資料７

「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」

事業原簿

担当部	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

更新履歴

更新日	更新内容
2024 年 09 月 20 日	初版発行
2024 年 10 月 3 日	資料 5-1 分科会説明資料に追記収録した内容との整合性を実施し、記載を修正
2024 年 10 月 4 日	添付資料の追記、文字フォント/罫線入力/特許・論文リスト部分の文書体裁を追記修正

目次

概　要 1

プロジェクト用語集 1

1.　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 1-1

1.1.　事業の位置づけ・意義 1-1
1.2.　アウトカム達成までの道筋 1-1
1.3.　知的財産・標準化戦略 1-4

2.　目標及び達成状況 2-1

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

3.　マネジメント 3-1

3.1.　実施体制 3-1
3.2.　受益者負担の考え方 3-6
3.3.　研究開発計画 3-6

4.　目標及び達成状況の詳細 4-10

4.1.　研究開発項目⑧-1：高効率かつ高出力電動推進システム 4-10
4.2.　研究開発項目⑧-2：軽量蓄電池 4-13
4.3.　研究開発項目⑧-3：電動ハイブリッドシステム 4-15
4.4.　研究開発項目⑧-4：推進用電動機制御システム 4-19

添付資料 1

●プロジェクト基本計画 1
●関連する施策や技術戦略 1
●プロジェクト開始時関連資料 1
●各種委員会開催リスト 1
●特許論文等リスト 4

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ムテム】： 国内 eVTOL メーカとの協力のもと、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）ＩＨＩ：【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）ＩＨＩ 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,超電導ｹｰﾌﾞﾙ関連技術,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坦持質量割合 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」53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：296件(詳細は、別紙を参照) 新聞・雑誌への投稿：24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

プロジェクト用語集

⑧-1 高効率かつ高出力電動推進システム

用語	説明
AFRP	Aramid Fiber Reinforced Plastic（アラミド繊維強化プラスチック）の略
$BaMO_3$(M: metal)化合物	$BaZrO_3$、$BaSnO_3$、$BaHfO_3$のようなペロブスカイト構造をもつ3元系の化合物。REBCO層中にこれらのBMO相を不純物(人工ピン止めセンター)としてドープすることで、通常よりも高い磁場中特性を得ることができる。PLD法の場合は、あらかじめ BMO をドープした固体ターゲットで成膜することでREBCOとBMO相が協調成長し、主にナノロッド状のBMO相がREBCO層中に形成される。なお、ドープ量及び成膜プロセス条件を変化させることで、ある程度BMOの形状や密度は変化させることができる。
CFRP	FRPの一種で、Carbon Fiber Reinforced Plastic（炭素繊維強化プラスチック）の略。FRPは、2つ以上の素材を組み合わせた複合材料であり、プラスチック（樹脂）を母材とし、そこに繊維を強化材として加えることで、プラスチックの軽量、高い成形自由度に加え、繊維のもつ高剛性・高強度な特性も併せ持つことが可能となる。FRP の中でも、炭素繊維を強化材として加えたものをCFRPと呼ぶ。
FEM解析	有限要素法（ゆうげんようそほう、英語: Finite Element Method, FEM）解析。連続な物体を有限個の「要素」に分割し、各要素の特性を単純な数学的モデルで近似し、連立方程式の形にして全体の挙動を解析する手法。
FFDS線材	Face to face double stacked線材の略語。２枚のRE系超電導線材の超電導側をハンダ等で接続して作製される。片側の線材に欠陥があっても，安定化層を介してもう一方の線材に電流を流すことができるので，RE 系超電導線の歩留まりを高めることができる。さらに，応力中心が２枚の線材の中心となるため，曲げ強度が高いという特徴も有する。
GFRP	Glass Fiber Reinforced Plastic（ガラス繊維強化プラスチック）の略
I-V特性	電流-電圧特性。高温超電導線の場合、通電電流が小さい場合は電圧は極めて小さいが、臨界電流を越える電流が流れると、急激に電圧が発生する。
IBAD(ion-beam assisted deposition)法	三次元的配向構造を直接形成する世界初の技術として、1991 年に(株)フジクラで開発された手法。通常のイオンビームによるスパッタ蒸着法に改良を加え、アシストビームと呼ばれる第 2 のイオンビームを成膜中の薄膜表面に特定方位から同時照射することにより、薄膜を構成する全ての結晶粒の結晶軸を同一方向に揃えた二軸配向(結晶の *a*-*b* 面(*a* 軸と *b* 軸)と *c* 軸の方位を揃えた構造。
MOD(Metal Organic Deposition) 法	有機金属酸塩を含む溶液を基板上に塗布し、これを熱処理することにより酸化物膜を成膜する方法。通常、RE 系高温超電導膜の作製においては、低温で前駆体膜を作製する仮焼成、高温で前駆体膜を超電導相に結晶化させる本焼成の 2 段階の熱処理を施す。また、前駆体膜を本焼成に適した状態にするために、仮焼成と本焼成の間に中間熱処理を施す場合もある。前駆体膜の積層化による RE 系高温超電導膜の厚膜化が可能である。
Oリング	リング形状をした気体や液体をシールするための部品
PLD(pulsed Laser Deposition)法	物理気相蒸着法の一種であり、真空チャンバー内の固体ターゲットにパルスレーザ光を断続的に照射し、ターゲットをアブレーション(ある閾値以上のレーザ光を固体に照射した場合、固体表面で電子的、熱的、光化

	学的、力学的エネルギーに変換され、中性原子、分子、正負のイオン、ラジカル、クラスタ、電子、光子が爆発的に放出され、固体の表面がエッチングされる)することにより、ターゲットと対向して配置された基板上に薄膜を堆積する成膜技術。
RE 系高温超電導線材	化学式 REBa2Cu3O7-δ(RE:希土類元素)で表される超電導体を用いて作製した超電導線材。
SEM	走査型電子顕微鏡。試料表面（断面）の微細構造を観察できる。
TIG 溶接	タングステン一不活性ガス溶接
UTOC (Ultra Thin Once Coating) -MOD 法	MOD 法による BMO ドープ RE 系高温超電導膜の作製に関して、前駆体膜の積層化における一層当たりの前駆体膜厚を、超薄膜化することにより BMO 相を微細化する手法。BMO 相の微細化により、磁場中特性が著しく向上する。
（モータ）ケーシング	モータを構成する固定子（コイル）を固定する容器。コイルの放熱（冷却）や外部との隔壁としての機能も兼ねる。超電導モータでは冷媒を内部に貯めて固定子を冷却する容器としての機能を有する。
スリップリング	固定側から回転側に電力や信号などを伝達する役目を果たすもの
ディップコート法	基板を溶液中に浸漬し、引き上げることにより基板上に液膜を形成する方法。
バーコート法	基板上の塗液を、バーコータ（シャフトにワイヤーを巻きつける等により表面に溝を形成した棒）で引き伸ばし、均一な膜厚の液膜を形成する方法。
バックシール TIG 溶接	バックシールとは、溶接部の裏側を窒素やアルゴンガスといった不活性ガスでシールドする事によって、溶接部の裏側が酸化するのを防ぐ方法。 TIG 溶接は Tungsten Inert Gas 溶接の略称であり、不活性ガス溶接を意味する。火花を飛び散らさず、様々な金属の溶接に対応するアーク溶接の一種。
パルスレーザのパルス長と波長	レーザの波長は，用いる媒質ごとに特有の誘導放射エネルギーE があるため，$E=h\ \nu$ (h:プランク定数）によってその媒質が発振できる波長は決まっている。波長が 380nm 以下を紫外光（UV: ultra violet）とよび，超電導層の成膜やレーザースクライビング加工の光源として紫外域のレーザーが多く用いられている。パルス１発あたりにレーザ照射が行われる時間のことをパルス長と呼び，nsec (10^{-9} sec)，psec (10^{-12} sec)，fsec (10^{-15} sec)などのレーザがよく用いられる。
ピン止めセンター	外部磁界を全く侵入させない(マイスナー効果)超電導体は、第１種超電導体と呼ばれている。これに対して第２種超電導体では下部臨界磁場 Hc1 を超えると一部量子化磁束が侵入した混合状態となる。この状態で外部から電流を流すと、量子化磁束はローレンツ力を受けて動こうとするが，超電導体内の格子欠陥、析出相(絶縁相、常伝導相)、不純物、転位、粒界等の不均質な部分に外部磁束が捕捉され動きが妨げられる。これをピン止め（ピン止めセンター）という。ローレンツ力よりピン止め力のほうが大きければ、磁束は動かないが、電流または磁場が増加して、ピン止め力よりローレンツ力のほうが大きくなれば、磁束が動き電圧が発生する(電気抵抗が生じる)。このローレンツ力とピン止め力が拮抗した限界の状態における単位面積当たりの電流値が臨界電流密度 Jc となる。
（液体窒素）ポンプ	圧力により流体（主に液体）を送り出す（または吸い込む）ための機械。主な方式は、レシプロ式やスクリュー式の容積型と遠心式に区別される。送液したい流量と圧力差（揚程）により適した方式が選択される。
レーザースクライビング	レーザーによって溝を形成する技術。液晶パネル作製などによく使われる技術であるが，RE 系超電導線材の場合には，線材をマルチフィラメン

	ト化（超電導層まで切削して溝形成）して交流損失を低減する方法として用いる。現在は，UV 波長域のパルスレーザー(KrF エキシマレーザ，psec 固体レーザ等)を用いた加工を行なっている。
永久電流モード	超電導体で閉回路を形成すると、外部起電力がなくても定常電流を流すことができる。超電導マグネットシステムにおいて、このような超電導の閉回路を実現し、定常電流による極めて安定な静磁場を発生する運転方法を指す。通常は、コイルと永久電流スイッチを超電導接続して閉回路を形成する。
鏡板	筐体外筒の両端部に使用する半球状の部材。圧力荷重を分散させ、応力集中を防ぐために設けている。R が付くことで強度が増し、平板よりも設計上の板厚を薄くでき、筐体全体の軽量化に貢献できる。
極数	モータをシャフトに対して垂直に切った面に現れる磁極(N/S 極)の数をいう。
結晶面内・面外配向性	超電導層及び中間層等の結晶軸の揃い方の程度を示したもの。この値が小さい方が配向性が優れていると言える。基板に垂直な方向(膜厚方向、*c* 軸方向)への配向が面外結晶面外配向、基板の長手方向(*a*-*b* 面)の配向が結晶面内配向である。通常、REBCO 超電導層の面外配向度(Δω)は、(005)または(006)面の X 線回折ロッキングカーブ測定の半値全幅で、面内配向度(ΔΦ)は、(103)面の X 線極点図測定を行い、そのΦスキャンピークの半値全幅で評価することが多い。
交流損失	超電導体に交流磁場が印加されると，ピン止めされた失が発生する。これを低減するためにマルチフィラメント化が最も有効な手段であるが，フィラメント間に電気伝導がある場合には，カップリング損失が発生する。したがって，レーザスクライビング加工によってマルチフィラメント構造を構築する場合には，超電導層が分断されるだけでなくフィラメント間電気抵抗も確保する必要がある。
接続抵抗	超電導線材同士直接あるいは電極を介しての接続では接続抵抗が存在する。電極を介して接続する方が抵抗が高いが，それでも μΩ のオーダであるためテスターなどで測定することはできず，大電流を印加して I-V カーブを測定し，その傾きより接続抵抗値を求めるという測定方法で求める。
断熱二重構造	２層式の筐体構造であり、内層は超電導状態を保持するために極低温に冷却され、外層は外部からの熱侵入を低減すべく真空状態となっている。MRI や NMR など超電導電磁石において用いられる技術。
超電導磁気シールド	超電導体は磁束（外部磁場）を排除する性質を有し，特に下部臨界磁場までは完全に磁場を排除できるが，それは無限大の大きさを有する場合であり，実際に RE 系超電導線材を巻いてシールドを作製する場合には，線材間の隙間から磁束が侵入するため完全に磁場を排除するのは難しい。また下部臨界磁場以上の磁場では徐々に磁場の侵入を許すため，完全な磁場の遮蔽は難しい。
熱交換器	保有する熱エネルギーが異なる 2 つの流体間で、熱エネルギーを交換するために使用する機器。温度の高い物体から低い物体へ効率的に熱を移動させることで物体の加熱や冷却を行う目的で用いられる。
力率	電圧と電流の位相差
臨界電流	超電導体に抵抗ゼロで流すことができる電流の最大値であるが、実際にはある電界の閾値を決めて、それに達する電流値を臨界電流と定義する。記号は Ic。
臨界電流密度	臨界電流を超電導層の断面積で除した値。記号は Jc。

⑧-2 軽量蓄電池

用語	説明
CA	充放電レート（C レート）。電池を完全放電状態から満充電までを 1 時間で充放電する場合、C レートは 1 CA となる。
STEM-EELS	Scanning electron Transmission Electron Microscopy-Electron Energy Loss Spectroscopy 走査型透過電子顕微鏡 - 電子エネルギー損失分光法 充放電過程の正極および負極粒子に対してナノメートルスケールの空間分解能で、軽元素のリチウムを含めた元素分析や結合状態を測定することで、リチウム硫黄電池の反応メカニズムを明らかにすることができる。その結果からリチウム硫黄二次電池のエネルギー密度に影響与える要因を明らかにし、要素技術開発を促進させることができる。
LiTFSI	Lithium bis(TriFluoromethaneSulfonyl)Imide 電解質塩の一種である。リチウム硫黄電池用電解液に適用することで、高い入出力特性および電池寿命が期待できる。
FEC	Fluoro Ethylene Carbonate 電解液溶媒の一種である。リチウム硫黄電池用電解液に適用することで、充放電過程において正極表面に良好な被膜を形成し、リチウム硫黄電池の電池寿命を向上させることが期待できる。
HFE	Hydro Fluoro Ether 電解液溶媒の一種である。リチウム硫黄電池用電解液に少量添加することで、充放電過程において正極表面に形成される被膜を改質し、リチウム硫黄電池の電池寿命を向上させることが期待できる。
AFM	Atomic Force Microscope 電極表面の電子伝導性を可視化することができる。この装置を用いることで、リチウム硫黄電池の入出力特性向上の要因を明らかにすることが可能となり、高出力リチウム硫黄電池の開発を促進することができる。

⑧-3 電動ハイブリットシステム

用語	説明
FCAC	Fuel Cooled Air Cooler, 燃料排熱熱交換器
BLI	Boundary Layer Ingestion (境界層吸込み)
MFB	Mission Fuel Burn (燃料消費量)
SFC	単位推力当たりの燃料消費率
HP 軸	高圧軸
LP 軸	低圧軸
PLECS	パワーエレクトロニクスシミュレータ
HMTB	Hybrid Multi Terminal current limit Breaker
MILS	Model In the Loop Simulation
HILS	Hardware In the Loop Simulation

⑧-4 推進用電動機制御システム

用語	説明
航空機の電動化	現在の航空機（ジェット機）は、化石燃料（ジェット燃料）をジェットエンジンで燃焼して推進力を得ているが、地球温暖化対策として、ジェット燃料を電気に置き換える形でエンジンの電動化、つまり電気によってエンジンの推力を得る方法が研究されている。
eVTOL（電動垂直離着陸）	eVTOL（Electric Vertical Take-Off and Landing aircraft）は、電動の垂直離着陸機(VTOL)である。主に無人の小型ドローンとして物品の配送（ドローン宅配便など）に用いられている他、人が乗り込める大型の有人 eVTOL（電動ヘリコプター、空飛ぶクルマ、有人ドローン）の開発も進められている。
空冷、強制空冷	空冷（英語：air cooling）とは、機械装置などにおける冷却法の一つであり、空気との熱交換により放熱する方法である。 空冷には、熱せられた空気が 上昇気流 となることを利用するなどして空気の入れ替えを行う「自然空冷方式」と、ファン等により積極的に（強制的に）通風させる「強制空冷式」、などといった分類がある。
小型高出力密度モータシステム	出力密度とは、モータ出力を質量で除した単位質量当たり出力（Power Weight Ratio）であり、モータの小型の度合いを示す値である。航空機用途にはこの値が小さいことが望ましく、高出力化、軽量化を目指した設計がなされる。
飛行プロファイル	機体の運用方法を考慮して飛行フェーズを設け、各フェーズ毎のモータ特性をモデル化したもの。通常、eVTOL では、①垂直上昇⇒②前進上昇⇒③水平巡航⇒④前進下降⇒⑤垂直加工⇒⑥ホバリングが代表的な飛行プロファイルであるが、厳しい条件としてトランジェント負荷を加える場合もある
マルチフィジックス（連成）解析	マルチフィジックスは、複数の物理モデルや複数の同時発生する物理現象を含むシミュレーションを扱う計算機科学の一分野である。マルチフィジックスでは一般的に多分野における偏微分方程式を連立した系統を解いている。 多くの物理シミュレーションは結合系を含んでおり、例えば電磁気学の電場と磁場、音波の圧力と速度、量子力学の波動方程式における実部と虚部などがある。 モータの場合は、電磁気や熱流体や構造や振動音響など、多くの物理分野に複雑な物理現象が絡んでいる。
多目的最適設計	多目的最適化とは複数の目的変数を最適化する手法であり、反対に一つの目的変数を最適化する手法は単目的最適化と呼ばれる。 例として、ある製品の性能 1 を上げるとき、逆にその分、性能 2 下がってしまうというトレードオフの問題があったとすれば、この時、性能 1 と性能 2 がちょうどいい具合になるように最適化するのが多目的最適化となる。 設計においては、設計条件を変更して複数回解析を行い、優位な解（パレート解）を表したパレート図を作成する。この中から、重みづけした目的変数により目指したいバランスの取れた最適解を求める。
多目的多分野最適化設計	マルチフィジックス解析と多目的性能解析を組合わせ、総合的に最適解を求める解析手法を指す。
最適設計ＣＡＥプラットホーム	多目的多分野最適設計を行う際に使用する、異なる分野に使用する複数の解析ソフトを同一の計算機環境に統合したうえでデータを自動的に引き渡し、性能評価機能を連携し、総合的な最適解を求めるためのシステムを指す。
ハルバッハ IPM	ロータコアの中にマグネットを埋め込む IPM(Interior Permanent Magnet)方式かつ、主極マグネットと補極マグネットの 2 種類のマグネットを埋め込むハルバッハ配列を組合わせたロータ方式のことを示す。 単に IPM 方式、ハルバッハ配列を適用したモータに比べ出力が高く、ま

	たマグネットの飛散防止に効果のある構造である。
熱流体解析	気体や液体の流れを可視化し、流速・圧力・温度分布などの変化を解析する技術のことである。従来行っていた伝熱解析では、放熱部を熱伝達係数(W/m ^{2}K)を用いて近似していたが、熱流体解析により正確な解析が可能となり、開発期間の短縮、試作や試験コストの削減、実測が困難な挙動の計算が可能となる
高密度巻線	モータステータのスロット内にコイルを高占積率で配置するための技術。コイルエンドのサイズも検討に含まれる。高密度巻線により、小型化、軽量化、低抵抗化（低損失）が期待できる。
交流銅損	ロータマグネットからの磁束がコイルと鎖交し、コイルの内部で発生する渦電流損失を示す。高密度化によりコイルが太くなるにつれ損失が増加する傾向がある。
磁性テープ	コイルの透磁率よりも大きく、ステータの電磁鋼板よりも低い透磁率を有している磁性コンポジット材をテープ状に加工したもので、コイルに巻き付けることでコイルへの磁束の侵入を防ぐことができる。これにより交流損失の低減が見込まれる。
磁性くさび	磁性テープの材料と同様な磁性コンポジット材をステータのスロット開口部を塞ぐ形で配置するものである。これにより、空間高調波によって発生するロータ側の損失低減が見込まれる。
絶縁型高熱伝導材料	エポキシ基材に高い熱伝導率を持つ絶縁性の添加物（フィラー）を高濃度で含ませることで、従来より高い熱伝導率をもつモルド材を指す。
ポッティングシステム工法	高濃度のフィラーを含むモルド材は流動性が悪く、高圧で充填する必要があったためモータへ適用するには磁歪などの影響があった。本研究では、予めフィラーを被モルド部に封入後、エポキシ材を入れ硬化することでモータへの高熱伝導材の適用を可能とし、ポッティングシステムと呼称する。
高帯域・高効率インバータ	インバータとは直流電力（DC）を交流電力（AC）に変換する装置である。特にモータ制御の分野では磁極の位置に適した交流電力を供給する必要があるが、交流の周波数帯域が高くなるにつれ制御遅れなどによる効率低下は避けられない傾向にある。また、直流を交流に変換するためにはパワー半導体を PWM スイッチング制御する手法が一般的であり、半導体の種類や PWM 制御手法などが損失低減のポイントである。つまり「高帯域・高効率インバータ」とは従来のインバータよりも高い周波数帯域まで、さらに効率よくインバータ制御をする装置であることを表す。
SiC パワーデバイス	″SiC″とは、シリコン（Si）に比べて優れた物性を持つ半導体材料で、高い耐圧性、低いスイッチング損失、そして高い動作温度が特徴である。そのため、特に高効率が求められるパワーエレクトロニクス分野で注目されている。 SiC を使用したパワーデバイスを「SiC パワーデバイス」と呼び、インバータや電源供給回路、モータードライブシステムなどで小型化や高効率化など可能である。
航空機搭載の電子機器ハードウェア開発プロセス規格	SAE より発行されている ARP4754B（Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems）という文書であり、航空機及び航空機の機 能を実装するシステムの開発サイクルを定義している文書である。
ＳＡＥ	SAE（Society of Automotive Engineers）は、アメリカ自動車技術者協会を意味する略語であり、陸上輸送機器や航空宇宙機器の分野で適用される工業規格を発行している。
電動航空機関連技術委員会	SAE 内の航空宇宙協議会（Aerospace Council）で ELECTRIC AIRCRAFT STEERING GROUP 主導により電動航空機及び航空機電動化を協議する委員会（Committee）
E-40	SAE 内の航空宇宙協議会（Aerospace Council）の” Electrified

	Propulsion”を協議する委員会（Committee）
AE-7	SAE 内の航空宇宙協議会（Aerospace Council）の” Aerospace Electrical Power & Equipment”を協議する委員会（Committee）
ASTM F3338-21	民間機用電気エンジンの設計に関する標準仕様であり、FAR Part33 を電動に置き換えたものである。
MOC	MOC（Means of Compliance）は適合証明方法を示すものであり、FAA があらかじめ定めた手法、民間コンセンサス規格によって策定された、そして、これ以外の上記以外の組織によってカスタムされた手法がある。
安全性・信頼性解析	SAE より発行されている ARP4761B（Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne System and Equipment）という文書に基づく解析手法であり、安全性解析はこの文書で規定されるシステム安全評価（SSA: System Safety Assessment）に、信頼性解析は故障影響解析（FMES : Failure Modes and Effects Summary）に基づいている。
適合性証明計画書	適合性証明計画（Certification plan）は、型式証明または装備品認証を行う上で航空局の審査を受けるために提出する文書
開発計画書 認証計画書	ARP4754B（Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems）に基づいて実行するプロセスとそれを実現する手段や手法を記述した文書
予兆検出システム	機体寿命の考え方に、HUMS(Health and Usage Monitoring System)がある。つまり、機体構造材の各所にセンサを取り付け、飛行の際にかかる負荷データを収集・記録する。そのデータを地上のコンピュータに取り込んで管理することで、より精確な構造管理・寿命管理を行えるという仕組みである。 今回の研究で、AE センサを用いてモータの故障予兆を検出するシステムを検討し、予兆検出システムと故障した。
MT 法	MT 法（Maharanobis-Taguchi System） 正常なデータ自身が偏りを持ってばらついている場合、バラつき方が異なるデータを多変数の相間を考慮した統計的距離(マハラノビス距離)を用いて検知する方法である。この方法によりアラームも出ない初期段階でトラブルの予兆を検知できる。
MD 値	MD 値(Maharanobis Distance) マハラノビス距離 マハラノビス距離とは、多変数間の相関関係を取り入れて、既知のサンプルとの関係を明らかにする距離を指す。
AE 波	AE 波（Acoustic Emission） 音響弾性波 固体が変形あるいは破壊する際に、それまで固体内部に蓄えられていた男性エネルギーが AE 波となって周囲に放出される。AE 波は超音波領域(数 kHz～数 MHz)へ広帯域に発生する。
AE センサ	AE 波に反応して電気信号を出力するセンサ。
モデルベースデザイン	コンピュータ上に開発対象、例えば制御則などをモデル化し、開発と検証を行う手法のことである。設計の段階からモデルを用いて設計し、それをシミュレーションすることにより設計の正しさを早い段階から検証できることにより、効率的な設計に有効とされている。加えて、近年ではモデルから実際の制御機器に実装する制御プログラムのソースコードを自動的に生成することにより、誤りのないソースコード開発ができることでさらに効率を上げている。
認証	民間航空機及び搭載される装備品を開発する際には、航空機の安全性を保証した設計が必要となる。認証とは、航空機が安全に設計、製造されたかを当局が検査し、承認する行為である。当局とは、日本では国土交通省航空局であり、米国では FAA、欧州では EASA である。
装備品認証	装備品認証とは、認証の中で、民間航空機に搭載される装備品が安全に設計、製造されたかを当局が検査し、承認する行為である。一般的に、

	装備品認証を取得するためには、米国の SAE International が制定した ARP4754B に適合する必要がある。
ソフトウェア認証	ソフトウェア認証とは、認証の中で、民間航空機に搭載されるソフトウェアが安全に設計、製造されたかを当局が検査し、承認する行為である。一般的に、ソフトウェア認証を取得するためには、米国の RTCA が制定した DO-178C に適合する必要がある。
DO-331	米国の RTCA が制定したガイドラインであり、民間航空機に搭載されるソフトウェアの開発にモデルベースデザインを適用した際に、DO-178C に加えて適合が求められるものである。
MILS (Model In the Loop Simulation)	モデルを用いて設計をする際に、設計の正しさを評価するために実施するシミュレーションのことである。設計されたモデルを実際に実行させることにより、設計内容が要求を満足した振る舞いになっているかどうかを確認することができる。これは、モデルベースデザインの特徴の一つであり、多くのモデリングツールはこの機能を備えている。
SILS (Software In the Loop Simulation)	モデルからソースコードを自動生成し、そのソースコードを用いてシミュレーションを実施することである。ソースコードが意図した振る舞いをするかどうかを確認することが目的であり、MILS と同じ振る舞いをすることを確認することにより、モデルとソースコードの等価性を確認することができる。いくつかのモデリングツールでは、MILS と SILS を同時に動作させて、その出力結果が同じであることを自動的に比較する機能を備えている。
PILS (Processor In the Loop Simulation)	モデルからソースコードを自動生成し、そのソースコードをコンパイル、リンクして実機環境でシミュレーションを実施することである。実機環境においても意図した振る舞いをするかどうかを確認することが目的である。一部のモデリングツールでは、実機上での確認のため、これをシミュレーションと呼ばず、テストと呼んでいるものもある。
カバレッジ検証	シミュレーションやテストの十分性を評価するための指標の一つであり、シミュレーションやテストによって、モデルやソースコードがどれだけ実行されたかを検証するものである。カバレッジの指標としては、全てのソースコードが実行されたことを検証するステートメントカバレッジなどがある。
プロトタイプ	本研究で実施した詳細設計で製造した供試体。
TRL６	TRL（Technology Readiness Level、技術成熟度レベル）とは、いかに技術が成熟しているかを示すもので、開発中の技術が実際に運用される飛行機へと搭載可能なレベルにどれだけ近いかを表す指標である。本研究では TRL6 の到達を確認した。TRL6 とは地上でのシステムとしての技術成立の確認完了を意味する。
DO-160	DO-160 は、RTCA として知られる業界団体が発行した規格である。DO-160 は環境と EMC の両方の要素を含む
高機能テストベンチ	モータ評価用負荷装置であり、同時に電気性能（電流、電圧）、機会性能（トルク、回転数）、温度、振動他を一元的に取得評価できるテストベンチを指す。また、可搬性があり環境試験場に持ち込んで環境下での負荷試験が可能である。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1. 事業の位置づけ・意義

＜政策的な重要性＞

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)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が、この業界では売り上げ金額の大きいボリュームゾーンである民間航空機については、欧米の機体 OEM（2 強）を中心として業界が構成されており、さらに機体に搭載するジェット・エンジンについても欧米の有力なエンジン・メーカ（3 強）が市場を押えているため、それ以外の航空機部品メーカは、機体 OEM とエンジン・メーカへのモジュール納入、個別部品の下請けメーカの位置づけになっている。　これらの他にも「航空機の装備品」というセグメントの売り上げがあり機体 OEM からモジュール製作の依頼を受けた「機体主要システム Tier-1 メーカ」に部品を納入するビジネスモデルとなっている。

この業界では、機体 OEM とエンジン・メーカを育成することが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。　産業界を取り巻くビジネス環境の変化要因としては、IATA の将来予測(2019 年/Global Outlook for Transport)によると、世界の旅客需要は今後も大幅に拡大し、今後 20 年間にて約 2 倍になるものと想定されていることを考慮すべきであり、同時に CO2 排出量の大幅な削減により、2050 年までに航空機運航時の CO2 排出量を実質的にゼロにする(ネットゼロ)の実現についても IATA/ICAO から要請されている。(2021 年/ Our Commitment to Fly Net Zero by 2050,2022 年第 41 回 ICAO 総会)

そのため、これらのビジネス環境の変化に対応した次世代航空機の推進システムを日本国内において開発し、機体 OEM・機体主要システムの Tier-1 に日本国内生産の製品が採用されていくような仕組みを構築しておく必要がある。

また、我が国においては、本事業は以下のような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) 経済産業省が策定した産業構造ビジョン 2010（2010 年 6 月）:
経済産業省が策定した産業構造ビジョン 2010 において、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としている。そして、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・開発を行うと記載されている。

(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している。

(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を合意した。

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」の分野で協力に合意している。

(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）：
経済産業省が策定した「成長が期待される産業（14 分野）」について「実行計画」を策定した。　航空機産業についての取り組みとしては、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としている。

＜我が国の状況＞

2050 年時点において、航空機運航時に CO2 排出を実質ゼロとする「ネットゼロ」を実現することは、日本政府による国際社会への公約となっている。このような厳しい CO2 排出規制に適合していくためには、まずは、従来燃料から代替燃料である SAF、水素、アンモニアによるエンジン燃焼系の研究開発がもっとも優先的な開発テーマとなっている。

このようなエンジン燃焼系の研究開発として、JAXA では 2030～50 年代の実用化を目指して、CO2 や窒素酸化物（NOx）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している。

しかし、航空機エンジン開発に大きな影響を与えるエンジン燃焼系の新規技術開発では、海外規制当局による製品型式認証(TC)を取得するという大きな障壁を乗り越える必要があり、機体 OEM および航空機エンジンメーカに採用されるまでの道のりは、かなり険しいと考えられている。

一方、自動車、及び産業インフラ関係にて量産化した実績があり、日本が世界に先行する省エネ技術 ---ハイブリッドモータ技術、高性能インバータや、これから実用化が期待される超電導モータ技術をより進化させて、航空機エンジンにて発生したエネルギーを効率良く運用する電動推進システム関係の技術は、日本の企業・大学が世界をリードしていると考えられる。　また、2050 年に向けての航空機電動推進システムの中核技術となる可能性のある 1MW 級を超える大型電動機の型式認証試験を受けるために高高度環境を模擬できる大規模な試験センター(例：S-Bird)等を産業拠点(産業クラスター)向けに企業による事業化に先行して整備していくことも、航空機業界の国際競争力の強化につながると考えており、この方面での政策的支援も必要である。

本事業にて取り上げた研究開発テーマを支援することにより、これまで国外の航空機システムメーカの下請けに甘んじていた日本の航空機システムメーカが、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。

＜世界の取組状況＞

欧州では研究開発・イノベーション枠組プログラム：Horizon2020（実施期間：2014 年～2020 年）による航空宇宙研究プロジェクト:「Clean Sky2」にて、環境に優しい航空技術の基盤の構築やこの分野での欧州の競争力の向上に取り組んでいた。　この後継プログラムとして Horizon Europe(実施期間：2021～2027 年)と航空宇宙研究関係プロジェクト：「Clean Sky3/Clean Aviation」がアナウンスされ、担当する事業者公募も選定された。

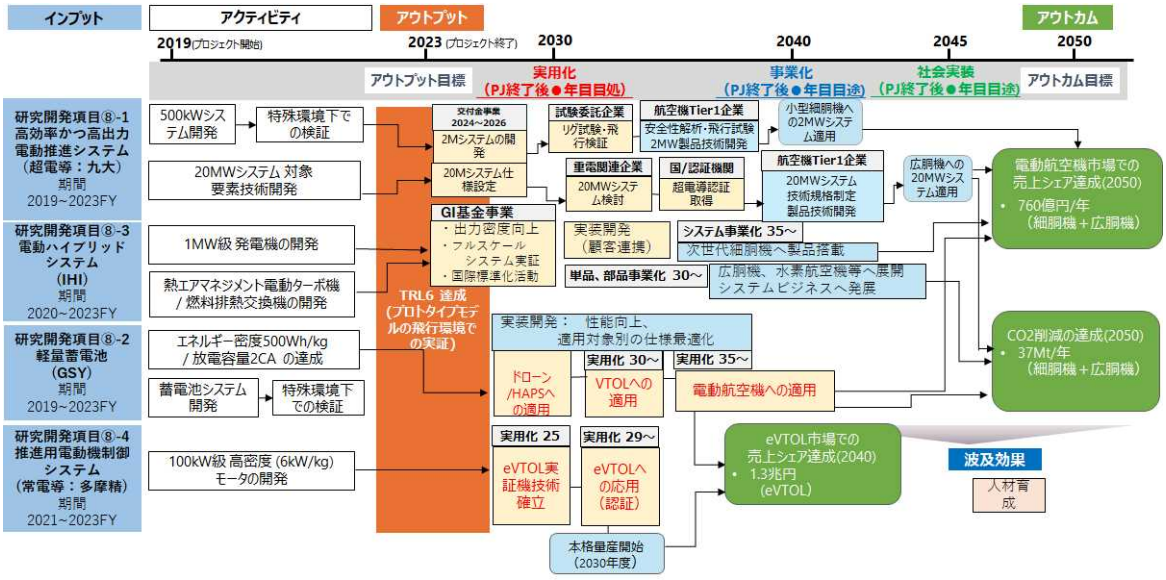
欧州では、この新しい後継プログラムにより次世代航空機からの CO2 排出量従来比にて 80%以上削減を実現するために、水素航空機、電動ハイブリッド航空機、燃料電池開発、破壊的イノベーションによる航空機業界内での技術優位性の獲得を目指している。また米国では FAA が 2021 年 11 年に公表した 2021 Aviation Climate Action Plan において、2050 年までに航空業界の GHG(温室効果ガス)排出量をネットゼロとする目標が掲げられ、SAF については、「SAF Ground

