

2023 年度
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

2024 年 3 月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

はしがき

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金では、「情報収集及び情報提供事業」の一環として、毎年、航空機等に関する技術開発動向調査を実施しています。2023年度も、当基金に外部専門家で構成される航空機等に係る「技術開発動向調査委員会」を設置し、航空機の開発・製造等に関する国の政策や内外の最新の技術開発等の動向を調査分析し、将来展望等を議論してまいりました。

本報告書は、2023年度に実施した調査の成果を取り纏めたものです。

この調査報告が、我が国航空機産業の拡大・発展のために役立つことを期待します。

2024年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

2023 年度技術開発動向調査委員会委員名簿

区 分	氏 名 (敬称略)	所 属 ・ 役 職
委員長	石川 隆司	名古屋大学 客員教授
委 員 (五十音順)	今村 太郎	東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
	浦野 明崇	三菱重工業株式会社 民間機セグメント 事業開拓室 主席技師
	奥田 章順	株式会社航想研 代表取締役
	二宮 哲次郎	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 航空安全イノベーションハブ 企画連携チーム チーム長
	姫野 武洋	東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
	森 祐司	株式会社 I H I 航空・宇宙・防衛事業領域 民間エンジン事業部 技術部 システム・構造部品設計グループ グループ長
事務局	関 淳夫 水谷 智昭 濱本 健司	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部部長代理

2023 年度 報告書目次

第 1 章 はじめに	
1.1 調査事業の趣旨と目的	1
1.2 調査委員会の構成と運営	1
第 2 章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向	
2.1 調査対象期間	2
2.2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向	2
2.3 我が国の航空機国際共同開発の動向	6
2.4 民間航空機等に関する市場及び開発の主要動向	9
2.4.1 機体関連	9
2.4.2 エンジン関連	16
2.4.3 装備品関連	20
2.4.4 将来航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関連	25
2.4.5 AAM(Advanced Air Mobility)/eVTOL 機関連	29
第 3 章 その他資料の分析	
3.1 関係団体の刊行物における動向情報	36
3.2 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の情報調査 及び情報提供における動向情報	36
3.2.1 2023 年度航空機業界動向情報	36
3.2.2 2023 年度航空機関連動向解説記事	37
3.3 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報	39
3.3.1 国内学会等における研究開発動向	39
3.3.2 国外学会等における研究開発動向	42
第 4 章 2023 年度海外調査報告	
4.1 調査目的	49
4.2 調査概要	49
4.3 調査成果	53
4.3.1 ONERA	53
4.3.2 Airbus 社	57
4.3.3 Vertical Aerospace 社	65
4.3.4 ZeroAvia 社	67
4.3.5 Rolls-Royce 社	69
4.4 訪問先面会者一覧	82

第5章 まとめ

5.1 今後の調査課題	84
5.2 2023年度調査のまとめ	86

資料

資料1 関係団体の刊行物リスト（2023年1月～2023年12月）

資料2 (公財)航空機国際共同開発促進基金の刊行物リスト（2023年1月～2023年12月）

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物・参考資料リスト（2023年1月～2023年12月）

第1章 はじめに

1.1 調査事業の趣旨と目的

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金（以下、「当基金」という。）は、航空機工業振興法に基づく指定開発促進機関として、航空機等の国際共同開発を行う者等に対する助成を行い、加えて航空機等の国際共同開発を促進する事業等を行うことにより、航空機産業を振興するとともに、産業技術の向上及び国際交流の進展を図り、我が国産業の発展に寄与することを目的としている。今後益々航空機等の国際共同開発事業の拡大と多様化が予想される中で、現在から将来にわたり助成事業の遂行に必要な情報を収集し、分析、編纂して資料として取り纏めておくこと、並びに航空機等の研究開発を行う者等へ情報提供することは重要である。

2009年度に開始した技術開発動向調査事業では、外部の専門家等で構成される航空機等に関する技術開発動向調査委員会（以下、「調査委員会」という。）を設置し、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報の収集と分析を行い、報告書として取り纏め公開する活動を行っている。本報告書は、その成果を纏めたものである。

1.2 調査委員会の構成と運営

(1) 調査委員会の構成

2023年度の調査委員会のメンバーは、冒頭の委員名簿に示すとおり、航空機に関わる学界、公的研究機関、企業等の専門家7名から構成されている。委員長には名古屋大学客員教授の石川隆司氏にご就任いただいた。

(2) 調査委員会の運営

調査委員会は、当基金が事務局となり、全員参加型の委員会活動により、本調査事業の趣旨・目的・活動内容について委員全員のイメージ合わせと認識の共通化を図るとともに、実際の調査活動を分担して行い、結果について全体の合意を形成する方針で運営した。

また、今年度は、委員長、一部委員による海外調査ミッションを編成することにより、欧州への技術動向調査を実施した。

第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

2.1 調査対象期間

2023年度の調査対象期間は、主として2023年1月1日から2023年12月31日の1年間とし、この期間に刊行された航空機等の技術研究開発に関する情報を収集し、分析と編纂作業を実施した。（内容により影響の大きいものは一部2024年のものを含めた。）

2.2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)

日本航空宇宙工業会（SJAC）会報によれば、我が国の航空機産業の2023年度の生産は、「機体部品」「エンジン部品」「装備品」の全てが増加となり、航空機全体の生産額は、対前年度比約130%、対2019年度比で約90%と見通され、パンデミック以前の状態にほぼ回復しつつある。今後は、航空旅客需要増加に伴う欧米主要OEMの航空機生産数増加に対応できるよう、我が国も、先進的な材料／製造技術やデジタル技術等の適用により効率的な生産・サプライチェーン体制を維持・整備していくことが必要とされている。

また、2022年の国際民間航空機関（ICAO）総会において国際航空の2050年CO₂実質排出ゼロという長期目標が合意されたことを受け、現在、各国において、脱炭素化をはじめ気候変動対策に関わる航空分野の技術開発プログラムが相次ぎ立ち上げられている。我が国の航空機産業においては、国産旅客機開発は中止されることとなったが、引き続き完成機事業への参画を目指すとともに、得意とする脱炭素化に資する技術を世界の航空機技術開発競争におけるゲームチェンジの機会と捉え、産官学連携のもと、新技術ロードマップや国内試験・実証インフラ等に関する議論が活発に行われている。

さらに、「空飛ぶクルマ」と呼ばれる新航空交通システム(Advanced Air Mobility(AAM))や電動垂直離着陸機(eVTOL機)の開発も活況を呈しており、各国新興のスタートアップ企業による試作機製造や飛行試験が実施され、同時に各国航空当局との認証プロセスの確立に向けた連携が進みつつある。新しい認証カテゴリーとなるため各国航空当局とも細心の注意を払いつつ、また、カーボンニュートラルを実現する新しい航空交通手段として前向きな対応が取られている。以下に、我が国の航空機産業に関わる政策等の動向を纏める。

(1) 経済産業省

- ・2023年3月15日 第2回「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」が開催された。昨年の第1回に引き続き、経済産業省と国土交通省が共同事務局となり、「航空機の脱炭素化に向けた新技術ロードマップ」が検討された。その後、3月17日付けで当ロードマップは公開された。
- ・2023年6月6日 航空機産業を取り巻く環境が近年大きく変容していることを踏まえ、我が国航空機産業の更なる成長に向けた方針を議論するため、産業構造審議会製

造産業分科会航空機宇宙産業小委員会（以下、「小委員会」という。）が開催された。
2016 年度の第 1 回に続き、2023 年度は以下 4 回が実施された。

第 2 回開催 2023 年 6 月 6 日

第 3 回開催 2023 年 7 月 3 日

第 4 回開催 2023 年 7 月 20 日

第 5 回開催 2023 年 8 月 2 日

中間整理 2023 年 8 月 23 日

5 回の小委員会を経て中間整理が 2023 年 8 月にまとめられた。今後の検討課題として、航空機産業戦略の改定、完成機事業への参画を目指したロードマップの策定、試験・実証インフラ、政府支援の在り方が挙げられ、取組が進められることとなった。

- ・ 2023 年 9 月 28 日 海外ビジネスの開始・拡大を目指す航空機関連企業の取組を促進するため、外国政府・企業等を招聘し、航空機産業のグローバル連携の強化をテーマとするセミナーが名古屋市で開催された。
- ・ 2023 年 10 月 6 日 日本主導による無人航空機の衝突回避に関する運航手順を含めた国際規格の改訂版が国際標準化機構(ISO)から正式に発効されたと発表した。本規格の改定は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が 2017 年より進めてきた「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」の成果を基に、2021 年より(株)SUBARU、日本無線(株)、(株)ACSL が進めてきたもので、日本が国際標準化機構（ISO）における検討を主導した。
- ・ 2023 年 10 月 10 日 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に設置された「産業構造転換分野ワーキンググループ」の第 20 回会合が開催され、「航空機産業を取り巻く情勢と社会実装に向けた取り組み」について議論された。

(2) 国土交通省

- ・ 2023 年 2 月 21 日 ドイツの Volocopter 社が開発中の機体について、同社からの航空法に基づく型式証明申請が受理された。空飛ぶクルマとしての型式証明申請の受理は、我が国で 3 件目となった。
- ・ 2023 年 3 月 13 日 航空法の改正により 2022 年 12 月 5 日から無人航空機の型式認証制度が開始されたことを受け、無人航空機のレベル 4 飛行（有人地帯（第三者上空）における補助者なし目視外飛行）に対応した、ACSL 社の無人航空機に対して我が国初となる第一種型式認証が行われた。
- ・ 2023 年 3 月 15 日 第 2 回「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」が開催された。昨年の第 1 回に引き続き、経済産業省と国土交通省が共同事務局となり、「航空機の脱炭素化に向けた新技術ロードマップ」が検討された。その後、3 月 17 日付けで当ロードマップは公開された。
- ・ 2023 年 3 月 17 日 無人航空機のレベル 4 飛行を初めて行うために、日本郵便に対して飛行の許可・承認が行われた。

- ・2023年3月29日 英国の空飛ぶクルマの設計製造者である Vertical Aerospace 社が開発中の機体について、同社からの航空法に基づく型式証明申請が受理された。空飛ぶクルマとしての型式証明申請の受理は、我が国で4件目となった。
- ・2023年5月17日 航空局は、米国、シンガポール、タイの航空当局と共同して、世界初となる実際の旅客機（Boeing 787）を用いた試験飛行（次世代航空交通システムに関する試験飛行）を実施すると発表した。
- ・2023年5月25日 イームズロボティクス(株)の無人航空機（イームズ式 E600-100 型）について、同社からの航空法に基づく第一種型式認証の申請が受理された。無人航空機の第一種型式認証申請の受理は、我が国で2件目となった。
- ・2023年6月20日 空飛ぶクルマ等の航空分野の新たな技術や脱炭素化等の諸課題への対応について、欧州航空安全庁（EASA）との連携を強化する協力覚書が署名された。
- ・2023年7月27日 「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現」に向けて、日本の玄関口である空港の脱炭素化を推進するため、空港におけるカーボンニュートラル化実施計画策定支援事業の公募を実施すると発表した。

(3) 文部科学省（宇宙航空研究開発機構（JAXA））

- ・2023年2月28日 日本航空（JAL）、オーウェル(株)、(株)ニコンの3社とともに、塗膜にリブレット形状を施工した航空機で飛行実証試験を世界で初めて実施すると発表した。
- ・2023年3月16日 (株)ACSLとともに、独自技術の低騒音プロペラ「Looprop」をベースに(株)ACSLの国産ドローン「SOTEN（蒼天）」に搭載する低騒音プロペラ「Looprop for SOTEN」を共同開発し、その静音効果を確認したと発表した。
- ・2023年9月6日 SkyDrive(株)と「空飛ぶクルマ」の実用化に向けて、騒音低減に向けた共同研究に関する契約を締結したと発表した。今後 SkyDrive(株)の研究に加え、協力して「空飛ぶクルマ」の機外騒音推定技術の向上に関する研究を推進する。
- ・2023年10月6日 日本航空(JAL)とともに、パイロット訓練のDX（デジタルトランスフォーメーション）として、機長昇格におけるパイロットの成長過程を記述する確率モデルの構築に成功したと発表した。

(5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

- ・2023年4月26日 「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」で日本電気(株)、(株)NTT データ、(株)日立製作所の3社が規格化を進めてきたドローン運航管理システム（UTM）の機能構造に関する標準規格が国際標準化機構（ISO）より、国際規格として正式に発効されたと発表した。
- ・2023年6月7日 NEDO の「新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業」で、環境エネルギー(株)、北九州市立大学、(一社)HiBD 研究所が、国

産特許技術「HiJET 技術」により持続可能な航空燃料（SAF）の国際規格「ASTM D7566」の「Annex2」に適合したバイオジェット燃料の製造に成功したと発表。国内の企業や大学などが「Annex2」準拠のバイオジェット燃料を製造するのは初めてである。

- ・2023 年 6 月 12 日 経済安全保障を強化・推進する観点から支援対象とすべき先端的な重要技術の研究開発を進める「経済安全保障重要技術育成プログラム」の一環で実施する研究開発として、「航空機の設計・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証」に着手すると発表した。
- ・2023 年 10 月 6 日 日本主導による無人航空機の衝突回避に関する運航手順を含めた国際規格の改訂版が国際標準化機構(ISO)から正式に発効されたと発表した。本規格の改定は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が 2017 年より進めてきた「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」の成果を基に、2021 年より(株)SUBARU、日本無線(株)、(株)ACSL が進めてきたもので、日本が国際標準化機構（ISO）における検討を主導した。

(6) 情報通信研究機構（NICT）

- ・2023 年 5 月 24 日 ソニーセミコンダクターソリューションズ(株)と共同で、飛行中ドローン間の 60GHZ 帯無線を用いたデータ伝送実験を試み、ドローン 2 機のすれ違い飛行に伴う 0.5 秒程度の通信スポット通過時間で 120MB のデータ伝送に成功したと発表した。

[2.2 項 出典(1)～(12)：各、資料 1 の P2023D001～P2023D012 参照]

2.3 我が国の航空機国際共同開発の動向

(1) 次世代中小型民間輸送機用エンジン（PW1100G-JM）開発事業

2010年12月に欧州 Airbus 社が 120～220 席クラスの A320 シリーズのエンジン換装型 A320neo シリーズの開発を決定し、その搭載エンジンの一つとして米国 Pratt & Whitney (P&W)社の PW1100G-JM エンジンの採用を正式決定した。その後、2011年10月に P&W 社と一般財団法人日本航空機エンジン協会 (JAEC) 及び独国 MTU Aero Engines 社が PW1100G-JM エンジンの共同事業覚書に調印し、基金助成対象事業としての選定を経て、2011年10月から共同開発が開始された。2014年12月にエンジン型式承認を取得、同エンジン搭載の A320neo は 2015年11月に型式証明 (Type Certification : TC) を取得し、商用運航を開始した。また、派生型の A321neo は 2016年12月に、A319neo は 2019年11月に型式証明を取得した。

現在は、運航開始後に見つかった問題への対応など更なる改善に向けた耐久性向上、軽量化等の改良設計、部品修理技術の開発などを継続して実施している。また、推力・燃費向上に向けたエンジン (GTF Advantage) の開発作業も行われており、2024年の型式承認取得を目指し設計作業、試験用部品製作及び各種試験を実施している。

P&W 社は 2023年9月に一定の期間において製造された高圧圧縮機及び高圧タービンの一部の部品について、それらの材料に使用されている粉末金属に不具合の可能性がある旨を公表した。当該部品を使用しているエンジンにおいて定められた使用期限内に点検、または部品の交換が必要になることも公表した。今後数年間で整備台数が増加し、2024年から2026年までの期間に平均 350 機の地上駐機が見込まれている。

生産台数としては概ね増加してきており、COVID-19 パンデミックの影響等により 2020年から2021年にかけて当初計画より減産となったが、徐々に増加している。Airbus 社に納入された PW1100G-JM エンジンは、2023年9月末時点で累計 3,475 台となった。

(2) 大型民間輸送機（777X）開発事業

2013年11月に Boeing 社が 777 後継として 310～399 席クラスの 777X の開発を正式決定し、2014年6月に Boeing 社と一般財団法人日本航空機開発協会 (JADC) 及び日本側機体メーカー5社（三菱重工業(株)、川崎重工業(株)、(株)SUBARU（当時は富士重工業）、新明和工業(株)、日本飛行機(株)）が、777X の開発・量産事業に参画するための主要契約条件に関する覚書に調印した。本開発事業は 2014年9月の基金助成対象事業としての選定を経て、2014年10月から国際共同開発が開始された。なお、2013年9月から基金助成対象事業として Boeing 社と共同で実施してきた、軽量化・低コスト化を実現するための主要材料の実用化技術及び量産工程の早期安定化に資する製造組立技術等の大型民間輸送機関連技術開発事業は、2014年10月以降に着手する作業から 777X 開発事業に統合された。

2020年1月25日から飛行試験1号機による飛行試験が開始されたが、米連邦航空

局（FAA）による承認要件の更新、既存顧客の受領延期要望、COVID-19 パンデミックによる需要動向、GE9X エンジンの問題等を主な理由に、TC 取得、商用運航開始（EIS: Entry Into Service）は延期されてきた。2022 年 10 月にはエンジンに問題が発生し、一時飛行試験を停止した。2023 年 1 月から飛行試験再開、2024 年末に TC 取得、2025 年 5 月に EIS とのスケジュールはまだ据え置かれているが、TC 取得が遅れる可能性についても言及されており、不透明な状況である。2024 年 1 月現在、737MAX 事故等の影響もあり認証手続きがより複雑化、長期化する傾向であるため、777-9 の認証スケジュールについても注視していく必要がある。

2022 年 1 月 31 日に開発着手が発表された 777-8F（貨物機）については、2027 年に EIS 予定で、我が国の関連企業からも設計作業支援中で、現在も約 160 名が作業従事中である。

(3) 次世代大型民間輸送機用エンジン（GE9X）開発事業

2013 年 3 月に Boeing 社が 777X の搭載エンジンとして米国 General Electric (GE) 社の GE9X エンジンの採用（独占搭載）を決定し、JAEC 及び(株)IHI が 2014 年 8 月までに本エンジン共同開発事業への参画を正式決定、共同開発契約書（Risk and Revenue Sharing Partner）に調印した。本開発事業は 2014 年 9 月の基金助成対象事業としての選定を経て、2014 年 10 月から開発作業が開始された。

本開発事業には GE 社と日本側の他、仏 Safran グループ及び MTU Aero Engines 社も共に参画しており、2016 年に地上性能確認試験開始し、2018 年 12 月からは 2 回目となる高空性能確認試験を開始した。

2019 年 6 月に耐久性に係る問題が生じ、高圧圧縮機静翼の再設計を行うことになり、777X の飛行試験計画に遅れをもたらしたが、2020 年 9 月に型式承認を取得した。エンジンを搭載した 777X は社内飛行試験を行っている。並行して機体の型式証明取得後のエンジン成熟化に向けての改良設計検討作業や技術開発作業なども継続して実施している。

(4) 中小型民間輸送機関連技術開発事業

120～229 席クラスの次世代中小型民間輸送機は、機体の設計開発の高度化及び高付加価値化に寄与するシステム統合技術が要求され、その要求への対応としてシステム関連基礎技術を技術実証するための関連技術開発（発電システム技術の開発・高揚力システム技術の開発・電源安定化システム技術の開発）を 2014 年 10 月から Boeing 社と共同開発契約を結び、基金助成対象事業として共同作業を開始している。

COVID-19 パンデミックの影響等により、2020 年に Boeing 社から開発計画見直しの意向が示され、調整の上、作業を継続している。2023 年 11 月に Boeing 社にて評価試験を実施。2024 年度以降も信頼性確認のため開発継続予定。

(5) 次世代中小型民間輸送機用エンジン（次世代 GTF）関連技術開発事業

効率性・環境適合性の格段の向上と運航費用の低減を目指す次世代中小型民間輸送機用エンジン（次世代 GTF）の中核技術である軽量で高効率な低圧系システム関連技術及び先進燃焼システム関連技術について、JAEC と P&W 社は 2017 年 6 月に共同開発契約を締結、本開発事業は 2017 年 7 月に基金助成対象事業として選定さ、2017 年 8 月以降、P&W 社と共同で技術開発を実施している。各技術開発項目について技術実証・確認のために供試体の設計・製作を行い、試験・評価などの作業を実施している。

2.4 民間航空機等に関する市場及び開発の主要動向

2.4.1 機体関連

2.4.1.1 市場動向

(1) 機体市場実績

表 2.4.1.1-1 各機体メーカーにおける 2023 年純受注⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾⁽³³⁾⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾

	<u>Airbus</u>	<u>Boeing</u>	<u>Embraer</u>
<u>Very Large</u>	-	-	-
<u>Twin Aisle</u>	1Q: 42 2Q: 67 3Q: 51 4Q: 182	1Q: 42 2Q: 119 3Q: 103 4Q: 187	-
<u>Single Aisle</u>	1Q: 114 2Q: 857 3Q: 149 4Q: 857	1Q: 78 2Q: 288 3Q: 218 4Q: 421	-
<u>Regional Jet</u>	-	-	1Q: -3 2Q: 7 3Q: 35 4Q: 32
<u>Turbo prop</u>	-	-	-
合計	2319	1456	71

表 2.4.1.1-2 各機体メーカーにおける 2023 年出荷数⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾

	<u>Airbus</u>	<u>Boeing</u>	<u>Embraer</u>
<u>Very Large</u>	-	1Q: 1 2Q: 0 3Q: 0 4Q: 0	-
<u>Twin Aisle</u>	1Q: 11 2Q: 24 3Q: 21 4Q: 40	1Q: 16 2Q: 33 3Q: 35 4Q: 47	-
<u>Single Aisle</u>	1Q: 116 2Q: 165 3Q: 151 4Q: 207	1Q: 113 2Q: 103 3Q: 70 4Q: 110	-
<u>Regional Jet</u>	-	-	1Q: 7 2Q: 17 3Q: 15 4Q: 25
<u>Turbo prop</u>	-	-	-
合計	735	528	64

表 2.4.1.1-3 該当機体分類

	<u>Airbus</u>	<u>Boeing</u>	<u>Embraer</u>
<u>Twin Aisle</u>			
Very Large	-	747	-
Large Twin Aisle	A350	777	-
Midsized Twin Aisle	A330	767/787	-
Single Aisle	A320/A220	737	-
Regional Jet	-	-	ERJ/E-JET
Turboprop	-	-	-

- ・ 第 54 回パリエアショーが、6 月 19 日～6 月 25 日にパリのル・ブルジェ空港で開催された。初日にインドの LCC インディゴ航空が Airbus 社 A320neo シリーズ 500 機の発注を発表して世界を驚かせた。また、インディゴ航空と並ぶインドの航空会社エアインディアも Airbus 社と Boeing 社の機体を合計 470 機発注した。インドの発注に支えられ今年のショーで、Airbus 社と Boeing 社の新規受注は 1,100 機を超えた。⁽¹⁶⁾
- ・ 2023 年 3Q に入って、世界の航空旅客輸送はコロナ禍前の水準に戻り、一部地域ではコロナ禍前の水準を超えているとの報告が航空関連機関からなされている。今後、全般的には旅客需要の増加が見込まれるとの予想であり、Airbus 社、Boeing 社ともに受注は引き続き好調であった。⁽²⁵⁾
- ・ 11 月 13 日～11 月 15 日に開催されたドバイエアショー期間中とその前後では、エミレーツ航空が 2025 年就航予定の 777X を 90 機、787 を 5 機、及び A350 を 15 機、フライドバイが 787 を 30 機、エジプト航空が A350 を 10 機、サンエクスプレス航空（トルコ）が 737Max を最大 90 機発注するなど、中東周辺国のエアラインからの大量発注があった。^{(22) (23)}
- ・ 一方、生産機数は、Airbus 社、Boeing 社ともに大きな変化はなく⁽³¹⁾⁽³²⁾、Airbus 社は PW エンジンの粉末金属問題、Boeing 社は 737-8 の後方隔壁の製造品質問題の対応に追われており、中長期的には、欧州における航空機運航の制限や、中東情勢悪化による燃料費高騰の可能性、2050 年の Net Zero 達成に向けての課題解決など不安要素が存在している。^{(22) (23) (26)}
- ・ 2024 年に入り、2023 年の年間受注及び出荷数が各メーカーから発表された。Boeing 社、Airbus 社ともに受注は好調を維持。一方の出荷数は、Airbus 社が生産設備増強等により順調に出荷機数を伸ばしつつあるのに対し、Boeing 社は増産に至っておらず、後述の 737 MAX 9 の胴体パネルの一部（プラグ扉）脱落の件などで、今後の動向が不透明となっている。Embraer 社は、前年度に対して出荷数が 13%増加（160→181 機）としている。エアラインからの受注数が依然高いことに対し、受注残が 2018 年 1Q 以降最大となっており、部品の供給不足が課題であると報告している。^{(36) (37) (38)}
- ・ 1 月 5 日 米ポートランドで、アラスカ航空のオンタリオ行き Boeing 737 MAX 9 の後方左側の窓を含むパネルが離陸直後に脱落した。航空会社の仕様により、非常口のドアとして製造される部位で、同便は乗客 171 人と乗員 6 人の計 177 人を乗せてポートランドへ引き返した。1 月 17 日 FAA はこのパネル脱落案件を受け、Boeing 社の生産体制について、サプライヤーの Spirit 社を含めて監視を強化するとの発表を行った。この件が、後続の 737MAX 機開発に影響するかどうかは明らかになっておらず、2024 年 2 月現在も Boeing 社による情報のアップデートが続いている。^{(37) (39)}

(2) Boeing 社市場予測 - 2023 The Boeing Commercial Market Outlook (CMO)

