

〈研究ノート〉

ポスト・コロナの航空産業を考える

閑 林 亨 平

新型コロナウイルスの世界的蔓延によるパンデミックは他産業同様航空産業にも甚大な被害を与えた。本稿では航空産業を航空産業（エアライン）、航空機産業（メーカー）及びその他に分類してその影響を概観し、さらにポスト・コロナを踏まえて始まった新たな技術革新を紹介して今後の航空産業のあるべき姿を占う。

はじめに

2019年以降強大な猛威を振るっている新型コロナウイルスによるパンデミックは航空機産業にも強烈的な影響を与えた。航空会社では古くからのフラッグ・キャリアであったタイ・インターナショナル航空やマレーシア航空などが破綻し、大きな影響を受けなかった航空会社は皆無と言ってよい。

一方でこれを支える航空機製造会社も大きな痛手を受けている。特にそのすそ野を支えてきた下請け産業には壊滅的な打撃を与えている。下請けといえども個々の独自技術を持ち、大手航空機メーカーの庇護のもと拡大を続けてきた企業もあった。これらもほぼ一線に壊滅である。

航空産業にはこれまで製造業としての航空機産業と運輸会社としての航空会社が互いに影響を与えながら相まって発展してきた。コロナ以前にはこの航空会社の中からLCC¹⁾と呼ばれるいわゆる格安航空会社が登場し利用客が爆発的に増えることにより市場の拡大が行われてきた。

他方、コロナ禍の影響のもと、あまり大きな影響を被らなかった分野もある。航空貨物がその典型だが、それを支えるはずの航空機産業が以前の爆発的な旅客の増大に目を向けず、対応が遅れている点は否めない。

さらに新しい産業にも芽生えが確認できる。ドローン²⁾や「空飛ぶクルマ」と呼ばれる無

1) Low-Cost Carrier 格安航空会社。

人・有人の小型航空機である。これらは一気にこれまでの潮流を変えるほどの勢いはないが、明らかに新たな枝葉としての分野の創設につながる動きである。

また航空会社の中にも航空燃料のサステナブル化を求める動きに進むべき課題が高まってきた。この動きは少し急速すぎ、代替燃料（SAF）の供給が追いついていないくらいはあるがコロナ禍で落ち込んだビジネスの復活の障害にならない限り歓迎すべきであり新たなイノベーションを呼び込む流れとなろう。その流れで水素エンジンの開発も促進されようとしている。水素エンジンは相当以前から提唱され続けたくらいはあるが、この流れがようやく日の目を見る様相である。

耐え忍ぶことからようやく新たな動きに向かって動き出した航空産業を概観しその方向性を見極めることを本稿の目的としたい。

以下、航空業界、航空機産業、新しい航空機産業と航空産業に含まれる産業の課題とその視角をとらえ、その方向性を探ることによって新たな仮題を発見したい。

I. 航空会社（エアライン）

1. フル・サービス・キャリア（FSC）には政府援助が必要か

低コスト航空会社（Low Cost Carrier, LCC）とは異なる、従来からの航空会社（フル・サービス・キャリア, FSC）にはLCCの普及による需要の低迷に加えてこのコロナ禍による乗降客の減少は直撃を加えた。多くのFSCはほとんどの便を欠航し航空機は地上に滞機した。この間も空港等に支払う滞機料は嵩み会社の経営を圧迫した。まさに経営の危機を抱え航空会社は株主である政府等に援助を要請した。従来多くの航空会社が「フラッグ・キャリア」と呼ばれる国営航空であったころ会社の危機は政府の課題であるので政府からの援助が躊躇なく行われていた。多くの航空会社が民営化され、株式会社となってからは株主及びメインバンクとして金融機関からの資金援助が一般化している。日本でも日本航空・全日空ともに巨額の資金援助は銀行団に要請し新規調達を行ったが、その後政府系金融機関が幹事となり巨額の資金パッケージを発表している。アメリカでもアメリカン航空をはじめとして大幅な株価低迷を米国連邦破産法に基づくChapter11を申請、債権処理を行っている。国の産業を支える大手航空産業は経済政策の根幹をなし、ポスト・コロナの経済復興を考えた場合基礎インフラの面からも政府援助は欠かせない。経済的交流の面でも観光や旅行以外でも航空輸送は欠かせない。人的交流だけではなく貨物輸送でも今や航空輸送の重要性は増している。現にコロナ禍でも人的交流は減速しても航空貨物輸送はほとんど減少していない。こ

