

令和4年度 第12回 SJAC 講演会を開催

（一社）日本航空宇宙工業会（SJAC）は、令和5年3月13日（月）、SJAC革新航空機技術開発センター（以下、革新センター）による技術動向調査研究事業の成果報告を目的として、SJAC講演会を開催した。

尚、本講演会はSJAC会議室を会場として対面式参加、及びオンライン参加によるハイブリッド形式での開催とした。

1. はじめに

革新センターでは、将来出現が予想される高性能の革新航空機を開発するために必要とされる技術について調査および実用化研究開発等を推進する活動として、革新航空機技術の動向調査を行い、その成果はSJAC講演会を通じて会員の皆様に広く共有している。

2. 講演会の概要

今年度は、以下の（1）から（3）の革新航空機技術のテーマについて調査研究を実施

し、講演会当日は31の会員企業及び関係団体などから約140名（対面式9名、オンライン132名）の参加を得て、成果報告を行った。

（1）「航空機におけるDX(Digital Transformation)技術の活用」に関する調査報告

講演者：（一社）日本戦略研究フォーラム（JFSS） 佐竹 伸正氏

概要：

- ・ 日本企業の現状とDX推進の必要性
- ・ 欧米での航空機における積極的なDX技術活用の取り組み



- ・経済産業省による「DXレポート」
- ・日本の産業界（自動車、鉄道、造船、航空機）のDX活用状況
- ・米国ボーイング社 T-7A レッドホークにおけるDX活用
- ・その他のデジタルエンジニアリング航空機適用事例
- ・我が国の防衛航空機へのDX導入の動き
(全体概要は別紙第1を参照願います)



(2) 「持続可能な航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）と合成燃料」に関する調査報告

講演者：（一社）航空イノベーション推進協議会（AIDA）中島 陸博氏

概要：

- ・ ICAO CORSIA（Carbon Offsetting and



Reduction Scheme for International Aviation）の概要、及びSAFの位置づけ

- ・ ASTM認証の解説、及びSAFのCO₂削減率
- ・ 合成燃料の概要、及び技術的課題
- ・ SAFの需要と価格予想

(全体概要は別紙第2を参照願います)

(3) 「電動ハイブリッド推進システムの電動化技術における推進系に搭載する電気機器」に関する調査報告

講演者：東京大学 新領域創成科学研究科
先端エネルギー工学専攻 助教
寺尾 悠氏

概要：

- ・ 電動ハイブリッド推進システムにおける電気機器、及びプロジェクトに関する研究動向
- ・ 電動航空機に搭載するモータや電力変換器に対するハイブリッド推進ケース、及び全電動推進ケースでの要求出力密度
- ・ 航空機の電動推進システムにおける超電導技術の導入に関する研究動向
- ・ 「界磁超電導型」の構造及び予想出力密度
- ・ 「全超電導型」の構造及び予想出力密度
(全体概要は別紙第3を参照願います)



3. おわりに

今回の講演会においては、航空業界が現在

直面している変革（DX、SAF、電動化）の関係テーマであったこともあり、多くの会員に参加いただいた。講演会閉会後のアンケート調査では、担当業務に参考になる情報を得たこと、国内と海外における現状、動向及び課題を理解できたこと、欧米と比較して日本が遅れを取っているところが分かったこと等の

回答を多数頂戴し、非常に好評であったと自負するところである。

今後も革新センターの各種活動を通じて、会員企業皆様方の事業活動に対する有益かつ有意義な情報発信を継続していく所存である。

〔(一社) 日本航空宇宙工業会 技術部部长 松田 圭介〕

令和4年度革新センター技術動向調査研究

航空機におけるDX技術の活用の調査に関する報告書

世の中、DX（Digital Transformation）、DXと夏の蟬の鳴き声のように聞こえてくる。

世界がデジタルな社会への歩みを早める中、日本がいかにデジタルな社会に向けての歩みが遅れているか、そしてデジタルな変革を遂げなければという焦りのようなものが社会に漂っているかが伝わってくるようである。

