

「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」  
終了時評価報告書

2026年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

2026年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 斎藤 保 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」  
終了時評価報告書

2026年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 目次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-3
2. 評点結果	1-11
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1

## はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」の終了時評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」（終了時評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 81 回研究評価委員会（2026 年 1 月 28 日）に諮り、確定されたものである。

2026 年 1 月  
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 審議経過

- 分科会（2025年10月14日）

  - 公開セッション

    - 1. 開会
    - 2. プロジェクトの説明

  - 非公開セッション

    - 3. プロジェクトの補足説明
    - 4. 全体を通しての質疑

  - 公開セッション

    - 5. まとめ・講評
    - 6. 閉会

- 現地調査会（2025年10月6日）

  - 東レ株式会社愛媛工場 複合材研究所（愛媛県伊予郡松前町）

- 第81回研究評価委員会（2026年1月28日）

「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」（終了時評価）

分科会委員名簿

(2025年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	しづたに ようじ 澁谷 陽二	信州大学 工学部 特任教授
分科会長 代理	よこぜき ともひろ 横関 智弘	東京大学 大学院工学系研究科 教授
委員	おがさわら としお 小笠原 俊夫	東京農工大学 大学院工学研究院 先端機械システム部門 教授
	おぎき つよし 尾崎 毅志	コンポジット技研株式会社 代表取締役・工学博士
	さとう ちあき 佐藤 千明	東京科学大学 総合研究院 未来産業技術研究所 教授
	つじ さきこ 辻 早希子	株式会社三菱総合研究所 ビジネスコンサルティング本部 兼モビリティ・通信事業本部 主任研究員
	なかい あさみ 仲井 朝美	東海国立大学機構 岐阜大学工学部 機械工学科機械コース 教授

敬称略、五十音順

## 研究評価委員会委員名簿

(2026年1月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 産業創発部 主席研究員

敬称略、五十音順

# 第 1 章 評価

## 1. 評価コメント

### 1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業は開始時における市場（機体 OEM<sup>\*1</sup>）の動向、競合他社の研究開発動向、社会・経済の状況、規制動向などを考慮した上で、生産性の向上、低コスト化を実現するため、熱可塑性 CFRP に注目し、大学・企業連携により、設計・製造技術を開発し、想定される部材による実証までの必要な工程を一貫して実施する計画であり、道筋として適切に計画されている。OEM、航空機関連事業者や機関との連携構築など、出口を見据えた取り組みが行われている点を高く評価する。新型コロナウイルス感染や半導体不足といった予測不能な外部環境に対しても、極めて適切な対応と修正が施された。

知的財産・標準化戦略は、TiAD-DX ツールを開発し、TiAD コンソーシアムを立ち上げるなどをして、プロジェクトの基盤として、標準化や情報共有の中核的な役割を果たし、その他の個別テーマではノウハウとして非公開で蓄積する部分と、知的財産の取得や成果発信を積極的に進める部分とを適切に区分して運用している。大学・企業間での合意書に基づき、オープン・クローズ戦略が積極的に実行されていると考える。

一方、NEDO、そして政府として、社会実装に向けて、海外の同業他社の技術動向に関する調査・分析、また例えば規制緩和等での後押しや、認証を実現させる国レベルでの環境づくり等、より強力なオールジャパンとしての活動を後継プロジェクトに期待したい。また、デジタル技術やシミュレーションを活用したプロセス設計の深化により、再現性と品質保証を両立する枠組みの構築が期待される。事業終了後の実施主体各社の自立化については、より具体的な追跡が必要である。さらに、民間旅客機以外への適用に関しても検討を進めて頂きたい。飛翔体全般に対象を広げれば、適用箇所は増えると思われるし、実用への敷居も低くなると思われる。

知的財産については、将来航空機メーカーと協業する際に、今回のプロジェクト参画企業が第一候補になる、もしくはせざるを得ない状況を作り出す特許の取得が好ましい。製造技術の特許化・権利化は容易でないが、「製品としての知財獲得」について検討することも事業化を円滑に進める上では重要ではないかと考える。また、標準化戦略として、今後も開発したツールやそれを利用した成果を国際会議等で発信し、国際的な認知度を高めていって欲しい。

#### \*1機体 OEM：

他社ブランド機体の製造業者。航空機業界では、ボーイングやエアバスといった大手メーカーが機体全体の開発を主導し、OEM メーカーが製造を請け負う。

### 1. 2 目標及び達成状況

最終アウトカムである CO<sub>2</sub>排出量 900 万トン削減に向けた道筋が明確に示され、設計・成形・接合を一体化した技術体系を確立している。社会実装へ向けて既に取り組んでいる研究実施者がいることから、当初よりも計画の前倒しで実施したことは高く評価できる。アウトカム目標達成の可能性は高いと判断する。