Challenge」を推進するとしている。(Ground Challenge は NITRD による米国政府への政策提言となる) 電動ハイブリッド推進システムについては、NASA Glenn Research Center が Electrified aircraft propulsion や Hybrid Electric propulsion の研究を推進、ハイブリッド熱効率コア (HyTEC) プロジェクトに GE エアロスペースが研究協力する枠組みにて研究開発が進められている。また、航空機産業では空飛ぶクルマのような小さな航空機から大型旅客機までの「電動化」が大きな技術開発テーマとなっており、世界中で電動化に関する研究開発が急激に増加している。そのような状況において、我が国の企業や大学におけるバッテリーやモータ、 インバータ等の電動化コア技術は、欧米の機体 OEM より多数アプローチを受けている状況にある。 本事業を通じて航空機用先進システムを開発することにより、これまでは国外の航空機システムメーカの下請けに甘んじていた我が国の航空機システムメーカも、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。

＜本事業のねらい＞
本事業の最終採択テーマ(国プロ⑧)の「電導推進システム」では、2030 年代半ばから本格的に技術採用・事業化が急速に拡大すると考えられている大型旅客機(広胴機/細胴機)向けと、2030 年前半から市場投入が期待される小型航空機(大型ドローン、eVTOL、HAPS、エアタクシーetc.)向けの電動推進システムの両方向での委託事業を推進している。 委託先からの事業化スケジュール提案が、国の政策・開発目標スケジュールと整合するように調整しながら、外部有識者の助言に従って必要な研究開発支援を、後継事業にて引き続き実施する。

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の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、現時点では更に後続の委託事業が必要と考えている。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することを想定している。



アウトカム達成に向けてのロードマップ

1.3.　知的財産・標準化戦略

本事業では、長期的な視点に立っての研究開発期間を必要とするものと、比較的早い 2030 年代後半から 2040 年前半において市場投入し、その製品技術をより進化させる過程にて上位系の大型システムにステップアップしていく技術開発の方法を対象として進める事業である。

開発過程において、特許化して保護すべきもの、ノウハウ秘匿とするもの、積極的に情報公開して、評価手法や標準化を進め、企業参入者を増やして当該の産業分野の活性化を図る戦略に振り分けして、効率的な知財管理を進めることとしている。

【知財管理】

① 特許技術および、特許化しない技術の棲み分けの考え方

（オープン戦略）

・「機体システム構想」については、オープン戦略により、機体メーカやエンジンメーカ、システムメーカ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）

・「材料、構造、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。

（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 のコミッティ活動への参加を考慮する。

② ＮＥＤＯプロジェクトにおける知財マネジメントの枠組み

ＮＥＤＯプロジェクトでの知的財産管理については、「国立研究開発法人新エネルギー・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、委託事業の場合は、全て委託先に帰属させることとしている。

これは「日本版バイ・ドール条項（産業競争力強化法第１７条）」の定めによるものであるが、一方では、国からの競争的資金提供により得られた知財なので、特許を取得した委託先がすべての知的財産を抱え込まずに、同じく国からの競争的資金提供により技術開発しているプロジェクト、国が産業育成を図っている産業分野に対して、委託先が知財提供できる範囲と秘匿しておきたいノウハウの範囲に分けて、委託先が管理するための枠組み作りを依頼する取り組みをしている。

（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	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

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

本事業で設定しているアウトカム目標は以下のとおり。

＜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）

今回の評価対象となる事業「航空機用先進システム実用化プロジェクト/国プロ：⑧-1～⑧-4」のうち⑧-1 と⑧-2 については引き続き委託開発事業にて研究開発を継続し、2050 年頃までの広胴機および細胴機向けの電動推進システムに採用されるように事業化を目指す。

⑧-3 と⑧-4 については、2030 年代以降に市場が急拡大すると想定されている大型ドローン、eVTOL、小型機向けの電動推進システムにて採用されることを目指す。

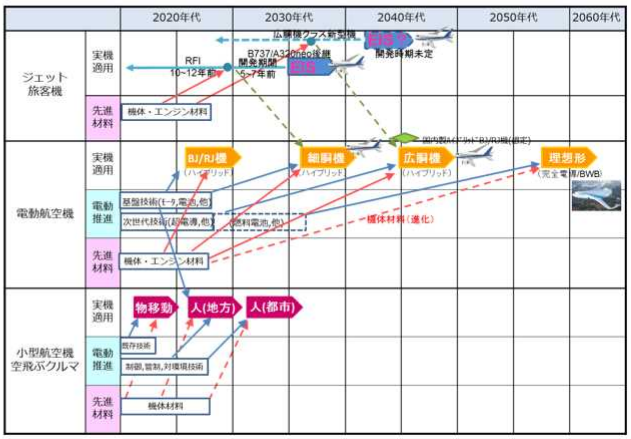
アウトカム目標	根拠
電動航空機市場での売上シェア達成 (2050)：　760億円/年 (細胴機＋広胴機)	航空機分野の技術戦略
eVTOL市場での売上シェア達成 (2040)：　1.3兆円　(eVTOL)	同上
CO2削減の達成(2050)：　37Mt/年（細胴機＋広胴機）	同上

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）



＜達成見込み＞

国プロ⑧：【評価対象事業】（実施期間：2019 年度～2023 年度）

【事業化】のステップに移行する研究テーマ：

・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ムテム】：
　国内 eVTOL メーカとの協力のもと、2030 年頃までの事業化を目指している。

【後続事業】のステップに移行する研究テーマ：

・⑧-1：九州大学コンソ：【超電動推進システム】
　後続事業（交付金）：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）ＩＨＩ：【電動ハイブリッドシステム】

後続事業（GI 基金）：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、2050 年頃までに事業化を目指す。（事業期間：2024 年度 ～ 2025 年度）

2.2. アウトプット目標及び達成状況

本事業で設定しているアウトプット目標は以下のとおり。

＜アウトプット目標＞

本事業では、航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上試験および高高度飛行環境を模擬した特殊試験にて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。　この目標を達成するにより、国内外の航空機メーカに一定の成熟度を持つシステムであることをアピールし、次世代航空機への電導推進技術として機体 OEM への提案が可能となることを目指す。

当該目標を達成するために、

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」

の 4 テーマによる研究開発テーマを設定し、各々以下の目標達成を目指すようにした。

⑧-1「高効率かつ高出力電動推進システム」

本研究では、超電導技術を活用し、小型・軽量、高効率・低エミッションの航空機用電気推進システムを開発する。500 kW 級全超電導モータ、1 MW 級の超電導推進システムの試作・特性評価を介し、超電導発電機・ケーブル・モータ、低温動作インバータ、冷却システム等、個々の構成機器の基盤研究とこれらのシステム化研究を行い、現行のジェットエンジンと同等以上の高出力密度を持つ 100-200 人乗り航空機の電気推進システムの開発を目指して、研究コンソーシアム体制を組み、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 500kW 級超電導モータ推進システムの試作と評価を行い、TRL6（※1）の達成を目指した。

超電導技術は、すでに超電導発電システムや、医療用 MRI の外部強磁界発生の超電導コイルに使用されている。またリニア新幹線にも使用されているが、民間航空機を想定して、高高度上空の条件下での運転を目指し、かつ落雷による超電導状態（マイスナー効果）の破壊から、すぐに超電導状態への復帰が期待出来る高温超電導（液体窒素温度：65K）線材である REBCO 系（銅酸化物系）を使用した全超電導モータ（永久磁石を使用しない）の開発事例は、極めて少ない。この全超電導モータのステータ側（外側）界磁磁界は三相交流磁界であり、ロータ側の超電導電磁石（内側）には直流の超電導電流を使用している。　このため産業界にて使用されている三相同期モータと同等の構成となり、高い速度応答性が期待出来る。

研究開発項目	最終目標　(2024 年 3 月)	根拠
1.基盤技術開発		
①基盤技術開発 ②超電動ケーブル ③冷却システム	・基板技術の確立 ・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
④超電動線材	・長尺線材の基盤技術確立 ・システム用シールドの基板技術確立	・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	・低温で大電流対応のインバータが必要のため、材料探索を行い、半導体の素子化を

	の開発	検証
2.システム検証		
① 500kW 級モータ 地上検証	・200-500kW モータの航空対応条件に対する地上試験	・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 級モータ 特殊試験	・上空環境（低温・低圧）下での、超電動モータの作動評価	・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。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基盤技術開発搭載対象機材規模と求められる超電動モータの性能諸元	・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

⑧-2：軽量蓄電池：

本研究では、2030 年においてセル単位でエネルギー密度 1000Wh/kg 以上、出力密度 1500W/kg 以上の製品が蓄電池メーカに要求されるとの市場予測をもとに、その性能を満足できる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 400 Wh/kg 級の積層セル/CMU/BMU の設計と蓄電池システムの試作を行う。蓄電池システムとして TRL6（※1）の達成を目指した。

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、その特性を満たす、最有力の候補である「リチウム硫黄電池(LiS)」の硫黄正極の性能改善に関する研究開発を行う。得られた研究開発成果をもとに、実際に小型セルのプロトタイプモデルを試作し、電動航空機への適用の可能性について、実機、もしくは実機相当の地上試験を行った。さらに、大型電動航空機への適用を目指して、硫黄正極電池の高率放電性能の向上を目指した。

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	正極の硫黄担持率の高め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）	細胴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/cm2 以上の面積容量密度 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動作サイクル数として設定 中間評価後、負極研究を追加
⑤500 Wh/kg 級の小型セルの実証検証	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、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 ・機能確認環境/安全試験合格（DO-160/DO-311）	航空機搭載に必要な、蓄電池システムとしての軽量化と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

⑧-3：電動ハイブリッドシステム：

次世代電動推進システムを将来航空機に導入する際の課題としての小型・軽量化に着目し、導入段階で課題となる高空での高電圧利用を可能とする材料、構造を明らかにする。また発展性のある優れた制御性能を有し軽量・コンパクトな革新的原動機としてのハイブリッド推進システムを実現する電力制御および熱・エアマネジメントを実用化する必要があるため、電動ハイブリッド航空機の実現に向けた電力制御及び熱・エアマネジメントシステムを中核とした次世代電動推進システムについて、その実用化で解決すべき課題に取り組み、これらのシステムを地上実証することをめざした。 **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(※1)の達成を目指した。**

研究開発項目	最終目標　(2024 年 3 月)	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完了	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	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	
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	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	

⑧-4：推進用電動機制御システム：

本事業の研究成果を更に発展した場合の製品化の最終目標は、座席数 10 席級の小型機(モータ最大出力 500kW クラスを想定)向け電動モータを開発することにある。 なお、本研究開発では 500kW までの大型化を目指していないが、それは、今後、急速に市場が急激に拡大すると予測され、「無人航空機宅配便」の主力と市場関係者が予想している「大型ドローン」、「エアタクシー」向けに採用が予測される「eVTOL」向けの 100kW級電動モータシステムを研究開発対象にしたためである。 特にベンチマーク値としての「出力密度 6kW／kg」を空冷式にて実現することは機体の軽量化に重要な技術要素であり、それを狙って開発を進めた。 高出力かつ高出力密度の空冷方式電動機及びその駆動コントローラシステムを開発し、100kW 級推進用として実現可能であることを証明し、TRL6 （※1）の達成を目指した。

なお、今後の標準的な航空機用装備品の開発を行う際の指標となるべく、

・マルチフィジックス解析による最適設計 CAE プラットホームを構築し、100kWモータシステムの最適設計を行なった。

・本研究にあたっては、20kW級のモータシステムを比例的にサイズアップするだけで実現できるものではなく、高密度巻線、高排熱技術及び高効率駆動技術などの技術要素を盛り込み、空冷式の出力 100kW、出力密度 6kW/kg のモータシステムを実現した。

・航空機搭載環境を考慮した高信頼性モータ・ドライブシステムの製品開発を行なった。(EMC 技術等)。また、航空機搭載機器としての故障等の予兆検出システムを確立した。

・航空機搭載に向けた装備品認証の取り組みと最新の認証手法の適用した製品開発を行なった。

といった、製品化の際の規制当局(例：FAA)による型式認定を容易に受検しやすいようなドキュメント化を設計開発段階から取り入れる手法を用いた。

研究開発項目	最終目標(2024 年 3 月)	成果 (実績)
①最適化設計プラットホームの構築	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、プラットホームとして構築	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ホ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	出力／回転速度／トルク	機体メーカと調整し、設定した仕様

モータの実現、評価	・100kW 以上／1900rpm／520Nm（瞬時） ・55kW 以上／1600rpm／320Nm（連続） ・出力密度：6kW/kg(モータ部)	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)	出力／回転速度／トルク ・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

※1 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。

（参考）TRL7:システムプロトタイプが実環境において実証されていること。TRL: Technology Readiness Level（1～9 で示される技術成熟度）

＜達成状況＞

研究開発テーマ毎に定めている達成目標に対して以下の達成状況である。

⑧-1「高効率かつ高出力電動推進システム」

【各研究項目の開発の進め方】

研究開発テーマ⑧-1 の研究開発項目では、(a)「要素技術開発」と、(b)「機器システム検証」とに分けて研究開発を進めた。(a)「要素開発」にて先行して技術リリースした後に、有識者にて構成される「要素検討委員会」に諮り、(b)「機器システム検証」ステージとして「試作品」に搭載が妥当であるか可否について、判断を行いながら開発を推進した。

（本研究開発テーマでの研究コンソーシアムの詳細は、『3. マネジメント / 3.1. 実施体制 / 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」の研究体制』--- 「3-1 頁」を参照）

（研究分担）

No	研究項目設定	細分	研究項目設定（細分）		研究開発分担
①	航空機用超電導推進システム要素技術開発	①-1	超電導回転機基盤技術開発	回転機基盤技術開発	（大）九州大学、（国研）産業技術総合研究所、FFJ 合同会社、大陽日酸（株）
				超電導巻線技術開発	（大）九州大学、（国研）産業技術総合研究所、FFJ 合同会社、
				軸受構造開発	（大）九州大学、大陽日酸（株）
				超電導回転機ケーシング構造開発	（株）神戸製鋼所、（大）九州大学、大陽日酸（株）
		①-2	超電導ケーブル基盤技術開発	ケーブル基盤技術開発	FFJ 合同会社、（大）九州大学、（国研）産業技術総合研究所
				ケーブル接合技術開発	FFJ 合同会社、（大）九州大学、（株）神戸製鋼所、大陽日酸（株）（国研）産業技術総合研究所
		①-3	冷却システム基盤技術開発	冷却システム基盤技術開発	大陽日酸（株）、（大）九州大学
		①-4	超電導線材基盤技術開発	低損失線材開発	（国研）産業技術総合研究所、FFJ 合同会社、（大）九州大学、
				磁場中特性向上技術開発	（国研）産業技術総合研究所、FFJ 合同会社、（大）九州大学、
				軽量シールド技術開発	（国研）産業技術総合研究所、（大）九州大学、
		①-5	低温動作半導体技術開発	極低温動作半導体材料開発	（大）九州大学
②	航空機用超電導推進システム	②-1	500kW 級超電導モータ検証	500kW 級超電導モータ設計	全研究機関

	機器機能検証			500kW 級超電導モータ製作	全研究機関
				500kW 級超電導モータ基礎評価	（大）九州大学、
		②-2	１MW級超電導推進システム検証	１MW推進システム基礎概念	全研究機関

（無印：委託先）

【各研究項目の達成状況】

(a)「要素技術開発」

①-1「超電導回転機基盤技術開発」

事業終了時の達成目標としていた「250-500kW 級全超電導モータの基盤技術確立」は、400kW 級全超電導モータ」と「400kW 級全超電導発電機」の検証機にて採用した要素技術となっている。この検証機は小型電動航空機に採用可能な全超電導モータの出力レベルである。

この開発の後に当初に予定していた「0.5-1MW システム用回転機概念確立」については、リージョナルジェットに搭載可能なモータ出力レベルであるが、こちらについては検証機の製作までは実施せず、システム成立性についての机上確認までの実施とした。

将来的な最終目標となる 20MW 級全超電導モータは、最も需要が多い細胴機(単通路)の旅客機の出力を想定しており、本事業の後継事業にて研究開発を継続する予定としている。

①-2 超電導ケーブル基盤技術開発

事業終了時の達成目標とした「0.5-1MW システム用ケーブル概念確立」は、①-1 に対応する超電導線材の開発であり、設定した目標を達成している。更に 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を実施した。

①-3 冷却システム基盤技術開発

事業終了時の達成目標とした「250-500 kW モータ用冷却システム基盤技術確立」は、①-1 に対応する冷却システムの開発であり、設定した目標を達成している。 更に 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を実施した。 本事業の後継事業にて研究開発を継続する予定としている。

①-4 超電導線材基盤技術開発

事業終了時の達成目標とした「スクライビング加工により 10 分割した 100m 長線材において、温度 70K、磁束密度 1.2T の環境下において、電流密度 300A/cm の電機子用線材を実現し、歩留り 60%以上」、「100m 長線材において、温度 70K、磁束密度 2.5T の環境下で電流密度 500A/cm 以上の界磁コイル用線材を実現」については目標を達成している。20MW システム用シールド基盤技術を課題と対策の明確化を実施した。 本事業の後継事業にて研究開発を継続する予定としている。

①-5 低温動作半導体技術開発

事業終了時の達成目標とした「65K で動作する半導体素子の開発」については、再委託先である東海国立大学機構が研究している GaN-PSJ HEMT による液体窒素温度：65K 下の低温動作試験を実施している。液体窒素温度：65K 下にて GaN-PSJ HEMT 出力スイッチング素子のノーマリーオープン特性を実現するために、更に特性を改善する必要がある。

(b)「航空機用超電導推進システム機器機能検証」

②-１ 500kW 級超電導モータ検証

事業終了時の達成目標とした「250-500kW 超電導モータを製作し、定格出力試験、航空対応条件に対する地上評価を実施し、実機搭載の実現性を評価する」については、すべての目標を達成し、世界初の「400kW 級全超電導モータ」の動作試験としてプレス発表も行った。

航空機に搭載するためには、全超電導モータの更なる軽量化と周辺装置の軽量化が必要であり、液体窒素温度：65K 下にて動作する高性能インバータが完成していないが、本研究成果は世界初の結果となっている。

②-2 １MW級超電導推進システム検証

事業終了時の達成目標とした「0.5-1MW 超電導推進システムにおいて軽量化に必要な要素群の技術開発」を実施し、1MW 級超電導推進システムの成立性を検証した。

（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基盤技術開発	・基板技術の確立 ・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超電動ケーブル		・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ューポンプを製作	○	－
④超電動線材	・長尺線材の基盤技術確立 ・システム用シールドの基板技術確立	・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	・200-500kW モータの航空対応条件に対する地上試験	・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、超電動モータの作動評価	・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基盤技術開発搭載対象機材規模と求められる超電動モータの性能諸元	・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	○	－

達成度：◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達

⑧-2「軽量蓄電池」

【各研究項目の開発の進め方】

研究開発テーマ⑧-2 の研究開発項目では、電動航空機用蓄電池システムに求められるエネルギー密度、出力密度、充放電サイクル寿命の要求に対して、最も有力候補である「リチウム硫黄電池」(Li-S)の性能改善に関する研究開発を実施した。　研究開発項目①～⑥を設定し、電池に

関する要素技術開発となる①～④については、委託先と再委託先にて、全体の要素研究を分担し、また研究開発項目の一部については研究連携を実施した。　なお、①～④の研究成果をもとにした「実証検証」となる⑤、および⑥については、（株）GS ユアサにて実施した。

（本研究開発テーマでの研究コンソーシアムの詳細は、『3.マネジメント / 3.1.実施体制 / 研究開発テーマ⑧-2：「軽量蓄電池」の研究体制』--- 「3-2 頁」を参照）

（研究分担）

No	研究項目設定	達成年度	細分された研究項目設定	研究開発分担
①	硫黄を担持する多孔性炭素粒子の研究開発	2021	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。	（大）関西大学(※1)、 （株）GS ユアサ
		2023	硫黄の担持質量割合が 60%を超えて理論容量に近く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し、500 Wh/kg 級の小型セルで実証する	
②	硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発	2021	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	（大）関西大学(※1)
		2023	SEI（電極界面被膜）の効果により、容量安定後の充放電 100 サイクルの容量維持率が 80%以上である電解液を開発し、500 Wh/kg 級の小型セルで実証する。	
③	硫黄の溶解を抑制する解液の研究開発	2021	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。	（大）関西大学(※1)
		2023	電極の電子伝導性およびイオン伝導性を改善し、 2CA 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、500 Wh/kg 級の小型セルで実証する。	
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	2023	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。	（大）関西大学(※1)、 （株）GS ユアサ
⑤	蓄電池システムの実証検証 ⑤-1:小型セルの設計 ⑤-2:小型セルの製作 ⑤-3:小型セルの評価	2023	500 Wh/kg 級小型セルを製作する。	（株）GS ユアサ
⑥	蓄電池システムの実証検証 ⑥-1:CMU-BMU の開発 ⑥-2:蓄電池システムの製作 ⑥-3:蓄電池システムの評価	2021	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。 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。 軽量蓄電池の大電流での放電性能については、0.5CA 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。	（株）GS ユアサ
		2023	400 Wh/kg 級積層セルを製作する。さらに、適合する CMU、BMU を設計し、蓄電池システムのプロトタイプモデルを製作する。 OEM メーカーの要求仕様を確認したのちに、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の達成）	

（無印：委託先、※1：再委託先）

【各研究項目の達成状況】

① 硫黄を担持する多孔性炭素粒子の研究開発

リチウム硫黄電池の電池性能改善のために 再委託先の関西大学との研究連携により、「硫黄正極技術」、「電解液技術」および「新規要素技術」の３つに大別される要素技術開発を実施

した。　これらの要素技術開発において、「硫黄炭素複合体技術」エネルギー密度：500 Kh/kg を達成する硫黄正極の開発を硫黄の担持質量割合が 60%を超え、理論値に近い充放電が安定した電極炭素材料と担持方法を開発することができた。

② 硫黄の溶解を抑制する電解液の研究開発

研究開発目標に適合する「FEC/VC 系電解液技術」、および「イオン液体技術」のコア技術を開発した。この結果エネルギー密度：500 Kh/kg を達成し、硫黄正極の性能低下を抑える電解液の開発を達成した。　当初の開発目標では充放電 50 サイクル(充放電サイクル試験後：容量維持率 80%)を達成することを目標としていたが、中間評価時に充放電サイクルを 2 倍の 100 サイクル（容量維持率 80%）を目指すべきとのコメントを受け、充放電サイクル回数を増やすように目標設定の変更をしたが、本事業期間内にては充放電サイクル 70 サイクルまでの性能改善しか達成できていない。 しかし事業開始当初の目標値(50 サイクル)は達成しているので、委託事業者から見た場合には、本事業期間内での追加の努力目標であったエクストラ・サクセスがまだ実現できていないという状況と判断している。

但し、充放電サイクル 100 サイクルが達成できていない原因分析の絞り込については分析・考察ができているので、性能改善は（株）GS ユアサが保有するコア技術：3 点による継続研究によって改善できるとの追加報告を受けている。

③ 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

①+②による高エネルギー密度となる蓄電池の要素開発の方向性とは別に、大電流(=2CA 程度)の繰り返し放電を行っても電極劣化を発生することなく使用が可能となる技術を開発するために、硫黄正極に対する電極の電子伝導性の改善の開発を行い、大電流の放電を実施しても硫黄の溶解が起こりにくく、負電極への Li デンドライト析出が進展しにくい特性をもつイオン電解液を開発した。

④ リチウム金属負極の性能向上のための研究開発

①+②+③の開発成果をもとに、十分な充放電可逆性を持つような技術を開発した。

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試験を行った。

⑤ 500 Wh/kg 級の小型セルの実証検証

⑤－1.小型セルの設計/⑤－2.小型セルの製作/⑤－3. 小型セルの評価

①～④の技術を融合した 500 Wh/kg 級小型セルの性能実証に成功した。 さらに、蓄電池システムの実証検証においては、21 年度までに確立した電池設計技術に基づき、中型積層パウチセル（10 Ah 級）の性能実証とともに、軽量化を技術コンセプトとした電池モジュールおよび電池システムを開発した。それらの蓄電池システムのプロトタイプモデルを用いて、TRL6 相当の実証検証を完了した。

⑥ 蓄電池システムの実証検証

⑥－1. CMU-BMU 開発/⑥－2. 蓄電池システム（軽量モジュール）の開発/⑥－3. 蓄電池システムの評価)

⑤の成果を反映し、400 Wh/kg 級積層セル/CMU/BMU を設計し、実際の蓄電池システムに組み上げたレベルでの試作を実施した。　また、OEM メーカの要求仕様を確認し、試作した蓄電池システムについて、モジュール環境試験を実施して、実用化に向けての課題抽出を行った。

（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	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	△	各種要素技術（多硫化物溶出抑制添加剤、人工 SEI 技術、多孔質集電体技術等）適用や運転条件最適化（DOD 制御）により、エネルギー密度と寿命性能を両立
③放電レート	2CA 発現	新規電解液技術を備える 500 Wh/kg 級小型セルにて、2CA での放電容量発現（0.1C 充電容量の 86%）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/cm2 以上の面積容量密度 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	○	-
⑤500 Wh/kg 級の小型セルの実証検証	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、 積層セルのエネルギー密度 500 Wh/kg 以上（520 Wh/kg）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、機能確認環境/安全試験合格（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。 ・単セルでの DO-160 環境試験ク リア、DO-311 安全性試験におい て、一定レベルの高安全性実証	○	-

達成度：◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達

⑧-3「電動ハイブリッドシステム」

【各研究項目の開発の進め方】

本研究開発テーマにおいて、(1)：「ハイブリッド電動推進システム」では、研究開発対象としているハイブリッド電動推進システムについての概念検討と本事業にて製作するリグ試験の基本機能(ベースライン)を定義することを目的として実施した。

(2)：「電動推進電力システム」では、(2)-①：「ハイブリッド用発電システムに関する研究」、(2)-②：「分散ファン用電動機の性能推定に関する研究」、(2)-③：「高出力密度電力変換器に関する研究」の３テーマに分けて研究開発を進めた。

(3)：「熱・エアマネジメントシステム」では、(3)-①：「熱・エアマネジメントシステムに関する研究」、(3)-②：「熱・エアマネジメントユニットに関する研究」の２テーマを実施した。この研究項目の成果としては、熱・エアマネジメントシステムに搭載する空冷化電力制御システムの「実用型ヒートシンク」 を開発することになった。

(1)、(2)、(3)の３研究項目の研究成果をもとに (2)：「電動推進電力システム」および、(3)：「熱・エアマネジメントシステム」による研究成果を用いて「ハイブリッド用発電機」と「熱・エアマネジメント研究」の試験リグを各１台ずつ完成させ、公的な研究試験所である秋田県のカッパーフェザー(研究設備の管理者：秋田大学)に導入することができた。　カッパーフェザーに導入された試験リグを使用して「ハイブリッド電動推進システム」と「熱・エアマネジメントシステム」の成立性について安全性、燃料消費量、及び搭載性・整備性の観点から評価した。　その結果から、耐空性審査要領に示される安全性要求を満たしうること、燃料消費量を3.3%削減できること、及び搭載性・整備性についても問題がないことを確認した。

（本研究開発テーマでの研究コンソーシアムの詳細は、『3.マネジメント / 3.1.実施体制 / 研究開発テーマ⑧-3：「電動ハイブリッドシステム」の研究体制』--- 「3-3 頁」を参照）

（研究分担）

No	研究項目設定	細分	細分された研究項目設定	研究開発分担
(1)	ハイブリッド電動推進システム	(1)-①	電動ハイブリッド航空機のシステム構成に関する研究	（株）ＩＨＩ
		(1)-②	ハイブリッド電動推進システムの概念設計に関する研究	（大）東京大学(※2)
(2)	電動推進電力システム (2)-①: ハイブリッド用発電システムに関する研究 (2)-②: 分散ファン用電動機の推定に関する研究 (2)-③: 出力密度電力変換器に関する研究	(2)-①(a)	発電システムの研究	（株）ＩＨＩ
		(2)-①(b)	発電機構造の研究	（大）岡山大学(※2)
		(2)-①(c)	高性能電磁材料適用の研究	（株）ＩＨＩ
		(2)-①(d)	発電機評価技術の研究	（大）秋田大学(※2)
		(2)-①(e)	高性能絶縁材料適用の研究	住友精化（株）(※1)
		(2)-①(f)	遮断システムの研究	（学）立命館大学(※2)
		(2)-①(g)	電源グリッドの研究	（学）大阪産業大学(※2)
		(2)-②(a)	電動機性能推定およびシステム評価手法の研究	（学）秋田県立大学(※2)
		(2)-②(b)	モデルベース開発の実用化研究	（株）日立ソリューションズ(※1)
		(2)-③	高出力密度電力変換器に関する研究	三菱電機（株）(※1)
(3)	熱・マネジメントユニットに関する研究 (3)-①: 熱・エアマネジメントシステムに関する研究 (3)-②: 熱・エアマネジメントユニットに関する研究	(3)-①(a)	システム連携の研究	（株）ＩＨＩ
		(3)-①(b)	熱･エアインタフェースの研究	（大）東京大学(※2)（2020 年度まで）、（株）ＩＨＩ（2020 年度以降）
		(3)-①(c)	燃料排熱空調の最適化の研究	（株）島津製作所(※1)
		(3)-①(d)	数値モデルおよび評価手法の研究	（大）秋田大学(※2)
		(3)-①(e)	空冷化電力制御システムのエアマネジメントの研究	（株）ＩＨＩ
		(2)-①(f)	空冷化電力制御システムの搭載性の研究	（株）ナブテスコ(※1)
		(2)-①(g)	ハイブリッド電源システムのエアマネジメントの研究	（株）ＩＨＩ
		(2)-①(a)	エアマネジメントユニットの研究	（株）ＩＨＩ
		(2)-①(b)	熱マネジメントユニットの研究	住友精密工業(株)(※1)

（無印：委託先、※1：再委託先、※2：共同実施者）

【各研究項目の達成状況】

(1)：ハイブリッド電動推進システム

(1)-①：電動ハイブリッド航空機のシステム構成に関する研究

電動ハイブリッド航空機システムを(2)，(3)のリグ試験での結果を踏まえて検討し，成立性を安全性、燃料消費量、及び搭載性・整備性の観点から評価した。

結果，耐空性審査要領に示される安全性要求を満たしうること、燃料消費量を 3.3%削減できること、及び搭載性・整備性についても問題がないことを確認した。

(1)-②：ハイブリッド電動推進システムの概念設計に関する研究

ハイブリッド電動推進の方式として ATeDP と PTeDP を想定し、航空機及びエンジンのシミュレーションモデルを用いて燃料消費量削減効果を算出した。ハイブリッド化率、電装品の出力密度等をパラメータとした感度解析により、電装品への出力要求及び出力密度要求を評価した。　その結果，PTeDP、TEEM、熱・エアマネジメントシステムを組み合わせ、電力システムを共通とすることで現状の技術レベルにおいても燃料消費量削減効果が得られることが明らかになった。

(2)：電動推進電力システム

(2)-①ハイブリッド用発電システムに関する研究

(2)-①(a)：発電システムの研究

MW級発電機プロトタイプモデルの設計、製造を行った。高電圧耐性、電流密度、発電機トルクについての性能評価から、ハイブリッド電動推進システムに必要となる２MW発電機の実現性を確認した。　電力システムの成立性として、エンジン加減速時の電力負荷を変化させた際の電源バスの電圧変動を評価し、適切なフィルタの設定をすることにより、急峻な負荷変動下においても電圧変動以内に制御できることを確認した。

(2)-①(b)：発電機構造の研究

発電機の損失を低減する構造に加え、平角線を用いた高出力密度発電機の電磁気、および発熱分布モデルを設計し、１MW発電機プロトタイプの構造設計を実施した。

１MW発電機プロトタイプモデルにおいて確認された渦電流損失の低減策を検討し、巻線エンドにおける渦電流を低減することを解析により確認した。

(2)-①(c)：高性能電磁材料適用の研究

発電機内で発生する渦電流損失の低減に向けた軟磁性材の形状や積層方法について、加工、成形における劣化傾向に係る調査を行い、設計に反映し、発電機性能評価試験を通して、影響の有無を確認し、プロセスの妥当性を確認した。

(2)-①(d)：発電機評価技術の研究

部分放電の発生メカニズム、絶縁破壊に至る事前予測の観点から、放電発生時のパワースペクトル密度分析を実施し、一部の周波数帯に特徴的な変化を確認した。

更に、絶縁破壊前後における電気特性変を定量的に評価することにより絶縁破壊の事前予測に繋げられる可能性があることがわかった。

(2)-①(e)：高性能絶縁材料適用の研究

高耐熱絶縁材の施工について、材料特性、および塗装プロセスの観点から、巻線への施工方法の妥当性を確認した。MW発電機試験において、２MW発電機に相当する電流密度での運転、耐電圧特性の評価を通しての絶縁特性、およびその特性変化に起因する発電機性能への影響は確認されず、絶縁材の妥当性を確認した。

(2)-①(f)：遮断システムの研究

永久磁石型同期発電機における短絡モードの挙動を把握し検出ロジックを検討した。　第 1 次評価用テストベッドでの初期評価に続き，第 2 次評価用テストベッドによる評価を行い，大電流の遮断に必要な課題を特定した。

(2)-①(g)：電源グリッドの研究

将来の電動化航空機において適用を想定される直流高電圧バス向けに，ハイブリッド並列型遮断器およびマトリクスインダクタの提案を行った。　上記提案システムについて，400V，600A の条件にて試験を実施し，短絡事故発生時にも健全な端子の電圧変動が許容値範囲内で維持されることを確認した。