多くの日本企業が、DXの実現に向けた取り組みに着手しているが、何をどのように進めればよいのか、DX推進の一步を踏み出したものの難航している企業等が多いのではない。

日本は、ここ30年間、給与が上がらず、ここ10年金融緩和によるデフレからの脱却を目指す政策が継続されてきているが、その効果は未だ現れず、ロシアのウクライナ侵略を契機に世界のエネルギー価格の上昇を契機に世界の主要国では、物価高によるインフレが進み金融緩和から金融引き締めに大きく舵を切っている。日本経済は、米国の急激な金利引き上げによる通貨安で、給与が上がらない中での物価高騰に見舞われるというスタグフレーションも懸念される状況に至っている。政府は、企業経営者に給与の引き上げを要請している。給与を上げるには、企業がいかに儲けるかであり、企業の生産性をいかに上げるかである。その切り札となるのがデジタル化であり、DXの推進である。

コロナ禍に見舞われる以前から、企業のIT投資はデジタル化、クラウド化へと確実に向かっている。しかし、コロナ禍で取り組みが大きく加速し、あらゆる企業がデジタル活用

を進めるべき時期に来ている。

コロナ禍において、国のデジタル化の施策がいかに遅れをとっているかが明らかになり、国は、デジタル化の政策推進に大きく舵を切った。

航空業界においても、欧米では航空機設計・製造・認証等の分野で既にデジタル技術を活用した積極的なDX化への取り組みが始まっている。

米空軍においてもウィル・ローパー前次官補（Will Roper：Assistant Secretary of the Air Force（Acquisition, Technology, and Logistics）（SAF / AQ））が提唱するDXによる調達改革が具体的に進もうとしている。

経済産業省は、2018年5月に設置した「デジタル・トランスフォーメーションに向けた研究会」が取り纏めた成果を『DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～』（2018年9月）として発表した。

このレポートは、あらゆる産業でデジタル技術を活用したパラダイムシフトが起きている中、多くの企業がデジタル技術活用の重要性に気が付いていながらも、何をどうすれば良いのかの見極めができておらず、「老朽化、複雑化、ブラックボックス化した既存システムも足枷になっている」と指摘している。その上で、IT人材の不足が2025年までに約43万人にまで拡大すること、多くの企業で利用されているERPの代表的ソリューション「SAP」の標準保守期限が2025年末で終了（その後、2027年末まで延長されている）することなど、2025年までに解決すべき課題が山積している現状を指摘している。この状況を改善できな

い場合には「経済損失が2025年以降、最大12兆円／年（現在の約3倍）にのぼる可能性がある」とし、多くの企業が漠然と感じていた危機感を「2025年の崖」と表現し警告を発した。

経済産業省は、その後も2020年8月にコロナ禍などによる社会環境・事業環境変化を受けて「デジタル・トランスフォーメーションの加速に向けた研究会（以下、DX研究会）」を新たに設置し、国内のDX推進に向け、新たなレポートやガイドライン、指標などを作成・公表している。

2022年7月現在、DX研究会からは以下の4つのレポートが公表されている。

- ・『DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～』（2018年9月）
- ・『DXレポート2（中間取りまとめ）』（2020年12月）
- ・『DXレポート2.1（DXレポート2追補版）』（2021年8月）
- ・『DXレポート2.2（中間取りまとめ）』（2022年7月）

経済産業省を中心とする政府は、国内産業のDXへの取り組みが今後の日本経済にとっていかに重要な取り組みであり、これに乗り遅れると「失われた30年」が「失われた40年」になりかねないとの大きな危惧を持っているのであろう。

「失われた40年」にならないための1つの方向は、各企業が官民一体となって積極的にDXに取り組み、生産の効率性を高め、世界の市場で勝負できるよう成長していくことではないか。このDXの波に乗れないと日本の産業界の将来は決して明るくはならない。

