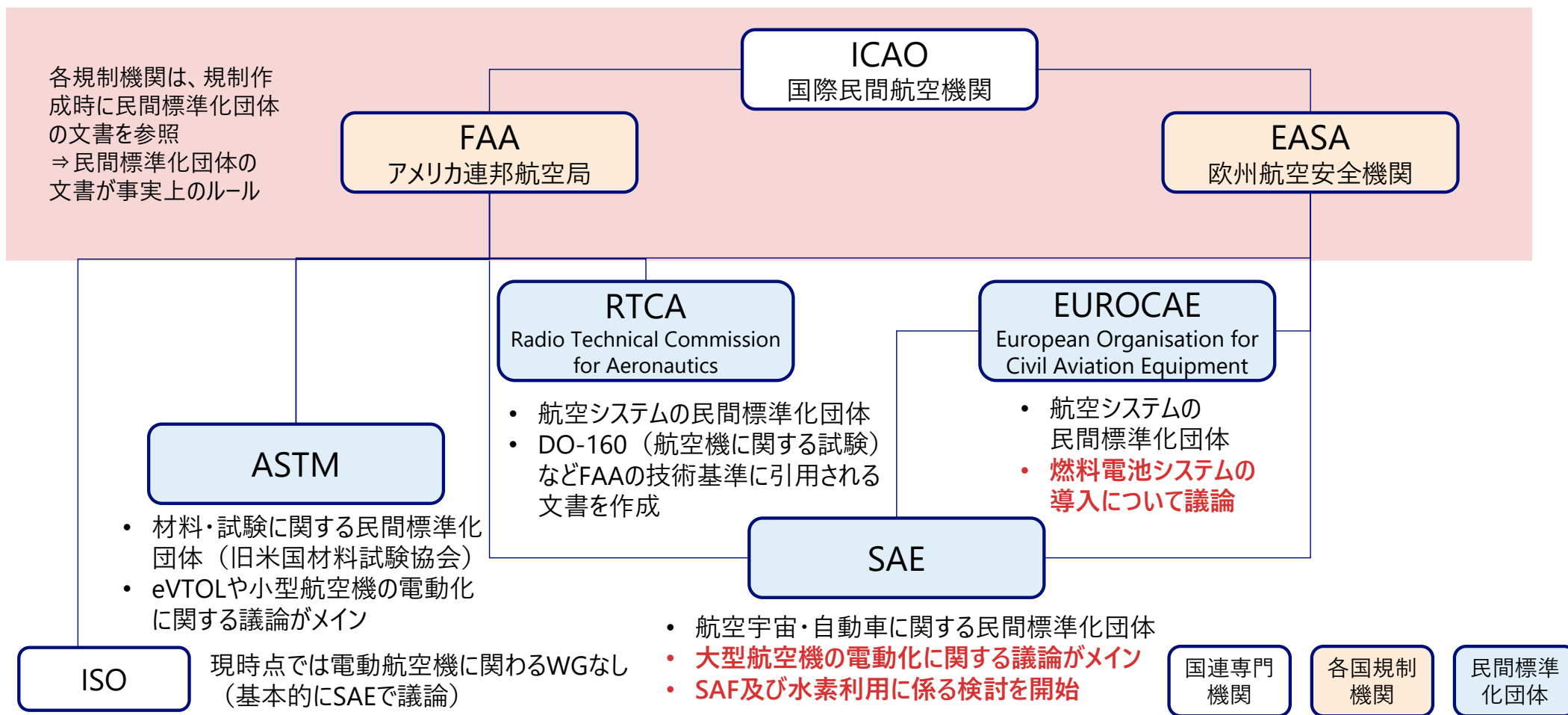
多

海外動向



安全基準・国際標準策定の動き

- 航空機の耐空性に係る基準については、規範的要件から、性能準拠要件に見直され、国際民間航空機関（ICAO）、欧米航空当局（FAA、EASA）では、民間標準化団体（SAE、ASTM、RTCA、EUROCAE等）の規格を積極的に活用する方針へと移行しつつある状況。
- そのため、民間標準化団体において、新技術の導入に関するルールメイクの議論が活発化している。



1. 我が国航空機産業の現状認識と課題

2. 航空機産業を取り巻く環境の変化

- グリーン

3. 目指すべき方向性

中間整理の概要

1. 航空機産業の意義

航空機産業は我が国の社会経済活動上の重要インフラとしての自律性の確保、国際的な航空需要の成長の国内への波及、安全保障の維持・強化の観点から、極めて重要な産業であり、官民でその発展を目指す意義は大きい。

