

# 「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」

(中間評価)

(2019年度～2023年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO ロボット・AI部

2021年10月1日

## 1. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性 <P. 3~9>
  - ・事業実施の背景と事業の目的
  - ・政策的位置付け
  - ・国内外の研究開発の動向と比較
  - ・技術戦略上の位置付け
- (2)NEDOの事業としての妥当性 <P.10>
  - ・NEDOが関与する意義
  - ・実施の効果（費用対効果）

## 2. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性 <P.12~17>
  - ・事業の目標
  - ・技術開発目標と根拠
- (2)研究開発計画の妥当性 <P.18~19>
  - ・研究開発のスケジュール
  - ・プロジェクト費用
- (3)研究開発の実施体制の妥当性 <P.20>
  - ・研究開発の実施体制
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性 <P.21~24>
  - ・研究開発の進捗管理
  - ・動向・情勢の把握と対応
  - ・開発促進財源投入実績
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性 <P.25>
  - ・知的財産権等に関する戦略
  - ・知的財産管理

## 3. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 <P.27~37>
  - ・研究開発項毎の目標と達成状況
  - ・プロジェクトとしての達成状況と成果の意義
  - ・各個別テーマの成果と意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性 <P.38~40>
  - ・成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及 <P.41>
  - ・成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取組 <P.42>
  - ・知的財産権の確保に向けた取組

## 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略 <P.44>
  - ・本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方
  - ・実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組 <P.45>
  - ・実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し <P.46~50>
  - ・成果の実用化・事業化の見通し
  - ・波及効果

# 1. 事業の位置づけ・必要性

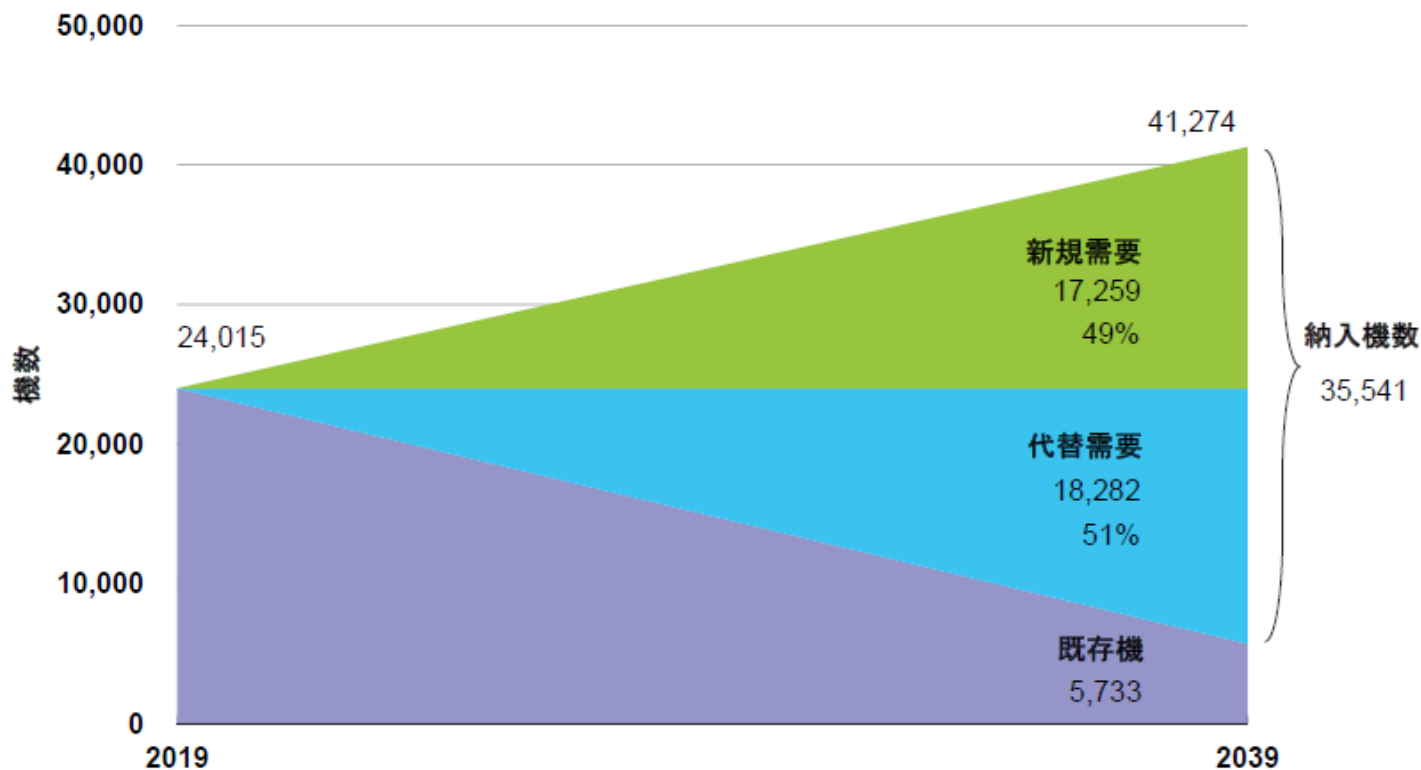
---

## ◆事業実施の背景と事業の目的

### 背景

- 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



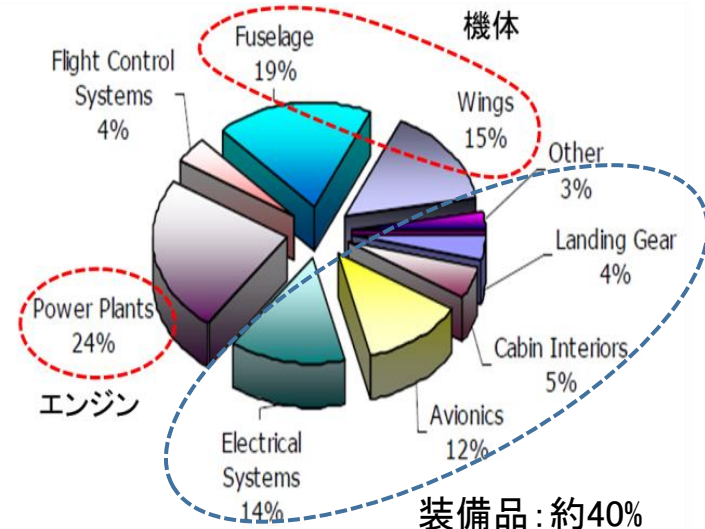
出典「民間航空機に関する市場予測2020-2039」(日本航空機開発協会)

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性 (2/7)

## 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



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)

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。



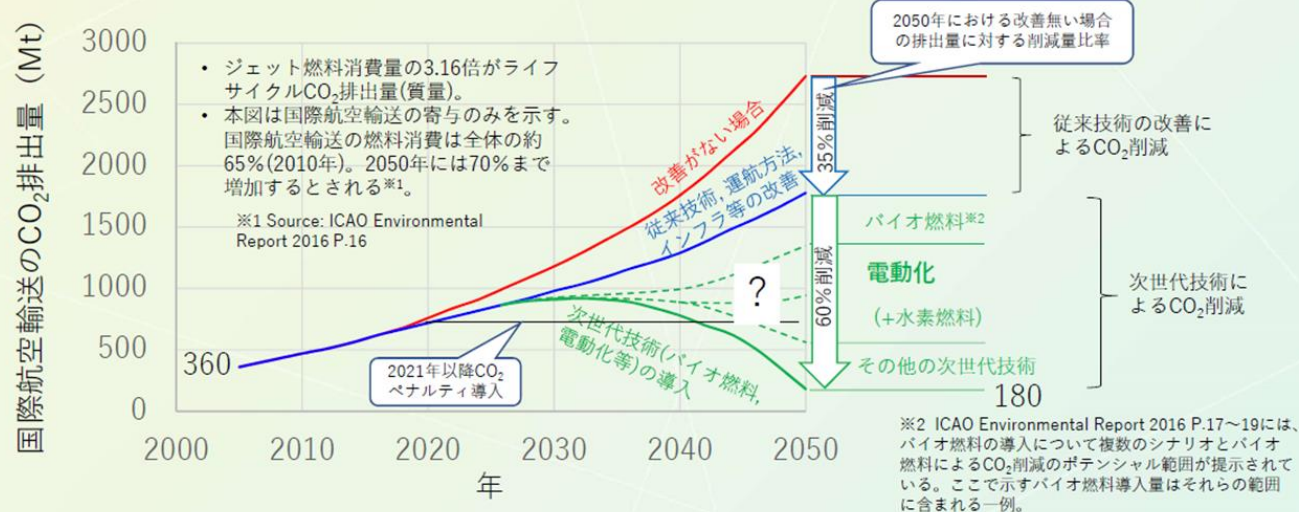
これらのニーズに対応した航空機用先進システムを開発し、我が国の技術が次世代航空機に早期に導入可能な体制を構築することを目的に、**2015年度より、「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の取組を開始。**

