

2023年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

1. 件名:

次世代複合材創製・成形技術開発

2. 根拠法

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十五条第一号二及び第三号

3. 背景及び目的・目標

3. 1 背景

航空機産業は、国際的な産業競争が激化する状況にある。世界の民間航空機市場は年率約5%で増加する旅客需要を背景に、2018年から2037年の20年間の市場規模は、累計約3万4000機(5兆5000億ドル程度)となる見通しである。「航空産業ビジョン」では、国内航空機産業は2020年迄に売上高2兆円に到達するとともに、2030年には売上高3兆円を達成すると謳われている。厳しい競争の中で、航空機産業では高度な先進技術開発が進められてきており、これらを他産業分野へ波及させることにより、輸送機器をはじめとした様々な分野における製品の高付加価値化を進める上で、重要な役割を果たすことも期待されている。また、燃費改善、環境適合性等の市場のニーズに応えるため、近年の航空機(機体・エンジン・装備品)では軽量化のために構造部材として複合材(CFRP)が積極的に導入されており、先進的な部素材開発及び成形組立技術開発等が急務となっている。

国際的な産業競争が激化する状況下、サプライヤービジネスにおいても今後激しい競争にさらされていくことが予想されるため、我が国においても航空機産業の国際競争力を維持・拡大していく必要がある。

我が国の航空機産業は、モジュール単位での国際共同開発への参画拡大(例:B777X…機体の21%、B787…機体の35%、エンジン(Trent1000、GEnX)の15%、PW1100G-JMの23%)を通じて、2017年度生産額も約1.7兆円まで拡大したが、依然主要国より一桁小さい規模である。我が国の強みは、精度の高さと品質管理、納期遵守、複合材等の素材関連技術(例:東レがB787の炭素繊維を独占供給)等であり、高品質を求められる航空機産業(機体・エンジン・装備品)において米・欧とも、日本との更なる協力を模索している。今後の航空機需要の70%を占めると予想されている細胴機の製造プロセスで必須となる、複合材を用いた部材の低コスト・高レートな成形組立技術は重要となってくる。

他方、我が国は、世界と戦える優れた技術を有しているものの、単なる「部品供給・モジュ

ール分担」にとどまっている限りは飛躍的な成長は困難となっている。新興国の追い上げがコスト競争の圧力となっているとともに、強みである複合材分野でも海外の巻き返しに対し、更なる技術革新で優位性を維持・拡大することが必要となっており、今後は、先進的な技術を有することで設計を含めた共同開発に携わることで、欧米の完成機メーカーの戦略的パートナーとなっていくことが不可欠である。

3. 2目的・目標

航空機の燃費改善、環境適合性向上、整備性向上、安全性向上といった要請に応えるため、複合材料等の関連技術開発を中心として、航空機に必要な信頼性・コスト等の課題を解決するための要素技術を開発する。今後の航空機需要の70%を占めると予想されている細胴機の製造プロセスで必須となる、複合材を用いた部材の低コスト・高レートな新しい成形組立技術の確立を目指す。これにより、航空機の燃費改善によるエネルギー消費量とCO₂排出量の削減、整備性向上、安全性の向上並びに我が国の部素材産業及び川下となる加工・製造産業の国際競争力強化を目指す。

[委託事業・研究開発目標]

研究開発項目①「複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発」

【中間目標(2022年度)】

- 開発上の必要なツールの選定、シミュレーション技術及び解析ツールを開発し、低コスト機体開発を実現するための数値シミュレーションツールを設計する。

【最終目標(2024年度)】

- 解析検証を終了し、数値シミュレーションの実用性を確認する。
- 数値シミュレーションツールをソフトウェア化し、最適設計技術として確立する。

アルミニウムをCFRPで置き換えただけの従来の機体構造とは異なる新しい機体設計コンセプトの提案を目指す。

[助成事業・研究開発目標]

