

「航空機用先進システム実用化プロジェクト

⑧次世代電動推進システム」 (終了時評価)

事業期間:2019年度～2023年度 5年間
(評価対象期間:2022年度～2023年度 2年間)

プロジェクトの説明 (公開版)

2024年11月 8日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

航空・宇宙部 機体・装備品ユニット 次世代装備品チーム

航空機用先進システム実用化プロジェクト 事業概要



⑧電導推進システム研究開発 プロジェクト概要

航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い航空機用先進システムの開発を目的に、2015年度より、「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の取組を開始。世界的に低炭素社会への活動が進む中、国際民間機航空機関（ICAO）において、CO2排出量を2050年までに50%削減(2005年比)する目標が掲げられた。目標達成のためには、従来技術の向上に加えて、バイオ燃料や水素等革新的技術の適用が必要となり、その中で有望とされるのが電動化。国内でもJAXAが中心となり、「航空機電動化コンソーシアム（ECLAIR）」が設立されるなど、電動化技術の開発が加速している。この、航空機の電動化という新たなトレンドに対して、我が国の強みである電動化のコア技術を育て将来における競争力強化を図ることが必要であると判断し、**2019 年度から、「⑧次世代電動推進システム研究開発」の取組を開始。**

＜研究開発内容＞【委託】

- ⑧. 次世代電動推進システム研究開発
 - ⑧-1：高効率かつ高出力電動推進システム（超電導モータ）
 - ⑧-2：軽量蓄電池
 - ⑧-3：電動ハイブリッドシステム
 - ⑧-4：推進用電動機制御システム（常電動モータ）

⑧ 次世代電動推進システム研究開発



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	・航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上ないし飛行環境下で従来のシステムよりも優れた機能・性能等を有することを実証する。
アウトカム目標	・開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに受注されること、およびプロダクトサポート・MROにより、年間で2030年代以降に最大数百億円程度の売上を継続して得ることを目標とする。
出口戦略 (実用化見込み)	・本プロジェクトで開発した電動化技術による機体システム・装備品が固定翼細胴機/広胴機およびeVTOL機材に採用・搭載されることにより、市場を獲得する。 ・電動化に係る国際標準化活動への参画および航空機認証基準に準拠したシステム開発を実施する。
グローバルポジション	・プロジェクト開始時：DH → プロジェクト終了時：LD LD: Leading / DH: Dead Heat

事業計画

期間：2019～2023年度(5年間)
総事業費：95億円(委託)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	仕様策定、試作・評価			プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-2 軽量蓄電池	仕様策定、試作・評価			プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-3 電動ハイブリッドシステム		仕様策定、試作・評価		プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-4 推進用電動機制御システム			仕様策定、試作・評価	プロトタイプ的设计/製作、検証		
予算（億円）	10.7	13.5	19.0	27.8	23.5	
評価時期	中間評価			終了時評価		

報告内容



ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋



2. 目標及び達成状況



3. マネジメント

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装） 達成までの道筋

※ 本事業の位置づけ・意義

（１）アウトカム達成までの道筋

（２）知的財産・標準化戦略

報告内容



ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※本事業の位置づけ・意義
- (1)アウトカム達成までの道筋
- (2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況



3. マネジメント

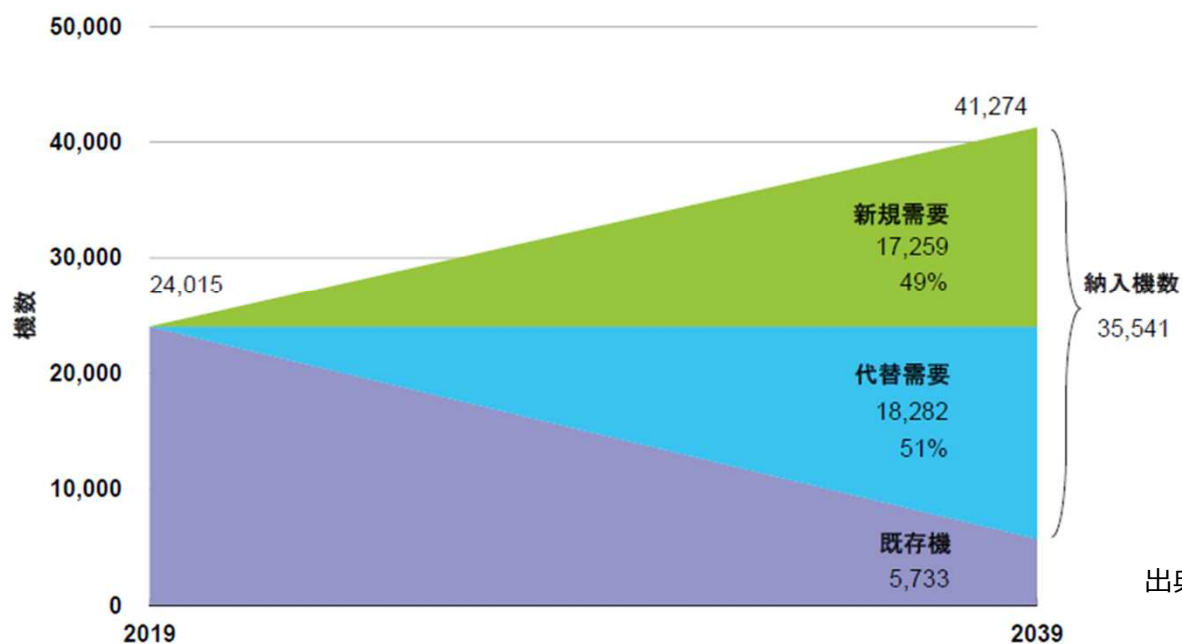
- (1)実施体制
- ※受益者負担の考え方
- (2)研究開発計画

事業の背景・目的・将来像

(背景1. 航空機需要の高まり)

- 航空機産業は、最先端の技術が適用される典型的な研究開発集約型の産業、かつ極めて広い裾野を有する総合産業。
- 旅客需要は世界的に大きく伸び、今後20年で約2倍になるとの予測。

ジェット旅客機の需要予測結果



出典「民間航空機に関する市場予測2020-2039」(日本航空機開発協会)

事業の背景・目的・将来像

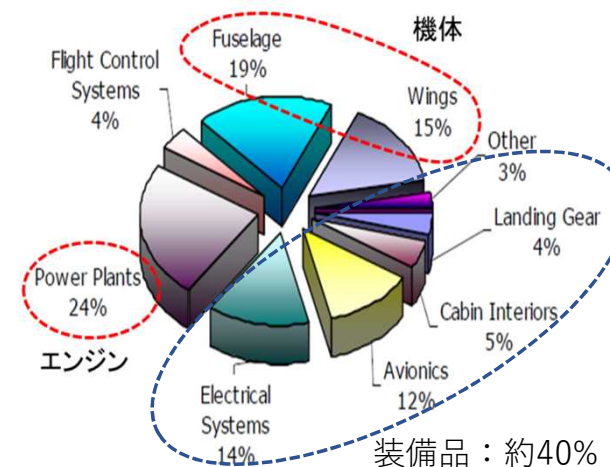
（背景2. 航空機装備品/システムへの期待）

- 航空機装備品は、航空機の機体構造（胴体及び翼など）及びエンジン本体を除いた機器類を指し、操縦系、機体制御系、油圧系、燃料系など非常に多岐に及び、航空機価値の約40%を占める。
- 日本の航空機装備品企業のシェアは海外企業に比べて低い。日本の航空機装備品は、官需（防衛市場）で技術力を培ってきた部分が多く、今後は民間航空機分野での新たな市場開拓が期待される。
- 航空機装備品は、MRO（※）ビジネスの観点から機体そのものと比べてアフターマーケットでの継続的な収益が期待できる。

※MRO : Maintenance, Repair and Overhaul

次世代航空機は、さらなる安全性・環境適合性・経済性が求められている。
また、国の支援を通じた、我が国装備品産業の育成が必要である。

これらのニーズに対応した航空機用先進システムを開発し、我が国の技術が次世代航空機に早期に導入可能な体制を構築することを目的に、**2015年度より、「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の取組を開始。**



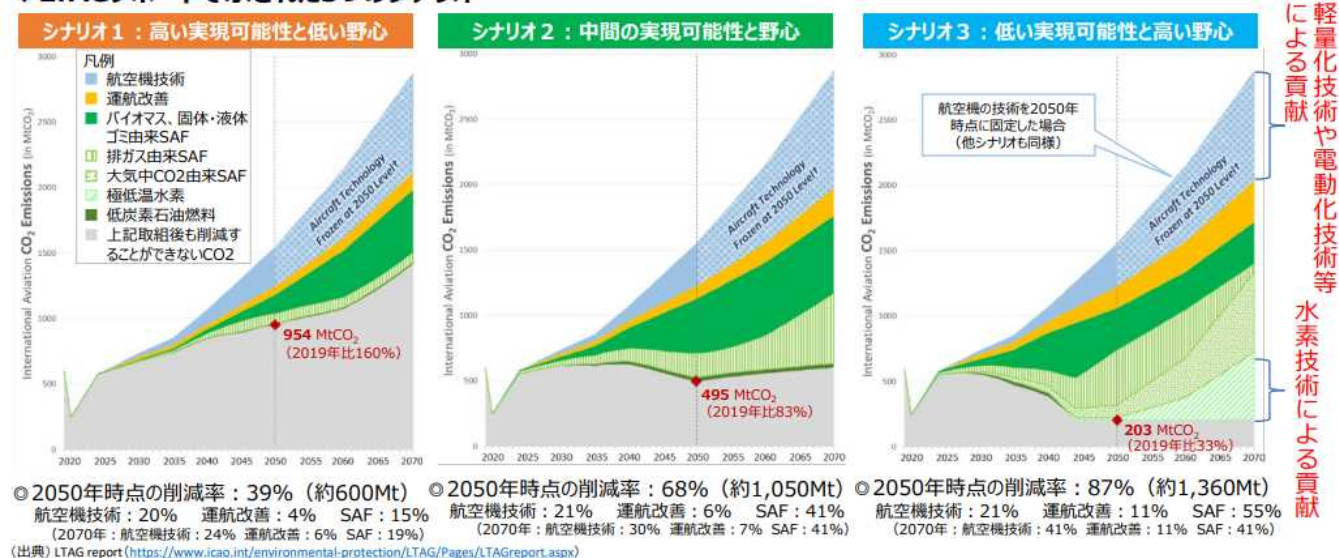
航空機の価値構成
（経済産業省 製造産業局：
航空機産業戦略策定以降の取組について）

事業の背景・目的・将来像

（背景3. 航空機の電動化という新たなトレンド）

- 国際民間機航空機関(ICAO)において、CO2排出量を**2050年までにネットゼロ**とする国際航空のための長期的なグローバル目標(LTAG)が掲げられ、世界的に**電動航空機の開発が加速**している。（2022年 第41回ICAO総会）
- 2018年7月、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が中心となり、産官学の連携する枠組みとして、「航空機電動化コンソーシアム（ECLAIR）」が設立された。（NEDOはオブザーバー）

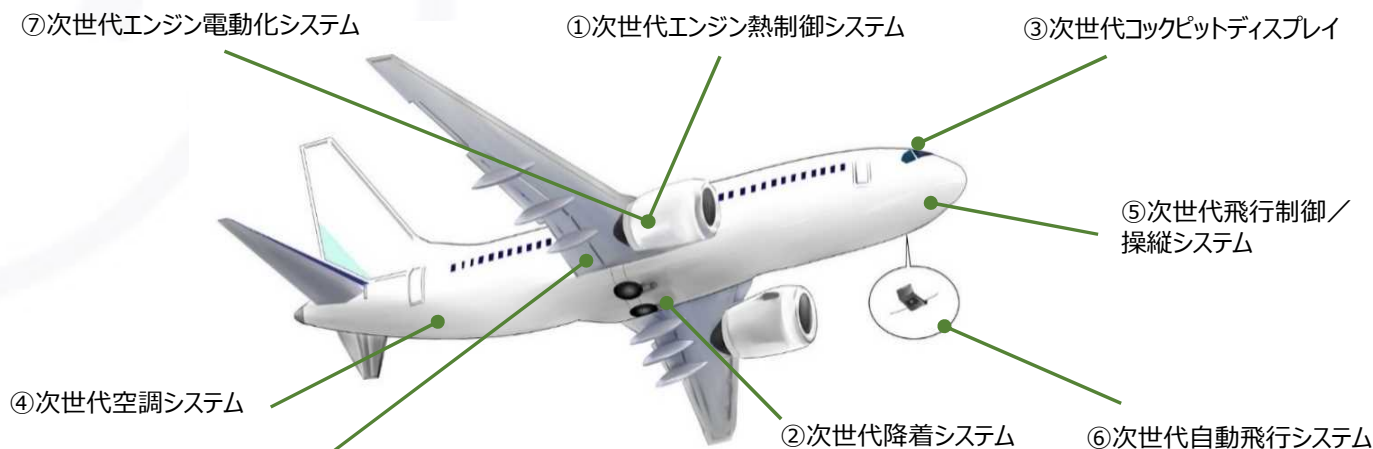
◆ LTAGレポートで示された3つのシナリオ



電動化のコア技術を育て将来における競争力強化を図ることを目的に、**2019年度から、「次世代電動推進システム研究開発」の取組を開始。**

事業の背景・目的・将来像

（事業目的）



今回の評価対象

⑧次世代電動推進システム

- 1 高効率かつ高出力電動推進システム（超電導）
- 2 軽量蓄電池
- 3 電動ハイブリットシステム（常電導）
- 4 推進用電動機制御システム（常電導）

※研究開発項目①～⑦については、
2019年度に事業終了。
（2020年度に事後評価を実施）

政策・施策における位置づけ

我が国においては、本研究開発は以下の通り国家的な施策及び技術戦略マップにおいて、必要なプロジェクトとして位置付けられている。

(1) 産業構造ビジョン2010（2010年6月）

経済産業省が策定。2020年に航空機産業の売上高2兆円（2014年の約2倍）、2030年に売上高3兆円（2014年の約3倍）を達成することを目指す。
具体的な施策として、航空機システムを含めたモジュール単位での設計・開発を行う。

(2) 経済産業省とボーイング社との技術協力合意（2019年1月）

経済産業省とボーイング社は、新たな技術分野（「電動化」、「低コスト高レートな複合材」、「製造自動化」）における協力強化に合意。

(3) 経済産業省と仏航空総局とのMOC締結（2019年6月）

日本の航空機産業と仏サフラン社との民間航空機産業における協力強化合意。
経済産業省とサフラン社は、「電動化、新しい推進システム、AI等の革新的技術」、「材料、航空機システム及び機器、製造」、「日本を含むアジアにおけるサプライチェーン構築」の分野で協力。

(4) カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2020年12月）

経済産業省、成長が期待される産業（14分野）において「実行計画」を策定。航空機産業も取り上げられ、複合材、電動化、水素や代替燃料などの複数の要素における技術的優位性の確立を目指す。