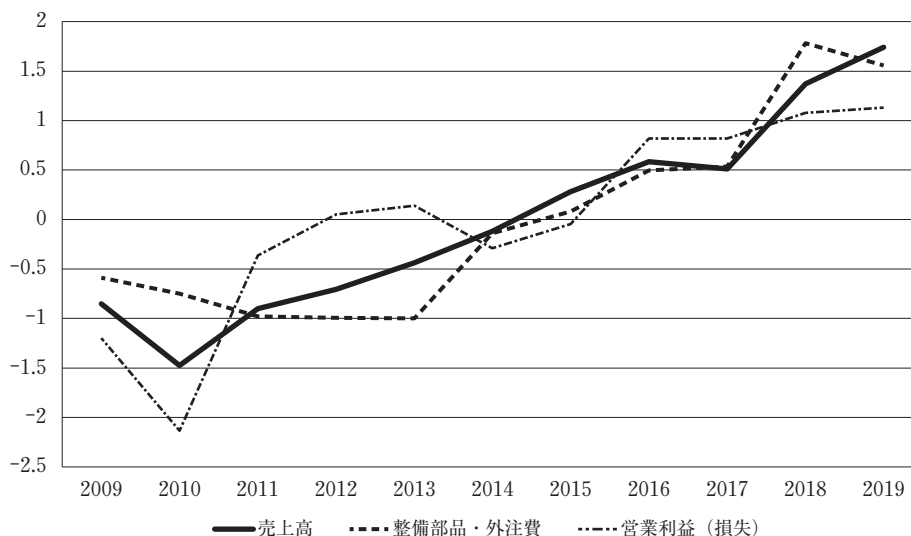
2) もともとは無人航空機全般のことを言っていたが、2015年に航空法第2条22項の改正により「無人であり、遠隔操作または自動操縦で飛行できる、200g以上の重量の機体」がドローンと定義されるようになった。

れら FSC でも旅客輸送は激減しても航空貨物はそれほど減少しなかった現実がある。貨物専用機を持つ FSC は航空貨物の取り扱いで急場をしのいでいる現状である。さらに UPS や FEDEX など貨物輸送会社やアマゾンなど通信販売業者は独自の航空貨物を扱うため貨物専用機を大量に発注している。航空機メーカーでもボーイングは大型機 B747 を貨物専用機として B747-F として生産を続けている。この通り航空会社においても旅客輸送に比べて貨物輸送の落ち込みは少ない。航空会社でも貨物専用機を持っている会社はフル活用の様相である。貨物専用機を持たない会社は大型機などを貨物用に改造しようとしているがこの改造は容易ではない。したがって客室に貨物を積載することで急場をしのいでいる。貨物専用機を持っている企業とそうでない企業はその運用が異なってきている。日本では全日空は貨物専用機を持っている。一方日本航空は貨物専用機を持たない。全日空はコロナ前の積極投資で保有航空機数が増えていて、また積極的な路線開拓を続けていたので今年度の赤字額は日本航空より遥かに大きい。一方日本航空は経営再建の捉通であったため早めに大型機を処分し身軽になっていたため赤字額は全日空よりも少ない。ただ民間金融機関の見方はそれでも貨物機の保有も含めて全日空に期待が大きく巨額の新規融資増にも大きな反対はない。日本ではすでに日本航空・全日空という優良企業グループに再編が終わっていたので「日本航空も全日空もつぶしてはいけない」という金融機関をはじめとする財界・政府からの見方で現在までのところ大きな不安はなさそうである。ただし、両グループに属さない、または距離を置いている航空会社はその例にはならない。例えばジェット・スター、スカイマーク、富士ドリーム航空 (FDA) などである。いずれもまったく単独の航空会社とは言えないが、今後の動向に目が離せない。また両グループにもっと取り込まれる可能性はある。