助成率 大企業:1/2以内、中堅・中小・ベンチャー企業等:2/3以内

研究開発項目②「熱可塑性CFRPを活用した航空機用軽量機体部材の高レート成形技術の開発」

【中間目標(2022年度)】

- 超高速自動積層において熱可塑性CFRPの積層方法に目途を付ける。
- 熱可塑性CFRPの大型・複雑形状成形技術に目途を付ける。
- 積層造形技術を活用した複雑な複合材－金属一体成形技術に目途を付ける。

【最終目標(2024年度)】

- 超高速自動積層では、従来の熱硬化性CFRPと比較し5倍の生産性向上、熱硬化性CFRPと同等以上の軽量化、熱硬化性CFRPと同等以上の自動積層速度を達成する。
- 熱可塑性CFRPの特性を十分に活かし、熱硬化性CFRPでは達成できない高度な一体成形、さらなる軽量化、高レートな大型部材成形技術を確立し、成形の自動化を達成する。
- 積層造形技術を活用した複雑な複合材－金属一体成形技術等を開発するとともに、成形の自動化を達成する。

研究開発項目③「航空機部品における複合部材間および他材料間の高強度高速接合組立技術の開発」

【中間目標(2022年度)】

- 熱可塑性CFRP部品の高速・高強度溶着組立技術に目途を付ける。
- 熱可塑性CFRPと熱硬化性CFRPをシームレスに接合する技術開発に目途を付ける。

【最終目標(2024年度)】

- 溶着できる熱可塑性CFRPの特性を活かし、大型部品同士のファスナーレス組立技術等、熱硬化性CFRPや他材料も含んだ高強度高速接合組立技術を開発する。面溶着等により破壊強度30MPa以上を実現し、ファスナー使用箇所の半減および現行アルミニウム機体の組立と同等以上の生産性を可能とする技術開発を達成する。

研究開発項目④「超高性能SiC繊維の品質安定性向上に向けた開発」

【最終目標(2022年度)】

- 引張強度3.0GPa以上、2700°F(1482°C)×400時間曝露後、強度低下20%以下を満足し、高温クリープ特性に優れるSiC繊維を開発する。
- SiC繊維の特性ばらつきを抑制する製造技術を確立する。

研究開発項目⑤「1400°C級CMC材料の実用化研究開発」

【最終目標(2022年度)】

- **研究開発項目⑤(1)**マトリックス、製織の方法、耐環境性コーティングの最適化を実施して、CMASの存在する環境下で、室温引張強度300MPa以上、1400°C×400時間曝露後、強度低下20%以下を満足するCMC部材を開発する。
- **研究開発項目⑤(2)**生産性の高いMI法において、新規界面コーティングの開発とUD積層構造・マトリックス形成の最適化を行い、室温引張強度300MPa以上、室温弾性率200GPa以上、1400°C×400時間曝露後の室温での弾性率低下が製造後の30%以内を達成するCMC部材を開発する。

研究開発項目⑥「高レート・低コスト生産可能なCMC材料およびプロセス開発」

【最終目標(2023年度)】

- 製織工程の高速化、CVI工程、PIP工程の短時間化を達成して、耐熱温度1400°CのCMC部材について、現行と比較して生産レート10倍向上を可能とする材料及びプロセス技術を開発する。

4. 実施内容及び進捗(達成)状況

NEDOはプロジェクトマネージャー(以下、「PMgr」という)として、NEDO材料・ナノテクノロジー部 松井 克憲を任命して、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た。

東北大学大学院航空宇宙工学専攻 教授 岡部 朋永 氏をプロジェクトリーダー(以下、「PL」という)とし、以下の研究開発を実施した。

4.1 2022年度(委託)実施内容

研究開発項目①「複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発」

(実施体制:東北大学、川崎重工業(株)、東レ(株)、上智大学、三菱重工業(株)、JAXA、(株)IHI、(株)SUBARU、電気通信大学)

