



航空宇宙業界の脱炭素化

未来の低炭素・脱炭素社会を
実現するためのロードマップ

デロイト トーマツ グループのコンサルタントは製造業の各セグメントについて専門的な知見を持ち、製造業のポートフォリオ横断的にスキルやナレッジを活用しています。このようなアプローチを通じて、我々は製造業業界の各セグメント内でクライアントごとにソリューションをカスタマイズし、エンドツーエンドのソリューションを提供することで、クライアントに与える価値の最大化を図ります。詳細は[ウェブサイト](#)をご参照ください。

キーメッセージ	2
航空宇宙業界：環境サステナビリティにおけるラストフロンティア	3
スコープ1・スコープ2排出量を抑えることが持続可能な航空宇宙業界の礎となる	6
スコープ3排出量削減の実現に向けて航空宇宙業界が検討すべき破壊的イノベーションの5つの要素	8
スコープ3排出量削減への道	15
電動航空機：短距離輸送におけるゼロエミッションフライトを実現するソリューション	20
脚注	25

キーメッセージ

- 航空宇宙業界は著しい成長が見込まれているが、世界が二酸化炭素（CO₂）排出量ネットゼロに向けた取り組みを進める中、脱炭素化という難題に直面している。何も行動を起こさなければ、同業界は2050年までに世界全体のCO₂排出量の著しい増加という結果を招くことになる。その結果、将来500マイル未満のフライトが禁止されるなど、収益や雇用に大打撃を及ぼすような制約を受ける恐れがある。
- 脱炭素化は、企業経営の観点からも優先度の高い重要アジェンダであり、多くの業界は代替手段の開発やサステナビリティ経営に注力している。しかしながら、航空宇宙業界においては、業界自らが掲げる削減目標を達成するための確実な打ち手がなく、2050年のCO₂排出削減目標を達成する道のりは引き続き厳しいものになることが予想される。
- サプライチェーン排出量のあらゆるスコープが重要であるが、中でもスコープ3排出量の割合が最も大きく、関与するステークホルダーの多さを考慮すると、排出量ネットゼロに向けた対応が最も難しい。
- スコープ3排出量を大幅に削減するソリューションは幅広く検討されているが、中でも代表的なソリューションとして、SAF（バイオジェット燃料及び合成燃料）と電気推進（電動化）が挙げられる。SAFは中長距離フライトにおいて排出削減に最も効果的なソリューションとなる可能性が高く、一方、電気推進（電動化）は小型機や短距離フライトにおいてゼロエミッションを実現する可能性が最も高いソリューションとなることが期待される。
- 長距離航空機については、価格を抑えて需要を増やすためにSAF（バイオジェット燃料及び合成燃料）生産能力の拡大・大規模化に焦点を当てるべきである。バイオジェット燃料が燃料ライフサイクルの視点からしかネットゼロを実現できないのに対し、合成燃料はゼロエミッションを達成するソリューションとしてポテンシャルを秘めている。しかし、SAF単独で排出削減目標を達成することは困難であり、業界全体として、電動航空機といったゼロエミッション推進システムも活用するなど、複数のソリューションを組み合わせ合わせた包括的な仕組みが必要となるだろう。
- 長期的に見れば、特に短距離フライトやアーバンエアモビリティにおいて、電気推進（電動化）は脱炭素化の実現に有効なソリューションとなるが、電気推進技術の革新・量産化に関する課題はあまりに多岐に渡るため、航空宇宙業界のバリューチェーン全体で主要ステークホルダー同士のシームレスな提携が必要となる。

サプライチェーン排出量とは

事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を指す。つまり、原材料調達・製造・物流・販売・廃棄など、一連の流れ全体から発生する温室効果ガス排出量のこと。

サプライチェーン排出量 = Scope1 排出量 + Scope2 排出量 + Scope3 排出量（環境省HPより抜粋）

- Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出（燃料の燃焼、工業プロセス）
- Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
- Scope3：Scope1、Scope2 以外の間接排出（事業者の活動に関連する他社の排出）

航空宇宙業界：環境サステナビリティにおけるラストフロンティア

航空宇宙業界は、脱炭素化が最も難しい業界の1つである。関与者の規模や投入コストに加え、新しい技術を「空」という不安定な空間で実現することの規制上の課題が主な原因となっており、気候中立なオペレーションを達成する上で航空宇宙ほど多くの課題を抱える業界はほとんどない。二酸化炭素(CO₂)の排出を削減する上で最も重要な要素の1つは、どのように航空機に動力を供給するかである。今日、ジェット燃料ほど効率的で経済的な技術はない¹。しかし、ジェット燃料は多くの炭素を排出する。例えば、ロンドンーニューヨーク間の往復フライトで発生するCO₂排出量は乗客1人あたり1トンを超える。これは、発展途上国で国民1人が1年間に排出する量とほぼ同じである²。

商用航空業界のCO₂排出量（航空宇宙業界にとっての間接排出量）は世界の約2～3%を占めており、2013年から2018年にかけて商用フライトのCO₂排出量は32%増加した³。中でも、ビジネスジェットが環境に及ぼす影響は特に大きく、たった1時間のフライトでもCO₂を約2トン排出する⁴。これを乗客1人あたりのCO₂排出量としてみた場合、商用航空機が乗客1人あたり108キロのCO₂を排出するのに対しビジネス

ジェットは乗客1人あたり860キロものCO₂を排出する⁵ことになる。**商用航空業界では、2050年には100億人の乗客が20兆キロメートルの距離を飛行し、2019年の排出量の2.6倍に相当する23.5億トンのCO₂排出量が発生すると予想する⁶。**これは低炭素・脱炭素化が実現した2050年の世界にとっては、膨大なCO₂排出量となる。

2009年、国際航空運送協会（IATA）は、2020年以降のカーボンニュートラル実現に向けた成長や2050年までに航空業界全体のCO₂正味排出量を2005年時点から50%削減するといった戦略的目標を制定した⁷。しかしながら、**航空業界での脱炭素化が進まなければ、2050年までに航空関連のCO₂排出量は2005年レベルの3.6倍に増加し、世界のCO₂総排出量の22%を占める可能性がある⁸。**（図1）

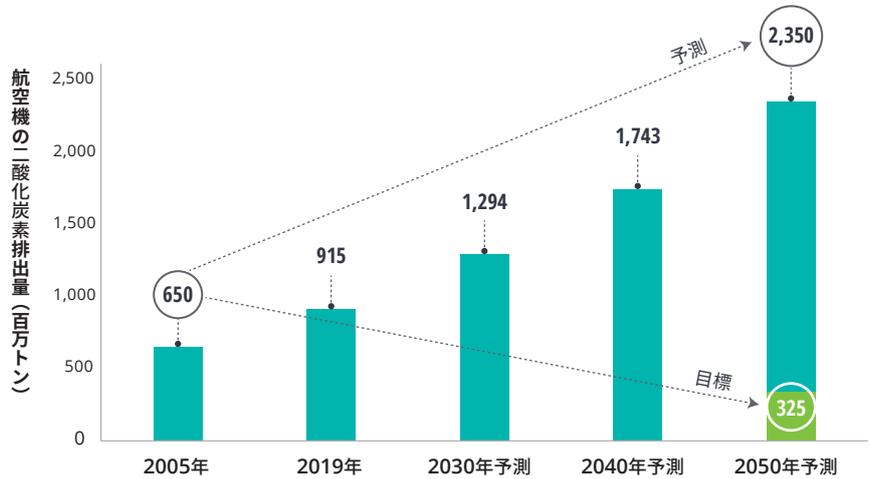
航空宇宙及び航空業界の定義

本レポートでは、航空宇宙業界を航空機の設計及び製造に携わる一連の企業、航空業界を乗客及び貨物の航空輸送サービスを提供する一連の企業と定義する。

図1

抜本的な取り組みを行わなければ、航空機のCO₂排出量は2050年までに現在の2.5倍以上増加する可能性が高い

航空機のCO₂排出量（百万トン）：2005～2050年予測



出所：IATA及びBoeing社のデータに基づくデロイトの推計

航空宇宙業界は、過去10年で燃費効率（1ガロンの燃料で飛行できる距離）の改善を年間1.5%のレベルで実現してきたが⁹、さらなる改善への圧力が高まっており、気候への影響に対応するための実現可能な道筋を明確に示す必要がある。デロイトは、脱炭素化の課題やCO₂排出量削減の実現に向けたソリューションのインサイトを提供するため、欧米の航空宇宙及び航空業界のシニアリーダー40人を対象としたエグゼクティブインタビューを通して広範な定量的モデリングを実施した。本調査は、航空宇宙業界における脱炭素化の検討事項の概要を示すものであるが、業界が排出削減目標を達成するため、ゼロエミッション電動航空機の可能性に主な焦点を当てている。