- ・ Boeing 社の報告によると、2023 年にはコロナ禍前に比べて旅客者数が 97%、運航数も 90%まで回復したとしており、特に狭胴機については、コロナ禍前の水準を超えつつあるとしている。今後の課題としては、運航を含む労働力確保と、サプライチェーンの安定を挙げており、旅客に対する共通認識を持つことも必要だとしている。
- ・ Boeing 社の長期予測（2023-2042）によると、旅客者数は世界経済が成長傾向であり、旅行の需要が高いことから、引き続き増加傾向にあり、アジアとアフリカの伸びが欧米に比べて大きいとしている。また、貨物についても、短期的な増減はあるものの、平均すると定常的に増加していくとの予測をしている。
- ・ 今後 20 年間で、エアラインは 42,595 機の機体が必要としており、その内、狭胴機が 32,420 機、広胴機が 7,440 機と分析している。なお、Boeing 社は同時に、2042 年に 48,575 機となる運航機材を支えるのに、2023-2042 年で操縦士 649,000 名、整備員 690,000 名、客室乗務員 938,000 名が必要になるとしている。⁽¹³⁾

(3) Airbus 社市場予測 - Airbus Global Services Forecast 2023-2042

- ・ Airbus 社も Boeing 社と同様の予測報告を行っており、Airbus 社によると、座席数×距離が、コロナ禍前の 2019 年に比べて、世界平均で、国内線は 108%、国際線は 89%まで回復したとしている。
- ・ 長期予測（2023-2042）によると、世界的に経済が成長傾向にあり、インドや中国がけん引することで、アジアの伸びが特に大きいと予測し、2042 年までにエアラインは、40,850 機の新造機を必要としており、その内、狭胴機が 32,630 機、広胴機が 8,220 機と分析している。⁽¹⁴⁾
- ・ 1 月 11 日 Airbus 社は、2023 年の年間受注及び出荷について総括を行った。受注機数が大きく増進（回復）したことから、2023 年は Airbus 社にとって大きな転換期となったとし、引き続きエアラインからは、より燃費の良い最新機材への切り替えに対して強い要望があるとしている。⁽³⁶⁾

2.4.1.2 機体開発動向

(1) Boeing 社の動向

- ・ 777X： 777-9 初号機の納入は 2025 年。
 - ✓ 6 月 19 日 Boeing 社は、777-9 の飛行試験機をパリエアショーで飛行展示、キャビン内の見学を行い、A350 より広い客室をアピールした。777 の後継機となる開発中の次世代大型機 777X は、メーカー標準座席数が 2 クラス 395 席の 777-8 と、426 席の 777-9 の 2 機種で構成し、777-9 から開発が進められている。⁽¹⁶⁾
 - ✓ 12 月 6 日 Boeing 社民間航空機部門マーケティング担当副社長は、777-9 の初納入が 2025 年中頃になると話した。飛行試験を重ねており、開発が順調に進んでいると説明した。⁽²⁷⁾

・ 737MAX : MAX-7、MAX-10

- ✓ 7月26日 Boeing社は、737MAXの月産レートを38機に引き上げ、2025～2026年には月産レートを50機にすると発表。ただし、今年の納入目標は据え置き400～450機となる見込み。また、ライアンエアーから最大300機の737MAXシリーズのコミットメントを獲得したとも発表を行った。⁽¹⁷⁾
- ✓ 11月22日 Boeing社は、FAA（米国連邦航空局）から737 MAX-10の認証飛行試験の開始を許可されたと発表した。MAX-10は、小型機737MAXのうち胴体長が最長の機体。
- ✓ 12月6日 Boeing社民間航空機部門マーケティング担当副社長は、737MAX-10の型式証明（TC）の取得が2024年にずれ込む見通しと明らかにした。当初、2023年TC取得を目指していたが、就航が延期となることも確実となった。⁽²⁸⁾

(2) Airbus社の動向

- ・ A321XLR： 2024年の就航に向けて開発中。最大離陸重量（MTOW）を101tに増し、リアセンタータンクと呼ばれる胴体構造と一体化した追加燃料タンクにより、単通路機でありながら最大4,700NMの飛行を可能（A321LRは4,000NM）とする。⁽³⁾
 - ✓ 6月5日 カンタス航空はA321XLRの受領が6か月遅れると述べた。カンタス航空のLCC子会社JetStarは2024年末までに受領するとのこと。⁽⁴⁾
 - ✓ 7月10日 Airbus社は、トゥールーズの旧A380組立ラインをA321向けに転換し、2026年にはA320シリーズについて75機/月の生産が可能になると発表した。⁽¹⁸⁾
 - ✓ 9月13日 Airbus社は、A321XLRの飛行試験機が10日間で100時間以上の飛行を行い、海洋横断を含むいくつかの国際空港への飛行を行ったと報告した。30名程度のボランティアが乗客として搭乗し、実運航を模擬した運用を行って、型式証明取得及び運航開始に向けて順調であることをアピールした。⁽¹⁹⁾

(3) Embraer社の動向

・ E-Jet E2 :

- ✓ 8月23日 Embraer社は、同社のE195-E2が中国の型式証明を取得したと発表。E195-E2は、E-Jetファミリーで最大の乗客数の機体。昨年11月に型式証明を取得したE190-E2に続く型式証明取得となった。⁽²⁰⁾
- ✓ 10月26日 Embraer社は、2023年3Qの業績について、民間機部門において、前年の同時期に比べて50%増のデリバリーになる見込みと発表した。
また、11月10日には、同社のE195-E2が、EASAからロンドン空港（LCY）のスティープアプローチの認証を取得したと発表した。併せて、E195-E2では大幅な騒音低減を実現したとして、同種の機体に比べて離陸時の騒音が60%程度低減したとしている。^{(29) (30)}

(4) Bombardier 社の動向

- ・ Global 8000 : 2025 年の就航計画で開発中。巡行マッハ数 0.94、航続距離 8,000NM のプライベートジェット。Smooth Flex Wing と呼ばれる、小型で柔軟な翼により、大きな翼面荷重と低い機内振動を実現する。⁽⁵⁾

(5) Leonardo 社の動向

- ・ AW609 : 巡航速度 500km/h (270kt)、巡航高度 7,620m (25,000ft) を誇る与圧胴体を有するティルトローター機。1996 年に Bell Helicopter Textron 社と Boeing 社が開発に着手したが、現在は Leonardo 社 (旧 AgustaWestland 社) が単独で開発中。⁽⁶⁾
- ✓ 2 月 22 日 FAA のパイロットが TIA (型式検査承認) 前に AW609 を飛行。Leonardo 社は、AW609 をパワードリフトカテゴリーで認証取得する計画。このカテゴリーは、ティルトローター機のような機体を承認するため、7,000lb 超のヘリコプター用の Part 29 と、固定翼機用の Part 23 及び Part 25 の規則を組み合わせた法令。製品だけでなく、認証プロセスの検証も伴うため、認証取得時期が今年中になるか来年になるかを述べるのは難しいとのこと。⁽⁷⁾

(6) 電動航空機

- ・ Eviation Aircraft Alice : 2022 年 9 月に米国モーゼスレイクで初飛行した、唯一の飛行実績を持つ 9 人乗りの電動コミューター (短距離旅客) 機 (6 人乗りのエグゼクティブバージョンと貨物仕様も計画)。2027 年の納入開始を目指し、2025 年に認証試験を開始する計画。magniX 社の電動モーター「magni650」を 2 基搭載し、最高速度は時速約 482km/h (260kt)。⁽⁸⁾
- ✓ 6 月 20 日 マイアミの Aerolease Aviation 社は、Alice を最大 50 機購入する LOI (Letter Of Intent) を交わしたと発表。Eviation 社のグレゴリー・デイビス CEO によると、これまでに交わされた Alice の暫定販売コミットメントの総額は \$ 4,000mil にのぼる。⁽⁹⁾
- ・ Heart Aerospace ES-30 : 2028 年に就航する計画の 39 人乗り電動航空機。Heart Aerospace 社は、ノルウェーが 2040 年までに全ての短距離便の電動化を義務付けたことを受け設立された北欧の電動航空機メーカー。北欧ニッチ市場向け小型機 (19 人乗りの ES-19) の開発を計画していたが、型式証明を 14 CFR Part 25 で取得する計画に変更。定員 30 名の ES-30 はリージョナル機とし、航続距離は 200km。リザーブ・ハイブリッド構成とすると、航続距離を 400km まで延伸可能。⁽¹⁰⁾
- ✓ 9 月 11 日 Heart Aerospace 社は、ES-30 に Honeywell 社の次世代操縦システムを搭載するため、Honeywell 社とコラボレーションを行うと発表。ES-30 は今年になって、バッテリーを BAE Systems 社と、配電システムを Crane

Aerospace & Electronics 社と共同開発を行うと発表している。⁽²¹⁾

- ✓ 12月19日 Heart Aerospace 社は米国のチャーター機運航会社 JSX と 50 機の ES-30 の購入について、LOI を結んだと発表した。また、2月1日には、同社が \$ 107 mil の増資を行ったと発表した。今年に入って、電動航空機や eVTOL 機を開発する各社は、公的機関や金融、一般からの増資を多く集めており、航空機開発において、サプライチェーンの構築、機体の設計・製造、飛行試験、認証に対して、巨額の資金が必要であることを示している。⁽⁴⁰⁾
- ・ Regent Seaglider : 米国の Regent Craft 社が開発中の Seaglider は、翼と水面の間に閉じ込められた空気のクッション「Ground Effect (地面効果)」により、水上数メートル上を飛行する地面効果翼機。完全電動によりゼロエミッション (排出ゼロ) の実現を目指しており、2022 年 9 月に試作機の初飛行を実施している。
 - ✓ JAL (日本航空) と Regent 社は、Regent 社が開発する電動 Seaglider の社会実装に向けて、包括連携協定を締結したと発表した。両社による提携の概要は、1. Seaglider の安全運航に向けた制度や体制の検討、2. Seaglider の実証飛行に向けたインフラ整備等準備に関する検討、3. Seaglider の認証取得に関する連携・協力、4. Seaglider の販売代理店としての連携 (JALUX) となっている。Regent 社には JAL が出資しており、2025 年の実用化を目指すとしている。⁽³¹⁾

(7) 超音速機

- ・ Boom Overture : Boom 社が開発する超音速旅客機で 100% 持続可能な航空燃料 (SAF) を使用し Mach1.7 で飛行する。同機のシンフォニーエンジンは、Boom 社主導による FTT (フロリダ・タービン・テクノロジーズ) 社、GE Additive 社、StandardAero 社などとのコラボレーションである。⁽¹¹⁾
 - ✓ 6月20日 Boom 社は、パリエアショーにて、アメリカン航空、ユナイテッド航空、日本航空からの受注獲得と予約注文が 130 機に達したこと、Boom 社に協力するサプライヤーやパートナーには、Aernnova Aerospace 社 (主翼構造)、Leonardo 社 (胴体構造部品)、Aciturri 社 (尾翼構造)、Safran Landing Systems 社、Eaton 社、Collins Aerospace 社などを選定したことを報告。また、主要システム (アビオニクス、飛行制御、油圧、燃料システム、着陸装置など) の構成を明らかにした。燃料システムは、飛行中に重心制御を行い、持続可能な航空燃料 (SAF) の互換性を実現。三重冗長油圧システムは、飛行制御と機械システムに信頼性の高い動力を供給し、着陸装置は国際空港の滑走路と誘導路に適合する。⁽¹²⁾
 - ✓ 11月9日 Boom 社は、同社の進める、Overture airliner、シンフォニーエンジン、及び XB-1 Supersonic Demonstrator プログラムについて複数の主要な

進捗があったと発表した。Boom 社は、NEOM Investment Fund からの融資を受けることとなり、資金は合計 \$ 700 mil を超えたとし、シンフォニーエンジンの開発が、Conceptual Design Review (CoDR)を成功裏に通過したと報告した。また、モハベ空港にて試験中の XB-1 が地上試験を終えつつあり、90 ノットの High Speed Taxi 試験を終え、初飛行に近づいていると報告した。⁽³²⁾

[2.4.1 項 出典(1)～(40) : 各、資料 3 の P2023D201～P2023D240 参照]

2.4.2 エンジン関連

エンジンメーカーの業績動向に関して、主要なエンジンメーカーである GE 社 (GE Aerospace 社)、RTX 社 (Pratt & Whitney(P&W)社)、Rolls-Royce 社 (Civil Aerospace 部門)、Safran 社 (Aerospace Propulsion 部門)、MTU Aero Engines 社の 2023 年の収益状況を表 2.4.2-1 示す。2023 年上半期業績を見た場合、前年同期と比べて売上が約 2～3 割、利益は 4 割程度増加していることがわかる。エンジンのショップビジット数及びスベアパーツの販売数の増加により、いずれのメーカーにおいても売上、利益が増加している。一方で、P&W 社及び MTU 社については、粉末金属の問題による GTF エンジンの検査プログラムにより影響があり、P&W 社は売上高でマイナス \$ 5,400mil、利益で約 \$ 3,000mil の損失を計上している。

表 2.4.2-1 2023 年、2022 年におけるエンジンメーカーの収益⁽¹⁾

		First half			Twelve Months		
(in millions \$, €, £)		2023	2022	Change	2023	2022	Change
GE Aerospace	Revenues	\$14,841	\$11,730	27%	\$31,770	\$26,050	22%
	Segment Profit/(Loss)	\$2,805	\$2,057	36%	\$6,115	\$4,775	28%
Pratt & Whitney	Sales	\$10,931	\$9,498	14%	\$18,296	\$20,530	(11) %
	Segment Profit/(Loss)	\$870	\$611	42%	\$(1,455)	\$1,075	(235) %
Rolls-Royce, Civil Aerospace 部門	Revenues	£3,257	£2,339	38%		£5,686	
	Operating Profit/(Loss)	£405	(£79)			£143	
Rolls-Royce, Defense 部門	Revenues	£1,913	£1,609	15%		£3,660	
	Operating Profit/(Loss)	£261	£189			£432	
Safran, Aerospace Propulsion 部門	Revenues	€ 5,677	€ 4,176	36%		€ 9,506	
	Operating Profit/(Loss)	€ 1,051	€ 723	45%		€ 1,566	
MTU Aero Engines	Revenues	€ 3,093	€ 2,469	25%		€ 5,330	
	Adjusted EBIT	€ 405	€ 290	40%		€ 655	

(1) GE Aerospace 社

2023 年通期業績は、商用エンジンの受注好調を受け、受注は \$ 38,077mil、売上高は \$ 31,770mil となり共に昨年比 22%増加。利益率は 19.2%であり、全体として堅調な需要と運用状況の改善により成長を牽引しており、2024 年にはさらに上昇する見込み。商用エンジンに関して 2023 年のエンジン販売台数は 2,075 台であり、2022 年における 1,663 台から増加した。その内 LEAP エンジンについては 1,570 台である。

(2022 年は 1,136 台)。受注については 3,827 台となり 2022 年の 2,127 台から大幅に増加、そのうち LEAP エンジンが 2,508 台である。

表 2.4.2-2 GE Aerospace 社 2023 年第 4 四半期及び通期の業績⁽²⁾

	Three months ended December 31			Twelve months ended December 31		
(in millions)	2023	2022	year on year	2023	2022	year on year
Orders	\$10,620	\$9,682	10 %	\$38,077	\$31,106	22 %
Revenues	\$8,520	\$7,615	12 %	\$31,770	\$26,050	22 %
Segment Profit/(Loss)	\$1,598	\$1,434	11 %	\$6,115	\$4,775	28 %
Segment Profit/(Loss) Margin	18.8%	18.8%		19.2%	18.3%	

(2) Pratt & Whitney 社

2023 年通期調整後売上高は \$ 23,697mil、前年比 15%増加、利益率は 7.1%であり、売上高及び利益の増加は、商用アフターマーケット売上高の増加及び商用エンジンの好転によるもので、製造コストの増加及び研究開発費の増加を部分的に相殺した。RTX 社は 2023 年 9 月 11 日に、GTF エンジンで使用されている粉末金属の問題から生じるエンジン取りおろし、追加検査による影響について情報を提供した。

2023 年から 2026 年に約 600～700 台のエンジンがショップビジットし、2024 年～2026 年の間、平均して 350 機の AOG が発生する見込み。この影響のため、売上高でマイナス \$ 5,400mil、利益で約 \$ 3,000mil の損失を計上した。^{(3) (4)}

表 2.4.2-3 Pratt & Whitney 社 2023 年第 4 四半期及び通期の業績⁽³⁾

(in millions)	4th quarter			Twelve Months		
Reported	2023	2022	change	2023	2022	change
Net Sales	\$6,439	\$5,652	14 %	\$18,296	\$20,530	(11) %
Operating profit	\$382	\$306	25 %	\$(1,455)	\$1,075	(235) %
Profit Margin	5.9%	5.4%		(8.0)%	5.2%	
Adjusted						
Net Sales	\$6,439	\$5,652	14 %	\$23,697	\$20,530	15 %
Operating profit	\$405	\$321	26 %	\$1,688	\$1,250	35 %
Profit Margin	6.3%	5.7%		7.1%	6.1%	

(3) Rolls-Royce 社

Civil Aerospace 部門の 2023 年度上半期の売上高は前年同期比+38%であり、特にエンジン売上高は大型エンジンの納入増加により 58%増となった。アフターサービスの売上高は、大型エンジンのショップビジット数の増加と材料費の増加により 30%増である。利益率は 12.4%と大幅に改善した。大型エンジン市場の継続的な回復を反映している。大型エンジンの飛行時間は前年同期比 36%増の 620 万時間となり、2019 年の水準の 83%となった。⁽⁵⁾

2023 年 11 月のプレスリリースにて中期的な目標を発表し、2027 年に営業利益は £2,500~2,800mil、営業利益率 13~15%と設定している。民間航空宇宙分野では Trent エンジンの広胴機及び Pearl エンジンのビジネス航空機に焦点を当てて、パフォーマンスの改善、次の新しいエンジンプログラムにて新たなパードナーシップを選択することで、単通路機市場に再参入する可能性がある。⁽⁶⁾

表 2.4.2-4 Rolls-Royce 社 2023 年上半期の業績^{(5) (6)}

	(in millions)	Half year			Full year		
	Underlying results	2023	2022	change	2023	2022	change
Rolls-Royce、Civil Aerospace 部門	Revenue	£3,257	£2,339	38%		£5,686	
	Operating Profit/(Loss)	£405	(£79)			£143	
	Profit Margin	12.4%	(3.4) 1 %			2.5%	
Rolls-Royce、Defense 部門	Revenue	£1,913	£1,609	15%		£3,660	
	Operating Profit/(Loss)	£261	£189			£432	
	Profit Margin	13.6%	11.7%			11.8%	

[2.4.2 項 出典(1)~(6) : 各、資料 3 の P2023D241~P2023D246 参照]

2.4.3 装備品関連

(1) 主要装備品メーカーの業績動向（2023 年）

2023 年、2022 年の航空宇宙関連の主な装備品メーカーの売上・営業利益・営業利益率を表に示すが、2023 年は前年に引き続き、多くのメーカーで売上・営業利益ともに増加していることが分かる。

表 2.4.3-1 主な装備品メーカーの売上・営業利益（2023 年、2022 年）

million \$	2023/2022		2023			2022/2021		2022		
	売上	営業利益	売上	営業利益	営業利益率	売上	営業利益	売上	営業利益	営業利益率
RTX Collins Aerospace	27.5%	63.3%	26,253	3,825	14.6%	11.6%	33.2%	20,597	2,343	11.4%
GE Aerospace (Systems & Other)	11.8%	—	3,327	—	—	5.7%	—	2,975	—	—
Safran (Equipment & Defense)	17.3%	17.5%	9,314	1,074	11.5%	19.1%	62.1%	7,940	914	11.5%
Safran (Aircraft Interiors)	32.8%	—	3,107	-126	—	34.1%	—	2,340	-486	—
L3Harris (Space & Airborne Systems)	7.4%	13.7%	6,856	756	11.0%	7.0%	-12.6%	6,384	665	10.4%
BAE Systems (Air)	5.4%	18.1%	10,027	1,181	11.8%	12.7%	-13.5%	9,515	1,000	10.5%
Honeywell Aerospace	15.2%	15.9%	13,624	3,741	27.5%	7.3%	5.8%	11,827	3,228	27.3%
GKN Aerospace	—	—	—	—	—	4.3%	-38.9%	3,642	-165	—
Parker Hannifin	36.6%	12.2%	4,360	562	12.9%	33.0%	53.7%	3,191	501	15.7%
Eaton (Aerospace)	12.3%	10.6%	3,413	780	22.9%	14.8%	21.6%	3,039	705	23.2%
Moog (Aerospace)	—	—	—	—	—	8.6%	14.1%	2,128	211	9.9%
Diehl Group	—	—	—	—	—	6.7%	—	1,787	—	—
Liebherr	—	—	—	—	—	6.7%	—	1,379	—	—
Panasonic Avionics	-17.9%	—	1,100	—	—	40.8%	—	1,340	—	—
Garmin	6.7%	3.3%	846	220	26.0%	11.2%	10.2%	793	213	26.9%
Crane (Aerospace and Electronics)	18.3%	32.5%	789	159	20.1%	4.5%	9.1%	667	120	18.0%
Recaro Aircraft Seating	—	—	—	—	—	40.6%	—	447	—	—

（各社 IR 資料から作成）

2023 年の売上では Parker Hannifin、Safran (Aircraft Interiors)、RTX Collins Aerospace の各社・各部門が 30%以上の伸びを示しているが、Safran(Aircraft Interiors)社は依然赤字である。これに続き、Crane(Aerospace and Electronics)、Safran (Equipment & Defense)、Honeywell Aerospace、Eaton(Aerospace)、GE Aerospace (Systems & Other)等各社・各部門が続き、この 5 社の売上伸び率は 2 桁台となっている。

Safran 社に関しては、エンジンなどを含めた全体では 2023 年は前年 2022 年に比べて、売上は 22%、営業利益は 31%増加している。装備品関連は Aircraft Equipment, Defense and Aerosystems 部門と防衛事業と合わせたものとなっているため、純粋に民間向け装備品の売上、営業利益を見ることができないが、同部門の 2023 年業績は前年に比べて売上が 17.3%、営業利益が 17.5%伸びている。一方、民間機の機内関連装備を扱う Aircraft Interiors 部門は、2022 年売上が前年 2021 年に比べて 34.1%増加していたが、営業利益の赤字額は、2021 年は \$ 184mil、2022 年は \$ 486mil と拡大していた。Safran 社は、主な原因としてサプライチェーン問題とエンジニアリング及び製造コストの超過を

報告書であげている。この傾向は 2023 年も継続したが、2023 年の売上は 32.8%増、赤字額は対前年の 1/4 程度に減少した。

2023 年の営業利益では RTX 社傘下の Collins Aerospace 社が、民間航空機分野のアフターマーケットの伸びなどもあり、63.3%増と大きく営業利益を伸ばした。この他、Crane(Aerospace and Electronics)社が 32.5%、BAE Systems (Air)社が 18.1%、Safran (Equipment & Defense)社が 17.5%、L3Harris(Space & Airborne Systems)社が 13.7%、Parker Hannifin 社が 12.2%、Eaton(Aerospace)社が 10.6%と 2 桁の伸びを示している。

営業利益率では Honeywell Aerospace 社、Garmin 社、Crane(Aerospace and Electronics)社、Eaton (Aerospace)社が 20%台と高い。なお、主要航空宇宙関連メーカーで営業利益率が最も高い TransDigm 社は 2022 年で 40.8%、2023 年第 3 四半期までで 46.2%となっている（同社は 9 月決算）。

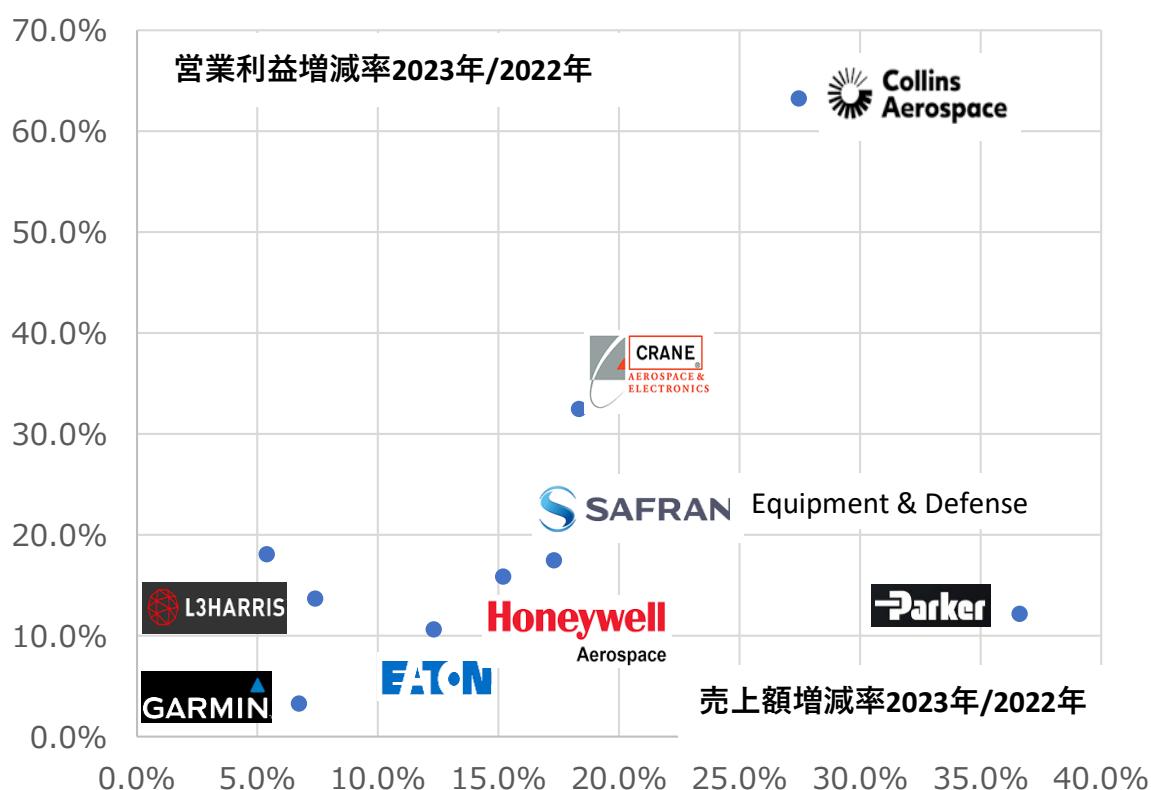


図 2.4.3-1 主要装備品メーカーの 2023 年／2022 年の売上（横軸）
及び営業利益（縦軸）の増減率
（各社 IR 資料から航想研作成）

(2) 電動化の動向

1) モーター

電動航空機や AAM/eVTOL 機向けモーターの開発動向については、2023 年 11 月に Rolls-Royce 社が電動推進システム部門（Siemens 社から取得したハンガリーの部署等）の売却を発表、Rolls-Royce 社はハイブリッドシステムの開発に注力することになる。Rolls-Royce 社では Vertical Aerospace 社のプロトタイプ機にモーター・システムを提供していたが、2 号機以降には供給しないとしている。⁽¹⁾