(1)熱可塑性 CFRP を用いた機体設計シミュレーターの研究開発

熱可塑性 CFRP を用いた座屈許容設計を可能とする胴体構造設計ツールを構築し(担当:川崎重工業(株)、東北大学)、尾翼の構造設計ツールの構築を行なった(担当:(株)SUBARU)。また、熱可塑性 CFRP を取り入れた主翼構造サイジングを試行した(担当:東北大学)。さらに、エンジン取付位置や各種形状を変更した際の、エンジン付主翼空力荷重の変化を解析できるように機能を拡大した(担当:電気通信大学、(株)IHI)。共通技術として、機体設計に用いる構造解析ソフトウェアの開発と主翼ボックス構造に対するフラッター解析ツール構築を行い、主翼ボックス構造の板厚がフラッター動圧に及ぼす影響を評価可能とした(担当:東北大学)。先進技術として、層流化技術では、設計した層流化デバイスの風洞試験による性能評価を実施し、層流化デバイスの更なる性能改良、表面形成技術、3次元翼上でのデバイス性能を評価可能な高精度 CFD 解析ツール構築の検討を実施した(担当:東北大学、JAXA、三菱重工業(株))。非定常空力解析では、常微分方程式ベースの非平衡壁面モデリングの有効性を検証した。また高速飛行条件における航空機翼胴形状の壁面モデル LES 解析を実施し、従来の解析法などとの比較からその有効性を検証した(担当:東北大学、川崎重工業(株))。また計算科学に関する国際会議である WCCM-APCOM2022(8月にオンライン開催)にて本プロジェクトに関する OS を企画した。

(2)熱可塑性 CFRP を対象としたバーチャルテスト技術開発

面外衝撃特性・衝撃後圧縮強度および Hot-wet OHT・OHC 強度の実験評価を実施した

(東北大学、東レ株)。熱可塑性 CFRP に対応した損傷進展解析コードの改良を行った。具体的には、内製 FEM、XFEM ツール(六面体要素)に対して弾塑性構成則の追加・拡張を行った。また、実験結果と解析結果との検証を行い、コードの機能評価および修正を行った(上智大学)。開発した六面体要素の XFEM の試行計算として、熱硬化性 CFRP の物性値を用いて面外押し込み解析と OHT 解析を実施し、実験結果を良く再現することを確認した(川崎重工業株、上智大学)。接合部材等の強度データベースの構築のため、ラップシエア試験を実施し、ラップシエア解析ツールの試行・検証を実施した(川崎重工業株、上智大学)。また、東北大学に耐久性評価装置(疲労試験機)を導入した。

4.2 2022年度(助成)事業内容

研究開発項目②「熱可塑性CFRPを活用した航空機用軽量機体部材の高レート成形技術の開発」

(実施体制:新明和工業)

(1)複合材波板パネルの強度解析・強度実証技術の確立

強度実証試験の結果、複合材波板パネルが機体 OEM のフロアパネル強度要求の各項目を満足することを確認した。それと同時に強度解析技術の妥当性も確認することができた。また試験結果に基づき、重量削減を達成するために形状を最適化する設計変更コンセプトを作成した。

(2)大型サイズでの成形/接合技術の検証(品質向上/高速成形技術の検討)

500mm 角サイズの供試体を成形/接合可能な装置及びプロセスを開発し、試作品において、オートクレーブ成形品と同等以上の表面及び内部品質を達成可能であることを確認した。また、プロセス速度を上げた際に生じる品質不良の原因を特定し、対策を施すことで、解決の見通しを得た。

(実施体制:ジャムコ)

研究のテーマは「高度な一体成形等を可能にするための熱可塑性 CFRP 部材の成形技術開発」であり、2020 年度から継続して溶着等による高度な組立てを可能にするための、熱可塑性 CFRP 部材の成形技術開発を実施した。