2. 我が国航空機産業の現状と取り巻く環境変化

【現状】

今後の世界的な航空需要の拡大に比して、我が国の航空機産業の成長が頭打ちとなる恐れ。

- ✓ 機体事業は、今後大きく拡大することが予想される単通路機市場、収益性が高い装備品・システム事業への参画が限定的。
- ✓ エンジン事業には、高温・高圧部への参画は限定的であり、アフターマーケットを含めて収益のさらなる拡大の余地を残している。

【環境変化】

グリーン/デジタル/レジリエンス/新興市場など、航空機産業を取り巻く環境は大きく変化。

3. 完成機事業への挑戦と得られた教訓

- ✓ 安全認証プロセスの理解・経験不足や対象となる市場の縮小など、投資回収可能性の観点からMSJは開発中止に至った。
- ✓ 完成機事業は開発費用を長期間で回収しなければならない事業。新規参入には、大きなリスクを覚悟した上での継続的取組と、それを支える事業環境の整備が不可欠。
- ✓ 日本のリソースだけで完成機事業に取り組むことの限界も明らかとなった。今後、完成機事業に参画する際は、完成機開発の経験を有する者との国際的な体制構築が不可欠。
- ✓ 一方、国際的な体制構築に当たっては、日本の航空機産業として何を強みとして、どこで付加価値をとっていくかという全体戦略を構築していくことが重要。

中間整理の概要

4. 我が国航空機産業の目指すべき方向性

(1) 新たな価値の獲得

- ✓ 我が国航空機産業の飛躍的成長を実現する観点から、新たな価値獲得が重要。
- ✓ 主体的かつ継続的な成長を実現するためには**完成機事業への参画が不可欠**であり、これを目標として掲げるべき。その際、参画のための**インテグレーション能力の獲得が必要**。
- ✓ 脱炭素化に向けて厳しい安全認証の中で新技術を航空機に導入するには、技術的難易度、事業リスクが高い。これまで以上に体制のグローバル化が進む見込み。**国内外、他産業との分野を超えた連携を検討することが重要**。
- ✓ 開発投資のみならず、需要創出も見据えた**戦略的なルールメイキングにも官民で積極的に取り組むことが不可欠**。
- ✓ また、**実証機開発等のプロジェクトを通じて、要素技術のフェジビリティを向上し、OEMとの協業による完成機事業への参画を可能とする体制を整える**。これらの実現に向け、**官民で共通認識を形成するためのロードマップを共有すべき**。

(2) 収益基盤の確保

- ✓ 将来に向けた投資のため**現在の強みを活かして産業規模の拡大を図り、産業全体の収益基盤を構築**することが重要。
 - 欧米のサプライチェーンやMROで目詰まりを起こしている箇所**の代替／多角化による事業拡大**。
 - 単通路機において先端材料、製造技術・品質管理の強みを活かした構造体、エンジン事業の拡大。（例えば、生産自動化や先端複合材の低コスト高レート生産による事業拡大等）
 - 装備品事業において、技術の変わり目を狙ってシステム化等、更なる高付加価値化を目指すことに加え、既存製品の強みを活かしたAAM等の新興市場への事業展開。
 - AAM等の新興市場において、市場拡大時での完成機事業を含めた製品開発や各地域での量産化体制及びサプライチェーン構築に当たっての事業参入。

(3) 成長を支える基盤

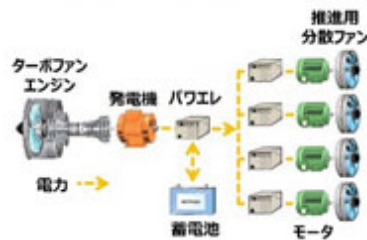
- ✓ こうした方向性を目指すには、**官民の目線を合わせ、一体となって取組を進めることが極めて重要**であり、そのために、**今後の航空機産業の発展に向けた戦略を示し共有すべき**。
- ✓ こうした基盤を構築するに当たっては、これまでの**完成機事業・国際共同開発事業・研究開発事業で得られた設備等や、政府で整備した資金支援スキームがどのように活用できるか検証することが重要**。

技術開発への支援

- 脱炭素化の要請は、電動化、素材、水素関係技術など我が国の強みを生かし、航空機産業の国際競争力強化を図るチャンスでもあり、企業の意欲的な研究開発を後押ししている。