本レポートでは、特に以下の4つの重要な問いについて見解を述べる：

- CO₂排出削減におけるビジネス上の必須課題は何か？
- 航空宇宙業界はどのように破壊的イノベーションを推進し、CO₂排出量を削減できるか？
- 航空宇宙分野における低排出技術の実現に向けて想定されるロードマップはどのようなものか？
- 電気推進（電動化）は、長期的な航空宇宙業界のスコープ3排出量をどのようにして削減できるか？

脱炭素化への対応が不十分な場合、航空宇宙業界の収益モデルそのものがリスクに晒される恐れがある

世界的に見ても、航空宇宙業界は引き続きモビリティ、経済成長、雇用、貿易の重要な役割を占める。同時に、航空機がCO₂だけでなく窒素酸化物（NOx）の排出を通じて地球温暖化に影響を及ぼしていることから、航空宇宙業界は世界のCO₂排出量に多大な影響を及ぼす業界の1つである。低炭素な未来へ移行するためにも、業界は早急に低炭素・脱炭素化に向けた取り組みを推進する必要がある。さもないと業界のビジネスモデル、収益モデル、事業コストがリスクに晒され、航空機メーカーだけでなくサプライチェーン全体に影響が及ぶ可能性がある。デロイトの予測では、CO₂排出量の価格付け（カーボンプライシング）、短距離フライトの削減、電車等よりサステナブルな代替交通手段の利用促進を図るといった各種規制が施行された場合、商用航空宇宙業界では約400億米ドルの減収及び110,000人の雇用削減¹⁰が生じる可能性がある。

幸い、サステナビリティへの取り組みを示すことは、業界にとって成長促進や長期的な競争優位性に寄与する可能性がある。インタビューに回答した航空宇宙業界のエグゼクティブのほぼ全員が、サステナビリティへの取り組みは収益成長や会社の収益性全般にプラスの影響をもたらし、顧客満足度を向上させ、優秀な人材を獲得・維持する能力が強化されるだろうと指摘した。

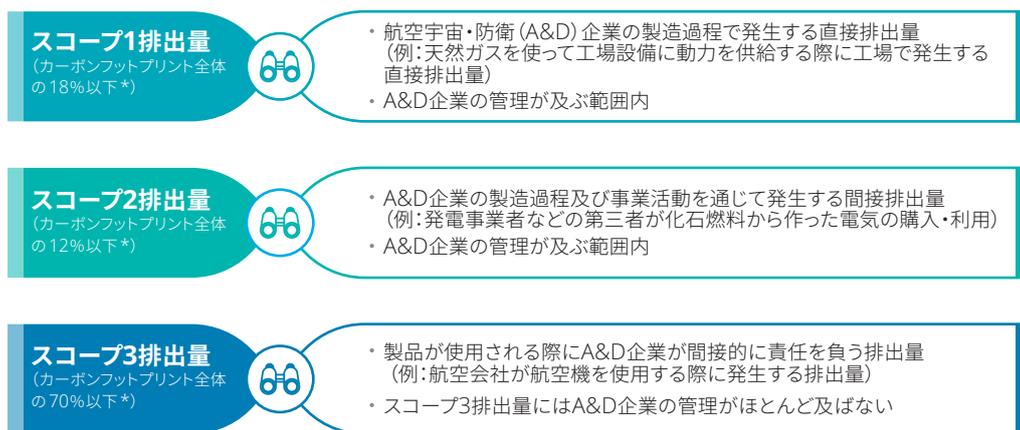
脱炭素化は業界における重要課題であるものの、経済的でスケーラブルなソリューションとして実現するには困難を極めるだろう。航空宇宙業界は2050年の排出削減目標を達成する上で様々な課題を抱えているが、特に重要な課題として、(1)新たなテクノロジーやソリューションの技術的・財務的実現可能性、(2)生産のスケーラビリティやインフラ整備、(3)サステナビリティへの取り組みが環境や経済に与える影響の測定、(4)インセンティブ形式の支援制度が挙げられる。

スコープ1・スコープ2排出量を抑えることが持続可能な航空宇宙業界の礎となる

白 社の直接排出量について理解を深めている航空宇宙企業もあるが、バリューチェーン全体におけるカーボンフットプリントを把握することははるかに大きな難題となりそうだ。

スコープ1、スコープ2、スコープ3とは、航空宇宙企業が自社の事業活動及びより広範なバリューチェーンにおいて排出する炭素量の分類方法である（図2）。

図2
航空宇宙企業はスコープ3排出量がカーボンフットプリントの約70%を占めるが、彼ら自身がスコープ3排出量をコントロールすることは難しい



注釈：*2020年12月31日時点での推計

出所：エグゼクティブインタビューに基づくデロイトの分析

サステナブルな航空宇宙関連機器の製造（スコープ1及びスコープ2排出量の削減）には、エネルギーや天然資源を保全しながら環境への悪影響を最小限に抑える経済的なプロセスを通じて、商用及び軍用航空機を設計して製造することが含まれる。サステナブルな取り組みにより航空宇宙産業の製造バリューチェーン全体を劇的に改善させるための4つの主要要素は、(1)デジタルツイン、ラピッドプロトタイピングや付加製造技術

などの先進的技術を活用したプロダクトデザイン及びエンジニアリング活動の改善、(2)サステナブルな代替資材の選定及び調達、(3)スマート技術とグリーンエネルギーを融合した未来工場の構築、そして(4)サプライチェーンの再構成と物流経路の合理化による出荷及び流通の効率化である。詳細は、[Sustainable manufacturing: From vision to action](#)を参照してほしい。

防衛領域に焦点を当てた場合、現時点では、部隊は性能（任務効率）を重視し、製造業は生産効率性を重視している

防衛用航空機に使用される技術の多くは商用航空機のものと同じだが、その動機や目標は異なる傾向がある。多くの防衛組織は膨大な燃料の運搬が負担となるため、太陽光による自家発電から小型原子炉まで、多岐にわたって革新的なカーボンフットプリントの削減方法を探求しているものの、依然として他のどの検討事項よりも性能（任務効率）を最重要視している。そのため、彼ら自身はスコープ3排出量を削減していたとしても、防衛企業（特にOEM）がスコープ3排出量を削減することをほぼ求めておらず、防衛企業（特にOEM）が競争優位性を見出せる領域は、オペレーション効率の改善となる。その結果、防衛企業の多くは、スマートビルディングやスマートマニュファクチャリング施設を建築・運用し、効率的に電力を活用することで、施設や資産全体でカーボンフットプリントの削減に努めている。防衛航空宇宙業界のOEMは、設計や生産の最適化を図るためにデジタルツインなどの先進技術を活用し、何千ものデジタル／バーチャルシミュレーションを実施している。その結果、本来発生していたと想定される排出量が抑制されている。

スコープ3 排出量削減の実現に向けて 航空宇宙業界が検討すべき破壊的イノベーションの5つの要素

スコープ3 排出量を算出し、削減するという構想に躊躇する企業も少なくないだろう。多くの航空宇宙関連企業にとって、スコープ3 排出量が自社のカーボンフットプリントに占める割合はスコープ1 及びスコープ2 排出量よりもはるかに大きい（約70%）。彼らがスコープ3 排出量を管理するのは困難だが、飛行機のCO₂ 排出量を削減する上で重要となるだろう。

長期的にスコープ3 排出量の削減を期待できる技術は

複数出現している。航空機の排出量の多くは燃料の燃焼に関連するので、航空機産業を推進する持続可能な方法を発見していくことが必要不可欠となるのだが、航空宇宙業界は脱炭素化を促す5つの主要な要素に焦点を当てるべきである（図3）。重要なソリューションとして再生可能資源から作られたSAFがあるが、長期的には、電気推進を含むスケラブルで先進的な推進技術が、業界のカーボンフットプリント削減において重要となる。