具体的には、

- ・ 2021 年からの継続で、試験用設備での試作、評価
 - ・ 複雑形状部材のための積層技術の目途付け
 - ・ 熱可塑 ADP 製法の複雑形状化、高レートな量産生産の検討
- などを実施した。

(実施体制:川崎重工業、津田駒工業)

- ・ 超高速度自動積層技術、装置の開発

溶着による中間基材の仮止めを高速で行いながら熱硬化性 CFRP と同等以上の速度で積層する技術と装置を国内の複合材装置メーカーとの協力のもと開発を継続し、テーパ形状による板厚変化をもつ曲面に対応した自動積層の実証・確認を実施し、板厚変化のある曲面積層技術の目途を付けた。

- ・ 航空機用大型部材の革新的高速成形技術・一体成形技術の開発
連続・一体成形プロセスの改良による曲面パネルの品質向上と、湾曲部材成形技術プロセスの改良による湾曲部材の品質向上の実証と確認を実施し、航空機品質であるボイド率3%以下となる内部品質を達成し、成形品質改良の目途を得た。

研究開発項目③「航空機部品における複合部材間および他材料間の高強度高速接合組立技術の開発」

(実施体制: 東レ、東北大学、金沢工業大学、産業技術総合研究所)

- ・ 熱溶着により形成された接合構造を含むマルチマテリアル系構造の層間靱性の評価を通じて、従来材の一体成形と同等以上となる材料を設計し、メカニクス解析に向けたデータを取得した。(担当: 東レ、東北大学、金沢工業大学)
- ・ 熱硬化性 CFRP の熱溶着接合を汎用的に実施可能とするプリフォームの基本仕様と積層構成を検討し、エポキシ樹脂の硬化性の評価を通じてマルチマテリアル系構造に用いるための基本的な成形条件を設定した。(担当: 東レ)
- ・ 熱溶着時の熱可塑性樹脂の挙動解析を通じて、厚み寸法を制御する熱溶着コンセプトを検討し、熱硬化性 CFRP において寸法誤差 1%以下となる熱溶着の基本条件を設定した。(担当: 東レ)
- ・ □500mm 相当のデモンストレーターで、熱溶着可能な熱硬化性 CFRP 部材を高速高強度で熱溶着する生産プロセスの基本コンセプトを実証した。また、高レート生産の工程分析の精度向上のため程、成形および熱溶着システムの自動化を検討した。(担当: 東レ)
- ・ 機体構造材の実用強度として参照される有孔平板の強度特性に関する研究を行った。また、接合強度に関する解析モデルを構築し、実験結果を精度良く再現することに成功した。(担当: 東北大学、金沢工業大学)
- ・ 製造条件を変えたマルチマテリアル系構成材料の評価を通じて、製造条件が及ぼす構成材料物性への影響について研究を行った。(担当: 金沢工業大学、東北大学)
- ・ 熱溶着による熱硬化性 CFRP 接合部の欠陥検出精度を指標に、接合部に適合可能な先進非破壊検査技術を抽出した。また、大型 CFRP 部材に対する非接触寸法検査の適用研究を行った。(担当: 産業技術総合研究所)

研究開発項目④「超高性能SiC繊維の品質安定性向上に向けた開発」

(実施体制: 宇部興産、超高温材料研究センター、山陽小野田市立山口東京理科大学)

(1) ポリマー合成技術開発

- ・ 新設したポリマー合成設備で高性能 SiC 繊維の試作を実施し、安定的に試作可能となるポリマー合成条件を確立した。また、(2)に記す紡糸設備で高性能 SiC 繊維の試作を実施し、安定的に試作可能となる紡糸条件を確立し、最適なポリマー合成条件及び紡糸条件で高性能 SiC 繊維を試作した結果、繊維特性(主として強度)の向上とばらつき低減を確認した。