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性 (3/7)

## 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50%削減(2005年比)**する目標が掲げられ、世界的に**電動航空機の開発が加速**している。
- 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)

CO<sub>2</sub>排出量半減目標に対する従来技術改善と次世代技術導入による寄与の比較



## CO<sub>2</sub>削減目標 (ATAG※3) に対する電動化の寄与の予想

(本図はICAO Environmental Report 2016のP.19 Figure5に次世代技術の寄与及びATAGの半減目標を追加)

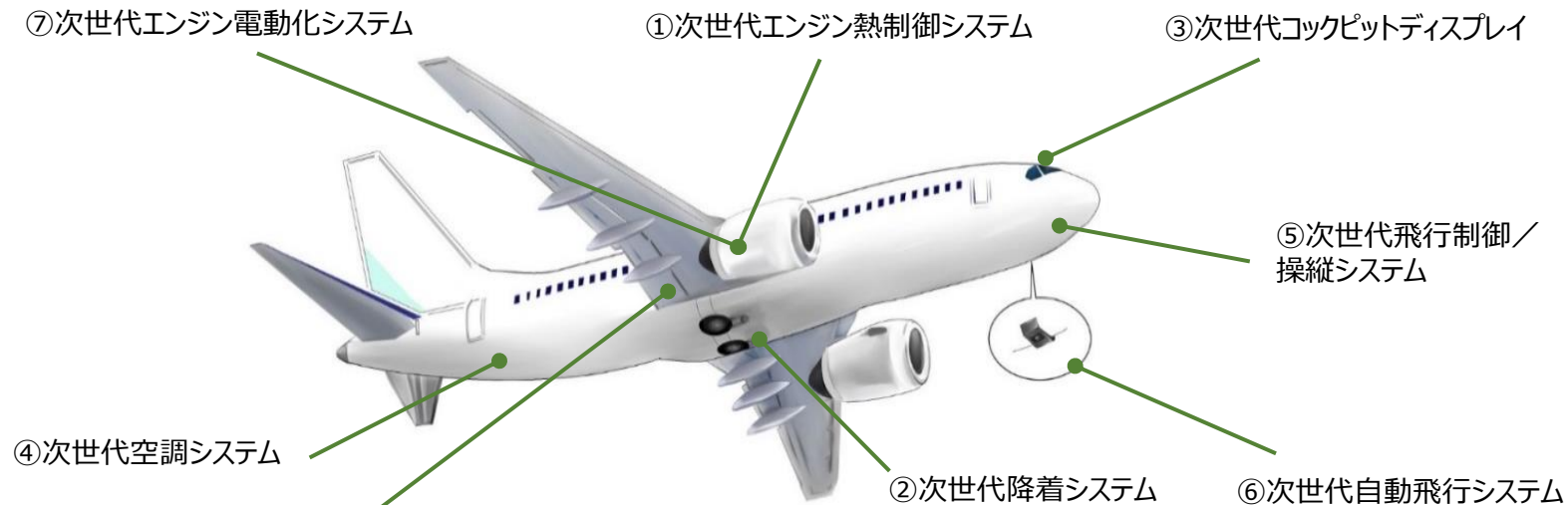
※3 ATAG(Air Transport Action Group, <https://www.atag.org/>)「2050年時点で2005年時点の半減」をCO<sub>2</sub>排出量削減目標として設定



航空機電動化コンソーシアム「将来ビジョン」より抜粋

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。**

## 航空機用先進システム実用化プロジェクトの研究開発項目



### 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)  
※⑧-4は2021年度にテーマ拡充。  
(中間評価対象外)



## ◆政策的位置付け

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。



## ◆国内外の研究開発の動向と比較

### 国内外の研究開発の動向

- 日本：JAXAは、2030～50年代の実用化を目指して、CO<sub>2</sub>や窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）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。
- 米国：NASA Glenn Research Center が Electrified aircraft propulsion やHybrid Electric propulsion の研究を推進。
- 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。

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)

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。

## ◆技術戦略上の位置付け

テーマ抽出

- ✓ 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、 変換器、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処)	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運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)

## ◆NEDOが関与する意義

- 航空機用先進システムの開発は**技術的・経済的な波及効果が大きく、裾野産業の形成や雇用創出**につながり、我が国の産業の活性化、海外展開の促進に貢献することが期待できる。
- ただし、航空機システムは開発期間が長く実用化までに長期間を要すること、また認証取得に膨大な費用と時間を必要とすることから、**民間活動のみでは実施にあたってリスクが極めて大きい。**



**推進にあたりNEDOの関与が必要。**

## ◆実施の効果 (費用対効果)

本プロジェクトで開発した航空機用先進システムが次世代航空機に搭載されれば、2030年代以降から**年間で数十億、合計で最大数百億円規模の売上げ**を継続して得られる可能性がある。

そのため、本プロジェクトの総事業費：約73億円(※)に対し、生み出される効果は十分であると考えられる。

※⑧次世代電動推進システムのみ、2019～2023の総額。

## 2. 研究開発マネジメント

---

## ◆事業の目標

### ➤ アウトプット目標

本研究開発では、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性能・機能等を有することを実証する。

この目標を達成すれば、国内外の航空機メーカーからは一定の成熟度を持つシステムであると判断され、次世代航空機への提案が可能となる。

### ➤ アウトカム目標

本研究開発にて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採用されること、またプロダクトサポートやMROにより、2030年代以降から年間で数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得ることを目標とする。

## ◆研究開発目標と根拠

### プロジェクトとしての研究開発目標

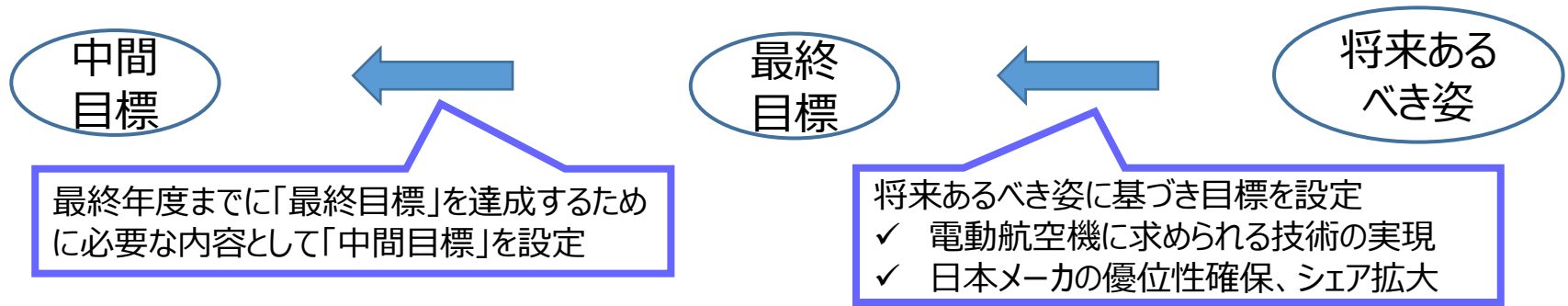
研究開発項目	研究開発目標	
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	中間	電動航空機用推進システムに求められる機能、性能を把握し、超電導技術を適用した高効率かつ高出力密度を有する推進システムの要素技術レベルでの開発・評価を行い実用化時に求められる出力目標達成のめどを得て、TRL4 (※1) を達成する。
	最終	電動航空機用の高効率かつ高出力密度を有する超電導技術を適用した推進システムの評価を行い、TRL6 (※2) を達成する。
⑧-2 軽量蓄電池	中間	電動航空機用蓄電池システムに求められる性能を把握し、セルや電池制御システムの試作及び評価試験を行い実用化時に求められるエネルギー密度、出力密度、サイクル寿命の目標達成のめどを得て、TRL4 (※1) を達成する。
	最終	セルや電池制御システムの設計、プロトタイプの評価を行い、電動航空機に求められる蓄電池システムとしてTRL6 (※2) を達成する。
⑧-3 電動ハイブリッドシステム	中間	電動ハイブリッド推進化した航空機で求められる常電導電力システム制御及び機体の熱マネジメントシステム成立性を機器単体及びシステムシミュレーションで確認し、TRL4 (※1) を達成する。
	最終	電動ハイブリッド推進化した航空機で求められる常電導電力システム制御の実証及び機体の熱マネジメントシステム成立性の実証を行い、TRL6 (※2) を達成する。