図3

航空宇宙業界のスコープ3排出量削減に繋がる5つの主要要素



出所：エグゼクティブインタビューに基づくデロイトの分析

1. 革新的な機体設計

革新的な空力設計、航空機部品の付加製造、先進的なコーティングの利用による機体の刷新は、航空機の燃費向上とそれに伴う排出量削減が見込まれる重点領域の1つである。航空機メーカーはプロダクト設計の段階で効率的なプロセスを用いることでスコープ1及びスコープ2排出量を削減できる一方、革新的な機体設計によって飛行中のスコープ3排出量の削減も期待できる。航空機メーカーは何十年もの間、軽量化や空気力学に焦点を当て、燃費向上に努めてきた。

航空機メーカーは引き続き、現在のテクノロジープラットフォームの効率性を改善することに努め、軽量炭素繊維を活用して作られる新たな商用ジェット機向けに高燃費エンジンを開発すべきである。また、より薄く、より軽量な材料を使って新しい機体形状を探求し、さらなる燃費向上を実現する必要がある。それ以外にも、垂直尾翼の小型化といった設計レベルでの進化も軽量化や抗力の低減をもたらし、それに伴って燃料消費や排出量の削減に繋がる可能性がある。さらに付加製造を利用すれば、航空機メーカーは機体部品を軽量化し、燃料消費を削減することもできる。

業界事例：革新的な機体設計

Boeing社は、付加製造を活用してより少量の原材料から機体を製造し、廃棄物を減らし、その結果燃料効率の向上を実現している。新しく開発されたBoeing社の各機体は、従来の機体よりも一般的に15~25%効率性が高い¹¹。また、Spirit AeroSystems社は、省エネ施策やそれに関連する性能向上施策に年間約1,000万米ドルの投資を行っている。これには複合材料の利用を増やすといったプロダクトイノベーションが含まれ、これにより金属製の機体と比べて、機体のライフサイクル全体でCO₂排出量が約20%削減される¹²。Airbus社は窒素酸化物(NO_x)やCO₂排出量の削減といった環境性能に優れた高燃費機体を設計するための研究開発に投資している。同社は製品寿命管理プロセスから得られたデータを活用し、その分析結果を設計に還元している¹³。

2. 新たな推進技術

a) 電気／ハイブリッド電気推進：ハイブリッド航空機（燃料と電池の両方から推進力を得る航空機）、電動航空機いずれの形においても、電気推進技術は急速な発展を遂げている。航空宇宙業界は自動車業界の昨今の技術発展を活用し、電池で電気モーターを作動させ、プロペラやダクトファンを回して推力を発生させる。このように、長期的な観点から電気／ハイブリッド電気推進が有望な技術として台頭しつつある。

電気推進技術を利用した運航は初期段階であるが、近いうちに短距離フライトにおける座席マイルあたり排出量を削減すると予想されている。電動航空機からは燃焼排出物が発生せず、飛行によるCO₂及びCO₂以外の地球温暖化効果が取り除かれるため、この技術開発は重要だと言える。しかし、電動航空機が直面する大きな課題の1つは、未だに電池が重く、飛行に適していないことである。一般的に、同じ重さのジェット燃料から供給される使用可能エネルギーは、最新のリチウム電池の約14倍である¹⁴。今日の電池エネルギー密度では小型機を短時間飛行させることしかできないが、エネルギー密度の改善に注力すれば、電池駆動の大型旅客機が数百キロ、さらには数千キロもの距離を飛行することも可能になるだろう。2030年以降、電池式電動航空機を利用した、ゼロエミッション短距離商用航空が可能になるかもしれない。

b) 水素推進：航空機の動力源として水素を使用する方法は主に2つある。燃料電池内で化学反応を起こして発電し、その電力を電気モーターに供給する方法、そして改良されたジェットエンジン内で燃焼させて推力を発生させる方法である。長期的に見れば、水素推進は中距離さらには長距離フライトでCO₂排出量を削減し、気候への影響を大きく低減させるだろう。そして、再生可能エネルギーと航空といった大量のエネルギーを消費する業界を繋ぐ楔になるだろう。

業界事例：新たな推進技術 (電気／ハイブリッド電気推進)

Rolls-Royce社は、未来の低排出製品を生み出すために破壊的新技術及びケイパビリティの開発を急ピッチで進めているが、そのような取り組みの1つに飛行の電動化がある¹⁵。Eaton社は電力の専門知識を活用し、より安全かつクリーンで、コスト効率の良い電動航空機を開発を支援している。同社は世界中のOEMと協働し、電動化の加速や燃費の良い航空機の製造を支援している¹⁶。Textron Aviation社はSurf Air Mobility Inc.社と売買契約を締結し、同社にCessna Grand Caravan EX単一エンジンターボプロップ航空機を150機販売する。この発注は、Surf Air Mobility社が同社の専有パワートレイン技術を動力源とするCessna Grand Caravan電動航空機を開発支援し、両社の独占的契約関係の一環を成すものである¹⁷。Joby Aviation社は2023年までにエアタクシーサービスの提供開始を予定しており、米国で初めて旅客サービス用の電動垂直離着陸機（eVTOL）の商業化を実現する企業の1社となる¹⁸。

しかしながら、水素は単位質量あたりのエネルギー密度が従来のジェット燃料の3倍であるため¹⁹、軽量化やコスト低減、機体内での水素の貯蔵といった重要な課題に対処する必要がある。また、水素推進を長距離フライトの動力源とするには、機体形状の改良など機体の大幅な再設計が必要になるだろう。そして、何よりも新しい機体への大規模な投資、燃料貯蔵システム、燃料分配システム、及び生産そのものが最大の障害となるだろう。

業界事例：新たな推進技術（水素推進）

Airbus社は、水素推進システムの開発、構築、検証に取り組み、航空宇宙業界の排出量削減に貢献しようとしている²⁰。Pratt & Whitney社は、水素駆動推進といった次世代技術への投資を行い、同社のエンジンポートフォリオ全体での性能及び効率性の改善を図ろうとしている²¹。カーボンフリー航空機を専門とする航空宇宙企業であるUniversal Hydrogen社は、グリーン水素燃料サービスの提供を通じてフライト運航の脱炭素化の促進を図る契約を米国航空会社1社及び海外航空会社2社と締結したことを発表した²²。

3. 持続可能な航空燃料

持続可能な航空燃料（SAF）は再生可能資源から生産されるが、化学的な組成は従来の化石ジェット燃料と非常に類似している。大型航空機や長距離フライトではより多くのエネルギーが必要であり、SAFは気候変動への対応やCO₂排出量の削減に対して最も目に見える効果をもたらすソリューションの1つであるため、化石燃料に代わる実現可能な代替燃料として台頭しつつある。

現在利用可能なSAFは2種類ある。1つは、植物から使用済み食用油、都市生活ごみ、家庭ごみまで様々な原料から作られるバイオジェット燃料である。通常、食用油やその他のパーム油以外の動植物油脂の廃油に加え、従来埋立または焼却処分されている包装材、紙、布、生ごみなどの家庭や企業から出る固形ごみが原料として使用される。その他にも、廃材などの林業廃棄物、成長が速い植物や藻類などの資源作物の使用も考えられる。バイオジェット燃料は燃焼される際に炭素を排出するが、もともと大気から取り込んだ炭素しか排出しないため、ライフサイクルを通じて見ると、ネットゼロソリューションと考えられるだろう。しかし、バイオジェット燃料にはジェット燃料の2～4倍のコストがかかるという欠点がある。

もう1つは合成燃料、つまり回収した炭素（CCUS、DACによる回収）と水素から作られる合成ケロシンであるが、これは非常に高価である。合成燃料は従来のジェット燃料の6～10倍の価格であるが、これは主に少量生産しかできないことが原因である²³。それでも、合成燃料は真のゼロエミッションソリューションとなる可能性を秘めている。