アメリカでは前述のアメリカン航空が史上最大に航空機発注を行った2021年に Chapter11 を申請しており、多くの航空会社が経営危機に陥っているものと思われる。米国での航空会社再編はまだ始まっていないが、いずれはこのアメリカン航空を中心にいろいろな再編はなされるものと思われる。アメリカでも前述の UPS は FEDEX、アマゾンなどの航空機輸送・及びそれへの投資は積極的でボーイング・エアバスなどの大型航空機メーカーの数少ない購入先となっている。

一方、EU ではすでにフランス・ドイツで航空会社の再編が始まっている。フランスのエールフランスは2004年にオランダ KLM と統合して欧州最大の航空会社となっているが、さらにスペインイベリア航空との統合も検討している。イベリア航空はすでに10%の英国ブリティッシュエアウェイズ (BA) の資本を受けている。ドイツルフトハンザドイツ航空はすでにかつてのスイス国営航空の後継会社を傘下に収め、オーストリア航空も傘下に収めている。これまでは再編において統合する側のフランス・ドイツの航空会社であったがコロナ後はフランスでもエールフランス KLM の存亡についてフランス経済相が「瀬戸際」と発言す

図1 ANAホールディングス（連結）業績指標推移



(注) ANAにおける2007～2010年のリーマン・ショック／世界金融危機の際は営業利益が回復してから3年遅れて整備部品・外注費が回復している。これにはコロナ禍の影響は反映されていない。コロナ禍の影響は今後も注視する必要がある。

(出所) ANAホールディングス アニュアル・レポート他から作成

るなど予断を許さない。ドイツは早々と当時のメルケル首相が2020年5月に特別救済を申し出、これは最近返済されたことを表明した。だがこの返済において多くのリストラを行い、傘下のLCCの統合も含まれる。

2. LCCの将来

一方、低価格・最小サービスを売りにコロナ前には大変な業績拡大を続けてきたLCCにも強烈な逆風が吹いている。アジアで有数のマレーシアのエア・アジアも特に国際線を受け持つエア・アジアXは債権放棄を余儀なくされ最近ようやく債権者の合意を受けたと報じられている。エア・アジアは2020年すでに中部国際空港を拠点としていた日本発のエア・アジア・ジャパン路線を全線廃止、日本から撤退している。

日本に乗り入れている他のLCCではオーストラリアのジェットスターがある。ジェットスターはジェットスターとシンガポールとの合弁ジェットスターアジアが日本に今も乗り入れている。ジェットスターは減便などももちろん苦闘を続けているが、JALとのグループ化が奏したか国内線も残り、何とか存続している。日本のLCCでは全日空系のピーチとバンナが統合された。ピーチは従来好調でLCC業界で国内2位だったが、バンナは元々エア・アジアとANAの合弁であったのがエア・アジアの撤退で引き継いだもので、成田空港ベース

で海外客が激減したこともあり今回の統合となった。これからはジェットスターや中国・台湾・韓国などの海外勢との競合に目を向けていかねばならない。

II. 航空機産業（メーカー）

新型コロナの影響は航空会社だけではなく航空機メーカーにも大きな打撃を与えている。以下エンジンメーカーと機体メーカーについて別個分析する。これまでは機体メーカーとエンジンメーカーは、協働することによりお互い刺激し自らイノベーションを起こし拡大・革新を続けてきた。ところがここへきてコロナ禍も相まって独自にイノベーションを起こせなければ協働も果たせなくなる様相が出てきた。エンジンメーカーはもちろん機体メーカーからの新規発注がほとんどなくなり大きな不安を抱えているが、機体メーカーが米国ボーイング、EU エアバス、ブラジル・エンブラエルと日本の三菱重工業などに限られることもあり、すでに何年も先まで受注残を抱えている。そこで今後の対応はこれまで広げてきたサプライ・チェーンや大型機用のモデルの縮小検討などを進めることで急場をしのげそうである。そこではエンジンメーカーである GE, P & W と RR のそのグループと IHI, 三菱重工, 川崎重工などの有力パートナー以外の新参パートナーには厳しい試練が待っている。今まで受注量があふれて下請けメーカーを探すのに苦闘していた傾向が社内で済ませるという方向に進むのは容易である。現に日本でも IHI などとその傾向が見られた。例えば、自動車産業が飽和なので航空機産業に携わりたいと新規参入を図ってきた中小部品メーカーは新たな選択を強いられる。