<電動化>

航空機の装備品や推進系に用いる電動化関連技術（モータ・インバータ、蓄電池、超電導システム等）を開発



液体水素を用いた燃料電池電動推進システム、電力制御及び熱エアマネジメントシステム、電動化率向上技術を開発。

- 次世代電動航空機に関する技術開発事業【23.5億円】(22.3億円)
- グリーンイノベーション基金事業「次世代航空機の開発」プロジェクト【306億円】(2023年10月公募予定)

<水素航空機>

水素燃焼方式の航空機の実現に向け、燃焼器、燃料供給システム、軽量・耐極低温タンク等を開発。

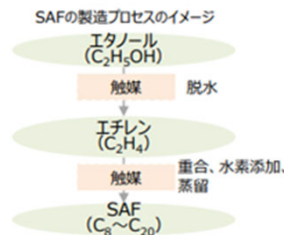


- グリーンイノベーション基金事業「次世代航空機の開発」プロジェクト【210.8億円】(2021年11月採択)

<SAF※（持続可能な航空燃料）>

大規模な生産量（数十万kL）を見込めるエタノールからSAFを製造するATJ技術（Alcohol to JET）を確立。

※Sustainable Aviation Fuel



- グリーンイノベーション基金事業「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクト【292億円】(2022年4月採択)

*【令和5年度予算額】(令和4年度予算額)

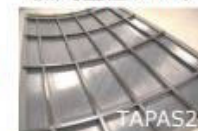
<複合材>

機体構造向けCFRP（炭素繊維複合材）製造技術を開発。

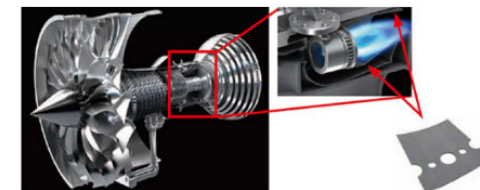
現行の機体構造（例）
(熱硬化性CFRP)



軽量の機体構造（例）
(熱可塑性CFRP)



エンジン高温部位向けCMC（セラミック基複合材）を開発。



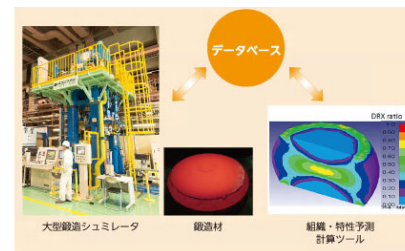
出典：Focus NEDO 第67号

翼向けCFRP（複雑形状、ファスナレス）製造技術を開発。

- 次世代複合材創製技術開発事業【12.0億円】(13.2億円)
- グリーンイノベーション基金事業「次世代航空機の開発」プロジェクト【35.8億円】(2021年11月採択)

<耐熱合金>

エンジン高温部位向け耐熱合金の製造プロセス、データベース等を開発



- 航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業【12.5億円】(7.9億円)

グリーンイノベーション基金事業における研究開発項目の追加

- 10月10日に実施された産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会のWGにおいて、①液体水素を用いた燃料電池電動推進システムと、②電力制御及び熱エアマネジメントシステム、電動化率向上技術について、研究開発項目を追加。今後、公募により事業者を決定し、来年度当初を目途に事業開始予定。

①液体水素を用いた燃料電池電動推進システムにかかる研究開発目標とその考え方等

- 目標① プロジェクト終了までにサブスケール機での実証デモによりシステムの成立性を実証し、液体水素を用いた4 MW級の燃料電池電動推進システムとしてTRL6*以上を確立することを目標とする。*NASAが設定する技術レベル。IEAの「TRL6以上」相当
→OEMとの共同開発に参画し、国際的なルールメイキングにおける発言力向上のために必要不可欠。

【(9/10委託→1/2補助) + (1/10インセンティブ)】【事業期間：7年間(2024~2030年まで)】

研究開発内容①：水素燃料電池電動推進システム技術開発 予算額：132億円

研究開発内容②：水素燃料電池コア技術開発 予算額：41億円

②電力制御及び熱エアマネジメントシステム、電動化率向上技術にかかる研究開発目標とその考え方等

- 目標② プロジェクト終了までに航空機の電動化における国際競争力獲得に重要となる電力制御及び熱・エアマネジメントシステムにおける発電機、電動ターボ機械等のコア技術、航空機の電動化率向上技術(電動タキシング等)においてTRL6以上を確立する。