SAFは機体の燃料タンクにそのまま投入することができ、機体、エンジン、燃料供給システムを大きく変更する必要がない。従って、航空機メーカーは現在のエンジンで様々な混合燃料が使えるよう、改良を行うことが望ましい。ただし、SAFのスケールアップが重大な制約となり、現状ではSAFが完全に経済的に実現可能だとは言えない。OEMはエンジンメーカーと提携してSAFソリューションを開発し、機体のサービスライフサイクル全体を通じた燃料効率の最適化を検討すべきである。OEMはまた、実現可能な価格で十分な量のSAFを生産・供給できるよう、電力会社に対して投資を呼びかけるべきである。エンジンメーカーはエネルギー業界と協働し、SAFの可用性を大幅に高め、より大きな需要を生み出すべきであり、それに伴って生産量増加やコスト低減がもたらされる可能性がある。SAFの評価の詳細については、[Decarbonizing aviation: Clear for take-off](#) を参照してほしい。



業界事例：持続可能な航空燃料

Boeing社は2030年までに同社の新型商用航空機を100% SAFで飛行させることを目指している²⁴。Rolls-Royce社は、2050年までに航空宇宙業界でネットゼロエミッション達成を牽引するという継続的な取り組みの一環として、ビジネスジェットエンジンの100% SAF化の第一段階試験を実施した²⁵。Pratt & Whitney社は、米国試験材料協会（ASTM）International委員会への参加を通じて、SAFの評価及び承認に関与している²⁶。Shell社はサステナブル燃料生産事業者であるLanzaJet社への投資を行い、SAFの生産規模拡大を図っている²⁷。

4. 効率的な航空交通管理

(Air Traffic Management: ATM)

空域管理の高度化を通じた、より効率的な飛行経路の確立（直行経路によるエネルギー使用量削減）は、引き続きエネルギー使用量及び排出量削減の重要なソリューションの1つとなる。規制の枠組みを改良して空域の断片化を抑えることは、安全性やキャパシティだけでなく、費用対効果や環境の観点からも、ATMのさらなる改善に繋がるだろう。加えて、空の渋滞や最適でない飛行経路の回避やATM改善に必要なデータサービス市場の拡大などを図る政策は、航空業界の排出量削減にも貢献することが期待されている。航空宇宙業界は米国連邦航空局（FAA）などの規制当局と協働し、（燃料燃焼の削減を通じて）最適な燃料効率を実現するATMソリューションの開発に寄与すべきである。この点では、NextGen Air Transportation System（次世代航空運輸システム）、つまり地上ベースのレーダーデータを米国の全地球測位システム（GPS）から得られた衛星ベースのデータに置き換えるというFAAの継続的なナビゲーションシステム近代化プロジェクトの実装及び経路最適化が、排出量削減の重要なカギになると予想される。民間航空交通管制業務機構（CANSO）は、より多くの国の政府と協働し、軍事上の目的を除いて、商用航空が直行経路で飛行できるよう、空域の開放に努めるべきである。

業界事例：効率的な航空交通管理

Thales社は、2023年までに航空機のCO₂排出量の10%削減を達成するため、ATMシステムと飛行管理装置（FMS）の連携に向けた取り組みを行っている。Thales社の新しい航空交通流管理（ATFM）システムは、世界の航空交通予測モデルを利用し、環境性能の観点から最適化された飛行軌道を提示する²⁸。JetBlue社はNextGen Air Transportation Systemへの投資を行い、すでに燃料使用量やCO₂排出量の削減といった成果を得ている。NextGenが提供する各フライトへの個別ガイダンスを用いて、JetBlue社は、離陸のため滑走路に向かう地上走行時間の短縮、リアルタイムの気象データに基づいた飛行経路修正による離陸時及び飛行中の燃費の削減、パイロットが事前にゲート／地上走行に関する情報を入手することでゲートに向かう地上走行時間の短縮といった効率化を実現している²⁹。EU各国は、排出量削減、打撃を受けた航空会社のコスト削減、安全性の向上を目的として、同圏域の航空交通管理の改革に合意した。この改革はSingle European Sky（単一欧州空域）として知られ、航空交通の流れの調整及び最適化において規制機関である欧州航空航法安全機構（通称EUROCONTROL）の役割を強化するといった多種多様なイニシアチブを含んでいる³⁰。

5. サポートインフラの構築及び管理

新たな推進技術、SAF及びATMのイノベーションを促進するには、オペレーション効率の実現を支援する最高レベルのサポートインフラの開発及び保全が必要となる。よりグリーンな未来へ効率的に移行するためには、できる限り多くの空港で電動航空機の充電に必要な電力、航空機の推進に必要な水素、従来のジェット燃料に代わる燃料であるSAFを供給できるよう、インフラのグローバルネットワークの開発が必要不可欠となるだろう。これには、空港で代替燃料の供給インフラを開発し、それによって従来のジェット燃料と同レベルの安全性を保証することが含まれる。航空会社と空港が協働して、機体の補助動力装置ではなく空港の地上電源装置を使ってターミナルゲートで飛行機に電力を供給できるようにすることも可能だ。航空宇宙業界はまた、インフラ企業と協働し、空港の再生可能エネルギーの購入、再生可能エネルギーシステムの導入、低排出またはゼロエミッション車両や航空機地上支援機材（GSE）の購入といった低コストのエネルギー効率化施策を空港が追求できるように支援すべきである。

よりグリーンな未来へ移行するには、電力・水素・SAFなど航空燃料の供給に係るインフラを可能な限り多くの国々（各国の空港間）でネットワーク化することが必要不可欠である

業界事例：サポートインフラの構築及び管理

2015年以降、ノルウェーのオスロ空港はすべての航空会社に対して定期的な SAF 供給を実施している³¹。バンクーバー国際空港は2030年までに炭素排出をなくすことを目指している。同空港はすべての軽量車両と、できる限り多くの重量車両を電動化する計画である。さらに、再生可能な天然ガスを利用し、ターミナルの照明装置やHVACシステムのエネルギー効率の向上を図っている³²。

カーボンオフセット：航空宇宙業界のCO₂排出量オフセットを促進するための短期的方策

航空宇宙業界は、国内線・国際線を問わず、航空会社の事業活動から発生するCO₂排出量を相殺するためにオフセット、またはカーボンクレジットを利用しており、カーボンクレジットは国際民間航空のためのカーボンオフセット及び削減スキーム（CORSIA）の下で運用されている。カーボンオフセットを利用すれば、業界のプレイヤーは炭素削減プロジェクトに投資することによって特定のフライトにおける航空機のCO₂排出量に占める自社配分を「ニュートラル化」できる。

例えば、Joby Aviation 社、JetBlue 社、Signature 社は、ネットゼロエミッションへの新たな道として電動及び水素航空機クレジットの活用を発表した*。3社は、航空炭素市場でのこれらの新しいクレジットの作成、検証、及び最終的な利用に関する枠組みの定義に取り掛かる。JetBlue 社は、世界中の太陽光、風力、林業プロジェクトからカーボンオフセットを購入することで、2020年に米国の航空会社で初めて国内線フライトすべてでカーボンニュートラルを達成した。

注釈：*詳細については、Kelsey Reichmann、「New partnership between Joby, JetBlue and Signature aims to create credits for clean flight technology」（Joby 社、JetBlue 社、Signature 社が新たな提携によりクリーンな航空技術でクレジット獲得を狙う）（『Aviation Today』2021年7月13日掲載）を参照。

スコープ3 排出量削減への道

航空機のCO₂排出量（スコープ3排出量）は2005年に6億5,000万トン記録した。航空業界が掲げる目標は2050年までに排出量を3億2,500万トンにすること（2005年レベルから50%削減すること）である³³。航空宇宙業界が継続的に成果を上げない限り、航空機のCO₂排出量は2050年までに23億5,000万トンまで膨れ上がる可能性がある³⁴。これは、航空宇宙業界が排出削減目標を達成するために、2021年から2050年の間に見込まれる20億2,500万トンのCO₂排出量を削減しなければならないということの意味する³⁵。

デロイトの分析では、SAFや電気推進がスコープ3排出量の削減及び2050年の排出削減目標達成の重要な手段になりうることが示唆されている。SAFと電気推進を合わせると、2050年までに最大63%、つまり14億9,000万トンのCO₂排出量削減が可能である（図4）³⁶。（計算方法の詳細は巻末「調査方法」セクションを参照）

中長距離フライトでの排出量削減という観点ではSAFがベストかもしれないが、小型機や短距離フライトでは電気推進が最も現実的なゼロエミッションソリューションとなりそうである。