(2)-②分散ファン用電動機の性能推定に関する研究

(2)-②(a)：電動機性能推定およびシステム評価手法の研究

ハイブリッド電動推進システムの評価のために、電動ファンシミュレータを開発し、本シミュレータを活用したモデルベースデザイン手法により電動ファンおよび電力リグ装置の性能を評価した。ハルバッハ配列永久磁石から着想を得た新しい電動機をモデル化して電動ファンシミュレータを構築するとともに、システムの評価結果に基づき次世代大出力推進システムの性能を推定した。

(2)-②(b)：モデルベース開発の実用化研究

分散ファン用電動機の性能推定に関する研究において、モデルベース開発の実用化研究について以下の課題に取り組んだ。

- モデルベース開発の課題・対応策の検討
- モデルベース開発の統合仕様の策定
- モデルベース開発の統合仕様の最適化
- モデルベース開発の統合化に対する標準化

モデルベース開発の試行に基づき最適化した統合仕様をまとめ，標準化に関する提言をまとめた。

(2)-③高出力密度電力変換器に関する研究

(2)-③：高出力密度電力変換器に関する研究

(2)-③では、ハイブリッド航空機向けマルチレベル電力変換器の適合性を試作前に検証するため、システムレベルで統合評価可能なシミュレーションモデルを構築した。

最終年度では、これまでに開発したスイッチング素子の特性モデルと 2 レベル/3 レベルインバータの損失モデルに基づき、指定したスイッチング素子とレベル数に対するインバータの損失と重量を試算可能とした。そして、航空機のフライト最大負荷データに対し適用し、最軽量となるインバータ構成を導出した。

(3)：熱・エアマネジメントシステム

(3)-①熱・エアマネジメントシステムに関する研究

(3)-①(a)：システム連携の研究

熱・エアマネジメントシステムの構成要素である燃料排熱空調システム、エネルギー回収システム及び空冷化電力制御システムについてシステム定義を完了し、具体的な機器構成を明確にした。システム定義に基づいてサブスケールのシステム評価リグを製作し，巡行条件における熱エアマネジメントシステムの試験評価を実施した。　また，リグ試験評価のための熱・エネルギー収支解析モデルを作成し，リグ試験結果とシミュレーション結果との比較評価から40%を超えるエネルギー回収効果があることを示した。

(3)-①(b)：熱・エアインタフェースの研究

(1)-②項にて実施したハイブリッド電動推進システムの概念設計に基づき、電動機器の発熱量及び発熱源の航空機内での分布を定義し、熱インターフェースについて定義を行った。熱制御上の課題となる集中発熱源について特定し、そのうち電動ファンについてはその冷却成立性を解析的に示した。また、本研究開発テーマ⑧-3 における熱・エアマネジメントシステムの成果を考慮して、今後取り組むべき課題であるシステムレベルでのフルスケール実証についてロードマップの形でまとめた。

(3)-①(c)：燃料排熱空調の最適化の研究

熱・エアマネジメントシステムの中核をなす燃料排熱空調システムの全体システムとの最適化を図るため、燃料排熱空調システムのシミュレーションモデル及び 3D モデルを作成し、運用を考慮した最適化を実施した。

(3)-①(d)：数値モデルおよび評価手法の研究

シミュレーションモデルによる解析を用いて、燃料排熱空調システムのエネルギー回収量を定量的に評価し、解析の妥当性を試験によって評価した。　サブスケールの実証試験装置を用い、航空機巡行時の空気状態を再現し、エネルギー回収率を求めた。作動条件として、高度を 26,000 フィートから 35,000 フィートまで段階的に変更し、回収エネルギー量を明らかにした。

(3)-①(e)：空冷化電力制御システムのエアマネジメントの研究

電力制御システムの最も厳しい実環境動作条件として地上駐機状態における高温環境を定義した。　冷却性能評価を行うため、電力制御システムの周囲環境温度を過渡的に制御可能な試験リグを構築し、高温環境試験を実施した。また、使用される電動ターボ機械にとって技術課題となる振動環境試験を行い、環境適合性を部分的に確認した。　これにより、実環境での冷却性能の評価を完了し，空冷化電力化制御システムの設計資料を得た。

(3)-①(f)：空冷化電力制御システムの搭載性の研究

航空機環境・構造及び運用性について考慮した上で、(3)-①(e) 空冷化電力制御システムのエアマネジメントの研究にて定義した空冷化電力制御システムの機器構成、配置、及び搭載環境について整理した。

(3)-①(g)：ハイブリッド電源システムのエアマネジメントの研究

エアマネジメントユニットを活用した燃料電池向け空気供給システムの設計検討を行い，燃料電池向け空気供給システムを模したシステム試験リグを製作し，エアマネジメントユニット組込試験に供した。　システム試験によって、エアマネジメントユニットが燃料電池向け空気供給システムとして適切に動作することを確認した。

(3)-②熱・エアマネジメントユニットに関する研究

(3)-②(a)：エアマネジメントユニットの研究

70kW 級電動コンプレッサ試作機の設計製作，およびロータの耐環境性・耐久性評価を行い，航空機搭載環境において動作可能である見通しを得た。　また，燃料電池向け空気供給システムを模した試験リグに組み込み，電動コンプレッサ試作機が燃料電池への空気供給性能を有することを確認した。

(3)-②(b)：熱マネジメントユニットの研究

燃料排熱空調システムのキーコンポーネントの 1 つである、FCAC の性能確認及び信頼性向上を目指した開発を行った。FCAC を用いた性能試験により、その熱交換性能が、熱・エアマネジメントシステムとして定めた要求性能を満足することを確認した。　また、耐圧試験と要素試験としての腐食試験、コンタミ試験により、耐環境性に問題がないことを確認した。

(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）を完了した。 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。	○	-
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。	○	-
	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。	○	-
	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			

達成度：◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達

⑧-4「推進用電動機制御システム」

【各研究項目の開発の進め方】

研究開発テーマ⑧-4 は航空機の推進用途のうち、航空機の新たな分野として注目されている eVTOL（電動垂直離着陸）をターゲットに、空冷方式の小型高出力密度モータシステムの技術開発を行った。

本研究開発テーマにて、研究開発項目をＡ～Ｅの５項目に設定して委託先、再委託先５者にて分担した。　Ａ：「電動推進システムの設計プラットフォームの構築」については、A-1：「電動モータモデルベースの構築」、A-2：「設計プラットフォームの構築」、A-3：「高効率空冷方式の研究」の３項目に分けた。Ｂ：「100KW 高密度モータの実現評価」については、B-1：「平角線を使った高効率ステータ巻線の研究」、B-2：「アルミ平各線の高周波損失低減」、B-3：「絶縁型高熱伝導材料の開発」の３項目に分けた。Ｃ：「高信頼性モータ・ドライバーシステム」については、C-1：「航空機搭載可能な広帯域・高効率インバータの開発」、C-2：「ＳＡＥ規格を満足するための軽量で安全な回路研究、認証に向けた手順の事前検証」、C-3：「モデルベースデザインを用いたソフトウェア認証」の３項目に分けた。Ｄ：「モータシステムコンセプト設計、プロトタイプの設計・製作・評価」、Ｅ：「高性能テストベンチの導入」は各１項目のままとした。

多摩川精機が「開発担当者会議」(毎月ベース)を開催して、各再委託先での研究開発状況を確認し、全体スケジュール調整を実施した。

(本研究開発テーマでの研究コンソーシアムの詳細は、『3. マネジメント / 3.1. 実施体制 / 研究開発テーマ⑧-4：「推進用電動機制御システム」の研究体制』--- 「3-4 頁」を参照)

(研究分担)

No	研究項目設定	細分	研究項目設定（細分）	研究開発分担
A	電動推進システムの設計プラットフォームの構築	A-1	電動モータモデルベースの構築	（大）諏訪東京理科大(※1)
		A-2	設計プラットフォームの構築	（大）諏訪東京理科大(※1)
		A-3	高効率空冷方式の研究	住友精密工業（株）(※1)
B	100KW 高密度モータの実現評価	B-1	平角線を使った高効率ステータ巻線の研究	ゴコー電工（株）(※1)
		B-2	アルミ平各線の高周波損失低減	（大）信州大学(※1)
		B-3	絶縁型高熱伝導材料の開発	多摩川精機
C	高信頼性モータ・ドライバーシステム	C-1	平角線を使った高効率ステータ巻線の研究	（大）信州大学(※1)
		C-2	ＳＡＥ規格を満足するための軽量で安全な回路研究、認証に向けた手順の事前検証	多摩川精機
		C-3	モデルベースデザインを用いたソフトウェア認証	（株）ＳＣｌａｂＡｉｒ(※1)
D	モータシステムコンセプト設計、プロトタイプの設計・製作・評価	-	モータシステムコンセプト設計、プロトタイプの設計・製作・評価	多摩川精機
E	高性能テストベンチの導入	-	高性能テストベンチの導入	多摩川精機

(無印：委託先、※1：再委託先)

【各研究項目の達成状況】

Ａ　電動推進システムの設計プラットフォームの構築

A-1：「電動モータモデルベースの構築」

航空機向けモータ向けの高出力(瞬時出力：100kW)かつ高出力密度（モータ部で 6ｋ W/kg）を同時に達成するため、以下の細目について研究開発を実施した。

ａ 対象機体の調査と飛行プロファイルの推算

既存の航空機内燃機関エンジンと競合社の開発中の航空機電動モータに関してベンチマーク調査を実施した。　次に、100kW 級モータの搭載可能な対象機体を 選定し、推進系出力性能を推算した。選定した対象機体に関して離陸、上昇、巡航、降下、着陸という飛行プロファイルにおける飛行条件、飛行性能を推算した。

ｂ モータの最適化設計・動作シミュレーション

推算した飛行性能要求を満たすように電磁界解析、熱解析及び構造解析等を用いたマルチフィジックス（連成）解析を行い、モータ設計（磁石配列・磁気回路）を実施した。

得られたモータ性能が対象機体の飛行プロファイルに適合することを動作シミュレーションにより確認した。

c 100kW 級モータシステムの仕様策定

適用機体、海外製品との競争力に関する調査結果に基づき、本システムの仕様 策定を行った。　また、将来の展開に向け、ＭＳＪ（三菱スペースジェット）等の調査及び最新型旅客機に搭載した油圧システムからの電動化に関する調査を実施した。

A-2：「設計プラットフォームの構築」

A-1 で行った CAE を活用した最適設計を推進し、設計ワークフローの統一管理と自動化を行う以下のモータ設計プラットホームを構築した。

a 多目的モータモデルベースの開発

・市販のモータ設計ソフトウェアを用い、課題設定を行った上で磁石配列・磁気回路の構造案に関する簡易設計を実施するシステムの概念設計を行った。

・多目的詳細設計において、出力 100kW 級モータの多目的最適設計を実施し、電磁界解析と熱解析で得られたパレート最適解の大局的構造を把握した。

・実機の設計・開発に向けたトレードオフの関係および問題点を明確化した。

b 多分野モータ設計プラットホームの構築

・設計支援ツールをベースにした、推進システムとしてのモータとインバータを統合した解析（電磁界／電気回路の連成解析）に、熱流体解析による冷却システム設計、構造部品のトポロジー最適化・軽量化を融合したマルチフィジックス解析を行ない、モータ推進システムの設計を実施した。

・これらを通して多目的多分野最適化設計技術を確立した。

A-3：「高効率空冷方式の研究」

A-3 では、システム仕様、モータ設計結果、構造案等から熱設計を行い、冷却方式のトレードオフを行った。

A-1/A-2/A-3 の成果は、Dの「プロトタイプの設計・製作・評価」に反映し、シミュレーション結果との差異についてはモデルにフィードバックした。

B　100KW 高密度モータの実現、評価

B-1：「平角線を使った高効率ステータ巻線の研究」

B-1 では、モータの性能及び効率を向上させるためにアルミの平角線を使った高占積率となる巻線方法を開発した。

B-2：「アルミ平各線の高周波損失低減」

B-2 では、モータの高効率化及び低発熱を実現するために、磁石の渦 電流損と巻線の交流銅損低減方法を検討した。

B-3：「絶縁型高熱伝導材料の開発」

モータの大出力化（大型化）により比表面積（表面積／体積）が減少し冷却 性能は低下するが、これを補うため高い熱伝導率を持つ絶縁型高熱伝導材料の開発を行い、モータへの適用を行った。

B-1/B-2/B-3 のそれぞれの研究成果は、同様に研究開発項目Dに反映し、差異については設計プラットフォームのモデル側にフィードバックした。

C　高信頼性モータ・ドライバーシステム

C-1：「航空機搭載可能な広帯域・高効率インバータの開発」

モータの高出力密度化に併せて、モータを駆動制御するためのドライブシステムについても、高出力密度化、高信頼性、環境適合性（特にＥＭＣ）及び安全性を達成することが必須となる。本研究開発項目では、高出力密度化のための高帯域・ 高効率技術、航空機搭載の電子機器ハードウェア開発プロセス規格に適合した 回路技術、ソフトウェア 2 良く開発するためのモデルベース手法を利用した方式を実証し、製品化における要素技術と認証プロセスの検討を行った。

Ｃ-2：「ＳＡＥ規格を満足するための軽量で安全な回路研究、認証に向けた手順の事前検証」

Ｃ-2 では、電気推進システムにおける性能、安全性、信頼性、電源要求及びシステム間のインタフェース等について規格化の動向を調査し、その情報に基づいて推進用電動機制御システムの安全性・信頼性解析を実施し、認証を想定した適合性証明計画書及び関連する書類の作成を行った。また、推進用電動機制御システムの安全性・信頼性向上のため、装置が異常を発出する前にその予兆を検出するＡＩによる診断システムを検討し、故障予兆の検出性能の評価を行った。　正常状態と故障状態のデータを識別する方法としては、ＭＴ法（Maharanobis-Taguchi System）により、マハラノビス距離を算出・判別して、異常状態を検出した。ＡＩ診断プログラムに与えた正常状態と異常状態の教師データがまだ十分ではないため異常状態検出の正答率が低いままであり、実機搭載して市場投入するまでには継続研究が必要と考えられる。

Ｃ-3：「モデルベースデザインを用いたソフトウェア認証」

Ｃ-3 では、インバータ部のモータ駆動制御プログラム（ソフトウェア）において、民間航空機のソフトウェア開発プロセスのＤＯ－１７８Ｃ及びその関連規格のモデルベース開発（ＭＢＤ）ＤＯ－３３１に基づき、ＭＡＴＬＡＢ／Ｓｉｍｕｌｉｎｋによる動的シミュレーションモデルからの自動的にソース コードを生成して、認証のためのプロセスの確立を検討した。研究開発の完了時に、商品化をする際に必要となるデータ（書類）を完成させた。

Ｃ-1 の成果は、同様に研究開発項目Ｄに反映し、差異についてはモデルにフィードバックした。

Ｄ　モータシステムコンセプト設計、プロトタイプの設計・製作・評価

「要素開発」であるＡ～Ｃの研究成果を反映して、100kW モータ級空冷式モータテムの設計・製作・評価を実施した。　「要素開発」による予測結果と実機にて発生した差異については、モデル側にフィードバックしてその原因を確認して修正を行った。　先行研究(NEDO 先導研究プログラム)での成果物である 20kW 級電動推進システムにて達成したシステム効率よりも大幅な効率改善を実現した。（モータ効率 95%、インバータを含めての全体効率 91.9%）

Ｄ－1：１００ｋＷモータシステムの設計

Ａ－1 の検討結果を基にプロトタイプの仕様を決定し、Ａ～Ｃによる検討結果を基に設計を行い、解析による検証を実施した。　設計においては海外ＯＥＭの意見を聞き、設計に反映した。

Ｄ－2：１００ｋＷモータシステムの製作

Ｄ－1 にて行った設計結果によりプロトタイプの製作を行った。

Ｄ－3：１００ｋＷモータシステムの評価

製作したプロトタイプを用い、試験計画に基づき、Ｅにて製作するテストベンチにて評価を実施した。 また、環境試験、ＥＭＣ試験を実施した。

評価結果から目標とするＴＲＬ６に対し達成度を評価した。

Ｅ　高性能テストベンチの導入

環境試験機にて実績ある外注先に技術仕様書を提示し、環境試験・ＥＭＣ試験に対応できる可搬式の負荷装置を導入した。ＥＭＣ試験と、故障予知システムの研究(C-2 の研究内容の一部)の際に故障モードに対するＡＥセンサと電流センサからの計測データ取得に使用した。

（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最適化設計 プラットホームの構築	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、プラットホームとして構築	プラットホーム構築を完了	○	-
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）	ASTM F3338-21 規格： 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 Si 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)	○	瞬時 103kW を基準としてモータ設計定格出力を算出したところ 53.6kW となったため、53.6kW を目標値として開発を実施。（55kW も設計上は出力可能）
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）	出力／回転速度／トルク ・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.）

達成度：◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達

＜前身事業との関連性＞：

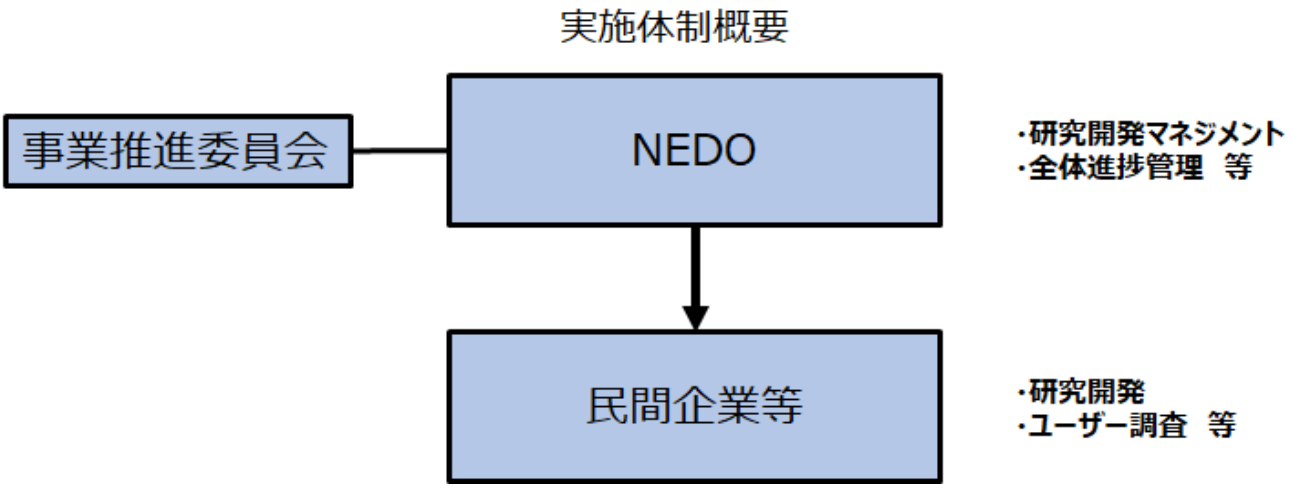
前身事業や先導研究等	取組の成果とその評価
・先導研究 革新的航空機用超電導推進システム概念設計 (2018/6-2019/5) → ⑧-1 超電導	・1kW全超電導回転機の作成と試験評価/20MWシステムの概念設計 サブスケールモデルで超電導回転機の原理を実証 要素技術の進展により出力を向上し、航空機推進系システムとしての実現可能性が評価された。 →本プロジェクトの500kWモータ開発へ結実
・研究開発項目⑦ 次世代エンジン電動化システム研究(2016-2019) → 先導研究：革新的ハイブリッドシステムの研究 (2019-2020) → ⑧-3 電動ハイブリッド(2020-2023)	・300℃耐熱、250kw級電動機の開発 エンジン低圧タービン駆動軸に連接する発電機として、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

3. マネジメント

3.1. 実施体制

本事業では、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のうえ、事業委託して実施している。

実施体制を以下に示す。



・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

実施者（委託先）：(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

実施者（委託先)：（株）GS ユアサ

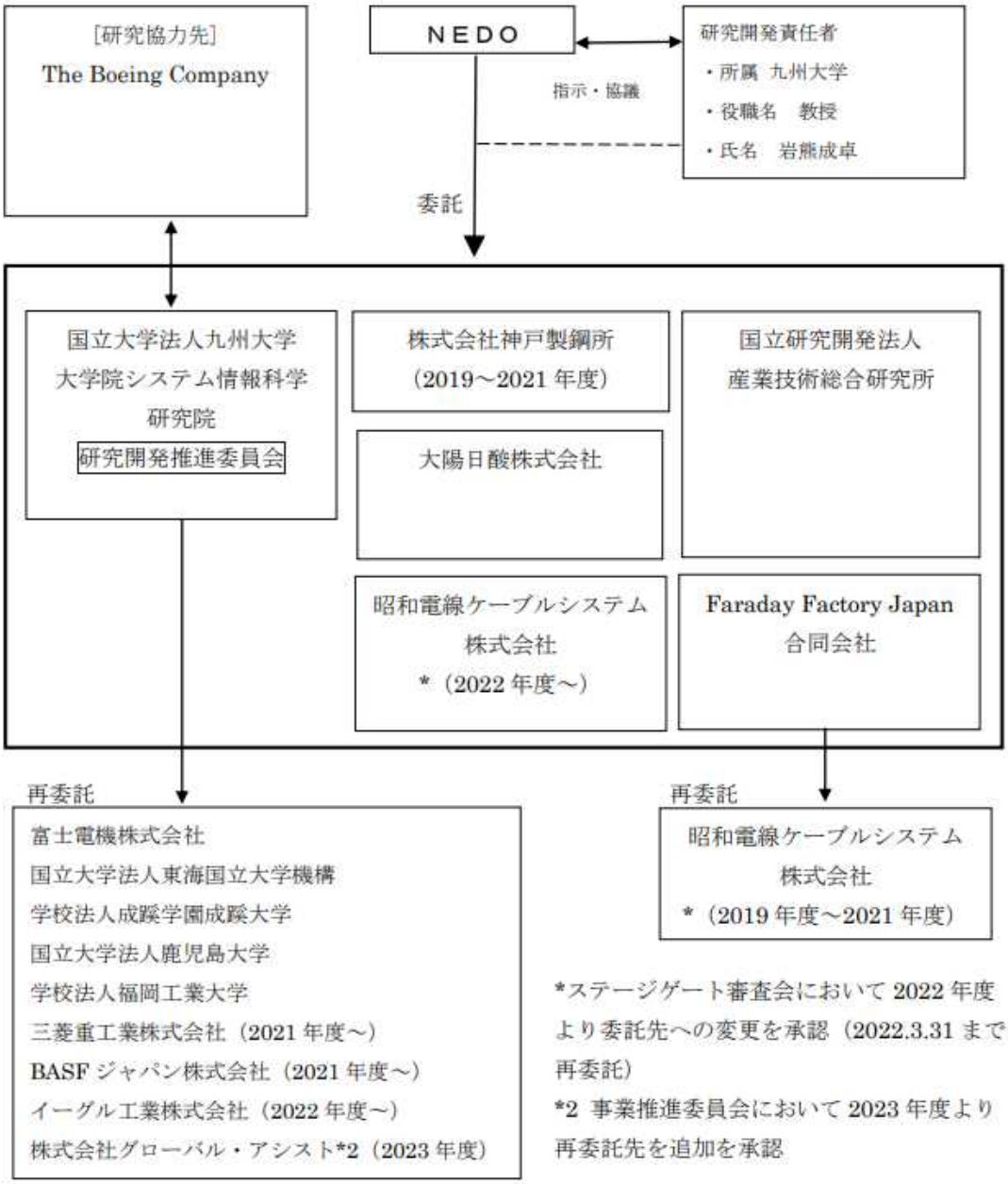
-電動ハイブリットシステム

実施者（委託先）：（株）ＩＨＩ

-推進用電動機制御システム

実施者（委託先）：多摩川精機（株）

研究開発項目⑧-1：「高効率かつ高出力電動推進システム」の研究体制

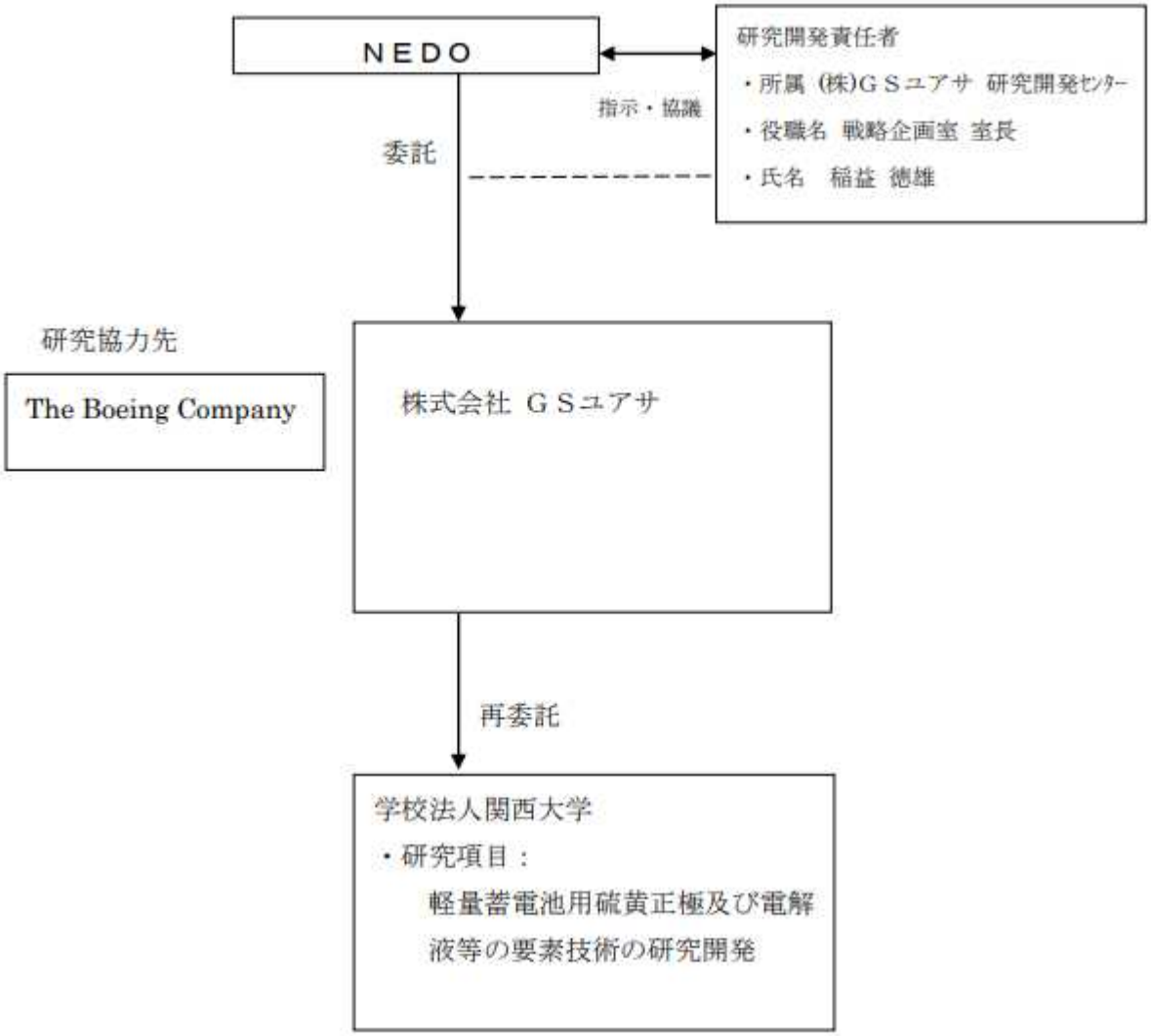


実施体制構築をするに当たっては、広く一般に公募を行い、NEDO 技術委員(有識者)による採択審査を実施した。

公募予告から採択公表までスケジュールは以下のとおりである。

・公募予告：2019 年 2 月 22 日
・公募開始：2019 年 3 月 22 日
・公募〆切：2019 年 4 月 22 日
・採択審査委員会：2019 年 5 月 15 日
・採択公表：2019 年 6 月 24 日

研究開発項目⑧-2：「軽量蓄電池」の研究体制

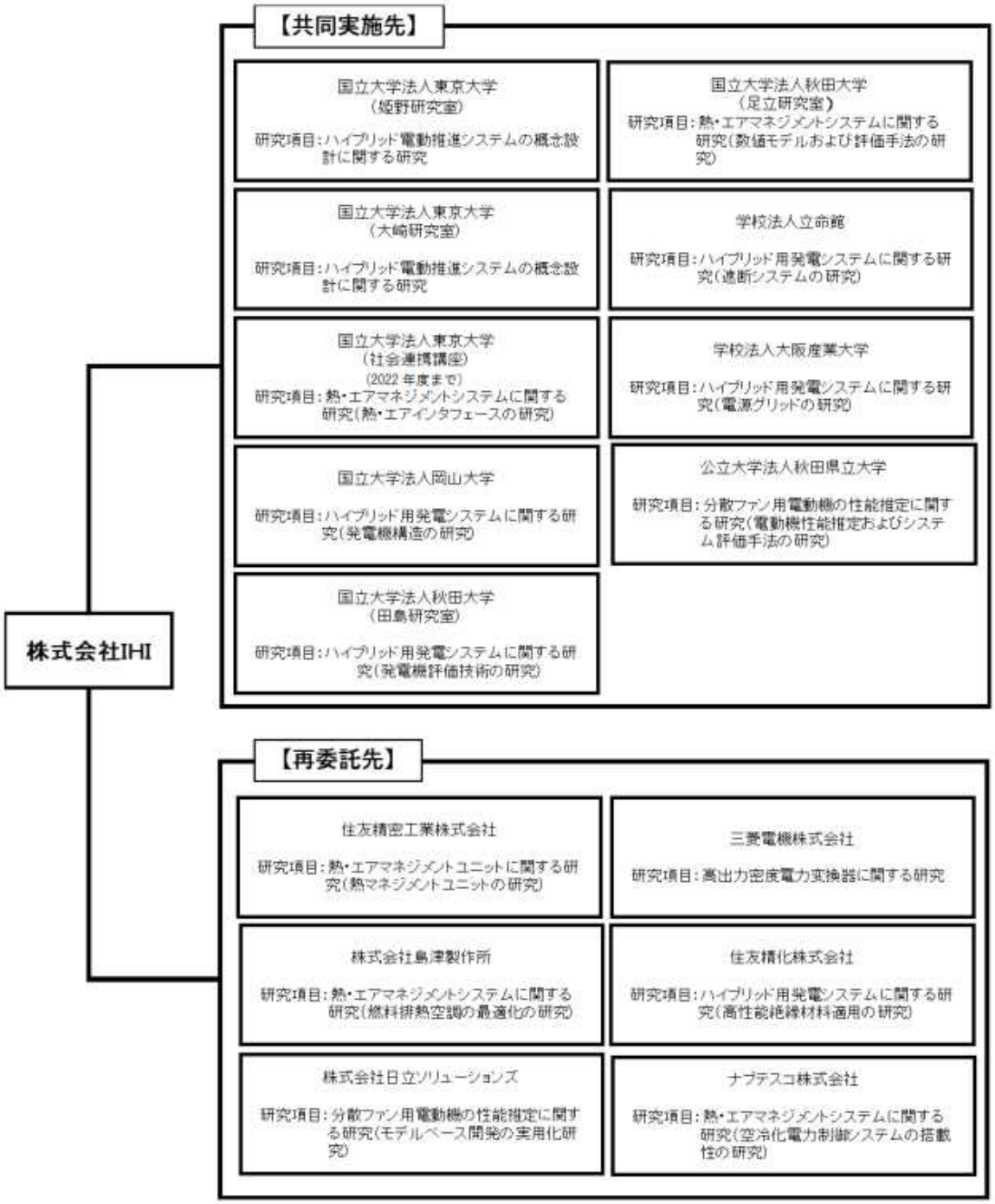


実施体制構築をするに当たっては、広く一般に公募を行い、NEDO 技術委員(有識者)による採択審査を実施した。

公募予告から採択公表までスケジュールは以下のとおりである。

・公募予告：2019 年 2 月 22 日
・公募開始：2019 年 3 月 22 日
・公募〆切：2019 年 4 月 22 日
・採択審査委員会：2019 年 6 月 6 日
・採択公表：2019 年 7 月 4 日