(2) 紡糸技術開発

- ・ 紡糸設備の設置を完了し、(1)に記すポリマー合成設備で試作したポリマーの紡糸試作を実施し、安定的な紡糸が可能となる紡糸条件を確立した。

不融化・焼成・焼結工程を実施し、繊維特性の評価を実施し、強度の向上を確認した。

(3) CMC 作製・評価技術開発

- ・ BN 界面及び SiC マトリックスからなる CMC ミニコンポジットの作製技術を確立した。
- ・ 上記ミニコンポジットの室温及び高温引張試験方法を確立し、さらに高温クリープ試験方法を確立し、高性能 SiC 繊維が有する耐熱性及び耐クリープ特性が CMC においても発現することを確認した。
- ・ 作製した CMC ミニコンポジットの微細組織観察を実施し、BN 界面の均一性において SiC 繊維の繊維束仕様が重要であるとの知見を得た。

研究開発項目⑤ 「1400℃級CMC材料の実用化研究開発」

研究開発項目⑤(1)

(実施体制: IHI、シキボウ、ファインセラミックセンター、NIMS)

(担当: 株式会社IHI)

最終目標となる「CMASの存在する環境下で、室温引張強度 300MPa 以上、1400℃×400 時間曝露後、強度低下 20%以下」の達成度評価のため、2021年度に最適化を実施した 1400℃級CMC材料およびEBCについて、試験片を準備中。

上記に先行するEBC単体の評価として、1400℃×400 時間CMAS耐食試験を行った。一部EBC内に縦割れは見られるものの、CMASの浸食は軽微であり、EBC剥離等の損傷が見られないことを確認した。

エンジン運転環境に近い条件となる 1400℃での高温ガス流試験も実施し、開発したEBCを施工したCMC試験片を 100 時間曝露しても、EBCの剥離や顕著な減肉がないこと、CMCとEBCの境界に劣化を示す顕著な酸化層が出来ていない事を確認した。

(担当: JFCC)

CMAS耐食試験を行ったEBCに対し、マイクロ組織観察や分析等を行った。その結果、耐CMAS性のあるEBCは、学会等で報告されているCMAS成分との反応相としてアパタイト相の形成のみでなく、ガーネット相の形成が耐食性に大きく寄与していることを明らかにした。また、本結果を基に耐CMAS性の得られる新たな指標を考案し、希土類酸化物を含む各種EB

C候補材に対して優劣の評価を行った。

(担当: NIMS)

開発した耐CMAS性を有するEBC候補材につき、2021年度に見られた高温曝露時の縦割れについて、原料粉末製造方法や溶射プロセスで改善できることを確認した。また、溶射スプラット試験等による施工条件出しを行った。これらの結果を受け、設定した溶射条件にて最終評価用のCMC上にEBCを施工する。

(担当: シキボウ)

セラミック繊維が本来有する脆性特性やそれに起因するケバ立ちなど、繊維状態によらず繊維配列を可能とするバッチ方式の面内繊維配列方法および Z 系挿入方法について、プロセスや治具の見直しを行い、板厚制御や繊維配向の精度を向上させることに成功した。これにより、特に高い脆性特性を示す高性能 SiC 繊維を用いてもニアネットシェイプ(最終形状に近い形状)で三次元プリフォームを作製する事が可能となった。

また連続方式について、自動化による省力化を目指した装置の開発と製織条件の検討を行った結果、ニアネットシェイプで連続した高性能 SiC 繊維製三次元プリフォームの作製に成功した。(試作品長約 1500mm)これはバッチ方式と比較して低コストで量産にも対応可能な製法となる。

研究開発項目⑤(2)

(実施体制: 三菱重工航空エンジン、京セラ、学校法人片柳学園)

(1) 2021 年度に導入したコーティング設備により SiC 繊維への BN コーティングの組織制御条件を設定し、コーティング処理による繊維強度維持率 85%以上の目標を達成した。さらに、コーティング前処理を目的とした繊維束の開織手法を検討して CMC 作製のための界面コーティング繊維を作製した。