1. 機体メーカー

ボーイング、エアバスとエンブラエルは受注が全く止まるという前代未聞の試練に直面している。ただ誰も今後航空機が無くなるとは思わないので、生き残れる機種に注力するという戦略を図っている。

ボーイングはすでに生産を取りやめた超大型機 B747 を貨物専用機 B747-F に変更して貨物専用機の受注をもくろんでいる。大型機 B777 は不調で開発を進めようとした B777-X はいったん白紙に戻している。中型機 B787 も伸び悩み転換を迫られている。ただこれは機体メーカーではなくエンジンメーカーの功績だが燃費はよく生き残れる可能性は高い。新機種として発表目前までいった B797 もストップした。B797 は B757 の後継として開発を進めてきたが、コロナ禍で大型機の需要が止まり、「ワイドボディ」でと考えていた設計を見直さざるを得なくなっている。この間にエアバス A321（ナローボディ）に市場を奪われると危惧されている。ようやく B737-800 の改修問題を克服した小型機の信用と需要を取り戻すのに躍起である。

エアバスはボーイングに比べるとまだ状況が安泰そうだが、超大型機 A380 の開発・生産中止は終わったが、中東エミレーツ、カタール航空などからの受注済機のキャンセル、引き取り要求に見舞われた。いずれも何とかめどがついたようだが、今後の受注には悪影響を残している。今では花形の A350 だが開発期には中東からの大量受注がなければ頓挫していたはずである。好調の A320 シリーズだけに絞れないのがフル・モデル生産となった超大手の厳しさである。ただコロナ禍で大きく変わった小型機の傾注で一昨年終了したボンバルディア小型機の A210 シリーズ化は明るい材料である。今後ボーイングのライバルからボーイング+エンブラエルの強力なライバルとなることが見えてきている。

2. エンジンメーカー

エンジンメーカーも大きな変革を求められるようになった。エンジンメーカーはこれまで大型機なら 3 社³⁾しかないので航空機体メーカーが開発する機体ごとに 1 社か 2 社に決まり、あとはユーザーである航空会社には選ばれただけのこの業界特有の寡占状態が続いていた。幸いにもこの 3 社にはある程度受注が振り分けられて 3 社の程よい競争状態が続いていた。これは特に欧州にはロールスロイス (RR) しかなく、エアバスと RR の蜜月状態が続いてきたからである。筆者の想定では RR は無理に米ボーイングの牙城を奪いに行かなかったものと思われる。さらにエンジンメーカーも代替燃料の活用を迫られている。現在までのところ代替燃料は数十年単位でこれまでの航空燃料に加えて代替燃料を使うことが義務付けられ、代替燃料も既存の航空機燃料に追加するだけでエンジンメーカーにはそれほどの負荷はない。ただ今後考えられるのは、将来的にはエンジンに代わる電動モーター化、あるいは水素エンジンなどの採用である。水素エンジンについては、相当以前からロケットには採用されているが民間航空機には採算に合うものがなく、またその周辺機器の開発が遅れている。電動モーターに代わる時代が実現すれば既存のエンジンメーカーは大きな変換を余儀なくされ、場合によっては退場を促されるかもしれない。

本稿でその大変革まで予測するつもりはないが、これまで以上に早く開発を開始して航空機メーカーと航空会社のニーズを見極めることが必要となる。

3. 下請け産業

下請け産業もこのコロナ禍の激震を大いに受けた。コロナ前には航空機産業への参画を目指す中小企業が急増していたが、今回のコロナ禍で大手メーカーからの受注が一気に減り、また計画自体が消滅する危険性が発覚した。この結果、参加企業は極端に減ったが、残され