研究開発項目⑧-3：「電動ハイブリッドシステム」の研究体制

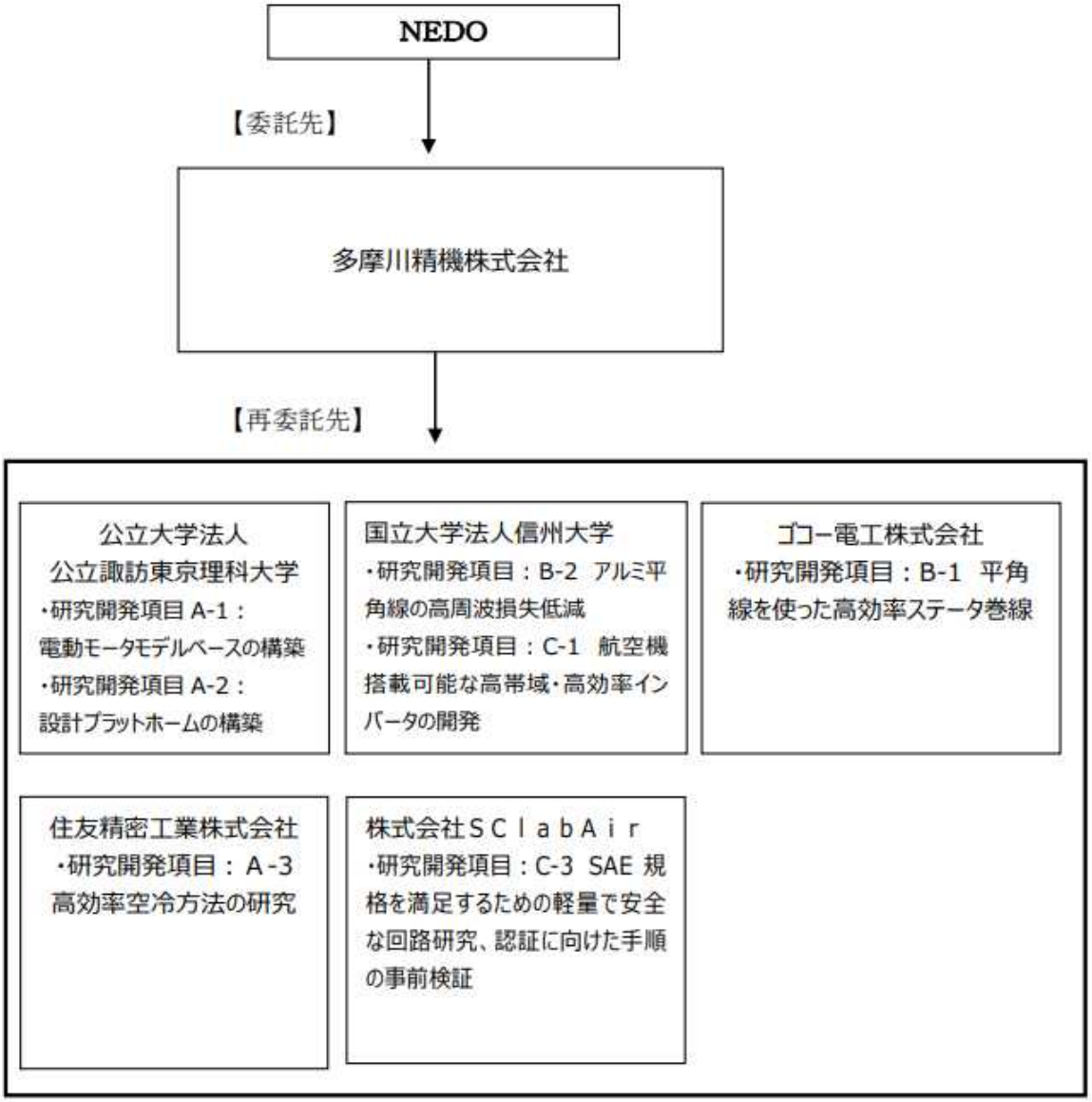


実施体制構築をするに当たっては、広く一般に公募を行い、NEDO 技術委員(有識者)による採択審査を実施した。

公募予告から採択公表までスケジュールは以下のとおりである。

・公募予告：2020 年 2 月 24 日
・公募開始：2020 年 2 月 25 日
・公募〆切：2020 年 3 月 25 日
・採択審査委員会：2020 年 4 月 21 日
・採択公表：2020 年 6 月 2 日

研究開発項目⑧-4：「推進用電動機制御システム」の研究体制



実施体制構築をするに当たっては、広く一般に公募を行い、NEDO 技術委員(有識者)による採択審査を実施した。
公募予告から採択公表までスケジュールは以下のとおりである。
・公募予告：2021 年 2 月 10 日
・公募開始：2021 年 3 月 10 日
・公募〆切：2021 年 5 月 10 日
・採択審査委員会：2021 年 6 月 4 日
・採択公表：2021 年 7 月 5 日

各研究項目の委託契約先には、「ＮＥＤＯプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」を適用しており、プロジェクト参加者間でのデータの取扱いについての合意書及びデータマネジメントプランを提出させた。

3.2. 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

本事業においては、次世代機体装備品の搭載サイクルとなる 10 年～20 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された。

【インプット】
・事業費用の総額： ９５億円（５年） （内、「⑧電動推進システム」の事業費：８９億円）

航空機用先進システム実用化プロジェクト/⑧電動推進システム(⑧-1 から⑧-4) (但し、2019 年度は 2015 年～2019 年度に実施中の事業費についても含む)	年度	一般（百万円）	需給(百万円)	委託料(百万円)
	2019 年	268	803	1,071
	2020 年	1	1,350	1,351
	2021 年	0	1,900	1,900
	2022 年	0	2,780	2,780
	2023 年	0	2,350	2,350

【アウトカム】（達成時の見込み）

達成項目	年度予測	予測される効果
電動航空機市場での売上シェア	2050 年	760 億円/年（細胴機＋広胴機）
eVTOL 市場での売上シェア	2040 年	1.3 兆円/年（eVTOL）
CO2 削減（最終はネットゼロ）	2050 年	3.7Mt/年（細胴機＋広胴機）

従って、政策的な視点からみた「インプット」と「アウトカム」についての整合性は十分に検討されている。

3.3. 研究開発計画

本事業では、⑧-1 から⑧-4 のそれぞれの開発研究テーマごとに成果物であるサブスケール・プロトタイプの設計・製作を行い、地上試験および高高度飛行環境を想定した特殊試験を実施して、可用性を確認することにより、事業期間内にて開発した研究成果が実用化可能なレベルであることの確認を目指した。 一方、開発したサブスケール・プロトタイプはベースモデルであり、航空機業界に提供する事業化には、機体 OEM による技術評価と、委託事業者がさらに技術的な擦り合わせによる協業が必要となる。 本事業内では、事業化に向けて「民間航空機としての本命である細胴機・広胴機を生産している欧米の大手機体 OEM」向けに、開発成果を継続的にアピールしていくために、「後続事業による支援が継続して必要な事業」（⑧-1：超電導、および⑧-3：電動ハイブリッド）と、世界中で急ピッチに事業化を進める競合企業が続々と出現してきている、「量産化までのタイムフレームが短い事業」(⑧-2：軽量蓄電池、及び⑧-4：空冷式電動モータ)との 2 グループに分けられて公募採択が行われている。

国プロ：「⑧次世代電動推進システム研究開発」は、当初から４テーマを予定して設定していたが、各委託先からの「公募提案」の開発方向性を確認する準備期間として、各テーマ別に 1 年から 2 年の「NEDO 先導研究プログラム」を実施してから、「実施計画書」にて提案されていた研究開発項目の達成レベルと国プロ⑧の公募テーマにて求めている内容との整合性を確認し、国プロ⑧の事業に移行可能であるか否かを確認しながら、採択する方法とした。なお⑧-2 については、公募採択された委託先が、航空機向けの LiB 蓄電池にてすでに高い技術力を持つため、「NEDO 先導研究プログラム」による準備期間は不要と判断した。

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」
の 4 テーマによる研究開発テーマは、各々以下の研究開発スケジュールにて採択した。

【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			プロトタイプの設計/製作、検証		
⑧-2 軽量蓄電池		仕様策定、試作・評価			プロトタイプの設計/製作、検証		
⑧-3 電動ハイブリットシステム		前交付金⑧+先導研究	仕様策定、試作・評価		プロトタイプの設計/製作、検証		
⑧-4 推進用電動機制御システム		前交付金⑧+先導研究		仕様策定、試作・評価	プロトタイプの設計/製作、検証		
評価時期				中間評価			終了時評価
予算 (億円)	⑧-1：委託	321	793	1,090	1,503	1,455	-
	⑧-2：委託	295	429	314	536	411	-
	⑧-3：委託	-	230	235	368	310	-
	⑧-4：委託	-	-	189	130	57	-

図 2 研究開発スケジュール

＜進捗管理等＞

当該プロジェクトの進捗等を管理するために、以下の会議体等を組成し、進捗管理等を行ってきた。

NEDO 会議名	出席者メンバー	対象・目的	頻度	主催者
技術推進委員会	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

表 1. NEDO 主催の研究開発の進捗管理会議

また、研究コンソーシアム内にて研究連携を密に実施する必要があると委託先が判断した場合には、自主的に共同研究先(NEDO 委託先)、または委託先が業務委託先(再委託先)との定期会議を開催するようにした。(会議開催通知、会議の議事録を開催後に、NEDO に報告している。)

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	九州大学コンソ
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

表 2. 委託事業者主催の進捗管理会議

＜情勢変化等の把握＞

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（（国研）宇宙航空研究開発機構（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うけ滞留した。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。

＜成果普及への取り組み＞

各研究テーマを担当する委託先による各種研究会合での論文発表、専門雑誌への投稿記事、新聞発表が適宜行われてきた。詳細については、添付資料の「特許論文等」の一覧表を参照されたい。

当機構からの対外的な成果発表は、「2024 国際航空宇宙展」にて講演を行う予定としている。

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：　東京ビックサイト

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

＜開発促進財源＞

本事業の遂行にあたり、委託先との情報交換を密に行い、海外情勢や情勢変化、研究開発の作業効率を図る目的で開発促進財源投入を実施。

具体的には、2022 年度に 4.9 億円の開発促進財源を投入した。主な事例は以下のとおり。

No.	件名	研究開発テーマ	年度	金額（百万円）	目的	成果・効果
1	・巻線技術の確立 ・三次元コイルの寸法測定装置購入	⑧-1	2022	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。
2	・幅広線材の開発	⑧-1	2022	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。
3	・新材料プラスティックを使ったシール材技術の確立	⑧-1	2022	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。
4	・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	⑧-2	2022	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
5	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	⑧-3	2022	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の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
6	・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	⑧-4	2022	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
7	・故障予兆システムの開発	⑧-4	2022	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、機器の故障を予知するシステムを 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

4. 目標及び達成状況の詳細

4.1. 研究開発項目⑧-1：高効率かつ高出力電動推進システム

テーマ名	高効率かつ高出力電動推進システム	達成状況	○
実施者名 （再委託先）	九州大学（富士電機、東海国立大学機構、成蹊大学、鹿児島大学、福岡工業大学、三菱重工業、BASF ジャパン、イーグル工業、グローバルアシスト）、産業技術総合研究所、大陽日酸、Faraday Factory Japan、SWCC、神戸製鋼所		
達成状況の根拠	航空機用超電導推進システム要素技術開発の成果を適用して、400kW 級全超電導モータを製作し、モータモード及び発電モード運転を確認した。更に、特殊評価として、50,000ft に相当する環境での回転試験で健全性を確認すると共に超軽量超電導ケーブル、超電導線材、低温動作半導体の材料開発を含め 20MW システムに向けた各要素の開発とともに課題と対策を整理することができた。また、１～２MW 超電導推進システムに対し、軽量化につながる先進的要素技術の開発を実施した。また、飛行試験を想定したシステム検証課題整理を行うとともに、飛行試験に対する機体候補及び飛行実証実施業者の選定を行った。これらの開発を通し、全ての研究開発項目で最終目標を達成することができた		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

[背景]

世界的な脱炭素化の潮流の中で、IATA は、「2050 年実質ゼロ」目標を掲げた。航空機の脱炭素化に対しては、これまで、現行のターボファンエンジンにおいては、すでに技術的には飽和しており、これ以上の高性能・高出力化が難しいと言う段階に至っている。その有力な解決策として電気推進化が考えられているが、鉄心と銅線から成る従来の回転機・ケーブルでは重すぎて、本末転倒の結果を招くため、全超電導回転機･ケーブルの採用が最有力候補として挙げられている。しかし、欧米で公表されている開発の基本コンセプトは、超電導関連の概念設計は実にラフなもので、選択は今後の研究開発次第とされている。欧米で超電導電気推進航空機の開発研究は、その主体は超電導関連の知識を持ち合わせず、世界中の超電導関連研究者・研究機関の情報収集を行っている段階である。特に電機子巻線に用いる超電導線材の低交流損失化が最重要視されているものの、その具体策は示されていない。

[目的]

本研究では、超電導技術を活用し、小型・軽量、高効率・低エミッションの航空機用電気推進システムを開発する。超電導発電機・ケーブル・モータ、低温動作インバーター、冷却システム、超電導線材等、個々の構成機器の基盤研究と 500 kW 級全超電導モータの試作・特性評価、更には、1 MW 級の超電導推進システムに向けた先進的基盤技術の開発を介し、現行のジェットエンジンと同等以上の高出力密度を持つ100-200 人乗り航空機の電気推進システムを目指した開発を実施し、実用化を促進することを目的としている。

[プロジェクトアウトカム目標との関係]

世界で前例のない数百ｋW 級の全超電導モータを実現し、上空環境での動作までの運転を確認すると共に超電導ケーブル、冷却システムなどの要素技術及び各種先進的要素技術の開発は、次フェーズで想定されている２MW 級の超電導推進システム開発につながる成果であり、その後に更なるスケールアップやシステム化、飛行試験等を経て中・大型航空機の実用化につながる。また、２MW の超電導機器及びシステムは、早期の社会実装を期待できる他の用途への展開も期待できる。

●アウトプット目標

①「航空機用超電導推進システム要素技術開発」

①―１　超電導回転機基盤技術開発

・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

①―２　超電導ケーブル基盤技術開発

・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

①―３　冷却システム基盤技術開発

・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

①―４　超電導線材基盤技術開発

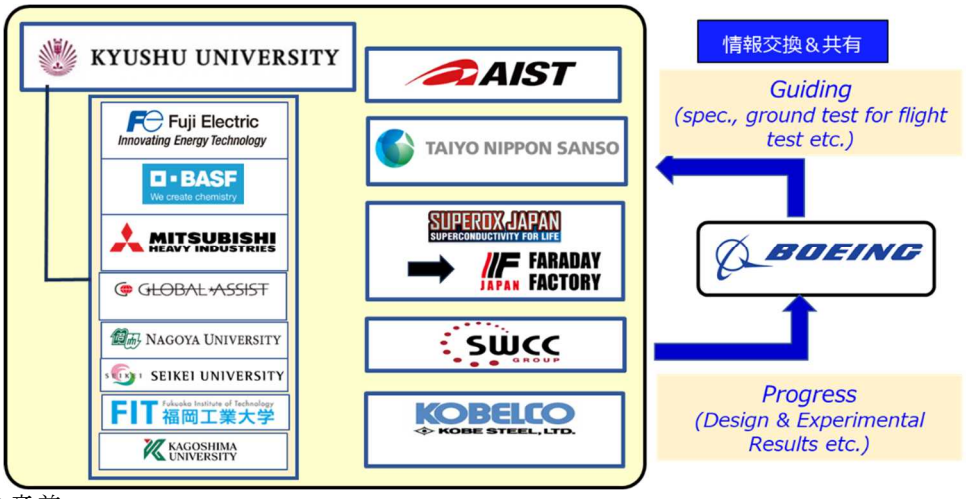
・スクライビング加工により 10 分割した 100m 長線材において、温度 70K、磁束密度 1.2T の環境下で電流密度 300A/cm の電機子用線材を実現し、歩留り 60%以上を達成する。

・100m 長線材において、温度 70K、磁束密度 2.5T の環境下で電流密度 500A/cm の界磁コイル用線材を実現する。

・20MW システム用シールド基盤技術を確立する。

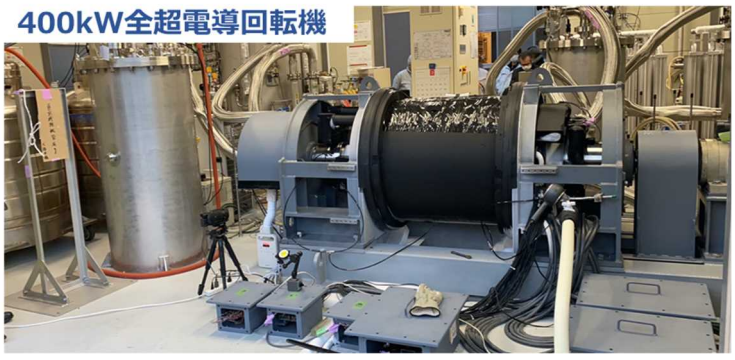
①―５　低温動作半導体技術開発
・65K で動作する半導体素子の開発
②「航空機用超電導推進システム機器機能検証」
②―１　500kW 級超電導モータ検証
・250-500kW モータの修正（含再製作）を行い、航空対応条件に対する地上評価を行うことで実機搭載の実現性を評価する。
②―２　１MW級超電導推進システム検証
・0.5-1MW 超電導推進システムにおいて軽量化に必要な要素群の技術開発を製作し、基礎評価を行うことで、超電導推進システムの成立性を検証する。

●実施体制



●成果とその意義

前半では、研究項目①「航空機用超電導推進システム要素技術開発」の各要素技術開発（「①―１　超電導回転機基盤技術開発」、「①―２　超電導ケーブル基盤技術開発」、「①―３　冷却システム基盤技術開発」）において、後半に実施する研究項目②「航空機用超電導推進システム機器機能検証/②―１ 250-500kW級超電導モータ検証」で作製する全超電導モータに向けた各種基盤要素技術（超電導回転機、超電導ケーブル、冷却システム基盤技術）を開発した。これらの開発技術成果に対して、「超電導モータ要素技術選定委員会」において既存の技術との比較等を行うことで、全超電導モータに採用する要素技術（同期機、CFRP ケーシング、断熱材、低温シール材、鉄ヨーク、スリップリング、熱交換冷却システム等）を決定した。後半には、採用することとした要素技術を用いて、400kW 級全超電導モータを製作し、モータモードで 460rpm の回転と共に、2500rpm において発電モード運転を確認した。更に、特殊評価として、S-Birdにおいて、50,000ft に相当する温度(-55℃),圧力(11.6kPa)において、3Hz 回転試験での健全性を確認した。並行して、上記の研究項目①「航空機用超電導推進システム要素技術開発」の後半では、研究項目②の進展及び机上検討を踏まえて20MW システムに向けた各要素の課題と対策を整理することができた。



加えて、研究項目①「航空機用超電導推進システム要素技術開発」では、上記以外に、「①―４　超電導線材基盤技術開発」及び「①―５　低温動作半導体技術開発」の２項目において、全期間を通して材料開発を実施した。前者では、RE 系超電導線材において、磁場中高 Ic 化技術開発で、人工ピン止め点導入等で特性向上を図り、100m 長線材で電流密度 500 A/cm 以上@温度 70K、磁束密度 2.5T を達成した。また、低損失線材開発で、スクライビング技術開発を行い、10 分割－100m 長線材で電流密度 300 A/cm@温度 70K、磁束密度 1.2T かつ歩留り 60%以上を達成した。また、線材を用いた小型コイルを作製し、シールド基礎特性を把握すると共にその知見に基づき、シールドの解析を行い、２０MW システムへの課題と対策の整理を実施した。また、後者では、GaN 材料を基本として低温動作可能な材料開発を実施し、65 K で動作する PSJ 半導体素子で低損失を確認し、有効性を確認すると共にノーマリーオフ特性に関しても解決策に目途を得た。

更に、研究項目②「航空機用超電導推進システム機器機能検証/②―２　１MW級超電導推進システム検証」では、１～２MW 超電導推進システムに対し、軽量化（進歩性）につながる先進的要素技術の開発を実

施すると共に飛行試験を想定したシステム検証課題整理を行った。前者に関して、具体的には、界磁子対応の鞍型コイル、電機子対応の分布巻コイル、表面テクスチャーシール、薄肉ヨーク、軽量ケーブル＆ワンタッチ接続、軽量熱交換器等の開発に取り組み、全ての項目において、モデル機で有効性を確認すると共に、それらの先進要素技術を取り入れた２MW 級全超電導回転機の概念設計を行い、技術適用への目途を得た。後者に関しては、飛行試験に対する搭載候補の機体及び飛行実証実施業者の選定を行うと共に飛行試験に向けた全体スケジュール案を策定した。更に、機体調達、機体改修、飛行試験の予算見積も実施した。

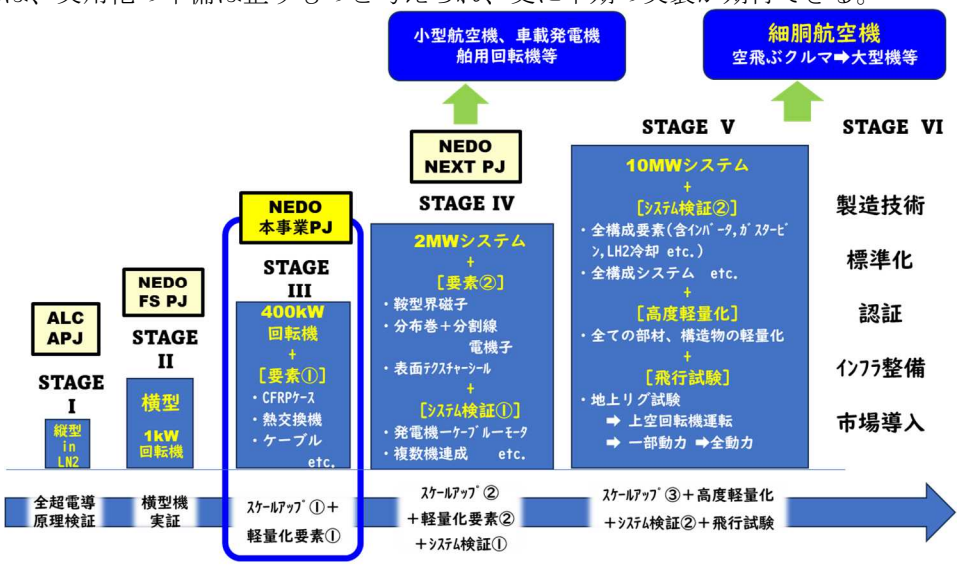
上述の開発を通し、全ての研究開発項目で最終目標を達成することができた。

●実用化・事業化への道筋と課題

本事業における研究成果は、高効率で大出力密度を特徴とする超電導電気推進システムに関するものであり、少なくとも発電機・ケーブル・インバータ・モータ・冷却システムまでのパッケージとしての製品となる。CO2 削減が強く求められている航空機分野へ主に反映されるもので、ビジネスジェット以上の航空機への適用が想定され、特に、電動化に対して常電導システムでは対応が不可能である中で、機体数が最も多い 100～150 人乗りの航空機の推進システムへの適用が最も効果的な市場と考えられる。この推進システムのパッケージは航空機の重要なエンジン機構として、ボーイング、エアバスなどの航空機メーカーが販売先として考えられる。本システムは、エンジン機構の部品ではなく、パッケージの推進システムとして直接の販売を想定している。また、波及的分野としては、空飛ぶクルマが考えられるが、この分野では、ベンチャーから大企業、分野も車業界、航空機業界等多岐にわたることが想定されるが、何れにおいても製品メーカーへの直接販売が想定される。

今後の道筋として、本命である 100～150 人対応の航空機は、20MW の推進パワーが必要であり、スケールアップと航空機全体の構成に適応したシステム開発が必要となる。また、航空機への適用には、航空機の運転条件及び安全性、信頼性を確保するための評価が必要である。更には、商用には様々な認証も必要である。

また、上記の推進と並行して、本技術の早期社会実装への取り組みの可能性も想定している。空飛ぶクルマに関しては、既に世界中で開発がすすめられ、法規制等の課題は整備されつつあると言える。従って、並行して、本技術を基にした技術的な開発が進められれば、飛行機に比べて導入障壁は低くなり、比較的早い時期に社会実装ができる可能性が高い。加えて、大容量の車載、艦載発電機等の展開は、次のステージ後には、実用化の準備は整うものと考えられ、更に早期の実装が期待できる。



●期間・予算 (単位:百万円)	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy
	321	793	1,090	1,503	1,455

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
14 件	36 件	171 件	18 件	1 件

4.2. 研究開発項目⑧-2：軽量蓄電池

テーマ名	軽量蓄電池	達成状況	○
実施者名 （再委託先）	委託先　（株）GS　ユアサ 再委託先　学校法人関西大学		
達成状況の根拠	アウトプット目標の 6 項目のうち、5 項目の成果において目標を達成した。目標未達の技術課題である「充放電サイクル寿命性能の向上」については、劣化要因の解明を一定レベル終了し、その改善技術コンセプト（電解液技術、硫黄炭素複合体技術、Li 金属負極技術、多孔質集電体など）の提案が一部できている。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

［背景］

近年，地球温暖化や環境問題が深刻化するなか、航空機の電動化の重要性が増している。航空機からの温室効果ガスの排出がもたらす影響は大きく、これに対応することが急務とされている。環境負荷軽減や経済性、整備性向上のために、推進系を含めた航空機の電動化が進むと考えられているが、従来の電動推進システムは、飛行に求められる質量当たりの容量・出力の点において旅客や貨物輸送に供する実用レベルに至っていない。そのために、この電動推進システムを構成するモーターやケーブル、発電機、蓄電池等の軽量化、および電力制御システムの高効率化が必要とされている。

［目的］

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、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見通しを得るために、電池系として最も有力候補である「リチウム硫黄電池」の性能改善に関する研究開発を行う。得られた研究開発成果をもとに、小型セルにて性能実証を行う。さらに、CMU(Cell Monitoring Unit)、BMU(Battery Management Unit)などの制御ユニット、モジュール構造、パック構造などの基本仕様開発を行うとともに、実際に蓄電池システムのプロトタイプモデルを製作して、電動航空機への適用の可能性について、飛行環境を模擬した地上試験において、機能性を確認する。以上のことを目的とした。

［プロジェクトアウトカム目標との関係］

資源制約が無く、かつ安価な資源を用いた硫黄正極を備える高エネルギー密度の軽量蓄電池の実用化が達成されることによって、最終目標の大型電動航空機への社外実装に加えて、ドローン、HAPS、小型エアタクシーなどのアプリケーションへの段階的な社会実装が期待されることから、新しい事業の創生が可能になる。加えて、再生可能エネルギー用の蓄電池産業、宇宙産業、およびロボット産業（アシスト・介護）など、電池の軽量化が渇望されている産業分野への波及効果が見込まれる。

●アウトプット目標

① 硫黄炭素複合体技術の研究開発（理論容量相当の容量発現によるエネルギー密度の向上）

［中間目標］硫黄の担持質量比率 60%以上で安定に充放電できる電極炭素材料と硫黄担持方法の開発。

［最終目標］硫黄の担持質量比率 60%以上の硫黄正極において理論容量相当の発現（500 Wh/kg 級小型セルにて実証）

② 電解液技術の研究開発（充放電サイクル寿命性能の向上技術）

［中間目標］容量維持率 90%以上-50 サイクル

［最終目標］容量維持率 80%以上-100 サイクル（500 Wh/kg 級小型セルにて実証）

③ 放電レート性能向上技術の研究開発

［中間目標］0.5 CA 放電容量発現

［最終目標］2 CA 放電容量発現（500 Wh/kg 級小型セルにて実証）

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（Li デンドライト形成抑制技術）

［最終目標］10 mAh/cm^2 以上の面積容量密度下において、Li/Li セル 200 サイクル以上安定作動

⑤ 500 Wh/kg 級の小型セルの実証検証

［最終目標］小型積層セルのエネルギー密度 500 Wh/kg 以上

⑥ 蓄電池システムの実証検証

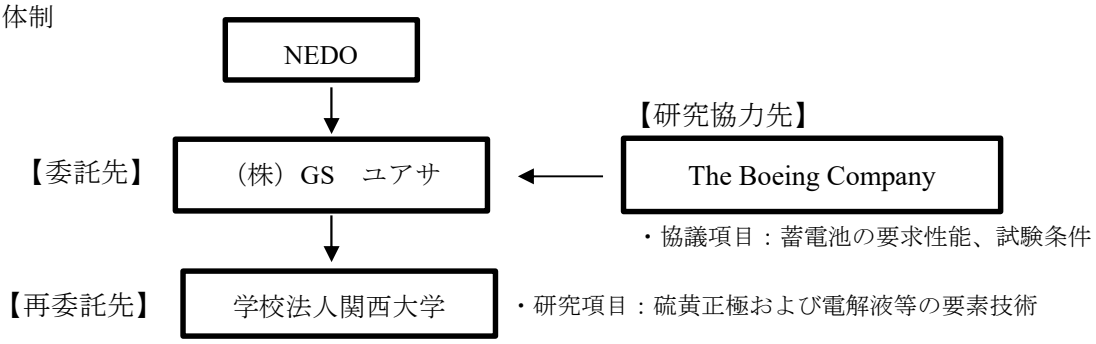
（400 Wh/kg 級積層セルを備える蓄電池システムのプロトタイプモデル試作、機能性確認）

［中間目標］蓄電池システムのプロトタイプモデルの試作

［最終目標］蓄電池システムのプロトタイプモデルの試作および機能性評価、環境/安全性試験合格（DO-160/DO-311）（自主目標：軽量構造-圧迫機構の確立、電池モジュール内のセル質量比率 80%相当）

⇒①から③および⑥の中間目標を全て達成した。それらの最終目標については、中間審査以降に、研究協力先との協議の結果、要求性能を反映して、数値目標の変更を決定した。さらに、④および⑤の目標は、リチウム硫黄電池の性能改善および実用化加速のために、中間審査以降に、あらたに追加した。

●実施体制



●成果とその意義

研究開発項目	最終目標 （2024年3月）	成果
① 硫黄炭素複合体技術	理論容量相当の容量発現	硫黄炭素複合体構造の適正化、および新規電解液技術の適用により、目標達成。
② 電解液技術	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：SOC80-40%制限下で容量維持率100%-70サイクル以上を確認。（目標未達）
③ 放電レート性能向上技術	2 CA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での放電容量発現を確認。
④ Liデンドライト形成抑制技術	10 mAh/cm^{2}以上 Li/Liセル200サイクル以上	イオン液体電解液の適用により、目標達成。
⑤ 小型セルの実証検証	セル・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	プロトタイプモデル試作 機能性確認（圧迫機構、セル質量比率80%相当） 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。

実用仕様（5 Ah 以上）の積層セル（図 1）において、500 Wh/kg 以上のエネルギー密度の性能実証、同セルのパイロットプラントレベルでの製造技術の確立、セル質量比率 80%相当の軽量電池モジュールの開発成果は、国内外の競合に対して、先行していると判断できる。

図 1．実用仕様（5 Ah）の積層セル
（質量エネルギー密度: 500 Wh/kg）

●実用化・事業化への道筋と課題

［社外実装までのマイルストーン］

実用化目標：2027 年度～　ドローン、UAV、HAPS など

実用化目標：2030 年度～　eVTOL、エアタクシーなど

実用化目標　2035 年度～　電動航空機

その他産業用途（再生可能エネルギー用蓄電システム、特殊用途など）

［課題］

要素技術：充放電サイクル寿命性能、入出力、安全性、信頼性の向上技術の研究開発の継続

蓄電池システム：OEM メーカーの各アプリケーションの要求仕様および認証規格に基づく実証試験

●期間・予算 （単位:百万円）	2019FY	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY
	295	429	314	536	411

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
27 件	1 件	16 件	5 件	2 件

4.3. 研究開発項目⑧-3：電動ハイブリッドシステム

テーマ名	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	達成状況	○
実施者名 [共同実施先] (再委託先)	株式会社ＩＨＩ、 [国立大学法人東京大学(渡辺・姫野研究室)]、[国立大学法人東京大学(大崎研究室)]、[国立大学法人東京大学(社会連携講座)(2022 年度まで)]、[国立大学法人岡山大学]、[国立大学法人秋田大学(田島研究室)]、[国立大学法人秋田大学(足立研究室)]、[学校法人立命館]、[学校法人大阪産業大学]、[公立大学法人秋田県立大学]、 (住友精密工業株式会社)、(株式会社島津製作所)、(株式会社日立ソリューションズ)、(三菱電機株式会社)、(住友精化株式会社)、(ナブテスコ株式会社)		
達成状況の根拠	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・評価に基づく技術開発ロードマップを策定し、グリーンイノベーション基金事業へ応募し採択された。 また、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、電動推進電力システムを模擬したリグ試験において、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。 さらに、航空機用として世界最大出力を有する電動ターボ機械の基本性能評価を完了し、熱・エアマネジメントシステムのシステムリグ試験において、エネルギー回収率等の性能、及び巡航高度条件を変えた際の運転評価を完了した。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

[背景]

次世代航空機には更なる安全性・環境適合性・経済性が求められており、また、航空機産業では空飛ぶクルマのような小さな航空機から大型旅客機まで「電動化」が大きな技術開発テーマとなっている。そのため、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しておく必要がある。

[目的]

本研究は、未来の移動手段である将来航空機に対して、既存の推進システムを代替する次世代電動推進システムを適用し、飛躍的な低燃費、低環境負荷を実現し、温暖化対策に資することに加え、原動機システムの進化がもたらす制御性向上を最大限活用し、移動体の安全性や運用性向上に資することを目的とする。

[プロジェクトアウトカム目標との関係]

電動航空機市場のうち、ボリュームゾーンである細胴機をターゲットとした電動ハイブリッドシステムについて、エンジン後方のテールコーン内に MW 級発動機を内蔵すること、及び機体システム内で最大のエネルギー消費システムである空調システムを含む熱・エアマネジメントシステムに、電動ターボ機械技術を適用してエネルギー回収を伴う新たなコンセプトを世界に先駆けて打ち出し、地上実証によりシステム成立性を確立したことで、将来の新たな事業分野への参入に向けた基盤確立を達成した。また、これらシステムのコア技術となる MW 級発動機、及び電動ターボ機械の技術確立により、電動化された航空機への幅広い出口の可能性を創出した。

●アウトプット目標

研究項目(1) ハイブリッド電動推進システム

[中間目標]

- 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。

[最終目標]

- 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。

研究項目(2) 電動推進電力システム

[中間目標]

- 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。

・ 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。

[最終目標]

・ 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。

研究項目(3) 熱・エアマネジメントシステム

[中間目標]