(2) UD シート積層硬化条件を適正化してポイド発生防止した積層法を改良した。また、開発したマトリックススラリーに適合した硬化条件を用いて、UD シート積層成形した試験片を MI 法マトリックス成形に適用した。

(3) 界面コーティング繊維とフィラーとの均一分散と成形性を向上させたシートを作製し、UD シート積層成形後の試験片について炭化焼成と溶融 Si 含浸条件を適正化し、MI 法による緻密マトリックス条件を設定した。

(4) 作製した CMC は、室温引張強度 300MPa 以上、室温弾性率 200GPa 以上を達成した。1400°Cで 400 時間暴露試験を実施しており、暴露後は室温での弾性率を測定し、CMC 作製後の弾性率と比較評価する。

研究開発項目⑥「高レート・低コスト生産可能なCMC材料およびプロセス開発」

(実施体制: 川崎重工業、イビデン、豊田自動織機、JAXA、東北大学)

製織プロセスの改良では、改良した製織異常自動監視装置と選定したサイジング剤を塗布

した繊維を用いて、連続製織実証を行い、目標とした異常検知を行えることを確認するとともに、目標とする高レート化の達成見込みを得た。プリフォーム品質と後工程への影響評価では、織目隙に着目し、糸間距離や配置角度を想定した仕様通りに制御可能であることを確認した。

CVIプロセスの改良では、改良したプロセスの基礎的な試験を行い、副生成物発生が低減されていることを確認した。また、成膜条件を細かく変えた試験を行い、要求する成膜を達成する条件範囲設定を進めた。

含浸工程の最適化では、平板形状プリフォームを用いた評価を行い、含浸条件に影響のある要因について特定を行った。また、粘度および収率を改善したスラリーを用いて含浸試験を行い、その有効性の確認を行った。

高レート・低コスト製造技術によるCMC特性評価では、改良した製造技術を反映したCMCの材料評価試験を実施中で、その結果を元に、要求へのフィードバックを行う。燃焼器パネル部材向けCMC要求特性の改善では、冷却性能に着目し、冷却性能試験および検証解析を実施し、開発中のCMCパネルに適した冷却方法の検討を行った。

4.3 実績推移

	2020年度		2021年度		2022年度	
	委託	助成	委託	助成	委託	助成
実績額推移 需給勘定 (百万円)	110	732	120	1,225	123	1,266
特許出願件数 (件)	0	—	1	—	1	—
論文発表数 (報)	8	—	4	—	6	—
フォーラム等 (件)	1	2	0	3	0	9

5. 事業内容

PMgrIにNEDO 材料・ナノテクノロジー部 松井 克憲主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、その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。

東北大学大学院航空宇宙工学専攻 教授 岡部 朋永 氏をPLとし、以下の研究開発を実

施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5.1 2023年度(委託)事業内容

研究開発項目①「複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発」

(実施体制: 東北大学、川崎重工業(株)、東レ(株)、上智大学、三菱重工業、JAXA、IHI、SUBARU、電気通信大学)

(1) 熱可塑性 CFRP を用いた機体設計シミュレーターの研究開発

- ・ B737 クラスの概念設計全機形状(モデル名 ACS001)を対象とし、熱可塑性複合材を用いた主翼構造設計解析を実施する(担当: 東北大学)。世界的に議論が始まった CbA への適用を狙い、不確かさを定量化する機能の検討を開始する(担当: 東北大学)。ACS001 を対象とし、主翼・胴体・尾翼の統合モデルを作成する(担当: 東北大学、(株)SUBARU、川崎重工業(株))。
- ・ ACS001 におけるエンジンの詳細形状を策定し、エンジン付き空力解析のための計算モデルを作成する(担当: 電気通信大学、(株)IHI)
- ・ 先進技術として、層流化技術では、層流化デバイスの更なる性能改良、表面形成技術の実証、3次元翼上でのデバイス性能を評価可能とする高精度 CFD 解析ツールの構築を実施する(担当: 東北大学、JAXA、三菱重工業(株))。非定常空力解析では、常微分方程式ベースの非平衡壁面モデルの高速流れにおける予測精度とそのメカニズムを検証する。また航空機実機複雑形状の壁面モデル LES の本解析および従来解析法による解析を実施し、主翼設計ツールへの適用検討を行う。(担当: 東北大学、川崎重工業(株))