3) GE, P & W, RR (ロールスロイス) の 3 社を指す。

た会社にも厳しい現実が残っている。この結果、航空機産業から撤退し、別の産業、例えば風力発電などの産業に方向を転換する企業は多い。一方で空飛ぶクルマやドローンなどの新しい産業に向かうベンチャー企業もある。いずれもこれまでのように元受け企業からの要請を待っていることはできなくなった。元受けの大手メーカーにもこれまで下請けに出していた業務を内製していこうとする動きもあり下請け産業の勢力地図も大きく塗り替えられようとしている。この中でヨーロッパではエアバスを頂点とする航空機産業クラスターが確実に形成されつつあった。この流れは航空機製造だけではなくその周辺産業、例えば空港機器などにも見られた。ヨーロッパは限られた地理の中に多数の国がひしめき、その国ごとに航空会社があり、さらに空港が多数存在した。航空機1機が開発されれば複数の航空会社が採用し、多数の空港で使われることで一気に市場が増えたからである。これは空港用特殊車両やボーディングブリッジなどの産業で顕著であった。同じことはエアバスの下請け産業でも見られた。ただコロナ後に同じ将来が待っているとは限らない。ほぼコロナの終息に合わせたかのようなロシアのウクライナ侵行にも別方向からバイアスがかかった。ウクライナには旧ソ連時代にアントノフという大型機が得意な航空機メーカーとその産業もあった。また前項で述べたように各国の航空会社はもはや一国1社の「フラッグ・キャリア」⁴⁾という状態は無くなった。まだあまり進んではないが空港運営会社も統合されることは間違いない。こうなるとEU内で3カ国か4カ国で採用されれば成り立つ企業は無くなっていくものと思われる。国ごとに違う機器を持つことが無くなるのである。

Ⅲ. 新しい航空機産業

ここまで取り上げた航空機関連産業、すなわち航空会社（エアライン）、航空機メーカー（機体・エンジン）以外にもコロナ禍の前から引き続いて新しい産業が勃興している。

1. ドローン

コロナ禍の前から注目され始め渦中でも引き続き注目されている産業・技術にドローンがある。無人飛行機は以前からすでにある程度産業化されていたが、防衛用をはじめとしてやはり単価が高く普及は難しかった。一方「無人ヘリコプター」とでもいうべきドローンは安価品が中国製などで出回り一挙に市場化した。用途も航空撮影から始まり、設計・探知・防災など次々開発され普及するに至っている。これだけ大量普及するとコストダウンも始まり正の好循環が始まっている。まず最初に一般化したのは航空撮影でこれまで見られなかった

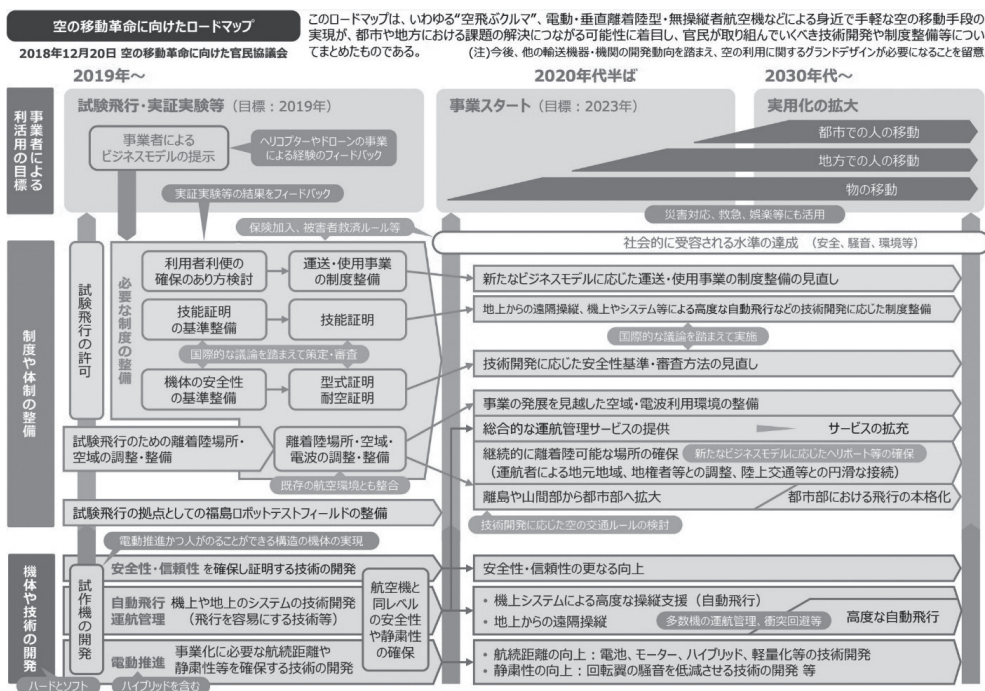
4) 各国ごとに国旗を付けた航空会社が存在した。スイスのスイスエアー、イタリアのアリタリア、スペインのイベリア航空など。いずれも他社に統合されて存在しない。