※1 TRL4 : コンポーネントおよび/またはブレッドボードモデルが、実験室環境下において妥当性確認されていること。

※2 TRL6 : システム/サブシステムモデルやプロトタイプモデルが、実環境と類似の環境において実証されていること。

次ページ以降、研究開発項目毎の詳細目標を記載。

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性 (3/6)



### ⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム

研究開発項目	研究開発目標		根拠
「航空機用超電導推進システム要素技術開発」 -超電導回転機基盤技術開発	中間	・250-500kWモータ基盤技術確立 ・0.5-1MWシステム用回転機概念確立	250-500kW、0.5-1MWの出力は、小型機の出力に相当し、開発過程で試験も含めて適用対象が存在する規模の出力を設定。 これらの出力の回転機に必要な基盤技術を確立することで、「航空機用超電導推進システム機器機能検証」の実施を円滑かつ確度を向上させるために設定。 最終的なターゲットである20MWは、最も需要が多い単通路の旅客機の出力を想定しており、本プロジェクトに続いて開発ステージが移行するスケールアップに対応した基盤技術として設定。 これにより、円滑に次期フェーズの開発が推進できると考えられる。
	最終	20MWシステム開発に向けた超電導回転機における課題と対策の明確化。	
「航空機用超電導推進システム要素技術開発」 -超電導ケーブル基盤技術開発	中間	0.5-1MWシステム用ケーブル概念確立	
	最終	20MWシステム開発に向けた超電導ケーブル関連技術における課題と対策の明確化。	
「航空機用超電導推進システム要素技術開発」 -冷却システム基盤技術開発	中間	・250-500kWモータ用冷却システム基盤技術確立 ・0.5-1MWシステム用冷却システム概念確立	
	最終	20MWシステム開発に向けた冷却システムにおける課題と対策の明確化。	



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性 (4/6)

### ⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム

研究開発項目	研究開発目標		根拠
「航空機用超電導推進システム要素技術開発」 -超電導線材基盤技術開発	中間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5分割—100m—250A/cm@70K,1.2T 歩留り&gt; 60%。</li> <li>・&gt;300A/cm@70K,2.5T—100m。</li> <li>・0.5-1MWシステム用シールド基盤技術確立。</li> </ul>	FSプロジェクトの設計より、条件を設定し、目標値とした。シールド技術としては、後半のシステム開発に適用可能な技術レベルとして設定した。
	最終	<ul style="list-style-type: none"> <li>・10分割—100m—300A/cm@70K,1.2T 歩留り&gt; 60%。</li> <li>・&gt;500A/cm@70K,2.5T—100m。</li> <li>・20MWシステム用シールド基盤技術確立。</li> </ul>	線材特性目標は、最終的なターゲットである20MWが見込める条件として設定した。シールド技術は、本事業に続いて開発ステージが移行するスケールアップに対応した技術レベルを設定した。
「航空機用超電導推進システム要素技術開発」 -低温動作半導体技術開発	中間	65Kで動作する半導体材料の開発。	第一段階として、各デバイスの所定の性能確保の確認の後に、システムとしての成立性の確認を目標として設定した。
	最終	65Kで動作する半導体素子の開発。	次期フェーズにインバータの機能を持った素子の適用を可能にするために、最終目標時には、素子化の目標を設定した。
「航空機用超電導推進システム機器機能検証」 -500kW級超電導モータ検証	中間	250-500kW超電導モータを製作し、基礎評価を行うことで、> 5kW/kgの出力密度を実現する見通しを得る。	250-500kWの出力は、小型機の出力に相当するものである。本事業提案のモータ構造は、FSプロジェクトにおける1kWが最大である。従って、実用レベルとしては最初の試作となる本項のテーマでは、第一段階として、左記の目標を設定した。
	最終	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。	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試験を設定した。
「航空機用超電導推進システム機器機能検証」 - 1 MW級超電導推進システム検証	中間	0.5-1MW超電導推進システム構成の基本方針を決定する。	プロジェクト後の航空機対応評価に繋げるための第一段階として、各デバイスの所定の性能確保の確認の後に、システムとしての機能を確認し、システムとしての成立性の確認を目標として設定した。
	最終	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。	プロジェクト後の航空機対応評価に繋げるための第一段階として、各デバイスの所定の性能確保の確認の後に、システムとしての機能を確認し、システムとしての成立性の確認を目標として設定した。

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性 (5/6)

### ⑧-2 軽量蓄電池

研究開発項目	研究開発目標		根拠
硫黄を担持する多孔性炭素粒子の研究開発	中間	硫黄を担持する多孔性炭素粒子の研究開発：硫黄担持質量割合60%超。	500Wh/kgが目指せる硫黄正極に必要な硫黄担持質量割合と電極処方。
	最終	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/cm <sup>2</sup> 以上となる電極処方。	
硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発	中間	硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発：容量維持率90%以上@50サイクル。	500Wh/kgが目指せる硫黄正極に対して、SEI（電極界面被膜）効果および電解液分解抑制の確認。
	最終	500Wh/kgが目指せる硫黄正極（15mAh/cm <sup>2</sup> 以上）に対して、容量維持率90%以上50サイクル。	
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	中間	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：0.5CA程度の放電。	500Wh/kgが目指せる硫黄正極として、電極のイオンおよび電子伝導性を改善する指標。
	最終	500Wh/kgが目指せる硫黄正極（15mAh/cm <sup>2</sup> 以上）として、2 CA程度の放電。	
蓄電システムの実証検証	中間	蓄電池システムの実証検証：400Wh/kg級の小型セルの製作。	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を検証。
	最終	500Wh/kg級の小型セル試作。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を実証。	

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性 (6/6)