一方、英国では複数のモーター会社が航空分野での事業を拡大している。2021 年 7 月、英国 YASA 社からスピンオフした Evolito 社は、YASA 社と同様にアキシアルフラックス型モーターの開発・製造を手掛けているが、2022 年 7 月に英国 ATI (Aerospace Technology Institute) から超軽量電動推進システム開発プログラム「UToPEA」で £11.1mil (\$ 13.4mil) を取得、11 月にバッテリーメーカーである Electroflight 社を取得している。⁽²⁾⁽³⁾ 今後、125kW から MW クラスのモーター開発を目指すとしている。英国では 1997 年に設立された Equipmake 社が、Rolls-Royce 社に代わり、Vertical Aerospace 社プロトタイプ機向け電動推進ユニット（EPU : Electric Propulsion Unit）供給している。⁽⁴⁾ また、スイスのバッテリーメーカーである H55 社と提携して BRM Aero 電動航空機向けの 100kW のモーターを開発している。

一方、ブラジルの Embraer 社の子会社 EVE 向けのモーター開発で、2023 年 6 月、Embraer 社はニデックとのジョイントベンチャーである NMC (Nidec Motor Corporation) の設立を発表、10 月に設立が認められた。⁽⁵⁾ ニデックではアキシアルフラックス型モーターを開発している。

2) バッテリー／充電設備

電動航空機、AAM/eVTOL 機にとって、バッテリーは開発にあたっての最大の課題となっている。現状、採用されているもののほとんどはリチウムイオン電池である。リチウムイオン電池については、Amprius 社などシリコンアノードを採用した技術開発が目立っている。一方、次世代バッテリーとしてはリチウム硫黄、リチウムメタル、全固体や凝縮型バッテリーなどの開発が報告されている。特にリチウムメタルでは日本企業のエナックスが高い性能のバッテリーを発表している。

バッテリー開発にあたってはより高い重量エネルギー密度とともに、実用化にあたってはサイクル数、C レートなどへの要求もあり、これら複数の課題をクリアしていくために様々な技術での取組が進められている。一方、自動車分野で実績がある中国の CATL 社が航空機向けの子会社を新たに設立することを発表しており、GWh 当たりの資本コストが \$ 60mil/GWh と日本（日本のパナソニックは \$ 103mil/GWh）や韓国よりも低い中国の動きは注視される。

また、実際の運用で不可欠となる充電設備については、既に欧米の複数企業が航空機用充電ステーションを発表しているが、AAM/eVTOL 機では Archer 社と Beta Technologies

社が、自動車向け充電設備をベースとしての標準化を求めているのに対して、Joby Aviation 社は eVTOL 機、eCTOL 機のいずれにも適用でき、複数の独立したバッテリーを同時に充電できることやサイバーセキュリティの観点から航空機専用の充電設備の標準化を求めている。

(3) 水素化の動向

1) 水素燃料電池

航空機向け燃料電池は基本、PEM (Polymer. Electrolyte. Membrane : 固体高分子形燃料電池) 型が適用されており、燃料電池推進システムを開発している米国の Universal Hydrogen 社は、商用車向け燃料電池を商用化している PlugPower 社の低温 PEM (LT-PEM) を採用している。一方、英国の ZeroAvia 社は作動温度が 140~180℃の高温 PEM (HT-PEM) を開発している HyPoint 社を買収、Airbus 社や Safran 社も米国の Advent Technologies 社と提携して HT-PEM の開発に取り組んでいる。また、Rolls-Royce 社は、韓国の現代自動車社と燃料電池開発で提携している。この他、MTU 社等複数の企業や研究機関が開発を行っている。

一方、米国の ARPE-E (エネルギー高等研究計画局) では 2021 年から商用機のレンジ・エクステンダーとして高温作動の SOFC (Solid Oxide Fuel Cell、固体酸化物形燃料電池) の開発を行っており、2023 年 10 月には燃料電池 (SOFC) と SAF 適用のハイブリッド用ガスタービン装備の小型エンジン (25kW) 開発で GE Aerospace 社を選定している。⁽⁶⁾

2) 水素エンジン (小型エンジン)

水素タービンについては主なエンジンメーカーや川崎重工業等が開発に取り組んでいるが、2024 年 1 月、Turbotec 社と Safran 社が初の軽飛行機向け水素ターボプロップエンジン試験を実施している。開発は 2022 年 6 月にポストコロナ景気刺激プログラムの一環としてフランス民間航空局 (DGAC) の支援を受けて立ち上げられた「BeautHyFuel」プロジェクトの一環で、Turbotec 社の TP-R90 再生型ターボプロップをベースに開発、Elixir Aircraft 社の第 4 世代軽飛行機に搭載されて試験が実施された。⁽⁷⁾ また、米国ウィスコンシン州の DeltaHawk Engines 社は航空機向け水素エンジン (アダプティブ・エンジン・アーキテクチャー) の開発プログラムを立上げ、そのシミュレーションを完了している。⁽⁸⁾

(4) 自動操縦システムの動向

将来のワンマン・クルー (パイロット) や自律飛行型 AAM/eVTOL 機などを想定した自動操縦システムについては、欧米やブラジルで開発が取り組まれている。

Boeing 社の子会社である Wisk Aero 社は自律操縦型の AAM/eVTOL 機を開発しており、Boeing 社は自動操縦を将来の重要技術の一つとして位置づけている。Airbus 社は 2023 年 5 月に発表した AMI (Air Mobility Initiative) の中で、現在開発中の AAM/eVTOL 機「CityAirbusNG」に欧州航空安全機関 (EASA) のレベル 3 (AI ベースのデシジョン、ア

クション・システムを適用したもの)に相当する自動操縦技術を適用する計画を発表している。⁽⁹⁾ また、Embraer 社は「Project EASy」で自動操縦技術の開発を進めており、システムは GPS、カメラ、Lidar センサーを搭載、AI アルゴリズムが適用されている。Irsi 社が自動操縦向けの DAA コンピュータ・ビジョン・システム、スイスの Daedalean 社が自動操縦パイロットシステム (autonomous piloting systems)、Ansys 社が物理ベースのセンサー・シミュレーションなどの開発を担当している。既に 2019 年 10 月に Embraer 「Legacy500」機に搭載して、自動操縦によるタキシングの実証試験を行っている。

この他、主な自動操縦技術の開発メーカーを下記に示す。

表 2.4.3-2 主な自動操縦システムのメーカー動向

企業	国	設立年	開発概要
 Daedalean	スイス	2016年	VSAS: Visual Situational Awareness System ・機首に装備された3台の高精細カメラによる、バーチャル・ナビゲーションのための飛行環境の知覚能力や、着陸時やエンルートシナリオにおける衝突状況を試験評価 ・Volocopterは、GNSS、AHRS、ADS-B等で、飛行試験中に衝突危険性を認識、離陸の取り止め等ができることを試験・評価 「Project EASy」に参加
 Avidyne Corporation	米国	1994年	「Project EASy」に参加 AIベースのコグニティブ・ビジョン・システムを、AvidyneはDaedaleanと共同で、GA機向けに開発
 Merlin Labs	米国	2018年	当初はRutan Long-EZホームビルトで自動操縦機開発、飛行全体（離陸からタッチダウン）自動操縦化に焦点をあてていた 自動操縦機のアビオニクス・コンピュータにCMC Electronicsを選定 Dynamamic Aviation、米空軍SOC（Special Operations Command）等と機体の自動操縦化あるいはワンマン・パイロット化で契約 2023年7月、アラスカでの自動操縦航空機での貨物ネットワークの実証試験完了
 Reliable Robotics	米国	2016年	2019年、Daedaleanと共同で、自動操縦のCessna172機の飛行に成功 2020年に50マイル離れたセンターからCessna208機を自動操縦 2023年7月：FAA、Reliable Roboticsの自動操縦システム認証計画承認 2023年8月、ATC管制空域下でCessna Caravan機で自動操縦飛行試験実施（クラスB空域を想定）
 Xwing	米国	2016年	Autoflight System（4年かけて開発） ・Cessna 208GCで、70回以上、自動離着陸（無操縦者）を実施 ・自動操縦ではAutoflight Systemに加え、地上のDAA、最適飛行ルートを設定する航法ソフトウェア、ATCとの交信、ヘルスマニタリング等を活用 2023年4月、XWing、自動操縦機の認証申請（PSCP：Project Specific Certification Plan）
 Near Earth Autonomy	米国	2012年	3次元地形マッピングとセンス・アンド・アVOID・システムの組合せ技術 ・Embraer/Eveの「Project EASy」に参加 ・Volocopter (Volodrone)、Kaman K-MAXに適用
 Sikorsky	米国	※フ・ロ・エは2021年頃から	・DARPA、NASAのAAMNCでSARA (Sikorsky Autonomy Research Aircraft) S76Bヘリコプターを使いAAMの先進飛行システムで自律操縦の研究 ・パイロットカタブレットでコマンド、飛行経路、飛行環境などをマニュアルで入力して自律飛行

(各社公表資料から航想研作成)

[2.4.3 項 出典(1)～(9)：各、資料3のP2023D247～P2023D255 参照]

2.4.4 将来航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関連

2.4.4.1 NASA Airspace Operations and Safety Program (AOSP)

(1) AMP-プロジェクト⁽¹⁾

AMP (Air Mobility Pathfinders)プロジェクトのビジョンは、新興航空市場が、地方、地域、地域内、都市など、これまで航空サービスが提供されていなかった場所やサービスが十分でない場所の間で、人や貨物を移動させる航空輸送システムを安全に開発できるよう支援することである。AMP は Urban Air Mobility (UAM) に取り組み、ATM-X や SWS、RVLT (Revolutionary Vertical Lift Technology) などの技術開発プロジェクトと協力しながら、新たな航空輸送システムの概念や解決策を開発・検証している。そのために、以下のサブプロジェクトに取り組んでいる。

- **Automated Flight and Contingency Management subproject**
有効な UAM システムアーキテクチャーを開発し「協調的で責任ある」自動化を実現する機体とパイロットのインターフェースの標準をサポートする研究を行う。
- **High-Density Vertiplex subproject**
拡張性のある効率的な航空機運用、飛行及び空域管理手順などを評価するために高密度パーティプレックスのプロトタイプを開発する。
- **National Campaign subproject**
NASA は AMP の安全性に対する公衆の信頼を高めることなどを目的に、国内キャンペーンを開催する。この一連のイベントで実用的でスケーラブルなシステム概念を示し、要件や基準の知識ベースを構築することを目指す。

(2) ATM-X プロジェクト⁽²⁾

ATM-X (Air Traffic Management – eXploration)プロジェクトは、新たな航空機の需要の増加に安全に対応するように航空交通管理システムを変革する。従来の大型機が燃料や時間の節約を実現する技術も開発中。現在は第 1 フェーズで、都市空の高密度運用など難しいケースを調査し、最適な性能に必要なパラメーターや解決すべき技術的課題の特定を進めている。第 2 フェーズではこれらの技術課題に対する解決策を開発・試験し、航空界の関係者に技術を提供する計画。FAA と協力し、NASA の ATD プロジェクトや SWS プロジェクトの知見を活用してインフラの近代化に取り組む。

(3) SWS プロジェクト⁽³⁾

SWS (System-Wide Safety)プロジェクトは、国家の空域への安全で迅速かつ繰り返し可能なアクセスを確保する革新的なデータソリューションを開発している。航空宇宙産業と航空機の近代化が安全性に与える影響を評価し、潜在的な運用リスクと設計リスクに対処する。2018 年に設立された SWS は、次の 2 つの主要な目標がある。

- 先進的な航空システムの複雑さが安全に及ぼす影響を探索し理解すること
- 航空産業の安全記録を維持するためにリスクを予防的に緩和するための研究ツールや革新的技術の開発と実証

2.4.4.2 SESAR

SESAR 3 Joint Undertaking は、デジタル・ヨーロピアン・スカイの実現に向けた研究とイノベーションを加速するために設立された、民間と公共部門のパートナーシップである。48 のプロジェクトに€ 350mil の資金を投入しており、3 つの UAM に関するプロジェクトが含まれている。

プロジェクトのうち 2 つは、都市部での大規模なドローン運用が社会に与える影響の評価に焦点を当て、3 つめのプロジェクトは、AI を用いて U-space サービスと呼ばれる UTM を自動化し大規模なドローン運用を可能にすることを目指している。

スペインの Nommon Solutions and Technologies 社は、欧州の都市での UAM 運用の生活の品質への影響を評価するためのパフォーマンス指標とツールを開発するために約€ 1mil を受け取る。

ISCTE-University Institute of Lisbon も約€ 1mil を受け取り、環境、安全性、社会経済などの要因を考慮した U-Space サービスの社会的受容の影響と能力評価フレームワークを開発する。

サウスイースタンノルウェー大学も、AI ベースのツールを U-space の空域管理に組み込むために約€ 2mil を受け取る。これにより、より自動化された U-Space サービスに移行することができる。(4)

現在進行中のプログラムは以下の通り。(5)

(1) SAFIR-Ready

UAS (Unmanned Air System) を利用して迅速に医療物資を輸送することで対応時間を短縮し、生命を救う可能性がある。しかし適切な規制とインフラの不足によりこれらの運用が妨げられている。そこでこのプロジェクトでは、AAM と U-Space 技術を活用して、安全かつ効率的な空域アクセスを確保するサービス、システム、手順を開発することを目指している。

(2) SPATIO - U-Space Separation Management

航空機の安全な分離を維持することは、今日の航空交通管理の中核機能のひとつである。このプロジェクトでは、UAS 間の分離、特に戦略的・戦術的衝突解決サービス、U-Space 空域における分離と容量の関係を扱う。

(3) ENSURE - ATM-U-space Interface and Airspace Reconfiguration Service

UAS と有人航空機及び航空管制の間の相互運用可能で効果的なインターフェースを確保することは、将来のデジタル・ヨーロピアン・スカイの実現に不可欠である。このプロジェクトは、U-Space と ATM のための共通のインターフェースとサービスの定義を改良し、完成させることを目的としている。プロジェクトは、標準化されたデータモデル、アーキテクチャー、運用手法を開発する。プロジェクトはまた、空域の再設定を担当する ATC アクターがトラフィックの分離を維持し、指定された U-space 空域内で有人航空機と無人航空機の接近を避けるのを助けるための動的空域設定サービスを開発する。

(4) OperA - Operate Anywhere

革新的エアモビリティ (Innovative Air Mobility) がラストワンマイル輸送を革新する可能性があるため、実際の航空交通管制条件で複雑な IAM オペレ

ーションを検証することで、市場導入の加速を目指すプロジェクト。TRL7 の 5 つの主要な自律化技術について、空と地上の統合と有人飛行から自動飛行への移行に取り組むことで、新しい持続可能な IAM サービスの導入を促進する。

(5) EUREKA – European Key solutions for vertiports and UAM (Urban Air Mobility)

エアタクシーを産業として軌道に乗せるには、バーティポートのようなインフラと、それに付随する航空交通管理手続きが重要である。このプロジェクトでは、バーティポートの完全な到着、出発、折り返しプロセスを開発し、協調的な交通管理、緊急事態や混乱への対処方法、ネットワークの流れと容量管理などを考慮に入れる。プロジェクトは、欧州全域における UAM、VTOL 機運航及びバーティポートの開発を加速し調和させるための規制／標準化及びあらゆる情報に関する勧告を提供する。

(6) MUSE – Measuring U-Space Social and Environmental Impact

このプロジェクトでは、特にドローンが発生させる騒音と視覚汚染に焦点を当て、UAM 事業が欧州の都市の生活の質に与える影響を包括的かつ厳密に評価するための主要なパフォーマンス指標、手法、ツールを開発する。

(7) ImAFUSA – Impact and capacity Assessment Framework for U-space Social Acceptance

ImAFUSA は、UAM の市民受容に影響を与える要因の評価に焦点を当てたプロジェクトである。プロジェクトの目標は、地方自治体やその他の U-Space 関係者、利用者が、社会的に受け入れられ、有益な UAM を都市に導入する際に役立つフレームワークを提供することである。このフレームワークとそのツールは、環境（騒音、視覚汚染、大気の状態など）、安全性、社会経済（手頃な価格、アクセシビリティ、経済発展、公共空間の利用、接続性など）など、世論に影響を与える問題を扱う。

(8) AI4HyDrop – An AI-based Holistic Dynamic Framework for a safe Drone's Operations in restricted and urban areas

このプロジェクトは、U-Space の安全レベルの評価と定量化、戦略的・戦術的運用のための安全フレームワークの定義、自動化と AI 統合の許容レベルの決定、空域利用の最適化、合理的な飛行承認プロセスの確立など、さまざまな研究課題に取り組むことを目的としている。AI 技術を活用することで、潜在的なリスク、社会的影響、環境への懸念を考慮しながら、ドローンの空域への効率的で安全な統合を可能にし、自動化された航空交通管理への道を開くことを目指している。

(9) BeNe U-space Reference Design Implementation (BURDI)

ベルギー・オランダ U-Space リファレンスデザイン実装プロジェクトの目的は、U-space 空域の実装において、UAS 統合のための完全に信頼でき、持続可能で安全なソリューションを実装することである。実際、信頼性が高く効率的な U-space サービスを実装することで、同じエリアにおける複数の複雑な

UAS ミッションの安全で持続可能な統合を強化する必要がある。

[2.4.4 項 出典(1)～(5)：各、資料 3 の P2023D256～P2023D260 参照]

2.4.5 AAM (Advanced Air Mobility)／eVTOL 機関連

(1) 主要各社の動向

この1年間で、AAMにおけるリーダー間の差別化が明確になってきた。

米国では FAA が eVTOL 機を、VTOL 能力を持つ Part 23 の固定翼機として型式証明することから、Part 21.17(b)の下でパワードリフト機の特別なクラスとして扱うように方向転換したことにより、Joby 社は大きな方向転換を迫られた。Joby 社はサービス開始を 2025 年に延期する一方で、Part135 航空運送事業者証明を取得し、シーラス SR22 を使った運航経験を積み始めた。機体、推進システム、飛行制御装置、その他の部品の全てを内製している Joby 社の設計は複雑なため、型式認証には時間がかかる見込み。一方、Archer 社は 2025 年にユナイテッド航空と共に最初の路線を就航させ、2025 年に 250 機を生産する計画を持っている。Beta 社は先行する 2 社からはやや遅れており、2024 年末までに認証を取得するという目標は実現が難しくなっている。米国の eVTOL 機のリーダー企業にとって、FAA が 2024 年末までにパワードリフト機の運航に関する規則を最終決定するという約束を果たすかどうか最大の関心事となっている。

欧州の規制当局は、2019 年 7 月に VTOL 機のための特別条件 (SC-VTOL) を発表し、混雑地域上空で旅客を乗せて商業運航する eVTOL 機が民間旅客機と同じ安全レベルを達成するという要件を確立した。Volocopter 社は、SC-VTOL で初めてテスト飛行させた。同社は 3 種類の eVTOL 機を開発しており、2024 年のパリ・オリンピック、ローマとシンガポールでの商業エアタクシー・サービスの開始を目指している。Lilium 社は、2022 年に市場参入戦略の転換を発表し、地域航空移動サービスの開始計画を延期し、代わりにプレミアム市場と個人購入者向けの Lilium ジェットの初期販売に注力した。Vertical Aerospace 社は、実物大の VX4 のホバリング試験を開始したが、試験中の着陸事故により計画を更新した。2020 年代半ばに就航する計画となっている欧州の新興企業にとっては、eVTOL 機の認証に関して EASA と FAA の間で整合性が取れていないことが最大の懸念となっている。

中国の EHang 社は早い時期から参入していたが、30,000 回以上の試験飛行を行い、1 月に中国民用航空局(CAAC)から 2 人乗りの EH216-S の認証を受ける見込みであると発表、その後 CAAC の型式証明(TC)を取得した。EH216-S は型式証明を取得した初の eVTOL 機であり、初の自律型エアタクシーとされるが、制限事項が多い状態とのこと。FAA や EASA では、2030 年代まで自律型の eVTOL 機を想定していないため、FAA や EASA のルールに基づく市場で競争する機体とはならないと主張している。中国では他にも、AutoFlight、Pantuo Aviation、TCab Tech、Vertax、Volant Aerotech、吉利汽車、フォルクスワーゲン・グループ・チャイナ、XPeng といった多数の eVTOL 機開発企業が参入している。このうち、上海を拠点とする AutoFlight 社は 2022 年 1 月にドイツに子会社を設立した。設計と認証は SC-VTOL の下でヨーロッパの子会社で行うが、エンジニアリングと製造はコストの安い中国で実施する。⁽¹⁾

(a) Joby Aviation 社

Joby Aviation 社は、FAA による G-2MOC (Means of Compliance)承認プロセスを事実上完了し、5 段階の航空機認証プロセスの第 2 段階を完了した米国初の eVTOL 機メーカーとなったと発表した。G-2 段階では、G-1 認証基準で定義された安全規則の規制意図に準拠していることを証明する具体的な方法について FAA と合意する。第 3 段階である認証計画、第 4 段階である「試験と分析」についても一部進展があると発表した。認証プロセスの最終段階である第 5 段階では、「Show & Verify」であり、この段階では試験と検査の結果を FAA に提出し、検証を受けなければならない。Joby 社を除くと Archer 社が G-1 認証を完了した唯一の企業であり、2023 年第 2 四半期に G-2MOC が完全に承認される予定である。(2)

- ✓ Joby Aviation 社は、2024 年に推力偏向式の eVTOL 機によるライドシェアリングサービス開始する計画。2022 年 5 月 26 日に FAA から Part 135（航空運送事業認可）を取得し、型式認証と製造認証の取得中。パイロット 1 名と乗客 4 名を乗せて、最大 150 マイル（約 240km）の距離を毎時 200 マイル（約 320km/h）で飛行可能。(3)
- ✓ 6 月 28 日 Joby Aviation 社は、カリフォルニア州マリナーのパイロット生産ラインで製造された最初の航空機の特別耐空証明を取得。同社は量産試作機の飛行試験が可能となった。(4)



図 2.4.5-1 Joby Aviation 社の eVTOL 機（Joby Aviation 社 HP より）

- ✓ 10 月 4 日 Joby Aviation 社は、同社が開発する eVTOL 機が有人の飛行試験を開始したと発表した。エドワーズ空軍基地で行っている飛行試験の様子を動画で公開し、同社と米国空軍のパイロットにより飛行試験が進められていると報じた。(5)
- ✓ 11 月 13 日 Joby Aviation 社は、同社が開発する eVTOL 機が 11 月 12 日にニューヨーク市のマンハッタンで、エキシビション飛行を行ったと報告した。同社における初の都市での飛行となり、ニューヨーク市長は、ニューヨークが、このようなクリーンで静かな空中移動手段を受け入れる主導都市になるとコメント

した。⁽⁶⁾

- ✓ 9月7日 Joby Aviation 社は、2021年に取得した H2FLY 社が液体水素及びフューエルセル(FC)の電動航空機で、操縦者を載せた初の飛行を行ったと発表した。飛行を行ったのは双胴型の HY4 デモンストレーターで、この飛行試験により航続距離を 750km から 1,500km まで倍増できる可能性を確認した。液体水素は、気体に比べて、体積あたりのエネルギーが大きく、より航続距離を長くできるが、液体化するために極低温に保持する必要がある。⁽⁷⁾
- ✓ 12月20日 Joby Aviation 社は、NASA と共同で 120 機のエアタクシーの運航を管理するシミュレーションを実施したと発表した。ダラスフォートワース領域で用いられている既存の ATC(Air Traffic Control)と手順によって、多数のエアタクシーが運航される都市部での状況をシミュレートすることができたとしている。⁽⁸⁾

(b) Archer Aviation 社

Archer Aviation Midnight： パイロット 1 人と乗客 4 人を乗せ、航続距離 100 マイル（約 161km）を飛行する推力偏向式の eVTOL 機。充電に要する時間は約 10 分と、飛行の合間に済ませられる。2025 年の市場投入を計画。⁽⁹⁾

- ✓ 5月11日 量産モデル Midnight の初号機が完成。一連の地上試験の後、夏から社内飛行試験を開始する。量産モデルの Midnight は、試作モデルの Maker とローターなどの基本構成は同じ。2023 年第 4 四半期に型式仕様の Midnight 初号機の最終組立を完了、2024 年初頭に飛行試験開始を目標としている。⁽¹⁰⁾



図 2.4.5-6 Archer Aviation 社の Midnight（後方は試作型の Maker）
（Archer Aviation 社 HP より）

- ✓ 11月10日 Archer Aviation 社は、同社が開発する Midnight の飛行試験プログラムをスタートし、4 年間の飛行試験計画（試作型の Maker の 2 年間を含む）の重要なマイルストーンを迎えたと報じた。同社はすでに UAE やインドと商用運航に関する覚書き（MoU）を結んでおり、2025 年に Midnight を市場に導入するとしている。⁽¹¹⁾