技術戦略上の位置づけ

技術課題抽出

・ JAXA電動化コンソーシアム、ヒアリング、シンポジウム等から電動推進化において必要となる技術課題を選出。

分類	重要技術課題名 (概要)	構成要素/システム
A) 全高度共通 の重要 技術課題	高出力密度化 (重量の成立性確保、最大出力運転時間確保のための耐熱・冷却・放熱性)	電動要素 (電動モータ、発電機、 パワーエレクトロニクス、電池、 遮断器、分配器、送配電線等)
	電池の安全性と高エネルギー密度化の両立 (熱暴走等の危険封じ込めと電池システム全体としての高エネルギー密度化の両立)	電池 (電力ストレージ)
	高効率化 (BLIや多発化による推進効率の向上、推進系熱効率の向上)	推進系・機体統合システム、ハイ ブリッドシステム、電動要素
	安全性・信頼性保証 (電動要素追加による故障率増加等に対するシステムの安全性と信頼性の保証)	電動推進システム、ハイブリッド システム、電動要素
B) 高高度 環境特有の 重要技術課題	耐放電・耐放射線 (高高度環境における高電圧要素及びシステムの放電及び放射線影響への対応)	パワーエレクトロニクス、電動 モータ、発電機、電動要素
	熱&パワー管理・制御 (低空気密度・ガスタービンエンジン内外高温環境下の熱とパワーマネジメント)	電動要素、電動推進システム、 ハイブリッドシステム
C) 低高度 運用特有の 重要技術課題	耐故障 (推進系故障時の緊急着陸または通航継続に対する耐故障や故障許容設計)	電動推進システム
	低騒音化 (ファン、プロペラの空力騒音低減)	ファン、プロペラ

出典：「航空機電動化 将来ビジョン ver.1」 (JAXA, 2018)

・これら技術課題から、技術動向やニーズ調査、海外との共同研究への進展状況を踏まえ、研究開発支援の優先順位を整理し、テーマを選定。

「航空機システム開発に関する国内他産業連携の可能性調査」 (NEDO, 2017)



テーマ選定

- ・⑧-1: 高効率かつ高出力電動推進システム (テーマ) ← 高出力密度化 (課題)
- ・⑧-2: 軽量蓄電池 (テーマ) ← 電池の安全性と高エネルギー密度化の両立 (課題)
- ・⑧-3: 電動ハイブリッドシステム (テーマ) ← 高効率化/安全性・信頼性保証/熱&パワー管理・制御 (課題)
- ・⑧-4: 推進用電動機制御システム (テーマ) ← 高出力密度化/高効率化 (課題)

外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

海外の研究動向

- 米国：NASA Glenn Research Center が Electrified aircraft propulsion*やHybrid Electric propulsion の研究を推進。
 - *：官民連携による純電動機開発 2027 EIS (NASA, FAA, Magnix社, EVIATION社等)
- 米国：Boeing社は、具体的な構想を発信していないが、特許の出願状況を踏まえると電動化に関わる研究等は進めており、また、経済産業省との技術協力に合意していることから何らかの活動が行われていることが伺える。
- 欧州：2021年から取組が計画されているCleansky3プログラム**の中で、電動推進の研究開発が実施される。
 - **：プログラムを活用し、ほとんどのエンジンOEM(GE/PW/RR/CFM)が電動ハイブリッド推進技術に取り組んでいる。

*：航空機装備品、電動化分野における研究開発動向調査（NEDO：2020成果報告書）

**：Éclair第8回 総会報告資料による情報を追補

日本の研究動向

- 日本：JAXAは、2030～50年代の実用化を目指して、CO₂や窒素酸化物（NO_x）など温室効果ガスの排出を少なくし、環境に優しいエミッションフリー航空機の研究（ÉCLAIR）を推進。
- 日本：航空機電動化システムに着目した研究開発拠点の整備。

国内外動向をふまえての本プロジェクトの意義

日本としても諸外国に遅れを取らないようにするため、**航空機電動化に関する継続的な研究開発が必要。**
本研究開発を通じて航空機用先進システムを開発することにより、これまで国外の航空機システムメーカーの下請けに甘んじていた日本の航空機システムメーカーも、航空機システム市場に本格的に参入する機会を作り出すことができる。

アウトカム目標の設定

アウトカム目標：

研究開発の活動とアウトプットが、その受容者にもたらされる効果・効用であり*、
“獲得する市場規模”と“温室効果ガス排出削減量”の観点から以下を設定

*：国の研究開発評価に関する大綱的指針（2016年内閣府）



電動航空機市場での売上シェア達成（2050年代）
・ 760億円/年 （細胴機＋広胴機）

eVTOL市場での売上シェア達成（2040年代）
・ 1.3兆円 （eVTOL）

CO2削減の達成(2050)
・ 37Mt/年 （細胴機＋広胴機）

アウトプット目標：

システムの設計、プロトタイプの評価を行い、電動航空機に求められるシステムとしてTRL6**を達成する。

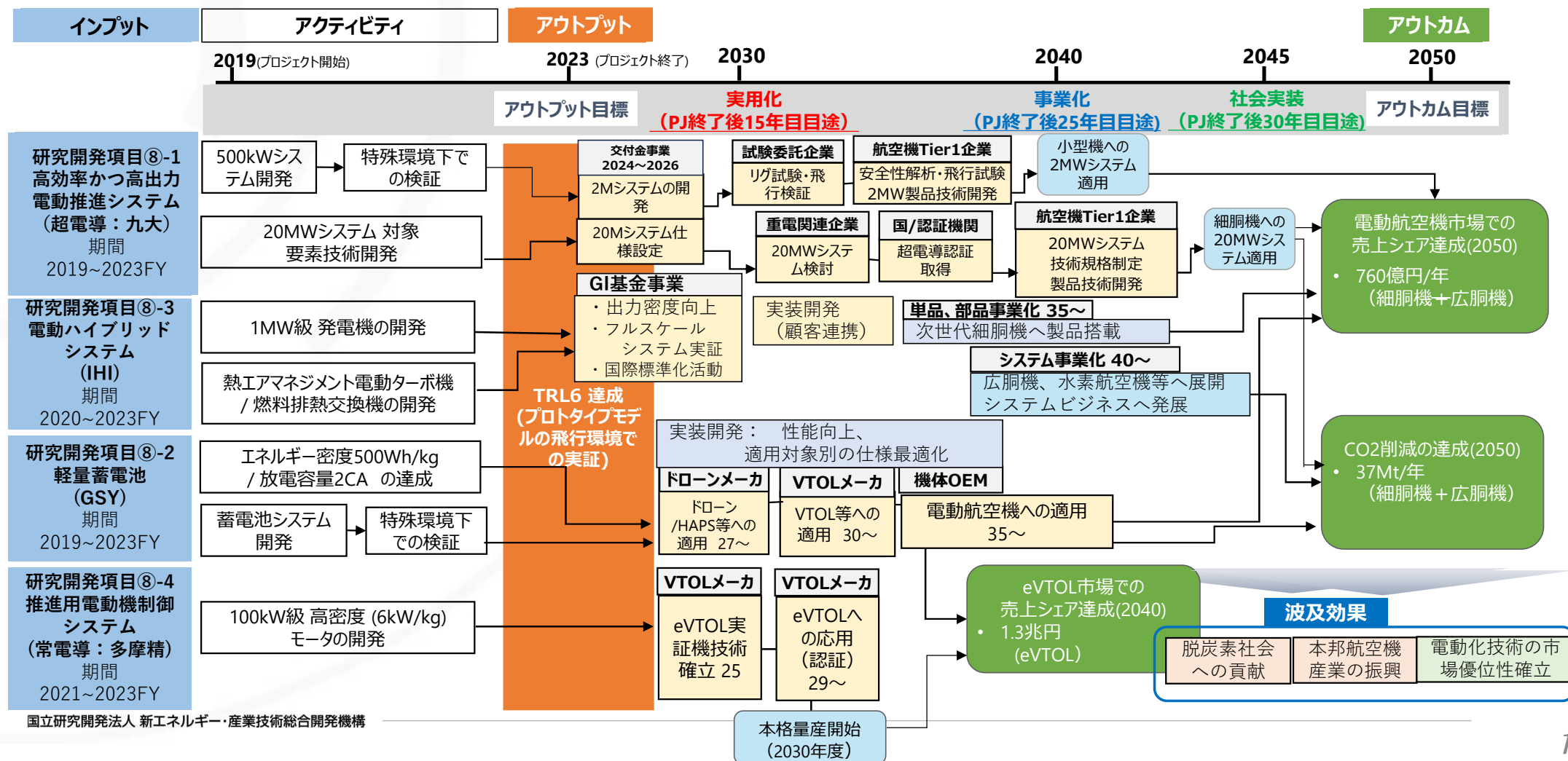
**：技術成熟度レベル Technical Readiness Level 6
(プロトタイプモデルの地上での飛行状態模擬環境での実証)

TRL1（基礎理論）→TRL4（ラボレベル実証：中間評価）→TRL7（実飛行環境での実証）

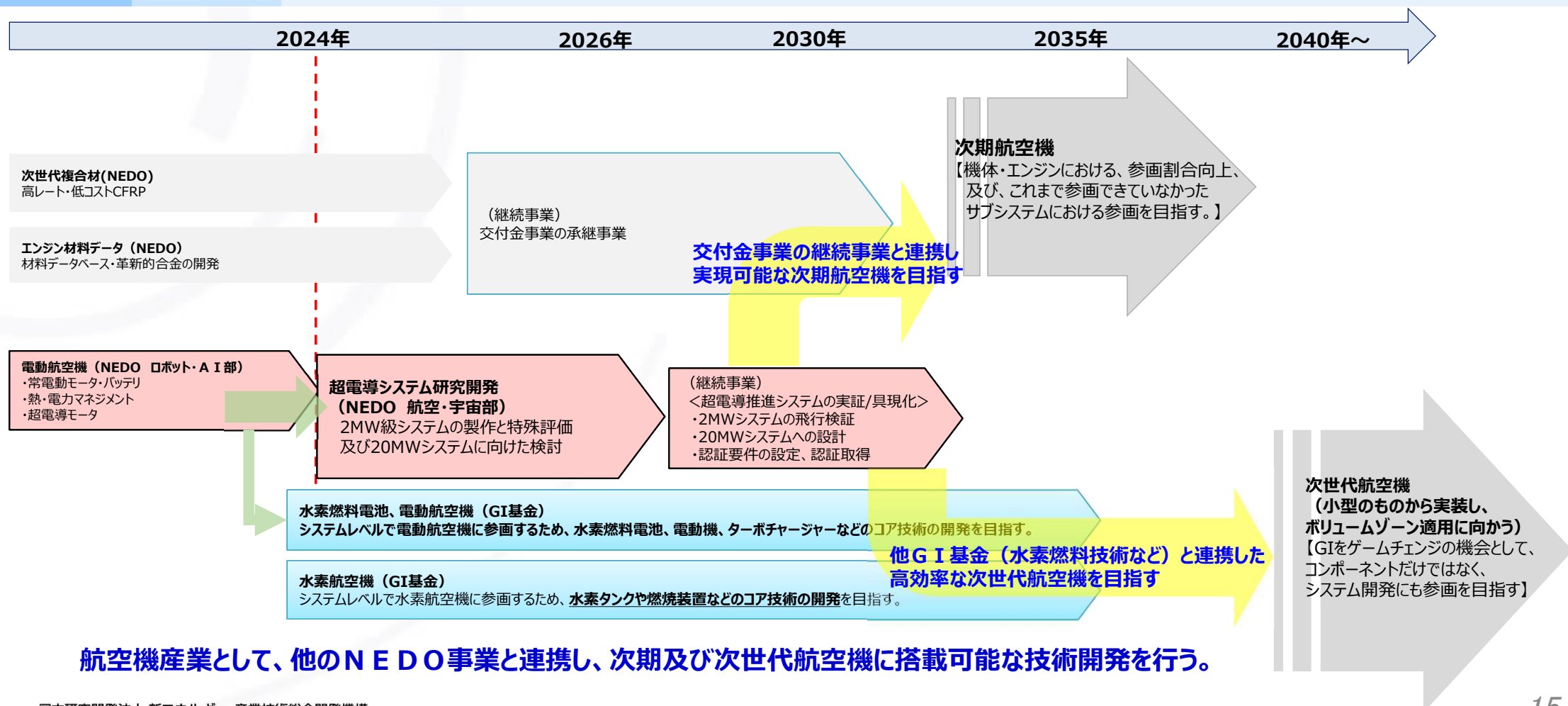
1. 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋 (1)アウトカム達成までの道筋



アウトカム達成までの道筋



NEDO事業の中での位置づけ（他事業との関係）



知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

基本的な考え方

（オープン戦略）

- 材料、構造および機械系システムについては、その知的財産権の侵害を発見・証明することが容易である場合には積極的に出願し、必要に応じて材料メーカーやシステムメーカー（機体OEM）等が有する構想とのすり合わせを積極的に行うことにより、他国他社に先駆けて事業化の機会を得るものとする。

（クローズ戦略）

- 工法については、その知的財産権の侵害を発見・証明することが困難であることから、知財委員会等で個別に取得すべきとの判断のない限りにおいて、ノウハウとして公開しない。
材料、構造についても、その知的財産権の侵害を発見・証明することが困難である場合にはノウハウとして公開しない。

（標準化への対応）

- 標準化については、認証に係る規格、規準、ガイドライン等の制定を行う国際的な機関であるSAE Internationalのコミティ活動への参加を考慮する。

知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

● オープン領域：

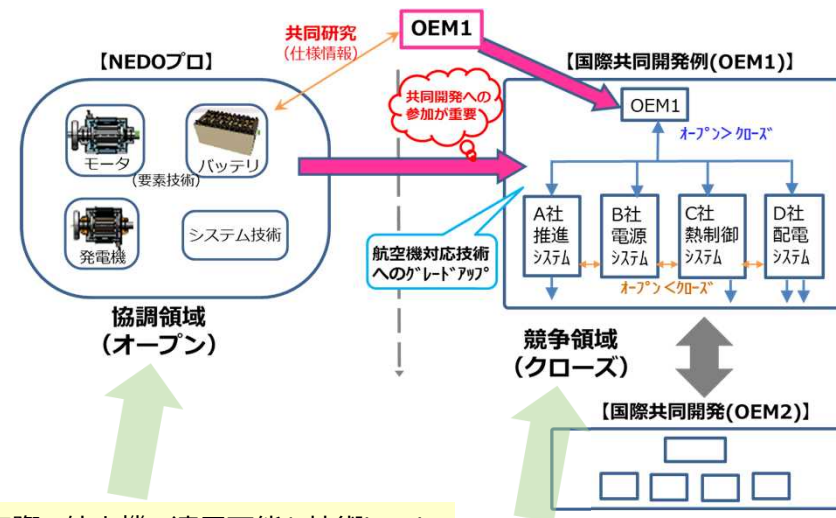
- ① 研究成果としての要素技術／システム技術は、プロジェクトの中ではある程度のオープンな共有を行い、研究技術の統合を促進する。
- ② 航空機搭載仕様への適合可能な認証に対応した技術目標を達成するため、機体OEM(Original Equipment Manufacturer：BoeingおよびAirbus社)とある程度のオープンな技術開発を行い、以下を実現する。
 - a. OEMとの関係構築
 - b. OEMのターゲット情報や技術目標に係わる情報を入手
 - c. OEMとの国際共同開発に参画
- ③ 積極的な特許出願は推進するが、OEMとの協力関係や協業の中で、権利確保とその活用については将来的な特質を考えた柔軟な対応を講じる。