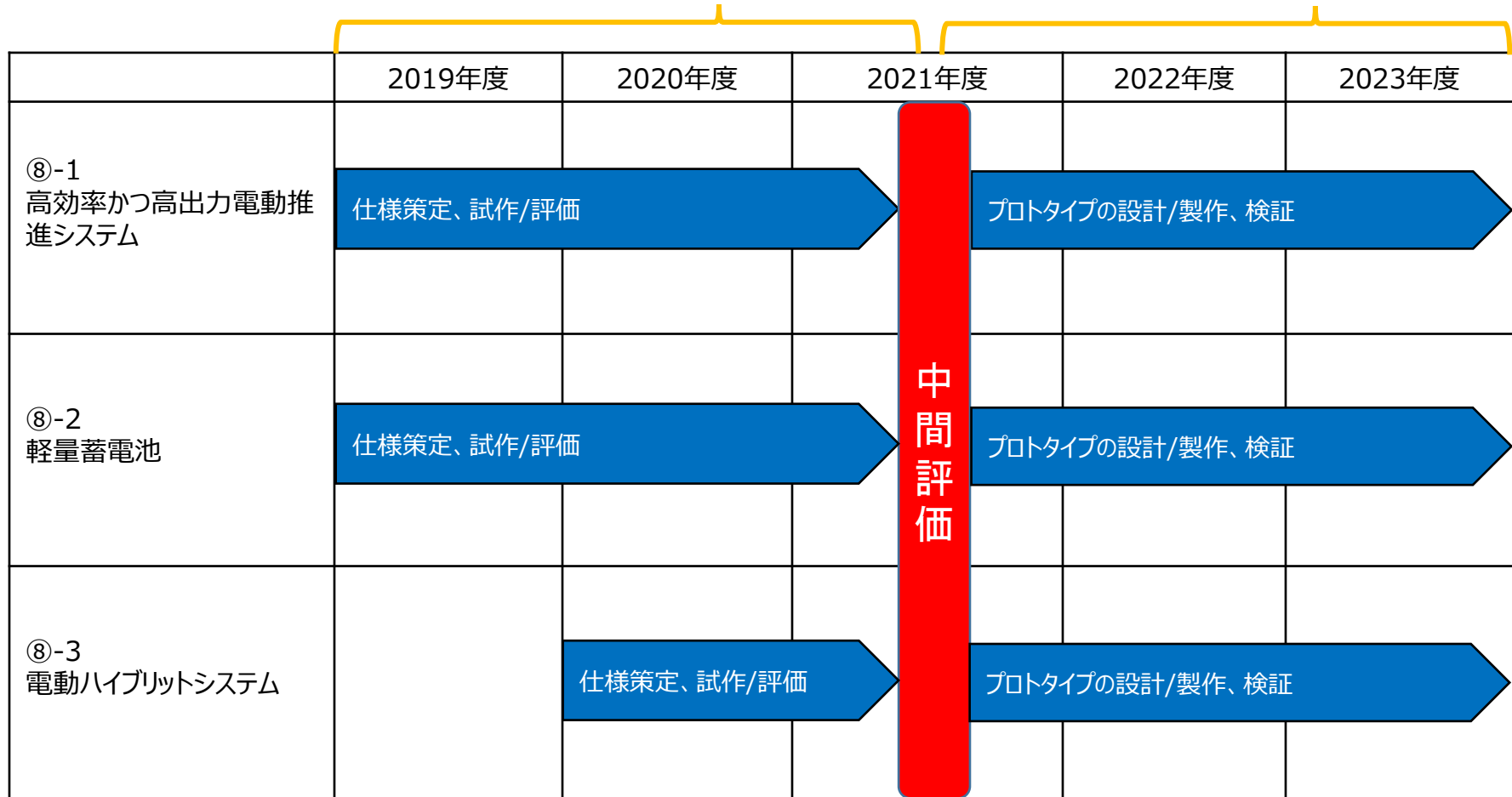
### ⑧-3 電動ハイブリットシステム

研究開発項目	研究開発目標		根拠
ハイブリッド電動推進システム	中間	電動ハイブリッド航空機の実用化に向けた電動推進電力システムおよび熱・エアマネジメントシステムに係るシステム定義、および評価項目設定を行う。	本実用化プロジェクトにおける電動推進電力、熱・エアマネジメントの各システムベースラインを設定。
	最終	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。
電動推進電力システム	中間	MW級電動推進を達成するエンジン内蔵発電機の特種電磁機械製造技術の実現性確認のための試作を完了する。	MW級の電磁機械製造技術に対する実現性検証、及びシステム実証に向けた解析検証を可能とするため。
		電力システムを構成する電源グリッド、遮断システム、分散ファン用電動機、電力変換器の技術成立性について、モデル解析等による確認を完了する。	
	最終	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。	
熱・エアマネジメントシステム	中間	フライトミッションを通じたシステム特性評価を可能とする燃料排熱空調システム、エネルギー回収システムの技術成立性について、シミュレーションモデル等による確認を完了する。	システム実証に向けた解析における事前検証を可能とするため、及び構成要素の搭載実現性検証のため。
		熱・エアマネジメントシステムを構成する燃料排熱熱交換器(FCAC)の耐久性評価を完了する。	
	最終	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。
		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

要求設定、数値解析、  
試作品製作等

プロトタイプ的设计/製作、実証試験、  
評価、検証、認証取得準備等



## ◆プロジェクト費用

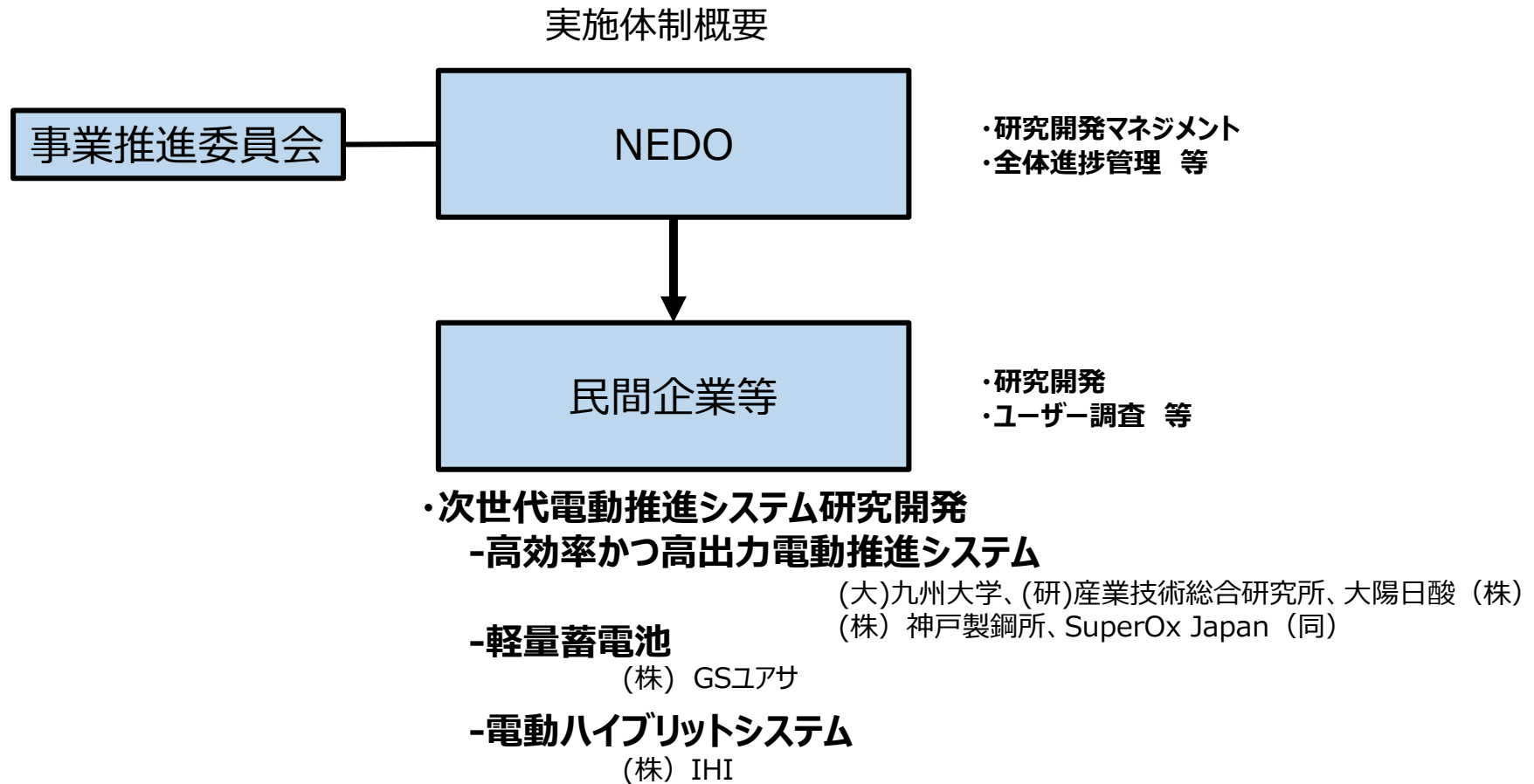
(百万円)

研究開発項目	2019 年度	2020 年度	2021 年度	合計
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	320.8	793.6	1,214.8	2,329.3
⑧-2 軽量蓄電池	294.8	428.8	313.9	1,037.6
⑧-3 電動ハイブリットシステム	—	229.6	243.5	473.3
合 計	615.6	1,452.0	1,772.3	3,840.2

費用については、開発促進財源を含む。

## ◆研究開発の実施体制

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を構築し、委託して実施している。実施体制を以下に示す。



## ◆研究開発の進捗管理

「三現主義」、「信頼関係構築」、「社会実装」を意識しプロジェクトを推進。四半期に1度程度でイベントを実施。

➤ 事業推進委員会の開催（約2回/年、外部委員8人）

NEDOを主体として、各研究開発項目の研究開発責任者等が進捗報告を行い、NEDOのプロジェクトチームと議論を行い、外部有識者による審議を経て、研究開発の方向性を決定。

＜開催実績（※）＞

第7回：2019年9月

第8回：2020年2月

第9回：2020年2月

第10回：2021年3月

臨時：2021年6月

➤ サイトビジットの実施（1回/年、外部委員8人）

2016年度より、各研究開発項目の進捗状況のよりの確な把握及び外部有識者を含めたプロジェクト関係者間で今後の課題等について認識の共有をはかることを目的として、外部有識者等と共に研究開発現場訪問を実施。

＜開催実績（※）＞

第4回：2019年11月

(2箇所、外部委員 延べ10人)

第5回：2020年12月

(3箇所、外部委員 延べ12人)

第6回：2021年7月

(3箇所、外部委員 延べ11人)

※開催実績は、⑧次世代電動推進システムが対象となった回数を記載



## 2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性 (2/4)

### ➤ 進捗確認ヒアリングの実施 (1回/年)

事業推進委員会及びサイトビジットに加えNEDOのプロジェクトマネージャーと委託先との間で進捗確認を目的としたヒアリングを実施している。

<開催実績 (※) >

第5回 2020年5月

(第6回は推進委員会 (臨時) やサイトビジット (6回) にて代用)