アウトプット目標については、各研究開発項目ともに、事業開始時に設定した最終目標を達成したものと判断する。特に、設計ツールの開発と企業での利用を開始し、実証につながっている点と、我が国の強みである熱硬化 CFRP の生産技術を活かしつつ、熱可塑 CFRP 技術を併用するという独自アイデアを、短期間に基礎技術から検証まで完成させたことは高く評価できる。国際学会での発表や供試体の展示なども積極的に実施しており、将来協業するパートナーの枠の拡大を助けるものとする。また、論文発表や特許の獲得において必要な成果を挙げている。

一方、アウトカム目標が CO<sub>2</sub>排出削減効果に集約されているが、経済的効果、ならびに航空機製造業における日本のポジションの向上に向けた戦略のまとめも取り入れることが望ましい。生産性向上やコスト削減といった成果を、OEM 採用や国際標準獲得にどの程度繋げるのかという観点での目標が明示されていることが望ましい。

現在の成果は特定形状や特定材料を対象としたものであり、今後は異なる材料体系や形状への適用拡大を通じて、より汎用的な技術指針として発展させることが望まれる。また、成形プロセスのデジタル化やシミュレーション技術との連携を一層進め、最適設計・品質保証を一体化した開発体系の確立を期待する。高生産性も重要だが、最終製品としての品質保証も重要であることから、品質保証に関わるアウトプット目標値も併せて明示されることを今後は期待したい。

### 1. 3 マネジメント

実施体制については、プロジェクトリーダーと NEDO、プロジェクトリーダー/NEDO と各事業者間のコミュニケーションが良好にとられており、産学官が連携し、大学による基盤理論・解析技術の提供と、企業による製造・実証を組み合わせた体制は、専門性の発揮、人材交流・人材育成の観点で、国プロとして理想的なものであったと思う。後継プロジェクトのみならず、他のプロジェクトに対しても水平展開されることを期待したい。

研究開発計画は、アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されている。要素技術間のつながりが明確で、設計・成形・接合の各テーマが連携して進捗管理され、進捗遅れへの対応も的確であり、PDCA サイクルが機能していたと評価できる。中間評価時に指摘された横連携や情報発信についても、改善が十分に図られた。論文発表や特許の獲得において必要な成果が挙げられており、欧米の OEM に採用されるための海外への情報展開に注力されている点も特筆すべき点である。

一方、大学で開発した設計ツールについては、一部の企業の利用にとどまっており、今後、コンソーシアムを通じて、利用拡大を推進していただきたい。また、成形や評価データなどを共有・再利用可能な形で整理し、後継プロジェクトや産業界に還元する仕組みづくりを進めることが期待される。

また、ボルトレス構造を前提としてプロジェクトを実施したが、実航空機構造では溶着とボルトの併用接合になる可能性が高く、後継プロジェクトではこの観点で研究項目の見直しを検討していただきたい。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- ・ 計画当初で想定される外部環境での道筋は妥当であり、成果にかかわる広報活動も積極的に実施したことは高く評価できる。新型コロナ感染や半導体不足といった予測不能な外部環境に対しても、極めて適切な対応と修正が施されていた。また、将来ビジョンの実現に向けて、研究実施者との絶え間ないコミュニケーションが、より実質的な成果をもたらしたと言える。
- ・ 戦略的な知財財産・標準化を展開し、大学や企業に応じた対応ができていたと判断できる。共通の材料を用いたデータの取得とその情報共有化は、企業間の連携が困難な状況でも新たな実施形態を提案し実行したことになる。学術分野における大型研究資金では、このような形態は一般的になっているが、NEDO 主導のプロジェクトでは珍しく、将来に向けた雛形になる。
- ・ 生産性の向上、低コスト化を実現するため、熱可塑性 CFRP に注目し、大学・企業連携により、設計・製造技術を開発し、想定される部材による実証まで実施する計画であり、道筋としては問題ない。
- ・ 基盤となる設計ツール TiAD-DX ツールを開発し、成形プロセスに関する特許も出願している。
- ・ アウトカム達成までの道筋に関して、事業開始時における市場(機体 OEM) の動向、競合他社の研究開発動向、社会・経済の状況、規制動向などを考慮した上で適切に計画されているものと判断する。
- ・ クローズ領域とオープン領域に関しては各社とともにおおむね適切に設定されており、妥当であったと判断される。
- ・ 熱硬化性 CFRP の航空機生産においては世界的にトップにある日本が、将来の量産を見据えた熱可塑 CFRP の実用化開発では欧米に遅れを取っていたが、本プロジェクトの完遂により大きくキャッチアップできた。
- ・ 欧米機体メーカーおよびその背景にある国際基準を見据えた実用的開発であり、単なる技術開発に留まらず、将来の機体に採用されるための設計技術、物性データが系統的に積み上げられた点は評価に値する。体制内で共有する技術情報と、個社で保有すべき技術ノウハウが系統的に弁別され、知財の確保も適切に行われた。
- ・ 次世代航空機、特に単通路旅客機に複合材料が多用されることを想定し、その裏付けを取りながら計画を立案した経緯は妥当であり、また評価できる。この場合の技術的課題を明確化しながらプロジェクトを遂行しており、かつ航空機メーカーとの情報交換を密に実施している点もアウトカム達成の観点で高く評価できる。
- ・ プロジェクトでは航空機メーカーとの情報交換を密に実施しており、オープン・クローズ戦略は良好であると判断される。知財（特許）に関しても必要十分に出願しており、問題はないと考えられる。