図 2.4.5-7 Archer Aviation 社の商用運航（Air Taxi）のイメージ
（Archer Aviation 社 HP より）

- ✓ Archer Aviation 社は、NASA と Space Act Agreement に合意し、最初のプロジェクトとして、Advanced Air Mobility (AAM) と宇宙利用を目的とした高性能バッテリーの開発と安全性試験について共同研究を行うと発表した。同社は、電動航空機の発展に対して、米国だけでなく世界的なサプライチェーンの構築が不可欠としており、NASA は、バッテリーが AAM のキーテクノロジーであり、設計と試験の結果を共有することで AAM 業界を支援することが目標であるとしている。⁽¹²⁾

(c) Lilium 社

Lilium Jet : 翼上面に設置したダクテッドファンによる推力偏向式の eVTOL 機。速度 250km/h、航続距離 250km。商業運用は 2024 年に開始される予定。⁽¹³⁾



図 2.4.5-8 Lilium Jet （Lilium 社 HP より）

- ✓ 11 月 27 日 Lilium 社は、同社が、EASA から設計事業場認定（DOA : Design Organization Approval）を受けたと発表した。12 月 6 日には、型式証明を取得

する予定の機体の胴体構造が完成し、主要システムサプライヤーも参画して機体組立てを開始すると報じた。今後、7機を飛行試験機として製造し、EASAの型式証明取得を目指すとしている。⁽¹⁴⁾

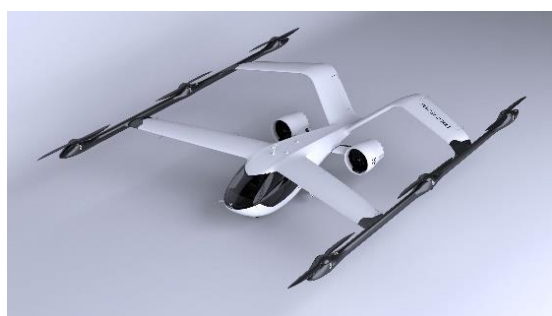
- ✓ 米国の Blueshift 社は、Lilium 社のサーマルプロテクションシステム (TPS) のサプライヤーに選定されたと発表した。Blueshift 社は、複合材や薄い金属部品を熱的に保護する技術を有しており、1.5mm 未満の厚さで耐火性と低熱伝導性の製品を持っている。⁽¹⁵⁾

(d) Volocopter 社

Volocopter Velocity、Voloregion 及び Volodrone : Velocity は 2 人乗りのマルチローター式 eVTOL 機。最高速度は 110 km/h で飛行レンジは 35 km。2024 年夏までにフランスの首都パリで Velocity が商業飛行する予定。Voloregion は Velocity 延長線上に設計され、都市と郊外を結ぶリフト&クルーズ式の固定翼長距離 eVTOL 機。乗客 4 人を巡航速度 180km/h (最大速度 250km/h) で 100km 先まで運ぶ。Volodrone は、電動ユーティリティドローンで、デザインは Velocity に近く、最大 200kg の重量物に対応。最大 40km の距離を飛行する。⁽¹⁶⁾



(a) Velocity



(b) Voloregion



(c) Volodrone

図 2.4.5-11 Volocopter 社の各種 eVTOL 機 (Volocopter 社 HP より)

- ✓ 12 月 13 日 Volocopter 社は、12 月 7 日から 12 月 13 日にかけて、日本の大阪と兵庫で複数日の飛行試験キャンペーンを実施したと発表した。2025 年の大阪万博に向けた準備として、大阪と尼崎で有人の飛行試験を実施した。⁽¹⁷⁾

(e) Vertical Aerospace 社

VX4： 試作 1 号機が試験飛行中の着陸により損壊したが、2 号機目を GKN Aerospace 社において製造中。CAA より設計事業場認定 (DOA) を取得済み、JCAB を含む主要各国認証当局への型式証明申請も提出、認証プロセスも進めている。(第 4 章 4.3.3 項参照)

(f) EHang 社

EH216-S： 10 月 13 日 EHang ホールディング社は、同社が開発した乗客が搭乗可能な UAV (Unmanned Aerial Vehicle) EH216-S が、中国航空局 (CAAC : Civil Aviation Administration of China) の型式証明 (TC) を取得したと発表した。同機が CAAC の安全性基準と耐空性基準を全て満たし、世界初の TC 取得機体であるとしている。^{(18) (19)}

- ✓ 12 月 28 日 EHang 社は、広州と合肥でそれぞれ、認証済みの EH216-S パイロットレス旅客輸送用航空機が商業飛行デビューのデモンストレーションを成功したと発表した。EHang 社は、エアモビリティに対する世間の注目の高さをアピールしているが、同機については、機体信頼性などに関して未だ課題あり、人口密集地上空の飛行が制限されているなど、本格的な商用運航が即時可能な TC の取得には至っていない模様である。⁽²⁰⁾

(g) AutoFlight 社

AutoFlight 社は、1 回の充電で 250.6km を飛行し、eVTOL 機による最長飛行を達成した。ヨーロッパで認証を行うため、欧州と米国のアビオニクスが搭載され、中国製のアビオニクスを搭載したバージョンは中国で認証される予定である。AutoFlight Europe 社は、EASA から DOA を取得中である。その後、中国の AutoFlight 社と契約し、欧州で承認された航空機の部品を生産する計画である。⁽²¹⁾

(h) Pipistrel 社

Pipistrel Nuuva V300： Pipistrel 社の電動ハイブリッド推進技術を適用し、300kg のペイロードを 300km 輸送するリフト&クルーズ式の無人貨物機。Pipistrel 社は、スロベニアを拠点とし、2020 年 6 月 10 日に完全電動飛行機「Velis Electro」が EASA から世界初の型式証明を取得した企業である。⁽²²⁾



図 2.4.5-14 Pipistrel NUUVA V300 (Pipistrel 社 HP より)

(i) Beta Technologies 社

Beta Technologies 社の Alia eCTOL 機 (N250UT) が、2023 年 10 月 26 日に米国フロリダ州のエグリン空軍基地デュークフィールドに到着した。米国空軍による評価試験が実施される。⁽²³⁾



図 2.4.5-15 Beta Technologies Alia eCTOL 機 (Beta Technologies 社 HP より)

[2.4.5 項 出典(1)～(23) : 各、資料 3 の P2023D261～P2023D283 参照]

第3章 その他資料の分析

3.1 関係団体の刊行物における動向情報

資料1のP2023D001～P2023D012 参照

3.2 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の情報調査及び情報提供における動向情報

3.2.1 2023年度航空機業界動向情報

2023年度の主なトピックス、情報の概要を以下に記す。

航空輸送市場は COVID-19 パンデミックの影響からはほぼ回復し、国内便はコロナ前の水準まで、国際便もほぼ 9 割程度の回復を見せている。貨物機需要については一時期ほどではないにしても航空貨物量は今後も増える見通しであり OEM による貨物機開発が進められている。また 2050 年までのネットゼロ目標の実現に向けた取組が各国で具体化されつつあり、国を挙げて積極的な推進が図られている。

機体技術面では 100%SAF 適用実証や、電動化、水素燃料航空機に関する研究開発の動きに加え、NASA と Boeing 社による TTBW(Transonic Truss Braced Wing)の実証プログラムが開始されるなど新技術による脱炭素の追求の動きが加速している。

都市航空交通システム(UAM)では、様々な形態の小型電動垂直離着陸機(eVTOL 機)の開発が進んで認証段階に入りつつあり、規制当局の対応も本格化している。一方、まだ認証側、受審側とも手探りの部分もあり調整に時間がかかっている。どの企業が認証取得、実用化に進んでいくか注目される。

Boeing 社は、737MAX の運航停止解除後、生産の安定化を目指していたが、Boeing 社自身、並びに Spirit 社などサプライチェーンを含む相次ぐ品質問題の発覚により生産は停滞、加えて 2024 年 1 月に起きたアラスカ航空 737-9 の胴体プラグドア脱落事故により、全社的な品質管理システムの問題が懸念されることとなり、FAA から厳しい監査を受ける事態となっている。この影響で 737-10 及び 737-7 の認証スケジュールに大きな影響が生じると見られている。これまでに重なる事故等を背景に FAA の認証プロセスの見直し・厳格化が進められてきているが、777X の開発日程も運航開始が 2025 年第 4 四半期とされていたが影響が懸念される。787 は、複合材胴体の品質問題を解決しながら、月産 5 機程度の生産に回復してきている。

Airbus 社は、長距離狭胴機 A321XLR を中心に受注を重ねている。パンデミック影響で月産 40 機まで下げた A320 シリーズの生産について、月産 60 機まで回復を図っており、バックログの増加に対応するため、A380 ラインを A320 シリーズ用に改修、近々月産 75 機までの増産を目論んでいる。しかしながら、作業確保や部品供給などサプライチェーン含めた生産安定化がまだ課題となっている。

このような中、ICAO の 2050 年カーボンニュートラル目標に向け、次世代の新型機開発が期待されているが、両 OEM とともに次世代新型機は 2035 年頃の EIS を目指すと

しており、当面は脱炭素目標達成のための適用技術の熟成に注力している状況である。

一方、脱炭素目標達成のため、革新的な新規技術が必要との認識のもと、従来の OEM とは違う、新興スタートアップ企業も多く登場してきている。これらは政府支援や企業連携などにより、電動化、ハイブリッド化、水素燃料電池推進システム、水素燃焼等の技術や新交通システム eVTOL 機関連の機体開発をスピーディに進めている。各国認証当局も新しい分野であると同時に将来性のある分野として重視しており、認証プロセスの策定等、協業も見られる。各企業とも 2025 年頃からの実用化を狙っており、動向が注目される。

超音速実証機では、NASA の X-59 は Lockheed Martin 社のパームデール工場において機体が完成、地上試験に入る模様。一方、飛行試験計画自体はいくつかの課題解決のためとして見直しが発表された。また Boom 社による Overture 計画も進展を見せている。Overture 用エンジンとなるシンフォニーエンジンの開発で Conceptual Design Review(CoDR)をクリアしたとされる。今後の進捗を注視していく。

3.2.2 2023 年度航空機関連動向解説記事 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)

当基金では、航空機等に関する解説事項選定委員会を開催し、時宜を得た航空機に関するテーマを選定し、その解説記事を作成している。2023 年度は、以下の 8 件を選定し、各専門分野の執筆者に依頼して作成した。

ア. 2023-1 「水素航空機導入に関する運用面からの考察」⁽¹⁾

国際航空分野における 2050 年カーボンニュートラル目標を達成するための方策として、水素航空機の技術開発が進められている。航空燃料として水素が導入される際に検討が必要となる項目について、機体運用と空港施設の両面から概説する。

イ. 2023-2 「航空機向け合成燃料の最新動向」⁽²⁾

植物などのバイオマス由来の原料や食廃油など石油以外の原料から生成され、ライフサイクル CO₂ 排出量を従来燃料より削減できる SAF (持続可能航空燃料)。その中でも CO₂ を原料として SAF へ変換する合成燃料技術は、CO₂ 排出量削減の重要技術とされている。近年脚光を浴びる合成燃料技術について概説する。

ウ. 2023-3 「数値流体力学 (CFD) の変遷と課題」⁽³⁾

CFD(Computational Fluid Dynamics : 数値流体力学)は今日、航空宇宙分野だけでなく、自動車、船舶、建築、土木、気象、医療等の様々な分野で使用され、また、学術研究から産業応用まで利用範囲も広い。航空宇宙分野の設計・開発等の実務応用に絞り、CFD 発展の経緯や今日的な課題、将来展望について概説する。

エ. 2023-4 「欧州における航空機向け熱可塑性複合材料動向調査」⁽⁴⁾

航空機軽量化の手段として炭素繊維強化複合材料の適用が進む一方、今後の狭胴機を中心とする需要増加に向け、より高速な複合材料成形法が求められている。短時間成形が可能な複合材料として機体が高まる熱可塑性複合材料について、欧州にお

ける最新開発状況や適用課題等について概説する。

オ．2023-5「航空機のバリアフリー化」⁽⁵⁾

鉄道を中心に交通輸送のバリアフリー化が普及する中、航空旅客輸送においてもバリアフリー化へ動きが見られる。航空券予約から搭乗、降機等すべての場面で負担なく快適に航空機を利用できる航空機利用のバリアフリー化について、取組やJAXAを中心とする国内取組の動向について概説する。

カ．2023-6「航空機装備品認証技術コンソーシアムの活動紹介」⁽⁶⁾

航空機装備品認証技術コンソーシアム CerTCAS は、民間航空機装備品の認証に関わる技術を集約し提供することで、ドローンや空飛ぶクルマといった新しい航空モビリティを含め、日本の航空機産業全体の底上げに貢献すべく活動を進めている。その設立経緯、目指す姿、現在の活動状況等を紹介する。

キ．2023-7「デジタル統合設計技術（MBSE／MBD）の海外動向」⁽⁷⁾

複雑化の一途をたどる航空機システムに対し、エンジニアがコンピューターの力を最大限に活用し、効果的、効率的にシステムエンジニアリングを行う手段として「デジタル統合設計技術(MBSE／MBD)」の開発が進んでいる。当技術に関する欧米の最新動向について概説する。

ク．2023-8「極低温における複合材の基礎特性とタンクへの適用」⁽⁸⁾

航空の脱炭素化に向け期待される水素航空機。機体軽量化のために液体水素タンクへの複合材料の適用が考えられる一方で、技術課題も多い。航空機用液体水素タンクの実用化に向けた、極低温における複合材料の基礎特性に関する研究や航空機に先行するロケット分野の試み等を紹介する。

[3.2.2 項 出典(1)～(8)：各、資料2のP2023D101～P2023D108 参照]

3.3 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報

3.3.1 国内学会等における研究開発動向

(1) 第 54 期定時社員総会及び年会講演会（主催：日本航空宇宙学会）

2023 年 4 月 13 日（木）～14 日（金）にかけて、第 54 期定時社員総会及び年会講演会が日本科学未来館にて対面開催され、参加者は 212 名であった。コロナ期間中はオンライン化に伴い一般講演は実施されていなかったが、本年度は、一般講演、オーガナイズドセッション、特別講演、学会賞受賞記念講演等、コロナ前に実施されていた項目全てが実施された。以下、特別講演、パネルディスカッション、オーガナイズドセッションについてまとめる。

◆特別講演◆

4 月 14 日（金）14：00～15：00

「JAXA 宇宙科学研究所の活動報告」JAXA 宇宙科学研究所所長 國中 均

◆パネルディスカッション◆

「宇宙探査に向けた JAXA のオープンイノベーションの取り組み」

「航空宇宙技術遺産第 1 号」

「JSASS 版未来の学術振興構想 2023」

◆オーガナイズドセッション◆

「航空ビジョンの実現に向けて」

「航空宇宙分野における設計最適化」

「国際宇宙探査と月面の科学および月面利用促進」

「宇宙輸送ネットワーク構築に向けた中長期戦略」

なお、次年度は 2024 年 4 月 18 日（木）～19 日（金）の日程で、BIZ conference 日本橋室町三井タワーにて開催予定である。

(2) 第 55 回流体力学講演会／第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム（主催：日本航空宇宙学会、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）

2023 年 7 月 12 日（水）～14 日（金）にかけて、第 55 回流体力学講演会／第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムが、国立オリンピック記念青少年総合センター（東京）にて開催された。本シンポジウムは、流体力学講演会（FDC）と航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム（ANSS）を合同開催するもので、流体力学と数値シミュレーション技術の分野における研究の発展へ寄与することを目的としている。本年度は 247

名の参加があり、一般講演 140 件、招待講演 3 件が行われた。

◆招待講演

1) Dr. Gary N. Coleman (NASA LaRC)

“Simulation and modelling of turbulent separated flows – steps from DNS towards classical and ML-enhanced RANS closures”

2) 米本浩一 教授（東京理科大学）「サブオービタルスペースプレーンの空気力学的な研究開発課題について」

3) 高倉葉子 客員教授（東海大学）「運動座標法とその周辺」

◆一般講演

・一般 1：「流体力学に関する講演」

・一般 2：「数値シミュレーションに関する講演」

◆企画セッション等

・ANSS ワークショップ 1： “Ninth Aerodynamics Prediction Challenge (APC-9)”

・ANSS ワークショップ 2： 第 4 回直交格子 CFD ワークショップ

・FDC/ANSS 合同企画 1： 航空宇宙流体データ科学の新展開

・FDC/ANSS 合同企画 2： 革新回転翼機・eVTOL 機の空力的課題

・FDC/ANSS 合同企画 3： 空力音の予測と低減：

・FDC/ANSS 合同企画 4： 民間超音速機実現のための空力設計技術

・FDC 企画 1： 先進流体計測技術

・FDC 企画 2： 反応流およびデトネーションの基礎と応用

・FDC 企画 3： 高レイノルズ数流れと空気力学

・FDC 企画 4： 低レイノルズ数流れ

・ANSS 企画 1： 航空機開発のための多分野統合シミュレーション

・ANSS 企画 2： 宇宙輸送を支えるシミュレーション

・ANSS 企画 3： New architecture for aerospace HPC

なお、次年度は 2024 年 7 月 3 日（水）～5 日（金）の日程で、鹿児島県民交流センター（鹿児島）にて開催予定である。

(3) 第 65 回構造強度に関する講演会

第 65 回構造強度に関する講演会が 2023 年 8 月 8 日（火）～10 日（木）にかけて、島根県民会館（島根県松江市）にて開催された。本年度は 133 名の参加があり、一般講演 72 件、特別講演 2 件が行われた。

・特別講演Ⅰ

「航空機構造への複合材料の適用拡大を目指して」 廣瀬 康夫 教授（金沢工大）

・特別講演Ⅱ

「神話の国・出雲―神話が歴史を作る―」 藤岡 大拙 氏（出雲市立荒神谷博物館）

なお、次年度は 2024 年 7 月 31 日（水）～8 月 2 日（金）の日程で、メートプラザ佐賀（佐賀）にて開催予定である。

(4) 第 61 回飛行機シンポジウム

第 61 回飛行機シンポジウムが 2023 年 11 月 15 日（水）～17 日（金）にかけて、北九州国際会議場（福岡県北九州市）にて開催された。495 名の参加者があり、特別講演 5 件を含む計 247 講演が行われた。また、2 日目の昼にダイバーシティランチセッションが実施された。企画講演の発表件数をみると、回転翼航空機の最新技術が 21 件と最も多く、従来からあるヘリコプターだけでなくマルチコプターの利用拡大に伴い、研究も活発化している様子が伺える。また、超音速機の研究（12 件）、次世代空モビリティに関連するセッションも盛況であった。

【特別講演】

・特別講演(1) ドローン・空飛ぶクルマの社会実装に向けた経産省の取組

山本健一氏（経済産業省 製造産業局航空機武器宇宙産業課 次世代空モビリティ政策室）

・特別講演(2) 管制サービスの高度化に向けて

大坪弘敏氏(国土交通省 航空局)

・特別講演(3) 『感動のあるエアライン』であり続けるために

三宅一史氏、古賀美奈子氏、辻安希子氏(株式会社スターフライヤー)

・特別講演(4) 究極の機材品質を目指して

小松明子氏(株式会社 JAL エンジニアリング)

・特別講演(5) 小型航空機及びヘリコプターの直接保有型オペリースの特質と優位性

中山智夫氏(株式会社 ITC アエロリーシング)

【企画講演】

・次世代空モビリティの動向と運航関連技術の研究開発：10 件

・回転翼航空機の最新技術：21 件

・民間超音速機開発のための要素・システム統合研究：12 件

・バイオミクリー/モーフィング：10 件

・風洞技術～最新の風洞技術と機能向上および高効率化への取り組み～：8 件

・航空技術の進歩発展と環境への対応：6 件

・航空の安全とセキュリティ：8 件

- ・ 航空機における最新生産技術の動向：5 件
- 【パネルディスカッション】
- ・ 航空機の脱炭素化に向けた新技術の官民協議会の活動について
 - ・ 航空宇宙ビジョン～航空と宇宙の連携に向けて

なお、次年度は 2024 年 10 月 16 日（水）～18 日（金）の日程で、アオッサ福井（福井）にて開催予定である。

3.3.2 国外学会等における研究開発動向

(1) AIAA Science and Technology Forum and Exposition (Scitech) 2023

米国航空宇宙学会(American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA)主催による Scitech2023 が 2023 年 1 月 23 日（月）～27 日（金）にかけて、米国（ナショナルハーバー、メリーランド州）にてハイブリッド開催された。50 か国からの 5,800 人以上の参加者、62 の AIAA 法人メンバー、そして 71 の出展者が参加した。780 の技術セッションが行われ、その中で 2,700 以上の講演発表があった。

【Plenary Sessions】

- ・ Accelerating a More Hopeful Future、Anousheh Ansari (CEO, XPRIZE Foundation)

XPRIZE のコンペティションは明確かつ客観的な目標を設定し、世界中の人々の行動に駆り立てる。\$ 数 mil の賞金がどのように人類の利益のために革新的な進展を奨励しているかについて語られた。

- ・ Plenary Session with William Roach, William D. Roach (Chief Scientist, Air Force Office of Scientific Research)

- ・ The Future of Remote Sensing

MODERATOR:

Lt. Gen. Larry James, USAF (Ret.), Deputy Director, NASA Jet Propulsion Laboratory
SPEAKERS:

Johnathon Caldwell (Vice President and General Manager, Military Space, Lockheed Martin Space)

Sabine Klauke (Chief Technical Officer, Airbus)

Jerry M. Wohletz (President and CEO, Draper)

- ・ Digital Innovation: Accelerating Digital Tech to Transform the Aerospace Industry

SPEAKER: Guillermo Jenaro Rabadan (Project Executive, Advanced Digital Design and Manufacturing, Acubed)

- ・ Making Sci-Fi a Reality

SPEAKER: Margaret Weitekamp (Department Chair, Space History, and Curator,

Cultural History of Spaceflight, Smithsonian National Air and Space Museum)

(2) AIAA AVATION2023

AIAA 主催による AVIATION2023 が 2023 年 6 月 12 日（月）～16 日（金）にかけて、米国カリフォルニア州サンディエゴにてハイブリッド開催された。対面では約 2,600 名、オンラインでは約 370 名の参加があり、約 1,000 件の技術講演が発表された。

IEEE 共催の Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS)、SAE International、Royal Aeronautical Society、Vertical Flight Society 共催の International Powered Lift Conference (IPLC)、第 28 回 AIAA/CEAS (Council of European Aerospace Societies) Aeroacoustics Conference が、フォーラムと併催された。

また、NASA は最新の X プレーンである X-66A を発表した。AIAA のコーポレートメンバーである Whisper Aero 社は、新しい電動航空機推進技術を発表した。AIAA は、第 4 次産業革命（デジタルトランスフォーメーション）の一環として、航空宇宙分野におけるデジタルトレッドの活用を提唱するホワイトペーパーを発表。航空領域タスクフォースのひとつである AIAA 炭素排出及び持続可能性タスクフォースが、その影響報告書を発表。

【Plenary Sessions】

- ・ Revolutionary Leaps Toward a New Age of Aviation, Will Roper (Founder & CEO, Istari)
- ・ Airships: A Sustainable Path to Decarbonizing Transportation and Complementing Humanitarian Aid, Alan Weston (CEO, LTA Research & Exploration)
- ・ Opportunities in the Challenging Dynamics of AAM, Robie Samanta Roy (Managing Director, Cerberus Capital Management & Former COO/Federal Strategy, Electra.aero)
- ・ How Whisper Aero Propels the Future of Aviation, Mark Moore (CEO, Whisper Aero)
- ・ To a Faster Future, Lt. Col. Joshua Burger (VC-25B Air Vehicle Program Manager, U.S. Air Force)

(3) アジア太平洋航空宇宙技術国際シンポジウム 2023 (2023 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT-2023)

APISAT-2023 は日韓中豪 4 か国の航空宇宙学会の共催により、2023 年 10 月 16 日（月）～18 日（水）にかけて、陵水[りょうすい]（海南島、中国）にて開催された。

特別講演 5 件、一般講演 315 件（口頭発表）と 138 件のポスター発表が実施された。

【Plenary Lectures】

1. Challenges and Strategies for the Deployment of Sustainable Aviation Fuels, by Dr. Shuiting Ding (Civil Aviation University of China, President)

2. Developing Exceptional Engineers, by Dr. Nicholas Bardell (RMIT University, Melbourne, Australia)
3. Overview of Electric Aircraft Technology Development in KARI, by Dr. Hwang, Chang-Jeon (Korea Aerospace Research Institute)
4. Study of Hydrogen Aircraft from Engineering and Operational Perspectives, by Prof. Kenichi Rinoie (The University of Tokyo, Professor)
5. Progress and Applications of ARI_Boom Software for Sonic Boom Prediction, by Prof. Zhansen Qian (AVIC Aerodynamics Research Institute, Vice President)

(4) ASME Turbo Expo 2023

ASME IGTI (米国機械学会ガスタービン部門)が主催するガスタービンに関する国際会議で、論文数 1,000、参加者 3,000 人以上にもものぼる非常に大きな講演会。原則として毎年 6 月に北米、欧州交互に開催されているが、アジア(2016 年、韓国)で開催されることもある。

2023 年は 6 月 26 日～30 日に米国マサチューセッツ州ボストンにて対面形式で開催。エンジンシステムとしての航空エンジンに関するセッションの他、圧縮機、タービン、軸受けなどの要素、非定常流れ、CFD、伝熱、燃焼、制御、材料などの基礎研究、さらに産業用ガスタービンや蒸気タービン風車まで非常に幅広い研究が、20 以上のパラレノレセッションで報告される。論文講演の他、"Tutorial"として専門家が分野をまとめるレクチャーも開催される。機械系の講演会の中でも査読が厳しいことでも知られており、投稿論文は初回投稿のアブストラクト及びプロシーディングスに掲載するフルペーパーで査読を受ける。

【キーノート】

“Pathways to Net-Zero Carbon Emission”

What leaps in innovation and technology are required to meet the net-zero goal by 2050? In this keynote session, industry leaders will examine solutions and pathways forward that strive to balance sustainability, reliability, and affordability. The conversation will be driven by speakers from a variety of professional backgrounds who bring multiple perspectives to this complex challenge.