年度	2019年度												2020年度												2021年度																					
	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3									
イベント			⑧事業開始				事業推進委員会 (第7回)		サイトビジット (第4回)			事業推進委員会 (8回)				進捗確認ヒア (第5回・書面)				事業推進委員会 (第9回)			サイトビジット (第5回)				事業推進委員会 (第10回)				事業推進委員会 (臨時)		サイトビジット (第6回)				中間評価	ステージゲート審査					事業推進委員会 (第11回)			

※開催実績は、⑧次世代電動推進システムが対象となった回数を記載

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

以下により、動向・情勢を把握。

- 国際学会やワークショップ、展示会への参画
- 国内外のエンジン、装備品メーカーやエアラインからのヒアリング
- 国内有識者から成る、アドバイザリー委員会での意見交換
- 共同研究者との協業
- 文献、特許の調査

下記の情勢を把握	対応
1. 業界の動向、市場の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個々の技術開発目標の明確化</li> <li>・ニーズの反映</li> </ul>
2. メーカーやエアラインのニーズ	
3. 競合他社の動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実用化戦略へ反映</li> </ul>
4. EASA/FAA(※)の動向やレギュレーションの改訂状況	

※EASA: European Aviation Safety Agency(欧州)  
 FAA: Federal Aviation Administration(米)

## ◆ 開発促進財源投入実績

プロジェクト期間中、以下の研究開発項目に開発促進財源投入を行い、研究開発の加速を図った。

投入時期	研究開発項目	投入額 (百万円)	投入目的	成果・効果
2020.4	⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	20.0	超電導誘導回転機は軽量かつスリップリングフリーである利点があり、航空機用モータとして同機器と共に有力な候補である。本件で、航空機応用に有効な横型100kW級の誘導機の試作を行いその有効性を検証する。	本事業で2019年度に超電導誘導機の縦型超小型モデルの作製に成功、その有効性を確認し、また2020年度には液体窒素・窒素ガスを圧送する極低温ポンプ適用の試作検証を行い軽量超電導ケーブルの実現性を示した。本件加速により、超電導技術を適用する航空機用電動推進システムの重要な要素技術として、誘導機の有効性検証が可能となり本事業の最終目標である地上試験システムの設計・試作・評価に大きく寄与する。
2020.4	⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	100.0	本事業の研究開発を進める中で、高磁場中でも高い特性を示す線材の成膜方法と、幅広の超電導線材による磁気シールドの効果が明らかになった。加速増額により、40mm幅を有する高性能線材を作製するために必要な装置群を整備する。2020年度は、レーザー源装置の改造を行う。	多層構造の超電導線材について、超電導層、中間層、安定化層などの各層について、長尺幅広で高配向基板の作製装置の整備を図ることで、世界に先駆け、航空機用の超電導回転機及び磁気シールドを開発することができる。また電動推進航空機の最重要課題である軽量化に大きく貢献する。ただしこれらの成果・効果は、2021年度実施の加速増額と併せて実現される。
2020.12	⑧-3 電動ハイブリッドシステム	29.6	事業開始後の情報分析により、エアマネジメントユニットの更なる高出力・高効率化が必要と判断したため、以下2点を実施する。 ①【空気浮上型軸受の高耐荷重化】高伝熱材料の選定と、施行方法の確立。 ②【高出力超高速回転用巻線の排熱システムの開発】高伝熱材料の選定と、成型方法の確立。	小型超軽量なエアマネジメントユニット実現に必要な超高速電動ターボの要素技術として、空気浮上型軸受の更なる高性能化を可能とする良好な摩擦摩擦特性を有する高耐熱コーティング材料を抽出した。また、ステータ側の巻線電流増強に伴う伝熱効率の向上に関し、高熱伝導率モールド材が正常に流動する空間サイズを、試験上で明確にした。更に実証を進めることで、海外機体メーカーへの提案の主導権獲得を狙うことができる。

これに加え、2021年度中に、2つの研究開発項目に92.0（百万円）の開発促進財源を投入する予定。

## ◆ 知的財産権等に関する戦略

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、**全て委託先に帰属させる**こととする。

なお、本プロジェクトの当初から、事業化を見据えた知財戦略を検討・構築し、適切な知財管理を実施する。

どの技術を公開（積極的に権利化を行う）、非公開（ノウハウとして秘匿）とするかについては**各委託先の戦略**による。

## ◆ 知的財産管理

各委託先ごとに以下の方法、取り決め等により知的財産管理に取り組む。

- 知的財産管理指針の策定
- 知財運営委員会の設置
- プロジェクト内での秘密保持
- 知的財産権の帰属
- 出願手続きの取り決め
- プロジェクト内での実施許諾
- 知財合意書の取り交わし

### 3. 研究開発成果

---

## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

### 達成度：

中間評価分科会開催時点で、中間目標の達成に至っていない項目はあるものの、2021年度末に達成、あるいは、2022年度早々に達成見込みとなっている。

### 課題と解決方針：

- ✓ 達成見込みとなっている理由は、元々の計画として2021年度末時点での目標値のため、現在も取組中である。また、新型コロナ感染症拡大による、出社制限等により研究開発の進捗に制限がかかった事に伴う計画遅れによるものである。
- ✓ 今年度中の達成が困難な項目については解決方針が立っており、2022年度前半には目標達成できる見込み（最終目標への影響無し）。

次ページ以降、研究開発項目毎の詳細。

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (2/11)

#### ⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム

##### -項目：航空機用超電導推進システム要素技術開発

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
250-500 kW回転機、ケーブル、冷却システム基盤技術確立。	<ul style="list-style-type: none"> <li>各開発要素に対して、モデル試作等で有効性の検証を一部終了。</li> <li>軽量ケーブル、接続構造に関して適正構造を考案し、モデル試作等で有効性の検証を一部終了。</li> </ul>	△ (2022年6月達成見込)	<p>【課題】 新型コロナ感染拡大の影響により研究開発活動が大幅に制限されている。</p> <p>【解決方針】 目標達成時期を数ヶ月後ろ倒しすることにより対応。</p>
0.5-1 MWシステム用回転機、ケーブル、冷却システム技術概念確立。			
<ul style="list-style-type: none"> <li>5分割-100m長線材で電流密度250A/cm@温度70K、磁束密度1.2Tかつ歩留り60%以上を達成。</li> <li>100m長線材で電流密度300 A/cm以上@温度70K、磁束密度2.5Tを達成。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩留り向上に有効なスクライブ加工装置を導入、立ち上げ中。</li> <li>短尺線材において左記目標特性を見通す技術を開発。</li> </ul>	△ (2022年6月達成見込)	
0.5-1MWシステム用シールド基盤技術を確立。	小型コイルにてシールド基礎特性を把握するとともに、電磁解析で有効性を確認。	△ (2022年6月達成見込)	
65 Kで動作する半導体材料の開発。	既存半導体及び名大試作品で、低温評価を行い必要な耐電圧を確認。	△ (2022年6月達成見込)	



### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (3/11)

#### ⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム

-項目：航空機用超電導推進システム機器機能検証

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
250-500 kW超電導モータを製作し、基礎評価を行うことで、5kW/kgを超える出力密度を実現する見通しを得る。	研究項目【航空機用超電導推進システム要素技術開発】の検討に基づき250- 500kWモータの基本構造を設計。	△ (2022年8月達成見込)	【課題】 新型コロナ感染拡大の影響により研究開発活動が大幅に制限されている。
0.5-1 MW超電導推進システム構成の基本仕様を決定する。	現時点で未着手だが、今後他の進展の状況をみて仕様決定予定	△ (2022年8月達成見込)	【解決方針】 目標達成時期を数ヶ月後ろ倒しすることにより対応、及びモータ容量を調整することで対応。及びモータ容量を調整することで対応。

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (4/11)

##### ⑧-2 軽量蓄電池

###### -項目：硫黄を担持する多孔性粒子の研究開発

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
500Wh/kg が目指せる硫黄正極として、硫黄の担持質量割合が60%を超えても安定に充放電できる電極炭素材料と、それに対する硫黄担持方法を開発する。	硫黄担持質量割合60 wt%以上の硫黄正極で1000 mAh g <sup>-1</sup> から1300-1600 mAh g <sup>-1</sup> の可逆容量の増大に成功した。エネルギー密度は可逆容量と作動電圧の積であるため、上述の可逆容量の飛躍的な向上により、500Wh/kgのエネルギー密度実現に大きく近づいた。	◎	—