・ 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。

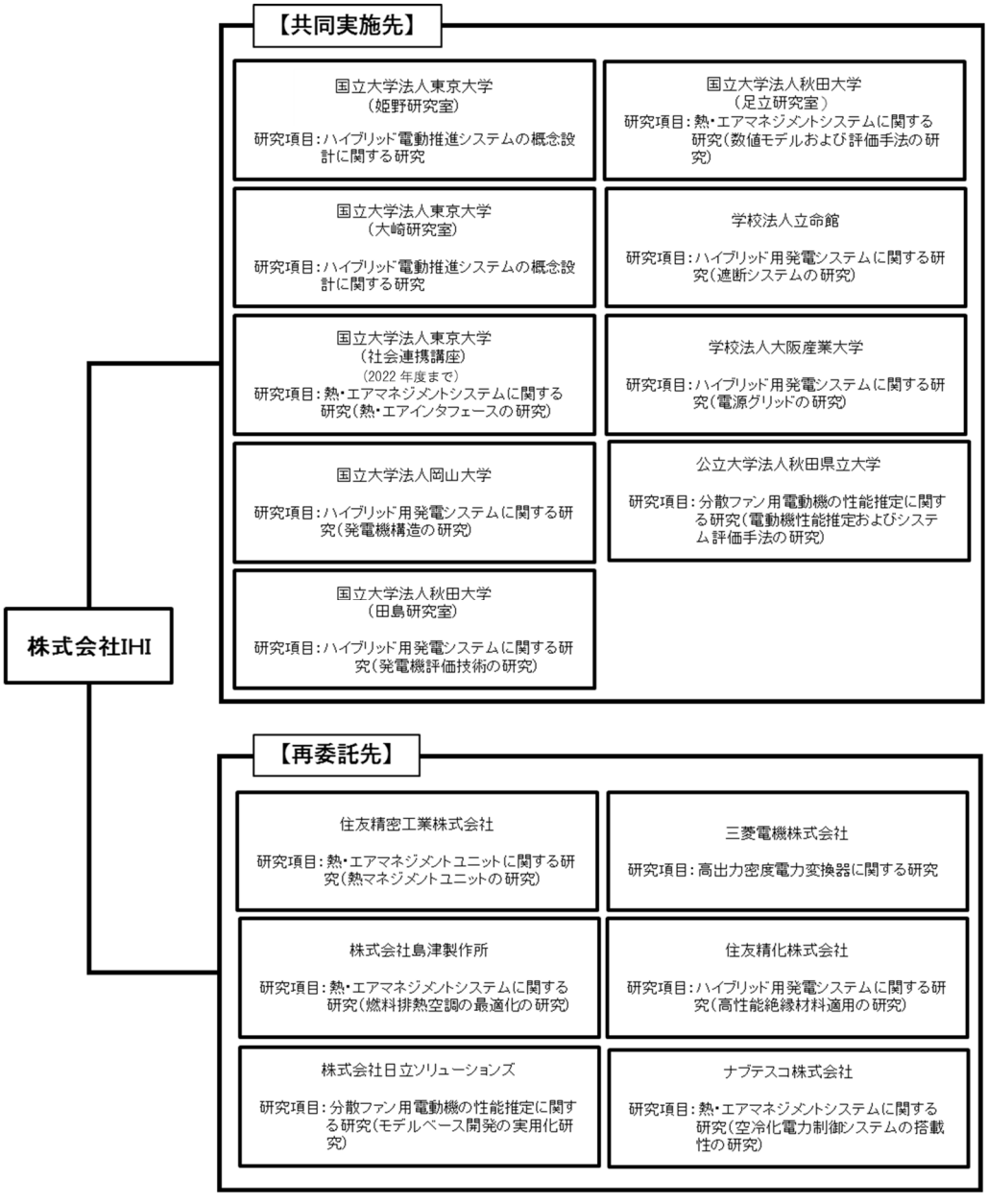
・ 熱・エアマネジメントシステムを構成する燃料排熱熱交換器(FCAC)の耐久性評価を完了する。

[最終目標]

・ 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。

●実施体制



●成果とその意義

本研究の背景と狙い(意義)：目指すソリューション

航空機の電動化は MEA(More Electric Aircraft)として Boeing 787 が先行したが、性能面、運用面等の課題により、現行機においては拡がりが見られないのが現状である一方、本研究終了段階においては、脱炭素化への社会的要請の強まりを受けて、革新技術の一つとしての電動化技術を次世代航空機へ適用するべく、技術開発が世界的に活発になっている。

本研究では、このような世界的動向に先駆けた取組みとして、電動化による電力需要増大の必要性に対して MW 級発動機を開発し、運用性に最も優れる搭載性を確保するため、耐熱性を備えることでエンジン後方(テールコーン内)に内蔵可能という世界で唯一のコンセプトの実現を目指す。

また、現行機における MEA の課題である、機体システムで最もエネルギーを消費する空調システムやパワーエレクトロニクス冷却システムの効率改善のため、超高速回転、小型・軽量化した電動ターボ機械をコア技術として適用することで、機体外空気(ラムエア)取り込みによる空気抵抗(＝燃費)の悪化を抑止するとともに、液冷を排して空冷化することにより整備性も向上する新たな熱・エアマネジメントシステムのコンセプトを世界に先駆けて打ち出し、その実現を目指す。

さらに、ハイブリッド電動推進システムへの適用も加えた統合システムによるトータルエネルギーマネジメントによる全体最適化を図るという、世界に類を見ないソリューションを目指すものである。

研究項目(1) ハイブリッド電動推進システム

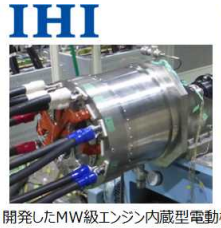
世界に類を見ないハイブリッド電動推進システムを含む電動推進電力システム、及び熱・エアマネジメントシステムの統合システムに対して、その成立性を安全性、燃料消費量、及び搭載性・整備性の観点から評価した。特にハイブリッド電動推進システムにおいては、航空機及びエンジンのシミュレーションモデルを確立し、ハイブリッド化率、電装品の出力密度等をパラメータとした感度解析を実施した結果、PTeDP(Partial Turboelectric Distributed Propulsion)、熱・エアマネジメントシステム、等を組み合わせ、電力システムを共通とすることで現状の技術レベルにおいても燃料消費量削減効果が得られることを明らかにした。

また、これらの成果をもとに、技術開発ロードマップを作成した。

研究項目(2) 電動推進電力システム

MW 級発電機の開発において、平角線を用いた高出力密度発電機の電磁気、および発熱分布解析を実施することで電機の損失を低減する構造様式を設定するとともに、渦電流損失の低減に向けた軟磁性材の形状や積層方法について、加工、成形における劣化傾向に係る要素評価を通して影響の有無を確認し、プロセスの妥当性を確認した。また、高耐熱絶縁材の施工について、材料特性、および塗装プロセスの観点から、巻線への施工方法の妥当性を確認した。これらの成果をもとに、MW 級発電機プロトタイプモデルを製作し、高電圧耐性、電流密度、発電機トルクの性能評価を実施し、MW 出力の実現性を確認した。

電動推進電力システムの開発において、ハイブリッド電動推進システムの評価のために、電動ファンシミュレータを開発し、本シミュレータを活用したモデルベースデザイン手法により電動ファンおよび電力リグ装置の性能を評価した。その上で、製作した MW 級発電機を適用した電動推進電力システムリグ試験を秋田大学 電動化システム共同研究センターに設立された新世代モーター特性評価ラボにて実施し、航空機の運用プロファイルを模擬したシーケンス動作を行うことで、各運用フェーズでの発電機出力遷移、及びエンジン加減速時の電力負荷を変化させた際の電源バスの電圧変動を評価し、適切なフィルタの設定をすることにより、急峻な負荷変動下においても電圧変動以内に制御できることを実証した。



開発したMW級エンジン内蔵型電動機

	IHI	Rolls-Royce	Honeywell
出力	1MW	2.5MW	1 MW
電動機方式	永久磁石型	永久磁石型	界磁巻線型
耐熱性	～300℃	200＋α℃(推定)	200＋α℃(推定)
エンジン後方搭載性	○	×	×
開発継続有無	○	×	×

図：MW 級電動機 海外他社開発品(当時)との比較

図：新世代モーター特性評価ラボ

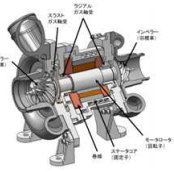
研究項目(3) 熱・エアマネジメントシステム

エアマネジメントユニット開発として、70kW 級電動コンプレッサの設計製作，およびロータの耐環境性・耐久性評価を行い，航空機搭載環境において動作可能である見通しを得た。また，燃料電池向け空気供給システムを模した試験リグに組み込み，電動コンプレッサ試作機が燃料電池への空気供給性能を有することを確認した。

熱マネジメントユニット開発として、FCAC(Fuel Cooled Air Cooler)について、熱交換性能、及び耐圧・腐食・耐コンタミ評価を行い、性能・耐環境性に問題がないことを確認し、試験結果を反映した性能図表の作成を完了した。

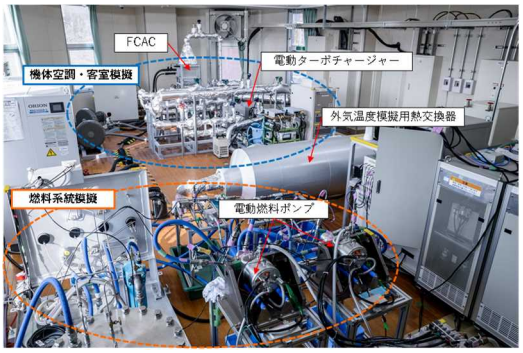
燃料排熱空調システム開発として、上記の各ユニットを適用したシステムの最適化設計を行った上で、サブスケールの熱・エアマネジメントシステムリグ試験を行い、シミュレーションとの組み合わせにより巡行条件において 40%を超えるエネルギー回収効果があることを実証するとともに、高度を 26,000 フィートから 35,000 フィートまで段階的に変更した時の回収エネルギー量を明らかにした。

IHI　　LIEBHERR



	IHI	Liebherr
軸受方式	空気軸受	空気軸受
モータ出力	**70kW**	55kW
コンプレッサ動力	**100kW**	(不明)
耐環境性	**DO-160(振動)**	(不明)
開発継続有無	○	○(推定)

図：大出力電動ターボ機械 海外他社開発品との比較



図：熱・エアマネジメントシステムリグ試験

これらの取り組みに加え、本研究の取り組み過程において海外 OEM からのニーズを捉えた追加実施成果として、パワーエレクトロニクス空冷システムについて、周囲環境温度を過渡的に制御可能な試験リグを構築し、高温環境試験を実施するとともに、適用する電動ターボ機械(電動ブロア)の振動環境試験を行い、航空機搭載実環境動作条件下での適合性を実証した。

また、電動ターボ機械の新たな適用先候補としての燃料電池への空気供給システムについて、製作した 70kW 級電動コンプレッサを適用した組込試験を行い、燃料電池向け空気供給システムとして適切に動作することを実証した。

●実用化・事業化への道筋と課題

本研究成果の実用化・事業化に向けては、技術的に以下の課題が残されている。

ア. 電動推進電力システム及び発電機の 1MW フルスケール実証が未実施。

イ. 熱・エアマネジメントシステムのフルスケール実証が未実施。

ウ. 試作発電機の重量・効率が、ハイブリッド電動推進の検討から定めた要求値に達していない。解析的な達成目途は得たが、実証が未実施。また、発電機の耐環境性・耐久性が未確認。

エ. 熱エアマネジメントユニット等の空気軸受適用装置の耐環境性は、振動環境適合のみが確認されているが、他の環境適合性が未確認。耐久性についても未確認。

これらの技術課題については、本事業の成果を受け現在実施している、「グリーンイノベーション基金事業／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」の中で取り組んでいく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy
	-	230	235	368	310

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
7 件	5 件	106 件	0 件	13 件

4.4.　研究開発項目⑧-4：推進用電動機制御システム

テーマ名	推進用電動機制御システム	達成状況	○
実施者名 （再委託先）	多摩川精機株式会社、公立諏訪東京理科大学、国立大学法人信州大学、住友精密工業株式会社、ゴコー電工株式会社、株式会社ＳＣｌａｂＡｉｒ		
達成状況の根拠	・ターゲットとする eVTOL（空飛ぶクルマ）に適用するための仕様を策定・設計し実機により性能確認を行った。 ・将来の認証取得を目指し、コミッティに参加するなど規格の調査を行い、計画書を作成した。また、それを見越したソフトウェア設計手法を確立した		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

［背景］

航空輸送量は今後 20 年間で 2.4 倍に増加するという予測がある一方、近年、航空機の CO2 排出削減が世界的に重要な環境課題となりつつあり、電動化による環境負荷の低減が注目を集めている。航空機の電動化は内燃エンジンを電動機に置き換えるものである。2000 年代後半頃からハイブリッド/電気自動車の普及により、バッテリー、インバータ、モータなど電動要素の性能が飛躍的に向上したが、これらの技術が小型の電動航空機に適用可能なレベルとなっており、海外ではすでに電動航空機の実用化に向けた開発が進んでいる。このような中、航空機の新しい分野として、eVTOL（Electric Vertical Take-Off and Landing aircraft）が、主に無人の小型ドローンとして物品の配送（ドローン宅配便など）に用いられている他、人が乗り込める大型の有人 eVTOL（空飛ぶクルマ、有人ドローン）の開発も進められている。空飛ぶクルマは、米国や欧州、中国、日本などで機体の開発が進んでいることに加え、近い将来、エアタクシーを中心とした試験的サービスの実施が検討されるなど、機体市場、サービス市場共に有望市場として発展していく可能性が高いと予想されている。半面、さまざまな認証をクリアする必要があり、技術開発と並行して進められている。

［目的］

航空機の電動化の中で、eVTOL に搭載することを想定した空冷の高出力密度、機電一体のモータシステムを開発する。この分野では多数の競合メーカがあり、競争力のある製品開発のため市場調査をして仕様策定し、最適設計解析と新しい製造技術を用いて、空冷式で競合他社同等の出力密度を持つ機電一体型のモータシステムを開発する。また、モータシステムの信頼性を担保し、認証信頼性を付加価値とするため、将来の認証取得に向け取り組みを実施する。具体的には、規格を調査して認証計画書を作成し、開発品に於ける不足部分を把握する。また、ソフトウェア認証を見据え、モデルベースデザインによるソフトウェア開発手法を確立する。

［プロジェクトアウトカム目標との関係］

eVTOL は新しい航空機分野で、技術開発と法規整備の両面で検討が進んでいる。航空機電動化では海外メーカが先行しているが、eVTOL 分野においては空冷のメリットも生かせるため、強みである EV 技術の流用により参入可能と考える。また、認証を考慮した製品開発を行うことにより、広く機体メーカに信頼性ある製品を提供することが可能となる。

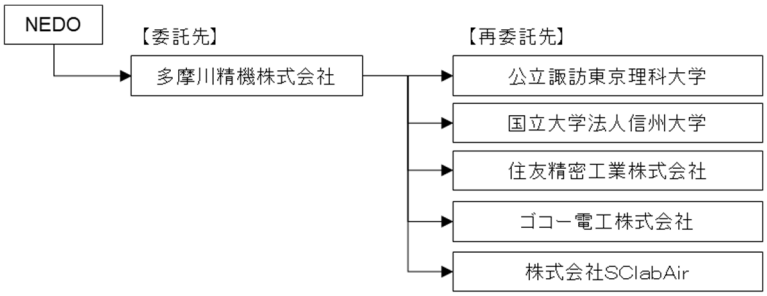
●アウトプット目標

［最終目標］

以下に示す仕様を満足するプロトタイプの開発を完了する。

・出力：　100kW 以上(瞬時)　55kW 以上（連続）
・回転速度／トルク：　1,900rpm／520Nm（瞬時）、1,600rpm／320Nm（連続）
・出力密度：6kW/kg（モータ部）

●実施体制



●成果とその意義

a)市場調査と eVTOL 用モータ

研究に先立ち国内外の競合メーカの製品調査を行った。eVTOL 用モータとして競争力のある目標仕様として、出力、出力密度、冷却方式を決定した。また、構成としてモータとインバータを一体化した構成（モータシステム）が有利であり、機電一体構造に決定した。

b)空冷高密度モータシステムの開発・評価

・設定した目標仕様に対しマルチフィジックス最適解析による設計を行った。空冷部においては、熱流体解析により最適なファン形状、３D プリンタを考慮した複雑形状流路を設計した。また、小型化・低損失・高熱伝導を実現するコイル、モルド材の検討・評価を行い、実現の目途を得た。

・インバータはSiCパワーデバイスを用いた低損失かつEMCフィルタを内蔵した EMC 特性に優れた設計を行い、評価を行った。

・供試体による評価を行い設計の妥当性を確認した。今後の課題は、環境性、耐久性である。

図　開発したモータシステム

d)認証に向けた規格調査、認証計画、及びモデルベースデザイン

・将来の認証取得に備えた活動として、現在進んでいる法整備に関わるため SAE のコミッティに参加するなど調査を実施した。規格調査の結果、ASTM F3338-21(Standard Specification for Design of Electric Engines for General Aviation Aircraft)を基準とすることが適切であることがわかり、これを基に認証計画書を作成した。

・ソフトウェア認証に向け、制御ソフトウェアの開発にモデルベース開発（MBD：Model Based Development）を取り入れることを検討し、本手法により実証した。

・また、信頼性向上を目指し、AE センサを用いた予兆システムの適用を検討・評価を行い、異常を検出するための知見を得ることができた。

●実用化・事業化への道筋と課題

[社会実装までのマイルストーン]

a)NEDO 委託研究の成果をもとに課題解決策を検討する。その結果 eVTOL 用モータを受注することができ開発実施中。2025 年度には公開イベントも計画され PR 効果となることが期待されている。

b)モータを提供しながら機体認証に必要となる装備品関係の認証文書を整備し、2028 年度の認証取得を目標とする。

c)認証取得と並行して量産準備を行い、2029 年度の量産開始を目指していく。

d)特定顧客向けの技術開発、認証活動、量産対応を行いながら製品の改善を進め、競争力のある製品にしていく。国内外の顧客向けに量産を行う。

[社会実装までの課題]

a)競争力を高めるため、高出力密度・信頼性向上は継続して進めていく。

b)法整備の趨勢に注意し、競合他社の動きも見ながら認証取得を行っていく。

c)社会実装に当たっては整備体制・インフラ整備も必要で並行して進めていく

●期間・予算 (単位:百万円)	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy
	-	-	189	130	57

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
5 件	3 件	3 件	1 件	なし

添付資料

●プロジェクト基本計画

別紙１　基本計画

●関連する施策や技術戦略

(1)「産業構造ビジョン 2010」：
国立国会図書館請求記号 CZ-411-3 / 国立国会図書館書誌 ID　000000163098

(2)「経済産業省とボーイング社の技術協力合意」：
https://journal.meti.go.jp/p/5526-2/

(3)「経済産業省と仏航空総局との MCO 締結」：
https://journal.meti.go.jp/p/16937/

(4)「カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略」：
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html

●プロジェクト開始時関連資料

プロジェクト開始時の資料ではないが、2019 年時点の「航空機業界向け政策」を継承している資料を下記に示す。

・「我が国の航空機産業の現状と航空産業を取り巻く国際的な環境変化」
(2023 年 6 月 6 日経済産業省 製造産業局)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kokuki_uchu/pdf/002_04_00.pdf
経済産業省による政策をベースとして、NEDO 委託事業「公募」が実施されている。

●各種委員会開催リスト

採択審査委員会		
件名	内容	実施日
「高効率かつ高出力電動推進システム」採択審査	「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」 ⑧-1：「高効率かつ高出力電動推進システム」採択審査	2019 年 5 月 15 日
「軽量蓄電池」採択審査	「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」 ⑧-2：「軽量蓄電池」採択審査	2019 年 6 月 6 日
「電動ハイブリッドシステム」採択審査	「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」 ⑧-3：「電動ハイブリッドシステム」採択審査	2020 年 5 月 12 日
「推進用電動機制御システム」採択審査	「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」 ⑧-4：「推進用電動機制御システム」採択審査	2021 年 6 月 4 日

ステージゲート委員会		
件名	内容	実施日
「⑧次世代電動推進システム研究開発」ステージゲート審査委員会	「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」ステージゲート審査委員会 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」 各委託事業の契約延長(2 年延長)の可否を審査	2021 年 12 月 14 日

事業推進委員会		
件名	内容	実施日
事業推進委員会 （第 1 回/通算 7 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/初回） ⑧-1：「高効率かつ高出力電動推進システム」	2019 年 9 月 12 日
事業推進委員会 （第 2 回/通算 9 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 3 回） 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」	2020 年 9 月 10 日
事業推進委員会 （第 3 回/通算 10 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 4 回） 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」	2021 年 3 月 2 日
臨時開催	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（再委託先追加/委員会承認） ⑧-1：「高効率かつ高出力電動推進システム」	2021 年 6 月 8 日
事業推進委員会 （第 4 回/通算 11 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 5 回） 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」	2022 年 3 月 8 日
事業推進委員会 （第 5 回/通算 12 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 6 回） 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」	2022 年 9 月 15 日
事業推進委員会 （第 6 回/通算 13 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 7 回） 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」	2023 年 3 月 17 日
事業推進委員会 （第 7 回/通算 14 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/第 8 回） 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」	2023 年 8 月 29 日
事業推進委員会 （第 8 回/通算 15 回目）	「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」（研究進捗報告/最 9 回[最終]） 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」	2024 年 3 月 4 日

「技術推進委員会」のうち、第 1 回/通算 7 回目と通算 8 回目では「航空機用先進システム実用化プロジェクト／次世代電動推進システム研究開発」のうちの国プロ：①～⑦にて実施した事業についての「研究進捗報告」も同時に実施しているが今回の評価対象外のためここには記載はしない。

また、以下は、2021 年度に「終了時評価」としてすでに報告済みの事業である。

「航空機用先進システム実用化プロジェクト」にて過去に実施した事業(2015 年度 ～ 2020 年度)：

国プロ①「次世代エンジン熱制御システム開発」(2015 年 6 月 19 日 ～ 2020 年 2 月 29 日)

国プロ②「次世代降着システム研究開発」(2015 年 8 月 7 日 ～ 2020 年 7 月 31 日)

国プロ③「次世代コックピットディスプレイ研究開発」(2015 年 8 月 7 日 ～ 2020 年 2 月 29 日)

国プロ④「次世代空調システム研究開発」（2015 年 6 月 19 日 ～ 2020 年 2 月 29 日）

国プロ⑤「次世代飛行制御/操縦システム研究開発」（2015 年 8 月 7 日 ～ 2020 年 2 月 29 日）

国プロ⑥「次世代自動飛行システム研究開発」（2016 年 7 月 1 日 ～ 2020 年 2 月 29 日）

国プロ⑦「次世代エンジン電動化システム研究開発」（2016 年 7 月 1 日 ～ 2020 年 2 月 29 日）

●特許論文等リスト

【特許】

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

番号	出願者	出願番号	国内・外国・PCT	出願日	状態	名称
1	九州大学、産業技術総合研究所	PCT/JP2020/017730	PCT	2020/4/24	出願	超伝導誘導回転機及びそれを用いた超伝導駆動力発生システム
2	産業技術総合研究所	2020001365 特願 2021-009425	国内	2021/1/25	出願	高温超電導線材,およびその製造方法
3	九州大学、産業技術総合研究所	特願 2021-516270 10-2021-7033794 17/594553 202080030877.9 20793982.8 202127053836	国内 外国（韓国） 外国（米国） 外国（中国） 外国（欧州） 外国（インド）	2021/8/11 2021/10/19 2021/10/21 2021/10/22 2021/11/23 2021/11/23	出願 出願 出願 放棄 出願 出願	超伝導誘導回転機及びそれを用いた超伝導駆動力発生システム
4	産業技術総合研究所	P220072JP01 特願 2022-072558	国内	2022/4/26	出願	FFDS(face to face double stacked)高温超電導線材の接続構造
5	九州大学、産業技術総合研究所	62022058724.5	外国（香港）	2022/8/19	出願	超伝導誘導回転機及びそれを用いた超伝導駆動力発生システム
6	産業技術総合研究所	P220072JP01 特願 2022-072558	国内	2022/4/26	出願	積層線材架線体、およびその製造方法
7	SWCC 株式会社	特願 2023-13358 特願 2023-13361 JP2023/16407 JP2023/16421 特願 2023-074605	国内 国内 PCT・外国 PCT・外国 国内	2022	出願	
8	SWCC 株式会社	PCT/JP2023/016407	PCT	2023/4/26	出願	超電導ケーブルおよび電気推進システム
9	SWCC 株式会社、九州大学	PCT/JP2023/016421	PCT	2023/4/26	出願	超電導ケーブルおよび電気推進システム
10	富士電機株式会社、九州大学、鹿児島大学	特願 2023-128417	国内	2023/8/7	出願	回転機の固定子
11	SWCC 株式会社	2023-190288	国内	2023/11/7	出願	超電導ケーブルおよび電気推進システム
12	SWCC 株式会社	2023-197346	国内	2023/11/21	出願	超電導ケーブルの端部構造および接続端子
13	SWCC 株式会社	2024-044924	国内	2024/3/21	出願	超電導ケーブル
14	SWCC 株式会社	2024-056486	国内	2024/3/29	出願	超電導積層導体,超電導ケーブルおよび電気推進システム

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	ページ番号	発表年月
1	R. Sugouchi, M. Komiya, S. Miura, M. Iwakuma, K. Yoshida, T. Sasayama, T. Yoshida, K. Yamamoto, Y. Sasamori, H. Honda, Y. Hase, M. Shuto, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University, 2:Fuji Electric Co. , 3:AIST	Conceptual Design and Electromagnetic Analysis of 2 MW Fully Superconducting Synchronous Motors With Superconducting Magnetic Shields for Turbo-Electric Propulsion System	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol. 30, No. 4, Art. No. 3601905	2020/6
2	K. Ozaki, Y. Doi, K. Yoshida, S. Miura, T. Sasayama, T. Yoshida, K. Yamamoto, M. Iwakuma, A. Kawagoe, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University, 2:Fuji Electric Co., 3:AIST	Conceptual Design of Superconducting Induction Motors Using REBa2Cu3OySuperconducting Tapes for Electric Aircraft	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol. 30, No. 4, Art. No. 3602605	2020/6
3	M. Komiya, R. Sugouchi, H. Sasa, S. Miura, M. Iwakuma, T. Yoshida, T. Sasayama, K. Yamamoto, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University, 2:Fuji Electric Co., 3:AIST	Conceptual Design and Numerical Analysis of 10 MW Fully Superconducting Synchronous Generators Installed With a Novel Casing Structure	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol. 30, No. 4, Art. No. 5206607	2020/6
4	A. Kawagoe, R. Kanemaru, K. Kudo, M. Iwakuma, M. Konno, A. Tomioka, T. Izumi	1:Kagoshima University, 2:Kyushu University, 3:Fuji Electric Co., 4:AIST	Winding Configurations and AC Loss of Superconducting Synchronous REBCO Motors	Journal of Physics: Conference Series	Vol. 1559, Art. No. 012144	2020/6
5	A. Ibi, T. Machi, K. Nakaoka, M. Sato, T. Izumi, J. Nishimura, M. Miura, D. Yokoe, T. Kato, T. Kato, T. Hirayama	1:AIST, 2:Seikei Uinversity, 3:JFCC	Improvement of in-field performance for EuBCO with heavily doped BHO coated conductors by PLD method with high temperature deposition and low temperature annealing	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering	756 (2020) 012024	2020/6
6	H. Sasa, S. Miura, M. Iwakuma, T. Izumi, T. Machi, A. Ibi	1:Kyushu University, 2:AIST	Estimation Method for AC Loss of Perpendicularly Stacked REBa2Cu3Oy Superconducting Tapes under Magnetic Field	Physica C: Superconductivity and its applications	Vol. 31, No. 5, Art. No. 1353801	2021/1
7	H. Sasa, M. Iwakuma, K. Yoshida, S. Sato, T. Sasayama, T. Yoshida, K. Yamamoto, S. Miura, A. Kawagoe, Te. I	1:Kyushu University, 2:Kagoshima University,	Experimental Evaluation of 1 kW-class Prototype REBCO Fully	IEEE Transactions on Applied	Vol. 31, No. 5, Art. No. 5200706	2021/1

	zumi, A. Tomioka, M. Konno, Y. Sasamori, H. Honda, Y. Hase, M. Syutoh, S. Lee, S. Hasuo, M. Nakamura, T. Hasegawa, Y. Aoki, T. Umeno	3:AIST, 4:Fuji Electric Co., 5:SuperOx Japan, 6:SWCC Showa Cable System Company, 7:Taiyo Nippon Sanso,	Superconducting Synchronous Motor Cooled by Subcooled Liquid Nitrogen for E-Aircraft	Superconductivity		
8	和泉 輝郎	産総研	革新的航空機用電気推進システムの開発-高温超電導技術を適用した電気推進システム-	電気評論	106 巻 2 号 13 頁～14 頁	2021/2
9	和泉輝郎、岩熊成卓	1:産総研、2:九州大	高温超電導技術を用いた航空機用電気推進システムの開発	日本ガスタービン学会	49 巻 1 号 8 頁～13 頁	2021/1
10	M. Komiya, T. Izumi et al.	1:Kyushu University. 2:AIST et al.	Conceptual Design and Numerical Analysis of 10 MW Fully Superconducting Synchronous Generators Installed With a Novel Casing Structure	IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY	Vol. 30 1051-8223	2021/8
11	H. Sasa, M. Iwakuma, K. Yoshida, S. Sato, T. Sasayama, T. Yoshida, K. Yamamoto, S. Miura, A. Kawagoe, T. Izumi, A. Tomioka, M. Konno, Y. Sasamori, H. Honda, Y. Hase, M. Syutoh, S. Lee, S. Hasuo, M. Nakamura, T. Hasegawa, Y. Aoki, T. Umeno	1:Kyushu University 2:Kagoshima University 3:AIST 4:Fuji Electric Co. 5:SuperOx Japan LLC. 6:SWCC SHOWA CABLE SYSTEMSCO., LTD. 7:TAIYO NIPPONSANSO Corporation	Experimental Evaluation of 1 kW-class Prototype REBCO Fully Superconducting Synchronous Motor Cooled by Subcooled Liquid Nitrogen for E-Aircraft	IEEE TRANSACTIONS ON APPLIEDSUPERCONDUCTIVITY	Vol. 31, No. 5, Article No. 5200706	2021/8
12	Y. Omanyuda, S. Miura, M. Iwakuma	Kyushu University	Additional AC Loss Properties of Three-Strand Transposed Parallel Conductors Composed of REBa2Cu3Oy Tapes	IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY	Vol. 31, No. 5, Article No. 5900806	2021/8
13	H. Sasa, M. Iwakuma, S. Miura, T. Izumi, T. Machi, A. Ibi	1:Kyushu University 2:AIST	Estimation Method for AC Loss of Perpendicularly Stacked REBa2Cu3Oy Superconducting Tapes under Magnetic Field	Physica C: Superconductivity and its Applications	Vol. 580 No. 1353801	2022/1
14	M. S. Hassan(1), T. Asano(2), M. Shoyama(2),	1:Faculty of Engineering, Minia	Performance Investigation of Power Inverter	Electronics(Journal), MDPI	ISSN: 2079-9292, Volume: 11, Issue: 5,	2022/3

	Gamal.M.Dousoky(1)	University, Egypt 2:Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, Japan	Components Submersed in Subcooled Liquid Nitrogen for Electric Aircraft		Article Number: 826, pp. 1-13,	
15	S.Sakai,Y.Tanaka,R.Teranishi,M.Iwakuma and M.Inoue	1:Fukuoka Inst. Tech., 2:Kyushu Univ.	J_c and composition distribution of REBCO coted conductor fabricated by TFA-MOD process	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol. 32, No. 4, Article No.6601304	2022/3
16	H.Sasa,S.Miura,H.Miyazaki,T.Sasayama,T.Yoshida,K.Yamamoto,M.Iwakuma,Y.Hase,Y.Sasamori,H.Honda,M.Konno and T.Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Company 3:AIST	Thermal-Electromagnetic Coupled Analysis Considering AC Losses in REBCO Windings at 65 K of 10 MW Fully-Superconducting Synchronous Generators for Electric Aircraft	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.32,No. 5201806	2022/3
17	Tamaru Jun-Ya1,R.Teranishi(1),K.Kenji(1), T.Machi(2); M.Inoue(3),M.Iwakum(1)	1：Kyushu University 2:Advanced Industrial Science and Technology 3：Fukuoka Institute of Technology	Fabrication of a Magnetic Field Shielding Resin Sheet Using YBa2Cu3O7-δPowders	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol 32, Issue 6	2022/6
18	T.Izumi et al.	AIST et al.	レアアース系超伝導線材の開発動向	金属（アグネ）	Vol.7 (2022)	2022/6
19	Y.Omanyuda,H.Sasa,H.Miyazaki,S.Miura,M.Iwakuma	Kyushu University	Experimental Evaluation of Current Distribution in Three-Strand Transposed Parallel Conductors Composed of REBCO Superconducting Tapes	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.32, No.6,Article No.6601105	2022/9
20	H.Sasa,S.Miura,H.Miyazaki,T.Sasayama,T.Yoshida,	Kyushu University	Electromagnetic-Thermal Coupled Analysis Considering AC Losses in REBCO Windings of 10 MW Fully Superconducting Synchronous Generators Cooled by Subcooled Liquid Nitrogen	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.32, No.6,Article No. 8201806	2022/9

			for Electric Aircraft			
21	Y.Okade,H.Miyazaki, H.Sasa,K.Yoshida, S.Miura,T.Sasayama,T.Yoshida,A.Kawagoe and M.Iwakuma	Kyushu University	REBCO Trapezoidal Armature Windings for Superconducting Induction Motors	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.32, No.6,Article No. 5201706	2022/9
22	T.Izumi,K.Shiohara,T.Machi,A.Ibi,K.Nakaoka,H.Hirose,K.Adachi,T.Nakanishi,M.Sato,Y.Aoki,Y.Takahashi,M.Miura,H.Hirai, M.Konno,and M.Iwakuma	1:AIST 2:SWCC 3:Seikei University 4:Taiyo NipponSanso Corporation 5:Fuji Electric Company 6:Kyushu University	Development of Superconducting Cable and Coated Conductors for Electric Propulsion System of Airplane	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	VOL. 33,5 NO. 4801304	2022/9
23	K.Noda,H.Sasa,H.Miyazaki,S.Miura,T.Yoshida,T.Sasayama,M.Iwakuma,A.Kawagoe,T.Izumi,M.Konno	1:Kyushu University 2:Kagoshima University 3:AIST 4:Fuji Electric Co.	Numerical simulation of a high-power density 10 MW REBCO superconducting synchronous generator cooled by sub-cooled LN2 for low AC loss	Journal of Physics: Conferrence series	Vol.2323	2022
24	M.Miura,G.Tsuchiya, T.Harada,K.Sakuma,H.Kurokawa,N.Sekiya,Y.Kato,R.Yoshida,T.Kato,K.Nakaoka,T.Izumi,F.Nabeshima,A.Maeda,L.Civale and B.Maiorov	1:Seikei Uni., 2:LANL 3:AIST 4:Uni. of Yamanashi 5:Uni. of Tokyo 6:JFCC	Thermodynamic approach to enhance superconducting critical current performance	NPG Asia Materials, Vol.14	ISSN188 4-4049	2022/10
25	T.Suzuki,K.Sakuma,J.Ohtal,Y.Ogimoto,K.Takahashi,T.Ozaki,A.Ibi,T.Izumi,T.Yamaki,H.Okazaki,S.Yamamoto,H.Koshigawa,T.Okada,S.Awaji and M.Miura	1:Seikei Uni., 2:AIST 3:QST 4:Uni. of Yamanashi 5:Kwansei Gakuin Uni.	Improvement of Jc for RTR-PLD-(Eu,Er)$Ba_2Cu_3O_y$+BaHfO_3 coated conductors with O2+ ion irradiation defects	Superconductor Science and Technology	SUST-105021	2022
26	塩原 敬, 和泉 輝郎 他	1:SWCC 2:AIST	超電導を用いた航空機用高効率・高出力電気推進システム―超電導ケーブルの開発	昭和電線レビュー	Vol. 68, P5-9	2023/1
27	佐藤 迪夫, 和泉 輝郎 他	1:SWCC 2:AIST	Reel-to-Reel 式本焼成炉による (Y,Gd)Ba2Cu3Oy + BaZrO3 線材の開発	昭和電線レビュー	Vol. 68, P10-14	2023/1
28	Y.Tanaka,M.Inoue,M.Iwakuma	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	Current Transport Characteristics for REBCO Tape in High Electric Field	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6602404	2023/4
29	M.Inoue,H.Kuga,D.Koga, T.Tsukahara,Y.Nakayama	1:Fukuoka Institute of Technology	Observation of Crack Formation Caused by Twisting	IEEE Transactions on Applied	6602604	2023/5