デロイトは、SAFによって2050年までにすべての長距離フライト（飛行距離1,000マイル超のフライト）で発生する排出量が75%削減でき、電気推進によって2050年までにすべての短距離フライト（飛行距離500マイル以下のフライト）で発生する排出量が60%削減できると予測（図5）。

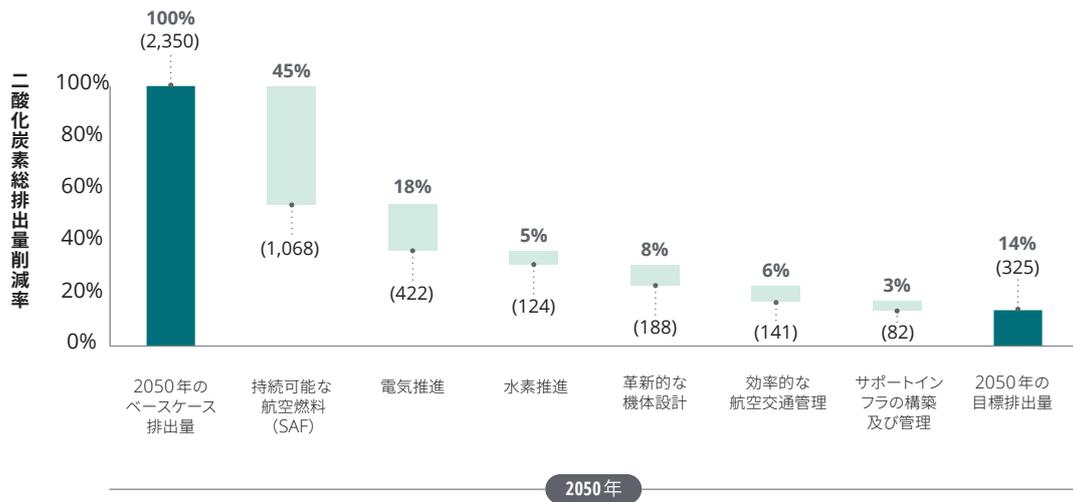
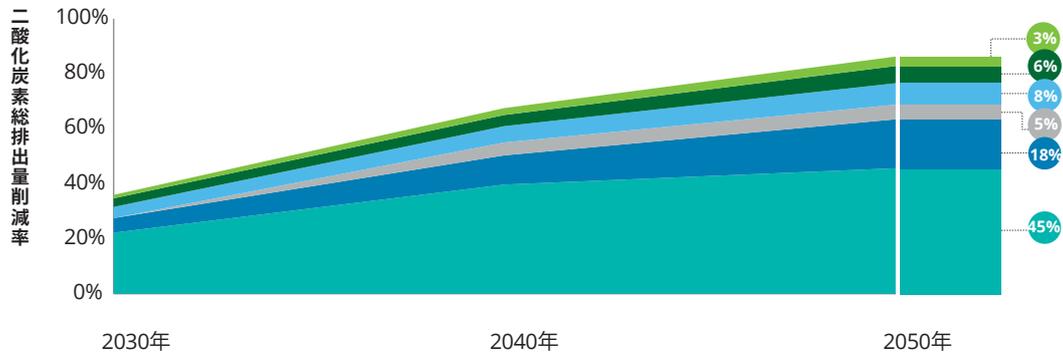
中長距離フライトでの排出量削減という観点ではSAFがベストかもしれないが、小型機や短距離フライトでは電気推進が最も現実的なゼロエミッションソリューションとなりそうである。

その上、SAFと電気推進は、2050年までにすべての中距離フライト（飛行距離500～1,000マイルのフライト）で発生する排出量をそれぞれ40%及び35%削減することに貢献する可能性がある。

図4

想定される2050年までの脱炭素化の道り

- 持続可能な航空燃料 (SAF)
- 電気推進
- 水素推進
- 革新的な機体設計
- 効率的な航空交通管理
- サポートインフラの構築及び管理

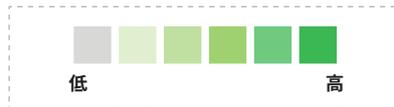


注釈：四捨五入しているため、合計は必ずしも100%にはならない。
 出所：IATA及びBoeing社のデータに基づくデロイトの推計

図5

想定される排出量削減の機会（機体の種類／飛行距離、技術別）

技術	2021～2030年	2031～2040年	2041～2050年
短距離フライト (飛行距離 500 マイル以下)			
SAF (持続可能な航空燃料)	25%	40%	10%
電気推進	25%	40%	60%
水素推進	0%	10%	20%
中距離フライト (飛行距離 500 ～ 1,000 マイル)			
SAF	25%	50%	40%
電気推進	10%	20%	35%
水素推進	0%	10%	10%
長距離フライト (飛行距離 1,000 マイル超)			
SAF	30%	50%	75%
電気推進	0%	0%	0%
水素推進	0%	0%	0%



出所：IATA及びBoeing社のデータ及びエグゼクティブインタビューからのインサイトに基づくデロイトの推計

航空排出量の削減において、SAFの利用普及が極めて重要なカギとなることが予想されている。しかしながら、電力会社や航空企業に対してSAFの生産や利用の規模拡大を促すためにはインセンティブの仕組みが必要となる。さらに、これらの燃料を真に「サステナブル」なものにするためには、ライフサイクルCO₂排出量が削減されること、少量の真水しか必要としないこと、必要食糧生産との競合がないこと（例：サトウキビやトウモロコシなどの第一世代バイオ燃料）、森林破壊を伴わないことといった特定の条件を満たす必要がある。

長期的に見れば電池コストの大幅な低減が見込まれるため、2030年以降、サステナブルな電池生産を通じて、電気推進を用いたゼロエミッション短距離商用航空が可能になるだろう。しかしながら、電気推進は機体設計や推進システムの設計変更だけでなく、電池充電や電力インフラへの多額の投資を必要とする。一方、水素燃料電池は商業化が困難だろう（図6）。

図6

スコープ3 排出量削減のための厳選された主な手段の評価

脱炭素化の手段	技術	利点	課題
 持続可能な航空燃料 (SAF)	<ul style="list-style-type: none"> 使用済み食用油や農業廃棄物などのバイオマス資源、再生可能資源から作られる 	<ul style="list-style-type: none"> 航空燃料のライフサイクルCO₂排出量を最大80%削減する 機体の燃料タンクにそのまま投入でき、航空機メーカーは機体、エンジン、燃料供給システムを大きく変更する必要がない 	<ul style="list-style-type: none"> 主燃料として使用するのに相応しい価格または規模での供給が整っていない 原料の流通、収集、輸送が困難
 電気推進	<ul style="list-style-type: none"> 電池から供給される電力でモーターがプロペラを動かす全電動航空機、または燃料と電池の両方から推進力を得るハイブリッド電動航空機 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂排出量を100%削減し、騒音レベルを下げる 短距離の商用航空に適しており、すべての地域路線フライトを100%電動化することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 推進システムや機体の設計変更が必要である 電池エネルギーや電力密度の面での改良が必要であり、初期段階では短距離フライトでの使用に制限される 総重量が増えるため、飛行速度が遅くなる 電池充電への多額の投資や、電力インフラ(送電網)の設置が必要である
 水素推進	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池内で化学反応を起こして発電し、その電力を電気モーターに供給する、または改良型ジェットエンジン内で水素を燃焼させて推力を発生させる 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂排出量を100%削減し、騒音レベルを下げる 中距離フライトにおいて、実行可能性がより高いソリューションと言える 	<ul style="list-style-type: none"> 長距離フライトの動力源となるには、推進システムや機体形状の改良など機体の大幅な再設計が必要である 貯蔵や輸送にインフラの刷新が必要である