動画が撮られるようになった。そしてこれまでヘリコプターを調達して行っていた空撮が一挙にドローンに委ねられることになった。これには動画のこれまでにない普及が根底にある。You Tube や Netflix の普及は大きい。例えば中小企業がその HP での会社紹介用や商品紹介用にドローンによる空撮を採用するようになってきている。不動産会社による土地・建物の紹介もドローンによる動画撮影になり始めている。まだ運送用には実験段階だが離島向け山間地向けにはすぐに実用化されるところまできている。一方で操縦・運航に対する法的規制が追いついていない。製品に対する品質管理も追いついておらず、そのまま普及だけ進んでしまった感はある。いまや中国メーカーが市場を占めるようになって、かつての太陽光パネル市場を見るようである。ドローンを航空機とするなら「耐空証明」や「製造者責任」を厳格に進めなければならないが、「人が乗らない」ということで厳しすぎる基準を押し付けることはできず世界的な標準化がどこまで進むか、注視しなければならない。

2. 空 飛 ぶ 車

コロナ禍の前に新しい産業として EV と並んで脚光を浴びていたのが「空飛ぶ車」である。

図 2 空の移動革命に向けたロードマップ



(出所) 経済産業省 HP https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/008_01_02.pdf

図3 完成機イメージ



(出所) もりもと技術研究所プレスリリース

図4 エアバス「空飛ぶ車」



(出所) このエアバスのように「空飛ぶ車」はドローンと異なり、「航空機」の一種と認識されている。エアバス HP, <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission/urban-air-mobility/cityairbus-nextgen>

EVがSGDsの流れに沿ってあっという間に新産業となっていったのに対し、空飛ぶ車はいつの間にかドローンと混同されて陰に隠れていった感はある。ドローンが様々な産業からの参入で始まったのに対し、空飛ぶ車は既存の航空機メーカーが主導してきた。エアバスやボーイングがメインのプレイヤーである。日本では経済産業省が図2の通り「空の移動革命に向けたロードマップ」を提案している。これに基づき、いくつかのベンチャー（移動運転ラボなど）が実用化を目指している。

EUではエアバスが実証実験を繰り返し行っている。ヘリコプター式の自動運転機で電動の垂直離着陸機である(図3)。これまで開発してきたeVTOL⁵⁾機「CityAirbus NextGen」の

5) 垂直に離着陸し、ヘリコプターやドローン、小型飛行機の特徴を併せ持つ電動の機体。「イーブ

次世代機で図4の通り大幅にデザインを変更している。2023年に飛行試験開始、2025年ごろに認証獲得を目指している。

IV. 航空機産業と SDGs

1. 脱炭素燃料への取り組み

航空機は航空燃料（ガソリンではなく灯油に近い燃料）を使って内燃機関で飛ぶものという常識がまかり通っていたので「脱炭素」という考え方がほとんどなかった。しかしながら2015年のパリ協定、2021年のCOP26の結果を受けてようやくEUを中心に「脱炭素化」「化石燃料の排除」が謳われるようになった。具体的には持続可能な航空燃料（SAF）⁶⁾を各航空会社に義務付ける、というものである。つまり化石燃料ではない燃料を一定量含まない燃料で飛ぶ航空機はEU諸国への飛来を禁じようとするものである。SAFとはバイオマス燃料などで、航空燃料ではアンモニア等も候補に挙げられる。このようなSAFはまだ日本国内では原料も含めて調達が難しく、官民挙げての取り組みが必要となっている。しかしながらこのような取り組みは将来的には必要で、目の前のコストアップへの懸念に過度にとらわれることなく開発を進めることは肝要である。