→ハイブリッド電動推進システムを含む航空機の電動化において燃費を大きく向上させるために必要不可欠。

【(9/10委託→1/2、1/3補助) + (1/10インセンティブ)】【事業期間：7年間(2024~2030年まで)】

研究開発内容①：電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発 予算額：127億円

研究開発内容②：電動化率向上技術開発 予算額：6億円

社会実装に向けた欧米政府・企業との連携策

- 経済産業省と欧米政府・企業との協力枠組を活用し、マッチングや共同技術開発支援を通じて日本企業と海外企業の連携を強化。
- 欧米OEMメーカーとも、航空機に関するサステナビリティ分野での連携に関する直接対話、企業間対話の促進などを推進。

日政府×ボーイング



- 2019年1月
○電気推進に必要な電動化技術、複合材製造技術、自動化技術等について協力合意。
- 2022年8月
○次世代航空機の実現に向けた協力強化を合意。

2021年10月

○ボーイング社と日本企業の共同R&D創出のため、**Technology WS**（マッチングイベント）を開催。

2023年8月

○水素関連技術含む航空機の脱炭素化に向けた技術の**連携可能性を調査するWS**を開催。

日政府×仏政府

- 2013年6月
○民間航空機産業における協力覚書を締結

日×エアバス



- 2017年3月
○材料や航空システム、製造技術等について協力合意。

2022年7月、2023年9月

○フランス・パリ、名古屋にて**日仏WG**を開催。

○その枠組みの中で**日エアバスWS**、**日サフランWS**も開催。

○航空機の脱炭素化に向けた動向含め、情報交換、連携方針の議論を実施。

日×サフラン



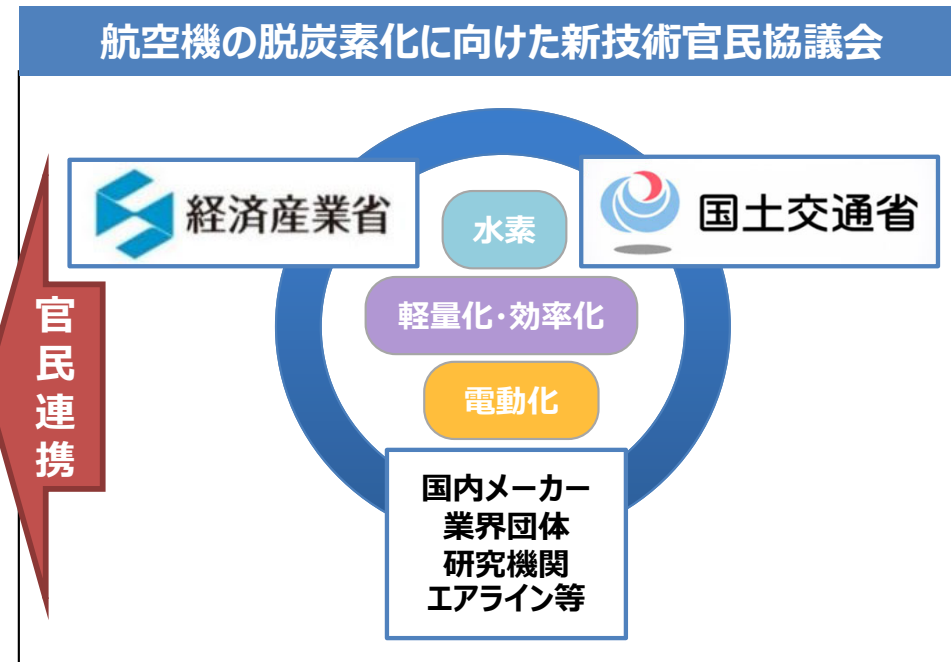
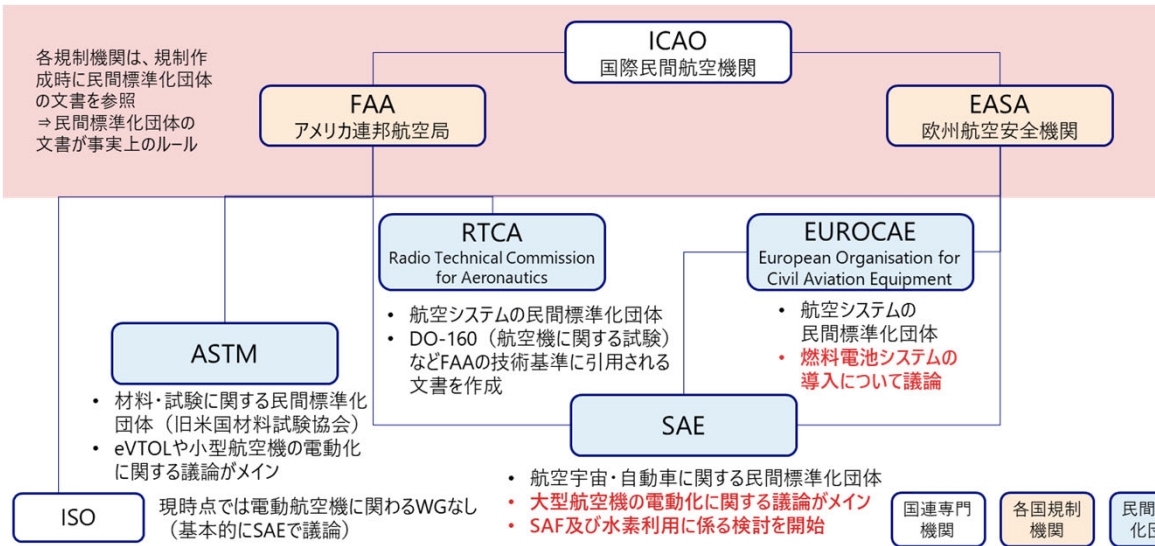
- 2019年6月
○航空機の電動化、AIなどの革新的技術等について協力合意。