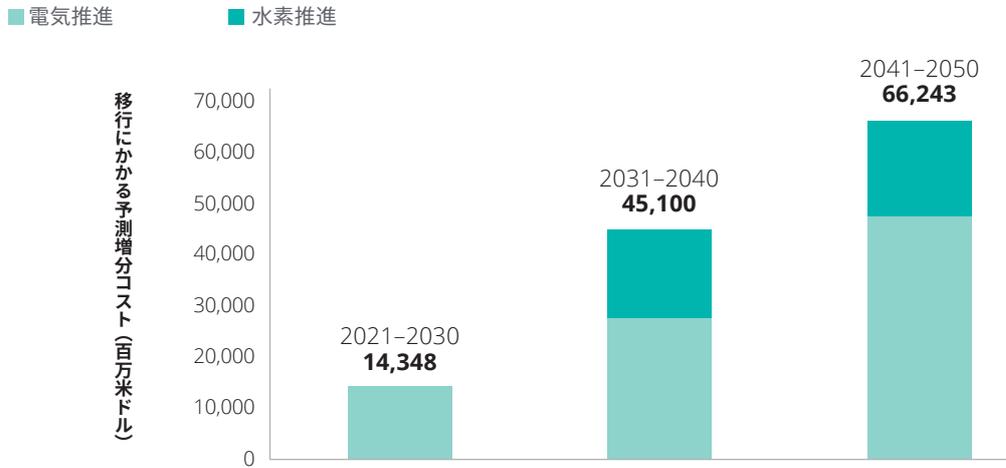
出所：エグゼクティブインタビューに基づくデロイトの分析

新たな推進技術のスケーリングを実現する上での最大の課題の1つとして、航空宇宙業界はインフラを構築するために、多額の投資を行い、広範なバリューチェーンで協働する必要があることが挙げられる。

デロイトは、主に短中距離フライトにおいて、電気及び水素推進への移行にかかる増分コストが2050年までに通算で1,250億米ドルに達する可能性があると予測(図7)。

図7

2050年までに電動及び水素駆動航空機へ移行するためにかかる予測総コスト



出所：Airbus社及びBoeing社のアニュアルレポート、Bloomberg、MotorTrend、InsideEVsからのデータに基づくデロイトの分析

そのため、ゼロエミッション航空機技術への移行を加速するには、資金調達が大きな役割を担う可能性が高いだろう。航空宇宙企業はパブリックセクターと足並みを揃え、研究及びイノベーション関連の活動や資金調達を促進し、技術的課題を克服すべきである。また、明確なロードマップや入念な戦略があれば、航空宇宙企業

はイノベーション及び先駆的な研究開発活動で、比較的容易にプライベートエクイティファンドの関心を引き寄せることができる。政府や投資家と緊密に協働することで、既存の業界プレイヤーやスタートアップは技術成熟度レベルを高め、商用化可能なレベルに到達するための投資を確保することが期待される。

電動航空機：短距離輸送における ゼロエミッションフライトを実現する ソリューション

バイオジェット燃料は、燃料ライフサイクルにおいてはネットゼロソリューションと言えるが、真のゼロエミッションソリューションではない。一方、合成燃料はゼロエミッションソリューションとなる可能性を秘めているが、従来のジェット燃料と比べると非常に高価である。そのため、SAFだけでは業界は高度な炭素削減目標を達成できない。そこで、真のゼロエミッション推進システムを組み込んだ包括的なソリューションが必要となる。

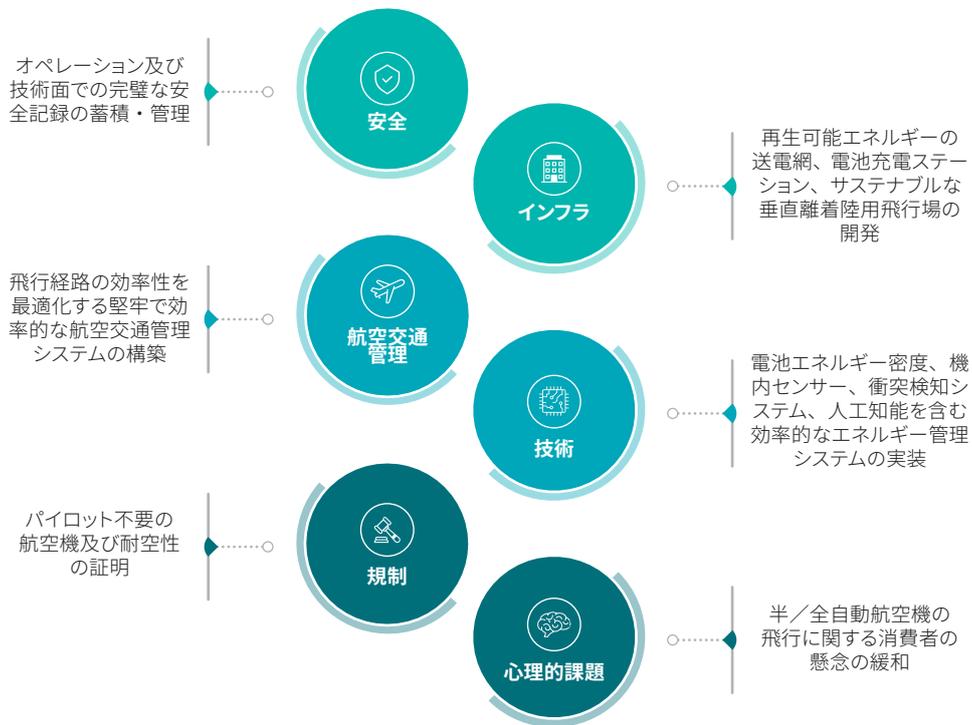
短距離フライトやアーバンエアモビリティに関しては、電気推進に焦点を当てることで、航空宇宙業界はよりサステナブルな輸送手段を実現できる。現時点では短期的なソリューションとは言えないが、電気推進は商業、民間及び防衛の様々な用途において、適切な価格帯で省エネモビリティを提供することが見込まれている。通常近距離飛行（現時点で最長300マイル）に特化し、滑走路を必要とせず、高度に自動化されたeVTOL（電動垂直離着陸機）を利用することで、航空宇宙企業は有人運航または自動運航といった点で従来とは異なる電気推進を旅客及び貨物輸送に取り入れることができる。**業界リーダーの10人中6人は、電気推進が現在のエアモビリティ手段よりもサステナブルで環境にやさしいソリューションになると考えている³⁷。**

電気モーターや電子制御装置の単純化によって、製造及び維持コストだけでなく運航中に発生する排出量を大幅に削減すると同時に、複雑な送電システム、フライトクリティカルな要素の性能、機械的信頼性の向上が期待される。この機体設計は、都市や郊外及び防衛環境で新たに直面する多くの複雑な飛行ミッションを可能にするだろう。現在、このようなミッションの一部は地上車両、従来のヘリコプター、固定翼機が担っているため、さらなる排出量削減に繋がる。

航空宇宙業界が注力している多くの新たな技術プラットフォームの中でも、電気推進は航空機のゼロエミッション飛行の先駆者となることが期待される。また、eVTOLの自動運航は、旅客や貨物のモビリティの域を超え、治安維持、人道支援、インフラ点検、リモートセンシングなどの活動においてもCO₂排出量の削減に貢献できるだろう。