● クローズ領域：

- ① OEMとの国際共同開発の枠組みの外に対しては完全にクローズな技術開発体制とする。
- ② 国際共同開発の体制内においても、OEMとの関係を持つ他システム開発企業に対してはクローズな関係を保つ。さらにクローズ部分を拡大して、優位性の確保を図る。
優位性がある技術例：超電導線材／超電導ケーブル／低温インバーター技術
クローズを担保する対応：超電導モータ開発技術の知財権利化など

＜協調領域/競争領域とNEDOプロの位置付け＞

出典：NEDO技術戦略研究センター作成（2019）



成果を実際の航空機へ適用可能な技術レベルとするには、国際共同開発に参画して、航空機搭載の仕様へ適合し認証に対応できる技術へ仕上げる必要がある。この国際共同開発の中では、OEMに対してはある程度オープンな技術開発を行うことになる。ここで重要なことは、国際共同開発に参画することであり、そのためにはNEDOプロジェクトの開発段階でのOEMとの関係構築を行い、OEMのターゲット情報や技術目標に係る情報を入手していく。

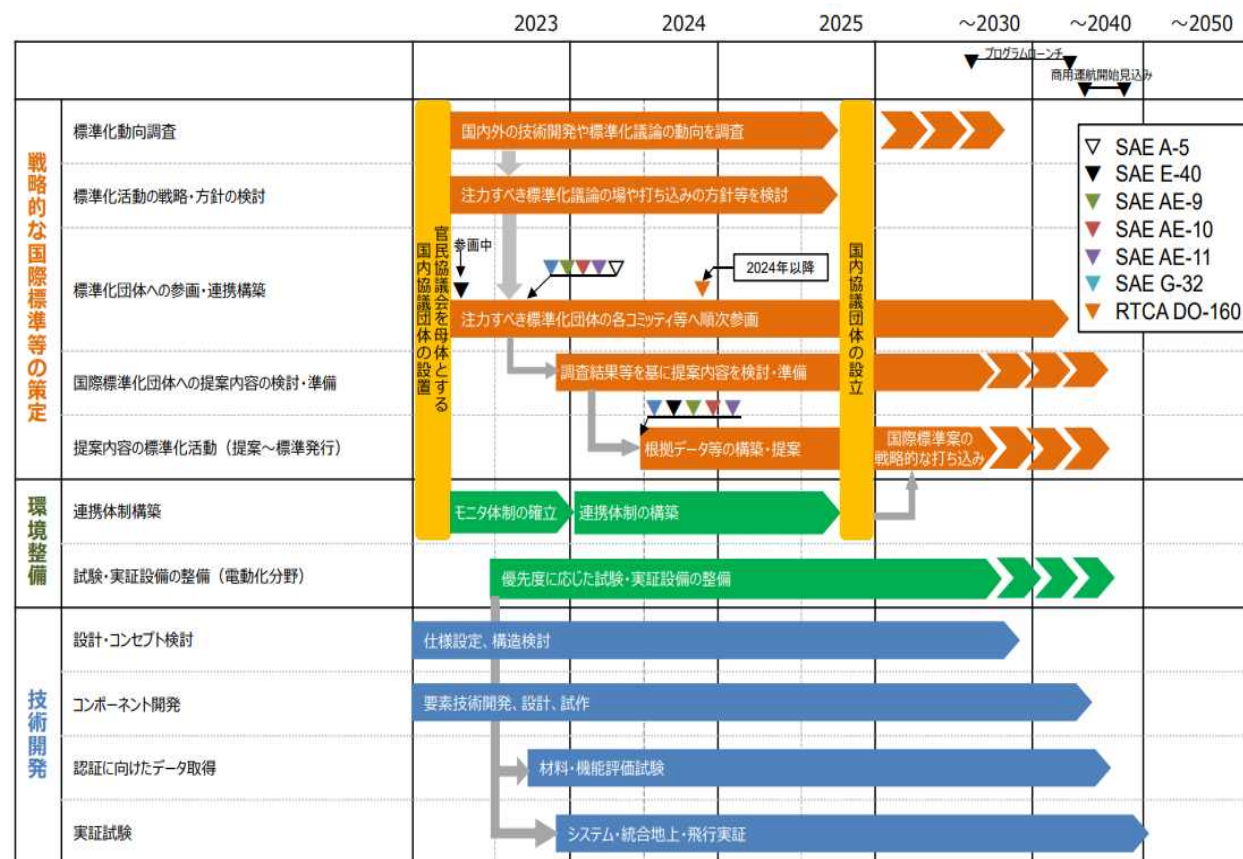
横の繋がりに対しては（例えば、図中のA社B社間）では相対的にクローズな開発になり、国際共同開発の枠組みの外に対しては完全にクローズの技術開発になる。国際共同開発の中でより大きなシステム開発を分担していくことでOEM以外へのクローズ部分を拡大して優位性確保を図っていく。

知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

電動化分野のロードマップ案

航空機電動化事業の国際標準化に関する戦略

- 航空機用電動推進システムに関する国際標準化は、**SAE(E-40:Electrified Propulsion Committee)**が主導している現況にあり、この動向に適合した推進系性能／安全の基準を満足した技術要件を考慮して各研究開発を進める。
- 各事業特有の技術要件については、先行して規格化を図るため、事業委託者がSAE E-40や認証規格に関連するRTCA/EUROCAEなどの会議体に提案し、**根拠データの構築と提案**を行い優位な立場を確保する。
- 2022年に設立された官民協議会および電動化WGにより、**2025年を目途に国内協議団体が設立**される予定である。NEDOおよび事業委託者が、この団体の動向を注視/協調することにより、SAEなど国際標準化活動に対する参入や規格化の戦略を建てて対応することも計画する。



出典：航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会 資料

知的財産管理

（知財委員会の設置）

プロジェクト名	知財委員会（機能）	管理対象
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム （超電導）	知財管理委員会	・届け出を受けた成果とプロジェクトとの関連 ・本プロジェクトの成果の出願による権利化または秘匿期間の選択 ・出願による権利化を行う場合における出願対象国 ・秘匿する場合における秘匿期間等
⑧-2 軽量蓄電池	GSユアサ 研究開発センター 戦略企画室	・本プロジェクトにおける成果の公表 ・知的財産権の取扱い
⑧-3 電動ハイブリッド	知財運営委員会	・本プロジェクトにおける成果の公表 ・知的財産権の取扱い
⑧-4 推進用電動機制御システム	知財運営委員会	・本プロジェクトにおける成果の公表 ・知的財産権の取扱い

（知財合意書で規定）

・秘密保持	・本プロジェクト成果の知的財産権の帰属
・共有するフォアグラウンドIPの取扱い	・プロジェクト参加者間での知的財産権の実施許諾等

＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

報告内容



ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表



3. マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

2. 目標及び達成状況 (1) アウトカム目標及び達成見込み



「実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠」 (1/2)

(実用化→事業化の考え方)

アウトカム目標	根拠
電動航空機市場での売上シェア達成 (2050) : 760億円/年 (細胴機 + 広胴機)	航空機分野の技術戦略 (市場および開発動向調査に基づきNEDO技術戦略センタ策定 2019)
eVTOL市場での売上シェア達成 (2040) : 1.3兆円 (eVTOL)	同上
CO ₂ 削減の達成(2050) : 37Mt/年 (細胴機 + 広胴機)	同上

社会実装 (事業化から10年後 以降)

事業化

細胴機市場への電動推進システム 展開 (2030年代～)
広胴機市場への電動推進システム 展開 (2040年代～)

空飛ぶクルマ 実機適用 (2030年代～)

実用化 (基礎的・基盤的研究 開発プロジェクト終了5年後)

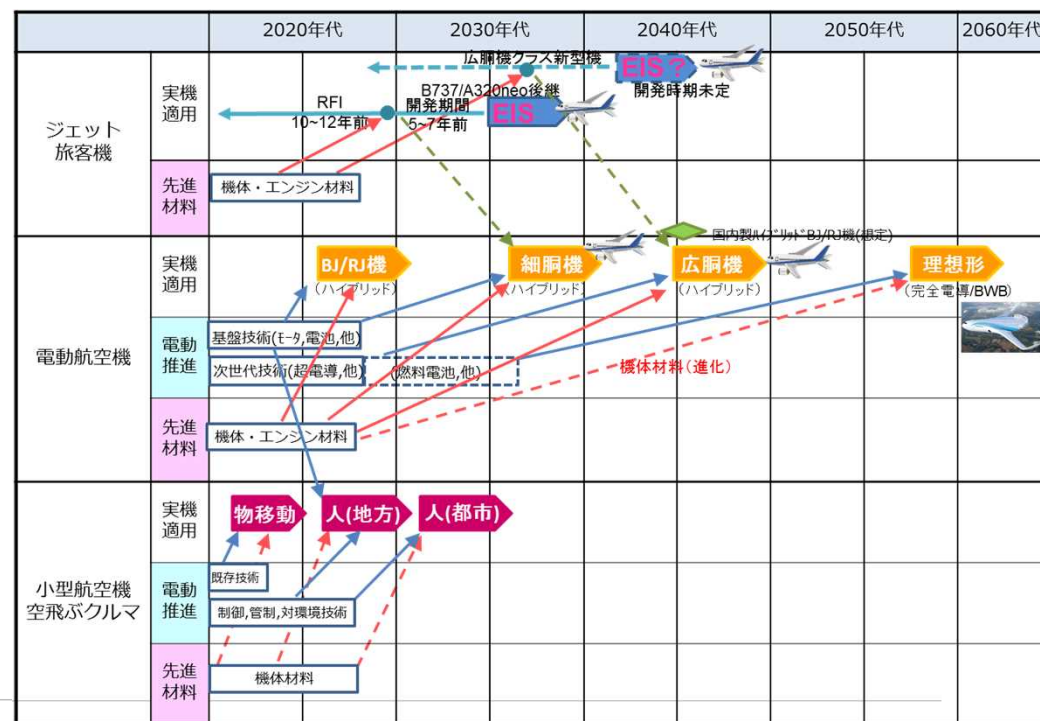
電動推進システムのプロトタイプ製作

基盤となる要素技術向上 (高出力モータ/軽量蓄電池/他)
次世代技術の確立 (超電導/燃料電池/他)

空飛ぶクルマ 電動推進システム開発

基盤となる要素技術向上 (高出力モータ/軽量蓄電池/他)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



「実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠」(2/2)

(設定根拠)

アウトカム目標	根拠
電動航空機市場での売上シェア達成 (2050) 760億円/年 (細胴機 + 広胴機)	航空機分野の技術戦略 Ver.3.0, 2019年 5月 シナリオ2: 基本シナリオ (市場および開発動向調査に基づきNEDO技術戦略研究センターが策定)
eVTOL市場での売上シェア達成 (2040) 1.3兆円 (eVTOL)	同上
CO2削減の達成(2050) 37Mt/年 (細胴機 + 広胴機)	同上

(CO2削減量)

(eVTOL 売上シェア)

(細・広胴機 売上シェア)

2050年の電動航空機によるCO2削減量 (計37Mt/年)

・細胴機: 25Mt
・広胴機: 12Mt

電動化による燃料削減率

・細胴機: 70%

電動化率

・細胴機: 3%, ・広胴機: 1%

2050年のCO2削減量 (典拠: NASA資料)

・細胴機: 1190Mt
・広胴機: 1660Mt

2040年の電動システム市場 規模

・1.3兆円

電動システム市場に対する日本のシェア

・20%

2040年の電動システム市場 規模(eVTOL)

・6.7兆円

機体推進部品の機体価格に占める割合

・24%

2040年のeVTOL市場 規模

・28兆円 (400万台: 自動車出荷台数2億台の2%×1台700万円)

2050年の電動システム市場 規模 (計760億円)

・細胴機用: 490億円
・広胴機用: 270億円

電動システム市場に対する日本のシェア

・40%

2050年の電動システム市場 規模

・細胴機用: 1224億円
・広胴機用: 672億円

機体推進部品の機体価格に占める割合

・24%

2050年の電動航空機市場 規模

・細胴機: 5100億円
・広胴機: 2800億円

電動化率

・細胴機: 3%, ・広胴機: 1%

2050年の製造機市場 規模

・細胴機: 17兆円
・広胴機: 28兆円

アウトカム目標の達成見込み (1/4)

⑧-1 超電導

	達成見込み	課題
製品イメージ	航空機の推進システムに超電導システムを適用 ・2030年代小型機 (既存ターボプロップエンジン機材50-70PAXのRetrofit) 2MW級システムを適用 回転数：3600rpm (モータ) ・細胴機 20MWシステムを適用 10MW発電機×2、2MWモータ×10 (水素タービン発電) 出力密度(モータ):20kw/kg以上 回転数：5000rpm以上 (発電機)	・冷却システム含めた軽量化、高出力密度化 ・超電導線材の交流損失の低減化 ・システムシステムの構成 ・低温インバータの出力制御 ・高高度環境への対応
競合技術	・軽量常電動/半超電導モータシステム ・燃料電池 ・水素ガスタービン	・低温燃料電池と高性能バッテリーの開発 ・小型/軽量化 ・安全保障
量産化	・超電導線材供給ライン 供給体制の確保 ・水素、窒素ステーション、インフラ設備 (窒素については要確認) ・巻線製造工程の確立 ・規格試験実施 ・認定試験とフライト試験による妥当性検証	・型式証明の取得 当局による認証に参照される標準規格に 超電導に係る基準を策定するための活動 ・航空機搭載のための規格への準拠 ・軽量モジュール化構造によるコストダウン ・超電導技術を有するサプライヤのコントロール、 サプライチェーンの構築

アウトカム目標の達成見込み (2/4)