新技術の社会実装へ向けた取組

- 航空機の耐空性に係る基準については、規範的要件から、性能準拠要件（Performance based regulations）に見直され、国際民間航空機関（ICAO）、欧米航空当局（FAA、EASA）では、**民間標準化団体（SAE、ASTM、RTCA、EUROCAE等）の規格を積極的に活用**する方針に移行しつつある。
- 新技術を社会実装し、航空機の脱炭素化を進め、我が国の競争力強化に繋げていくためには、**技術開発を推進するとともに、官民が連携して、安全基準の策定や国際標準化に向けた取組を進めて行くことが重要**。
- こうした観点から、令和4年度から、国土交通省と合同で、「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」を開催。**日本企業が技術に応じて主導的な役割を果たすための戦略的な取組の検討**を行っている。

新技術の社会実装へ向けた安全基準作成のプロセス



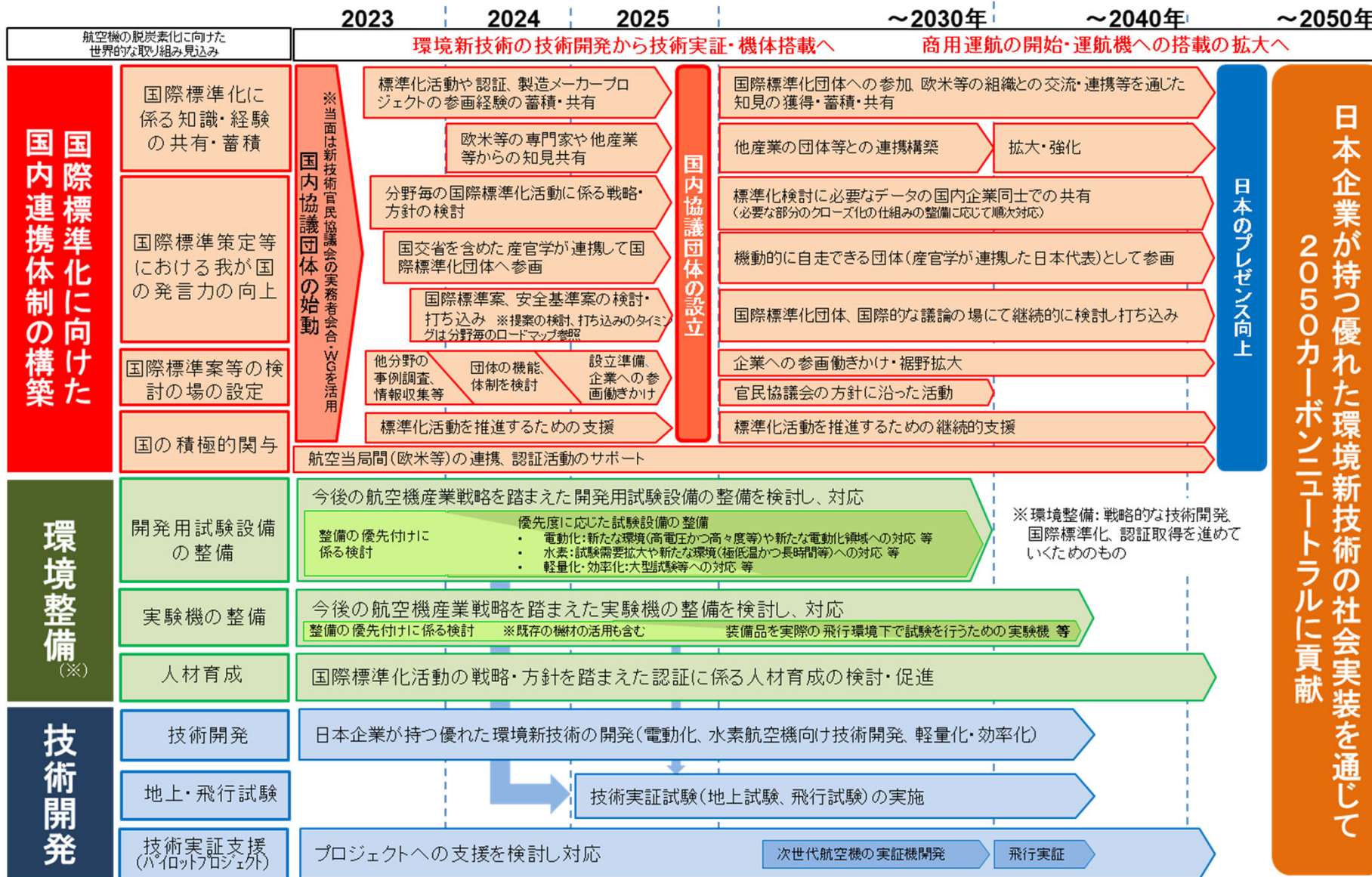
出典：経済産業省「令和2年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費：国際ルールインテリジェンスに関する調査（電動航空機のルール形成（国際標準化含む）戦略に係る調査研究）」を一部修正