図8

eVTOLの導入及びスケーリングにおける課題



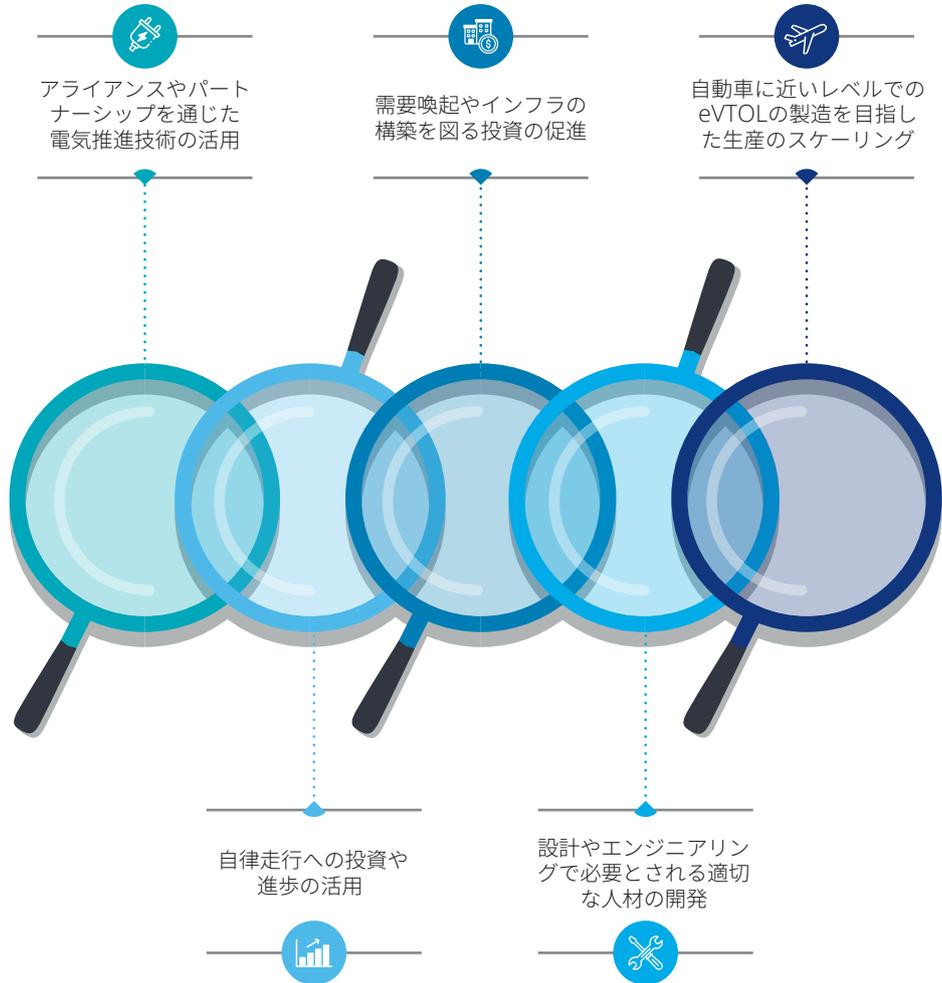
出所：デロイトの分析

しかしながら、航空宇宙業界にはeVTOLの大規模な導入を実現する前に克服すべき課題が複数ある（図8）。特に空域の割当て（低高度～高高度）に関する規制がeVTOLの急成長のポテンシャルに課題をもたらす可能性がある³⁸。

とりわけ、航空エコシステムの全プレイヤーが緊密に協働しなければ、eVTOLの導入や成長を促進することは困難となるだろう。航空宇宙業界は5つの領域に重点を置いて障害の克服や電気推進のスケーリングを検討し、排出量削減を目指すべきである。そうすれば、現在の事業活動の方法にパラダイムシフトがもたらされるかもしれない（図9）。

図9

航空宇宙業界が排出量削減を目指してeVTOLを拡充するために重視すべき5つの領域



出所：デロイトの分析

1. アライアンスやパートナーシップを通じた電気推進技術の活用：eVTOLの未来は省エネ性やパフォーマンスが高い電気推進システムを有することにかかっているため、航空宇宙業界は分散型電気推進（DEP）技術の活用に関心をもち、重点を置くべきである。eVTOLは軽量、強力、長寿命かつ低価格で、高速充電ができる電池を必要とする。しかし、これを達成するには、発電機と燃料電池といった発電装置だけでなく電池とコンデンサといったエネルギー貯蔵装置の組み合わせや高機能電力源の開発を伴うため、実現には業界全体の協働が必要となるだろう。また、航空宇宙業界は人工知能、拡張現実／仮想現実（AR／VR）、ハイパフォーマンスコンピューティングといった高度技術への投資も行うべきである。

2. 自律走行への投資や進歩の活用：業界プレイヤーは自律走行車への投資という強い追い風からの恩恵を享受することができる。コンピューティングの観点から言えば、半導体メーカーが強力なチップを作り出し、製造企業は数年前は想像することさえできなかった高度な計算を実行できるようになった。衝突検知や回避機能の高度化を目的としてレーダーセンサーにマイクロ波及びミリ波技術が適用され、より安全なナビゲーション機能を確立する機会が出現している。

3. 需要喚起やインフラ構築への投資促進：航空宇宙業界の企業は政府機関や規制当局を含む航空宇宙エコシステム全体と協働し、財政的な取決め、補助金、国レベルでの調達体制を通じて市場を活性化すべきである。投資家や政府と緊密に協働することで、既存の業界プレイヤーやスタートアップは技術成熟度を高め、商用化レベルに到達するための投資を確保できる。さらに、航空宇宙業界は市、州及び国レベルでの資金調達源の開拓を通じて政府と提携し、送電網、充電装置、垂直離着陸用の飛行場、航空機格納庫、整備エリアなどの物理的インフラを開発すべきである。

4. 設計やエンジニアリング人材の開発：燃焼から電気／ハイブリッド電気推進、パイロットによる操縦から自律飛行、集中型から分散型推進への移行は、航空宇宙業界が新しいスキルセットを手に入れる必要性が高いことを意味する。OEMは現在及び将来的な人材ニーズを満たすため、連邦機関、技術プログラム、学界と提携し、スキルを備えた人材を惹きつけ、育成し、採用す

べきである。また、公的及び私的的教育機関、業界団体、政府機関と長期的パートナーシップを築き、企業との強力なコネクションを構築するプログラム開発を行い、将来に向けてスキルを備えた人材の育成を行うべきである。

5. 自動車に近いレベルでのeVTOLの製造を目指した生産拡大：eVTOLの普及を商業的かつ経済的に可能にするため、航空宇宙業界は現在の航空機製造業界とは異なるレベルまで生産能力を引き上げるべきである。航空機業界で使用される材料がよりサステナブルかつ先進的で、比較的希少になるにつれ、サプライヤーは新たな素材・材料の生産プロセスの開発を通じて、気候に悪影響を及ぼすことなく業界の基準を満たした素材・材料を必要な分だけ生産することを証明できる。真にCO₂の排出をなくすため、航空宇宙業界は安定した調達コスト、製造の柔軟性、廃材処理及びリサイクル能力を備えた、健全な材料供給を実現すべきである。



調査方法

2050年までに見込まれる航空機からのCO₂排出量の予測にあたって、デロイトはCO₂排出量削減措置を全く取らない場合を想定したベースケースシナリオを作成した。ベースケースでの排出量の計算にあたっては、2019年をベース年として、有償旅客キロ（RPK、有償旅客数×輸送距離）及び貨物輸送トンキロ（FTK、輸送トン数×輸送距離）につきそれぞれ3%及び4%のCAGRを使用し、2030年、2040年、2050年の数値を推計した。さらに、RPK及びFTKに基づいて、2017～2019年のフライト1便あたりの平均RPK及びFTKを用いてフライト数を推計した。また、2017～2019年のフライト1便あたりの平均燃料消費量を用いて、総燃料消費量を推計した。これらの数字から、2017～2019年の燃料消費1ガロンあたりの平均CO₂排出量に基づいて、CO₂総排出量の計算を導いた。

機体の種類（リージョナルジェット、ナローボディ機、ワイドボディ機）別、及び脱炭素化の手段（持続可能な航空燃料（SAF）、電気推進、水素推進）別の排出削減量の計算にあたっては、有効座席キロ、つまり2019年の機体の種類ごとの機体数×平均座席数×平均飛行距離の割合に基づいて、RPK+FTKを機体の種類別に算出した。2030年、2040年、2050年における機体の種類別の排出量削減の道筋は、脱炭素化の各手段の推定普及率に基づいている。他の各手段、つまり機体設計、運航／航空交通管理、地上インフラの排出量削減への寄与度は、二次資料からの情報に基づいている。

電気及び水素推進への移行にかかる増分コストの計算にあたっては、大手航空機OEM2社の過去の財務データの分析結果に基づいて、従来型航空機推進システムの現行コストを推計した。内燃機関自動車と電動自動車のコスト差額から従来型航空機推進システムにおけるコスト差額を推定し、電気推進システムの製造にかかる増分コストを求めた。水素燃料電池推進システムの製造では、増分コストが電気推進と比べて10%高くなると推測した。2020～2050年の航空機納入機数は、Boeing社の今後20年間の航空機納入予測に基づいて推計し、その航空機納入機数を均等化して10年ごとの累計納入機数を求めた。増分コストは、2030年、2040年、2050年のリージョナルジェット、ナローボディ機、ワイドボディ機における電気推進と水素燃料電池推進の推定普及率に基づいて算出した。

SAFや電気推進といった主な手段から想定されるCO₂排出削減量について、本調査と他のデロイトの分析結果に差異が見られる根本的な原因は、本調査が航空交通管理や地上インフラで想定されるソリューションすべてを包括しているためであることに留意する必要がある。