[スピーカー]

+ Mark Cousin (Chief Technology Officer, Universal Hydrogen)

a leading aviation pioneer with decades of experience at Airbus, where he was the Senior Vice President for Flight Demonstrators and spent a decade doing flight and ground testing of the A340-600, A350, and A380.

+ Anne E. White (Department Head of the Nuclear Science and Engineering Department, MIT)

charged with managing and implementing MIT's new climate action plan.

+ Flavio Leo (Director, Aviation Planning and Strategy, Massachusetts Port Authority) is responsible for near- and long-term aviation planning and policy development related to airport physical planning, airfield and airspace safety, and efficiency initiatives.

[モデレーター]

+ Zolti Spakovszky (Director, MIT Gas Turbine Laboratory)

+ Natalie Smith (Group Leader: Research & Development, Southwest Research Institute)

【プレナリーセッション】

“Gas Turbines for a Sustainable Future”

How will the gas turbine industry respond to the challenge set forth by net-zero goals? This plenary panel will feature leading executives of several gas turbine manufacturers. Given the challenges and opportunities of sustainable aviation and power generation, they will discuss their company's efforts and envisioned technologies to achieve sustainability goals.

[スピーカー]

+ Geoff Hunt (Senior Vice President, Engineering, Pratt & Whitney y)

+ Kathleen O'Brien (Vice President - Technology & Innovation, Siemens Energy)

+ Arjan Hegeman (General Manager Advanced Technology, GE Aerospace)

+ Steve Wellborn (Head of Design System Engineering, Rolls Royce)

[モデレーター]

+ Karen Thole (Distinguished Professor, The Pennsylvania State University)

【プレナリーセッション】

“Workforce Development and Diversity: The Engineer of the Future”

Amid this technology push to meet the 2050 sustainability goals, how must the industry navigate workforce development in a dynamic labor market while also tackling the diversity, equity, and inclusion of that workforce? In this plenary panel, speakers will discuss the Engineer of the Future in light of this challenge.

[スピーカー]

+ Susan Scofield (Vice President of Business Operations, Siemens-Energy)

+ Santosh Hemchandra (Associate Professor, Indian Institute of Science)

+ Joe Allen (Chief Diversity Officer, GE Aerospace)

+ Jacqueline O'Connor (Professor of Mechanical Engineering, The Pennsylvania State University)

[モデレーター]

+ Dimitra-Eirini Diamantidou (PhD Candidate, Mälardalen University / Chair of ASME

SAC)

+ Sean Bradshaw (Senior Fellow, Sustainable Propulsion, Pratt & Whitney / Chair, ASME Gas Turbine Technology Group)

【パネルディスカッション】

“The Role of Government in Pursuing Sustainable Power and Propulsion”

[パネリスト]

+ Arthur Orton (Deputy CLEEN Program Manager, FAA)

+ Robert Schrecengost (Division Director of Hydrogen with Carbon Management, DOE)

+ Jim Heidmann (Acting Director of Advanced Air Vehicles Program, NASA)

+ Mark Scully (Head of Technology: Advanced Systems & Propulsion, ATI)

[モデレーター]

+ Masha Folk (Aerothermal R&T, Rolls-Royce)

+ Reid Berdanier (Associate Research Professor, The Pennsylvania State University)

【パネルディスカッション】

“Empowering the Next Generation: A Student-Focused Panel Discussion on Sustainable Turbomachinery”

A student-focused panel session on sustainable turbomachinery, where esteemed panelists from academia, industry, and government will share their insights on the latest advances and future directions in the field. This engaging session will cover various topics, including the role of education in shaping sustainable practices, decision-making strategies for balancing economic, environmental, and social factors, as well as provide valuable career insights for aspiring researchers and practitioners in turbomachinery.

[パネリスト]

+ Akin Keskin (VP Digital, Rolls-Royce)

+ Andrew Provenza (Deputy Project Manager of Technology for University Innovation, NASA Glenn Research Center)

+ Karen Thole (Distinguished Professor, The Pennsylvania State University)

+ Zolt Spakovszky (Director, MIT Gas Turbine Laboratory)

[モデレーター]

+ Dimitra-Eirini Diamantidou (PhD Candidate, Mälardalen University / Chair of ASME SAC)

+ Dimitrios Bermperis (PhD Candidate, Mälardalen University / Secretary of ASME SAC)

【ミニ・パネルディスカッション】

パネルセッションのうち、航空推進に関連するものを抽出して掲げる。

- # Future Fuels for Stationary and Jet Gas Turbines
- # Hydrogen Demonstrations: What Impacts Are We Seeing and What's Next?
- # Mechanical Assessment Strategies for AM Components
- # Carbon Free Dry low NOx Gas Turbine Combustion Using Hydrogen and Ammonia

【テクニカルセッション】

一般講演セッションのテーマのうち、航空推進に関連するものを抽出し、分野別に整理して掲げる。

- # Aircraft Engine
- # Ceramics and Ceramic Composites
- # Combustion, Fuels & Emissions
- # Controls, Diagnostics & Instrumentation
- # Cycle Innovations
- # Electric Power
- # Fans and Blowers
- # Heat Transfer: Combustors
- # Heat Transfer: Film Cooling
- # Heat Transfer: General Interest/ Additive Manufacturing Impacts on Heat Transfer
- # Heat Transfer: Internal Air Systems
- # Heat Transfer: Internal Cooling
- # Manufacturing Materials & Metallurgy
- # Structures and Dynamics: Aerodynamics Excitation & Damping
- # Structures and Dynamics: Bearing & Seal Dynamics
- # Structures and Dynamics: Emerging Methods in Design & Eng.
- # Structures and Dynamics: Fatigue, Fracture & Life Prediction
- # Structures and Dynamics: Probabilistic Methods
- # Structures and Dynamics: Rotordynamics
- # Structures and Dynamics: Structural Mechanics & Vibration
- # Turbomachinery: Axial Flow Fan & Compressor Aerodynamics
- # Turbomachinery: Axial Flow Turbine Aerodynamics
- # Turbomachinery: Deposition, Erosion, Fouling, and Icing
- # Turbomachinery: Design Methods & CFD Modeling for Turbomachinery
- # Turbomachinery: Ducts, Noise & Component Interactions
- # Turbomachinery: Multidisciplinary Design Approaches, Optimization, and

Uncertainty Quantification

Turbomachinery: Radial Turbomachinery Aerodynamics

Turbomachinery: Unsteady Flows in Turbomachinery

第4章 2023年度海外調査報告

4.1 調査目的

技術開発動向調査委員会の2023年度活動における調査の一環として、主要民間航空機／エンジンメーカーでの生産状況や、主要メーカーに加え新興スタートアップ企業や研究機関等における研究開発取組状況、特に脱炭素関連対策やCbA（Certification by Analysis）などデジタル化対応を含めた次世代や将来の機体及びエンジンの技術開発・研究開発の動向について、研究者、技術者と研究紹介や意見交換、施設調査を通して実地調査を行う。主要調査テーマは以下の通り。

- ・将来航空機の研究開発動向：脱炭素関連対応（新しい航空機形態、電動化、SAF 対応、水素燃料など）、政府・規制当局・空港等インフラとの連携状況
- ・将来エンジンの研究開発動向：上記の他、高バイパス比・高効率化、水素燃焼対応等
- ・将来航空交通システム、航空管制の研究開発動向：eVTOL 機関連の開発状況、運航効率化、自律飛行制御関連、遠隔航空管制等
- ・DX 技術関連動向：CbA 等含むデジタル化対応状況

4.2 調査概要

(1) 調査訪問先の選定

前回の欧州調査（平成29年度）では、主にDLR等の研究機関、並びにAirbus社等の主要企業を視察した。2022年度は、温暖化対策の観点で注目を集めるエンジン関連企業として米国のGE Aviation社、Pratt & Whitney社と、シミュレーション関連大手のCAE Inc.社を視察した。2023年度は環境対応関連取組の盛んな欧州を調査することとし、研究機関としてONERA、主要機体メーカーとしてAirbus社、主要エンジンメーカーとしてRolls-Royce社、そして環境関連並びにeVTOL機関連の新興スタートアップ企業として、ZeroAvia社、Vertical Aerospace社を訪問視察した。

① ONERA

フランスに本拠を置く欧州有数の航空宇宙研究機関。風洞関連など欧州最大の設備なども保有する。防衛・民間をカバーし、基礎研究に重点を置いた取組と企業等と連携した製品直結するような研究取組も行っている。日本のJAXA、ドイツのDLRと提携している。

② Airbus 社

フランスに本拠を置く世界の主要航空機メーカーで米国Boeing社とならび民間旅客機市場を二分する二大巨頭のひとつ。民間用から防衛用まで、固定翼、回転翼、eVTOL機など幅広い製品群を擁する。

③ Vertical Aerospace 社

英国ブリストルに拠点を置くeVTOL機を開発する新興スタートアップ企業。欧米の株式市場にも上場。eVTOL機メーカーとして2016年に会社設立、eVTOL機として

VX4 を開発中であり、2025 年大阪万博でも商用飛行デモを行う eVTOL 機メーカー4 社のうちのひとつ。2023 年時点で試作機の飛行試験に入っており、2026 年 TC 取得を目指している。日本では JAL、丸紅が購入を発表している。

④ ZeroAvia 社

米国と英国に拠点を置く環境対応関連技術の新興スタートアップ企業。水素燃料電池パワートレインの開発を行っており、既存ピストンエンジン、ターボプロップ機のエンジンを水素パワートレインシステムに換装するビジネスを展開中。2025 年に最初の STC 承認取得を目指している。

⑤ Rolls-Royce 社

英国ダービーに開発・製造関連拠点を置く世界の 3 大エンジンメーカーのひとつ。航空機並びに船舶用のエンジン等幅広く対応している。航空機用エンジンとしては大型機向け Trent シリーズや、小型・ビジネス機向け Pearl エンジン等の製造・整備・販売を行っている。戦後から日本との関係も深く、防衛関連でのエンジン供給をはじめ、民間旅客機用エンジンとして V2500 エンジン等の共同開発も行ってきた。将来戦闘機におけるエンジン開発も連携することが決まっている。

(2) 調査日程及び調査団メンバー

ア 日程

2023 年 10 月 29 日（日）：羽田出発、パリ CDG 入り

2023 年 10 月 30 日（月）：ONERA 訪問（移動：パリ→トゥールーズ）

2023 年 10 月 31 日（火）：Airbus 社訪問

2023 年 11 月 1 日（水）：（移動：トゥールーズ→ブリストル）Vertical Aerospace 社訪問

2023 年 11 月 2 日（木）：（移動：ブリストル→ケンブル）

ZeroAvia 社訪問（移動：ケンブル→ダービー）

2023 年 11 月 3 日（金）：Rolls-Royce 社訪問（移動：ダービー→ロンドン）

2023 年 11 月 4 日（土）：ロンドン発

2023 年 11 月 5 日（日）：羽田到着

イ 調査団メンバー

石川 隆司 委員長（調査団長）

今村 太郎 委員

二宮 哲次郎 委員

姫野 武洋 委員

濱本 健司 事務局

(3) 調査結果概要

今年度は、従来同様、主要航空機メーカー、エンジンメーカーの動向とともに、昨今特に注目され、各国取組が強化されている脱炭素・環境対策関連と、空飛ぶクルマと呼ばれる AAM/eVTOL 機関連の最新の開発状況等の調査を主眼として、欧州地域を選定し、1 研究所、4 企業（うち 2 社は新興スタートアップ企業）の 5 箇所を実地訪問調査した。

将来航空機及び将来航空機用エンジンの研究開発において、特に環境に関する挑戦として、欧州各企業・研究機関のいずれも、各国政府機関レベルで定められた 2050 年に達成すべき共通の目標であるカーボンニュートラルを目指して精力的に取り組んでいる。各国研究機関、企業とともにこれらを達成する航空機、エンジン、また AAM/eVTOL 機の開発、またそれらに関する新技術の研究開発に、政府から民間に至るまでの予算・投資増加を背景に、2050 年までに SAF の適用拡大、電動化、水素燃料電池、水素燃焼、またそれらのハイブリッド等や、AAM/eVTOL 機の機体、運用方法等含め、将来的にゲームチェンジャーとなり得る関連技術、社会インフラ等の確立を急加速させている状況が伺えた。一方で、現段階で有力な技術・対策候補も幅広く存在し、その技術的成熟度もさまざまで、各国関係者も最終的なロードマップを含め模索中といった感が強かった。その際、出遅れないよう、考えられる対応策について何らかの施策を講じておく必要性を強く認識しており、多方面への取組や投資が難しい分、各国間、各企業間、また研究機関と企業・大学等の連携による技術開発、対策検討が活発化してきている。

今回の訪問でも、多くの研究機関、企業から日本企業・研究機関・大学等とのコラボレーションを求める声が多く聞かれ、協業に対する関心の高さ、リスクの分担等現実的な開発促進へのアプローチが強まっていることを強く印象づけられた。

我が国としても、これからの大きな革新のための技術開発、社会実装に向けた取組が強化されてきているが、それらすべてを単独の国、機関、企業で対応していくことの限界は必至で、目的、ビジョンを共有できる国、機関、企業、大学等との連携・協業・コラボレーションをより積極的に追求・活用していく必要があると感じられた。

<フランス>

ア ONERA (Paris, Palaiseau, France)

フランスにおける航空関連技術の研究開発状況に関する資料収集、施設調査と意見交換実施。

イ Airbus 社 (Toulouse, France)

民間航空機の最新の開発状況等の資料収集、特に脱炭素化技術について Airbus 社子会社として取り組んでいる Up-Next 社を中心に施設調査、並びに関係者意見交換実施。

<イギリス>

ウ Vertical Aerospace 社 (Bristol, UK)

開発状況、生産状況、技術課題等について施設調査並びに意見交換実施。

エ ZeroAvia 社 (Kemble, UK)

研究開発状況、STC 取得に向けた認証関連取組状況等、施設調査並びに意見交換実施。

オ Rolls-Royce 社 (Derby, UK)

民間航空機用エンジンの最新の技術開発状況等の資料収集、施設調査と意見交換実施。

各訪問先においては、それぞれ主要キーパーソンに長時間対応頂き、研究機関・企業とも現地でなければ見られない、聴けないような内容についてもきめ細かくご紹介・ご説明頂けた。それらに加え日本での大学や研究機関での研究取組等の紹介も行い、幅広い情報収集・意見交換が実施できた。また、最新の工場や設備等、現場ならではの臨場感も感じられた。総じて環境対応に関する対応は積極的に行われており、それぞれの分野をリードする研究・技術開発が行われていることを目の当たりにすることが出来た。大変有意義な調査が行え、貴重な意見・情報を得られたことについてご対応頂いた関係機関・企業各位に感謝申し上げます。

なお、訪問先との調整にあたり、一般社団法人日本航空宇宙工業会 (SJAC) 国際部、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 事業推進部、エアバス・ジャパン株式会社、並びにロールス・ロイス ジャパン株式会社の関係各位にご支援を頂いた。この場を借りて厚く御礼を申し上げます。

4.3 調査成果

4.3.1 ONERA⁽¹⁾

(1) ONERA 概要

ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales)は、フランス国防省管轄下のフランスの航空宇宙センターである。産業活動を支援する研究機関として、航空宇宙分野及び防衛分野の技術革新と競争力向上に貢献する応用指向の研究を行っている。1946年に「国立航空研究局」として設立、2007年に「航空宇宙研究所」と改称された。

予算は、政府からとそれ以外の契約に基づくもので、2022年度は€277milの予算のうち、€111.5milが政府等の公的な資金で、€165.5milが契約により獲得した資金となる。契約の内訳は、防衛が50%、航空が30~35%、宇宙が15~20%となっており、デュアルユースも多い。予算については、2020年以降は契約が増えており、予算が増えている。脱炭素化に関連して多くの予算がつぎ込まれている。軍事の面でも新しいプログラムが始まっていることも関係している。COVID-19で航空産業が影響を受けたので、政府の支援プランがあり、新しい技術に投資している。

組織員数は2,135人で、1,679人の専門家、341人の博士課程の学生、19人のポスドクなどから構成される。人員の採用については、ONERAで経験を積んだ人が産業界に行ってしまうという課題を抱えており、人材の確保に苦労している。Ph. Dの学生が増えており、100人くらいの新人をとって定年退職と離職者を穴埋めしている。

米国のNASAや我が国のJAXAとは異なり、ONERAは宇宙開発や宇宙探査の実行機関ではないが、宇宙分野ではフランス宇宙機関(CNES)と欧州宇宙機関(ESA)、防衛分野ではフランス国防機関(DGA)と連携した研究を実施している。将来的に必要な技術を対象とした基礎研究を手掛けるとともに、Airbus社をはじめとする民間企業が主体となる航空宇宙プログラムや防衛プログラムに貢献している。ONERAロゴに描かれた橋は、アカデミアとインダストリーの架け橋を意味する。

(2) 研究について

航空関係のプログラムに関する研究方針の4つの軸は、以下の通り。

- 1 新型航空機：新しい航空機の利用やミッション
- 2 効率化：環境フットプリントの削減
 - エンジン
 - 機体とエンジンの統合
 - 環境と気候への影響
- 3 戦略：効率化、安全性、航空輸送システムの認証に向けたツール
- 4 シミュレーションツール

これらのうち、効率化に関するテーマとして、以下の項目が挙げられる。

- 推進効率の向上

- ✧ オープンファンと機体の干渉

EU のプロジェクト Clean Sky2 (€4bil、2014~2024 年) に参加。

- ✧ 圧縮機の制御

- ✧ ファンの複合材化

- 低炭素燃料へのシフト

- 水素のポテンシャルの検討

- 飛行機雲の研究

煤の影響や飛行機雲の生成から消滅までのモデル化する。モデルの検証方法は、衛星写真や気象データなどと組み合わせて評価する計画だが、有効性の評価は難しい。来年、レーダーを打ち上げて実際に計測する計画。

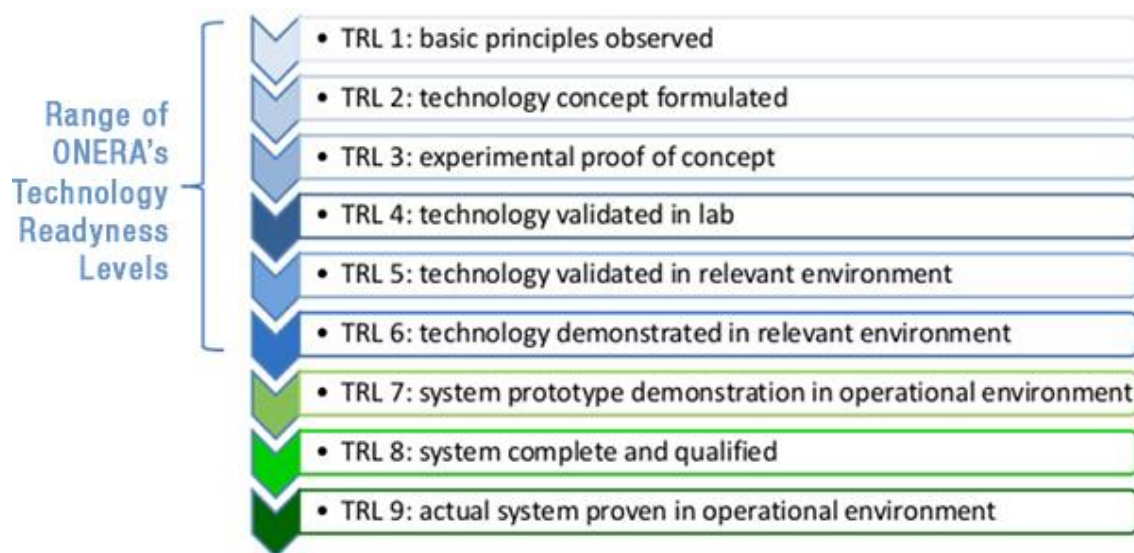


図 4.3.1-1 ONERA が対象とする TRL

(3) 設備について

◆ONERA の風洞

3 つの大型風洞（図 4.3.1-2、表 4.3.1-1）を基盤とする 10 の風洞試験設備を保有。



図 4.3.1-2 ONERA の風洞試験設備（ONERA 提供資料より）

◆ONERA の燃焼試験設備

エンジン用の大型設備は、パリとトゥールーズに2つずつ保有。

- M1: マルチセクター燃焼器。高層空気から低層空気までの条件に対応可。
- MCADO: シングルセクター
- LACOM: インジェクター
- MERCATO: インジェクター

これらの設備は、シミュレーションツールの検証のために役立てられている。

◆設備整備について

フランス政府は、5年ごとくらいで設備が最新の技術を維持できるように投資している。フランス政府だけでなく、EU政府、地方政府からも資金を得ることが可能。地方政府はEUから資金を獲得し、それを分配する。ONERAでは、民間航空局、軍、省などから資金を獲得するため、どこに優先順位をつけて申請するかが重要となる。

航空宇宙産業界には大きなプレイヤーがいることは、設備を整備する上でチャンスである一方、彼らも設備を持っているという欠点になる。ONERAは20年先を見据えて、新しいシステム、航空機に必要な設備を産業界に見せる必要があると考えている。

表 4.3.1-1 主要風洞試験設備の概要

Facility	Type Power	Test section L x H	Velocity/ Mach number	Reynolds number based on 0.1VA	Main applications Optical measurement capabilities: <i>Particle Image Velocimetry</i> <i>Pressure Sensitive Paints</i> <i>Model Deformation Measurement</i>
F1 Fauga-Mauzac	Continuous Pressurized 9.5 MW	Cart 1 4.5 x 3.5 m Cart 2/4 4.5 x 3.5 m Cart 3 4.5 x 3.5 m	$M \leq 0.36$ ≤ 123 m/s $M \leq 0.36$ 123 m/s $M \leq 0.36$ ≤ 123 m/s	$8 \cdot 10^6$ $8 \cdot 10^6$ $8 \cdot 10^6$	Model mounts: sting, 3 masts, single mast $\frac{1}{2}$ models with engine simulators Ground effects Air inlets, with or without ground effect PIV, PSP, MDM
S1MA Modane-Avrieux	Continuous Atmospheric 88 MW	Transonic 3 carts → 8 m	Mach < 1	$7 \cdot 10^6$	$\frac{1}{2}$ models, with engine simulators Model mounts: sting or mast Laminar flow tests Air inlets Captive trajectory system Rotating wings, rotors Aeroacoustic measurement capabilities Sting interferences determined with CFD PSP, MDM
S2MA Modane-Avrieux	Continuous pressurized 55 MW	Transonic 1.75 x 1.77 m Supersonic 1.75 x 1.93 m	$M \leq 1.5$ $1.5 \leq M \leq 3.0$	$5.4 \cdot 10^6$ $4.0 \cdot 10^6$	Model mounts: sting or wall $\frac{1}{2}$ models with engine simulators Captive trajectories/stores release Air inlets Simulation of hot or cold jets Dynamic stability PIV, PSP, MDM

4.3.2 Airbus 社⁽²⁾

(1) Airbus 社概要

欧州の航空宇宙企業であり、米国 Boeing 社と世界市場を二分する巨大企業である。1960 年代における米国企業による旅客機市場の寡占に欧州諸国が危機感を抱く中、1970 年にフランスのアエロスペース社と西ドイツのドイツエアバス社による共同出資で設立し、英国のブリティッシュ・エアロスペース (BAe) 社とスペインの CASA 社も参加して 4 か国体制で中型機 (A300) 開発を開始した。欧州の航空防衛企業を合併して EADS (European Aeronautic Defense and Space Company) が設立された際には、その傘下に入った。2013 年に、EADS は Airbus 社に名称変更 (法的な社名変更は 2014 年) し、

(1) Civil : 商用機に特化した Airbus

(2) Defense : 防衛・宇宙関連の Airbus Defense & Space

(3) Helicopter : Airbus Helicopters

の 3 部門へ再編した。中国の国有企業である中国航空工業集团公司との合併で天津に EU 域外では初となる生産拠点を開設したのに続き、2015 年には米国初の製造拠点も完成し、世界中に工場・従業員を持つグローバル企業である。

現在は約 8,500 機のバックログがあり約 10 年分の生産量に相当する。狭胴機の生産数は 2023 年時点で平均で月産約 47 機であるが、2026 年までには月産 75 機とする計画である。

2042 年には 46,560 機の旅客機が運用されているとの予測しており、その内訳は、現在運用中の機体のうち継続して利用される機体は 5,710 機、代替機体は 17,170 機、増加する機体が 23,680 機である。つまり、新規に 40,850 機を製造する必要があると予測している。

(2) 訪問施設概要

Airbus UpNext 社の campus tour が行われた。UpNext 社はまだ十分に成熟していない TRL の低い技術に投資し、その技術開発を加速することを狙うベンチャー的な雰囲気を持つ Airbus 社の子会社である。TRL の低い技術の可能性を示すことが目標であり、必ずしも TRL を上げることを目指していない。

訪問においては、Airbus 社全般概況含め、以下テーマでの Airbus 社からの説明に加え、IADF 側から各委員をはじめとする日本側での研究取組等を紹介、技術ディスカッションを行った。

- ・ UpNext presentation & Airbus Decarbonation strategy presentation、
UpNext Campus visit
- ・ CFRP trend presentation followed by Q&A's
- ・ ZEROe hydrogen system design philosophy presentation followed by
IADF presentation and Q&A's
- ・ Aerodynamics and autonomy presentation by Sebastien Blanc followed
by IADF presentation and Q&A's

(3) Airbus 社 (Airbus UpNext 社) の技術開発動向

訪問先である Airbus UpNext 社の技術開発への取組状況を示す。

a VERTEX

ヘリコプターを操縦するパイロットの作業負担低減を実証するプロジェクト。タブレットで **waypoint** を入力することで、自動で飛行し、パイロットの作業負担を低減する。ヘリの操縦は大変なので、作業に注力できるように機体にカメラ等を取り付け、障害物などの環境を把握し、安全に自動飛行を行う。

b eXtra Performance Wing

翼幅を伸ばした機体の飛行実証プロジェクト。巡航時の誘導抵抗低減にはアスペクト比を大きくする（翼幅を伸ばす）ことが有効であるが、一方で、翼根にかかる曲げモーメントが増大し、構造の観点で厳しくなる。突風や乱気流が遭遇時に翼端付近にあるヒンジのロックが外れ、主翼が折れ曲がることにより、翼根にかかる曲げモーメントを緩和する。2025 年に飛行試験予定。その他にも、主翼には複数のアクティブ制御技術が搭載されているとのこと（突風センサー、ポップアップ・スポイラー、多機能トレーリング・エッジ等）

c HyPower

完全に水素で生成された補助電力を飛行実証するプロジェクト。推進器以外（空調の電力等）を置き換える。水素を用いる時のオペレーション、認証、ハンドリングについてリスク要因を解消することを目指す。Fuel cell を大型機 (A330) に搭載し実飛行環境 (up to FL330、1 時間以上の飛行) で実証する。GH2、”Off the shelf tank”を使用する予定とのこと。

d ASCEND

LH2（極低温燃料）の特性を生かし、超電導技術により電動推進システムの性能大幅向上を目指すプロジェクト。500kW のパワートレインは、① 超電導配電システム（ケーブル及び保護装置を含む）、② 極低温冷却モーター・コントロール・ユニット、③ 超電導モーター、④ 極低温システム、から構成される。

e Blue Condor

水素燃焼が飛行機雲の生成に与える影響を評価するプロジェクト。改良したグライダーを FL330（通常は FL100 まで）で飛行させ、飛行機から排出される飛行機雲や NOx 等の CO₂ 以外の排気を計測する予定。

以降の図表・スライドは Airbus 社ご厚意により掲載させて頂いている。Airbus 社の許可なく転載禁止。

(The information in the slide images are proprietary and confidential to Airbus – copying and onward distribution is prohibited without explicit approval from Airbus.)