	,Y.Shiratsuchi,S.Sekito,A.Miwa,Y.Yamada	2:Chubu University	in REBCO Coated Conductors by Using Scanning Hall-Probe Microscopy	Superconductivity		
30	M.Iwakuma,T.Izumi	1:Kyushu University, 2:AIST	Development of Electric Propulsion System for Aircraft using Superconducting Technologies	AIAA 2023, Proceedings		2023/6
31	S.Miura,A.Kobun,Y.Masuda,H.Miyazaki,A.Kawagoe,H.Sasa,K.Yoshida,S.Sato and M.Iwakuma	1:Kyushu University, 2:Kagoshima University	Development and assessment of simplified analytical method for current distribution among REBa2Cu3Oy parallel conductors in armature windings for fully superconducting rotating machines	Superconductor Science and Technology	Vol 36, Issue 5	2023/8
32	S.Miura,A.Kobun,Y.Masuda,K.Nakamura,H.Miyazaki,A.Kawagoe,H.Sasa,K.Yoshida,S.Sato, and M.Iwakuma	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co., 3:Kagoshima University	Current Sharing Among Transposed Three-Parallel REBa2Cu3Oy Tapes in Single-Phase Armature Coils	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol 33, Issue 5	2023/8
33	Asato Kobun, Yohei Masuda, Shun Miura, Hiroshi Miyazaki, Koichi Yoshida, Seiki Sato, Hiromasa Sasa, and Masataka Iwakuma	Kyushu University	Basic Concept for Uniform Current Distribution in Parallel Conductors by Introducing a Small Number of Transpositions in REBCO Armature Coils	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol 33, Issue 5	2023/8
34	Atsushi Takashima, Yuki Onamyuda, Asato Kobun, Hiroshi Miyazaki, Akifumi Kawagoe, Shun Miura, Koichi Yoshida, Seiki Sato, Hiromasa Sasa, Masataka Iwakuma	1:Kyushu University 2:Kagoshima University	Current Distribution of Armature Coils Combining Two Different Sizes of REBCO Racetrack Double Pancakes	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol 33, Issue 5	2023/8
35	T.Izumi,K.Shiohara,T.Machi,A.Ibi,K.Nakaoka,H.Hirose,K.Adachi,T.Nakanishi,M.Sato,Y.Aoki,Y.Takahashi,M.Miura,H.Hirai,M.Konno, and M.Iwakuma	1:AIST 2:SWCC 3:Fuji Electric Co., 4:Taiyo Nipponp Sanso, 5:Kyushu University	Development of Superconducting Cable and Coated Conductors for Electric Propulsion System of Airplane	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol 33, Issue 5	2023/8
36	金山 諄志、塩原 敬、佐藤 迪夫、中西 達尚、髙橋 保夫、青木 裕治、三堂 信博、足立 和久(1)、和泉 輝郎(2)、岩熊 成卓(3)	1:SWCC 2:産総研 3:九州大学	航空機搭載用超電導ケーブルの小型電極の開発	ＳＷＣＣレビュー Vol.69(2023)	28-32	2024/1

【外部発表】

学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	学会名・ イベント名等	発表 年月
1	S.Miura,T.Furukawa,M.Iwakuma	Kyushu University,	Additional AC Loss of Three-strand Parallel Conductors Composed of Rebco Tapes	14th European Conference on Applied Superconductivity (Poster)	2019/9
2	H.Sasa,M.Iwakuma,S.Miura,M.Komiya,T.Aikawa,T.Sasayama,T.Yoshida,K.Yamamoto,T.Izumi,A.Tomioka,M.Konno,T.Umeno	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co., 4:Taiyo Nippon Sanso,	Development of 1 kW Fully-superconductingSynchronous Motor with REBCO Wires	14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS) (Poster)	2019/9
3	G.Kawasaki,M.Iwakuma,S.Miura,A.Tomioka,M.Konno,T.Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Lightweight Design of 6.9/1.0 kV-10 MVA REBCO Superconducting Transformer	14th European Conference on Applied Superconductivity(EUCAS) (Poster)	2019/9
4	Y.Doi,K.Ozaki,K.Yoshida,S.Miura,T.Sasayama,T.Yoshida,K.Yamamoto,M.Iwakuma,A. Tomioka, M.Konno, T.Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Electromagnetic design of induction motors with HTS tapes	14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2019) (Poster)	2019/9
5	R.Sugouchi,T.Aikawa, M.Komiya,S.Miura,M.Iwakuma,K.Yoshida, T.Sasayama,K.Yamamoto,A.Tomioka,M.Konno,T.Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Electromagnetic Design of 2MW Fully-Superconducting Synchronous Motors	14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2019) (Poster)	2019/9
6	A.Kawagoe,R.Kanemaru, K.Kudo,M.Iwakuma, M.Konno,A.Tomioka, T.Izumi	1:Kagoshima University 2:Kyushu University 3:AIST 4:Fuji Electric Co.	Winding configurations and Ac loss of Superconducting Synchronous REBCO Motors	14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2019) (Poster)	2019/9
7	T.Furukawa,S. Miura,M.Iwakuma	Kyushu University	Theoretical and Experimental Investigations on Additional AC Loss Properties of Three-Strand Parallel Conductors Composed of REB8CO Tapes	International Conference on Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	2019/9
8	G.Kawasaki,M.Iwakuma, S. Miura,A.Tomioka,M.Konno,T.Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Lightweight Designand Fault Current Limiting Analysis of 6.9/1.0kV-10 MVA REBCO Superconducting Transformers for Electric Aircraft	International Conference on Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	2019/9
9	K.Ozaki,Y.Doi,K.Yoshida,S.Miura,T.Sasayama,T.Yoshida,	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Conceptual Design of Superconducting Induction Motors	International Conference on	2019/9

	K. Yamamoto, M. Iwakuma, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi		using REBa2Cu3Oy Superconducting tapes for Electric Aircraft	Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	
10	R. Sugouchi, M. Komiya, S. Miura, M. Iwakuma, K. Yoshida, T. Sasayama, T. Yoshida, K. Yamamoto, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Conceptual Design and Electromagnetic Analysis of 2 MW Fully-Superconducting Synchronous Motors with Superconducting Magnetic Shields for Turboelectric Propulsion System	International Conference on Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	2019/9
11	M. Komiya, R. Sugouchi, H. Sasa, S. Miura, M. Iwakuma, T. Yoshida, T. Sasayama, K. Yamamoto, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University 2:AIST 3:Fuji Electric Co.	Design and Numerical Analysis of 10 MW-class Fully-Superconducting Synchronous Generators Installing the New Casing Structure for Turboelectric Propulsion System	International Conference on Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	2019/9
12	S. Miura, M. Iwakuma, T. Izumi	1:Kyushu University 2:AIST,	Electromagnetic design of tensMW-class fully-superconducting wind powergenerators with high-performance REBa2Cu3Oy wires	International Conference on Magnet Technology 26 (MT26) (Poster)	2019/9
13	佐々 滉太, 三浦 峻, 小宮 匡貴, 須河 内良多, 笹山 瑛由, 吉田 敬, 山本 薫, 岩熊 成卓, 和泉 輝郎, 富岡 章, 今野 雅之, 梅野 高裕	1:九州大学 2:産総研 3:富士電機 4:大陽日酸	REBa2Cu3Oy 超伝導線材を用いた 1kW 級全超伝導同期モータの冷却特性	2019 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会（第 72 回連合大会）（口頭発表）	2019/9
14	土居 祐麻, 尾崎 高一郎, 吉田 幸市, 三浦 峻, 笹山 瑛由, 山本 薫, 吉田敬, 岩熊 成卓, 富岡 昭, 今野 雅行, 和泉 輝郎	1:九州大学 2:産総研 3:富士電機	REBCO 線材を用いた超伝導誘導電動機の概念設計と電磁解析	2019 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会（口頭発表）	2019/9
15	相川 拓也, 佐々 滉太, 三浦 峻, 小宮 匡貴, 須河 内良多, 笹山 瑛由, 吉田 敬, 山本 薫, 岩熊 成卓, 和泉 輝郎, 富岡 章, 今野 雅之, 梅野 高裕	1:九州大学 2:産総研 3:富士電機 4:大陽日酸	REBa2Cu3Oy 超伝導線材を用いた 1kW 級全超伝導同期モータの冷却特性	2019 年度低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 支部研究成果発表会（口頭発表）	2019/10
16	1:古川 琢馬, 三浦 峻, 岩熊 成卓	九州大学	REBCO3 本並列導体の付加的交流損失の評価	2019 年度低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 支部研究成果発表会（口頭発表）	2019/10

17	山田 眞,寺西 亮,佐藤 幸生,金子 賢治	九州大学	BaHf03 添加 YBa2Cu307-δ 薄膜への Ba 塩追加による表面析出物の抑制	低温工学・超電導学会九州・西日本支部 2019 年度支部研究成果発表会（口頭発表）	2019/10
18	安山 正太郎,宮島 友博,寺西 亮,佐藤 幸生,金子 賢治,V. Petrykin,,S. Lee,淡路智,岡田 達典,松本 明善	1:九州大学 2:東北大学 3:Super Ox Japan,	GdBa2Cu307-δ 超伝導線材接続体の高 Tc 化	低温工学・超電導学会九州・西日本支部 2019 年度支部研究成果発表会（口頭発表）	2019/10
19	R.Teranishi,T.Miyajima,S.Yasuyama,Y.Sato,K.Kaneko,kenji,V.Petrykin,S.Lee,S.Awaji,A.Matsumoto,M.Inoue	1:九州大学 2:東北大学 3:Super Ox Japan,	Processing of supercondu cting joint for GdBa2Cu30y coated conductors	The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (Oral, invited)	2019/10
20	H. Kato, Y. Tsuchiya, Y. Ichino, Y. Yoshida	Nagoya University	Substrate Temperature Dependence of AC Loss in BHO-doped SmBCO Films	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
21	W.Sato,Y.Ichino,Y.Tsuchiya,A.Ichinose,Y.Yoshida	Nagoya University	Thickening of YBa2Cu30y coated conductors fabricated by self-heating technique in Pulsed Laser Deposition method and evaluation of the superconducting properties	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
22	J.Matsuzaka,Y.Tsuchiya,Y.Ichino,Y.Yoshida	Nagoya University	Deposition of thick superconducting YBCO films using the surface laser heating	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
23	K.Yasuda,T.Ito,Y.Ichino,Y.Tsuchiya,A.Ichinose,Y.Yoshida	Nagoya University	Fabrication of YBa2Cu30y coated conductor by Vapor-Liquid-Solid growth technique using Reel-to-Reel system	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
24	Y.Moriguchi,Y.Tsuchiya,Y.Ichino,Y.Yoshida	Nagoya University	Fabrication of BaTi03/Y Ba2Cu30y Multi-layered Films for Superconducting Capacitors	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
25	T.Yamamoto,Y.Ichino,Y.Tsuchiya,A.Ichinose,Y.Yoshida	Nagoya University	Effects of growth temperature and laser repetition rate on the shape of nanorods in BaSn03-do ped SmBa2Cu30y films	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12

			prepared by pulsed laser deposition method		
26	T.Hori, Y.Tsuchiya, Y.Ichino, Y.Yoshida	Nagoya University	Improvement of critical current asymmetricity in BaHfO3 doped SmBa2Cu3O*y* superconducting films by ion milling etching	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
27	T.Hibino, Y.Tsuchiya, Y.Ichino, Y.Yoshida	Nagoya University	Effect of laser energy and laser repetition frequency on shape of BHO nanorods in PLD method	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
28	S.Yamada, R.Teranishi, Y.Sato, K.Kaneko, M.Inoue	1:Kyushu University 2:Fukuoka Institute of Technology	Effect of extra addition of Ba into YBa2Cu3O7-δ coated conductor with BaHfO3	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
29	S.Yasuyama, T.Miyajima, R.Teranishi, Y.Sato, K.Kaneko, V. Petrykin, S.Lee, S.Awaji, T.Okada, A.Matsumoto	1:Kyushu University 2:Super Ox Japan 3:Tohoku University	Fabrication of additional deposited layer of for GdBa2Cu3O7-δ on coated conductors for joint	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
30	町 敬人, 衣斐 顕, 和泉 輝郎	産総研	Laser scribing and characterization on coated conductors	The 32nd International Symposium on Superconductivity (Poster)	2019/12
31	町 敬人	産総研	Development of Processing Technology of Coated Conductors to Contribute to Applications	MRM2019(Materials Research Meeting)	2019/12
32	A. Ibi, T. Machi, K.Nakaoka, M.Sato, T.Izumi, J.Nishimura, M.Miura, D.Yokoe, T.Kato, T.Kato, T.Hirayama	AIST	Improvement of in-field performance for EuBCO with heavily doped BHO coated conductors by PLD method with high temperature deposition and low temperature annealing	IOP Conference Series (in press)	2019/12
33	町 敬人, 衣斐 顕, 和泉 輝郎	産総研	Fabrication and characterization of superconducting shield for DC magnetic field by coated conductors	10th ACASC/2nd Asian-I CMC/CSSJ Joint Conference	2020/1
34	K.Naoki, S.Yanagi, J.Nakagawa, J.Tsuruta, R.Teranishi, M.Inoue	1:Kyushu University 2:Fukuoka Institute of Technology	*E-J* Characteristics in BaHfO3 Doped REBCO C Cs	10th ACASC/2nd Asian-I CMC/CSSJ Joint Conference (Poster)	2020/1

			Fabricated by TFA-MOD Process		
35	J.Tsutuda,A.Kawagoe, M.Iwakuma,K.Shiohara ,H.Sugane	1:Kagoshima University 2:Kyushu University 3:SWCC Showa Cable System Company	The estimation method of AC losses in the HTS tri-axial cable using electrical measurements	10th ACASK / 2nd Asia n-ICMC / CSSJ Joint Conference (Poster)	2020/1
36	R.Teranishi,T.Miyaji ma,S.Yasuyama,Y.K. Sato,V.Kaneko,S .Petrykin,S.Lee,T.Ok ada,S.Awaji,A.Matsumo to	1:Kyushu University 2:Super Ox Japan 3:Tohoku University	Influence of joint pressure on superconducting properties for jointed Gd Ba2Cu30y coated conductors prepared by crystallization of precursor films	10th ACASC/2nd Asian- ICMC/CSSJ Joint Conference (Poster)	2020/1
37	宮田健司, 西村隼, 安野秀治, 三浦正志, 衣斐顕, 和泉輝郎	1:成蹊大学 2:産総研	BaHf03 ナノロッド導入 Reel-to-Reel-PLD 法 EuBa2Cu30$_y$ 線材の磁場中 J_c 特性の評価	第 67 回 応用物理学会春季学術講演会（口頭発表）	2020/3
38	井上 昌睦,川島 直暉, 鶴田 純平,柳 知志,寺西 亮,山田 眞	1:福岡工業大学 2:九州大学	塗布熱分解法により作製された REBCO 膜の臨界電流密度分布評価	2020 年度春季第 99 回低温工学・超電導学会研究発表会	2020/7
39	篠倉 大輝,江藤 大登, 酒井 秀哉,田中 祥貴, 井上 昌睦	福岡工業大学	パルスレーザ蒸着法で作製された高温超伝導線材の臨界電流密度分布	2020 年度第 73 回電気・情報関係学会九州支部連合大会	2020/9
40	田中 祥貴,酒井 秀哉, 寺西 亮,井上 昌睦	福岡工業大学 九州大学	塗布熱分解法で作製された高温超伝導線材の臨界電流密度分布計測と組織観察	2020 年度第 73 回電気・情報関係学会九州支部連合大会	2020/9
41	K.Noda,S.Miura,H.Sas a,R.Sugouchi,T.Yoshi da,T.Sasayama,M.Iwak uma,A.Kawagoe,T.Izum i,M.Konno,Y.Sasamori ,H.Honda,Y.Hase,M. Syutoh	1:Kyushu University 2:Kagoshima University 3:AIST 4:Fuji Electric Co.	Influence of the Skew Angles of REBCO Armature Windings for 10 MW Fully-Superconducting Synchronous Generators on Electr omagnetic Properties Analyzed by Three-dimensional Electromagnetic Field Analysis	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/10
42	H.Sasa,M.Iwakuma,S.M iura,T.Sasayama,T.Yo shida,K.Yamamoto,T.I zumi,A.Tomioka,M.Kon no,T.Umeno	1:Kyushu University 2:Kagoshima University 3:AIST 4:Fuji Electric Co. 5:Taiyo Nippon Sanso	Properties of 1 kW-class Test REBCO Fully-Superconducting Synchronous Motor Cooled by Subcooled Liquid Nitrogen for E-Aircraft	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/10

43	T. Ito, Y. Ichino, Y. Tsuchiya, K. Yasuda, A. Ichinose, Y. Yoshida	1:Nagoya University 2:Central Research Institute of Electric Power Industry	Effect of Surface Liquid Layer during Film Growth on Morphology of BaHfO3 in YBa2Cu3Oy Coated Conductors fabricated by Pulsed Laser Deposition	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/10
44	Y. Omanyuda, S. Miura, M. Iwakuma	Kyushu University	Additional AC Loss and Current Distribution Properties of Transposed Three-Strand Parallel Conductors Composed of REBCO Superconducting Tapes	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/10
45	A. Kawagoe, S. Oishi, R. Kanemaru, M. Iwakuma, S. Miura, T. Izumi, T. Umeno	1:Kagoshima University 2:Kyushu University 3:AIST 4:Fuji Electric Co. 5:Taiyo Nippon Sanso	Evaluation of The Torque on Rotors with A Hollow Core in The Superconducting Induction Motors for Electric Aircrafts	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/10
46	佐々 滉太, 三浦 峻, 笹山 瑛由, 吉田 敬, 山本 薫, 岩熊 成卓, 川越 明史, 和泉 輝郎, 富岡 章, 今野 雅之, 笹森 雄一郎, 本田 博一, 長谷 吉二, 首藤 雅夫, 梅野 高裕	1:九州大学 2:鹿児島大学 3:産総研	REBCO 超伝導線材を用いた 1 kW 級全超伝導同期モータの冷却特性試験および運転試験	低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 2020 年度 若手セミナー・支部	2020/10
47	田丸 隼也, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治, 岩熊 成卓	九州大学	YBa2Cu3O7-δ粉末を利用した磁場シールド材の開発	低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 2020 年度 若手セミナー・支部研究成果発表会	2020/10
48	酒井 秀哉, 田中 祥貴, 寺西 亮, 井上 昌睦	1:福岡工業大学 2:九州大学	塗布熱分解法で作製された高温超電導線材の臨界電流密度分布測定と組織観察	低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 2020 年度 若手セミナー・支部研究成果発表会	2020/10
49	大石 竣介, 金丸 凌大, 川越 明史, 三浦 峻, 岩熊 成卓, 和泉 輝郎, 梅野 高裕	1:鹿児島大学 2:九州大学 3:富士電機 4:大陽日酸	HTS 誘導電動機用パイプ 形状回転子の特性評価	低温工学・超電導学会 九州・西日本支部 2020 年度 若手セミナー・支部研究成果発表会	2020/10
50	T. Ito, Y. Ichino, Y. Tsuchiya, A. Ichinose, Y. Yoshida	1:Nagoya University 2:Central Research Institute of Electric Power Industry	Ic enhancement in the nanorod-introduced REBCO thick coated conductor fabricated by high growth rate method	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/11
51	M. Sumida, S. Miura, M. Iwakuma, A. Tomioka, M. Konno, T. Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:AIST	Design and Numerical Analysis of 10 MVA REBCO Superconducting	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/11

			Transformers with Lightweight and Current-Limiting Function for E-Aircraft		
52	T.Izumi,T.Machi,A.Ibi,K.Nakaoka,L.Sergey,Y.Takahashi,M.Miura,M.Inoue,Y.Yoshida,M Iwakuma	1:AIST 2:Seikei University 3:Fukuoka Institute of Technology 4:Kyushu University,	Development of Coated Conductors for Superconducting Propulsion System of Airplane	Applied Superconductivity Conference 2020	2020/11
53	江藤 大登,篠倉 大輝,酒井 秀哉,田中 祥貴,井上	福岡工業大学	長手方向に臨界電流分布を有する REBCO 線材の面内 Jc 分布	2020 年応用物理学会九州支部学術講演会	2020/11
54	T.Machi,T.Izumi, M.Nakamura,D.Ohkura, S.Hasuo,S.Lee	1:AIST 2:Super Ox Japan	Bending characteristics of FFDS (face to face double stacked) coated conductors	International Symposium on Superconductivity 2020	2020/12
55	中岡 晃一,薄井 友紀江,和泉 輝郎,青木 裕治,高橋 保夫,佐藤 迪夫,長谷川 隆代	1:産総研 2:昭和電線	Control of residual oxide compounds on the surface of REBCO layer in TFA-MOD method	International Symposium on Superconductivity 2020	2020/12
56	M.Miura,G.Tsuchiya, T.Kato,R.Yoshida,K. Nakaoka,T.Izumi,M.Kiuchi,T.Matsushita	1:Seikei University 2:JFCC 3:AIST 4:Kyushu Institute of Technology	Recent results on flux pinning in nanoparticle-doped TFA-MOD REBa2Cu3OyCoated Conductors	International Symposium on Superconductivity 2020	2020/12
57	和泉 輝郎	産総研	超電導技術を適用した航空機用電気推進システムの開発	エネルギー技術シンポジウム 2020	2020/12
58	田中 祥貴,酒井 秀哉,寺西 亮,井上 昌睦	1:九州大学 2:福岡工業大学	塗布熱分解法で作製された REBCO 薄膜線材の臨界電流密度分布と磁場中臨界電流特性	2020 年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会	2020/12
59	篠倉 大輝,江藤 大登,酒井 秀哉,田中 祥貴,井上 昌睦	福岡工業大学	長手方向に臨界電流分布を有する REBCO 線材の面内 Jc 分布と磁場中 Jc 特性	2020 年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会	2020/12
60	大石 竣介, 金丸 凌大, 川越 明史,三浦 峻, 岩熊 成卓,和泉 輝郎,梅野 高裕	1:鹿児島大学 2:九州大学 3:産総研 4:大陽日酸	パイプ状回転子を持つ高温超伝導誘導電動機の特性評価	2020 年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会	2020/12
61	高橋 洸,宮田 健司,三浦 正志,横江 大作,加藤 丈晴,衣斐 顕,和泉 輝郎	1:成蹊大学 2:JFCC 3:産総研	Reel-to-Reel PLD 法 EuBa2Cu3Oy＋BaHfO3 線材の磁場中超伝導特性	2020 年度秋季低温工学・超電導学会	2020/12
62	齋藤 優大,太田 順也,作間 啓太,三浦 正志	成蹊大学	TFA-MOD 法を用いた BaZrO3 ナノ粒子導入(La2-xBax)CuO4 薄膜の作製	2020 年度秋季低温工学・超電導学会	2020/12
63	町 敬人, 和泉 輝郎,中村 美幸,Ivan Veshchunov 大倉大佑, 蓮尾信也,Sergey Lee	1:産総研 2:Super Ox Japan	貼り合わせた RE 系超電導線材の曲げ特性	2020 年度秋季低温工学・超電導学会	2020/12
64	酒井 秀哉, 井上昌睦, 寺西 亮	1:福岡工業大学 2:九州大学	TFA-MOD 法で作製された REBCO 線材の臨	2021 年度春季第 101 回低温工学・超電導学会研究発表会	2021/5

			界電流密度分布と組織分布の関係		
65	田中 祥貴, 井上 昌睦, 岩熊 成卓	1:福岡工業大学 2:九州大学	REBCO 線材の高電界下における電流輸送特性評価	2021 年度春季第 101 回低温工学・超電導学会研究発表会	2021/5
66	原口 顕輔,寺西 亮,金子 賢治,松本 明善,井上 昌睦	1:九州大学 2:物質・材料研究機構 3:福岡工業大学	2 軸配向した La 添加 $YBa_2Cu_3O_y$ 薄膜の作製条件の検討	軽金属学会・日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部 2021 年度合同学術講演会	2021/6
67	和泉 輝郎,衣斐 顕,中岡 晃一,廣瀬 陽代,町敬人,岩熊 成卓	1:産総研 2:九州大学	Improvement of In-field Critical Current of Coated Conductor for Applications	CEC/ICMC 2021	2021/7
68	和泉 輝郎,岩熊 成卓	1:産総研 2:九州大学	New National Project for Development of Electric Propulsion System using Superconducting Technologies for Airplane in Japan	CEC/ICMC 2021	2021/7
69	S.Sakai,Y.Tanaka,R.Teranishi,M.Iwakuma and M.Inoue	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	J_c and composition distribution of REBCO coted conductor fabricated by TFA-MOD process	EUCAS2021	2021/9
70	Y.Tanaka,M.Inoue, and M.Iwakuma	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	Measurement of current transport property in high electric field for REBCO tape (invited)	EUCAS2021	2021/9
71	鈴木 匠, 太田 順也, 作間 啓太, 尾崎 壽紀, 衣斐 顕, 和泉 輝郎, 三浦 正志	1:成蹊大学 2:産総研 3:関西学院大学	PLD 法 $(Eu,Er)Ba_2Cu_3O_y$+$BaHfO_3$ 線材の O_2+イオン照射による超伝導特性の向上	第 82 回応用物理学会秋季学術講演会	2021/9
72	原 由子, 高橋 洸, 鈴木 匠, 横江 大作, 加藤 丈晴, 一野 祐亮, 衣斐 顕, 和泉 輝郎, 三浦 正志	1:成蹊大学 2:JFCC 3:愛知工業大学 4:産総研	Reel-to-Reel-PLD 法 $EuBa_2Cu_3O_y$＋$BaHfO_3$ 線材の磁場中 Jc 特性	第 82 回応用物理学会秋季学術講演会	2021/9
73	和泉 輝郎,岩熊 成卓	1:産総研 2:九州大学	Project for Development of Electric Propulsion System using Superconducting Technologies for Airplane in Japan	CCA2021	2021/10
74	川崎 玄貴, 田中 祥貴, 立石 航也, 井上 昌睦	福岡工業大学	REBCO テープ線材の高電界中の電流-電界特性評価	低温工学・超電導学会九州・西日本支部支部研究成果発表会	2021/11
75	H.Sasa,S.Miura,H.Miyazaki,T.Sasayama,T.Yoshida,K.Yamamoto, M.Iwakuma,Y.Hase,Y.Sasamori,H.Honda, M.Konno,T.Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:AIST	Thermal-Electromagnetic Coupled Analysis Considering AC Losses in REBCO Windings at 65 K of 10 MW Fully-	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11

			Superconducting Synchronous Generators for Electric Aircraft		
76	M.Sumida,H.Sasa,S.Miura,H.Miyazaki,M.Iwakuma,M.Konno,T.Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:AIST	Design Study of 3f-10 MVA-6.9/1.0 kV REBCO Superconducting Transformers with Lightweight and Current-Limiting Function for an E-Aircraft Propulsion System	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
77	K.Matsumoto,H.Sasa,S.Miura,K.Matsumoto,H.Miyazaki,T.Yoshida,T.Sasayama,K.Yamamoto,M.Iwakuma,A.Kawagoe,T.IZUMI,Y.Sasamori,H.Honda,M.Konno,Y.Hase	1:Kyushu University 2:Fuji ElectricCo. 3:Kagoshima University 4:AIST	Numerical Analysis of 2 MW Fully Superconducting Synchronous Motor for Electric Aircraft Considering AC Loss in Field Winding	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
78	Y.Okade,H.Miyazaki,H.Sasa,K.Yoshida,S.Miura,T.Sasayama,T.Yoshida,A.Kawagoe,M.Iwakuma	1:Kyushu University 2:Kagoshima University	Study of REBCO Trapezoidal Armature Windings for Superconducting Induction Motor	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
79	Y.Omanyuda,H.Sasa,H.Miyazaki,S.Miura,M.Iwakuma	Kyushu University	Experimental Evaluation of Current Distribution in Three-Strand Transposed Parallel Conductors Composed of REBCO Superconducting Tapes	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
80	J.Tamaru,R.Teranishi,Y.Sato,K.Kaneko,T.Machi,M.Iwakuma	1:Kyushu University 2:AIST	Fabrication of magnetic field shielding sheet using YBa2Cu3O7-δ powders	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
81	R.Teranishi,K.Inoue,T.Kikuyama,T.Nishiyama,K.Kaneko,M.Inoue	1:Kyushu University 2:Fukuoka Institute of Technology	Investigation of the formation mechanism of a-axis oriented grains in GdBa2Cu3Oy coated conductors deposited by pulsed laser deposition	International Conference on Magnet Technology 27	2021/11
82	K.Takahashi,Y.Hara,T.Suzuki,R.Yoshida,D.Yokoe,T.Kato,A.Ibi,T.Izumi and M.Miura	1:Seikei Univ. 2:JFCC 3:AIST	The in-field Jc in RTR-PLD EuBa2Cu3Oy with various vol.% of BaHfO3 coated conductors	International Symposium on Superconductivity 2021	2021/11
83	田中 祥貴, 川崎玄貴, 立石 航也, 岩熊成卓, 井上 昌睦	1:福岡工業大学 2:九州大学	REBCO 線材の高電界下における電流輸送特性評価 (2)	2021 年度秋季第 102 回低温工学・超電導学会研究発表会	2021/12
84	K.Noda,H.Sasa,H.Miyazaki,S.Miura,T.Yoshida,T.Sasayama,M.Iwak	1:Kyushu University 2:Kagoshima University 3:AIST,	Estimation of Ac loss for a high-power density 10 MW	International Symposium on Superconductivity	2021/12

	uma, A. Kawagoe, T. Izumi, M. Konno, Y. Sasamori H. Honda, Y. Hase	4:Fuji Electric Co.	REBCO superconducting synchronous generator cooled by sub-cooled liquid nitrogen		
85	Y. Hara, J. Ohta, T. Suzuki, K. Sakuma, T. Ozaki, A. Ibi, T. Izumi and M. Miura	1:Seikei Univ. 2:JFCC 3:Kwansei Gakuin Univ. 4:AIST	In-field Jc properties for RTR-PLD (Eu, Er)$Ba_2Cu_3O_y$+$BaHfO_3$ CCs with O2+ ion irradiated defects	International Symposium on Superconductivity 2021	2021/12
86	M. miura, T. Izumi	1:Seikei University 2:AIST	Recent results on flux pinning in nanoparticle-doped TFA-MOD REBa2Cu3Oy Coated Conductors	International Symposium on Superconductivity	2021/12
87	田丸 隼也, 寺西 亮, 井上 昌睦, 岩熊 成卓	1:九州大学 2:福岡工業大学	YBa2Cu3Oy を用いた磁場シールド材の作製	2022 年度春季第 103 回低温工学・超電導学会研究発表会	2022/6
88	田中 祥貴, 岩熊 成卓, 井上 昌睦	1:福岡工業大学 2:九州大学	REBCO 線材の高電界下における電流輸送特性評価(3)	2022 年度春季第 103 回低温工学・超電導学会研究発表会	2022/6
89	髙橋 正希, 田中 祥貴, 岩熊 成卓, 井上 昌睦	1:福岡工業大学 2:九州大学	銅安定化材を半田接合した REBCO 線材の電流輸送特性の有限要素解析	2022 年度春季第 103 回低温工学・超電導学会研究発表会	2022/6
90	尾形 桐弥, 岩熊 成卓, 宮崎 寛史, 三浦 峻, 佐々 滉太, 中野 基貴	九州大学	電気推進システム用限流機能付き 10 MVA-6.9/1.0 kV 超伝導変圧器の軽量化検討	第 75 回電気・情報関係学会九州支部連合大会	2022/9
91	赤池 航, 岩熊 成卓, 宮崎 寛史, 三浦 峻, 佐々 滉太, 陣上 広大, 大石 遼真, 藤田 真司, 大保 雅載	九州大学	REBCO 超伝導線材を用いた 2 層パンケーキコイルの液体窒素冷却による交流損失評価	第 75 回電気・情報関係学会九州支部連合大会	2022/9
92	淺田 基寛, 宮崎 寛史, 岩熊 成卓, 佐々 滉太, 三浦 峻, 國安 天斗	九州大学	航空機用超伝導動機モータのロータ径と出力密度の関係	第 75 回電気・情報関係学会九州支部連合大会	2022/9
93	T. Izumi et al.	AIST et al.	貼り合わせ REBCO 線材の機械強度評価	応用物理学会	2022/9
94	T. Izumi et al.	AIST et al.	Present Status & Future Prospect of Superconducting Materials & Applications in JAPAN	ISIS2022	2022/9
95	M. Iwakuma, H. Miyazaki, S. MiuraH. Sasa, K. Yoshida, S. Sato, I. Sagara, Y. Hase, M. Konno, Y. Sasamori, H. Honda, T. Okabe, H. Hirai, T. Umeno, L. Sergei, S. Hasuo, M. Nakamura, N. Mido, K. Adachi, K. Shiohara, T. Izumi, A. Kawagoe, M. Deki, H.	1:九州大学 2:昭和電線ケーブルシステム 3:産総研 4:富士電機 5:大陽日酸 6:鹿児島大学 7:名古屋大学 8:三菱重工業 9:グローバル・アシスト	High efficiency and high power electric propulsion system for airplane by superconductivity - 1: Overview	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10