新技術の社会実装へ向けた取組

航空機の脱炭素化に向けた新技術ロードマップ

2023年3月15日 航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会

このロードマップは、日本企業が持つ優れた環境新技術（航空機の電動化、水素航空機、軽量化など）の技術開発動向を踏まえ、その社会実装及び日本のプレゼンス向上に向け、官民が戦略的に国際標準化等に取り組んでいくべき国内連携体制の構築及び制度整備等についてまとめたものである。



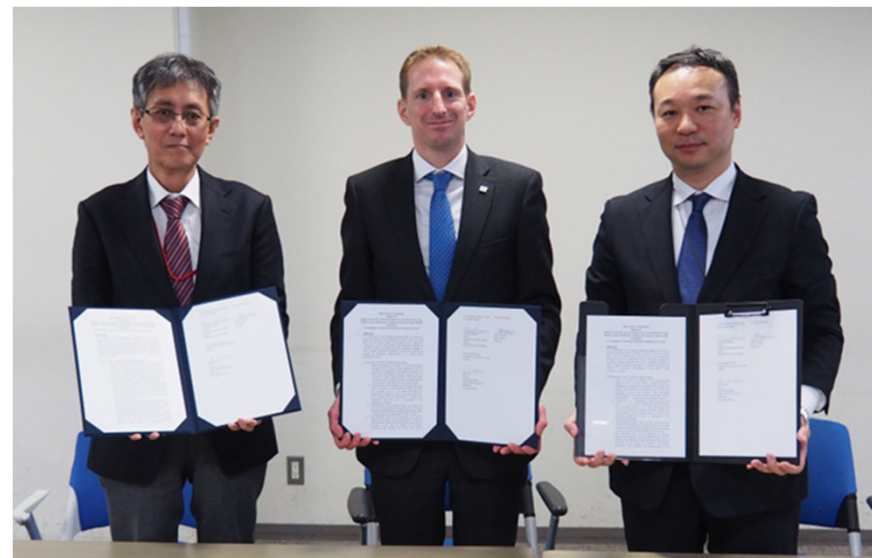
国際標準化団体との連携

- 2023年3月29日、経済産業省と国土交通省航空局は航空機の国際標準の検討を進めているSAE internationalと、航空機の脱炭素化分野（電動化、水素、軽量化・効率化）における国際標準の検討に関して、日本の産業界との連携を深めるための協力覚書を締結。
- この連携の枠組みを官民協議会での活動と連結させていくことで、他業界も含めた国内産業界での知見を蓄積、共有し、日本全体として標準化団体への貢献を行いながら、新技術の社会実装に向けた標準案の提案を目指す。

「日本国経済産業省、国土交通省航空局とSAEとの間の航空機の国際標準の検討における協力覚書」の内容

- SAEと日本の産業界（※）との間で定期的に意見交換を行う場を設ける。
- 日本の産業界とSAEの関連コミッティの代表者との間の議論の場の実現に向けて相互に協力を行う。
- コミッティの活動に関する情報のうち、両者において開示することが合意された項目について、日本の産業界に開示可能とする。