図 4.3.2-1 H130 VERTEX ⁽⁶⁾



図 4.3.2-2 eXtra Performance Wing demonstrator ⁽⁷⁾



図 4.3.2-3 HyPower ⁽⁸⁾

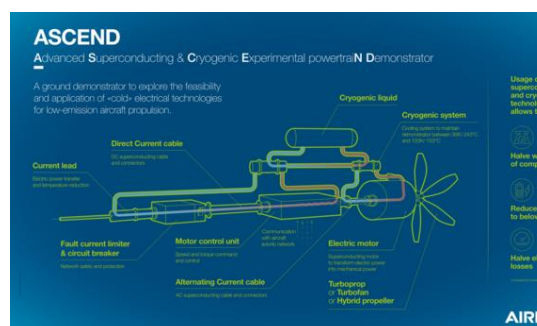


図 4.3.2-4 HyPower ⁽⁹⁾



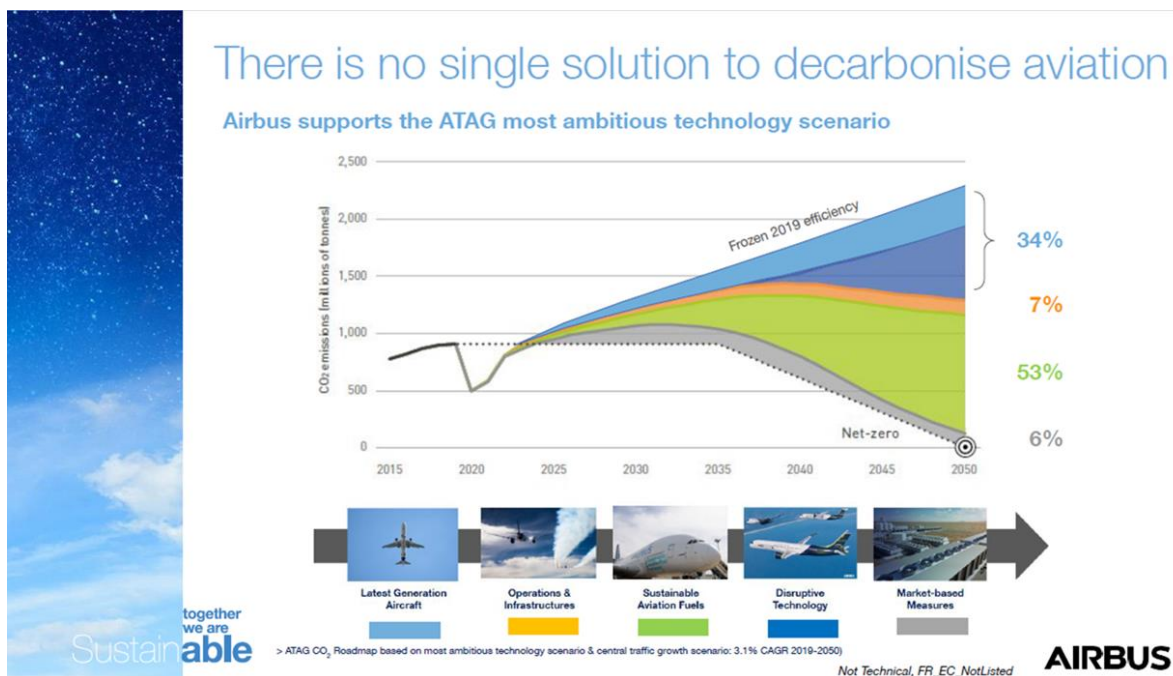
図 4.3.2-5 Blue Condor ⁽¹⁰⁾



図 4.3.2-6 AlbatrossOne ⁽¹¹⁾

図 4.3.2-1～6 Airbus 社(Up-Next 社)各種取組

◆AIRBUS Up-Next 社プレゼンテーション (9 スライド)



Respecting the planet



HyPower

Acceleration and in-flight testing of a hydrogen based. Non Propulsive Energy system using a CFRP H2 tank.



ASCEND

Take benefit of cold fuel such as liquid H2 to increase significantly performances of electrical propulsion system



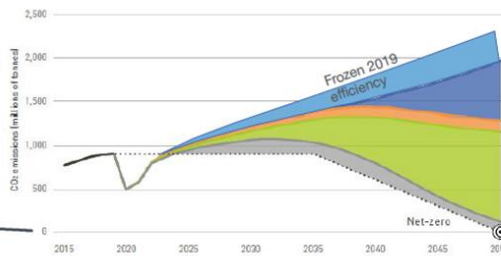
Blue Condor

Analyse hydrogen combustion impact on contrail properties



eXtra Performance Wing

Fly a representative wing at cruise speeds, with active control technology and associated technology bricks.



Airbus Amber

VERTEX

demonstrate large simplification of VTOL-craft mission preparation and control enabling a non-pilot using very simple and intuitive devices to control the flight on an H130 demonstration craft



Auto'Mate

Autonomous Vision Based Air to Air Refuelling Demonstrator for existing aircraft and future drones

Ongoing - Not Public
...yet!

Not Technical, FR_EC_NotListed

AIRBUS



HyPower

An A330 with a tail cone modified to test a H₂ Fuel Cell inflight to provide onboard energy



eXtra performance Wing

Fly a new moving wing with active control technologies at representative cruise speeds



VERTEX

Enabling a non-pilot using very simple and intuitive devices to control the flight on a helicopter

Make the unthinkable real



ASCEND

Leveraging cryogenic H₂ to introduce superconductivity and unlock unforeseen electrical performance



Auto'Mate

Autonomous Vision Based Air to Air Refuelling Demonstrator for existing aircraft and future drones



Blue Condor

Flying a glider retrofitted with a custom H₂ engine to produce H₂ contrails and analyse its properties



Other projects

Not revealed yet - newer cutting edge technologies are constantly accessed

UpNext

AIRBUS

Not Technical, FR_EC_NotListed

Respecting the **planet**

Latest generation aircraft - examples



- **Next generation of aircraft would have more efficient wings**
- A key way to achieve this is with a higher Aspect Ratio (wider wings)
- The eXtra Performance Wing demonstrator will experiment how this can be done with moving wings

Not Technical, FR_EC_NotListed

AIRBUS

Respecting the **planet**

Sustainable Aviation Fuel - examples



- **Projects like Volcan are currently investigating the precise benefit of SAF**
- In parallel the Blue Condor Demonstrator measures the contrails form when using hydrogen Direct Burn for propulsion

Not Technical, FR_EC_NotListed

AIRBUS

Respecting the **planet**
Disruptive
technologies



- Our ambition is to bring to the market a hydrogen powered aircraft by 2035
- We are currently looking at three concepts and maturing the required technologies
- Active on the H2 ecosystem: part of international organisations and coalitions and signing multiple partnerships

Not Technical, FR_EC_NotListed

AIRBUS

Respecting the **planet**
Disruptive
technologies - examples



- The HyPower demonstrator will fly a hydrogen fuel cell on a large aircraft and in realistic flight conditions before 2025.
- De-risking H2 operations, certification and handling.

Not Technical, FR_EC_NotListed

AIRBUS



together we are Sustainable

- Airbus committed to take a leadership position to decarbonise aviation
- Airbus engages with the entire ecosystem
- Airbus focuses its innovation portfolio on projects towards these targets.

Not Technical, FR, EC, Not Listed

なお、Airbus 社全体では、脱炭素に向けた主要プロジェクトとして ZEROe プロジェクトや、複合材料についての研究、自律飛行化のための研究等、幅広く取り組まれている。

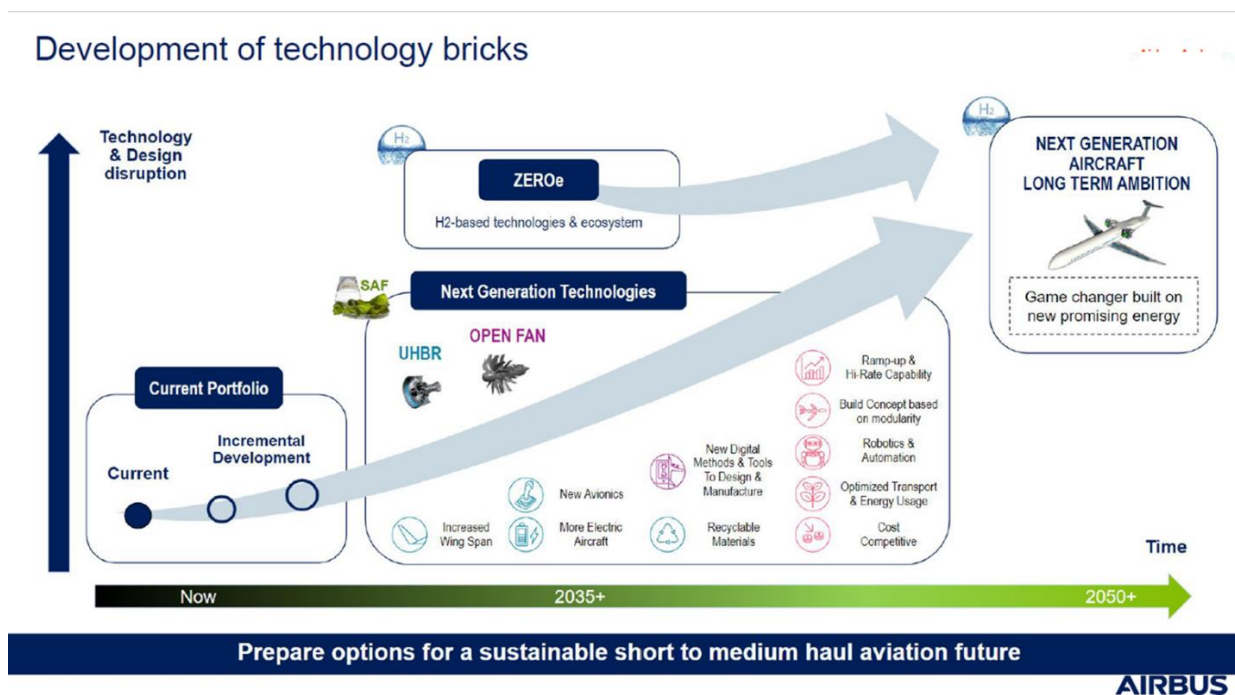


図 4.3.2-7 Airbus 社の長期的技術開発取組 (Airbus 社説明資料)

4.3.3 Vertical Aerospace 社⁽³⁾

(1) Vertical Aerospace 社概要

電動垂直離着陸機（eVTOL 機）を設計・製造するスタートアップ企業。創業者は、大手電力会社 OAC の設立者で、F1 チームをたたむときに、エンジニアリングチームを維持するために空飛ぶクルマを開始した（2014 年）。

300 人の従業員の中には、Rolls-Royce 社、Airbus 社、EASA (European Union Aviation Safety Agency)、CAA (Civil Aviation Authority; 英国の航空当局)、Joby Aviation 社、エアライン等、幅広い航空産業界の出身者がいる。

典型的な航空の OEM の役割を目指している。各パートナーの技術を集約して機体開発を進めており、航空機産業の Tier 1 と提携したいと考えている。2 年前にニューヨーク証券取引所 (NYSE) に上場後、Honeywell 社、Rolls-Royce 社、EASA、CAA、Joby Aviation 社などと連携している。

研究開発については、大学と連携して進めている。

(2) VX4 の概要

現在開発中の VX4 の外観を図 4.3.3-1 に、主要スペックを表 4.3.3-1 に示す。電動推進ユニットは、主翼の前部、後部にそれぞれ 4 基ずつ、合計 8 基を搭載している。インバーターと電池も 8 系統あり、故障に対応できるように、クロスフィードが可能になっている。電池寿命は機体寿命に比べて短いため、定期的な交換が必要である。このことから、電池の性能向上に伴い飛行距離が延びる見込みである。バードストライク等があっても大丈夫のように、壊れやすいノーズの背後には致命的な機器は置かず、プロペラは一部が壊れてもカスケードで他のプロペラには影響が出ないような設計になっている。現在 1,500 機の受注があり、欧米日韓が主たる顧客である。各国でパートナーシップを深めていきたいと考えている。



図 4.3.3-1 飛行中の VX4 1 号機 (Vertical Aerospace 社 HP より)

表 4.3.3-1 VX4 の諸元

全長	全幅	全高	速度	飛行距離	乗員	乗客
13m	15m	4m	240km/h	160km	1 名	4 名

(3) VX4 認証プログラム

VX4 の認証については、EASA の SC-VTOL (Special Condition VTOL) の規格での認証取得を目指している。これは世界最高レベルの安全性を要求する規格で、ヘリよりも安全性が高く、旅客機相当の安全性を要求している。主要な政府機関(EASA、FAA(Federal Aviation Administration)、CAA、ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil)、JCAB (Japan Civil Aviation Bureau))とも調整をしながら認証の取得を進めている。

EASA の基準に従った認証を CAA から取得することを目指しており、その後、海外の規制当局からの承認を受ける計画となっている。

これまで 1 号機で 24 回の離着陸を実施し、ホバー性能を確認した。1 号機での飛行試験キャンペーンの終了間際に事故が発生したが、ホバー飛行のエンベロープについてはほぼ検証が完了した。今後は、現在製造中の 2 号機を使用した固定翼モードを検証する計画となっている。また、エアショー等でデモフライトを計画している。

(4) 我が国との連携について

我が国は有力な市場であり、丸紅から 200 機、JAL から最大 100 機の受注をしている。JAL は、他のエアライン (アメリカン航空など) と同様に、従来の空港からの新しいサービスを検討している。Vertical Aerospace 社は、丸紅・日本航空と連携しながら大阪万博での飛行を目指しており、万博を契機に日本の AAM (Advanced Air Mobility) の育成に取り組む。事業化だけでなく、日本の産業界との戦略的提携の可能性を模索している。VX4 については、飛行距離が短いため、アジアに組み立て拠点が必要であり、アフターマーケットを含めて、日本の産業界との協力体制を検討している。Vertical Aerospace 社の方針として、既存の航空宇宙産業の Tier 1 企業とパートナーシップを提携してその知見を活用する方針であるため、日本の重工はじめメーカーとの連携に興味を持っている。

(5) 設備について

社内にあるインハウスで作成したエンジニアリングシミュレーター等の見学を行った。数学モデルは、機体に搭載されている制御ソフトや、サプライヤーが提供したアクチュエーターの数学モデル、風試や CFD を元に作成された空力モデル等が使われている。

4.3.4 ZeroAvia 社⁽⁴⁾

(1) ZeroAvia 社概要

英国と米国に拠点を置く水素電動航空機の開発会社。2017 年に米国で設立され、2020 年に英国クランフィールドに移転した。水素電動パワートレイン (H2-Electric) である ZA250 型を開発し、2020 年には、6 人乗り機体の 8 分間の飛行に成功した。現在、地域航空機用の 600kW 級 ZA600 型と、2MW 級の ZA2000 型の水素電動パワートレイン開発を推進中である。2025 年までに 9~19 席の航空機で航続距離 300 マイル、2027 年までに 40~80 席の航空機で航続距離 700 マイルを目標としている。ZeroAvia 社は 2023 年 1 月 19 日、HyFlyer II プロジェクトの一環として、19 人乗りの Dornier 228 双発機テストベッド形態の初飛行に成功した。すでに CAA と FAA から 2 機の試作機の実験証明書を取得し、重要な飛行試験のマイルストーンに合格し、主要な航空機 OEM や世界の主要航空会社と多くの提携関係を築いており、2025 年の商業運航に向けて順調に進んでいる。同社の拡大する英国事業は、英国の Aerospace Technology Institute (ATI) と Innovate UK からの助成金によって支えられており、ZeroAvia 社は英国政府の Jet Zero Council の一員である。

(2) 訪問施設概要

コッツウォルド空港近くにある第二次世界大戦の時に作られたハンガー内に、複数の実験室、設計室、会議室が設置されている。

- a. Dornier 228 : 左舷側のエンジンを電動モーターに換装。主翼を取り外してから、モーター取り付け作業を行うことによって、機体側・エンジン側で並行して作業ができると同時に、事故などが発生した時の機体への悪影響がないようにしたもの。
- b. Piper Malibu Mirage two-seater : 着陸に失敗した機体。ハンガーの 2 階にある設計室から、Dornier 228 と Piper Malibu の機体が見えるとのこと。特に事故機も見えるようにすることで、設計者への教訓としている。

(3) ZeroAvia 社の技術開発動向

推進システムの温暖化効果の 2/3 は CO₂ 以外に由来し、水素燃焼エンジンもまた NO_x や飛行機雲を生成するため、水素燃料電池は気候変動に対する最適解と主張。機体 (airframe) 開発は自ら行わず、既存機体の推進システムを水素電動パワートレインに換装する形で実証を試みる。

水素設備を自前で整備している。安全性については一定の基準に従っているが、将来的にスケールアップをしていく上では課題がある。英国には水素を販売する会社が事実上ないため、水素製造設備も自前で準備する必要がある。将来的には、英国に水素の市場の可能性があることを示すことも重要だと考えている。

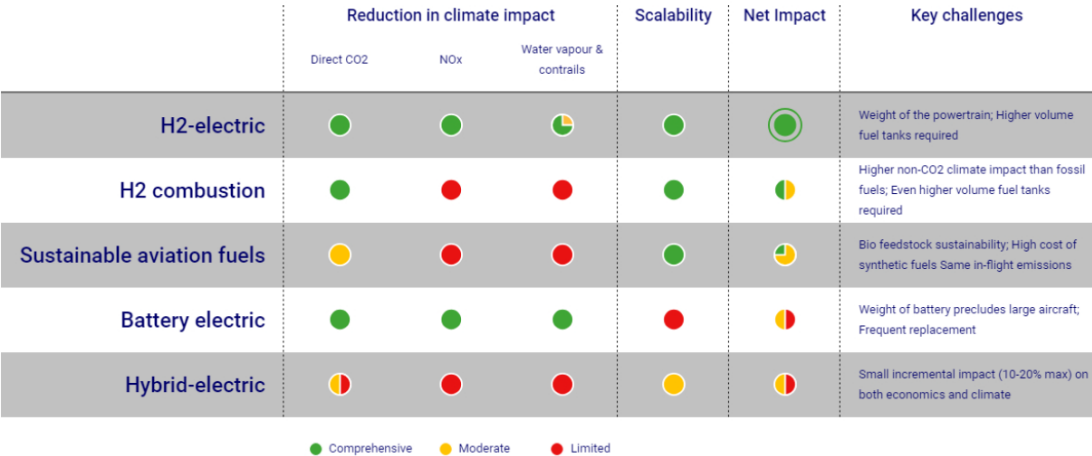


図 4.3.4-1 異なるエネルギー／推進システムの比較 (ZeroAvia 社 HP より)

4.3.5 Rolls-Royce 社⁽⁵⁾

(1) Rolls-Royce (RR) 社概要

Rolls-Royce Holdings 社は、英国に本拠地を置く多国籍企業。航空機用エンジンの開発・生産を主力とし、防衛航空宇宙、艦船、発電等も手がける。米国の GE 社、P&W 社と並んで、三大航空エンジンメーカーの一つに数えられる。

1906 年に自動車製造会社として設立。1914 年に航空機エンジン製作を開始。設立者の一人であるヘンリー・ロイスが設計して 1935 年に完成したマーリンエンジンは、第二次世界大戦で連合国航空機に多数搭載された。1960 年代、RB211 ターボファンエンジンの開発過程で、炭素繊維製ファンブレードのバードストライク試験に難航し、自動車部門の不振と共に経営難に陥り 1971 年に経営破綻。英国政府により国有化され、自動車部門を分離。航空機エンジン部門は国有企業として事業継続、1987 年に再度民営化された。1990 年には BMW 社と合併で BMW Rolls-Royce 社を設立したが、現在は 100%RR 社が買い戻し、本社に統合した。1995 年には米国の航空機エンジン製造会社である Alison Engine 社を傘下に収めた。

同社のターボファンエンジンは 3 軸式という特徴がある。またファンブレードはチタンの板を 3 重に重ねて拡散接合で接合して内部から加圧して成形された中空のファンブレードを採用。ただし、現在開発中の UltraFan シリーズでは、炭素繊維複合材とチタン合金を組み合わせたカーボンチタンを採用する。

2022 年業績は、RR 社全社として売上 £ 12,700mil、利益 £ 650mil、受注残高 £ 60,200mil。全社売上の 45%を占める民間航空部門は、売上 £ 5,700mil、利益 £ 140mil、受注残高 £ 47,700mil であり、売上においてサービス提供が 65%と、製品販売 (35%) を上まわる。また機種別では、売上の 70%を広胴機向け大型エンジン (Trent エンジン等) が占め、ビジネスジェット等に搭載される小型エンジン (AE エンジン、BR エンジン等) が 21%、狭胴機向けエンジン (V2500 エンジン) が 5%とのこと。特に、広胴機向けエンジンの世界シェアは 2008 年以降トップ、現在の受注残で 50%を超えるとされ、今後 2043 年までに 4,000 台以上の Trent エンジン出荷を予測。

(2) 訪問施設概要

訪問したのは RR 社の民間航空機用エンジンの開発・製造拠点がある英国ダービーで、各種製造・試験エリアが集中する地区である。施設の実地調査として、RR 社で最大の運転試験場であるテストベッド 80 の建屋においてその試験準備室とテストベッド 80 を訪問した。

試験準備室では技術実証エンジン UltraFan の試験前準備作業が進められており、テストベッド 80 では搭載された UltraFan を見学した。

以降の図表・スライドは RR 社ご厚意により掲載させて頂いている。Rolls-Royce 社の許

可なく転載禁止。

(The information in the slide images are proprietary and confidential to Rolls-Royce – copying and onward distribution is prohibited without explicit approval from Rolls-Royce.)