###### -項目：硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
500Wh/kg が目指せる硫黄正極に対して、SEI（電極界面被膜）の効果により、容量安定後の充放電50サイクルの容量維持率が90%以上である電解液を開発する。	硫黄正極小型セル評価において、良好なSEIを形成できるVCを溶媒とした電解液を適用することで、容量安定後の充放電50サイクルの容量維持率は93%であることを確認した。また電解液の粘度が可逆容量に依存することを見出し、高エネルギー密度化への電解液のコンセプトを得た。さらに電解液の軽量化を目的とし密度の小さな電解液も開発済である。	◎	—

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (5/11)

##### ⑧-2 軽量蓄電池

-項目：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

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
<p>500Wh/kg が目指せる硫黄正極として、電極の電子伝導性を改善し、0.5CA程度の放電でも電極が大きな劣化を起こさず充放電が可能な技術を見出し、高エネルギー密度化との両立に備える。</p>	<p>新バインダーを適用した硫黄正極小型セル評価において、0.1CA相当の放電に対する<b>2CA相当の放電</b>(目標値の4倍の大電流による放電)における<b>容量保持率は100%であり</b>、電極に大きな劣化を起こさずに充放電が可能であることを確認した。さらに、新バインダーを適用した高目付(4.21 mg cm<sup>-2</sup>)の20サイクル充放電後の容量維持率が旧バインダーを適用したものに比べ、約10%高いことを明らかにした。</p>	<p>◎</p>	<p>—</p>

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (6/11)

##### ⑧-2 軽量蓄電池

##### -項目：蓄電システムの実証検証

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
<p>軽量蓄電池について、500Wh/kgが目指せる400Wh/kg級の小型セルのプロトタイプモデルを試作する。さらに、軽量蓄電池に適合するCMU、BMUのプロトタイプモデルを設計し、蓄電池システムを試作する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作した5 Ah級-積層セルのエネルギー密度は350Wh/kgであることを実証した。(2021年8月時点)</li> <li>・軽量蓄電池に適合する電池モジュール構造(軽量化、均一圧迫機構)およびCMU、BMUのプロトタイプの設計を完了し、蓄電池システムを試作中。</li> </ul>	<p>△ (2022年3月達成見込)</p>	<p>【課題】 エネルギー密度向上</p> <p>【解決方針】 詳細設計改善にて検討を更に進める。</p>
<p>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に適用可能であるかどうかを検証する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作した蓄電システムについて、地上の実験室環境下で航空機の電動化に適用可能であるかどうかを検証予定。</li> </ul>	<p>△ (2022年3月達成見込)</p>	<p>【課題】 検証指標の確定</p> <p>【解決方針】 地上の実験室環境下で航空機の電動化に適用可能かを判断する指標(安全性などの影響を考慮)の把握。</p>
<p>軽量蓄電池の大電流での放電性能については、0.5 CA程度の放電が可能であることを目標とする。その他の性能値(サイクル特性等)については、機体OEM等との協議により、必要性能値を具体化したうえで、それらを達成する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作した5 Ah級-積層セルでの大電流での放電性能については、1.0 CA程度の放電が可能であった。</li> <li>・その他の性能値については、機体OEMメーカーとの協議を継続中。</li> </ul>	<p>△ (2022年3月達成見込)</p>	<p>【課題】 大電流放電性能の検証</p> <p>【解決方針】 地上の実験室にて、蓄電システムの大電流放電性能を確認する。</p>

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (7/11)

#### ⑧-3 電動ハイブリットシステム

##### -項目：ハイブリッド電動推進システム

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
電動ハイブリッド航空機の実用化に向けた電動推進電力システムおよび熱・エアマネジメントシステムに係るシステム定義、および評価項目設定を行う	電動推進とBLIを組み合わせた機体形態を想定し、電動推進電力システムおよび熱・エアマネジメントシステムに係るシステム定義および評価項目設定を完了した。	○	—

##### -項目：電動推進電力システム

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
MW級電動推進を達成するエンジン内蔵発電機の特殊電磁機械製造技術の実現性確認のための試作を完了する	構造成立性、製造性を踏まえた発電機の詳細設計、解析による性能評価を完了。発熱密度低減を図った巻線構造、高性能絶縁材料を取入れ試作機の製造を開始、完了の見込みを得た。	△ (2022年3月達成見込)	【課題】 —  【解決方針】 試作機の製造開始しており、年度末までに完了する。
電力システムを構成する電源グリッド、遮断システム、分散ファン用電動機、電力変換器の技術成立性について、モデル解析等による確認を完了する	電力システムとして、マルチターミナル半導体式限流・遮断器(電源グリッド)、半導体式遮断回路方式(遮断システム)、ハルバッハ構造電動機(分散ファン用電動機)、階調制御等のインバータ方式(電力変換器)、についてそれぞれモデル解析により妥当性確認を完了した。	○	—

### 3. 研究開発成果

#### (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 (8/11)

##### ⑧-3 電動ハイブリットシステム

##### -項目：熱・エアマネジメントシステム

中間目標	成果	達成度	課題と解決方針
フライトミッションを通したシステム特性評価を可能とする燃料排熱空調システム、エネルギー回収システムの技術成立性について、シミュレーションモデル等による確認を完了する	燃料排熱空調システム及びエネルギー回収システムのシステム定義と評価項目設定を完了し、評価ツールとしてのシミュレーションモデルの作成を完了した。年度末までに、シミュレーションモデルを用いた成立性評価を完了する見込みを得た。	△ (2022年3月達成見込)	【課題】 － 【解決方針】 作成したシミュレーションモデルでの成立性評価を完了する。
熱・エアマネジメントシステムを構成する燃料排熱熱交換器(FCAC)の耐久性評価を完了する	熱・エアマネジメントシステムのシステム設計によりFCACへの要求定義を行い、それを満足するFCACの設計を完了、製造を実施中。8月中旬に製造完了し、年度末までに耐久性評価を完了する見込みを得た。	△ (2022年3月達成見込)	【課題】 － 【解決方針】 試作品完了し、耐久性試験を完了する。

## ◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

### ➤ 達成状況：

中間評価分科会開催時点で、中間目標の達成に至っていない項目はあるものの、2021年度末に達成、あるいは、2022年度早々に達成見込みとなっている。

達成見込みとなっている理由は、元々の計画として2021年度末時点での目標値のため、現在も取組中である。また、新型コロナウイルス感染症拡大による、出社制限等により研究開発の進捗に制限がかかった事に伴う計画遅れによるものである。

今年度中の達成が困難な項目については解決方針が立っており、2022年度前半には目標達成できる見込み（最終目標への影響無し）。

目標達成に向けて着実に前進している。

### ➤ 成果の意義：

中間目標は最終目標を見据えたものとなっており、事業化へ向けた重要なマイルストーンである。

中間目標の達成目途付ができたことは、実用化や事業化に向けた重要な前進と言える。

また航空機分野では通常、研究開発から実用化まで数年を要する。

研究の推進と共に認証への取り組みやニーズや動向、情勢調査を行い、実用化する上で必要な検討事項に対して適切に取り組むことで、着実に前進している。

◆各個別テーマの成果と意義

成果：  
最終目標、実用化に向けた技術的目途付、課題の明確化

意義：  
チャレンジングな研究開発、海外OEMへの技術力アピール

研究開発項目	成果	意義
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	①回転機、冷却システム等各開発要素に対して、モデル試作等で有効性の検証を一部終了。 ②軽量ケーブル、接続構造に関して適正構造を考案し、モデル試作等で有効性の検証を一部終了。 ③歩留り向上に有効なスクライブ加工装置を導入、立ち上げ中。 ④短尺線材において中間目標特性を見通す技術を開発。 ⑤小型コイルにてシールド基礎特性を把握するとともに、電磁解析で有効性を確認。 ⑥既存半導体及び名大試作品で、低温評価を行い必要な耐電圧を確認。 ⑦要素技術研究開発の結果に基づき250-500kWモータの基本構造を設計。	①250-500 kW回転機、ケーブル、冷却システム基盤技術確立への目途を得た。 ②0.5-1 MWシステム用ケーブル等技術概念確立への目途を得た。 ③交流損失低減に必要なスクライブ線材での特性安定化技術確立への目途を得た。 ④磁場中特性の目標達成への目途を得た。 ⑤0.5-1MWシステム用シールド基盤技術を確立への目途を得た。 ⑥65 Kで動作する半導体材料の開発への目途を得た。 ⑦250-500 kW超電導モータ製作への目途を得た。
⑧-2 軽量蓄電池	①従来よりも高エネルギー密度となる硫黄正極材料設計を得た。小型セルにて試作・評価。 ②実証検証に必要な蓄電池システムに使用する小型セル、BMU、CMUを設計した。地上実験室環境下での検証予定。	①リチウム硫黄電池の質量エネルギー密度を向上させる硫黄正極、電解液のコンセプトを得た。 ②軽量蓄電池だけでなく、軽量化に徹した蓄電池システムが実現できる目途を得た。