製造産業、特に航空機製造産業分野のDXに焦点を当てながらその現状と課題について見ていくことにする。

航空機製造産業分野のDXと言えば、最初に話題になるのは、やはりBoeing eT-7A Red Hawkであろう。

eT-7Aレッド ホークは、品質を向上させ、継続的な進化を可能にする高度な製造技術と3D デザイン要素を使用して設計された新しいトレーナーであり、これらの高度な設計と製造方法を活用する米空軍の新しい「e-Series」イニシアチブの最初のものである。

米空軍でDX技術の活用によるe-Series イニシアチブが積極的に採用されるきっかけになったのは、トランプ政権下での米空軍の調達と開発を主導して来た、ウィル・ローパー次官補（Will Roper : Assistant Secretary of the Air Force (Acquisition, Technology, and Logistics) (SAF / AQ)）の提唱する取得改革によるところが大きい。

ローパー次官補は、論文「Take the Red Pill : The New Digital Acquisition Reality」で、従来の空軍の航空機は運用開始から15年を迎えるとメンテナンスコストは急速に増加し、その後毎年さらに3～7% 増加すると分析している。

これを避けるために1機種の戦闘機を大量に購入し、30年以上運用する代わりに、DX技術を適用し高度な製造技術とソフトウェア開発技術によって実現される航空機で置き換えれば、空軍が古いジェット機の維持に多額の資金を費やす代わりに、その資金を新しいジェット機の購入に充てることができる」と提唱した。

米空軍の航空機の調達に関する考えは、今後もDX技術の積極的な適用による、航空機の設計・認証・製造・運用・廃棄というライフサイクル全体をDX技術により効率化、高速化を図っていく方向であろう。

ノースロップ・グラマンは、第6世代航空機と定義したB-21を12月2日に公開した。第6世

代戦闘機の条件とは一体何であろうか？

第5世代戦闘機がステルスであるとするならば、さらなる発展を遂げたステルス技術とローパー次官補が提唱する「デジタルトリニティ」と言われるデジタルエンジニアリング、アジャイルソフトウェア、オープン・システム・アーキテクチャーの3要素で構成され、米国が軍事技術の優位性を確保するためのパラダイムシフトになると予想しているデジタル技術の総称もしくは「デジタル・センチュリーシリーズ」と呼ばれている斬新な戦闘機開発アプローチの手法そのものではないだろうか。

日本の代表的な産業界（自動車業界、鉄道業界、造船業界、航空業界等）のDXの活用状況を見てみると、従来型産業の経営層やトップが、DXに力を入れる背景には、世界へ大きな影響力をもつプラットフォーム事業を展開するGAFAが体現するように、コンピュータやインターネットのパワーを、自社の活動に組み入れなければ中長期の事業戦略で競争力を失う危機感があるためであろう。

日本の航空業界においては、YS-11の開発以降初めての民間航空機である三菱MRJの開発、製造に大きな期待がかけられていたが、現状においてはその目途が立たない状況である。このような中においても航空自衛隊の次期戦闘機やT-4後継機の開発をDX技術を全面的に取り入れて開発しようとの機運が見られる。

米国や欧州を中心とする航空産業の先進国では既にDXによる航空機開発に設計・認証・製造・運用・廃棄というライフサイクル全体をDX技術により効率化、高速化を図っていく活動が始まっている。特に米軍においては、軍用航空機の取得改革とも相俟って積極的なDX技術の活用が第6世代航空機開発のキーになるとの認識が見られる。

航空機の認証の分野においてもデジタル認証の導入が具体的に検討され、その技術の実装も検討されている。航空産業の分野におけるDX化の流れは確実に進んでいる。

世界の航空機製造におけるDX技術の適用状況の全体像を探り、我が国の航空科学技術分野においても、こうしたDX技術のような新しい技術の流れをしっかりと把握し、先行的に技術の開発、習得、人材の養成に官民一体となって取り組んでいく必要がある。