脚注

1. US Department of Energy, *Sustainable aviation fuel: Review of technical pathways*, September 2020.
2. BBC, "Climate change: Should you fly, drive or take the train?," August 24, 2019.
3. IATA, "Climate change," accessed September 6, 2021.
4. European Federation for Transport and Environment, "Private jets: Can the super-rich supercharge zero-emission aviation?," May 2021.
5. Helen Coffey, "How bad are private jets for the environment?," *Independent*, August 20, 2019.
6. Aviation Benefits Beyond Borders, "Waypoint 2050," September 2020.
7. Air Transport Action Group, "Facts & figures," accessed September 6, 2021.
8. Ibid.
9. Boeing, *2020 Global environment report*, accessed September 6, 2021.
10. Robin S. Lineberger and Aijaz Hussain, *2018 Global aerospace and defense industry financial performance study*, 2018.
11. Lisa Maull, Paul McElroy, and Joanna Wingbermuehle, "Sustainability is built in," Boeing, April 2021.
12. Spirit Aerosystems, "Climate change 2020," accessed September 6, 2021.
13. Airbus, "Product responsibility," accessed September 6, 2021.
14. Venkat Viswanathan, Shashank Sripad, and William Leif Fredericks, "Why aren't there electric airplanes yet? It comes down to batteries," *Smithsonian Magazine*, November 2018.
15. Rolls-Royce, "Rolls-Royce puts net zero carbon by 2050 at the heart of future innovation and growth," press release, June 2020.
16. Eaton, *2020 Sustainability report*, accessed September 6, 2021.
17. Business Wire, "Textron Aviation announces order for up to 150 Cessna Grand Caravan EX aircraft," July 2021.
18. eVTOL, "Joby partners with Uber, commits to launching air taxis by 2023," December 20, 2019.
19. Airbus, "Hydrogen in aviation: how close is it?," October 8, 2020.
20. Airbus, "Decarbonisation," accessed September 6, 2021.
21. Pratt & Whitney, "Sustainable aviation," accessed September 6, 2021.
22. Nat Rubio-Licht, "Universal Hydrogen makes deals with 3 airlines," *Los Angeles Business Journal*, July 19, 2021.
23. Aviation Benefits Beyond Borders, "What is sustainable aviation fuel?," accessed September 6, 2021.
24. Boeing, "Boeing commits to deliver commercial airplanes ready to fly on 100% sustainable fuels," news release, January 22, 2021.
25. Rolls-Royce, "Rolls-Royce conducts first tests of 100% sustainable aviation fuel for use in business jets," press release, February 1, 2021.
26. Pratt & Whitney, "Sustainable aviation."

27. Biofuels International, "Shell invests in LanzaJet to drive up production of SAF," April 6, 2021.
28. Thales, "How technology can deliver short-term reductions in global CO₂ emissions," October 2020.
29. jetBlue, "Environmental social governance," accessed September 6, 2021.
30. European Commission, "Single European sky," accessed September 6, 2021.
31. ICAO, "Oslo Initiative – Avinor Bioport," accessed September 6, 2021.
32. Kirsten Clarke, "YVR commits to eliminating carbon emissions by 2030," *Richmond News*, March 13, 2021.
33. Deloitte analysis based on data from IATA, "Aviation & climate change: Fact sheet," July 2021.
34. Ibid.
35. Ibid.
36. This study differs from Deloitte's *Decarbonizing aviation: Clear for take-off* report in three key ways—(i) this study discusses Scope 1, 2, and 3 emissions; (ii) this study discusses all the potential solutions such as air traffic management and enabling ground infrastructure to reduce aerospace industry's Scope 3 emissions; and (iii) the focus of this study is on electric propulsion while the other study focuses more on SAFs.
37. Robin Lineberger, Aijaz Hussain, and David Silver, *Advanced air mobility: Can the United States afford to lose the race?*, Deloitte Insights, January 26, 2021.
38. Ibid.

発行人

桐原 祐一郎

代表執行者

デロイトトーマツ サイバー合同会社

ykirihara@tohmatu.co.jp

谷本 浩隆

シニアマネジャー

デロイトトーマツ コンサルティング合同会社

hitanimoto@tohmatu.co.jp

鈴木 淳

執行役員

デロイトトーマツ コンサルティング合同会社

atsussuzuki@tohmatu.co.jp

高橋 健

シニアコンサルタント

デロイトトーマツ コンサルティング合同会社

ken1takahashi@tohmatu.co.jp

菊池 道子

マネジャー

デロイトトーマツ コーポレート ソリューション合同会社

michiko.kikuchi@tohmatu.co.jp

執筆者

John Coykendall | jcoykendall@deloitte.com

John Coykendall は US/ グローバル航空宇宙・防衛 (A&D) セクターリーダー、兼 Deloitte Consulting LLP における Strategy 分野の Principal。US/ グローバル航空宇宙・防衛セクターリーダーとして、航空機、船舶、地上車両、人工衛星、打ち上げ用ロケットといった A&D 製品ならびに関連製品やサービスの設計、開発および製造に携わるクライアント向けサービスの責任者。同氏はまた、世界中の A&D クライアントを支援するため、デロイトの各種リソースやケイパビリティのグローバル連携を指揮する。

Steve Shepley | sshepley@deloitte.com

Steve Shepley は Deloitte Consulting LLP の航空宇宙・防衛 (A&D) インダストリー所属 Principal であり、15 年以上にわたって先端技術やテクノロジーの使用を通じて高度な製造技術を持つ企業の業績改善を支援してきた。同氏は、クライアントの業務コスト削減、生産性向上、成長促進を実現する変革のソリューション開発を専門としている。インダストリーの観点では、航空宇宙・防衛、自動車、産業機械セクターに注力している。

Aijaz Hussain | aihussain@deloitte.com

Aijaz Hussain は 製造業インダストリーのリサーチ・考察のリーダーであり、デロイトの航空宇宙・防衛インダストリーのリサーチを指揮する。同氏はまた、グローバルのエグゼクティブや消費者調査といった複数の大規模リサーチ活動を指揮し、経営幹部 (CXO) クラスやシニアリーダーシップの案件に深く関与してきた。同氏は、Future of Mobility、インダストリー 4.0、デジタルトランスフォーメーション、イノベーション、Future of Work、サイバーセキュリティ、プログラムマネジメントに関する考察の研究について数多く執筆した。これらの研究は世間の関心を集め、大きな影響力を持つものである。

Deloitte.

Insights

Deloitte Insights の登録はこちらから www.deloitte.com/insights

 @DeloitteInsightをフォローしてください

Deloitte Insights contributors

Editorial: Rithu Mariam Thomas, Dilip Poddar, Aparna Prusty, and Rupesh Bhat

Creative: Jim Slatton, Adamyra Manshiva, B Rahul, and Anoushriya S Rao

Audience development: Nikita Garia

Cover artwork: Jim Slatton

Deloitte Insights について

Deloitte Insights は、企業、公共部門、NGO に洞察を提供する独自の記事、レポート、定期刊行物を刊行しています。我々の目標は、プロフェッショナルサービス組織全体を通じた調査と経験、更には大学・研究機関とビジネスにおける共著者の経験を駆使し、企業経営者や政府指導者が関心を持つ幅広いトピックについて会話を進めることです。

Deloitte Insights は、Deloitte Development LLC が作成しています。

本資料について

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。

この資料に記載された情報の利用によって生じ得るいかなる損害に対しても、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）ならびにそのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの提携法人は責任を負うものではありません。

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイト トーマツ 税理士法人、DT 弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上に1万5千名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト (www.deloitte.com/jp) をご覧ください。

Deloitte (デロイト) とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド (“DTTL”)、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”) のひとつまたは複数指します。DTTL (または “Deloitte Global”) ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTL および DTTL の各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTL はクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドは DTTL のメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィック における 100 を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte (デロイト) は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務、法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500® の約 9 割の企業や多数のプライベート (非公開) 企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来 175 年余りの歴史を有し、150 を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters” をバース (存在理由) として標榜するデロイトの約 345,000 名のプロフェッショナルの活動の詳細については、(www.deloitte.com) をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド (“DTTL”)、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”) が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約 (明示・黙示を問いません) をするものではありません。また DTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTL ならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of

Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2022. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group