※SAE会員のみならず、SAEの活動に貢献しうるとして両者が認めた日本の産業界の者を含む。

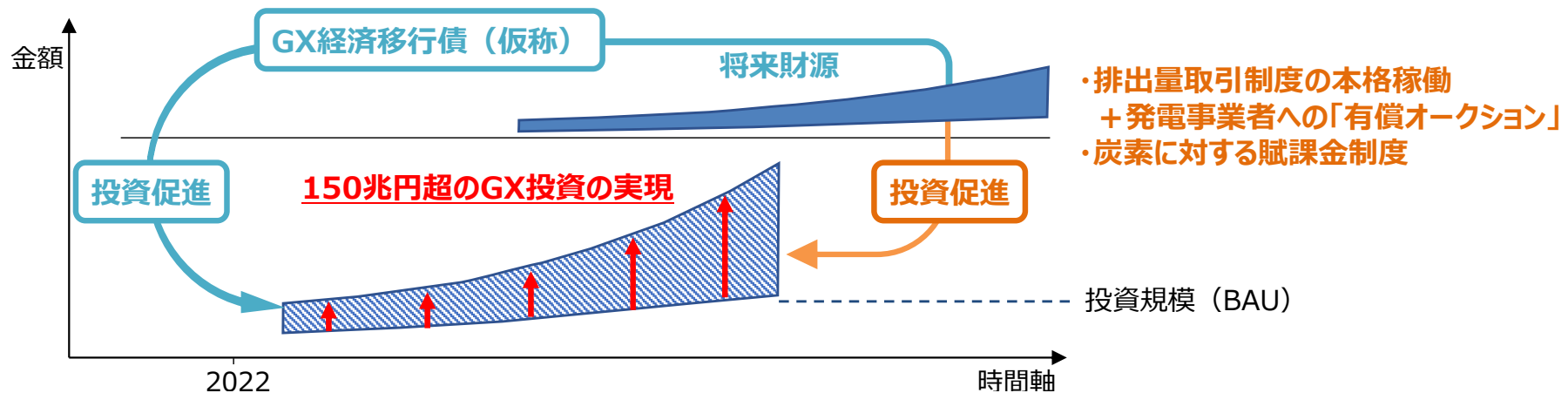


2023年3月29日

（左から）国土交通省航空局石井航空機安全課長、SAEの「化」の「ト」・「ル」の「ン」の「グ」-氏、経済産業省呉村航空機武器宇宙産業課長

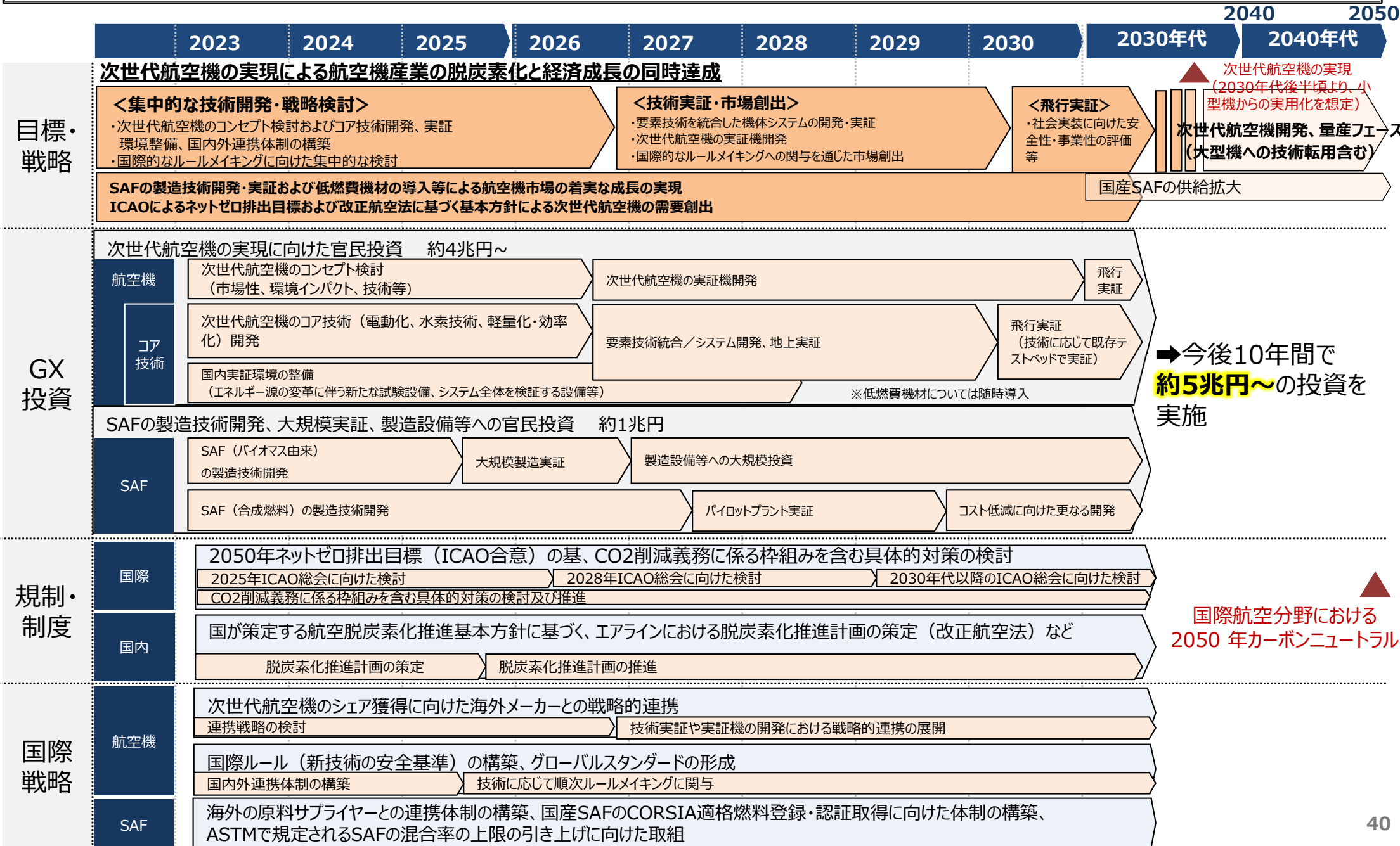
GX実現に向けた基本方針（総論）

- エネルギー安定供給の再構築を行うため、クリーンエネルギーの最大限活用などを行う。
 - 再エネ：再エネ導入拡大のため、系統整備計画を策定。今後10年で過去10年に比べ8倍の投資
 - 原子力：廃止決定した炉の次世代革新炉への建て替え。運転期間 40年 + 20年 + 停止期間
- 2050年カーボンニュートラル実現と産業競争力強化・経済成長を共に達成していくため、20兆円の政府の先行投資支援を行い、今後10年間に150兆円超の官民投資を実現。
- このGX投資を進めていくため、『成長志向型カーボンプライシング構想』を速やかに具体化・実行。
 1. 「GX経済移行債」を発行し、大胆な先行投資を実施（今後10年間に20兆円規模）
 2. カーボンプライシングの導入による投資インセンティブ
 - ① 多排出産業において排出量取引制度の本格稼働【2026年度～】
+ 発電事業者へ段階的に有償オークションを導入【2033年度～】