(2) 熱可塑性 CFRP を対象としたバーチャルテスト技術開発

- ・ 熱可塑性 CFRP の力学特性に及ぼすオートクレーブ成形条件の影響の評価、疲労試験を実施する(東北大学、東レ(株))。
- ・ 六面体要素の XFEM に熱可塑性 CFRP の物性値を入力して面外押込み解析、OHT 解析の検証を進める(上智大学)。
- ・ 上記の解析ツールとプリポストシステムを組み合わせることでバーチャルテストツールの試行・検証を行う(川崎重工業(株))。

5.2 2023年度(助成)事業内容

研究開発項目②「熱可塑性CFRPを活用した航空機用軽量機体部材の高レート成形技術の開発」

(実施体制: 新明和工業)

(1) 複合材波板パネルの軽量化およびフロアパネル詳細設計

重量削減コンセプトの強度成立性について解析評価を行う。必要な場合は試験実証を

行う。またフロアパネルとして要求される電蝕防止、端部浸水防止等の機能を満足するための詳細設計を行う。

(2) 実大スケールでの溶着接合技術の検証

実大フロアパネルサイズ相当の供試体を製作し、装置条件及び成形条件を検証する。また、オートクレーブ成形部品と同等以上の内部品質を満足することを確認する。

(3) 逐次成形/接合プロセスの実現性検証

成形品サイズが装置サイズに依存せず、高レートに製造可能な技術の確立を目指し、逐次的に溶着接合を行うプロセスを検証し、実現可能性の高い手法を立案/検討する。

(実施体制: ジャムコ)

確立させた製造コンセプトを元に更なる技術的成熟度向上を図る。

具体的には、

- ・ 量産用設備の開発
 - ・ 大型化、高レート化の実証
 - ・ 積層装置の調査、開発
- などを実施する。

(実施体制: 川崎重工業、津田駒工業)

- ・ 超高速度自動積層技術、装置の開発

溶着による中間基材の仮止めを高速で行いながら熱硬化性 CFRP と同等以上の速度で積層する技術と装置を国内の複合材装置メーカーとの協力のもと開発を継続し、2 台以上の積層ヘッドによる積層を実施するための積層装置の仕様策定及び設計を行う。

- ・ 航空機用大型部材の革新的高速成形技術・一体成形技術の開発

高レート生産に向けた、成形技術課題の洗い出しを曲面パネルおよび湾曲部材に対して行い、対応策を策定する。

曲面パネルの大型化検討と、それに伴う搬送装置の導入と自動化の目途付けを行う。

曲面パネルの周方向接合の技術課題を洗い出し、対応策を策定する。

研究開発項目③ 「航空機部品における複合部材間および他材料間の高強度高速接合組立技術の開発」

(実施体制: 東レ、東北大学、金沢工業大学、産業技術総合研究所、九州大学)

- ・ 熱溶着接合構造を含むマルチマテリアル系構造の湿熱環境条件での評価を通じて、従来材の一体成形と同等以上となる材料を設計する。(担当: 東レ、東北大学、金沢工業大学)
- ・ マルチマテリアル系構造における熱硬化性 CFRP と熱可塑性 CFRP との相補的な部材設

計要素を抽出し、シームレス一体構造などの特性を発展させて超軽量構造のシミュレーションを検討する。熱硬化性 CFRP の熱溶着接合を汎用的に実施可能とするプリフォームの連続作製に向けた本格検討を開始する。(担当:東レ、東北大学、九州大学)