(3) RR 社の技術開発動向

(3)-1：将来技術展望

低炭素社会の実現へ向けた「持続可能な開発目標」の観点から、運輸分野においても航空機に対する化石燃料消費量（FB：Fuel Burn）の削減が強く求められており、その実現へ向けた有望な選択肢として、近い将来には持続可能な航空燃料(SAF)、その先には電動化、水素化に適応した推進システムの研究開発を進める展望を描いている（図 4.3.5-1）。

2050 年までの間、無人から少人数の小型短距離機用の推進システムは、化学電池あるいは燃料電池をエネルギー源とする電動推進への転換が進展するが、リージョナル機（50 席級）から狭胴機（100 席級・単通路）、及び広胴機（200 席以上級・双通路）用の推進システムでは、依然としてガスタービン（GT）が動力源になると予想する。電装品軽量化や、極低温流体管理の技術革新が進めば、狭胴機に電動ハイブリッド GT や水素燃料 GT が採用される可能性もある。

とりわけ、航空輸送分野でのエネルギー消費で大きな割合を占める狭胴機・広胴機の低炭素化へ向けた推進システムの技術開発課題として、

+ Less Fuel ：GT 技術のさらなる向上。

+ Greener Fuel ：SAF の適用

+ Zero-carbon Fuel ：水素技術、電動化技術の開発と社会実装

を掲げ、これらの開発研究を通じて、引き続き航空推進分野での重要な地位を占めるという戦略を持っている。

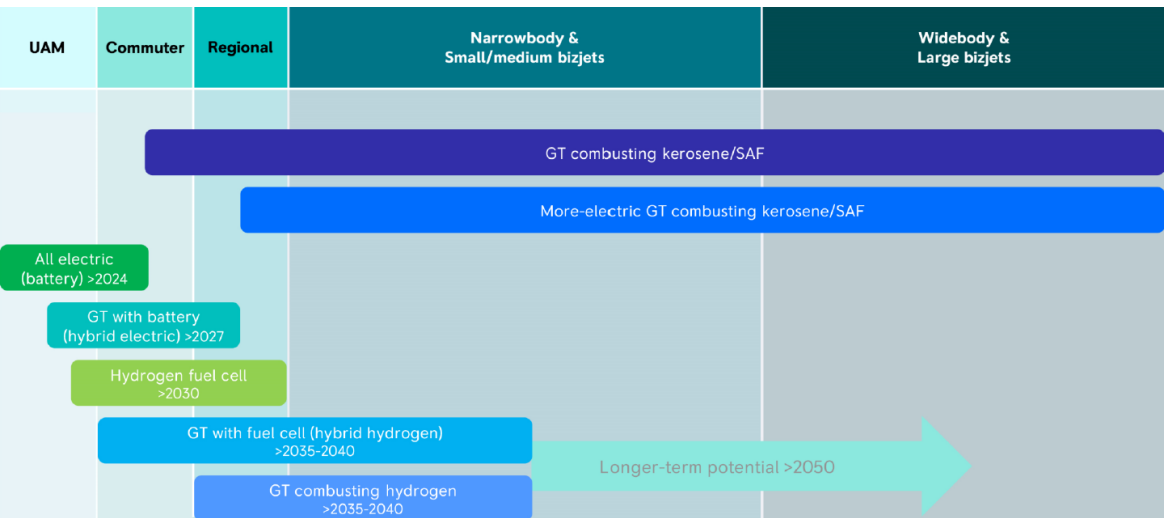


図 4.3.5-1 機体規模に応じて適用される低炭素化技術の展望

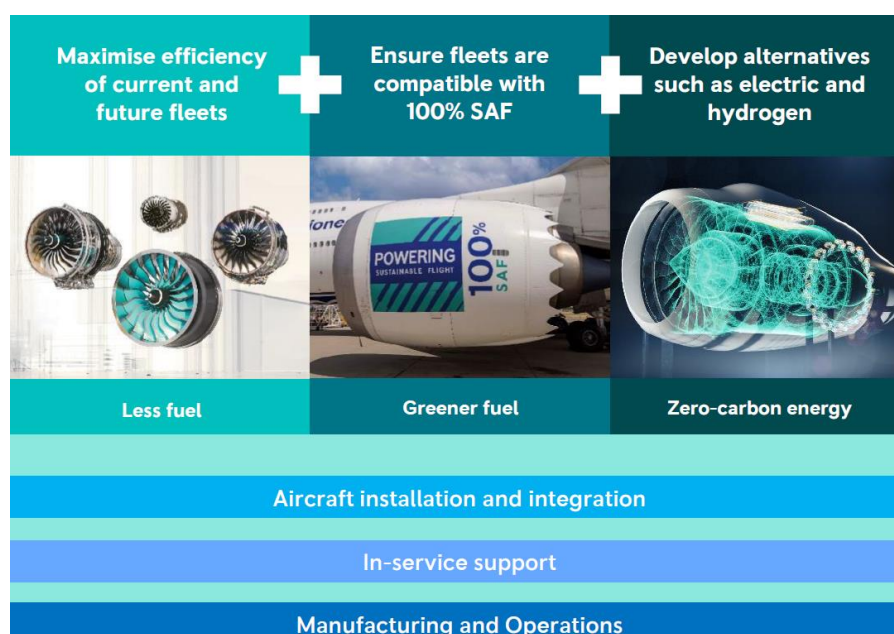


図 4.3.5-2 狭胴機・広胴機の低炭素化に向けた推進システム技術課題

(3)-2：市場展望

同社の収益構造は、民間エンジン 45%、防衛用エンジン 30%、残りがパワーシステム。電動航空機及び小型原子力発電(SMR)部門はまだ利益を生み出す段階にない。同社のビジネスモデルは、飛行時間に応じて収益が増加するため、COVID-19 は大きな減益要因となり、一時£ 6,000mil の負債を抱えた。その後、負債は£ 2,800mil まで圧縮されたが、事業分野の見直しなどを含め、バランスシート改善を目指している。

開発計画は、機体メーカーとの共通認識に基づいて策定。具体的な案件としては、CAEP 並びに（航空環境保全委員会）により 2027 年以降の規制対象となる 767F の代替として、貨物機の開発が進められている。また今後の主要 OEM による新型機開発は 2030 年代中頃とされている。RR 社としても、機会があれば狭胴機向エンジンへの再参入を狙っている。

(3)-3：ガスタービン技術戦略

研究開発への取組としては、2023 年の投資額が£ 1,300mil。キーテクノロジー単位で設置された大学テクノロジーセンター（UTC）は世界の 31 か所に広がり、重要な技術研究ネットワークが構築されている。

大型エンジン Trent シリーズの進化として、2018 年に型式証明取得した A330neo 用エンジン Trent 7000 エンジン（従来の Trent 700 の経験、Trent 1000-TEN の構造、Trent XWB の最新技術を反映）を紹介すると共に、A350XWB 用エンジン Trent XWB を進化させ、中圧系及び高圧系の仕事配分を見直し 2020 年代投入予定の Advance エンジン、更には低圧タービンを無くしファンがパワーギヤボックスを介して中圧タービンにより駆動される、2020 年代後半には投入可能となる UltraFan エンジンが紹介された（図 4.3.5-3）。

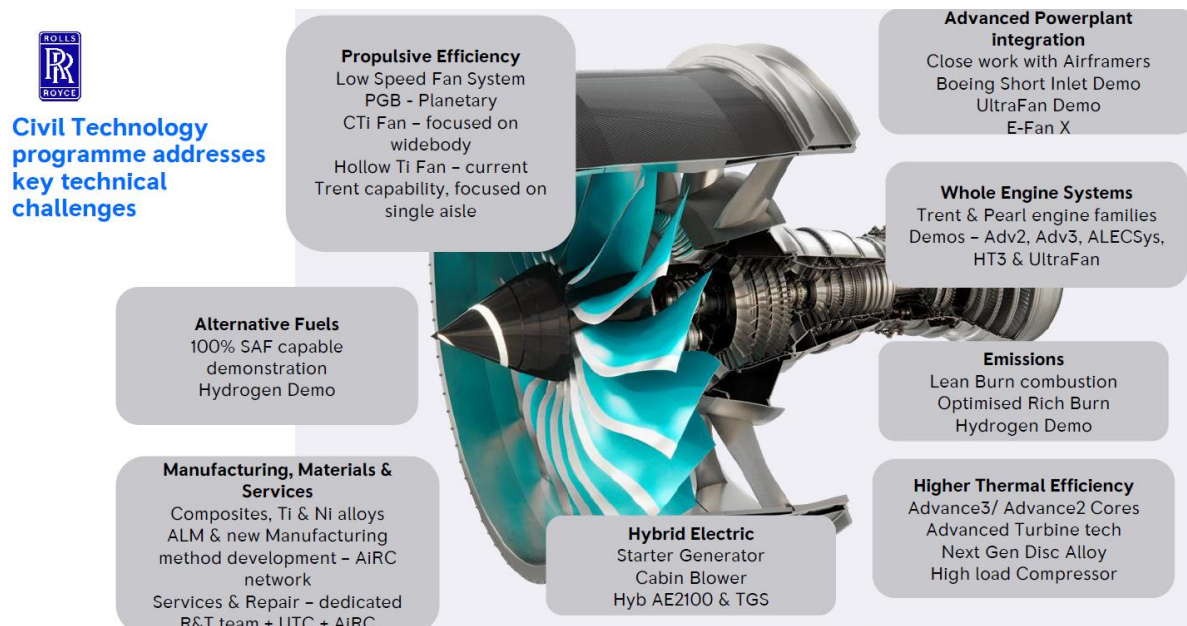


図 4.3.5-3 民間エンジンに関する重要技術課題と開発プログラム

将来エンジン技術の研究開発への取組として以下が紹介された。

[1] Carbon Titanium (CTi) Fan System :

前縁に Ti 材を装着した炭素複合材製ファン。

[2] Robust Lean Burn Combustion System : 図 4.3.5-4

低 NO_x、低排出物を目指した希薄燃焼技術実証。Trent1000 エンジンに組み込んで地上及び飛行実証を実施。SAF 割合 100%燃料での試験も実施。

[3] Advanced High Temperature Capability : 図 4.3.5-5

セラミック（炭化ケイ素系、酸化物系）基複合材や次世代単結晶材・ディスク材の先進耐熱性材料、並びに先進遮熱コーティングや先進冷却を取り込んで試験。

[4] Advance 3 Core Demonstrator : 図 4.3.5-6

高性能コアエンジン技術実証。2023 年までに全体圧力比 50 を達成。

[5] Boeing Short Inlet : 図 4.3.5-7

ファンの大口径化に伴う重量増と抵抗増の抑制を狙い、空気取入口の短縮化の実現性評価を行った Boeing 社との共同研究。短縮化に伴う空力励振力増加、騒音増加は許容できる程度であり、重量抑制により燃料消費量を軽減できると評価。

これらの研究成果を統合した技術実証エンジンとして UltraFan を設計（図 4.3.5-8、図 4.3.5-9）。BPR は 14-15、OPR は 50-55 の程度と紹介された。地上デモ用エンジンであり、推重比のターゲットは設定していない。GTF であり、ギヤボックス（PGB）の減速比は 3.7 と紹介された。高圧タービンには、CMC が採用されている。



n this document is proprietary and
lls-Royce and is available to authorised
ard distribution is prohibited other than
or which it was available,
nt only
| Not Subject to Export Control

Lean Burn ALECSys Demonstrator Engines

The ALECSys programme consists of two ex flight test Trent 1000 engines to allow ground and flight testing of the Lean Burn Technology System.

The ALECSys programme completed initial testing in summer 2018

- Covering commissioning, Icing testing and Core Water Ingestion

ALECSys ground testing restarted Aug-Nov 2020, increasing the total ALECSys run time to 249 hrs

- Testing included Starting Optimisation, Operability and Stability, Handling Optimisation, Quick relights, Emissions and Thermoacoustics.
- Ground tests with 100% Sustainable Aviation Fuel (SAF) covering operability and emissions

The first flight test of a Lean burn combustion system for Rolls-Royce on the ALECSys FTB was completed in 2022

- First phase of ALECSys flight testing complete, testing was very successful and covered the full list of altitude critical experiments including: handling, combustor stability, altitude relighting and altitude performance.
- Baseline Architecture has been verified and the flight programme has de-risked the ongoing lean burn technology development work.
- Opportunity for further flight testing identified in 2024 to support maturity testing prior to TRL 6 if required.

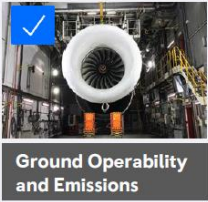
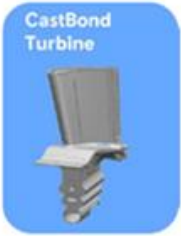


図 4.3.5-4 燃焼技術実証 ALECSys



Focus of HT3/2



Tested in HT3/1



Not in HT3/2 Demo
Achieved TRL6 Dec 2022

図 4.3.5-5 高温化技術実証 HT3



図 4.3.5-6 高性能コア技術実証 Advance3

Boeing Short Inlet FTB

Successful collaboration between Rolls-Royce and Boeing to demonstrate short inlet technology to TRL 6

Supported by the FAA CLEEN II programme

Ground (at Stennis) and flight testing successfully completed

Aerodynamic performance evaluated at key conditions of cross-wind, take off, cruise and high angle of attack

Aerodynamic performance of inlet and compatibility with Trent fan system demonstrated

Aerodynamic performance as expected from CFD analysis and acceptable

Fan blade vibration levels were similar to baseline and acceptable

Boeing evaluation shows ~ 0.5% fuel burn benefit potential

Has successfully demonstrated a key technology for the UltraFan programme



図 4.3.5-7 Boeing Short Inlet



図 4.3.5-8 テストベッド 80

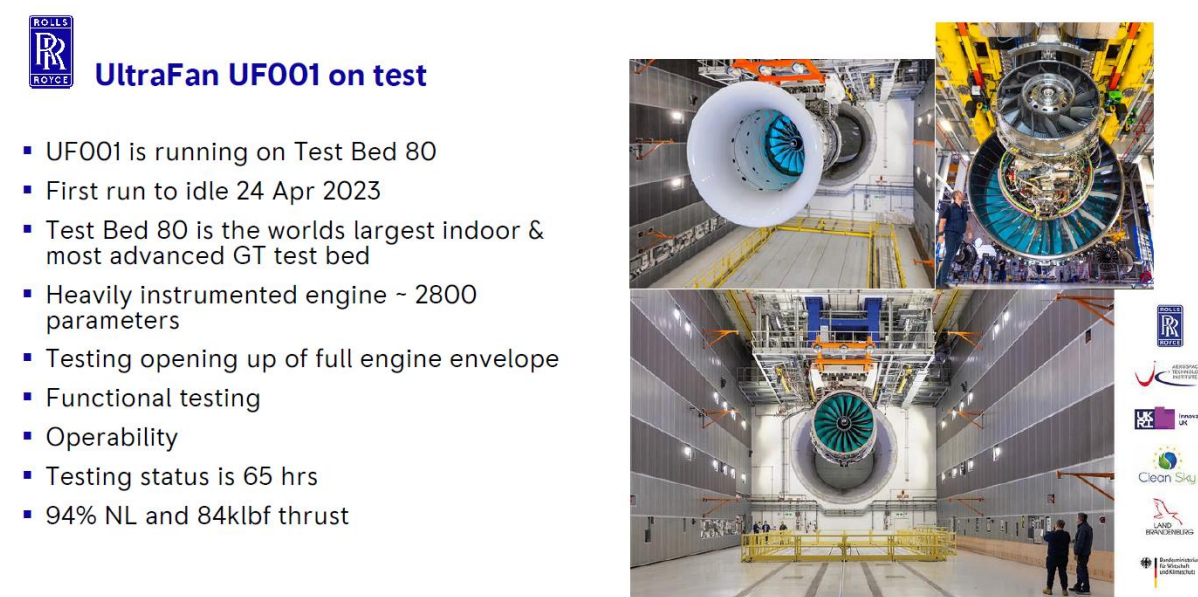


図 4.3.5-9 UltraFan (テストベッド 80)

(3)-4: SAF

SAF は CO₂ の排出量を最大 80%程度削減できる可能性がある。現在、HEFA（食用油由来）の開発が先行し、混合割合 50%（drop-in）での飛行が認可されているが、近い将来には 100%SAF での飛行が認可される見込。芳香族を含有しない SAF(Non-aromatic SAF)の開発も精力的に進められている。さらに先の将来には、SAF が単にケロシンの代替燃料と

なるに留まらず、飛行機雲の生成や煤の排出も抑制できる合成燃料の開発が進む可能性も視野に入れている（図 4.3.5-10～13）。そのような時代には、むしろ燃焼器や燃料供給系統が、合成燃料に適合するように開発されることもあり得る。

RR 社は、SAF 導入を重点的に取り組んでおり、Airbus 社／DLR と協力して、ビジネスジェットと大型機などの飛行実証を実施している。

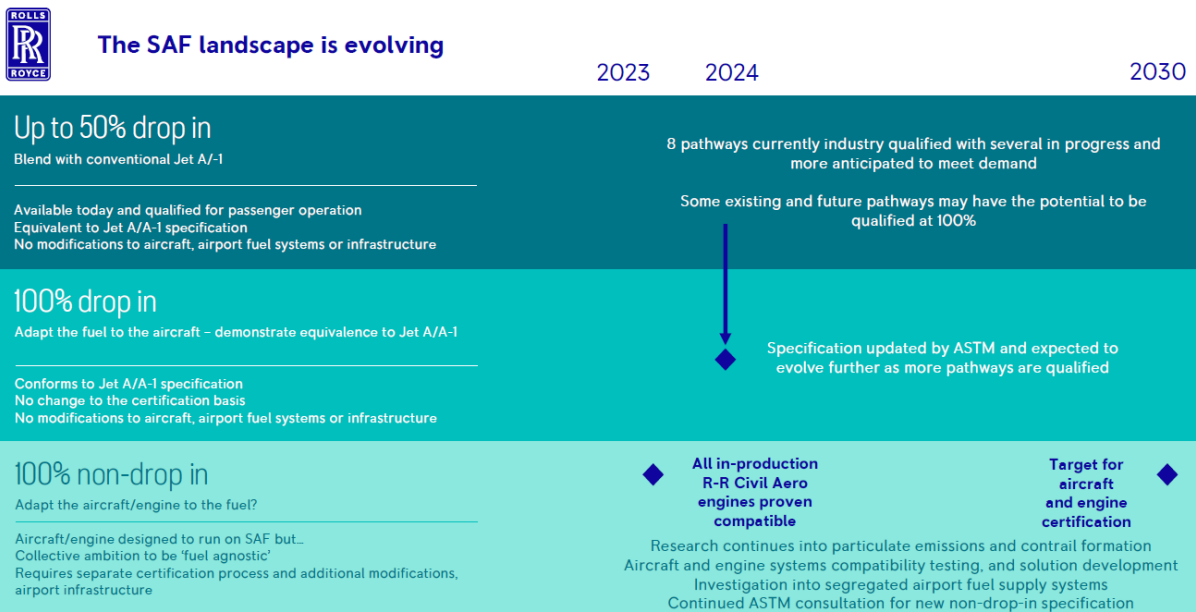


図 4.3.5-10 SAF の技術展望



Rolls-Royce 100% SAF flight testing completed

					
	Trent XWB-84 on A350 FTB (ECLIF)	Trent 900 on A380 FTB	Trent 1000 on R-R 747 FTB	Trent 700 on MRTT Voyager	BR725 on G650
SAF tested & partners	Neste HEFA Airbus, DLR	Total Energies HEFA Airbus, PW (APU)	World Energy HEFA Boeing	Air bp HEFA Airbus, RAF, DE&S, Air Tanker	Air bp HEFA & Virent SAK Gulfstream
Location & Dates	Toulouse, France Throughout 2021	Toulouse-Nice, France March 2022	Tucson, Arizona, USA October 2021	Brize Norton, Oxfordshire, UK November 2022	Savannah, Georgia, USA December 2022
Key Tests	Understanding impact of SAF on emissions and contrails	All flight phases (take-off, climb, cruise and landing)	Altitude reflight, combustor stability and engine handling	First aircraft to take off on dual-engine 100% SAF in UK	Set altitude and speed records for a biz jet on 100% SAF
Key Findings	Reduced emissions due to low aromatic content of SAF. Contrails data still being analysed. Engine performed as expected throughout the test campaign. Engine performed as expected throughout the test campaign. Engine performed as expected throughout the test campaign. All engine tests were successfully completed and all priority test points achieved. None of the engines encountered any problems running with these variants of SAF component with no impact on flight capability. Engine behaviour across all tests was equivalent or better when compared to running with regular Jet A-1 fuel. Nothing was identified in these short tests that would prove detrimental for incorporation of these variants of SAF in an existing or future Rolls-Royce engine. Valuable lessons were learned in terms of tanks/refuelling systems for 100% SAF use going forward.				

図 4.3.5-11 SAF の適合性実証（飛行実証）



Rolls-Royce 100% SAF ground testing completed

				
	Trent 1000 (ALECSys lean burn demo)	Trent 800 on B777 eco-demonstrator	UltraFan technology demonstrator	Trent 1000 (transatlantic challenge)
SAF tested & partners	World Energy HEFA Shell, SkyNRG	Air bp HEFA Boeing	Air bp HEFA	Air bp HEFA & Virent SAK Virgin Atlantic, UK Gov
Location & Dates	Derby UK December 2020	Seattle, Washington, USA October 2022	Derby, UK May 2023	Derby, UK July 2023
Key Tests	Starting, operability, performance and emissions			
Key Findings	All engine tests were successfully completed and all priority test points achieved. None of the engines encountered any problems running with these variants of SAF component with no impact on flight capability. Engine behaviour across all tests was equivalent or better when compared to running with regular Jet A-1 fuel. Nothing was identified in these short tests that would prove detrimental for incorporation of these variants of SAF in an existing or future Rolls-Royce engine. Valuable lessons were learned in terms of tanks/refuelling systems for 100% SAF use going forward.			

図 4.3.5-12 SAF の適合性実証（地上実証）



Rolls-Royce 100% SAF ground testing completed

			
	Pearl 15	Pearl 700	Pearl 10X
SAF tested & partners	Air bp HEFA	World Energy HEFA Shell, SkyNRG	Air bp HEFA
Location & Dates	Dahlewitz, Germany August 2023	Dahlewitz, Germany January 2021	Dahlewitz, Germany July 2023
Key Tests	Starting, operability, performance and emissions		
Key Findings	All engine tests were successfully completed and all priority test points achieved. None of the engines encountered any problems running with these variants of SAF component with no impact on flight capability. Engine behaviour across all tests was equivalent or better when compared to running with regular Jet A-1 fuel. Nothing was identified in these short tests that would prove detrimental for incorporation of these variants of SAF in an existing or future Rolls-Royce engine. Valuable lessons were learned in terms of tanks/refuelling systems for 100% SAF use going forward.		

図 4.3.5-13 SAF の適合性実証（地上実証）

(3)-5：電動化

電動推進分野で、RR 社は UAM に注力しており、電動推進、高電圧部、保護機構、電池、制御系など、推進システムの主要コンポーネントを開発している（図 4.3.5-14, 15）。UAM では騒音低減のため、比較的低回転数を使用。これにより冷却も容易になる。推進システムは冗長系を構成し、片方の系統が故障しても飛行を継続できる設計（ 10^{-9} レベルの安全性確保）を目指している。Airbus 社、Safran 社と組み、EU 資金を獲得したうえで（HE-ART:

Hybrid Electric propulsion system for regional AiRcraft)、100kW 級から 1MW 級までの電動システムを開発している（図 4.3.5-16, 17）。

※ 訪問後に、同社は燃料電池（FC）向けの電動システム供給から撤退することを公表した。ガスタービン（GT）発電との電動ハイブリッドシステムについては事業継続。

電動ハイブリッド推進システムは、現行ジェットエンジンからの段階的進化の先にあるひとつの選択肢であると展望している。漸進的に、補機電動化（燃料供給系統、空調系統など）、電動機によるエンジン軸出力アシストを含む MEE (More Electric Engine)による燃費改善などに取り組む戦略（図 5.3.5-18）。Horizon E-Fan X プログラム等に参画しながら、技術成熟度を向上させるための開発研究を進めている。

Rolls-Royce Electrical will sell power and propulsion systems to the Advanced Air Mobility market



図 4.3.5-14 航空エンジン電動化に関する展望

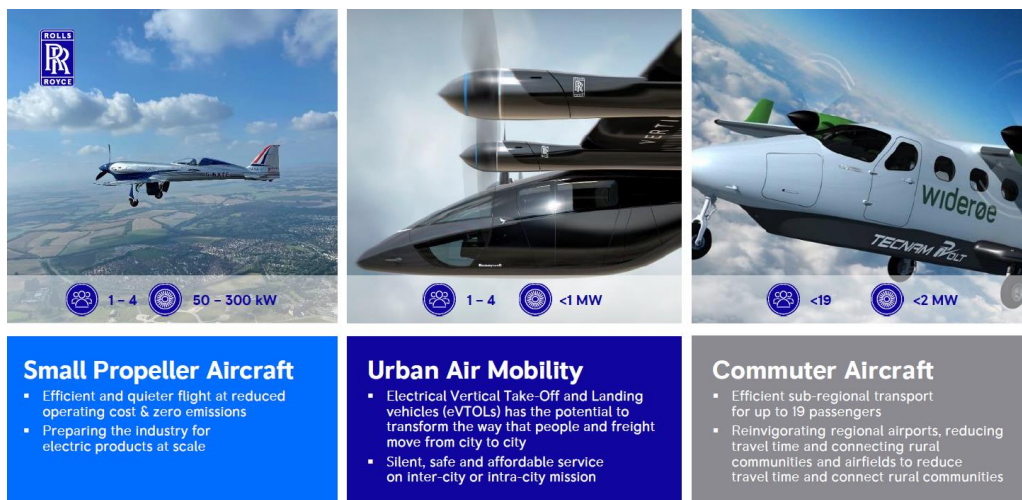


図 4.3.5-15 航空エンジン電動化に関する展望



図 4.3.5-16 電動化パワートレイン開発プログラム
(左から 100kW 級、400kW 級、1MW 級)

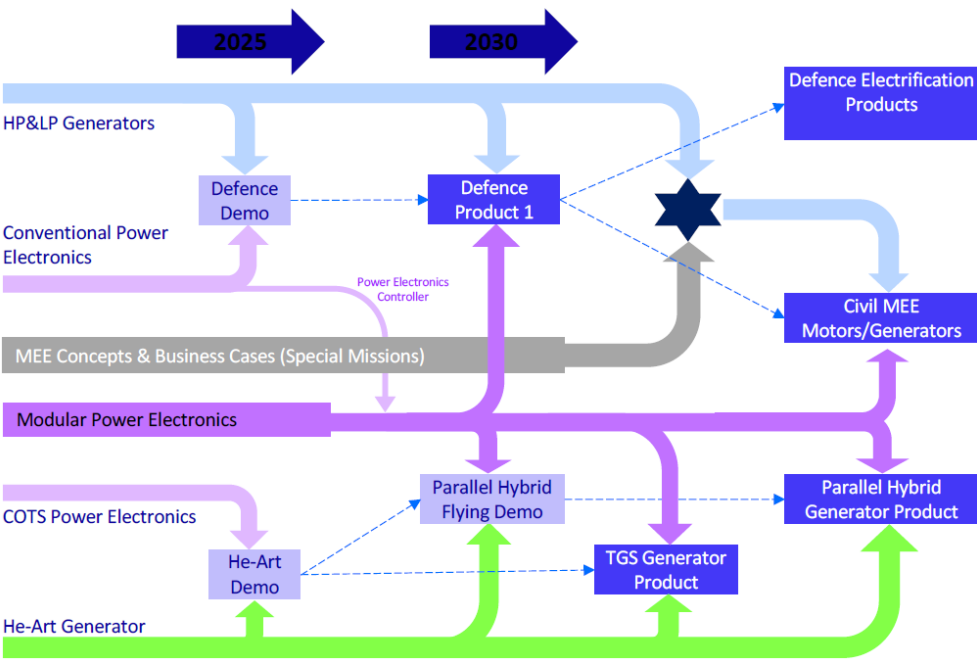
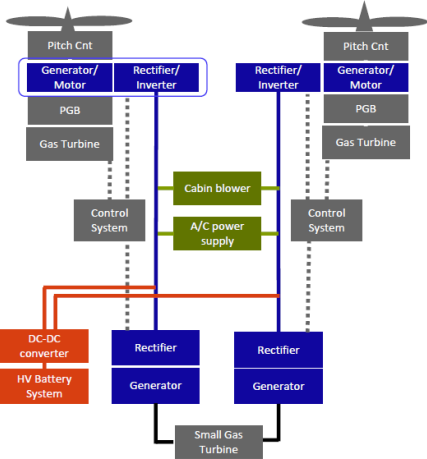


図 4.3.5-17 航空エンジン電動化に関する技術戦略（He-Art の適用先）



More Electric Engine Benefits

- New disruptive technology elements are rapidly developing in other market segments
- New motivation to challenge the conventional approach
- Platform level optimization
- Operating profile
- Certification boundaries
- Offers up to 2-4% fuel burn reduction with improved T/O & climb performance.