	Amano,Y.Kawaguchi,T.Yamasaki				
96	H.Sasa,H.Miyazaki,S.Miura,K.Yoshida,S.Sato,Y.Okade,I.Sagara,M.Iwakuma,M.Konno,Y.Hase,Y.Sasamori,H.Hirai,S.Hasuo,T.Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric 3:Taiyo Nippon Sanso 4:Super Ox Japan 5:AIST	Electromagnetic Design of a 400 kW REBCO Fully Superconducting Synchronous Motor for Airplane by Finite Element Method Analysis	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
97	H.Miyazaki,M.Iwakuma,H.Sasa,K.Yoshida,S.Sato,S.Miura,I.Sagara,M.Konno,H.Hirai,S.Hasuo,Y.Aoki, and T.Izumi	1:Kyushu University 2:Fuji Electric 3:Taiyo Nippon Sanso 4:Super Ox Japan 5:SWCC 6:AIST	High efficiency and high power electric propulsion system for airplane by superconductivity - 2 : Progress in the development of a 400 kW REBCO fully superconducting synchronous motor	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
98	塩原 敬,足立 和久,中西 達尚,佐藤 迪夫,三堂 信博,青木 裕治,平井 寛一,今野 雅行,和泉 輝郎,岩熊 成卓	1:SWCC 2:九州大学 3:大陽日酸 4:富士電機 5:産総研 6:九州大学	High efficiency and high power electric propulsion system for airplane by superconductivity- 4: Development of Superconducting Cable	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
99	A.Takashima,Y.Omanyuda,A.Kobun,H.Miyazaki,A.Kawagoe,S.Miura,K.Yoshida,S.Sato,H.Sasa, and M.Iwakuma	1:Kyushu University 2:Kagoshima University	Current Distribution of Armature Coils Combining Two Different Sizes of REBCO Racetrack Double Pancakes	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
100	A.Kobun,Y.Masuda,S.Miura,H.Miyazaki,K.Yoshida,S.Sato,H.Sasa,M.Iwakuma	Kyushu University	Basic Concept for Uniform Current Distribution in Parallel Conductors by Introducing a Small Number of Transpositions in REBCO Armature Coils for Fully-Superconducting Rotating Machines	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
101	K. Jingami, H. Miyazaki, M. Iwakuma, S. Miura, H. Sasa, W. Akaike, R. Oishi, K. Yoshida	Kyushu University	AC loss characteristics of stacked REBCO double pancake coils cooled by liquid nitrogen	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
102	S.Miura,A.Kobun,A.Takashima,H.Sasa,H.Miyazaki,A.Kawagoe,M.Iwakuma	Kyushu University	Current Distributions of Multi-strand Parallel Conductors Composed of REBa2Cu30y Superconducting Tapes	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10

103	川原林 大昴(1),出来 真斗(2),本田 善央(3),天野 浩(1)-(3)	1:工学研究科,名古屋大学 2:ベンチャービジネスラボラトリー,名古屋大学 3:未来材料システム研究所,名古屋大学	High efficiency and high power electric propulsion system for airplane by superconductivity-6: Demonstration of dynamic characteristics of GaN-PSJ power transistors at low temperatures	Applied Superconductivity Conference2022	2022/10
104	Y.Hara,J.Ohta,T.Suzuki,K.Sakuma,T.Ozaki,A.Ibi,T.Izumi and M.Miura	1:Seikei Uni. 2:AIST	Jc in magnetic field for RTR-PLD (Eu,Er)$Ba_2Cu_3O_y$+BaHfO_3 CCs with oxygen-irradiated defects	Applied Superconductivity Conference2022	2022/10
105	T.Takanashi,K.Takahashi,Y.Hara,T.Suzuki,Y.Ichino,S.Awaji,A.Ibi,T.Izumi and M.Miura	1:Seikei Uni. 2:AIST	Effects of introducing $BaHfO_3$ into RTR-PLD(Eu,Er)$Ba_2Cu_3O_y$+$BaHfO_3$ Coated Conductors	Applied Superconductivity Conference2022	2022/10
106	Yoshiki Tanaka,Masayoshi Inoue,Masataka Iwakuma	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	Current transport characteristics for REBCO tape in high electric field	Applied Superconductivity Conference2022	2022/10
107	T.Izumi,K.Shiohara,T.Machi,A.Ibi,K.Nakaoka,H.Hirose,K.Adachi,T.Nakanishi,M.Sato,Y.Aoki,Y.Takahashi,M.Miura,K.Hirai,M.Konno and M.Iwakuma	1:AIST 2:SWCC 3:Taiyo Nipponp Sanso 4:Fuji Electric 5:Kyushu University	Development of Superconducting Cable and Coated Conductors for Airplane Electric Propulsion System	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
108	Ivan.Veshchunov,M.Nakamura1,M.Gaifullin1,S.Hasuo(1),Vladimir.Vyatkin1,T.Machi(2),T.Izumi(2),V.Petrykin1,S.Lee1	1:SuperOx Japan 2:産総研	Production of Long Face-to-Face Double Stacked (FFDS) REBCO Coated Conductors at SuperOx Japan for Electric Aircraft Applications	Applied Superconductivity Conference 2022	2022/10
109	公文 麻人, 増田 陽平, 三浦 峻, 宮﨑 寛史, 吉田 幸市, 佐藤 誠樹,佐々 滉太, 岩熊 成卓	九州大学	転位並列導体で構成した全超伝導回転機の電機子コイルの大電流容量化に関する研究	2022 年度秋季第 104 回 低温工学・超電導学会　九州・西日本支部若手セミナー・研究成果発表会	2022/11
110	鳥居 龍ノ介	鹿児島大学	空芯型超伝導誘導電動機の回転子の特性評価	2022 年度秋季第 104 回 低温工学・超電導学会　九州・西日本支部若手セミナー・研究成果発表会	2022/11
111	T.Suzuki,Y.Ogimoto,T.Ozaki,A.Ibi,T.Izumi,T.Okada,S.Awaji and M.Miura	1:Seikei Uni. 2:Kwansei Gakuin Uni. 3:Tohoku Uni.	In-field Jc properties for RTR-PLD (Eu,Er)$Ba_2Cu_3O_y$+BaHfO_3 CCs with O^{2+} ion irradiated defects	International Symposium on Superconductivity 2022	2022/11
112	Y.Tanaka,M.Iwakuma,M.Inoue	1:Fukuoka Institute of Technology, 2:Kyushu University	Current transport characteristics for	The 7th Asian Applied Physics Conference	2022/11

			REBCO tape in high electric fields		
113	M.Takahashi,Y.Tanaka,M.Inoue,M.Iwakuma	1:Fukuoka Institute of Technology, 2:Kyushu University	Analysis of current distribution in a REBCO wire soldered with copper stabilizers	The 7th Asian Applied Physics Conference	2022/11
114	宮部 司嵯,坂東 麻衣,外本 伸治	九州大学	新しいチルトローター機のローター数と配置に関する研究	日本航空宇宙学会西部支部講演会	2022/11
115	公文 麻人,増田 陽平,山﨑 亮斗,岡出 祐汰,三浦 峻,宮﨑 寛史,吉田 幸市,佐藤 誠樹,佐々 滉太,岩熊 成卓	九州大学	転位並列導体で構成した全超伝導回転機の電機子コイル向けREBCOレーストラック型ダブルパンケーキコイルにおける均流化コンセプトの実験的評価	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
116	山﨑 亮斗,岡出 祐汰,宮﨑 寛史,吉田 幸市,佐々 滉太,三浦 峻,岩熊 成卓	九州大学	台形コイルを用いた超伝導誘導機の電磁解析	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
117	三浦 正志,黒川 穂高,關谷 尚人,加藤 康之,鍋島 冬樹,前田 京剛,岡田 達典,淡路 智,C.Leonardo, M.Boris	1:成蹊大 2:東京大学 3:山梨大学 4:産総研 5:東北大学 6:LANL	キャリア・ピン制御によるRE123超伝導線材の高臨界電流密度化	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
118	鈴木 匠,大木 元勇貴,尾崎 壽紀,衣斐 顕,和泉 輝郎,岡田 達典,淡路 智,三浦 正志	1:成蹊大学 2:関西学院大学 3 産総研 4:東北大学	O^{2+}イオン照射したRTR-PLD法(Eu,Er)$Ba_2Cu_3O_y$+$BaHfO_3$線材の磁場中臨界電流密度特性	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
119	高橋 正希,田中 祥貴岩熊 成卓,井上 昌睦	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	超電導複合導体の電流導入部近傍の電流分布解析	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
120	佐藤 迪夫,髙橋 保夫,青木 裕治,足立 和久,中岡 晃一,和泉 輝郎	1:SWCC 2:AIST	Reel-to-Reel 式本焼成炉によるTFA-MOD YGdBCO+BZO 線材の作製	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
121	T.Machi et	産総研 et	アブレーション効果を用いたREBCO線材のレーザースクライビング加工技術	2022年度秋季第104回 低温工学・超電導学会研究発表会	2022/12
122	G.Shin(2), M.S.Hassan(1)-(2),Y.Noge(2),M.Shoyama(2), and G.M.Dousoky(1)	1:Faculty of Engineering, Minia University, Egypt 2:Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, Japan	Isolated Multilevel Pulsating DC-Link Inverter for Cryogenic Temperature Power Conversion in Aircraft Applications	IEEE Conference on Power Electronics and Renewable Energy2023	2023/2
123	高島 敦史,宮崎 寛史,川越 明史,三浦 峻,吉田 幸市,佐藤 誠樹,佐々 滉太,岩熊 成卓	1:九州大学 2:鹿児島大学	大小2種類のREBCOダブルパンケーキコイルを組み合わせた電機子コイルの電流分流特性	第105回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/6
124	三浦 峻,公文 麻人,増田 陽平,中村 一稀,宮﨑 寛史,川越 明史,吉	九州大学	電機子コイルにおけるREBa2Cu30y並列導体の素線間電流分流の簡易解析手法	第105回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/6

	田 幸市,佐藤 誠樹, 佐々 滉太,岩熊 成卓				
125	山本 拓実,堀出 朋哉, 吉田 隆	名古屋大学	形状の異なるBMOを導入した高JcYBa2Cu3Oy薄膜の最適アニール条件の検討(Investigation of optimal annealing conditions high JcYBa2Cu3Oy thin films with BMO with different shapes)	第105回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/6
126	髙橋 正希,田中 祥貴, 岩熊 成卓,井上 昌睦	1:福岡工業大学 2:九州大学	超電導複合導体の流入部の電流分布の解析(2)	第105回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/6
127	M.Iwakuma,T.Izumi	1:Kyushu University 2:AIST	Development of Electric Propulsion System for Aircraft using Superconducting Technologies	AIAA AVIATION Forum	2023/6
128	M.Deki,H.Kawarabayashi,Y.Honda,H.Amano	1:Deeptech Serial Innovation Center,Nagoya University,IMaSS	Evaluation of Switching Characteristics of High Breakdown Voltage GaN-PSJ Transistors at Liquid Nitrogen Temperature	AIAA AVIATION Forum	2023/6
129	木許 陽登,寺西 亮	九州大学	NaCl基板上への$REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$薄膜作製の検討	2023年度 日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会 九州支部合同学術講演会	2023/6
130	M.Iwakuma,T.Izumi	1:Kyushu University, 2:AIST	Current Status of National Project for Electric Propulsion System Development of Aircraft using Superconducting Technologies	CEC/ICMC 2023	2023/7
131	岩熊 成卓	九州大学	「カーボンニュートラル社会を目指した電動航空機・空飛ぶクルマの研究開発」	日本鉄道電気技術協会九州支部 2023年度定時総会 講演会	2023/8
132	S.Miura,A.Kobun, Y.Masuda,K.Nakamura,H.Miyazaki,A.Kawagoe,H.Sasa,K.Yoshida,S.Sato,M.Iwakuma	1:Kyushu University 2:Kagoshima University	Current Distribution among Three-Parallel REBa2Cu3Oy wires in Three-phase Armature Coils	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
133	A.Takashima,H.Miyazaki,S.Miura,K.Yoshida,S.Sato,H.Sasa,M.Iwakuma	Kyushu University	Current Distribution in Armature Coils Comprising Two Sizes of Racetrack Double-Pancakes with REBCO Striated Tapes	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9

134	R.Oishi,K.Jingami,H.Miyazaki,MIwakuma,K.Yoshida,S.Miura,H.Sasa,M.Daibo,S.Fujita	Kyushu University	Evaluation of the AC loss characteristics of multifilamentary REBCO tapes by the mechanical scratching of MgO2 areas	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
135	Y.Emori,H.Miyazaki,S.Miura,H.Sasa,M.Iwakuma	Kyushu University	Electromagnetic design of a REBCO four-pole full-pitched armature coil composed of trapezoidal windings for fully superconducting synchronous motors	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
136	M.Tsumori,R.Yamasaki,Y.Okade,H.Miyazaki,S.Miura,H.Sasa,K.Yoshida,M.Iwakuma	Kyushu University	Effectiveness of REBCO Trapezoidal Armature Coils Used in Superconducting Induction Motors	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
137	Masayoshi Inoue, Hibiki Kuga, Daiki Koga, Toya Tsukahara,Yasuhiro,Nakayama,Yuichiro Shiratsuchi, Shinya Sekito, Ayumu Miwa, Yutaka Yamada	Fukuoka Institute of Technology, Chubu University	Observation of crack propagation caused by twisting in REBCO coated conductors by using scanning Hall-probe microscopy	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
138	T. Machi[1], H. Hirose[1], K. Noda[1], T. Izumi[1], M. Nakamura[2], I. Veshchunov[2], S. Hasuo[2], S. Lee[2]	1:AIST, 2:Faraday Factory Japan	Various properties of face-to-face double stacked (FFDS) coated conductors	International Conference on Magnet Technology 28	2023/9
139	有田 知徳,一野 祐亮,堀出 朋哉,吉田 隆	名古屋大学	REBCO 薄膜の異なる成長における結晶成長様式の変化に関するシミュレーション	2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術公演会	2023/9
140	S.Miura,A.Kobun,Y.Masuda,K.Nakamura,H.Miyazaki,A.Kawagoe,H.Sasa,K.Yoshida,S.Sato,M.Iwakuma	Kyushu University, Kagoshima University, Fuji Electric Co.	Current Distribution among Transposed Eight-bundle REBCO Wires in Armature Coils	The 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023)	2023/9
141	M.Iwakuma,H.Miyazaki,S.Miura,H.Sasa,S.Sato,K.Yoshida, Y.Suzuki,I.Sagara, Y.Hase,M.Konno, M.Ohaku,C.Ikeda, H.Honda,Y.Sasamori,T.Izumi,T.Machi,H.Hirose,S.Lee,S.Hasuo,M.Nakamura,H.Hirai, N.Midoh,K.Adachi, Y.Aoki,K.Shiohara, H.Kasahara	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:AIST 4:Faraday Factory Japan 5:Taiyo Nippon Sanso 6:SWCC 7:Eagle Industry Co.	Progress in the development of high-efficiency electric propulsion systems	The 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023)	2023/9
142	T.Miyajima,K.Haraguchi,R.Teranishi	Kyushu University	Investigation of fabrication condition of $LaBa_2Cu_3O_y$ films	The 16th European Conference on Applied	2023/9

			using metal organic deposition method	Superconductivity (EUCAS2023)	
143	T.Machi,H.Hirose, K.Noda,T.Izumi	AIST	Laser scribing technique by psec UV pulse laser and Galvano scanner	The 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023)	2023/9
144	塩原 敬,佐藤 廸夫 高橋 保夫,足立 和久, 和泉 輝郎,岩熊 成卓	1:SWCC 2:産総研 3:九州大学	Development of a Superconducting Cable for Aircraft Electric Propulsion System	The 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023)	2023/9
145	佐藤廸夫,塩原敬 高橋保夫,青木裕司,足立和久,中岡晃一,和泉輝郎 岩熊成卓	1:SWCC 2:産総研 3:九州大学	Development of Ba-Zr-O-doped Y-Gd-Ba-Cu-O coated conductors using a reel-to-reel system furnace	The 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023)	2023/9
146	Shun Miura	Kyushu University	Development and Trial Test of a Fully Superconducting Motor with REBCO Tapes at Liquid Nitrogen Temperatures for Aircraft Propulsion	3rd International Conference On Emissions Free Air Transport Through Superconductivity	2023/10
147	宮部 司嵯,坂東 麻衣, 外本伸治	九州大学	eVTOL 機の遷移モード安定化に向けた機構提案及び特性解析	第 66 回自動制御連合講演会	2023/10
148	木許 陽登,寺西 亮,岩熊 成卓	九州大学	NaCl 基板上への $LuBa_2Cu_3O_{7-x}$ 薄膜作製の検討	2023 年度 低温工学・超電導学会 九州/西日本支部 若手イベント・研究成果発表会	2023/11
149	M.Iwakuma,H.Miyazaki ,S.Miura,H.Sasa, S.Sato,K.Yoshida, Y.Suzuki,I.Sagara, Y.Hase,M.Konno, M.Ohaku,C.Ikeda, H.Honda,Y.Sasamori, T.Izumi,T.Machi, H.Hirose,S.Lee, S.Hasuo,M.Nakamura, H.Hirai,N.Midoh,K.Ad achi,Y.Aoki,K.Shioha ra,H.Kasahara	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:AIST 4:Faraday Factory Japan 5:Taiyo Nippon Sanso 6:SWCC 7:Eagle Industry Co.	Development of Fully Superconducting Propulsion System for Aircraft with REBCO Tapes	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
150	H.Sasa,K.Jingami, R.Oishi,S.Miura,H.Mi yazaki,M.Iwakuma	Kyushu University	Estimation Method of AC Loss of REBCO Superconducting Tapes in AC+DC Field for Field Windings in Fully Superconducting Synchronous Machine for Electric Aircraft	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
151	S.Miura,Y.Masuda,K.N akamura,G.Kawasaki, H.Miyazaki,A.Kawagoe	1:Kyushu University 2:Fuji Electric Co. 3:Kagoshima University	Influence of magnetic shields on current distributions among	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11

	,H.Sasa,K.Yoshida, S.Sato,M.Iwakuma		REBCO parallel conductors in single-phase armature windings		
152	K.Uriu,M.Iwakuma, H.Miyazaki, S.Miura, H.Sasa	Kyushu University	Electromagnetic design for high power density of fully superconducting synchronous motor with through-shaft type field coil for electric aircraft	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
153	Y.Yoshida,T.Horide, S.Ito,T.Arita,Y.Ichi no,A.Ichinose	Nagoya University	Improvement of superconducting properties of REBCO coated conductors doped with artificial pinning centers using high-speed growth technique.	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
154	K.Yamamoto,T.Horide, Y.Yoshida,	Nagoya University	The proposal of a new class of coated conductors using Ca-substituted YBCO on the moderately oriented substrates.	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
155	T.Arita,Y,Ichino,T.H oride,Y.Yoshida	Nagoya University	Monte Carlo simulation study of BaMO3 nanostructures in BMO-doped REBa2Cu3Oy thin films prepared by Vapor-Liquid-Solid technique	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
156	和泉 輝郎,町 敬人,衣斐 顕,中岡 晃一,廣瀬 陽代,佐藤 廸夫,青木 裕治,塩原 敬,足立 和久,三堂 信博,中村 美幸,蓮尾 信也,S.Lee, 三浦 正志,宮崎 寛史, 岩熊 成卓	1:産総研 2:SWCC 3:Faraday Factory Japan 4:富士電機 5:成蹊大学 6:九州大学	Development of coated conductors for propulsion system of airplane	International Symposium on Superconductivity 2023	2023/11
157	M.Takahashi,Y.Tanaka ,M.Iwakuma,M.Inoue	1:Fukuoka Institute of Technology 2:Kyushu University	Analysis of current distribution in the inflow section of a superconducting composite conductors	The 8th Asian Applied Physics Conference	2023/11
158	岩熊 成卓	九州大学	「カーボンニュートラルを目指す電気推進航空機・空飛ぶクルマの研究開発」	日本工学アカデミー九州支部 講演会	2023/11
159	岩熊 成卓	九州大学	「脱炭素を目指す電動航空機・空飛ぶクルマの研究開発」	九州大学アカデミックフェスティバル	2023/11
160	佐々 滉太, 三浦 峻, 宮﨑 寛史, 岩熊 成卓	九州大学	交流損失予測に基づく電磁界・熱連成解	第 106 回 低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12

			析による電動航空機用 REBCO 全超伝導同期機の設計		
161	木許 陽登, 寺西 亮, 岩熊 成卓	九州大学	可溶性基板上への REBCO 薄膜作製の検討	第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12
162	髙橋 正希, 田中 祥貴, 岩熊 成卓,井上 昌睦	1:福岡工業大学, 2:九州大学	超電導複合導体の流入部の電流分布の解析 (3)	第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12
163	井浦 康伸, 古賀 太陽, 窪田 涼介,岩熊 成卓, 井上 昌睦	1:福岡工業大学, 2:九州大学	高温超電導回転機を構成するパンケーキコイルの着磁特性評価	第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12
164	佐藤 迪夫,髙橋 保夫, 青木 裕治,足立 和久, 中岡 晃一,和泉 輝郎	1:SWCC 2:産総研	RtR 式本焼成炉を用いた BaZrO3 ナノ粒子導入 YGdBCO 線材の作製	第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12
165	金山 諄志,足立 和久, 塩原 敬,佐藤 迪夫, 中西 達尚,髙橋 保夫, 青木 裕治,三堂 信博, 和泉 輝郎,岩熊 成卓	1:SWCC 2:産総研 3:九州大学	航空機用超電導ケーブル接続部の開発	第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会	2023/12
166	岩熊 成卓	九州大学	「超伝導推進システムを搭載した空飛ぶクルマの研究開発」JST RISTEX RInCA「「空飛ぶクルマ」の社会実装において克服すべき ELSI の総合的研究」プロジェクト	福岡 空のモビリティ講演会　第 2 回：空のモビリティの最新情報	2024/1
167	岩熊 成卓	九州大学	「脱炭素を目指す電動航空機・空飛ぶクルマの研究開発」	九州大学関西同窓会　２０２４年新年賀詞交歓会	2024/1
168	R. Teranishi	九州大学	Miniaturization of $BaHfO_3$ flux pinning centers in $YBa_2Cu_3O_y$ superconducting thin film using solution-based metal organic deposition process	International Conference on Advanced Functional Materials and Devices 2024	2024/2
169	李 熙根,出来 真斗, 陸 順,渡邉 浩崇, 藤元 直樹,新田 州吾, 本田 善央,天野 浩	1:名大院工, 2:名大 D センター 3:名大未来材料・システム研究所	FG 構造を用いた GaN-MOS キャパシタのフラットバンド電圧シフト	第 71 回応用物理学会春季学術講演会	2024/3
170	伊藤 駿汰, 一瀬 中, 堀出 朋哉, 吉田 隆	名古屋大学	Vapor-Liquid-Solid 成長法を用いて作製した BaSnO3 添加 YBa2Cu3Oy 膜の磁場中超伝導特性	第 71 回 応用物理学会春季学術講演会	2024/3
171	伊藤 駿汰, 山本 拓実, 木内 勝, 堀出 朋哉, 吉田 隆	名古屋大学	膜厚の異なる VLS-YBCO 膜の縦磁場中臨界電流密度	第 71 回 応用物理学会春季学術講演会	2024/3

新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	発表媒体名	発表年月
1	九州大学	TV 報道	FNN Live News (TNC)	2019/4
2	九州大学	TV 報道	ロクいち！ 福岡 (NHK)	2019/4
3	九州大学	TV 報道	ニュース８４５ (NHK)	2019/4
4	九州大学	空飛ぶクルマ実現現目指せ九大が研究所	西日本新聞	2019/4
5	九州大学	超電導で航空業界に変革を - 低炭素時代の航空機の実現を目指す NEDO	マイナビニュース	2020/2
6	九州大学	超電導線材技術,電動航空機へ応用推進／ 産学官連携プロが始動	鉄鋼新聞	2020/2
7	産業技術総合研究所	超電導線材技術「電動航空機への応用推進」	鉄鋼新聞	2020/2
8	九州大学	夢の技術「超電導」の未来を聞く（上）／長谷川隆代（昭和電線ＨＤ社長）×岩熊成卓（九州大学大学院教授）／航空機への活用に期待	産経新聞	2021/10
9	九州大学	これからのクルマ社会における環境対応 「航空機用全超電導推進システム」	自動車技術１月号特集	2021/1
10	九州大学	空飛ぶクルマ -カーボンニュートラルに向けた電気工学の挑戦-	【火力原子力協会】講演会	2022/6
11	九州大学	次世代電動航空機向け 400kW 級全超電導モータの回転試験に世界で初めて成功	九州大学ニュースリリース 九州大学定例記者会見	2023/6
12	九州大学	空飛ぶクルマへの適用目指す　九大が次世代航空機向けモータの回転試験に世界初成功	ZAKZAK（産業経済新聞）	2023/6
13	九州大学	九州大学,次世代電動航空機向け 400kW 級全超電導モータの回転試験に世界初成功	DRONE	2023/6
14	九州大学	九州大学など　次世代電動航空機向け全超電導□モーター　回転試験に世界初成功	電波新聞	2023/6
15	九州大学	世界初！航空機向け超電導技術用いたモーター回転試験に成功	テレビ放映,NHK,ロクいち！福岡	2023/7
16	九州大学	九州大,電動飛行機に超電導モーター 30 年代に試験飛行	日本経済新聞	2023/10
17	九州大学	次世代航空機 競争力確保　超電導モーターで推進系　経産省	日刊工業新聞	2023/10
18	九州大学	「超電導モーター」で世界に先駆ける…次世代航空機の競争力確保,経産省が開発支援	ニュースイッチ	2023/10

(c)その他

番号	イベント名	期間
1	第 2 回 航空・宇宙機器 開発展	2020 年 2 月 26～ 28 日

研究開発テーマ⑧-2：軽量蓄電池

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外国 PCT	出願日	状態	名　　称	発明者
1	（株）ＧＳユアサ	2021-076713	JP：日本国	2021.4.28	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
2	学校法人　関西大学、（株）ＧＳユアサ	2021-189741	JP：日本国	2021.11.22	公開	非水電解質蓄電素子、機器及び非水電解質蓄電素子の製造方法	原田　諒他
3	（株）ＧＳユアサ	PCT/JP2022/18794	ＰＣＴ（全指定）	2022.4.26	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
4	（株）ＧＳユアサ	2023-517528	JP：日本国	2022.4.26	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒ほか
5	（株）ＧＳユアサ	202280029055.8	CN	2022.4.26	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
6	（株）ＧＳユアサ	22795748.7	EP	2022.4.26	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
7	（株）ＧＳユアサ	18/288,312	US	2022.4.26	公開	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
8	（株）ＧＳユアサ学校法人　関西大学	PCT/JP2022/43027(PCT(日本以外))	ＰＣＴ（日本以外）	2022.11.21	公開	非水電解質蓄電素子、機器及び非水電解質蓄電素子の製造方法	原田　諒他
9	（株）ＧＳユアサ学校法人　関西大学	22895726.2	EP	2022.11.21	公開	非水電解質蓄電素子、機器及び非水電解質蓄電素子の製造方法	原田　諒他
１０	（株）ＧＳユアサ	2023-074975	JP：日本国	2023.4.28	出願	非水電解質蓄電素子	原田　諒他
１１	（株）ＧＳユアサ	2023-111718	JP：日本国	2023.7.6	出願	非水電解質蓄電素子	藤澤　友稀　他
１２	（株）ＧＳユアサ	2023-111722	JP：日本国	2023.7.6	出願	非水電解質蓄電素子	藤澤　友稀　他
１３	（株）ＧＳユアサ	2023-119411	JP：日本国	2023.7.21	出願	非水電解質蓄電素子及びその製造方法	原田　諒他
１４	（株）ＧＳユアサ	2023-178162	JP：日本国	2023.10.16	出願	非水電解質蓄電素子用正極、その製造方法及び非水電解質蓄電素子	藤澤　友稀　他
１５	（株）ＧＳユアサ	2023-198681	JP：日本国	2023.11.22	出願	非水電解質蓄電素子用正極及び非水電解質蓄電素子	水野　祐介　他
１６	（株）ＧＳユアサ	2023-198682	JP：日本国	2023.11.22	出願	非水電解質蓄電素子用正極及び非水電解質蓄電素子	原田　諒他
１７	（株）ＧＳユアサ	2024-018940	JP：日本国	2024.2.9	出願	非水電解質蓄電素子及びその製造方法	藤澤　友稀　他

１８	（株）ＧＳユアサ	2024-070098	JP：日本国	2024.04.23	出願	非水電解質蓄電素子及びその製造方法	原田　諒　他
１９	（株）ＧＳユアサ	202280077011.2(CN)	CN	2024.05.20	出願	非水電解質蓄電素子、機器及び非水電解質蓄電素子の製造方法	原田　諒　他
２０	（株）ＧＳユアサ	18/711,939(US)	US	2024.05.21	出願	非水電解質蓄電素子、機器及び非水電解質蓄電素子の製造方法	原田　諒　他
２１	（株）ＧＳユアサ	PCT/JP2024/025913(PCT(JP 除外))	ＰＣＴ（日本以外）	2024.07.19	出願	非水電解質蓄電素子及びその製造方法	原田　諒　他
２２	（株）ＧＳユアサ	2024-145020	JP：日本国	2024.08.26	出願	非水電解質蓄電素子及び非水電解質蓄電素子の製造方法	藤澤　友稀　他
２３	（株）ＧＳユアサ	2024-145019	JP：日本国	2024.08.26	出願	非水電解質蓄電素子及び非水電解質蓄電素子の製造方法	藤澤　友稀　他
２４	（株）ＧＳユアサ	2024-156996	JP：日本国	2024.09.10	出願	非水電解質蓄電素子及び非水電解質蓄電素子の製造方法	藤澤　友稀　他
２５	（株）ＧＳユアサ	2024-166194	JP：日本国	2024.09.25	出願	蓄電装置	木村　隆志　他
２６	（株）ＧＳユアサ	2024-171497	JP：日本国	2024.09.30	出願	非水電解質蓄電素子、蓄電装置及び非水電解質蓄電素子の使用方法	上田　尽哉　他
２７	（株）ＧＳユアサ	2024-171493	JP：日本国	2024.09.30	出願	非水電解質蓄電素子、蓄電装置及び非水電解質蓄電素子の使用方法	原田　諒　他

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Hakari, Takashi, Inamasu Tokuo, Ishikawa, Masashi, et al.	1:関西大学先端科学技術推進機構、2:（株）GSユアサ	Fully carbonate electrolyte-based practical high energy density Li-S batteries with solid-phase conversion	Carbon Energy, e585	完了（公開）	2024/3

【外部発表】リスト例

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	岸田　海平	関西大学 化学生命工学部 化学・物質工学科	メソ多孔性炭素-硫黄複合電池正極に適した新規電解液の開発	第 61 回電池討論会	2020/11
2	岸田　海平	関西大学 化学生命工学部 化学・物質工学科	メソ孔多孔性炭素-硫黄複合電池正極への塩素置換電解液の効果	2020 年度第 3 回関西電気化学研究会 Webinar	2020/11
3	奥田　大輔	関西大学 先端科学技術推進機構	ＰＡＡバインダーを適用したＬｉ－Ｓ電池用メソカーボン硫黄正極の高出力化	第６２回電池討論会	2021/11
4	計　賢	関西大学 先端科学技術推進機構	電解液溶媒として炭酸ビニレンを用いたメソカーボン硫黄複合正極の充放電反応メカニズム	第６２回電池討論会	2021/11
5	奥田　大輔	関西大学 先端科学技術推進機構	新規フッ素化エーテル溶媒を適用したリチウム硫黄電池用低比重電解液の開発	第６３回電池討論会	2022/11
6	亀岡　優翔	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野 電気化学研究室	炭酸ビニレンベース電解液への炭酸フルオロエチレン混合がメソ多孔性炭素－硫黄正極被膜に与える影響	2022 年度第３回関西電気化学研究会 Webinar	2022/12
7	奥田　大輔	関西大学 先端科学技術推進機構	Electrochemical characteristics of novel fluorinated ether solvent for lithium-sulfur batteries	243rd ECS meeting	2023/5
8	亀岡　優翔	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野 電気化学研究室	炭酸ビニレン電解液への炭酸フルオロエチレン混合によるメソ孔炭素-硫黄正極を用いたリチウム硫黄電池の性能向上要因	第 24 回化学電池材料研究会ミーティング	2023/6
9	亀岡　優翔	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野 電気化学研究室	Factors Improving Lithium Sulfur Battery Performance with Mesoporous Carbon-Sulfur Cathode by Mixing Vinylene Carbonate Electrolyte with Fluoroethylene Carbonate	244th ECS Meeting	2023/11
１０	奥田　大輔	関西大学 先端科学技術推進機構	p-ベンゾキノンを複合化した硫黄正極の電気化学特性	第 64 回電池討論会	2023/11
１１	奥田　大輔	関西大学 先端科学技術推進機構	スルホラン系局所高濃度電解液を適用したリチウム硫黄電池の電気化学特性と反応機構	第 64 回電池討論会	2023/11
１２	安村　尚人	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野 電気化学研究室	リチウム硫黄二次電池に適応する無機コーティングリチウム金属負極の開発	第 64 回電池討論会	2023/11
１３	亀岡　優翔	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野 電気化学研究室	炭酸ビニレン単独およびフルオロ化電解液によるメソ孔炭素-硫黄正極を用いたリチウム硫黄電池の性能向上要因の解明	第 64 回電池討論会	2023/11