- ・ CFRP 機体およびアルミ合金機体の現行工程分析を試み、成形工程、接合工程および検査工程のリレーションを含めた生産性について、マルチマテリアル系構造と比較検討することで、高レート生産への課題を抽出する。(担当:東レ)
- ・ クラック進展あるいは円孔部周辺の損傷進展を扱えるメゾメカニクスモデル(破壊力学モデルを含む)の構築に関する研究を行う。(担当:東北大学、金沢工業大学)
- ・ 航空機に適用する熱可塑性樹脂の高分子構造と力学特性の関係について研究を行い、そこで得られた知見を基にマルチマテリアル系接合の強度に関する研究を行う。(担当:九州大学、金沢工業大学、東北大学)
- ・ 自動欠陥判定のための非破壊検査システムの構成要件に関する研究を行う。3次元形状計測システムの構成要件に関する研究を行う。(担当:産業技術総合研究所)
- ・ 部材成形および熱溶着システムの自動化により、□500mm 相当のデモンストレーターを用いた高レート生産プロセスのデモンストレーションの完成度を向上させる。(担当:東レ)

研究開発項目⑥「高レート・低コスト生産可能なCMC材料およびプロセス開発」

(実施体制:川崎重工業、イビデン、豊田自動織機、JAXA、東北大学)

CVIプロセスの改良では、改良したプロセスを大型炉で実証を行い、成膜条件を確定する。また炉詰め効率の向上や小型化したCVI賦形型による、同時施工数を増やした実証を行う。副生成物の低減効果によるメンテナンス時間短縮と合わせて、目標とする高レート化を達成する。また、黒鉛型の再利用については、開発したCVI膜の除去方法を適用し、再利用実証を行い、再利用可能な回数を決める。

含浸工程の最適では、CVI成膜含めた正規のプリフォームを用いた確認を行い、工程を確定する。また、開発したスラリーでPIP回数を低減したCMCを作製し、物性評価を行い、適用可能なPIP回数を確定する。表面付着余剰樹脂除去作業の省力化においては、PIPプロセスの中で、含浸・焼成後に行う余剰樹脂の除去作業が高レート化への課題となっており、本除去作業の機械化による条件最適化を行う。これらの成果を合わせて、目標とする高レート化を達成する。

高レート・低コスト製造技術によるCMC特性評価では、改良された製造技術を反映したCMCの材料評価試験を行い、パネル設計にフィードバックする。燃焼器パネル部材評価試験の実施では、改良された製造技術を反映したCMC燃焼器パネルを製作し、燃焼器パネルに想定される圧力荷重、熱荷重を模擬した試験を行い、耐久性等の評価を行う。

5.3 2023年度事業規模

委託事業、助成事業

需給勘定 1,200百万円(予定)

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 評価の方法

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、②及び③については中間評価を2022年度6月に実施した。事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目④、⑤及び⑥については事後評価を2023年度に実施する。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。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業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、必要に応じて、技術推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時、プロジェクトの進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。また、早期実用化が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

(3) 関係省庁の施策との連携体制の構築

NEDOが実施する「革新的新構造材料等研究開発」や内閣府が実施する「戦略的イノベーション創造プログラム:統合型材料開発システムによるマテリアル革命」の実施体制と緊密に連携する。

(4) 複数年度契約の実施

研究開発項目①、②及び③については、2020年度から2024年度までの5年間とする。

研究開発項目④、⑤(1)については、2020年度から2022年度までの3年間とする。

研究開発項目⑥については、2020年度から2023年度までの4年間とする。

研究開発項目⑤(2)については、2021年度から2022年度までの2年間とする。

(5) 知財マネジメントにかかる運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

(6) データマネジメントに係る運用

委託事業である研究開発項目①については、「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。

6. 実施方針の改定履歴

(1) 2023年2月、制定

別紙

「次世代複合材創製・成形技術開発」実施体制