⑧-2 軽量蓄電池

	達成見込み	課題
製品イメージ	航空機電動推進用 高質量エネルギー密度バッテリー ・セルエネルギー密度500Wh/kg、放電レート2 CA作動 ・パックエネルギー密度400Wh/kgの見通し ・過充電および釘刺し試験において、発火しない熱安定性を当事業で確認しており、製品化達成確度は高い。	・充放電サイクル寿命性能（目標：100サイクル）未達 レート性能、安全性と寿命性能とを両立する電解質等の組成最適化が課題 ・DO-311オーバーヒートに関する安全性について対策が必要 ・適用機種別の仕様確定と、各々に適した性能バランス実現
競合技術	・リチウムイオン電池に替わる新世代二次電池群 安価、資源制約レスな硫黄正極は基本的に有利 ・リチウム硫黄電池の開発事例の中では、500Wh/kg超を達成し先行組にいると思われる。	・電解質技術（イオン液体、固体電解質） ・硫黄正極技術（多硫化物溶出抑制、複合体） ・Li金属負極技術（人工SEI 保護被膜） 等の要素技術の研究継続による優位性維持 ・実機搭載の実績づくり
量産化	・GSユアサにおけるxEV(電動車)、航空宇宙、特殊用途LIB製造における保有技術適用により、量産工程確立は確度高い 以下を加えて電動航空機向け量産化 ・認定試験(QT)/プロトフライト試験(PFT)による妥当性検証 ・RTCA DO-160 および DO-311規格試験実施	・複数応用品に対応するためのレート/寿命テーブルマップのデータベース化 ・これを活用した顧客開拓

アウトカム目標の達成見込み (3/4)

⑧-3 電動ハイブリッドシステム

	達成見込み	課題
製品イメージ	・エンジン後方に内蔵可能な高耐熱性MW級発電機 ・空冷システム及び空調システム等へ適用可能な小型・軽量・大出力の電動ターボ機械 ・これらをコアに、機体OEMへ燃費改善・CO2排出量削減をシステム提案するトータルエネルギーソリューションビジネス ：当事業でコンセプト実証済、後継GI事業にて性能向上とフルスケール実証	・ターゲットとする単通路機にて、燃費削減効果を最大化するシステム構成提示と、安全性も含めた効果実証
競合技術	発電機：・Safran社 500kWターボ ジェネレータ開発 ・Honeywell社 1MW発電機開発 ・RR社1MW発電機開発 本開発品は、300℃耐熱－エンジンナセル内蔵可にて優位 ターボ機械： 出力50kw超えが存在しない中、当事業で70kwを達成	・後継GI事業にて、発電機の質量出力密度を向上するなど、優位性確保 ・フルスケール検証設備 国内構築と運用（1MW 検証設備）
量産化	・単品、装備品として2030年代半ばと想定される次世代単通路機での事業開始 ・広胴機、水素航空機等へ製品展開を行い、システムビジネスへ発展	・研究開発と並行した海外OEM、システムTier1への提案活動で、連携・協業関係構築 ・国際標準化(後継GI事業にて取組)

アウトカム目標の達成見込み (4/4)

⑧-4 常電動

	達成見込み	課題
製品イメージ	出力密度6kW/kg(モータ部)を満たす空冷モータの開発 ・出力：100kW以上(瞬時)、55kW以上(連続) ・回転速度／トルク：1900rpm/520Nm(瞬時)、1600rpm/320Nm(連続) eVTOL搭載を想定した性能出力と空冷方式の実現	・ケーシングの軽量化 ・空冷での冷却性能 ・耐久性能の評価(TRL評価)
競合技術	・Siemens/RR RRP200D(5.22kW/kg) ・Magnix Magni500(4.15kw/kg) ・デンソー 高出力密度空冷モータ(25kW/kg) 出力密度の定義は提案者によりゆらぎがある。モータ・制御回路・空冷システムを総計して、3kW/kgの達成は空冷式eVTOL向けモータ開発動向の中で優位(モーター単体では6kW/kgを達成)	・軽量化による耐久性 ・軽量化/高出力化による騒音
量産化	・航空局の認証取得(DO-331) ・国内eVTOLメーカー協力のもと、モータ開発継続中(量産：2030年頃) 認証基準に準拠したモデルベースデザインでモータコントローラ・ソフトウェアを生成し、量産化への移行を具体化した	・軽量化構造の実現 ・eVTOL搭載のための規格への準拠

費用対効果

【インプット】

- 事業費用の総額 **95億円** (5年)
実施方針(P13) 2019:268(一般) +803 (需給) 1071百万円
2020:1(一般) +1350 (需給) 1351百万円
2021:0(一般) +1900 (需給) 1900百万円
2022:0(一般) +2780 (需給) 2780百万円
2023:0(一般) +2350 (需給) 2350百万円

【アウトカム達成時】

- 電動航空機市場での売上シェア達成 (2050) : **760億円/年** (細胴機 + 広胴機)
- eVTOL市場での売上シェア達成 (2040) : 1.3兆円/年 (eVTOL)
- CO₂削減の達成(2050) : 37Mt/年 (細胴機 + 広胴機)

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

◆非連続ナショナルプロジェクトの考え方

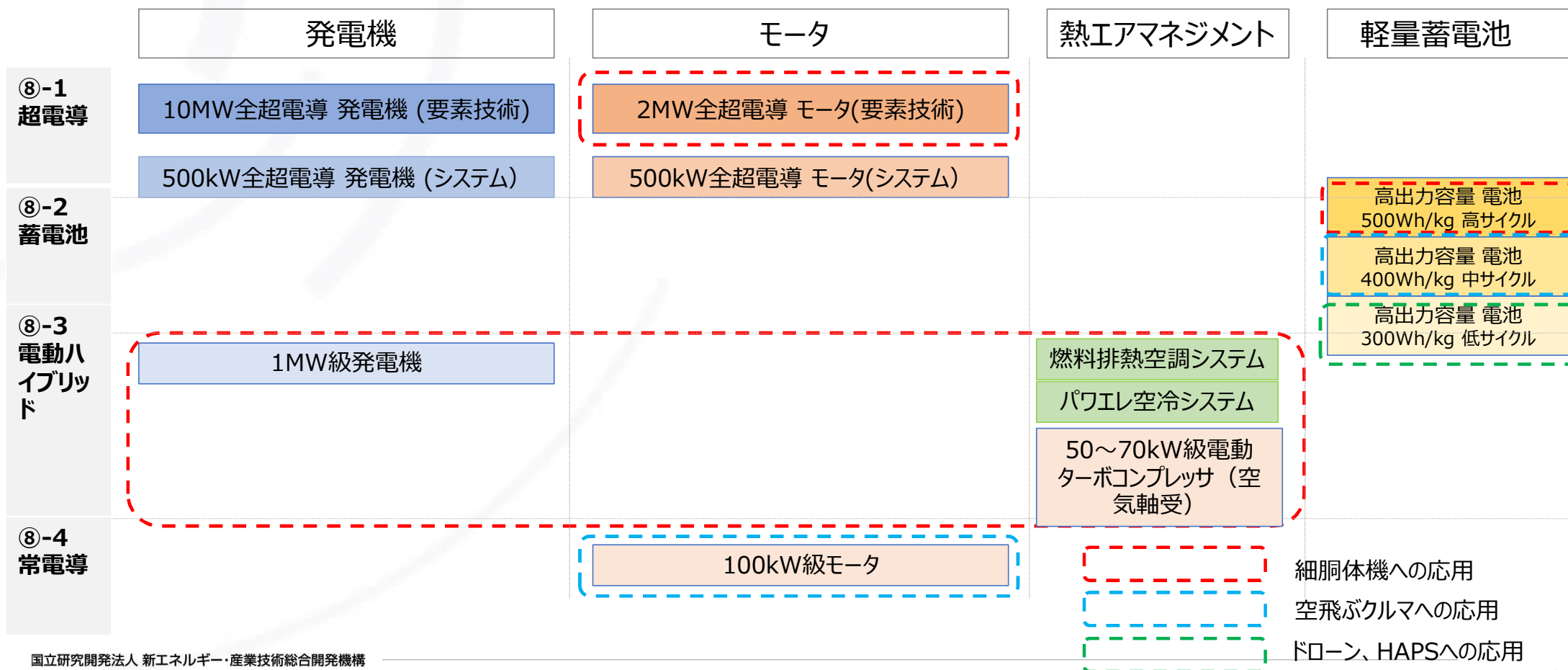
	理由
①非連続的な価値の創造	化石燃料を中心とした航空機の推進エネルギーを電気エネルギーに置き換えることにより、機体のエネルギー転換を革新的に変更し、航空機カーボンニュートラルを促進する価値を実現する。
②技術の不確実性	システムの軽量と高出力化により質量あたりのエネルギー密度を高めつつ、飛行環境を想定した安全性解析に基づいて高い信頼性を実現しなければならない等、航空機特有の課題が多数ある中で技術的解決をはかる非常にチャレンジな課題である また航空機カーボンニュートラル対策として、未だ決定的解決法が確立されていない中での試行錯誤も求められる。

前身事業との関連性

前身事業や先導研究等	取組の成果とその評価
・先導研究 革新的航空機用超電導推進システム概念設計 (2018/6-2019/5) → ⑧-1 超電導	・1kW全超電導回転機の作成と試験評価/20MWシステムの概念設計 サブスケールモデルで超電導回転機の原理を実証 要素技術の進展により出力を向上し、航空機推進系システムとしての実現可能性が評価された。 →本プロジェクトの500kWモータ開発へ結実
・研究開発項目⑦ 次世代エンジン電動化システム研究(2016-2019) → 先導研究：革新的ハイブリッドシステムの研究 (2019-2020) → ⑧-3 電動ハイブリッド(2020-2023)	・300℃耐熱、250kw級電動機の開発 エンジン低圧タービン駆動軸に接続する発電機として、高温環境下でサブスケールモデルでの運転実証が評価された。 →1MW級発電機の開発へ結果を活用 ・100kW級パワーエレクトロニクス空冷システムの開発、機体サーマル・モデルの構築 従来のエンジン抽気方式空冷に代わる電動エアコンプレッサを活用した機体空冷方式の実現可能性が評価された。 →空冷システム及び燃料排熱空調システムの開発へ結果を活用
・先導研究：航空機向け高出力・高密度モータの技術開発(2019-2021) → ⑧-4 常電導モータ(2021-2023)	・出力20kW,出力密度4kW/kgを実現するモータシステムを開発 サブスケールモデルによる実証結果により、でeVTOL市場で優位となる質量出力密度の達成の目途がついたものとして評価された。 →100kW,出力密度6kW/kg のモータ プロトタイプの開発へ結果を活用

本事業における研究開発項目の位置づけ

電動航空機 機能別開発領域マップ



アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

⑧-1 超電導 : アウトプット目標(TRL6達成*) の具体目標とその根拠

* : プロトタイプモデルの所期性能を達成し、飛行状態を模擬した環境で実証する

研究開発項目	最終目標（2024年3月）	根拠
1. 基盤技術開発		
①超電導回転機	・基盤技術の確立 ・システム開発に向けた課題と対策の明確化	・小型機及びリージョナルジェットの出力に相当し適用対象が存在する規模の出力を設定。 ・20MWは単通路機からスケールアップした広胴機にいたるまでの広く航空機一般の出力を想定して、その基盤技術として設定し、次事業に反映。
②超電導ケーブル		
③冷却システム		
④超電導線材	・長尺線材の基盤技術確立 ・システム用シールドの基盤技術確立	・各デバイスを経由した後の温度の上昇影響より、界磁コイルは、65K よりも高温の70K で検証。 ・電機子コイルでは、交流損失を低減するため、特性確保の安定性確保より、工業的な成立性が見込める歩留まりを検証。 ・シールド技術は、スケールアップに対応した技術レベルを検証し、次事業に反映。
⑤ 低温動作半導体	・65K で動作する半導体素子の開発	・低温で大電流対応のインバーターが必要のため、材料探索を行い、半導体の素子化を検証。
2. システム検証		
①500kW級 超電導モータ地上検証	・250-500kW モータの航空対応条件に対する地上評価	・冷媒の熱交換による冷却システムを使用し、全超電導回転機の回転試験にて短絡、解放試験を実施し、回転数と出力を検証。
②500kW級 超電導モータ特殊試験	・上空環境（低温・低圧）下での、超電導モータの作動評価	・航空機搭載環境に対応した性能が求められることから、プロジェクト後の飛行試験に繋げるために、地上で行える特殊な環境下での評価を実施。
3. 搭載上の技術課題と対策の検討		
①搭載対象機材規模と求められる超電導モータの性能諸元	・搭載機体サイズと装備可能容量から定まる性能諸元を決定	・電動航空機の開発Competitor製品との比較において、優位となる超電導モータの性能諸元の仮設定から、次事業への課題と対策を整理。



アウトプット目標の達成状況

⑧-1 超電導： アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標（2024年3月）	成果（実績）（2024年3月）	達成度	達成の根拠／解決方針
1. 基盤技術開発				
①超電導回転機	・基盤技術の確立 ・システム開発に向けた課題と対策の明確化	・2層式ハンダ接合線材やスクライブ分割線構造をもつ線材用端子製作を確立 ・界磁コイル、電機子コイル巻き線等の基盤要素について通電特性を確認 ・軸受が凍結せず回転することを確認、擬永久電流モードの可能性を確認	○	
②超電導ケーブル		・三相積層超電導ケーブルにて約2000Aの設計通りの臨界電流値を確認 ・マルチコンタクトタイプによる端子の接続方法を確立 ・コルゲート管によるシステム軽量化手法を確立、今後は最適化が課題	◎	ワンタッチ接続とコルゲートによる軽量化を先行して実施したため、大幅達成と評価
③冷却システム		・液体ヘリウムと液体窒素との熱交換システムを製作 ・超電導ケーブル一体型超電導誘導モータ式スクリーポンプを製作	○	
④超電導線材	・長尺線材の基盤技術確立 ・システム用シールドの基盤技術確立	・磁場中の臨界電流値は最終目標値を上回り、ヒステリシス損失は1/10以下で100mの加工性を確認、2本中2本とも成功 ・2層式ハンダ接合線材のスクライビング加工方法を確立 ・薄肉鉄ヨーク及び超電導シールドにて、軽量化、漏れ磁場抑制を達成	○	
⑤低温動作半導体	・65Kで動作する半導体素子の開発	・GaN-PSJトランジスタの低温動作半導体として適用性を確認	○	
2. システム検証				
①500kW級モータ地上検証	・250-500kWモータの航空対応条件に対する地上評価	・2500rpmの回転数と発電機モードにおいて、短絡電流が490Aピークになったことから、最大出力250kWを確認	○	
②500kW級モータ特殊試験	・上空環境（低温・低圧）下での、超電導モータの作動評価	・低温・減圧複合試験でモータ特性、電機子線間電圧・電流波形に異常のないことを確認	○	
3. 搭載上の技術課題と対策の検討				
①搭載対象機材規模と求められる超電導モータの性能諸元	・搭載機体サイズと装備可能容量から定まる性能諸元を決定	・機体搭載上の、有効な構造、重量による搭載構成を確立 ・飛行試験会社及び機種、形態の妥当性を確認 ＞次事業2MW級システム開発の性能諸元として反映	○	