図5 JAXA 有翼宇宙輸送機（予想）



(出所) JAXA HP <https://www.ard.jaxa.jp/research/hydrogenfuel/hydrogenfuel.html>

イートル」と読む。政府が2030年代の本格導入を目指す「空飛ぶクルマ」の主流になると言われている。滑走路が不要で騒音が少ないのが特徴。駆動時に温暖化ガスを出さず、整備コストがヘリコプターと比べ安いといったメリットもある。

6) Sustainable Aviation Fuel 持続可能な航空燃料。

2. 水素エンジンの開発

JAXAは、カーボンニュートラル社会の実現を目指してこれまでH-IIAロケットやH-IIIロケットに使われている液体水素燃料の供給技術や安全管理技術を航空機に適用することで、二酸化炭素を一際排出しない水素航空機の実現を目指している。水素燃料はバイオ燃料よりも製造コストが安く大量生産に向いている。水素燃料を大型機に適用する場合、従来のガン

図6 水素航空機の主要部品

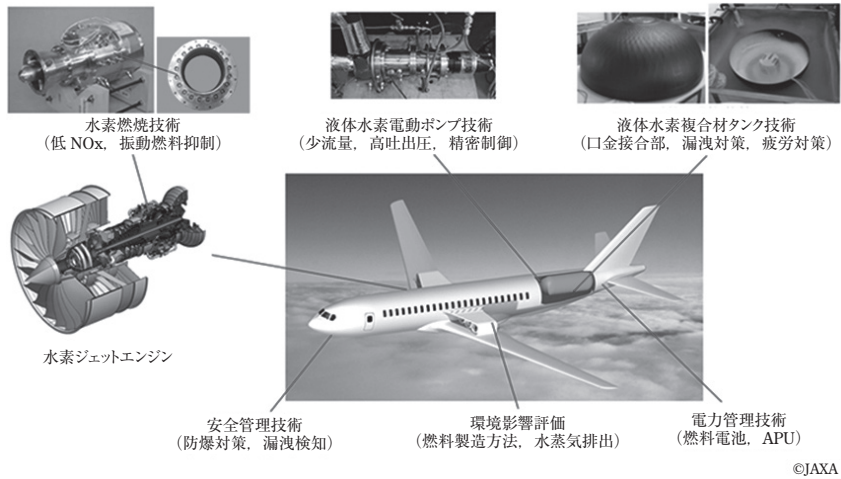
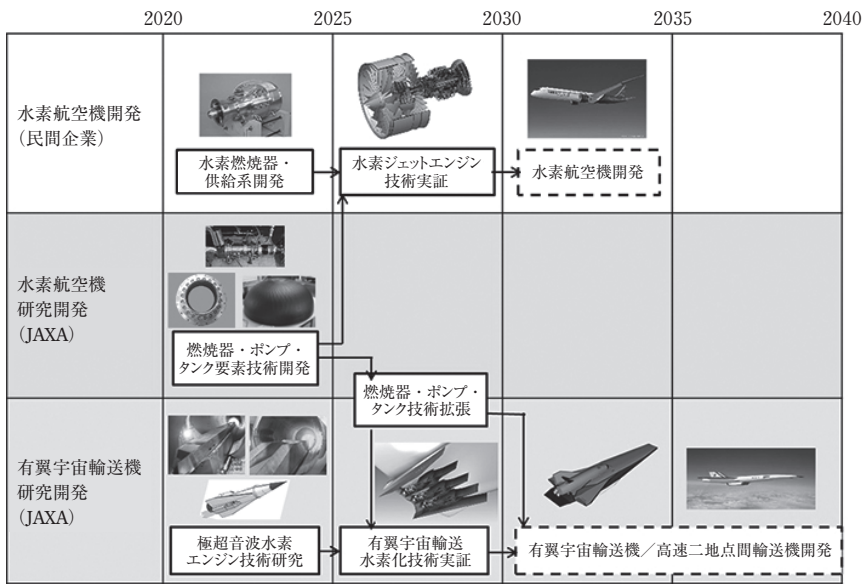