令和4年度革新センター技術動向調査研究

持続可能な航空燃料（SAF）と合成燃料の調査に関する報告書

2022年10月の第41回ICAO総会で「2050年までに国際航空からのCO₂排出量を実質ゼロにする」野心的な目標が採択された。IATAも2021年10月の第77回年次総会で「2050年までに航空運送からのCO₂排出量を実質ゼロにする」目標を宣言している。この目標達成の鍵になるのがSAF（Sustainable Aviation Fuel）および合成燃料（PtL、e-fuel）である。執筆は、（一社）航空イノベーション推進協議会（AIDA）主催の講習会講師陣で実務経験のある各分野の専門家が担当した。

1. ICAO CORSIAの概要とSAFの位置付け

2018年10月にICAO CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Annex16, Volume IV）が発効し、2019年から2035年までが適用期間となっている。ICAO Annex16, Volume IVは各国の法体系の中で位置づけられることにより実効性が担保される。またSAF関連の補足資料として5つのICAO Documentsが作成され、この中で特に重要なのは「CORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuel（CEF）」および「CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels」と各々の関連資料である。「①航空燃料に係わる国際規格（ASTM D7566又はD1655等）の取得」により航空燃料としての安全性は証明され航空機で、使用可能となる。次に「②持続可能性要件への適合性証明の取得」ための要件適合の可否を判断するのは、ICAOから承認されたSCS（Sustainability Certification Scheme）が担う。最後に「③CEF使用によるCO₂排出量の削減」

はCORSIAで定められたCO₂削減量の計算式を用いて算出する。CORSIA制度でSAF使用によるCO₂削減効果が認められるには①～③のステップを全て満足する必要がある。

2. ASTM認証の概要とSAFのCO₂削減率

SAFのASTM認証は、燃料や潤滑材を取り扱う委員会であるASTM D02 Committeeにて議論される。FAA（米国連邦航空局）は通常平均3年以上最長で7年程度要している認証プロセス（ASTM D4054）を加速するために、2019年よりFast Track approvalの制度（ニートSAFの混合上限は10%に制限）を新設した。本制度によりASTM D7566 Annex7はInitial screening後の認証開始から1年での認証登録を達成した。因みに、ASTM D7566規格はニートSAFおよび混合SAF（Jet A-1/ Jet Aとの混合）に関する品質規格で、製造方法や原材料ごとにAnnex1～7が登録されており、Annexごとに規格品質が若干異なる。混合SAFの規格はASTM D7566 Table.1に規定されている。当該規格を満たすとASTM D1655も満たすことになり、以降（混合後）は通常のジェット燃料（Jet A-1/A）としての取り扱いが可能となる。更にASTM D1655 Annexで非化石資源原料を既存の製油所に化石資源原料と混合し投入するASTM D1655 Co-processingのSAF規格もある。更に2021年4月に“100% SAF ASTM Task Force”がASTMに設置された。FAAやOEM、SAF製造者、製造技術開発企業などの参加メンバーが100% SAFの商業利用に向けた規格内容の議論を開始している。具体的には、芳香族含有量が多いAnnex4や6などを100%SAF

とする規格、またはこれらを添加剤として他のAnnexのニートSAFと混合した上でASTM D1655準拠燃料規格にする方向性が示されている。

CORSIAでSAFの製造に関して計上されるGHG (Greenhouse Gas) はCO₂、CH₄、N₂Oであり、これらのGHG排出量 (LCA: Life Cycle Assessment ベース) に地球温暖化係数 (GWP: Global Warming Potential) を乗じて合算し、CO₂等量に換算して単位熱量当たりの排出量 (CO₂e / MJ) として計算される。計上範囲 (スコープ) は、原料製造から燃焼までのCore LCAと原料製造 (作物栽培など) に係る土地利用に関するILUC (Induced land use change) LCAである。Core LCAのDefault値設定は、ICAOの環境保全委員会 (CAEP: Committee on Aviation Environmental Protection) 内に設置されたFuel Task Group (FTG) にて行われている。またSAF事業者が独自に計算してSCSの承認を得て設定するActual値での算出も可能である。因みに、Core LCAのDefault値の算定作業をFTGで開始する要件としては、ASTM認証取得済みの製造方法であることに加え、LCA計算のための物質収支やバックデータが求められるため、ASTM認証登録よりもハードルが高い点は注意が必要である。