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

⑧-2 軽量蓄電池 : アウトプット目標(TRL6*) の具体目標とその根拠

* : プロトタイプモデルの所期性能を達成し、飛行状態を模擬した環境で実証する

研究開発項目	最終目標（2024年3月）	根拠
① 硫黄炭素複合体による理論値相当の放電容量発現：	セル・エネルギー密度 500 Wh/kg 以上	正極の硫黄担持率を高めるとともに、理論値に近い放電容量を発言することで達成できる、従来リチウムイオン電池を大きく凌いで電動推進に貢献し得る質量エネルギー密度目標として設定。
② 電解液技術による充放電サイクル容量維持率向上：	容量維持率80%以上-100サイクル*	実機搭載可能性を検討できる基本的サイクル性能（電池寿命）として設定 *: 中間評価後に目標を高度化（容量90%以上50サイクル→容量80%以上100サイクル）
③ 放電レート	2CA 放電容量発現（0.1C容量の80%以上を発現）	小型航空機の電動化に際して、搭載可能な蓄電池に求められる充放電最大電流として設定
④ リチウム金属負極の高面積容量密度下におけるサイクル寿命の向上：	10 mAh/cm ² 以上の面積容量密度 Li/Liセル200サイクル以上 安定作動	Li金属負極におけるデンドライト抑制対策の効果確認のため、Li/Li対称セル試験の安定作動サイクル数として設定 中間評価後、負極研究を追加
⑤ 500 Wh/kg級の小型セルの実証検証	小型積層セルのエネルギー密度 500 Wh/kg以上	①で設定した質量エネルギー密度発現を、小型積層セルにて検証する目標を設定
⑥ 蓄電池システムの実証検証	400 Wh/kg級積層セルを備える蓄電池システムのプロトタイプモデル試作、機能性確認 環境/安全性試験合格 (DO-160/DO-311)	電動航空機搭載に必要な、蓄電池システムとしての軽量化および耐環境/安全性能基準適合を検証する目標を設定 中間評価後、TRL6達成確認手段明確化と併せ目標の具体性を高めた



アウトプット目標の達成状況

⑧-2 軽量蓄電池 : アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標 (2024年3月)	成果（実績） (2024年3月)	達成度	達成の根拠／解決方針
① 硫黄炭素複合体による理論値相当の放電容量発現	セル・エネルギー密度 500 Wh/kg 以上	硫黄炭素複合体構造の適正化、および新規電解液技術によって、500 Wh/kg級小型セルにて、硫黄理論容量相当の放電容量発現を確認。	○	
② 電解液技術による充放電サイクル容量維持率向上	容量維持率80%以上-100サイクル	新規電解液技術を備える500 Wh/kg級小型セルにて、充放電サイクル寿命：70サイクルを確認。	△	解決方針： ・電解質技術（イオン液体、固体電解質） ・硫黄正極技術（多硫化物溶出抑制、複合体） ・Li金属負極技術（人工SEI） 等の要素技術の研究継続により、性能改善を図る。
③ 放電レート	2CA 放電容量発現	新規電解液技術を備える500 Wh/kg級小型セルにて、2 CAでの放電容量発現（0.1C放電容量の50%以上）を確認。	○	
④ リチウム金属負極の高面積容量密度下におけるサイクル寿命の向上	10 mAh/cm ² 以上の面積容量密度 Li/Liセル200サイクル以上安定作動	イオン液体系電解液の適用により、目標達成。	○	
⑤ 500 Wh/kg級の小型セルの実証検証	小型積層セルのエネルギー密度 500 Wh/kg以上	新規電解液技術の適用により、小型積層セルのエネルギー密度500 Wh/kg以上を実証。	○	
⑥ 蓄電池システムの実証検証	400 Wh/kg級積層セルを備える蓄電池システムのプロトタイプモデル試作、 機能性確認 環境/安全性試験合格 (DO-160/DO-311)	・軽量モジュール構造を備える蓄電池システムのプロトタイプモデル実証。⇒セル質量比率76%を達成。 ・モジュールでのDO-160環境試験クリア、単セルのDO-311安全性試験において、一定レベルの高安全性実証。	○	

アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

⑧-3 電動ハイブリッドシステム : アウトプット目標(TRL6*) の具体目標とその根拠

* : プロトタイプモデルの所期性能を達成し、飛行状態を模擬した環境で実証する

研究開発項目	最終目標（2023年度）	根拠
① ハイブリッド電動推進システム	実用化に向けたシステム定義の妥当性評価、および将来を見据えた中長期スパンでの技術開発ロードマップの策定を行う	長期的視野に立ったハイブリッド電動推進システムのあるべき姿をForecastしていくため
② 電動推進電力システム	MW級電動推進を達成する エンジン内蔵発電機 の電流密度及び耐電圧性に係る性能評価を完了する	MW級の電磁機械に対する性能優位性検証、及びシステム実証による機体適用可能性の検証のため
	システムリグ試験を含むシミュレーションによる電力システムの地上実証を行い、機能・性能評価を完了する	
③ 熱・エアマネジメントシステム	システムリグ試験 を含むシミュレーションによる熱・エアマネジメントシステムの地上実証を行い、燃費改善効果を含む機能・性能評価を完了する	システム実証による機体適用可能性の検証のため、及び構成要素の製品展開を視野に入れたDB構築のため 中間評価後、サブシステム(パワエレ冷却装置、空気供給電動ターボ)の実証レベルを上げた
	実用化に向けた燃料排熱熱交換器(FCAC)の性能図表作成を完了する	

アウトプット目標の達成状況

⑧-3 電動ハイブリッドシステム : アウトプット目標の達成状況

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

研究開発項目	最終目標 (2023年度)	成果 (実績) (2024年3月)	達成度	達成の根拠 ／解決方針
① ハイブリッド電動推進システム	実用化に向けたシステム定義の妥当性評価、および将来を見据えた中長期スパンでの技術開発ロードマップの策定を行う	電動推進電力システム、熱・エアマネジメントシステムのシステム定義、システム評価（安全性、燃費削減効果、搭載性等）を完了。 電動ハイブリッド推進の各要素が燃料消費量に与える影響感度を評価、これに基づき、技術開発ロードマップを策定した。	○	策定した技術開発ロードマップに基づき、GI基金事業※に応募し採択。 ※：次世代航空機の開発／電力制御、熱・エアマネジメントシステム及び電動化率向上技術開発／電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発
② 電動推進電力システム	MW級電動推進を達成するエンジン内蔵発電機の電流密度及び耐電圧性に係る性能評価を完了する	MW級エンジン内蔵発電機の電流密度に係る性能評価、および定格回転数における電力、耐電圧特性に関わる性能評価を完了した。 電動推進電力システムを模擬したリグ試験を構築し、想定するエンジン運転および電力負荷プロファイルでの運転を実施し、機能・性能評価を完了した。	○	当該成果の一部をプレスリリース※として公表。 なお、性能改善、フルスケール実証は後継GI事業にて実施予定。 ※：「世界初 メガワット級の航空機ジェットエンジン後方に搭載可能な電動機を開発」2024.1.12
	システムリグ試験を含むシミュレーションによる電力システムの地上実証を行い、機能・性能評価を完了する			
③ 熱・エアマネジメントシステム	システムリグ試験を含むシミュレーションによる熱・エアマネジメントシステムの地上実証を行い、燃費改善効果を含む機能・性能評価を完了する	熱・エアマネジメントシステムのシステムリグ試験を完了し、エネルギー回収率等が机上検討とほぼ合致していることを確認した。巡航高度条件を変えた際の試験まで実施し機能・性能評価を実施した。 試験結果を反映したFCACの性能図表を作成した。	○	当該成果の一部をプレスリリース※として公表。 なお、耐環境性、フルスケール実証は後継GI事業にて実施予定。 ※：「軽量・小型で世界最高レベル出力の電動ターボコンプレッサを開発」2023.6.16
	実用化に向けた燃料排熱熱交換器(FCAC)の性能図表作成を完了する			

アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

⑧-4 推進用電動機制御システム : アウトプット目標(TRL6*) の具体目標とその根拠

* : プロトタイプモデルの所期性能を達成し、飛行状態を模擬した環境で実証する

研究開発項目	最終目標（2024年3月）	根拠
① 最適化設計プラットフォームの構築	CAE環境を活用した マルチフィジックス最適解析 手法にて設計を行い、プラットフォームとして構築	モータ・インバータの電磁界解析に、熱流体解析を融合したマルチフィジックス解析をプラットフォーム上で実施することで効率化が測れるとして設定
② ソフトウェア認証	・製品化における 認証プロセスの実証 ・DO-178C、DO-331認証のプロセス確立	認証取得に向けて重要なステップであるとして設定 更に、モデルベース手法を用いた自動コード生成による作業効率と認証効率のアップを設定
③ 高性能テストベンチ導入	・評価方法の確立 ・TRL6達成度評価実施(F3338-21)	モータのEMC試験結果に影響を与えずに、モータの効率、トルク-回転速度-電流特性、モータ動作時の振動等を総合的に評価できるテストベンチ導入の必要性があるとして設定
④ 高信頼性モータ・ドライブシステム実証	・製品化における要素技術の実証 ・航空機EMC規格に適合する インバータ回路及びフィルタ回路の開発	eVTOL適用に際し、搭載可能なモータに求められるノイズ規格として設定
⑤ 100kW高密度モータの実現、評価	出力／回転速度／トルク 100kW以上／1900rpm／520Nm(瞬時) 55kW以上／1600rpm／320Nm(連続) 出力密度：6kW/kg(モータ部)	機体メーカと調整し、設定した仕様 並行して市場調査を実施し、eVTOLを中心としたニーズが大きい仕様（出力等）であることを確認
⑥ プロトタイプ製作・評価 ※プロトタイプ：モータ×インバータ(モータシステム)	・ 最大出力100kW、回転数1900rpm、トルク520Nm 高密度モータを組み込んだプロトタイプモデル ・モータシステム 効率92% ・質量32kg(モータシステムの出力密度3kW/kg)	市場調査、動作シミュレーション評価により、導き出された最適化設計として設定

アウトプット目標の達成状況

⑧-4 推進用電動機制御システム : アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	目標 (2023年6月)	成果(実績) (2024年3月)	達成度	達成の根拠/解決方針
① 最適化設計プラットフォームの構築	CAE環境を活用したマルチフィジックス最適解析手法にて設計を行い、プラットフォームとして構築	プラットフォーム構築を完了	○	
② ソフトウェア認証	・製品化における認証プロセスの実証 ・DO-178C、DO-331認証のプロセス確立	航空機搭載用の高帯域・高効率インバータを開発 DO-331準拠のMBDプロセスを構築 (DO-178C認証を包含)	○	
③ 高性能テストベンチ導入	・評価方法の確立 ・TRL6達成度評価実施(F3338-21)	F3338-21より、主要要求を抜粋し達成度評価を実施、性能面の妥当性評価を完了	△	耐久性の評価は未完了 今後実施する見込み
④ 高信頼性モータ・ドライブシステム実証	・製品化における要素技術の実証 ・航空機EMC規格に適合するインバータ回路及びフィルタ回路の開発	最適なSiCデバイスの選定、ノイズフィルタの設計を通し、航空機搭載用の高帯域・高効率インバータを開発を完了	○	
⑤ 100kW高密度モータの実現、評価	出力/回転速度/トルク 100kW以上/1900rpm/520Nm(瞬時) 55kW以上/1600rpm/320Nm(連続) 出力密度: 6kW/kg(モータ部)	出力/回転速度/トルク 103kW/1900rpm/520Nm(瞬時) 53.6kW/1600rpm/320Nm(連続) 出力密度: 6kW/kg(モータ部)	○	機体メーカーとの調整を経て、飛行プロファイルを決定 同プロファイルの瞬時最大条件:103kW及び連続部分の出力:53.6kWを設計仕様とし、プロトタイプにて実測値を確認 (連続出力は当初55kWでスタートしたが、上記調整により最終仕様は53.6kWに変更)
⑥ プロトタイプ製作・評価 ※プロトタイプ: モータ×インバータ (モータシステム)	最大出力100kW、回転数1900rpm、トルク520Nm高密度モータを組み込んだプロトタイプモデル モータシステム 効率92% 質量32kg(モータシステムの出力密度3kW/kg)	出力・回転数・トルクは計算値ではあるが、目標値を満たす高密度モータを製作完了 モータシステム 効率: 91.9% 質量: 39.3kg	△	放熱特製改善により大型化し、質量増加につながった。重量軽減策として、9項目の案を提案している (材質変更、薄肉化、小型化 etc..)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究開発成果の副次的成果等

研究開発項目	意義	副次的成果
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム (超電導)	A.全超電導交流回転システム 世界に前例のない全超電導かつ交流回転システムによる、高出力発電、高出力モータなどを使用した航空機以外の用途への応用も考えられる。 B.超電導線材、超電導ケーブル、冷却システム 新たに開発した素材を航空機以外他産業への活用も考えられる。	A_例. ■ 移動式高出力発電機の応用（防衛その他への活用） ■ モータ（船舶用） ■ ターボブレイトン方式による冷却技術への転用 B_例. ■ 核融合炉への超電導線材の適用 ■ 電力システムの送電ケーブルへの適用 ■ ターボブレイトン方式による冷却技術への転用 ■ 広域再エネ連系構想と水素・超電導コンプレックス
⑧-2 軽量蓄電池	A. Li硫黄電池の高質量エネルギー密度の向上と性能バランスを高める技術 1. <u>硫黄正極技術</u>：高硫黄含有率での高面積容量密度を実現 2. <u>電解液技術（VC/FEC系）</u>：硫黄活物質の溶出抑制とイオン伝導性付与 3. <u>電解液技術（イオン液体）</u>：不可逆容量低減及び負極Liデンドライト形成を抑制 1+2+3 → 高エネルギー密度、充放電レート、サイクル寿命の性能バランスを高める効果を確認 B. システムの軽量化、安全性/環境試験への対応 1. 軽量モジュール構造を持つ蓄電池システムの開発 2. 蓄電池システム実証試験（DO-160環境試験/DO-311安全性試験） 1+2 → 基本的な航空機搭載性を地上試験実証した。	A/B_例. ■ 航空機産業への応用 単通路旅客機クラス以上の電動化への将来適用を想定して、高質量エネルギー密度重視の研究開発を進めてきたが、入手性の極めて良い硫黄を使用したLi硫黄電池は、航空分野ではドローン、HAPS、e-VTOL、といった無人機・小型機分野で応用可能 ■ 他産業への応用 さらに航空に限らず、高エネルギー密度を求められる用途に広く利用できる可能性を有する。