## ◆各個別テーマの成果と意義

研究開発項目	成果	意義
⑧-3 電動ハイブリットシステム	<p>①電動推進とBLIを組み合わせた機体形態を想定し、電動推進電力システムおよび熱・エアマネジメントシステムに係るシステム定義および評価項目設定を完了した。</p> <p>②-1 MW級発電機の設計を完了し、試作機の製造を開始、完了の見込みを得た。</p> <p>②-2 電力システムを構成する電源グリッド、遮断システム、分散ファン用電動機、電力変換器の技術成立性について、モデル解析等による確認を完了した。</p> <p>③-1 燃料排熱空調システム及びエネルギー回収システムのシステム定義と評価項目設定を完了し、評価ツールとしてのシミュレーションモデルの作成を完了した。</p> <p>③-2 熱・エアマネジメントシステムのシステム設計から燃料排熱熱交換器(FCAC)への要求定義と設計を完了、7月末に製造完了予定。</p>	<p>①電動推進のシステム成立性、システム定義の妥当性及び各構成要素への要求の妥当性確認を進めることができる。</p> <p>②-1 高い重量出力密度を持つMW発電機の性能評価を進めることができる。</p> <p>②-2 今後実施するリグ試験との組み合わせにおいて、電力システムの技術成立性を確認することができる。</p> <p>③-1 今後実施するリグ試験との組み合わせにおいて、熱・エアマネジメントシステムの技術成立性を確認することができる。</p> <p>③-2 これまで前例のない旅客機の客室空気を直接燃料と熱交換するFCACの実用性評価を進めることができる。</p>

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

現状：最終目標に向け、試作評価等による目処付け、技術的課題の抽出中。

達成見通し：現在実施中あるいは対策が立てられており、最終目標達成可能の見通し。



研究開発項目	最終目標（2023年度末）	現状	達成見通し
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・20MWシステム開発に向けた回転機、ケーブル、冷却システムにおける課題と対策の明確化。</li> <li>・10分割–100m長線材で電流密度300A/cm@温度70K、磁束密度1.2Tかつ歩留り60%以上を達成。</li> <li>・100m長線材で電流密度500 A/cm以上@温度70K、磁束密度2.5Tを達成。</li> <li>・20MWシステム用シールド基盤技術を確立する。</li> <li>・65 Kで動作する半導体素子の開発。</li> </ul>	<p>各開発技術に関して、モデル試作等により着実に開発は進展しているものの新型コロナ感染拡大の影響により研究開発活動が大幅に制限され、中間目標に関しては、達成時期を数ヶ月後ろ倒しすることにより対応。</p>	<p>新型コロナ感染拡大の影響による遅延を最小限に抑制することで達成を目指す。</p>

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	最終目標 (2023年度末)	現状	達成見通し
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・250-500kWモータの修正 (含再製作) を行い、航空対応条件に対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。</li> <li>・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。</li> </ul>	研究項目「航空機用超電導推進システム要素技術開発」の検討に基づき、250-500kWモータの基本構造を設計を終え、着実に開発は進展しているものの新型コロナウイルス感染拡大の影響により研究開発活動が大幅に制限され、中間目標に関しては、モータ容量の調整とともに達成時期を数ヶ月後ろ倒しすることにより対応。	0.5-1MW超電導推進システムの検討を250-500 kW超電導モータの製作・評価と並行して行うなどにより、新型コロナウイルス感染拡大の影響による遅延を最小限に抑制することで達成を目指す。
⑧-2 軽量蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽量蓄電池について、500 Wh/kg級の小型セルを試作する。</li> <li>・軽量蓄電池に適合するBMU, CMUの仕様を決定し、蓄電システムを試作する。</li> <li>・上記蓄電システムを用いて、航空機の電動化に適用可能であることを実証する。</li> <li>・大電流放電性能として、2CA程度の放電が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・400Wh/kg級の小型セルを試作・評価中。</li> <li>・BMU, CUMおよび蓄電システムの設計検討中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽量蓄電池について、500 Wh/kg級が見通せるいくつかの要素技術については成果が得られているが、それらを組み合わせた電池設計では、まだ不十分な要素技術がいくつかあり、それら要素技術を如何に改善できるかが目標達成のカギとなる。</li> <li>・蓄電システムについては、機体OEMのご意見を伺いながら、2021年度までに有られた小型セルの成果をベースに設計を進め、必要性能を具体化したうえで達成する。</li> </ul>

## ◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	最終目標 (2023年度末)	現状	達成見通し
⑧-3 電動ハイブリットシステム	<p>(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。</p>	<p>電動ハイブリッド航空機の実用化に向けた電動推進電力システム及び熱・エアマネジメントシステムに係るシステム定義と評価項目設定を完了した。</p>	<p>中間目標におけるシステム定義及び評価項目に基づき、各研究項目で作成したシミュレーションモデルを用いてシステム成立性の解析評価を行うことで、システム定義の妥当性評価を完了する見通し。また、システム評価の過程で洗い出された技術課題を整理することにより、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も完了する見通しであり、最終目標を達成する見込み。</p>
	<p>(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。            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。</p>	<p>発電機の構造、電磁気の詳細設計を完了。試作機の製造を開始し製造完了の見込み。            電動ファンシミュレータを構成する装置の器材検討および検証計画の立案を完了。</p>	<p>試作した発電機において、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、最終目標を達成する見込み。            中間目標におけるシミュレーションによる解析評価と、今後実施するシステムリグ試験の組み合わせにより、電力システムの地上実証を行い、機能・性能評価を完了して最終目標を達成する見込み。</p>
	<p>(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。            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。</p>	<p>燃料排熱空調システム及びエネルギー回収システムのシミュレーションモデルの作成を完了した。また、FCACの設計を完了、製造を実施中。</p>	<p>中間目標におけるシミュレーションによる解析評価と、今後実施するシステムリグ試験の組み合わせにより、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・性能評価を完了して最終目標を達成する見込み。            試作したFCACを用いてシステムリグにおいて性能評価を実施、燃料排熱熱交換器(FCAC)の性能図表作成を完了して最終目標を達成する見込み。</p>

## ◆ 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

また、本プロジェクトでは、航空機用先進システムの開発を通じて、我が国で開発した技術・製品の認証を円滑に取得するために必要な安全性評価手法等を構築する。

### 各項目の合計

	2019年度	2020年度	2021年度	計
論文	0	8	1	9
研究発表・講演	37	28	7	72
新聞・雑誌等への掲載	4	4	0	8
展示会への出展	2 ※	0	0	2

2021年8月27日現在

※2020年度2月 : 第2回 航空・宇宙機器開発展

## ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については原則として、全て委託先に帰属させることとする。

なお、本プロジェクトの当初から、事業化を見据えた知財戦略を検討・構築し、適切な知財管理を実施する。

どの技術を公開（積極的に権利化を行う）、非公開（ノウハウとして秘匿）とするかについては各委託先の戦略による。

### 各項目の出願特許数合計

( )内は予定数

	2019年度	2020年度	2021年度	計
国内出願	0	2	1 (2)	3 (2)
外国出願	0	1	(1)	1 (1)
計	0	3	1(3)	4 (3)

2021年8月27日現在

## 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

---

## ◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る製品・サービスが顧客（機体メーカ、エンジンメーカ、システムメーカ、エアライン等）に納品されることをいう。

## ◆実用化・事業化に向けた戦略

- 従来、日本メーカは国外メーカの下請けに甘んじてきたため、認証取得等を独自で行う上でのノウハウが不十分。  
今後は独自に開発、設計、製造、認証取得、販売を行うことができるよう、本研究開発を通じてプロトタイプ製作や、認証取得に向けた実証試験等の実績を積み、国際競争力を向上させる。
- 本研究開発を通じて、実用化を見据えた実証試験インフラの整備やサプライチェーンの確立、人材の確保に取り組む。
- 必要に応じて国外の航空機メーカや航空機システムメーカをパートナーとして選定することにより、ユーザ側のニーズを的確に把握し、成果を実用化・事業化につなげることを目指す。



4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し  
 (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組 (1/1)

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組

- ✓ 開発、設計、試験、評価、量産化のステップアップ
- ✓ 海外との共同研究実施や共同研究体制作り
- ✓ 機体、装備品メーカーとの共同研究
- ✓ 市場リサーチ
- ✓ 認証取得準備