 - ② 化石燃料輸入事業者に対し、炭素賦課金制度の導入【2028年度～】
 3. 官民連携での金融支援の強化



【今後の道行き（案）】 事例 1 1：航空機産業

■ 次世代航空機の実現による航空産業の脱炭素化と経済成長の同時達成を目指し、2030年代までに実証機開発等に取り組むとともに、国際ルールの構築に向けた取り組みや、2050年ネットゼロ排出目標（ICAO合意）の基、CO2削減義務に係る枠組みを含む具体的対策の検討を行う。



我が国航空機産業の今後の方向性の検討（再掲）

検討の背景

2014年に策定した「航空機産業戦略」のもと、官民ともに取組を推進してきたが、2050年カーボンニュートラル達成の目標合意や完成旅客機開発事業の中止等、**航空機産業を取り巻く環境は大きく変化**。こうした中、我が国として次の打ち手に関する共通認識を形成するため、「航空機産業戦略」を見直す必要がある。

中間整理

我が国航空機産業の今後の目指すべき方向性や、その方向性に向けて具体的に政策検討を進めるに当たり官民で共通認識を形成すべき事項について、検討課題として整理。

中間整理を受けた今後の取組

- ・「完成機事業への参画を目指したロードマップ策定の検討」
- ・「試験実証インフラの検討」
- ・「政府支援の在り方の検討」

といった課題について個別に深掘りを行った上で、「航空機産業戦略」を改定。（R6.3目処）