研究開発成果の副次的成果等

研究開発項目	意義	副次的成果
⑧-3 電動ハイブリッドシステム	A. 電力マネジメントシステム 高耐熱エンジン低圧軸直結内蔵型MW級発電機を核とし、装備品システムおよびハイブリッド電動推進システムへ電力供給を行う電力制御システムを地上リグ試験でコンセプト実証した。 B. 熱エアマネジメントシステム ガス軸受ロータ採用の電動ターボ・コンプレッサ、パワエレ空冷用ヒートシンク、空気→燃料排熱用熱交換器を新開発。空調系や推進系の電動化により増大するパワエレ発熱を客室空気で冷却しつつエネルギー回収、ラムエア使用量を減らす燃料排熱などにより、空調系の電力消費量を減らし、システム効率を向上することを地上リグ試験実証した。 A,B合わせて 電動ハイブリッドシステムを軽量化・効率化し、燃料消費率を削減できることを明らかにした。	A/B_例. ■ 高速鉄道等への適用 地上での各種電動装置に適用可能であり、例えば高速鉄道車両の軽量化、エネルギー消費削減、騒音軽減、軌道負荷軽減効果が期待できる。 B_例. ■ 電動ターボコンプレッサによる燃料電池空気供給 キャビン空気供給の電動化における電力消費削減を第一の目的として開発したが、補助動力APUの代替として期待される燃料電池への空気供給に適用することで、CO2削減貢献できる。
⑧-4 推進用電動機制御システム	A. モータ性能の効率化手法確立 以下の各要素技術によるモータ性能の効率化手法が検証、確立された。 ・磁性くさびによる高周波交流損失の低減 ・高熱伝導材による絶縁材料の開発と熱抵抗の低減 ・航空機搭載用インバータのEMC条件への対応 ・3Dプリンタによる高占積率コイル巻線の造形 B. 空冷方式によるモータシステムの軽量化・整備性の向上 C. 航空機搭載品のソフトウェア認証の条件を充足する方法の確立 D. AE(Acoustic Emission)センサによるモータシステムの故障予兆検出機能の確立	A_例. ■ 100kW級以外へのモータ性能の改善 B_例. ■ 空冷による構成が簡単な冷却系の提供により、eVTOL以外のドローン高出力に対応 C_例. ■ モータ以外の航空機搭載品のモデルベース ソフトウェア認証への応用 D_例. ■ 一般産業用サーボモータの故障検知

特許出願及び論文発表

	2022年度	2023年度	2024年度	計
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム				
特許出願（うち外国出願）	4（2）	7		11
論文	11	9		18
研究発表・講演	36	49		87
⑧-2 軽量蓄電池				
特許出願（うち外国出願）	7（6）	8	10	25
論文		1		1
研究発表・講演	2	9	1	12
⑧-3 電動ハイブリッドシステム				
特許出願（うち外国出願）	3	3		6
論文	3			3
研究発表・講演	30	23	5	58
⑧-4 常電動				
特許出願（うち外国出願）	1	1	2	4
論文		3		3
研究発表・講演	2	1		3

※2024年9月30日現在

＜評価項目 3＞ マネジメント

（１）実施体制

※ 受益者負担の考え方

（２）研究開発計画

報告内容



ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況



3. マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

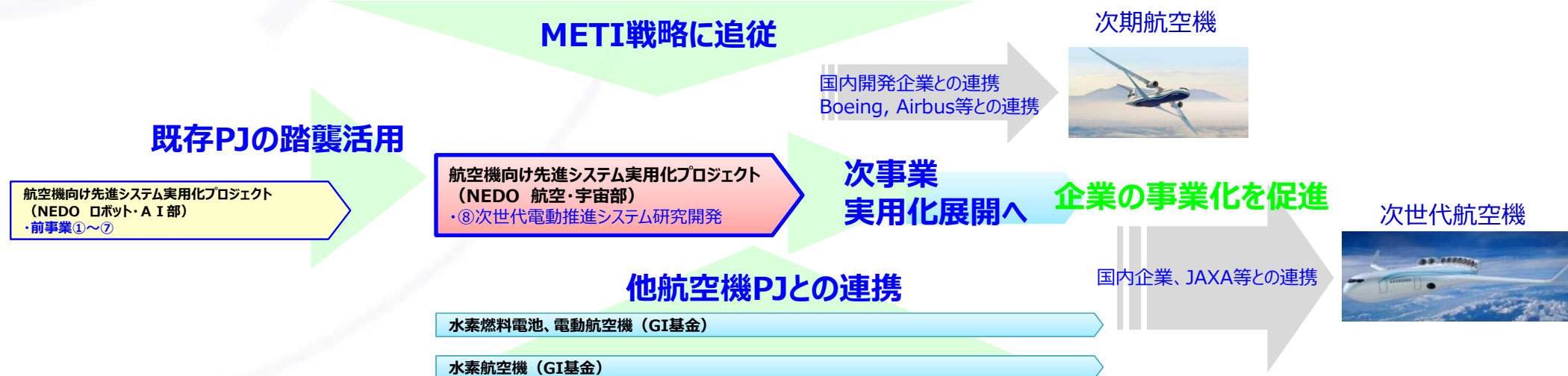
NEDOが実施する意義

本事業は、適切なプロジェクトマネジメントの下、企業間の研究開発成果の共有等を促すため、NEDO事業として実施。

- ◇次世代電動推進システム研究開発事業は、**長期的な課題に対応するシステム**であり、技術開発成果がただちに事業化を保証するものではない。
また、最先端技術の開発であるが故に民間企業の**投資リスクが高く**、一般産業への波及も現時点で限定的であり、**非常にチャレンジングな技術**であることが想定されるため、企業・大学ともに委託契約とし、リスクの低減を図るとともに開発を加速させるものである。

次世代航空機の実現に向けた官民投資

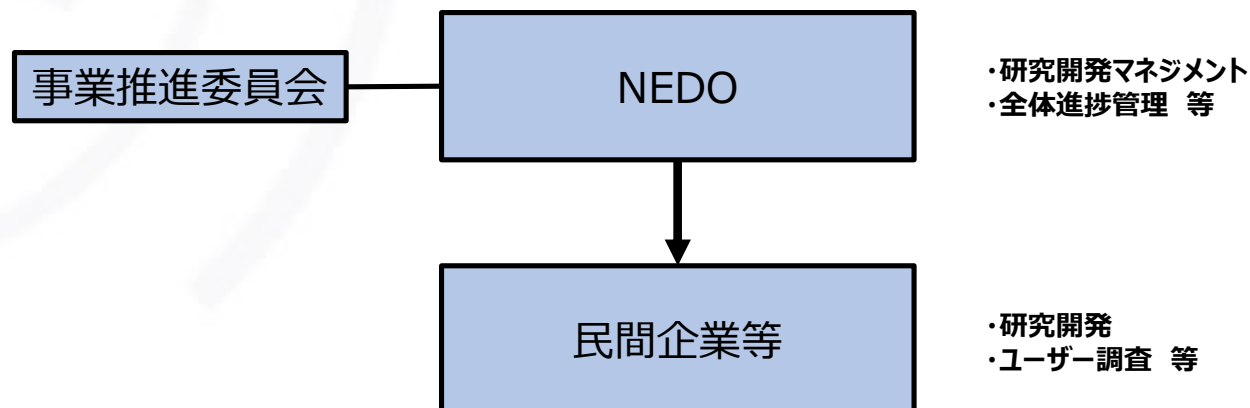
次世代航空機の実現による航空機産業の脱炭素化と経済成長の同時達成



実施体制

本プロジェクトは、NEDOが、単独ないし複数の、原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体制を構築し、委託して実施している。実施体制を以下に示す。

実施体制概要



・次世代電動推進システム研究開発

-高効率かつ高出力電動推進システム

(大)九州大学、(研)産業技術総合研究所、大陽日酸（株）FFJ（同）、SWCC(株)

-軽量蓄電池

(株) GSユアサ

-電動ハイブリットシステム

(株) IHI

-推進用電動機制御システム

多摩川精機(株)

個別事業の採択プロセス

⑧-1 「高効率かつ高出力電動推進システム」

【公募】

- ・ 公募内容（「⑧次世代電動推進システム研究開発」の拡充）
- ・ 公募予告（2019年 2月22日）公募（3月22日）公募〆切（4月22日）

【採択】

- ・ 採択審査委員会（5月15日）採択公表（6月24日）
（航空機電動化のカギとなる高出力化のための超電導技術を我が国の優位な成果実績者にて開発する体制とした）

⑧-2 「軽量蓄電池」

【公募】

- ・ 公募内容（「⑧次世代電動推進システム研究開発」の拡充）
- ・ 公募予告（2019年 2月22日）公募（3月22日）公募〆切（4月22日）

【採択】

- ・ 採択審査委員会（6月6日）採択公表（7月4日）
（機体OEMが求める蓄電池性能指標を達成するため、蓄電池開発の実績があり、航空機搭載要件を知悉した事業者にて実施する体制とした）

⑧-3 「電動ハイブリッドシステム」

【公募】

- ・ 公募内容（「⑧次世代電動推進システム研究開発/電動ハイブリッドシステム」の研究開発項目追加）
- ・ 公募予告（2020年 2月24日）公募（2月25日）公募〆切（3月25日）

【採択】

- ・ 採択審査委員会（4月21日）採択公表（6月2日）
（航空機電動化の必要性を基本段階から構想し、従前からの航空機エンジンの開発・製造事業者による開発を行う）

⑧-4 「推進用電動機制御システム」

【公募】

- 公募内容（⑧次世代電動推進システム研究開発/推進用電動機制御システム」の研究開発項目追加）

- ・ 公募予告（2021年 2月10日）公募（3月10日）公募〆切（5月10日）

【採択】

- ・ 採択審査委員会（6月4日）採択公表（7月5日）
（航空機搭載部品およびモータ設計製造の実績がある事業者により開発を行う）

予算及び受益者負担

◆予算

研究開発項目		2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	合計
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	委託 100%	321	793	1,090	1,503	1,455	5,162
⑧-2 軽量蓄電池	委託 100%	295	429	314	536	411	1,873
⑧-3 電動ハイブリッドシステム	委託 100%		230	235	368	310	982
⑧-4 推進用電動機制御システム	委託 100%			189	130	57	345
追加予算					488		488
合 計		616	1,452	1,828	2,780	2,233	8,909

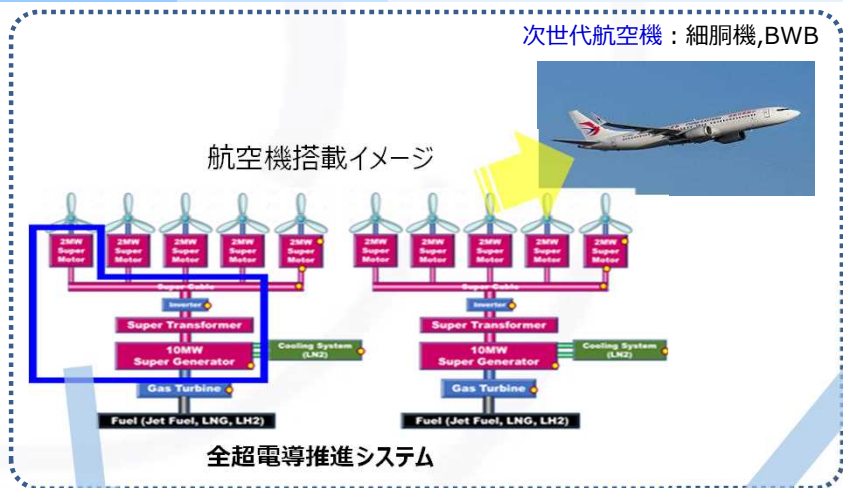
◆委託事業の理由

本事業は、
 ・長期的な課題に対応するシステムであり、技術開発成果がただちに事業化を保証するものではない
 ・最先端技術の開発であるが故に民間企業の投資リスクが高く、一般産業への波及も現時点で限定的であり、非常にチャレンジングな技術であることが想定されるため、企業・大学ともに委託契約とした。

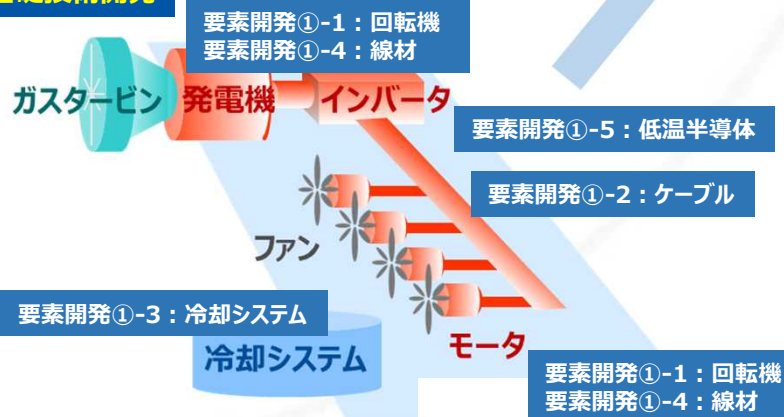
（単位：百万円）

目標達成に必要な要素技術

/⑧-1 超電導/

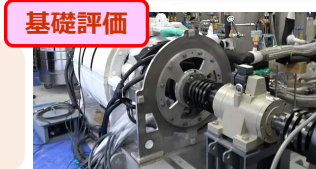


①各基礎技術開発



研究項目		2019	2020	2021	2022	2023
① 各基礎技術開発	①-1 超電導回転機基盤技術	250～500kW モータ用 要素技術開発		250～500kW モータ 要素技術選定		20MWに向けた 要素技術見直し
	①-2 超電導ケーブル基盤技術					
	①-3 冷却システム基盤技術					
	①-4 線材基盤技術					
	①-5 低温半導体					
② 航空機用超電導推進システム 機器機能検証						
②-1 250～500kW全超電導 モータ検証						
②-2 0.5～1MW 超電導推進システム 検証(先進要素)	鞍型コイル（界磁コイル）	基本設計		定格400kW モータ製作	基礎評価	特殊評価内容
	分布巻きコイル（電機子コイル）					
	特殊シール・冷媒冷却（ケーシング）					
	薄肉ヨーク（バックヨーク）					
	長RACケーブル（ケーブル）					
	ワンタッチ接続（ケーブル）					
	軽量熱交換器（冷却システム）					
飛行実証計画						
				2MWシステム用 先進的 要素技術開発		2MW超電導推進 システムの成立性検証と 飛行試験実証計画の策定

②-1 超電導モータ検証



目標達成に必要な要素技術

/⑧-2 軽量蓄電池/



関西大学の要素技術をGSUASAの電池設計へ展開するとともに、実証セルにて電池性能（高エネルギー密度、高出力、高安全性）改善のための全体最適化（要素技術開発へフィードバック）を実施。

年度	2019-21	2022-23	アウトプット目標
硫黄正極技術	硫黄炭素複合体技術 (ホスト炭素、複合化)		 500 Wh/kg級小型セルの実証・検証 ・質量エネルギー密度：500 Wh/kg以上 ・サイクル寿命性能：容量維持率80%以上@100CY ・放電レート性能：2CA放電可能
電解液技術	VC/FEC系電解液技術	溶媒技術 Li塩技術	
新規要素技術	バインダー技術 導電助剤技術 メカニズム解明（不可逆容量、被膜形成、Liデンドライト形成）	イオン液体技術 人工SEI技術	
蓄電池システム	積層セル設計技術 積層セル製造技術 軽量部材技術（筐体、FPC、フィルムセンサなど）	軽量均一圧迫機構 DO160環境試験 DO311安全性試験	軽量蓄電池システム実証・検証 ・プロトタイプモデル試作 ・セル質量比率：80%相当 ・機能性確認 ・環境/安全性試験合格（DO-160/DO-311）