Evaluating new disruptive technology benefits through:

- **Electric boost** – optimized take-off & climb; E-taxi, E-assisted idle, electrically assisted transient control
- **Optimised Gas Turbine sizing** - optimize GT & PGB sizing for cruise, including option for variable propeller speed
- **Remove RAT** - Mitigate weight impact by replacing the engine driven generator & RAT
- **APU Replacement** - Mitigate weight impact by replacing the APU with Turbogenerator
- **ESS Option** - use energy storage systems (ESS) to compensate GT altitude effects
- **Air Blower / AC** - Opportunities to power A/C electrical system / cabin blowers from hybrid system high voltage supply

図 4.3.5-18 航空エンジン電動化に関する技術戦略（MEE）

(3)-6：代替エネルギー・水素

ケンブリッジ大学、MIT などと共同で実施したプロジェクト NAPKIN (New Aviation, Propulsion, Knowledge and Innovation Network)に参加し、新しい機体コンセプト、社会的な経済性、旅行へのニーズ、政策環境(炭素税、補助金など)を考慮のうえ、水素航空機の実装が進むか否かを検討。いくつかの前提を置けば、英国政府が進める 2040 年までの”Jet Zero”を実現できる見通しを得ている。ただし、この見通しにはグリーン水素が大量安価に製造できることを条件としておりこの前提を達成できるか否かについては現状で不透明。

技術実証プログラムとして、AE2100 型エンジンに 800kW 発電機を直結した改修を施し、気体水素 (GH2) を燃焼して発電を行う地上実験を実施。エンジン起動 (始動) も GH2 を用いているが、油圧系統はケロシンを用いている。水素は燃焼速度が速く、燃焼振動や逆火を抑制した安定燃焼が技術課題。今後、ベースエンジンを AE2100 型から Pearl 15 型へ変更し、液体水素(LH2)を用いる試験へ段階的に移行する計画。

実験は、米国ミシシッピ州ステニス NASA 実験場で計画している。欧州ではどこに水素航空機関連の試験設備を整備するか決まっていない。英国には、そもそも液体水素の製造設備が存在しないため、欧州で試験を実施するとすれば、エンジンをドイツ (液体水素供給設備が整っている DLR のランポールハウゼン) へ輸送するか、ドイツから液体水素を輸送してくることになる。

機体側も含め、液体水素の貯蔵・移送・昇圧・昇温などの供給系に関わる技術課題も多い。燃料タンクにおける液体水素の温度と圧力の制御が、エンジン性能に大きく影響するため、機体設計とエンジン設計のインターフェースをどこに設定するか (タンクは機体側としたうえで、ブーストポンプを機体側の所掌とするかなど) については結論が出ていない。

また、タンクの構造重量と断熱性能、及びポンプの吸込性能に感度を持つタンク圧力をどの程度に設定すべきか (RR 社技術者は 1-4atm を想定)、燃料供給のブーストポンプ昇圧量をどの程度とすべきか (同・5atm 程度を想定) についても、議論の余地がある。

空港を含めた地上設備のインフラ整備に関わる課題も多くある。水素利用のためには、従来のケロシンに加え、SAF、水素と 3 通りの燃料供給インフラを空港に整備する必要がある。特に水素は体積が大きく、インフラ整備に時間を要すると考えられるので、実際に普及するのは 2040 年代になるのではないか (RR 担当者の意見)。

(図 4.3.5-19, 20)

Why hydrogen?



Hydrogen will be central to the Energy Transition

Hydrogen is driven by journey to zero carbon tail pipe emissions & the use of synthetic fuels

1. Aviation, marine and land power are under intense environmental scrutiny
2. Hydrogen has emerged as the most direct route to zero carbon emission at the tail pipe encouraged by strong political support in EU, France, Germany & US, which has led to partner & customer activities and demands –though the enthusiasm for hydrogen is more focused now
3. Strategically, hydrogen also offers attractive economic and sovereignty attributes, boosted by the emphasis on greening and net zero
4. Whether hydrogen as a direct-use fuel is the end state fuel for (the bulk of) our applications remains unclear, as both hydrogen as a fuel or SAF require significant change; however, hydrogen as a feedstock will play a central role on the net zero journey
5. Hydrogen also leverages new power modes in the form of fuel cells, which may be relevant to the Rolls-Royce businesses
6. Overall, hydrogen will play a key role in energy transition globally and we must protect our ability to operate into that space, enable our access to the feedstock and the fuel and be in a position to exploit the energy transition to benefit Rolls-Royce

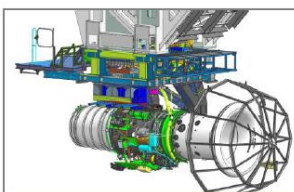
図 4.3.5-19 なぜ水素に取り組むのか?

Test early, trial-fast, learn-by doing with structured de-risk



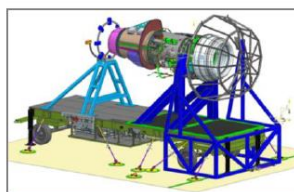
Lavoisier

- Green hydrogen gas demonstration
- Safe fuel handling
- Starting, ignition, shutdown and control stability
- HybAE2100 donor
- Test at Boscombe Down



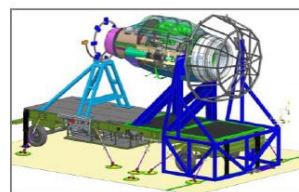
Engine zero (I11/2)

- Pearl 15 donor with modified hydro-mech and thermal management systems to de-risk LH2 incorporation (min-change / underslung equipment)
- Fuelled by 100% SAF
- Test indoors in Germany in standard pylon configuration (61-bed)



GH2 (I11/3)

- Fully redressed Pearl 15
- 100% gaseous hydrogen control and fuel system
- Integrated engine zero technologies
- Structured de-risk of hydrogen propulsion
- Prove mobile engine test stand and facility
- Test outdoors at Stennis



LH2 (I11/4)

- GH2 engine upgraded to fully integrate cryogenic control and fuel system
- Ultimately running with fan cowl doors fully closed to prove ventilation
- Fuelled by 100% LH2
- Test outdoors at Stennis

図 4.3.5-20 水素燃焼 GT による技術実証プログラム構想

4.4 訪問先面会者一覧

今回の海外調査での各研究機関・企業面会者を以下表に示す。

(1) ONERA

Marc Lesturgie	Director, International Affairs Directorate
Phillippe Novelli	Program Director, Aeronautical Propulsion and Environmennt
Jerome Huan de Kermadec	International Cooperation Officer
Cessile Moreau	Assistant, International Directorate
Phillippe Baumier	Director, Aeronautical
Olivier Dessornes	Deputy Director, multi-physique & energetics department

(2) Airbus 社

- Senior Director, International Cooperation and Offset
- Global partnership strategy Manager, Business & Industrial
- CEO, Airbus UpNext
- Materials, Processes and Tests, Senior Expert Composites Materials & Processes, 1ACM
- Technology Roadmap Leader for Composites and Polymers Materials & Processes, Engineering R&T
- Vice President, Zero Emission Aircraft
- Head of New Energy Business Development Strategy, M&A and Public Affairs
- Vice President, Strategy & Marketing, Airbus Japan
- Director, Strategy & Marketing, Airbus Japan

(3) Vertical Aerospace 社

Andrew McMillan	Chief Commercial Officer(CCO)
Eric Samson	Senior Vice President of Engineering
Steph Foster	Secretary

(4) ZeroAvia 社

Dominic Weeks	Head of External Affairs and Marketing
Ben Silver	Strategic Portfolio Manager

(5) Rolls-Royce 社

Alan Newby	Director - Aerospace Technology and Future Programmes
Jason Ash	Head of Product Development - Large Engines
Katja Löhnert	Chief Project Engineer - Sustainable Aviation Fuel
Ash Owen	Chief Engineer - Civil Technology & Future Programmes
Itxaso Ariza De Miguel	Chief Engineer - UltraFan
Adam Newman	Chief Engineer - Hydrogen technology Demonstrator
Herve Morvan	Chief of Future Platforms
Matheu Parr	Customer Business Director, Rolls-Royce Electrical
Pat Hilton	Head of Manufacturing - Experimental Test
Kaoru Okamoto	Partnership Project Engineer and Liaison Manager – Japan

[4 章 出典(1)～(5) : 各、資料 3 の P2023D401～P2023D411 参照]

第5章 まとめ

5.1 今後の調査課題

(1) 2023年1月から2023年12月までの技術開発動向調査期間において、次の事項が注目された。

- ・ Boeing 社：
COVID-19 パンデミックからの回復状況、脱炭素化の取組、737MAX の納入再開と
その後の品質問題、777X 認証の進捗と派生型貨物機の開発、次期民間輸送機への取
組、NASA と共同研究する TTBW 実証機の開発
- ・ Airbus 社：
COVID-19 パンデミックからの回復状況、脱炭素化の取組、A320 シリーズの生産
状況、A321XLR の認証状況、A350 派生型貨物機の開発、A380 を用いた水素航空
機の実証試験
- ・ NASA：
低ソニックブーム実験機 X-59 の進捗状況、全電動式 X-57 Maxwell の状況、SFD
(Sustainable Flight Demonstrator: 持続可能飛行実証機) 計画の進捗状況、Boeing
社と実施する TTBW 実証機プログラムの動向
- ・ FAA/EASA：
737MAX における認証関連情報、型式証明における認証機関間の連携に関する議論
と合意、ODA (Organization Designation Authorization: 指定代行組織承認) の見
直し。その他 eVTOL 機関連の新しい認証プロセスの状況
- ・ 航空管制：
衛星利用型 ADS-B と地上管制一機上のデータリンク通信、無人機の運航管理、管
制の研究、遠隔型管制塔の実用化
- ・ その他：
 - － UAM 実用化の進捗、各種形態(電動/ハイブリッド、プロペラ数、制御方式)
の機体開発と認証取得の進捗
 - － Embraer 社の民間輸送機 (E175-E2、新型ターボプロップ機) 取組状況
 - － 中国 (C919) の機体開発状況
 - － Boom Technology 社 Overture 超音速輸送機の製造進捗
 - － ZeroAvia 社、Universal Hydrogen 社の水素燃料電池推進技術の開発状況

(2) 前項を踏まえ、機体及び装備品関連の技術開発動向として、引き続き以下の項目を調
査する必要がある。

- ・ 次期中小型民間輸送機の開発進捗(321XLR、737MAX 後継機、次期単通路旅客機)
- ・ 次期大型民間輸送機の開発動向 (777X、777X 貨物機、A350 貨物機)
- ・ Boeing 社・Airbus 社以外の民間輸送機の開発動向 (Embraer 社、ATR 社、

Bombardier 社、COMAC 社等)

- ・ TTBW やブレンデッド・ウィング・ボディ (BWB) 等低燃費に向けた新しい航空機機体形状の研究、開発動向
- ・ 水素燃料航空機など脱炭素に関する研究、開発動向
- ・ 電動化の各種技術 (システム、モーター、バッテリー、制御回路、ハイブリッド) の動向
- ・ SAF への対応に関する研究、開発動向
- ・ 低コスト複合材料 (RTM: Resin Transfer Molding 等)、熱可塑性複合材料の技術動向
- ・ 高強度アルミ合金 (Al-Li 合金等)、その他の先進金属材料 (Mg 合金、Ti 合金等) の開発動向
- ・ 3D Printing、Additive Manufacturing 技術の開発動向
- ・ コネクティビティ技術 (衛星通信、5G、大規模データ処理、IoT) の動向
- ・ 航空法規 (有人機、無操縦者航空機、無人機、200g 以下無人機の共存) の動向
- ・ DX 関連技術、高レート生産・生産効率向上に関する研究、開発動向
- ・ CbA (Certification by Analysis)に関する研究、開発動向
- ・ 自律飛行制御関連技術の開発動向
- ・ 新カテゴリー (eVTOL 機、無操縦者航空機など) の研究、開発動向
- ・ 超音速輸送機開発の動向
- ・ FAA、EASA 等航空当局の認証プロセスの厳格化

(3) エンジン関連の技術開発動向として、引き続き以下の項目を調査する必要がある。

- ・ 次世代民間輸送機用エンジンの開発動向 (高/超高バイパス比化)
- ・ 熱効率向上に資する先進要素技術の開発動向
- ・ 熱可塑性複合材を含む炭素繊維強化複合材料の開発、エンジン適用拡大の動向
- ・ セラミックス基複合材 (CMC) の開発動向
- ・ エンジン及びナセルの騒音低減技術の開発動向
- ・ 環境適合性向上のための先進燃焼システム関連技術の開発動向
- ・ SAF への対応に関する研究、開発動向
- ・ 電動ハイブリッドエンジンの開発動向
- ・ 水素燃料電池推進、水素燃焼エンジンの開発動向
- ・ DX 関連技術、高レート生産・生産効率向上に関する研究、開発動向
- ・ 3D Printing、Additive Manufacturing 技術の開発動向
- ・ CbA (Certification by Analysis)に関する研究、開発動向
- ・ 極超音速用統合型空気吸入式ロケットエンジン (Skylon 用 SABRE) の開発動向

(4) 将来航空交通システム・航空管制等の技術開発動向として、引き続き以下の項目を調

査する必要がある。

- ・ NextGen、SESAR、CARATS 各プログラムの進捗状況と相互調整状況、及び目標値達成に向けた高度航空管制システム技術の開発動向
- ・ 先進航空交通システム（ATM）、航法システムの開発動向
- ・ 有人機と無人機の空域統合（遠隔操縦・運航管理）に関する技術動向
- ・ CbA (Certification by Analysis)に関する研究、開発動向
- ・ AAM/eVTOL 機関連の認証プロセス

5.2 2023 年度調査のまとめ

2023 年は航空旅客需要が国内線、国際線ともほぼ COVID-19 パンデミック前の水準に回復し、それに伴い各国エアラインからの航空機需要が旺盛となり、特にインド、中東から Boeing 社、Airbus 社、Embraer 社に対して大量の発注が行われた。これにより主要 OEM では大量の受注残を抱えることとなり、航空機の増産が喫緊の課題となっている。しかしながら、パンデミックにより疲弊したサプライチェーンによる慢性的部品・素材供給不安定の問題、並びに複数の品質上の問題が顕在化しており、増産に向け多くの課題が残る状況となった。また品質問題は、FAA や EASA のより慎重かつ厳格な監督・審査を要求するものとなり、新型機の型式証明等の認証スケジュールに大きな影響が及んでいる。

また、ICAO により国際航空分野で 2050 年までに CO₂ 排出を実質ゼロにする長期目標が採択されたことから、各国において SAF の実用化・適用拡大をはじめ、航空機の電動化や水素燃料化に向けた新しい技術開発が始動している。一方で、航空分野の脱炭素化手段の方向は依然多様なものとなっており、各国・研究機関・企業もいかなる方向に対しても対応が可能なよう全方向の網羅的な研究開発を遂行している状況といえるため、今後の動きを更に注視していきたい。

機体関連としては、米国では NASA が将来民間機技術の実証を目指す SFD (Sustainable Flight Demonstrator：持続可能飛行実証機) 計画を進めているが、この下で、2023 年 1 月 NASA と Boeing 社による Transonic Truss-Braced Wing の実証機開発が着手されることが公表された。今後も次世代単通路機をターゲットとした新技術開発動向として継続的に調査していく。

欧州では Airbus 社を中心に電動化、水素燃料化の研究が飛行実証の計画等を含め、精力的に推進されている。Airbus 社においては、ZEROe プログラムや UpNext 社等子会社による革新的な研究取組も進められており、機体形状、空力改善、複合材料等による軽量化等、幅広い分野の研究開発が行われている。

また、コンピューター機をはじめとする小型機分野では、新興のスタートアップ企業である ZeroAvia 社、Universal Hydrogen 社などにより水素燃料電池推進システムが飛行実証に入っている。これらの企業ではエアライン等との連携により、水素燃料貯蔵・供給のためのインフラストラクチャーの検討も行われている。

エンジン関連では、既存エンジンのさらなる効率化、電動ハイブリッド、オープンローター、水素燃焼技術等、次世代エンジンに向けた種々の新技術の研究が活発に進められている。

超音速機に関しては、NASA において X-59 による静粛な超音速飛行技術の実証プログラムの下で、実証機がロールアウト、飛行試験の準備段階に入っている。また、民間超音速旅客機開発として、Boom 社の Overture とそれに搭載されるシンフォニーエンジンの開発が進行中である。

航空当局の動きとしては、737MAX の事故とその後の対策を通じて、FAA をはじめ各国の認証機関が認証プロセスの見直しを行っている最中に、737MAX 胴体プラグドア飛散事故（2024 年 1 月）が発生したため、OEM 及びサプライヤー含めた品質管理体制そのものへの対策が必要な状況となっている。既に認定作業中の機体含め、より慎重かつ厳格な審査が必要とされてきており、複雑化・厳格化する認証取得の影響も見ていく必要がある。

また、AAM/eVTOL についても、多くのスタートアップ企業が続々と試作機を飛行させ、一部において軍用での試用も始まっている。認証面での高いハードルを感じさせられながらも、果敢な取組が行われている。この先、機体認証、運航開始といったマイルストーンをいつ頃クリア出来るのか、航空当局の動向を含め注視していきたい。

2023 年度は昨年度に引き続き海外動向調査を実施した。訪問先として欧州の研究機関、企業を対象に COVID-19 パンデミック収束後の生産状況、また、脱炭素化やシミュレーションに関する技術、新しい航空交通システムに関する技術等についての調査を実施した。

以上の調査結果を取り纏め編纂した本報告書が、我が国の航空機等の国際共同開発の促進と航空機産業の発展に貢献することができれば幸いである。

資料 1 関係団体の刊行物リスト (2023 年 1 月～2023 年 12 月)

資料番号	標 題
P2023D001	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.829
P2023D002	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.830
P2023D003	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.831
P2023D004	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.832
P2023D005	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.833
P2023D006	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.834
P2023D007	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.835
P2023D008	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.836
P2023D009	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.837
P2023D010	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.838
P2023D011	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.839
P2023D012	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.840

資料 2 (公財)航空機国際共同開発促進基金の刊行物リスト(2023 年 1 月～2023 年 12 月)

資料番号	標 題
P2023D101	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-1「水素航空機導入に関する運用面からの考察」
P2023D102	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-2「航空機向け合成燃料開発の最新動向」
P2023D103	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-3「CFD の変遷と課題」
P2023D104	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-4「欧州における航空機向け熱可塑性複合材料動向調査」
P2023D105	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-5「飛行機利用のバリアフリー化」
P2023D106	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-6「航空機装備品認証技術コンソーシアムの活動紹介」
P2023D107	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-7「デジタル統合設計技術 (MBSE、MBD) の海外動向」
P2023D108	IADF 航空機等に関する解説記事 2023-8「極低温における複合材の基礎特性とタンクへの適用」

資料 3 大学・研究機関・企業等の刊行物・参考資料リスト (2023 年 1 月～2023 年 12 月)

資料番号	標 題
P2023D201	EMBRAER Release of Deliverables and Backlog 2023 1Q
P2023D202	forecastinternational.com 2023.4.17
P2023D203	Airbus Web Site, https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320/a321xlr
P2023D204	BB 2023.6.5
P2023D205	Bombardier Web Site
P2023D206	Leonard Web Site
P2023D207	VC 2023.3.7
P2023D208	ENR 2022.9.27
P2023D209	AIN 2023.6.20
P2023D210	Heart Aerospace Newsroom, 2022.9.15
P2023D211	Boom Web Site
P2023D212	Boom Newsroom, 2023.6.20
P2023D213	Boeing Web Site, Orders & Deliveries, 2023.6.26
P2023D214	Airbus Web Site, Orders & Deliveries, 2023.6, 2023.7.3
P2023D215	Embraer Web Site, Orders and Deliveries, 2023Q2_embraer_orderbook, 2023.7
P2023D216	日経, 2023.6.19-25
P2023D217	Boeing Web Site, Boeing Reports Second Quarter Results, 2023.7.26
P2023D218	Airbus Web Site, News Room, 2023.7.11
P2023D219	Airbus Web Site, News Room, 2023.9.13
P2023D220	Embraer Web Site, News, 2023.8.23
P2023D221	Heart Aerospace Web Site, News Room, 2023.9.11 ほか
P2023D222	Boeing Web Site, Orders & Deliveries, 2023.10
P2023D223	Airbus Web Site, Orders & Deliveries, 2023.10
P2023D224	Embraer Web Site, Orders and Deliveries, 2023Q3_embraer_orderbook, 2023.10
P2023D225	Airlines Web Site ほか, 2023.10
P2023D226	FI Web Site ほか, 2023.10.12
P2023D227	AVW, 2023.12.6
P2023D228	Boeing Airplanes X, Nov 22, 2023.11.22
P2023D229	Embraer Web Site, News, 2023.10.26
P2023D230	Embraer Web Site, News, 2023.11.10
P2023D231	JAL プレスリリース, 2023.10.6 ほか
P2023D232	Boom Web Site, Newsroom, 2023.11.9
P2023D233	Boeing Web Site, Orders & Deliveries, 2024.1

資料 3 大学・研究機関・企業等の刊行物・参考資料リスト (2023 年 1 月～2023 年 12 月)

資料番号	標 題
P2023D234	Airbus Web Site, Orders & Deliveries, 2024.1
P2023D235	Embraer Web Site, Orders and Deliveries, 2023Q4_embraer_orderbook, 2024.1
P2023D236	Airbus Web Site, Newsroom, press-releases/2024-01-airbus-reports
P2023D237	Boeing Web Site, Updates on Alaska Airlines flight 1282 and the 737-9, ほか
P2023D238	Embraer Web Site, News, 2024.1.30
P2023D239	FAA Web Site, Newsroom, 2024.1.17
P2023D240	Heart Web Site, Newsroom, 2023.12.19 & 2024.2.1
P2023D241	各社 IR 情報をもとに作成
P2023D242	GE 4Q 2023 Earnings Release
P2023D243	RTX Reports 2023 Results
P2023D244	Pratt & Whitney GTF Fleet Update Conference Call
P2023D245	Rolls-Royce 2023 Half Year Results
P2023D246	Rolls-Royce press release November 28, 2023
P2023D247	AIN 2023.11.27
P2023D248	Flight Global 2022.7.
P2023D249	TC 2022.11.1
P2023D250	ATI 2023.8.2
P2023D251	Flight Global 2023.10.6
P2023D252	GCC 2023.10.17
P2023D253	HC 2024.1.29
P2023D254	BW 2023.11.16
P2023D255	IUS 2023.5.4
P2023D256	https://www.nasa.gov/directorates/armd/aosp/amp/
P2023D257	https://www.nasa.gov/directorates/armd/aosp/atm-x/
P2023D258	https://www.nasa.gov/directorates/armd/aosp/sws/
P2023D259	AVW 2023.2.22
P2023D260	https://www.sesarju.eu/U-space
P2023D261	AVW 2023.1.27
P2023D262	AVW 2023.2.8
P2023D263	Joby Aviation Newsroom, 2022.5.26
P2023D264	Joby Aviation Newsroom, 2023.6.28
P2023D265	Joby Aviation Web Site, Newsroom, 2023.10.4
P2023D266	Joby Aviation Web Site, Newsroom, 11.13

資料 3 大学・研究機関・企業等の刊行物・参考資料リスト (2023 年 1 月～2023 年 12 月)

資料番号	標 題
P2023D267	Joby Aviation Web Site, Newsroom, 2023.9.7 ほか
P2023D268	Joby Aviation Web Site, Newsroom, 2023.12.20
P2023D269	Archer Aviation Web Site
P2023D270	Archer Aviation news-details, 2023.5.11
P2023D271	Archer Aviation Web Site, 2023.10.26 & 11.10
P2023D272	Archer Aviation Web Site, 1.22
P2023D273	Lilium Web Page
P2023D274	Lilium Web Site, Newsroom, 2023.11.27, 12.6
P2023D275	Blueshift Press Release, 2024.1
P2023D276	Volocopter Web Page
P2023D277	Volocopter Web Site, Newsroom, 2023.12.13
P2023D278	Archer Aviation Web Site
P2023D279	EHang Web Site, News, 2023.10.13
P2023D280	EHang Web Site, News, 2023.12.28
P2023D281	AVW 2023.3.2
P2023D282	Pipistrel Web Site
P2023D283	EVN 2023.11.6
P2023D401	ONERA 資料
P2023D402	Airbus 社資料
P2023D403	Vertical Aerospace 社資料
P2023D404	ZeroAvia 社資料
P2023D405	Rolls-Royce 社資料
P2023D406	https://mediaassets.airbus.com/pm_38_551_551293-6xe1cesj2m.jpg?dl=true
P2023D407	https://mediaassets.airbus.com/pm_38_572_572551-p8wkkdim6n.jpg?dl=true
P2023D408	https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2023-06-airbus-to-trial-in-flight-auxiliary-power-entirely-generated-by
P2023D409	https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2021-03-cryogenics-and-superconductivity-for-aircraft-explained
P2023D410	https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2022-07-how-blue-condor-will-accelerate-airbus-first-hydrogen-powered-test-flights
P2023D411	https://www.researchgate.net/publication/328137723_NON-LINEAR_AEROELASTIC_BEHAVIOUR_OF_HINGED_WING_TIPS