3. 合成燃料の概要と技術的課題

代替航空燃料の内、FT (Fischer-Tropsch) 合成経由で得られる合成燃料は大きく分けて合成ガスを作る工程、FT合成反応にて直鎖炭化水素からなるFT粗油を得る工程、FT合成粗油を水素化分解・異性化してナフサや灯油、軽油留分といった連続留分からなる合成原油を得た後、蒸留で最終製品を得る工程の3段階のプロセスで構成される。種々の原料から、COとH₂を主成分とする合成ガスを得る工程が異なってくる。原料の違いに応じて、バイ

オマス起源であればBiomass to Liquid (BTL)、都市廃棄物 (Municipal Solid Waste、MSW) 起源であればWaste to Liquid (WTL)、再エネ水素を使う場合はPower to Liquid (PtL) などとも呼ばれ、その総称としてXTLとも示される。原料の違いによって、合成ガスの製造工程と触媒毒となる原料由来の不純物除去工程にそれぞれ違いが出てくる。

CO₂を原料とする製造工程ではCO₂はFT合成反応に直接寄与しないため、事前にCOに還元しておく必要があるが、CO₂還元法にはまだ開発要素が残されており、逆シフト反応、共電解法やCO₂電解法といった方法の開発が進められている。

一方、高性能噴流床ガス化技術とマイクロチャンネルFT技術を組み合わせた国産SAF製造の実証として、木質バイオマスのガス化からニートSAFまでの一貫製造が行われた。製品の一部は、既存燃料と混合して2021年6月17日の羽田-新千歳間の定期商業フライトに供し、燃料供給までの手順確認と共に運用に問題無いことも確認した。尚、報告書3.2節ではFT合成技術を用いて得られる合成燃料製造プロセスの主な技術的課題と対策 (CO₂を原料とする還元工程の課題を含む) をまとめた。

4. SAFの需給と価格予想

国際航空から排出されるCO₂削減の長期目標策定の為、2020年3月にICAO CAEP内に長期目標タスクグループ (Long-Term global Aspirational Goal-Task Group: LTAG-TG) が設立され、傘下にTechnology、Operation、Fuels、Scenario Developmentの各Subgroupが設けられた。その“LTAG Report”によれば最も野心的な施策 (IS3) の場合でも2050年には203MtCO₂ (2019年のCO₂排出量の30%に相当) が残存する結果となった。IS3では2050年の航空燃料は96%がSAF、PtLと4%がLH₂ (液体水

素)の構成で化石燃料由来の航空燃料はゼロとの予測になっている。この時の代替航空燃料(SAF、PtL、LH₂)の平均CO₂削減率は81%である。

また2019年9月にATAGが公表した”Waypoint 2050、2nd edition”には、原料、製造方法別に、SAFの価格予想(\$/トン)が2025年、2030年、2040年、2050年別に示されている。ATAGの予想によれば、2030年にはPtLを除く多くのSAFが従来型のジェット燃料と実質的に同等の価格まで低下することが示されている。

令和4年度革新センター技術動向調査研究

電動ハイブリッド推進システムの電動化技術における 推進系に搭載する電気機器の調査に関する報告書

1. はじめに

本調査研究では、将来の電動航空旅客機のハイブリッド推進システムにおいて搭載が検討されている電気機器類（モータ、インバータ、etc. …）の研究の現状及びそれらの機器を実際に組み込んだのハイブリッド推進の航空機として、世界各国においてどのようなコンセプトが提案・検討されているかをまとめるものである。（図1の調査領域1）

さらに、ターボファンエンジンが推進機構としての役目を終え、完全にモータドライブシステム（モータ+電力変換器）へと置き換わった際に、推進系の高出力密度化及び、現在注目を集めている液体水素（20 K）との親和性の高い「超電導技術」を電動推進システムへの適用の可能性について調査を行う。（図1の調査領域2）