目標達成に必要な要素技術 / ⑧-3 電動ハイブリッドシステム

要素技術開発/システム実証

アウトプット目標

ハイブリッド電動推進システム

ハイブリッド電動推進システム
評価解析技術

ハイブリッド電動推進
システム評価解析

[ハイブリッド電動推進システム]

- ・実用化に向けた**システム定義の妥当性評価**、および将来を見据えた中長期スパンでの技術開発ロードマップの策定を行う

電動推進電力システム

高耐熱絶縁被膜技術



発電機構造解析技術



高性能電磁材料技術



発電機評価技術
(耐部分放電評価)



エンジン内蔵発電機



電源グリッド(DC遮断)・AC遮断技術
分散ファン電動機性能推定技術

モデルベース開発実用化技術

システムリグ試験

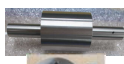


[電動推進電力システム]

- ・MW級電動推進を達成する
- エンジン内蔵発電機の電流密度及び耐電圧性に係る性能評価**を完了する
- ・**システムリグ試験を含むシミュレーションによる電力システムの地上実証**を行い、**機能・性能評価**を完了する

熱・エアマネジメントシステム

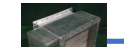
大容量化・航空機適用技術
・ロータ構造低荷重化技術



加速 軸受高耐荷重化技術
加速 巻線排熱技術



FCAC排熱・耐圧技術



ヒートシンク高密度フィン技術

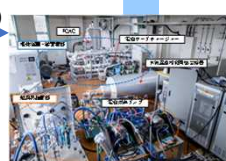


大出力電動ターボ機械



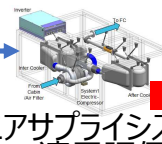
システム連携技術
燃料排熱空調最適化技術

(サブスケール適用)



システムリグ試験

エアサプライシステム
適用評価



加速

空冷システム検証



加速

数値モデル評価手法技術

システム解析

[熱・エアマネジメントシステム]

- ・**システムリグ試験を含むシミュレーションによる熱・エアマネジメントシステムの地上実証**を行い、**燃費改善効果を含む機能・性能評価**を完了する
- ・実用化に向けた**燃料排熱熱交換器(FCAC)の性能図表作成**を完了する

研究開発のスケジュール

【航空機用先進システム実用化プロジェクト】

研究開発項目	2019	2020	2021	2022	2023	2024
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	仕様策定、試作・評価			プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-2 軽量蓄電池	仕様策定、試作・評価			プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-3 電動ハイブリッドシステム	前交付金⑦ +先導研究	仕様策定、試作・評価		プロトタイプ的设计/製作、検証		
⑧-4 推進用電動機制御システム	前交付金②+先導研究		仕様策定、試作・評価	プロトタイプ的设计/製作、検証		
評価時期			中間評価			終了時評価

⑧-3と⑧-4については、航空機用先進システム前事業や先導研究による要素技術開発の時期を経たため、開始時期が一部遅れて設定されている。

⑧-3 電動ハイブリッド：

- ・前交付金事業「航空機用先進システム実用化プロジェクト⑦次世代エンジン電動化システム研究開発」
 - ・NEDOエネルギー環境先導プログラム「革新的ハイブリッド飛行システムの研究開発」
- の結果を得て2020年より開始

⑧-4 推進用電動機制御システム：

- ・前交付金事業「航空機用先進システム実用化プロジェクト②次世代降着システム研究開発」(20kW,4kW/kg)
 - ・NEDOエネルギー環境先導プログラム「航空機向け高出力・高密度モータの技術開発」
- の結果を得て2021年より開始

進捗管理

NEDO 主催 会議

NEDO 会議名	出席者メンバー	対象・目的	頻度	主催者
事業推進委員会	外部有識者/PMgr/NEDO担当者	・⑧電動航空機事業について設置し、4個別事業の技術開発の進捗状況等について外部有識者が確認	・半年に1回	NEDO
サイトビジット	外部有識者/PMgr/NEDO担当者	・4個別事業の技術開発の進捗状況等について外部有識者/NEDOが現地で確認し、協議	・年に1回	NEDO
進捗確認ヒアリング	PMgr/NEDO担当者	・各4個別事業について設置し、技術推進委員会の指摘事項への対応、技術開発の進捗状況についてNEDOが委託者に確認	・年に1回	NEDO
⑧-1月次進捗確認会	PMgr/NEDO担当者	・超電導委託先別に、重要研究項目に特化し、開発の進捗状況を確認	・2ヶ月に1回	NEDO

各委員会での主な指摘事項

- ・航空機搭載システムとして求められる要件（性能/認証基準等）に対する適合性を明確にすること
- ・個別要素技術を集約し、システムとしての効率・出力目標への達成度を最終研究成果とすること
- ・求められる性能諸元について、成果の展開先である機体OEMと情報共有を実施すること

NEDOからの指導事項

- ・官民協議会/ÉCLAIR/SAEの動向を情報収集し、委託事業者側に共有の上、開発現状との差分につき対応を協議
- ・システムリグ、サブスケールシステム検証の重要性をリマインドし、最終研究成果をシステム検証に集約するよう開発を管理
- ・委託事業者と機体OEMの定期的な情報交換会議の動向を監視し、研究目標との関係明確化を指導

進捗管理

委託事業者主催 会議

委託側 会議名	出席者メンバー	対象・目的	頻度	主催者
⑧-1 超電導 研究開発推進委員会	⑧-1 委託事業者/再 委託事業者/外部有識 者	・500kW級モータ開発進捗の共有 ・開発項目毎の成果報告 ・課題解決について協議 ・研究成果に対する外部識者による評価	・1年に1回	九大C
⑧-4 常電導 関係者会議	⑧-4 委託事業者/再 委託事業者/NEDO	・100kWモータ開発進捗の共有 ・開発項目毎の成果報告 ・課題解決について協議	・四半期に1回	多摩川精機

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応
1	多数の委託先を全体管理する体制とマネジメントの強化	<⑧-1：超電導> 代表委託先(九大C) が、毎月定例会を開催。各委託先/再委託間の情報共有を実施のうえ、対応策を議論し、プロジェクト管理を実施した。 <⑧-3:電動ハイブリッドシステム> 再委託先等 6 社 6 大学との連携体制で進めてきた。(事業者説明にて補足) <⑧-4:常電動> 再委託先 5 者との連携体制にて推進した (事業者説明にて補足)
2	機体メーカーとの協議内容や関与体制について明確化	<⑧-1：超電導> 機体メーカーと定例会を実施し、開発状況の共有等を行い、次世代航空機に求められる電動航空機の仕様・性能について協議した。 <⑧-2: 軽量蓄電池> ボーイング社と月例情報交換会議。将来電動航空機に望まれるバッテリー仕様を提示された。 ※GSYの補足資料になれば B社仕様表を添付 (公開版では提示できない) <⑧-3: 電動ハイブリッドシステム> 機体OEM、システムTier1との情報交換で得た動向情報に対応して、試作・実証の拡充を行った。 <⑧-4:常電動> 次世代空モビ関連メーカーとの協業により、大阪万博でのデモ飛行を計画した。(事業者説明にて補足)

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応
3	⑧-1：・1MW電動機の実証を最優先に考え、航空機固有の技術課題（重量軽減、発熱管理、ノイズ対策、高空環境など）や航空機エンジンとしての成立性の実証に注力すべきの解決に注力するべき	中間評価後、研究内容を以下3項目に集約した。 ①500kW級回転機の実証 ②航空機へ搭載してシステム統合する際の課題整理と対応実施 ③20MW級システム向け要素技術 特に、②については、委託先に国内重工/シール材メーカを加え以下の検討を行った。 ・飛行環境を模擬した特殊評価方案の策定と実施（S Birds） ・機体搭載時に超電導回転機に求められる冷却液漏洩防止と軸高速回転を両立するシール技術開発 ・機体システム化への課題検討（機体搭載容積・寸法と求められる出力密度指標値算定 等）
4	⑧-2と⑧-3：実用化に向けた取り組みと並行に、次なる目標となるより高い数値目標を掲げ課題を洗い出す努力をすべき（GSY：Cycle Up/負極増強、IHI 実証レベルあげる）	＜⑧-2:軽量蓄電池＞ 実機搭載レベルの性能バランスに早く近づけるべく、サイクル寿命の目標値を2倍とし、また、金属リチウム負極のデンドライト抑制も研究項目に追加した。 ＜⑧-3:電動ハイブリッドシステム＞ 目標値は不変だが、エアマネジメントユニットやパワエレ空冷システムといった主要サブシステムの試作実証対象を、要素技術確認から<u>ユニット・システム実証</u>へ高度化し、社会実装に向けた提案力向上を図った。（例、電動ターボユニット作成検証/パワエレシステム実証）

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応
5	中間報告では、TRL4を目標とした試験が実施され、確かな結果を示されている。最終報告においては、事業者が相当するTRL6の環境条件を明示して成果を説明すること	中間評価後、各テーマ委託先に、TRL6の要件と当事業での検証方法の具体化を依頼し、事業推進委員会(2022.9月)に諮った。 ＜⑧-1：超電導＞ TRL6の目標として、高空環境の低温低圧条件での動作実証試験を実施することを計画し、問題無いことが確認できた。 ＜⑧-2：軽量蓄電池＞ RTCA規格（DO160,311）に規定された環境試験条件、安全性等確認試験方法に則って、蓄電池プロトタイプの地上実証試験を計画、実施した。 ＜⑧-3：電動ハイブリッドシステム＞ 開発サブシステム毎に、模擬すべき環境条件、確認すべき機能・性能を整理し、リグ試験実施方案に反映した。 ＜⑧-4：常電動＞ 電動モータ開発の標準規格ASTM F3338-21による、TRL 6 で求められる主要要求を抜粋し、達成度評価を実施、性能面の妥当性評価を完了した。耐久性評価については今後(事後) 実施する見込み

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応
6	本事業の成果をもって国際標準化へ積極的・主導的に基準作成に関わること 例（IHI GIの標準化活動方針）/九大24年度調査事業など	<⑧-1：超電導> 電動航空機の標準化活動動向を把握し、標準化に向けた技術課題の整理を行った。基準策定への超電導開発事業の関わり方・計画については後継事業で検討する。 <⑧-3：電動ハイブリッドシステム> 当事業の後継である2024年度GI基金事業において、SAE E-40等への参画、ルールメイキング参画、設計基準の発信といった活動を進める計画である。 <⑧-4：常電動> ソフトウェアの標準化に向けて、DO-331準拠のMBDプロセスを構築（DO-178C認証を包含）

進捗管理：動向・情勢変化への対応

① 電動航空機 開発動向の把握

・新技術官民協議会 電動化WG/航空機電動化コンソーシアム（JAXA ÉCLAIR）会議への参加

上記の会議にNEDO事務局が出席し、世界の電動航空機開発動向をふまえた日本の研究開発ロードマップの設定・主要技術課題について協議を行った。協議内容をもとに、委託者へ情報共有を行い、研究スケジュール、社会実装への展開方法につき継続的に協議を実施した。

・SAE E-40(Electrified Propulsion Committee) / SAE Workshop(東京開催/2/21)への参画

電動化に際して、航空機への新機能装備に関連した国際安全性認証基準の策定動向を監視するため、参照型国際基準を作成する会議体(SAE)に会員(Liaison)として参加した。その動向や認証対象となる技術課題を委託先事業者に共有し、協議を実施した。

② 社会課題（Covid-19）の影響への解決策

・超電導同期機プロトタイプモデルの部品調達課題への対応(500kW級→400kW出力への現実的対応)

当初500kW級出力を目標に設計した部品の出荷・供給が、Covid-19によるサプライチェーンへの影響を受け滞留した。既存品で供給が可能な部品によるシステム再構成を計画し、500kW級システム検証の方針内に入ることを技術推進委員会と確認しながら、当初のスケジュール内に試運転を完了させた。

③ 国内超電導回転機 開発動向 調査

・モビリティ向け軽量・小型超電導モータ(最高2MW出力) 東芝（2022年6月発表）に係る情報収集

モータ駆動方式の違い（誘導式/同期式）や全超電導（超電導電機子/界磁巻線）と部分的超電導の違いを情報収集・調査を実施し、本研究課題の独自性/優位性について確認した。

出展：2022年度 革新プラ 中間評価（公開）

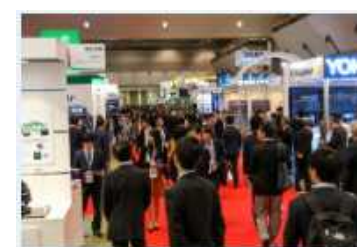
進捗管理：成果普及への取り組み

NEDOによる電動航空機研究のPR活動

2024国際航空宇宙展(JA2024)

主催：日本航空宇宙工業会
日時：2024年10月16日～10月19日
場所：東京ビッグサイト

口頭発表：
“航空機電動化を促進するための
NEDOの産業支援について”と題して、
電動航空機の産業政策上の位置づけと事業紹介
につき説明



進捗管理：開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果・効果
⑧-1:超電導 ・巻線技術の確立 ・三次元コイルの寸法 測定装置購入	2022年度	109	・超電導線材に歪みを加えずに鞍型等複雑な形状に対応した巻線技術の確立 ・組み立てリードタイムの短縮	同期モータ、発電機の小型軽量化が可能となった。組み立てリードタイムの短縮により、開発日程を守ることができた。
⑧-1:超電導 ・幅広線材の開発	2022年度	52	・線材間スペースの削減による軽量システムでの磁場シールド能力向上	より軽量で磁場をシールドする能力を実現することで、超電導回転機の軽量化が可能となった。
⑧-1:超電導 ・新材料プラスチック を使ったシール材技術 の確立	2022年度	63	・送配電超電導ケーブル用冷却ホースの 軽量化	航空機用推進システムに用いる超電導ケーブルの軽量化が可能となることに加え、波及効果として、使用電力量増大に伴い大容量化が想定される送配電ケーブルへの応用も今後は期待できる。