研究開発項目	具体的取組
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実用化・事業化の本命対象である100～150人対応の航空機に必要な20MWの推進パワーの超電導推進システム開発に向けて、本事業終了後に、本事業成果の飛行試験とともにスケールアップの開発を計画。</li> <li>✓ ユーザーとの連携を通して開発方向性の共有を実施中。</li> </ul>
⑧-2 軽量蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2030年までに硫黄正極や電解液のサプライヤーを確保し、軽量蓄電池を量産化できる基盤を作る。その上で、軽量蓄電池の量産仕様を確立し、地上⇒飛行環境での実証試験を進める。</li> <li>✓ 機体OEMメーカーと協議して量産、供用を開始し、2030年代後半の実用化を目指す。</li> </ul>
⑧-3 電動ハイブリットシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ コンポーネント、システムの事業化に向けた開発を実施</li> <li>✓ 技術動向の調査及び規格化活動</li> <li>✓ 想定されるシステムに係る、機体メーカー、エンジンメーカーとの定期的な意見聴取</li> </ul>

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し  
 (3) 成果の実用化・事業化の見通し (1/5)

◆ 成果の実用化・事業化の見通し

- ✓ ニーズに合致した製品提案
- ✓ 潜在的顧客の獲得
- ✓ 高品質・低コスト化



研究開発項目	事業化の見通し
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ユーザーとの連携を通してニーズの調査、確認を継続中。</li> <li>✓ 世界的に最も高い需要が期待されている、100～150人対応の航空機に必要な20MWの推進パワーの超電導推進システムを提供予定。</li> </ul>
⑧-2 軽量蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電動航空機の場合、航行距離を伸ばす方法としてエネルギー搭載量を増やす方法がある。航空機の場合は、全体の質量が増えないように電池の質量エネルギー密度向上、すなわち軽量蓄電池の研究開発が強く望まれている。</li> <li>✓ 蓄電池の専門メーカーである株式会社 GSユアサにおいて軽量蓄電池の研究開発は、第5次中期経営計画で重要研究案件と位置づけており、最終年度以降も実用化・事業化に向けた量産化技術も含めた取り組みを行う予定である。</li> </ul>

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し  
 (3) 成果の実用化・事業化の見通し (2/5)

◆ 成果の実用化・事業化の見通し

研究開発項目	事業化の見通し
⑧-3 電動ハイブリットシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 中長期 技術開発計画               <ul style="list-style-type: none"> <li>・中期的には、装備品レベルでの実用化の見通しを得ることを目指す。本研究開発の成果は、要素技術の水平展開として装備品開発において実用化事業に供することを計画している</li> <li>・長期的には本プロジェクトの目標である2030年代の単通路機におけるシステム参入の機会を得ることを目指す。本研究開発の成果は中核技術としてシステムを担うとともに、それらを使ったシステムの実用化事業に供することを計画している</li> </ul> </li>   <li>✓ 技術動向の調査及び規格化活動               <ul style="list-style-type: none"> <li>・SAE Internationalの電動化に係る技術委員会等での調査及び標準化活動                   <ul style="list-style-type: none"> <li>i) EASG (Electric Aircraft Steering Group)、 AE-9 (Electrical materials committee)等での情報収集を実施</li> <li>ii) SAE E-40(Electrified Propulsion Committee)にて電動化の規格化活動を実施</li> </ul> </li> </ul> </li>   <li>✓ 想定されるシステムに係る、定期的な意見聴取を実施               <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外OEMメーカーからの意見聴取を継続実施</li> </ul> </li> </ul>

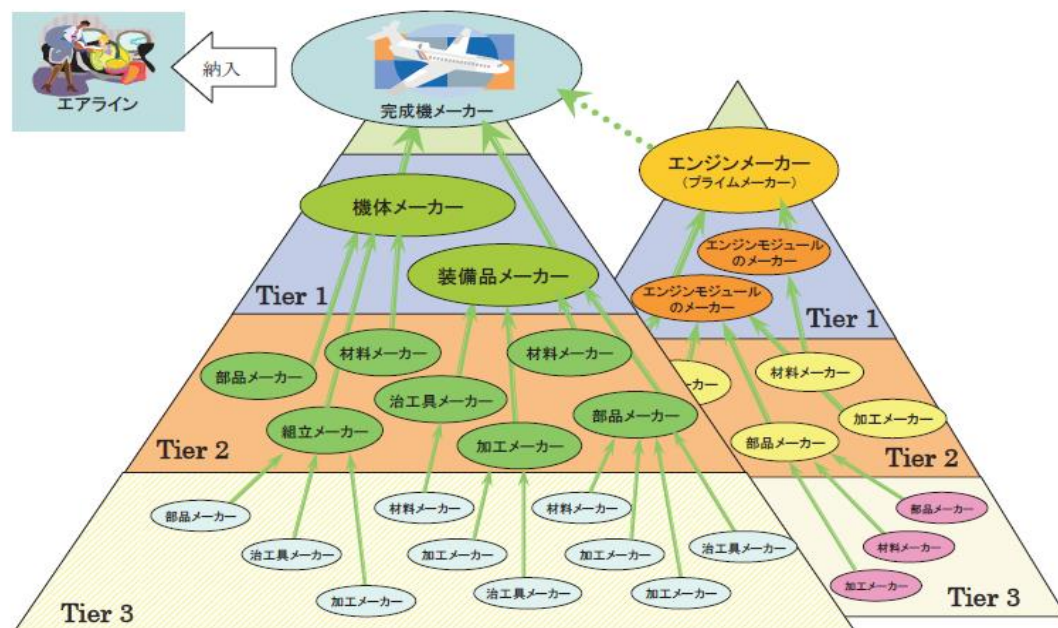
## 4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し (3) 成果の実用化・事業化の見通し (3/5)

### ◆波及効果

- 航空機用先進システムの開発は技術的・経済的な波及効果が大きく、裾野産業の形成や雇用創出につながり、我が国の産業の活性化、海外展開の促進に貢献することが期待できる。

特に航空機のシステム品は先端技術を集約したものであり、また、信頼性、品質ともに高いレベルを有するため他産業への技術的波及効果大きい。

- 本研究開発にて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採用されること、またプロダクトサポートやMROにより、年間で研究開発項目毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得られる可能性がある。



出典: 航空機産業における部品供給構造と参入環境の実態 (日本政策金融公庫総合研究所, 2011)

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し  
 (3) 成果の実用化・事業化の見通し (4/5)

◆波及効果

研究開発項目	波及効果
⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 日本オリジナルな技術として、これまで日本の航空業界に存在しなかったTier-1産業を創生。これによる雇用創出も期待。</li> <li>✓ 船舶用推進システム、洋上風力用発電機、産業用モータ等への適用も十分期待。</li> </ul>
⑧-2 軽量蓄電池	<p>【技術的波及効果】                      他産業への波及効果として、蓄電池の軽量化が渴望されている、宇宙産業、ロボット産業（アシスト・介護）などへ展開することで波及効果が見込まれる。</p> <p>【経済的波及効果】                      蓄電池に関しては、日本の技術は世界のトップレベルにあり、新規の活物質や固体電解等の研究開発が進んでいる。さらに航空機の電動化に必要な技術開発も進んでおり、近い将来の実用化が期待されている。航空機産業の発展が遅れた背景の中で、航空機の電動化へ取り組む際には、上記のような蓄電池の技術レベルが高い事で、優れた性能の電動航空機の開発が可能になり、世界に先駆けて、空を飛ぶ用途全般における優位性が確保できると考えられる。航空機産業の中の特に電動航空機において、日本の強みが出せる新しい産業の創生が可能になる。</p>

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し  
(3) 成果の実用化・事業化の見通し (5/5)

◆波及効果

研究開発項目	波及効果
⑧-3 電動ハイブリットシステム	<p>【成果の市場投入の経済的予測】 本研究開発の結果として技術成立性に目途が得られ、製品への適用・事業化を行う場合、以下の市場規模が想定される。 2030年代： エンジン搭載システムとして年間1,000セット 機体搭載システムとして年間500セット</p> <p>【波及効果】 本研究成果は、従来型電動機の小型・軽量化技術として利用され、航空機においては特に排熱が困難な翼や非与圧部の高温部位などに設置される電動機器で有効な技術となる。また、航空機のみならず地上で使用される様々な電動装置の軽量化に応用可能である。例えば、高速鉄道車両等で利用すれば、車両の軽量化に貢献し、走行時のエネルギー消費削減のみならず騒音低減や軌道への負荷低減等の効果を得ることができる。</p>