2. 電動ハイブリッド推進システムにおける 電気機器及びプロジェクトに関する研究 動向

電動航空機に搭載するモータや電力変換器には表1に示すように、ハイブリッド推進の場合にはモータ出力密度は13.1 kW/kg程度であることに対して、全電動推進となった場合には16 kW/kg以上と更なる出力密度の向上が求められる。また、電力変換器に関しては更に高出力密度の19 kW/kg以上が求められることが分かる^{(2), (3)}。

以上を踏まえ、近年では図2及び表2に示す様なMW級のモータ及び電力変換器が開発されてきており、効率97%以上かつ出力密度も10 kW/kgを超え始めている^{(4), (5)}。

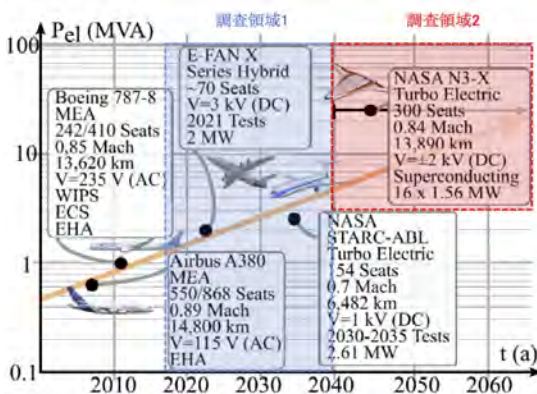
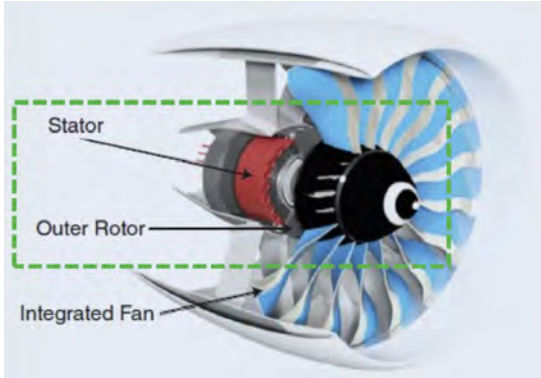


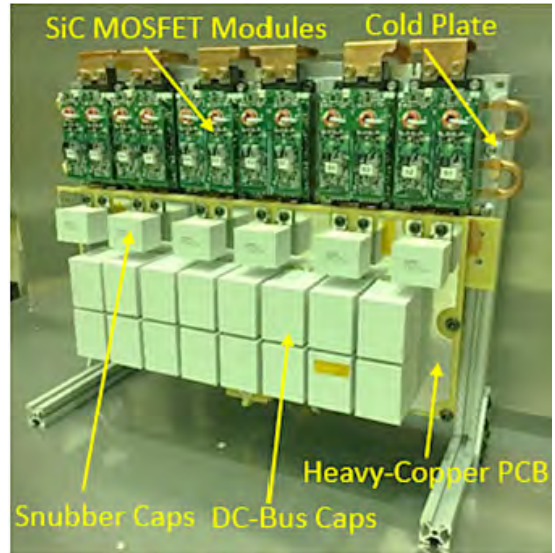
図1. 本調査研究の範囲⁽¹⁾

表1 電動航空旅客機で求められる電気機器
類の単位重量・長さ当たりの出力密度

	Jansen ⁽²⁾	Łukasik ⁽³⁾
乗客数	150	90
推進方式	ハイブリッド推進	全電動推進
モータ	13.1 kW/kg	6 kW/kg
電力変換器	19.1 kW/kg	19 kW/kg
発電機	13.1 kW/kg	16 kW/kg
ケーブル	3.9 kg/m	



(a) モータ



(b) インバータ

図2. 1.0 MW級の電気機器^{(4), (5)}

更に、これらの電気機器を搭載した電動航空機の検討例としてSTARC-ABL⁽²⁾やE-FAN X⁽⁶⁾に続いてSusan (図3) のようなプロジェクトが立ち上がっている⁽⁷⁾。本航空機は、180人乗りの単通路型の航空旅客機であり総出力は20 MW、飛行距離750 mile (1200 km)、運航速度はマッハ0.8である。推進システムの配置としては5 MW×4基の発電機で合計20 MWを賄うとしている。また、機体の翼には片翼に8基ずつ合計16基のモータファンが確認できる。すなわち、本航空機ではターボファンエンジン1基+モータ16基で運航に必要な主な推進力を賄うと考えられる。本航空機は、2040年のサービス開始を想定しており、今後の進展が期待される。