進捗管理：開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果・効果
⑧-2:蓄電池 ・Li金属負極性能向上 及び電池出力特性向上 のための設備購入	2022年度	73	・Li金属負極の性能改善による、電池の安全・信頼性の向上、および、電池の出力特性のさらなる向上	電極電解液界面にSEI被膜を形成し、短絡を防止して、Liの均一なる析出をはかり、長サイクル寿命を達成
⑧-3:電動ハイブリッド ・エアマネジメントユニットの研究 ・空冷化電力システムの エアマネジメントの研究	2022年度	160	・電動ターボ機械の高出力化、高効率化のため、ユニットレベルでの技術成立性及び性能評価を実施。 ・実用型ヒートシンクによる空冷システムを構築し、実際のパワーエレクトロニクス of 冷却能力を実証評価。	エアマネジメントシステムの要素レベル技術確立からユニットレベル技術実証へ、また、空冷システムをユニットレベルからシステムレベル性能実証へとそれぞれステージを上げ、海外メーカへの訴求力を獲得
⑧-4:常電導 ・モータ試作品を評価するための試験設備導入 ・部品代上昇への対応	2022年度	17	・モータ巻線の高密度化による交流銅損の削減	純アルミ製の平角線を作成、集中巻きにより高密度化を実現、磁性くさびの導入効果と併せ、117Wの交流銅損削減を達成
⑧-4:常電導 ・故障予兆システムの開発	2022年度	14	・AE（音響弾性波）センサーを用い、材料の変形あるいは破断の際に発生する音波から、機器の故障を予測するシステムをAI技術により開発	振動センサを中心としたデータ群を用いたMT法による分析手法を用いることで、故障検知の知見を取得

概 要

プロジェクト名	航空機用先進システム実用化プロジェクト/ ⑧次世代電動推進システム研究開発	プロジェクト番号	P15005
担当推進部/ プロジェクトマネー ジャーまたは担当者 及び METI 担当課	<プロジェクトマネージャ (PM)> 嶋田 諭 (2019 年 4 月～2020 年 5 月) 白木 聖司 (2020 年 6 月～2022 年 7 月) 松木 秀男 (2022 年 8 月～現在) <プロジェクト担当者> 林 成和 (2019 年 4 月～2020 年 2 月) 白石 貞純 (2019 年 4 月～2021 年 3 月) 阿部 憲幸 (2019 年 4 月～2021 年 9 月) 品川 貴 (2019 年 4 月～現在) 服部 元隆 (2019 年 7 月～2022 年 10 月) 金谷 明倫 (2020 年 4 月～2021 年 6 月) 白川 周 (2020 年 4 月～2022 年 3 月) 梅田 英幸 (2021 年 7 月～2023 年 7 月) 神間 辰士 (2021 年 11 月～現在) 柴田 恭平 (2022 年 7 月～2024 年 8 月) 林 慎一郎 (2023 年 7 月～現在) <METI 担当課> 製造産業局 航空機武器宇宙産業課		
0. 事業の概要	本事業では、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽 量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムの開発を目的に、次世代航空機 (電動航空機) に提案可能なレベルにまで成熟させることを目指す。この事業は、我が国の 航空機産業の競争力強化を目指すものである。本事業は委託による課題設定型の研究開発事 業である。 航空機用先進システム実用化プロジェクトは業界内の事業環境の変化に応じて、研究開発 テーマを順次追加しながら、2015 年度から実施している。「⑧次世代電動推進システム研 究開発」については、2019 年度～2023 年度の事業年度にて実施された。		
1. 意義・アウトカム (社会実装) 達成までの道筋			
1.1 本事業の位置 付け・意義	航空機産業は、最先端の技術が適用される典型的な研究開発集約型の産業であり、また使用 される部品点数が極めて多く(約 300 万点)と自動車産業以上の極めて広い裾野を持つ総合産 業となっている。従ってこの業界の産業育成は我が国の国際競争力の強化という側面から考 えても非常に重要であると考えられる。 その一方で、航空機の安全運航を担保するために、極限までの安全性・信頼性が求められる 上に、厳しい品質管理を要求されるので、研究開発期間から製品市場投入までに 10 年単位に わたる巨額投資が参入企業に求められることも多い。このため業界内の大手企業であって も、事業化について見通しが立つ前に、複数年にわたる巨額投資を決断することは容易では なく、国家プロジェクトによる政策目標を定めての委託事業による間接的な支援を行うこと も重要な政策となっている。		
1.2 アウトカム達 成までの道筋	本事業にて設定した研究開発テーマにて⑧-1:「高効率かつ高出力電動推進システム」と、 ⑧-3:「電動ハイブリッドシステム」は、2050 年の時点にて細胴機と広胴機に採用されて航 空業界での一定のシェアを獲得することを目指しており、事業終了時には更に後続の委託事 業が必要と考えられ、開発事業の承継が実施されている。一方、⑧-2:「軽量蓄電池」と、 ⑧-4:「推進用電動機制御システム」については、比較的早い 2030 年代後半から 2040 年前 半において、ドローン、HAPS、eVTOL のような小型電動航空機向けに急速に市場が拡大して いく可能性があり、その市場向けに速やかに参入することを念頭において事業化をすすめる ことを想定している。		
1.3 知的財産・標 準化戦略	評価手法や標準化等を進め、開発過程において、ノウハウ秘匿に該当しないような技術は、 特許出願等をして知財化を進めることとしている。潜在的な顧客となる可能性がある海外有 力機体 OEM による開発計画・動向と研究開発の方向性の齟齬を招かないよう、定期的な技術 打ち合わせと、国際認証団体による型式承認の標準化・規格化動向に係る調査を実施してい る。		
2. 目標及び達成状況			

2.1 アウトカム目標及び達成見込み	【アウトカム目標】 ・電動航空機市場での売上シェア達成(2050) 760 億円/年 (細胴機+広胴機) ・eVTOL 市場での上シェア達成(2040) 1.3 兆円 (eVTOL) ・CO2 削減の達成(2050) 37Mt/年 (細胴機+広胴機) 【達成見込み】 ・⑧-2：(株)GS ユアサ：【Li-S 蓄電池】 ドローン、HAPS、eVTOL 等の小型機向けに 2030 年頃までの事業化を目指している。 ・⑧-4：多摩川精機(株)：【eVTOL 向け空冷電動推進システム】： 国内 eVTOL メーカーとの協力のもと、2030 年頃までの事業化を目指している。 【後続事業】のステップに移行： ・⑧-1：九州大学コンソ：【超電動推進システム】 「航空機向け革新的推進システム開発事業」(P24008)にて研究開発を継続し、2050 年頃までに事業化を目指す。(事業期間：2024 年度 ～ 2026 年度) ・⑧-3：(株)I H I：【電動ハイブリッドシステム】 「電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発」(P21030)にて研究開発を継続し、2030 年代半ばの単品、部品事業化、システム事業化を 2040 年代までに目指す。(事業期間：2024 年度 ～ 2030 年度)	
2.2 アウトプット目標及び達成状況	本事業では、航空機用先進システムのサブスケール・プロトタイプモデルを製作し、地上ないし飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証し、機体 OEM に、一定の成熟度を持つシステムであることをアピールする。 ⑧-2 と⑧-4 については、2030 年代以降に客先の小型航空機への搭載が可能になることを目指し、⑧-1 と⑧-4 については、2040 年代までのシステム事業化を目指し、後続事業にて採択可能なレベルまでの技術完成度を目指した。 それぞれの研究開発テーマの到達目標については、評価基準レベルを達成している。	
3. マネジメント		
3.1 実施体制	プロジェクトマネージャー	林 慎一郎：⑧-1 松木 秀男：⑧-2、⑧-3、⑧-4
	プロジェクトリーダー	なし
	委託先	⑧-1：高効率かつ高出力電動推進システム 委託先：(大)九州大学、(国研)産業技術総合研究所、(株)神戸製鋼所、大陽日酸(株)、FFJ 合同会社、SWCC(株) 再委託先：富士電機(株)、(大)東海国立大学機構、(学法)成蹊大学、(大)鹿児島大学、(学法)福岡工業大学、昭和電線ケーブルシステム(株)、三菱重工業(株)、BASF ジャパン(株) ⑧-2：軽量蓄電池 委託先：(株)GS ユアサ 再委託先：(学法)関西大学 ⑧-3：電動ハイブリッドシステム 委託先：(株)I H I 共同実施先：(大)東京大学、(大)岡山大学、(大)秋田大学、(大)秋田県立大学、(学法)立命館、(学法)大阪産業大学 再委託先：住友精密工業(株)、(株)島津製作所、(株)日立ソリューションズ、三菱電機(株)、住友精化(株)、ナブテスコ(株) ⑧-4：推進用電動機制御システム 委託先：多摩川精機(株) 再委託先：(大)諏訪東京理科大学、(大)信州大学、ゴコー電工(株)、住友精密工業(株)、SCLabAir(株)
	3.2 受益者負担の考え方	受益者負担の考え方 【委託事業】 ⑧-1：高効率かつ高出力電動推進システム ⑧-2：軽量蓄電池 ⑧-3：電動ハイブリッドシステム ⑧-4：推進用電動機制御システム

	本研究開発テーマでは、次世代機体装備品の搭載サイクルとなる 10 年スパンでの長期視点による研究開発が必要とされており、有力な大手機体 OEM である海外メーカーによる開発動向の影響を大きく受けるため、民間企業単独での事業化の成否の判断が困難である。 また、世界的な CO2 ゼロエミッション対応要請と、国の政策である次世代電動航空機装備品事業の育成方針に合致する先進的研究開発を実施するため、委託事業として実施する。						
	研究開発テーマ	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	
	⑧-1	委託	委託	委託	委託	委託	
	⑧-2	委託	委託	委託	委託	委託	
	⑧-3	-	委託	委託	委託	委託	
	⑧-4	-	-	委託	委託	委託	
3.3 研究開発計画							
事業費推移 [単位:百万円]	研究開発テーマ	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	⑧-1	321	793	1,090	1,503	1,455	5,162
	⑧-2	295	429	314	536	411	1,873
	⑧-3	-	230	235	368	310	982
	⑧-4	-	-	189	130	57	345
	事業費	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	会計（一般、特別）	616	1,452	1,828	2,292	2,233	8,421
	追加予算	0	0	0	488	0	488
	総 NEDO 負担額	616	1,452	1,828	2,780	2,233	8,909
情勢変化への対応	本プロジェクトに関連して 2019 年度以降に実施された、動向・情勢の把握を目的とした情報収集事業は以下の通り。なお、調査の実施に係る費用は本プロジェクトとは別の予算から支出されている。また、各研究開発テーマに関連する動向・情勢については、各委託先に把握に努めるよう指導するとともに、把握された動向・情勢への対応と併せ、事業推進委員会等で報告を行っている。 ・航空機装備品、電動化分野における研究開発動向調査（2020 年度）						
中間評価結果への対応	研究開発テーマ	開発項目	最終目標（旧） （中間評価時）		最終目標 （事業終了時）	最終目標の 改定理由	
	⑧-1	航空機用超電導推進システム要素技術開発	20MW システム開発に向けた超電導回転機、超電導ケーブル関連技術、冷却システムにおける課題と対策の明確化		（変更なし）	-	
			10 分割 - 100m - 300A/cm@70K, 1.2T 歩留り>60% >500A/cm@70K, 2.5T -100m		（変更なし）	-	
			20MW システム用シールド基盤技術確立		（変更なし）	-	
			65 K で動作する半導体材料の開発		（変更なし）	-	
		航空機用超電導推進システム機器機能検証	250-500kW モータの改造（含再製作）を行い、飛行条件に対応する地上評価を行うことで実機搭載の実現性を評価する。		（変更なし）	-	

			0.5-1MW 超電導推進システムを製作し、基礎評価を行うことで、超電導推進システムの成立性を検証する。	(変更なし)	-
⑧-2	硫黄を担持する多孔性粒子の研究開発	500Wh/kg が目指せる硫黄正極として硫黄担持質量割合60%超、15mAh/cm2以上となる電極処方	硫黄炭素複合体による硫黄理論容量相当の放電容量の発現(500 Wh /kg 級の小型セルで実証)	実機にて実証するため	
	硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発	500Wh/kg が目指せる硫黄正極(15mAh/cm2以上)に対して、容量維持率90%以上50サイクル	電解液技術による充放電サイクル容量維持率80%以上100サイクルの確認(500 Wh /kg 級の小型セルで実証)	目標高度化	
	硫黄の大電流での放電性能を向上する要素技術の研究開発	500Wh/kg が目指せる硫黄正極(15mAh/cm2以上)として、2CA程度の放電	2CAでの放電容量の発現(500 Wh /kg 級の小型セルで実証)	-	
	リチウム金属負極の高面積容量密度下におけるサイクル寿命の向上	-	10 mAh /cm2以上の面積容量密度において、Li/Li対称セルの溶解析出試験のサイクル数が200サイクル以上安定に作動することの実証	負極研究を追加	
	500 Wh /kg 級の小型セルの実証検証	500Wh/kg 級の小型セル試作	500Wh/kg 級の小型セル試作	-	
	蓄電システムの実証検証	蓄電池システムを試作し、航空機の電動化に適用可能であることの実証	400 Wh /kg 級積層セルを備える蓄電池システムのプロトタイプモデルを製作する。 上記の蓄電池システムを用いて、地上の実験室環境下で航空機の電動化への適用可能性を確認する。	TRL6達成確認手段明確化と併せ目標の具体性を高めた	
	⑧-3	ハイブリッド電動推進システム	実用化に向けたシステム定義の妥当性評価、および将来を見据えた中長期スパンでの技術開発ロードマップの策定を行う。	-	-
	電動推進電力システム	MW級電動推進を達成するエンジン内蔵発電機の電流	-	-	

				密度及び耐電圧性に係る性能評価を完了する。		
		熱・エアマネジメントシステム	システムリグ試験を含むシミュレーションによる熱・エアマネジメントシステムの地上実証を行い、燃費改善効果を含む機能・性能評価を完了する。	－	目標としては同じだが、サブシステム(パワエレ冷却装置、空気供給電動ターボ)の実証レベルを上げた。	
			実用化に向けた燃料排熱熱交換器(FCAC)の性能図表作成を完了する。	－	－	
	評価に関する事項	事前評価	2015 年 2 月	担当部：ロボット・AI 部（プロジェクト立ちあげ時）		
		中間評価	2021 年 10 月	中間評価：ロボット・AI 部		
		終了時評価	2023 年 11 月	終了時評価：航空・宇宙部		
別添						
投稿論文		34 件				
特 許		「出願済」40 件（うち国際出願 8 件） 特記事項：				
その他の外部発表 （プレス発表等）		講演会：180 件（詳細は、別紙を参照） 新聞・雑誌への投稿：12 件（詳細は、別紙を参照）				
基本計画に関する事項		作成時期	・ 2019 年 3 月に制定： 「⑧次世代電動推進システム研究開発」事業の記載 研究開発テーマ：⑧-1「高効率かつ高出力電動推進システム」を記載 研究開発テーマ：⑧-2「軽量蓄電池」を記載			
		変更履歴	・ 2020 年 1 月に改訂： 研究開発テーマ：⑧-3「電動ハイブリッドシステム」を追記 ・ 2020 年 7 月に改訂 プロジェクトマネージャーの変更。 状況の変化により背景を修正。 基本計画の文書内に記載項目に中間目標の指標を追加。 ・ 2021 年 2 月に改訂 研究開発テーマ：⑧-4「推進用電動機制御システム」を追記 ・ 2021 年 8 月に改訂： プロジェクトマネージャーの職務範囲等変更。 ・ 2022 年 8 月に改訂： プロジェクトマネージャーを変更			