図7 水素航空機の開発



リンエンジンをベースに水素ジェットエンジンを開発する必要がある。このため水素を安定的に燃焼する水素燃焼器、液体水素を精密に制御してエンジンに供給する液体水素電動ポンプ、液体水素を安定的に貯蔵する軽量の複合材タンクを研究している（図6，図7）。あとはこの水素燃焼エンジンを例えば大手エンジンメーカー（GE, RR, P & W 等）や大手Tier-1（三菱重工，川崎重工，IHI 等）が開発するかである。すなわちどこがまず主幹企業として名乗りでるか，またはそれはいつ，どのような形であるか，等である。一部実験機の開発をのぞいてまだまだ横にらみの様相である。

3. 電動航空機の可能性

電動自動車（EV）は一挙に普及に向け進みだしたが，電動航空機はまだ実験の段階である。電動航空機とは内燃エンジンではなく燃料電池で電動モーターを回し，プロペラを推進する航空機を指す。エアバスは「ポッド」と呼ばれるプロペラ，電動モーター，水素燃料電池，液体水素タンクを内蔵したエンジン様のユニットを推力としたZEROeという実験機の開発を公表している（図8）。まだこの試験機は燃料電池が開発段階でさらに20席程度の小型機なら可能性は考えられるがどの程度大型まで拡大できるかは今後の課題である。しかしながらエアバスは相当真剣にこれを推進しており，日本を含む全世界で燃料電池・電動モーターの研究者・技術者を大量に雇用している。

図8 AIRBUS ZEROe



(出所) エアバス HP <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission/hydrogen/zeroe>

まとめ——仮説へのアプローチ

新型コロナの全世界での蔓延によるパンデミックは航空産業にも甚大な被害をもたらした。なかでも一時は大幅に拡大した世界的人的交流が一気に縮小されたことは大きい。人的交流の担い手と見られた航空輸送にオンライン化で済ませるといった新たな手法が確立されたことは否めない。ただそれでも航空輸送を使った人的交流の波は止められない。このコロナ禍の結果、大型旅客機など縮小の潮流を止められないが、新たに芽吹く技術も随所に見られる。ここ数年は航空産業も目を離せない状態が続きそうである。

航空産業はいろいろな産業の担い手として生き残っていくことは間違いなさそうである。ただこれまでのLCCの業態を中心とした安価な乗り物への集約という大きな目標は変更されそうである。すなわち航空会社では旅客だけではなく貨物がより重視される。また航空燃料がSAFとよばれる代替燃料の利用がさらに拡大される。航空機自体は燃費がよいだけではなく航続距離も長いものから短いものまで可能であること、これは主にエンジンメーカーにまず大きな激震となるだろう。各社はできるだけ早く電動モーターで飛ぶ航空機を開発しなければならない。または水素エンジンなどを開発しなければならない。この時に水素エンジンが今のガソリンエンジンの代替とみなされるかを見極めることも必要となる。電動モーター機となると電動自動車同用バッテリーの開発が急務である。これには新しい企業と新しい技術の参入が必要となってくる。ようやく航空機産業全体を覆っていた「寡占状態」を打破する企業が登場する素地が形成されつつある。

参考文献

- エアバス (<https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft>)
経済産業省 第1回「持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進に向けた官民協議会」議事録 令和4年4月22日
全日空 ANA 総合報告書(アニュアル・レポート)2021年
日本経済新聞 2021年7月10日
日本航空 JAL Report 2021
ボーイング official web site (<https://www.boeing.com/>)
American airlines Corporate website (<http://www.amrcaseinfo.com/>)
JAXA HP (<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/hydrogenfuel/hydrogenfuel.html>)
mazex HP 2022年4月22日アクセス