3. 航空機の電動推進システムにおける超電導技術の導入に関する研究動向

冷却温度によって銅線よりも数十～数百倍の電流密度を持つ超電導線材等を用いると、

高出力密度の機器を実現できる可能性があり、近年は超電導回転機や電力ケーブルの電動航空機への応用が盛んに検討されている。超電導回転機は、界磁のみを超電導化した「界磁超電導型」と界磁及び電機子巻線の両方を超電導化した「全超電導型」の2通りが存在する。一般的には、超電導体に交流磁界・電流を印加した際に発生する超電導体特有の「交流損失」の問題が解決できれば、後者の全超電導型の方が2つの巻線を超電導化でき、高出力密度化出来ると考えられている。

表2. 開発された1.0 MW級電気機器の諸元^{(4), (5)}

機 器	モータ	インバータ
定格出力	1.0 MW	1.0 MW
効 率	97%	99%
電 圧	1.0 kV	±1.2 kV
出力密度	13 kW/kg	12 kVA/kg

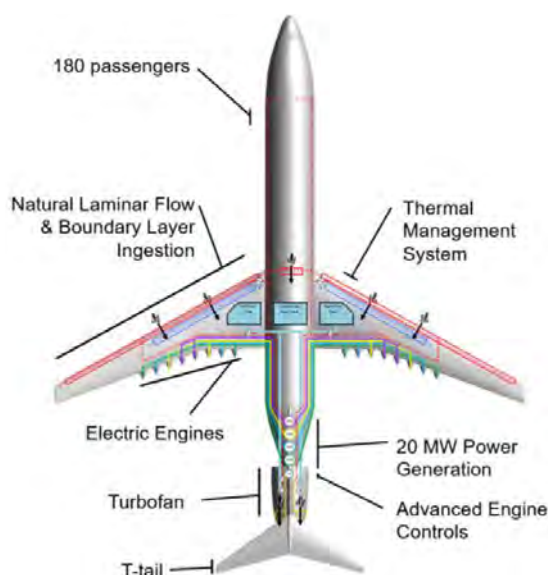
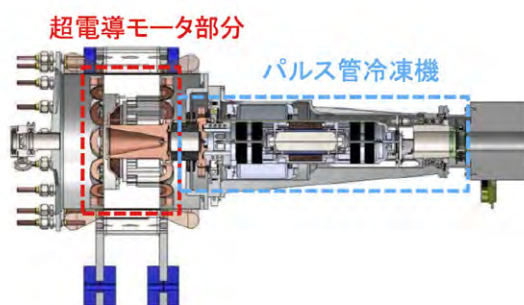
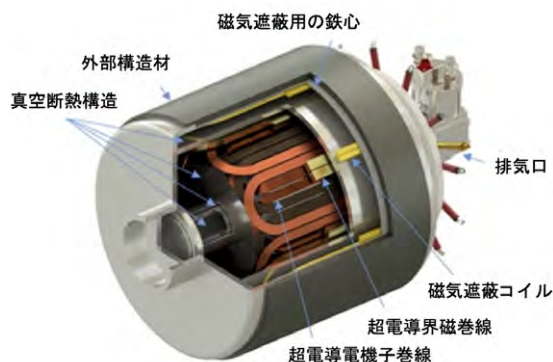
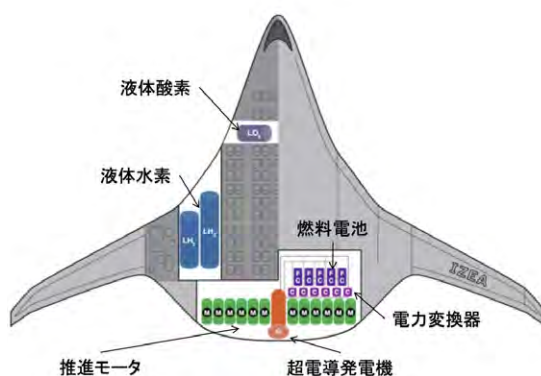
図3. Susanプロジェクトにおける電動航空機⁽⁷⁾図4. NASAによる界磁超電導型モータ⁽⁸⁾