１４	亀岡　優翔	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野電気化学研究室	VC 系電解液への FEC 混合によるメソ孔炭素-硫黄正極を用いたリチウム硫黄電池の性能向上要因の解明	2023 年度第 3 回関西電気化学研究会 Webinar	2023/12
１５	安村　尚人	関西大学 理工学研究科化学生命工学専攻化学・物質工学分野電気化学研究室	リチウム硫黄二次電池に適応するアルミナコーティングリチウム金属負極の開発	2023 年度第 3 回関西電気化学研究会 Webinar	2023/12
１６	西川　平祐、 水野　祐介、 稲益　徳雄	（株）GS　ユアサ	NEDO 航空機用先進システム実用化プロジェクト 次世代電動推進システム研究開発-軽量蓄電池 ～500 Wh/kg 級リチウム硫黄 電池の開発～	第 422 回電池技術委員会講演会	2024/9

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	（株）GS　ユアサ	新聞掲載	日本経済新聞	2021/11
2	（株）GS　ユアサ	新聞掲載	電波新聞	2021/11
3	（株）GS　ユアサ	新聞掲載	化学工業日報	2021/11
4	（株）GS　ユアサ	新聞掲載	化学工業日報	2022/03
5	（株）GS　ユアサ	LIB リサイクル、大躍進	日経エレクトロニクス、p.61	2022/3

(c)その他　（プレス発表等）

番号	所属	タイトル	掲載場所	発表年月
1	（株）GS　ユアサ	２０２２年３月期　第２四半期決算説明会	ＧＳユアサ　ホームページ	2021/11
2	（株）GS　ユアサ	ＮＥＤＯ航空機用先進システム実用化プロジェクト（軽量蓄電池）の中間目標を達成	News Release	2021/11

研究開発テーマ⑧-3：電動ハイブリッドシステム

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外国 PCT	出願日	状態	名　　称	発明者
1	（株）ＩＨＩ、学校法人立命館	特願 PCT/JP2023/010051	国内	2023/03/15	出願	発電装置	小林敏和他
2	（株）ＩＨＩ、	特願 2023-167275	国内	2023/09/28	出願	ステータ及び回転電機	寺内哲行
3	（株）ＩＨＩ、	特願 2023-143394	国内	2023/09/05	出願	回転電機のロータ	寺内哲行
4	学校法人大阪産業大学	特願 2022-131243	国内	2022/08/19	出願	遮断機	岩田明彦
5	（株）ＩＨＩ、学校法人立命館	特願 2022-067486	国内	2022/04/15	出願	発電装置	小林敏和他
6	学校法人大阪産業大学	特願 2022-041195	国内	2022/03/16	出願	半導体遮断回路	岩田明彦
7	学校法人大阪産業大学	特願 2021-052655	国内	2021/03/26	出願	半導体遮断回路	岩田明彦

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	伊藤(1),渡辺(1),姫野(1),関(2),井上(2),平川(2)	(1)東京大学、(2)（株）ＩＨＩ	EFFECT OF CHANNEL SIZE ON AIR-COOLING PERFORMANCE IN INTERIOR PERMANENT MAGNET (IPM) MOTOR DRIVING AVIATION FANS AT HIGH ALTITUDE	Proceedings of the Turbo Expo 2022 Turbomachinery Technical Conference & Exposition	有	2021/12
2	高橋(1),足立(1)石井(2),関(2),大依(2)	(1)秋田大学理工学研究科、(2)（株）ＩＨＩ	電動ターボコンプレッサを用いた航空機用環境制御装置のエネルギ回収	日本機械学会熱工学コンファレンス 2021 講演論文集	無	2021/08
3	岩田 明彦	大阪産業大学	空機電動化におけるグリッドシステムの高信頼化の課題と技術動向	システム制御情報学会学会誌「システム/制御/情報」特集号解説論文 第66巻12号	無	2022/05

4	足立(1),高橋(1),石井(2)、関(2),大依(2)	(1)秋田大学、(2)（株）ＩＨＩ	Thermodynamic Analysis of a New Electric Environmental Control System with Energy Recovery Turbine	日本機械学会 Journal of Thermal Science and Technology	有	2022/06
5	伊藤 優	（株）ＩＨＩ	航空推進用MW級空冷IPMモータのサーマルマネジメント	日本機械学会熱工学部門機関誌TED Plaza	無	2022/09

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	今村 満勇	（株）ＩＨＩ	IHIにおける航空エンジン事業への取り組み	岩手大学講演	2021/11
2	大石 勉	（株）ＩＨＩ	ジェットエンジンにおける技術開発	日本大学生産工学特別講義	2021/11
3	武藤 慎治	（株）ＩＨＩ	最新の民間航空機エンジン開発と将来技術動向について	日本航空宇宙学会 第59回飛行機シンポジウム	2021/11
4	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機適用を目指した電動化ソリューションの研究開発	航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム	2021/11
5	室岡 武	（株）ＩＨＩ	GT学会教育シンポ_ジェットエンジンへの要求と技術開発	第33回ガスタービン教育シンポジウム	2021/12
6	井上 知也	（株）ＩＨＩ	脱炭素社会に向けた航空機産業の動向と電動化ソリューションの将来	応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第8回講演会	2021/12
7	大島 竜輝、姫野 武洋	東京大学	機体統合手法に基づくターボエレクトリック推進システムの概念設計	第7回 将来航空推進システム技術創成社会連携講座オープンワークショップ	2021/03

8	小林 敏和	（株）ＩＨＩ	航空機電動化における大型発電機の技術開発	第 61 回原動機・宇宙推進講演会	2021/03
9	高橋(1)、 足立(1)、 石井(2)、 関(2)、 大依(2)	(1)秋田大学 理工学研究科、 (2)（株）ＩＨＩ	電動コンプレッサーを用いた新しい航空機用環境制御装置(ECS) のサイクル解析とエネルギー回収	日本機械学会東北支部第 56 期総会・講演会	2021/03
10	伊藤　優	東京大学	電動推進ファン用モータの空冷に関する検討	第 7 回 将来航空推進システム技術創成社会連携講座オープンワークショップ	2021/03
11	関　直喜	（株）ＩＨＩ	航空機電動化における大容量高速モータへの期待	第 41 回モータ技術シンポジウム	2021/05
12	井上　知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	東京大学大学院　将来航空推進システム技術特論	2021/05
13	井上　知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	秋田大学大学院　航空システム工学実践論	2021/06
14	平川　香林	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向と開発事例	秋田大学平山研究室航空機電動化オンラインミーティング	2021/07
15	平川　香林	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向と開発事例	2021 年電気学会産業応用部門大会オーガナイズドセッション	2021/08
16	伊藤(1)、渡辺(1)、姫野(1)、 関(2)、 大依(2)	(1)東京大学、 (2)（株）ＩＨＩ	永久磁石埋込式（ＩＰＭ）モータの空冷におよぼす周囲気温・気圧の影響	日本航空宇宙学会　第 61 回航空原動機・宇宙推進講演会	2022/01
17	井上　知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化技術	立命館大学 大学院講義 パワーエレクトロニクスⅡ	2022/01
18	森岡 典子	（株）ＩＨＩ	Innovation for net-zero aviation	Engine Forum Kobe2022	2022/10

19	天野 裕登(1), 足立 高弘(1), 石井 將太郎(2), 大野 孝太(2), 関直 喜(2)	(1)秋田大学, (2)（株）ＩＨＩ	航空機地上駐機状態における電動 ECS のサイクル解析	日本機械学会　東北支部秋季講演会	2022/10
20	大石　勉	（株）ＩＨＩ	ジェットエンジンにおける技術開発	日本大学生産工学特別講義“将来航空推進システム技術特論”	2022/11
21	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向と開発への取り組み	日本機械学会 関東支部講習会「変わる！これからの機械工学」シリーズ 第８回「新エネルギーとグリーンイノベーション」	2022/11
22	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化技術	立命館大学　パワーエレクトロニクスⅡ「航空機電動化技術」	2022/11
23	菅原　寛生，蛭間　厚，関　直喜	（株）ＩＨＩ	Short fault isolation issue on electric aircraft	イギリス　ストラスクライド大 航空機電動化ワークショップ	2022/12
24	平川　香林	（株）ＩＨＩ	脱炭素社会に向けた航空機の動向と電動化の取組	第 6 回　パワエレフォーラム ~最先端技術	2022/02
25	加賀 谷諒	（株）ＩＨＩ	IHI 若手・中堅技術者が考える 2035ー2050 年に向けた要素技術	第 8 回将来航空推進システム技術創生オープンワークショップ	2022/03
26	姫野 武洋，大島 竜輝，渡辺 紀徳，伊藤 優	東京大学	サイクル解析と重量推算に基づくターボ電動推進システムの燃料消費量推算	日本航空宇宙学会　第 61 回航空原動機・宇宙推進講演会	2022/03
27	軸丸 武弘	（株）ＩＨＩ	脱炭素社会に向けた航空機の動向と電動化の取組	電気学会　次世代移動体用電動力応用システム技術調査専門委員会	2022/03

28	関　直喜	（株）ＩＨＩ	航空輸送の脱炭素に向けた電動化の取り組みについて	第 8 回将来航空推進システム技術創生オープンワークショップ	2022/03
29	川畑(1)，金田(1)，浅井(1)，内川(2)，菅原(2)，小林(2)	(1)立命館大学、(2)（株）ＩＨＩ	永久磁石同期発電機の短絡検知と回路遮断手法	パワーエレクトロニクス学会第 242 回定例研究会	2022/04
30	竹川 光弘	（株）ＩＨＩ	将来航空推進システム技術特論　まとめ　産業界の視線から	東京大学　「将来航空推進システム技術特論」	2022/06
31	関　直喜	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2022/06
32	関　直喜	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	秋田大学大学院　「航空システム工学実践論」	2022/06
33	菅原　寛生,関直喜	（株）ＩＨＩ	航空機用エンジンシステムの電動化	2022 年度電気学会 産業部門大会	2022/06
34	菅野和,中嶋明宏,吉田征弘,田島克文	秋田大学	航空機用モータコイルの絶縁性能評価に関する研究	令和 4 年電気学会基礎・材料・共通部門大会（通称 A 部門大会）	2022/06
35	井上 知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2022/06
36	井上 知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	秋田大学大学院　「航空システム工学実践論」	2022/06
37	岩田 明彦	大阪産業大学	電動航空機用限流遮断システムの考察と軽量化提案	2022 年度電気学会産業応用部門大会オーガナイズドセッション	2022/06
38	吉永　誠一郎	（株）ＩＨＩ	IHI Electrified Solutions,　EleX	ノッティンガム大学の電動化関連の研究室	2022/07

39	森岡 典子	（株）ＩＨＩ	Towards the future of net-zero aviation	IIW2022 年次大会・国際ウェルディングショーの Keynote 発表	2022/07
40	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向とモータ技術開発への取り組み	TECHNO-FRONTIER2022 技術シンポジウム	2022/07
41	犬塚一徹，平川香林，関直喜，大依仁	（株）ＩＨＩ	CFD によるハイブリッド層流制御システムの検討	第 60 回飛行機シンポジウム	2022/08
42	谷光玄行　黒木博史　浜辺正昭	（株）ＩＨＩ	カーボンニュートラルに向けた航空エンジンの将来技術動向	第 60 回飛行機シンポジウム	2022/08
43	伊藤 優(1)　渡辺 紀徳(1)　姫野　武洋(1)　関直喜(2)　井上知也(2)　平川香林(2)	(1)東京大学、(2)（株）ＩＨＩ	高空環境でのMW級永久磁石埋込式（ＩＰＭ）モータの空冷性能推算	日本機械学会　熱工学コンファレンス 2022	2022/08
44	平川　香林	（株）ＩＨＩ	脱炭素社会に向けた航空機業界の動向と取組	秋田県立大曲高校向け講演（科学技術，女性エンジニアの視点，自身の体験からの女性活躍）	2022/09
45	蛭間　厚	（株）ＩＨＩ	ハイブリッド電動推進適用に向けた MW 級エンジン内蔵発電機の開発	第 6 回 ECLAIR オープンフォーラム	2023/10
46	増田 和裕	（株）ＩＨＩ	航空の脱炭素化にむけた取り組み	MECT2023	2023/10
47	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化により実現する次世代モビリティの革新	JAXA 航空シンポジウム 2023	2023/10
48	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向および開発への取り組み	東京理科大学エネルギー・環境コース主催　ｅモビリティ・シンポジウム 2023	2023/10

49	渡辺紀徳	東京大学	Towards Green Energy Era - Technology Development in Japan	International Gas Turbine Congress 2023	2023/11
50	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機の脱炭素化に向けた新技術の官民協議会の活動について	第61回飛行機シンポジウム	2023/11
51	古野　晃久	（株）ＩＨＩ	高速電動ターボ機械向けガス軸受けの試験評価技術の開発	IHI 第67回　回転機械技術交流会	2023/11
52	増田 和裕	（株）ＩＨＩ	航空の脱炭素化に向けた取り組み	航空宇宙産業振興シンポ	2023/12
53	梅木 康由	（株）ＩＨＩ	航空機・エンジン電動化2050年カーボンニュートラルに向けて	本荘由利テクノネットワーク講演会	2023/12
54	伊藤 優(1)　渡辺 紀徳(1)　姫野　武洋(1)　関 直喜(2)　平川 香林(2)	(1)東京大学、(2)（株）ＩＨＩ	Effect of Aspect Ratio on Air-Cooling Performance in Interior Permanent Magnet (IPM) Motor Driving Aviation Fans at High Altitude	the 11st Asia Joint Conference on Propulsion and Power	2023/03
55	小林 敏和	（株）ＩＨＩ	IHI R&D for Aircraft/Engine Electrification and standardization activities	SAE INTERNATIONAL	2023/03
56	大野 孝太　菅原 寛生　関 直喜	（株）ＩＨＩ	System study of More Electric Engine (MEE) concept	the 11st Asia Joint Conference on Propulsion and Power	2023/03

57	大野 孝太　菅原 寛生　関 直喜	（株）ＩＨＩ	さくらサイエンスプログラム	Sakura Science Exchange Program - Challenges to More electric aircraft	2023/03
58	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向とモータ技術開発への取り組み	TECHNO-FRONTIER2022　第 43 回モータ技術シンポジウム	2023/03
59	橋場 道太郎、田中 貴博	（株）ＩＨＩ	熱流体・エネルギー技術に関する IHI の取り組みのご紹介	第 60 回日本伝熱シンポジウム	2023/05
60	蛭間 厚	（株）ＩＨＩ	Overview of IHI Corporation Aerospace Business	パリエアショー	2023/06
61	蛭間 厚	（株）ＩＨＩ	ハイブリッド電動推進適用に向けた MW 級エンジン内蔵発電機の開発	電気学会　産業部門大会	2023/06
62	関　直喜	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2023/06
63	関　直喜	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	秋田大学大学院　「航空システム工学実践論」	2023/06
64	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化実現に向けた取り組み	電気学会 D 部門　自動車技術委員会	2023/06
65	井上 知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2023/06
66	井上 知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	秋田大学大学院　「航空システム工学実践論」	2023/06
67	石井 將太郎	（株）ＩＨＩ	テクノキャリアゼミ講義資料(2023 年度版)	秋田大学「テクノキャリアゼミ」	2023/07

68	大庭 芳則	（株）ＩＨＩ	IHI's R&D activities on the diversification of energy sources for sustainable new-generation aircraft / gasturbine	UW-AOS Workshop 2023	2023/09
69	西村昌希，川野立暉，知場大聖	立命館大学	MSG を用いた事故時の保護に関する研究および永久磁石同期発電機の短絡検知と回路遮断手法	同志社大・立命館大合同ゼミ	2023/09
70	古野晃久，青山茂一，佐々木暢彦，石川尚ノ助，菅井芳郎，高櫻豊樹	（株）ＩＨＩ	高速電動ターボ機械向けガス軸受の試験評価技術	ターボ機械協会 第 89 回創立 50 周年記念学術講演会	2023/09
71	藤村 哲司	（株）ＩＨＩ	Hydrogen Technology Development in Japan	GPPS Forum 2024	2024/01
72	伊藤 優那	（株）ＩＨＩ	MW 級永久磁石埋込式(IPM)モータの高空環境での空冷性能推算	日本航空宇宙学会関西支部の研究分科会「航空宇宙産業の革新」	2024/01
73	西村 昌希(1)，浅井 智貴(1)，川野 立暉(1)，清水 悠生(1)，川畑 良尚(1)，内川 拓也(2)，菅原 寛生(2)，小林 敏和(2)，早田 卓益(2)	(1)立命館大学、(2)（株）ＩＨＩ	航空機電動化における故障時の保護に関する研究	秋田大学・秋田県立大学（電動化システム共同研究センター）×立命館大学（カーボンニュートラルアビエーション研究グループ）航空機システム電動化 第２回 ワークショップ	2024/01
74	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向と技術開発への取り組み	日本機械学会北陸信越支部	2024/01

75	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化技術	立命館大学講義　パワーエレクトロニクスⅡ「航空機電動化技術」	2024/01
76	足立 高弘(1) 富山 直紀(1) 大野 孝太(2)	(1)秋田大学, (2)（株）ＩＨＩ	Challenges to More electric aircraft, Electrification of aircraft environmentalcontrol system, Introduction of ExperimentalEquipment for Electric EnvironmentControl System for Aircra	さくらサイエンスプログラム	2024/02
77	井上 知也	（株）ＩＨＩ	Discussion about Standardization for Aircraft/Engine electrificatio	SAE Workshop 2024 Electrification	2024/02
78	井上 知也	（株）ＩＨＩ	エンジン内蔵発電機の開発	電気学会誌 2024 年５月号	2024/02
79	増田 和裕	（株）ＩＨＩ	航空機の電動化	名古屋商工会議所　航空機ビジネスプロフェッショナル養成講座 2023	2024/02
80	尾形 秀樹	（株）ＩＨＩ	カーボンニュートラルに向けた IHI の取り組み～カーボンソリューションと航空機電動化～	第３回　カーボンニュートラルに寄与するトライボロジー技術研究会	2024/03

81	川畑 良尚(1) 鍋島 隆太郎(1) 知場 大聖(1) 清水 悠生(1) 内川 拓也(2) 菅原 寛生(2) 小林 敏和(2) 早田 卓益(2)	(1)立命館大学、(2)（株）ＩＨＩ	異常模擬モータを用いた永久磁石同期モータにおける相内短絡現象の実験的検証	2024 電気学会全国大会	2024/03
82	関　直喜	（株）ＩＨＩ	航空機電動化これまでの歩みとこれからの取り組み	第 10 回将来航空推進システム技術創成オープンワークショップ	2024/03
83	仲俣 千由紀	（株）ＩＨＩ	AESQ Supplier Forum, April 25 th , Tokyo	AESQ サプライヤ・フォーラム	2024/04
84	山本 智也	（株）ＩＨＩ	Development of a Megawatt Class Engine Embedded Electric Machine for Aircraft Electrification	ICEMS2024	2024/04
85	大依 仁	（株）ＩＨＩ	Electrified Solutions as Required by a Specific Strategic Research Agenda for Mitigating the Environmental Impact of Future Aircraft	AIAA SciTech 2025	2024/05
86	斎藤 保	（株）ＩＨＩ	経営哲学とイノベーション	山縣地域懇親会フォーラム（東北経済連合会主催）	2024/05
87	関 直喜	（株）ＩＨＩ	航空電動化とハイブリッドエンジン	AMANO SCOPE（Youtube チャンネル）	2024/05
88	関 直喜	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2024/06

89	早田 卓益	（株）ＩＨＩ	機体トータルエネルギマネジメント	秋田大学大学院　航空システム工学実践論	2024/06
90	石井 將太郎	（株）ＩＨＩ	機械工学セミナー講義資料(2024 年度版)	秋田大学　機械工学セミナー講義	2024/06
91	井上 知也	（株）ＩＨＩ	電動化技術の最新事例	東京大学大学院　「将来航空推進システム技術特論」	2024/06
92	梅木 康由	秋田県立大学	電動化技術の最新事例	秋田大学大学院　航空システム工学実践論	2024/06
93	森岡　典子	（株）ＩＨＩ	アビエーションの脱炭素化に向けた取組み	一般社団法人 研究・イノベーション学会　女性エンジニア活性分科会	2024/07
94	川畑 良尚(1) 鍋島 隆太郎(1) 清水 悠生(1) 秋吉 雅夫(2) 菅原 寛生(2) 小林 敏和(2) 早田 卓益(2)	(1)立命館大学、(2)（株）ＩＨＩ	異常模擬モータを用いた永久磁石同期モータにおける相内短絡現象による制御系への影響に関する実験的検証	一般社団法人 電気学会 モータドライブ/回転機/自動車合同研究会	2024/07
95	藤本秀	（株）ＩＨＩ	航空・宇宙エンジンの伝熱・冷却技術と最新動向の紹介	金沢工業大学「熱流体工学特別講義」	2024/07
96	桂 健志郎	（株）ＩＨＩ	航空機向け大電力発電機システム制御の一検討	一般社団法人 電気学会　モータドライブ/回転機/自動車合同研究会	2024/07
97	軸丸 武弘	（株）ＩＨＩ	航空機電動化におけるモータ技術開発	モータ技術シンポジウム	2024/07
98	井上 知也	（株）ＩＨＩ	航空機電動化を通じた新たなビジネスチャンスへの挑戦	AIDA 航空イノベーションアカデミー2024	2024/07
99	平川　香林	（株）ＩＨＩ	電動化技術の応用ー航空機電動化ー	立命館大学　「電動移動機械システム」講義	2024/07

100	森岡　典子	（株）ＩＨＩ	Decarbonization in the aviation industry through energy efficiency and low carbon fuel	Sustain Asia Week 2024	2024/08
101	桑田 厳	（株）ＩＨＩ	航空機電動化の動向と技術開発への取り組み	小千谷産学交流研究会	2024/08
102	関 直喜	（株）ＩＨＩ	DEVELOPMENT OF AIRCRAFT SYSTEM ELECTRIFICATION AND HYBRID ELECTRIC PROPULSION	ICAS2024	2024/09
103	稲田 貴臣	（株）ＩＨＩ	航空機産業および関連分野の成長に向けた取り組みと展望	SAMPE JAPAN 先端材料技術展 2024	2024/09
104	森木 拓哉(1) 綱田 錬(1) 竹本 真紹(1) 今井 純(1) 軸丸 武弘(2) 山本 智也(2)	(1)岡山大学、(2)（株）ＩＨＩ	航空機用ハイブリッド推進システムの MW 級 SPMSM における高効率化のための回転子積層時の適切なスロット数の検討	電気学会　D 部門　回転研究会	2024/09
105	関 直喜	（株）ＩＨＩ	Challenges for the standardization of Aircraft System Electrification and Hybrid Electric Propulsion	JA2024（国際航空宇宙展）セミナー	2024/10
106	小林 敏和	（株）ＩＨＩ	IHI R&D for Aircraft/Engine Electrification and standardization activities update	SAE―E40　Electrified Propulsion Committee	2024/10

(b)その他

番号	発表者	所属	タイトル	発表先	発表年月
1	N/A	（株）ＩＨＩ	Future Concept for More Electric Aircraft / More Electric Engine	IIW2022 年次大会・国際ウェルディングショー展示パネル	2022/07
2	N/A	（株）ＩＨＩ	ガス軸受で電動ターボ機械の軽量化を実現	IHI 技報　Vol.62 No.2 (2022)	2023/01

3	川畑 良尚	立命館大学	航空機空調向け熱エアマネジメントシステムの研究	立命館大学　宇宙地球探求研究センター HP	2023/12
4	N/A	（株）ＩＨＩ	FC EXPO(水素・燃料電池展)	FC EXPO 展示パネルおよび展示品	2023/03
5	N/A	（株）ＩＨＩ	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	IHI プレスリリース	2023/06
6	蛭間 厚	（株）ＩＨＩ	MW-class Engine Embedded Electric Machine (E3M)	パリエアショー	2023/06
7	足立 高弘	秋田大学	航空機空調 向け 熱エアマネジメントシステム の研究	秋田大学電動化システム 共同研究センターHP	2023/08
8	田中 隆太	（株）ＩＨＩ	電動化要素技術の開発	IHI 第 41 回 技術開発本部 2023 年 技術紹介	2023/08
9	N/A	（株）ＩＨＩ	Realizing Lightweighting in Electric Turbomachinery with Gas Bearings	IHI 技報　Vol.56 No.2 (2023)	2023/09
10	N/A	（株）ＩＨＩ	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	IHI プレスリリース	2024/01
11	神本 長武	（株）ＩＨＩ	NEDO　「航空機用先進システム実用化プロジェクト」	新世代モーター特性評価ラボ HP	2024/05
12	足立 高弘	秋田大学	電動ハイブリッドシステム -熱・エアマネジメントユニットに関する研究	新世代モーター特性評価ラボ HP	2024/05
13	N/A	（株）ＩＨＩ	ファンボロー電動化展示パネル	ファンボローエアショー	2024/07

研究開発テーマ⑧-4：推進用電動機制御システム

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外国 PCT	出願日	状態	名　　称	発明者
1	多摩川精機㈱	特願 2024-022687	国内	2024/2/19	出願済	大電流検出ｾﾝｻの小型化	後藤 卓寿
2	多摩川精機㈱, 信州大学	特願 2024-060578	国内	2024/4/4	出願後、公開前	ｽﾃｰﾀ構造及び同期電動機	水野 勉
3	多摩川精機㈱	特願 2023-156666	国内	2023/9/22	出願済	電動機固定子	和田 章吾
4	多摩川精機㈱	特願 2022-168302	国内	2022/10/20	出願済、公開済	IPM モータ	小久江 幸二
5	多摩川精機㈱	-	国内	2024 年	出願前	金属 3D プリンタによるモータケースの製造	池田 貴洋

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	北島 純	信州大学	磁性皮膜平角銅線の近接効果に起因する交流銅損の低減効果と評価	電気学会	無	2024/1
2	栄 隆志	信州大学	小型航空機用電動機の交流損低減のための固定子構造の検討	電気学会	無	2024/1
3	川上 陽生	公立諏訪東京理科大学	次世代空モビリティー向け駆動モータに関する多目的最適化設計	電気学会	無	2023/6

【外部発表】リスト例

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	小久江 幸二	多摩川精機㈱	高密度高出力　推進用モータの最適化設計	JMAG ユーザー会 2022	2022/12
2	川上 陽生	公立諏訪東京理科大学	次世代空モビリティー向け駆動モータに関する熱等価回路の構築	令和５年電気学会全国大会	2023/3
3	久保田 晃弘	多摩川精機㈱	eVTOL 向け高密度モータ	令和 5 年度 SJAC 研究開発フォーラム	2023/3

(b)プレス発表等

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	多摩川精機㈱	DSEI　JAPAN　2023　出展	DSEI　JAPAN　2023	2023/3

(c)その他

なし

（別紙 1）

Ｐ１５００５

「航空機用先進システム実用化プロジェクト」
基本計画

ロボット・ＡＩ部

１．研究開発の目的・目標・内容

（１）研究開発の目的

① 政策的な重要性

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であり、極限までの安全性・信頼性が求められ、厳しい品質管理が要求される。また今後、旅客需要は世界的に大きく伸び、今後 20 年で約 2 倍になることが想定されている。

一方、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。そのため、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しておく必要がある。

また、我が国においては、本研究開発は以下のとお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) 経済産業省が策定した産業構造ビジョン 2010 において、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としている。そして、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・開発を行うと記載されている。

(2) NEDO の 2013 年度情報収集事業「航空機分野における戦略策定調査」の技術戦略マップにおいて、航空機システム技術の重点開発テーマとなっており、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プロジェクトとなっている。

(3) 宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、2018 年 7 月に電気で飛ぶ航空機の技術開発を目指す組織「航空機電動化コンソーシアム」を設立した。世界の航空機需要が増える中で地球温暖化をもたらす二酸化炭素(CO2)の排出量を削減する革新的電動航空機に関する技術創出を目指している。

(4) 経済産業省は、国土交通省と合同で、我が国における“空飛ぶクルマ”の実現に向けて「空の移動革命に向けた官民協議会」を設立し、4 回の会合（2018 年 8 月 29 日～12 月 20 日）を通して空の移動革命に向けたロードマップを構築した。

② 我が国の状況

我が国では、経済産業省の事業「航空機用先進システム基盤技術開発」において、ブレーキシステムと地上走行システムの設計目標・仕様の設定等に関する研究開発を実施している。一方で、欧州では航空機システムに関する研究開発プロジェクトが 2002 年以降に実施されており、我が国としても諸外国に遅れを取らないようにするため、航空機システムに関する継続的な研究開発が必要であると考えられる。

③ 世界の取組状況

欧州ではHorizon2020で、また米国ではNASAによるERA(Environmental Responsible Aviation)で、航空機システムに関する研究開発プロジェクトが実施されているが、航空機システムに関する技術的課題はまだまだ多く残されているのが現状といえる。また、航空機産業では空飛ぶクルマのような小さな航空機から大型旅客機まで「電動化」が大きな技術開発テーマとなっており、2017年以降には世界中で電動化に関する研究開発が急激に増加している。例えば2017年よりAirbus社やRolls-Royce社、Siemens社が共同でハイブリッド推進実証試験機「E-Fan X」の開発に取り組んでいる。そのような状況において、我が国の企業や大学におけるバッテリーやモータ、インバータ等の電動化コア技術は、欧米の機体OEMより多数アプローチを受けている状況にある。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、これまでは国外の航空機システムメーカの下請けに甘んじていた我が国の航空機システムメーカも、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。

④ 本事業のねらい

本研究開発では、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、安全性が高く軽量・低コストな航空機用先進システムを開発し、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることを目的としている。

（2）研究開発の目標

① 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、更に、電動推進技術については2030年代以降に客先納入予定の機体への提案が可能となる。

② 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に採用されること、またプロダクトサポートやMRO（Maintenance, Repair and Overhaul）により、研究開発項目①～⑦に関しては2020年代以降から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ること、研究開発項目⑧については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。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

本研究開発で製作する航空機用先進システムのプロトタイプについて試作し、認証取得に向けて実証試験等を行うこととする。また、本研究開発を通じて、実証試験インフラの整備、サプライチェーンの確立、人材の確保に寄与するよう取り組む。さらに、必要に応じて国内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。

（3）研究開発の内容

本研究開発では、次世代航空機に提案可能な航空機用先進システムとして、次世代降着システムや次世代コックピットディスプレイ等を開発し、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。例えば、次世代降着システムにおいては、次世代の民間航空機で求められるMEA（More Electric Aircraft）化の技術動向に対応した、降着装置系統の脚システムの電動化対応技術を開発し、対象は脚揚降システム、電動タキシングシステム及び電磁ブレーキシステムとする。また、次世代コックピットディスプレイにおいては、先進の表示デバイス技術等を用いたコックピットディスプレイを開発する。

更に、装備品に留まらず推進系も含めた航空機電動化の技術動向に対応した、高効率モータや軽量蓄電池等の開発を行う。

上記、研究開発を実施するにあたり、以下の最終目標・中間目標を達成するものとする。また、以下の目標を達成するために、別紙１の研究開発計画及び別紙２の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

最終目標（研究開発項目①③④⑤⑥⑦：2019年度、研究開発項目②：2020年7月31日、研究開発項目⑧：2023年度）

航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上または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。

中間目標（研究開発項目①～⑦：2017度、研究開発項目⑧（推進用電動機制御システムを除く）：2021年度）

航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、実験室環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有するかどうかを検証する。

２．研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

研究開発項目①から⑧（高効率かつ高出力電動推進システムを除く）のプロジェクトマネージャーにNEDO ロボット・AI 部 松木 秀男 を任命し、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

本研究開発は、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（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）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、委託して実施する。

（２）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び総括責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には半年に1回程度、推進委員会を実施する。また、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

３．研究開発の実施期間

2015 年度から 2023 年度までの 9 年間とする。

４．評価に関する事項

NEDO は技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。評価の時期は、研究開発項目①から⑦に関しては中間評価を 2017 年度、事後評価を 2020 年度、研究開発項目⑧に関しては中間評価（推進用電動機制御システムを除く）を 2021 年度、事後評価を 2024 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。研究開発を効率的に推進するため、必要に応じて研究開発項目⑧を対象として、ステージゲート方式を適用する。

５．その他重要事項

（１）研究開発成果の取扱い

① 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。

② 標準化施策等との連携

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の認証を円滑に取得するために必要な関係機関との連携体制等を検討する。

③ 知的財産権の帰属、管理等取扱い

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。

④データマネジメントに係る運用

本事業は、【NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）】を適用する。ただし、2019 年 3 月 1 日以降に公募を開始するものに限る。

（２）基本計画の変更

NEDO は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

（３）根拠法

本プロジェクトは、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第 15 条第 2 号、及び第 15 条第 9 号に基づき実施する。

（４）その他

産業界が実施する研究開発との間で共同研究を行う等、密接な連携を図ることにより、円滑な技術移転を促進する。

６．基本計画の改訂履歴

（１）2015 年 3 月、制定。

（２）2016 年 3 月、国外の研究開発動向を踏まえて研究開発項目⑥及び⑦を追加。また、技術分野における動向等の調査に関する記載、プロジェクトマネージャーに関する記載、及び研究開発スケジュール（別紙２）を追加。

（３）2016 年 4 月、組織再編に伴う部名変更、及びプロジェクトマネージャーの所属部署、氏名を変更。

（４）2017 年 10 月、プロジェクトマネージャーを変更。

（５）2018 年 2 月、中間評価結果を踏まえて「標準化施策等との連携」及び「研究開発計画」を変更。

（６）2019 年 3 月、国外の研究開発動向を踏まえて研究開発項目⑧を追加。研究開発スケジュール（別紙２）を追加。

（７）2019 年 11 月、研究開発項目②の実施期間を 2020 年 7 月 31 日までに延長。

（８）2020 年 1 月、研究開発項目⑧のテーマを追加。

（９）2020 年 7 月、プロジェクトマネージャーを変更。状況の変化により背景を修正。研究開発項目⑧の中間目標の指標を追加。

（１０）2021 年 2 月、研究開発項目⑧のテーマを追加。

（１１）2021 年 8 月、プロジェクトマネージャーの職務範囲等変更。

（１２）2022 年 8 月、プロジェクトマネージャーを変更。