図4にNASAによる界磁超電導型モータ、図5にUniv. of Illinoisによる全超電導型モータを示す。

前者はモータ後部に冷凍機を搭載しており、超電導界磁巻線を65 Kに冷却して使用される。出力密度は構造材等を除いたアクティブマス換算で17.2 kW/kgである。後者は液体水素で冷却され、モータ重量において最も割合を占める磁気遮蔽用の鉄心部分を一部超電導コイルに担わせることで軽量化を図った構造である。すなわち界磁巻線、電機子巻線、

図5. Univ. of Illinoisによる全超電導型モータ⁽⁹⁾図6. IZEAプロジェクトによる電動航空機⁽¹⁰⁾

磁気遮蔽材と3つの部分に超電導線材を使用している。これにより鉄心使用量が低減され50 kW/kgと非常に高い出力密度を達成するポテンシャルがあるとしている。

上記のような超電導モータ等を搭載した電動航空機の推進システムを検討しているプロジェクトの1つが、図6に示すIntegrated Zero Emissions Aviation (IZEA) プロジェクトである⁽¹⁰⁾。本航空機はパイロード 112 PAX、航続距離3000 nm、速度：Mach 0.8、最大出力：24 MWとされており、液体水素と液体酸素を反

応させた燃料電池で機器駆動を行う仕組みである。2022年6月から5年プロジェクトでスタートしており、今後の進展が期待される。

4. おわりに

本調査では電動航空機に搭載する電気機器及び推進システムの研究動向に関し、2つの領域に分けて調査を行った。電動推進システムに関する研究開発プロジェクトでは欧米諸国がそれぞれAirbusやRolls-Royce、Boeing、NASAなどのメジャーな企業、研究機関が参画もしくは出資を行い、大規模な研究プロジェクトが間断なく立ち上がり、現在も進行中である。日本国内においてもNEDOプロジェクトをはじめとして様々な電動航空旅客機の研究開発プロジェクトが複数の企業や研究機関により行われている。

電動航空機における超電導技術に関しては、界磁超電導機に関してNASAや東芝等が検討を行い、東芝が実機の開発まで行っている。全超電導機の研究を九州大学や東京大学が行っており、デモ機や超電導巻線の交流損測定等、要素技術から原理検証まで幅広く行っている。その一方で、超電導技術による「推進システム」としての検討は欧米諸国では行われているが、日本で現在もあまり行われておらず、今後の進展が期待される。

参考文献

- (1) H. Schefer, et al., *IEEE Access* 8, 84188-84216, 2020.
- (2) R. Jansen, et. al., *Proc. in 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, AIAA-2016-3766, pp. 1-9, 2016.
- (3) B. Łukasik, *Proc. in the ASME Turbo Expo 2017 : Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2017*, GT2017-63834, pp. 1-8, 2017.
- (4) IEEE Electrification, Vol. 10, no. 2, June 2022.
- (5) D. Zhang, et. al., *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 55, no.6, 5971-5980, 2019.
- (6) Airbus, 24 Apr., 2020.
URL: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2020-04-our-decarbonisation-journey-continues-looking-beyond-e-fan-x>
- (7) R. Jansen, et. al., *Proc. in AIAA Scitech 2022 Forum*, p. 2179, 2022.
- (8) R. Jansen, et. al., *Proc. in 2018 Joint Propulsion Conference*, p. 4699, 2018.
- (9) T. Balachandran, et. al., *IOP Conference Series Material Science Engineering*. vol. 756, p. 012030, 2020.
- (10) IZEAホームページ
URL: <http://izea.eng.famu.fsu.edu/about/>