- ・本プロジェクトは、材料開発・成形技術・接合技術・設計支援ツールなど、複合材の部材実用化に必要な工程を一貫して取り扱っており、試作・性能評価に加え、OEMや航空機関連事業者・機関との連携構築など、出口を見据えた取り組みが行われている点が高く評価される。
- ・設計技術の開発がプロジェクト全体の基盤として、標準化や情報共有の中核的な役割を果たしており、その他の個別テーマではノウハウとして非公開で蓄積する部分と、知的財産の取得や成果発信を積極的に進める部分とを適切に区分して運用している。オープン・クローズ戦略が効果的に実行されていると考えられる。
- ・設計・成形・接合が連携した一体的な開発体制が確立され、アウトカム達成に向けた具体的なロードマップが明確に描かれている。
- ・共通材料を基盤とした取り組みにより、成果間の整合性が高く、社会実装を見据えた開発ステップが着実に実行されている。
- ・産学官連携の機能性も高く、オールジャパン体制としての完成度が高い。
- ・知的財産の取扱いについては、大学・企業間での合意書に基づき、明確なルールのもとで運用されている。また、TiADコンソーシアムの立ち上げなど、研究成果のプラットフォーム化と社会への展開を意識した体制整備が進められ、事業終了後の継続性も確保されている。特許出願も16件（うち外国出願6件）に及び、知財戦略としての成果は十分に認められる。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- ・研究実施者が独自に認証といった社会実装に注力していた一方、国として認証に関わる支援活動に改善点が感じられた。NEDO、経産省、そして政府として、そのような社会実装に対し、例えば規制緩和等での後押しや、認証をより実現させる国レベルでの環境づくり等、より強力なオールジャパンとしての活動を期待したい。
- ・研究実施者間における供給材料の統一、材料データの共有、部品等の受け渡しによる加工プロセス技術の双方での技術力向上の取り組み等、今回実施された戦略を今後のプロジェクト運用の参考にしてほしい。
- ・実施主体の各社が事業終了後に自立化する過程については、今後より具体的な追跡が必要である。
- ・標準化戦略として、今後も開発したツールやそれを利用した成果を国際会議等で発信し、国際的な認知度を高めてほしい。
- ・熱可塑CFRPの材料・製造・設計技術は、欧州が相当に先行しており、本事業開始後にも新しい技術が続々と公表されている。また自動積層装置などの製造設備についても海外メーカーに一日の長がある。このような状況において、海外の同業他社の技術動向に関する分析が十分に実施されているかどうかは資料だけでは理解できなかった。潜在ユーザーである機体OEMのみならず、競合他社の調査・分析と、それを反映したアウトカム達成までの道筋が説明されているとより良いかと思われた。
- ・製造技術に関わる研究プロジェクトであったこともあり、技術ノウハウの秘匿に関する

重要性と、製造技術の特許化・権利化は容易でないことについては十分に理解できる。一方、本プロジェクトで取り込まれたユニークな技術によって製造された複合材部品には、それぞれの製造技術に特有な「製品としての特徴」が反映されていると思う。間接的に製造技術の知財を獲得するために、このような観点からの知財取得に関しても積極的に推進されるとより良いように感じた。プロジェクトで確立した製造技術が社外や海外に流出することを防ぐ意味でも、単なる秘匿にとどまらず「製品としての知財獲得」について検討することも事業化を円滑に進める上では重要ではないかと感じられた。

- 体制内に限定して共有されてきた知財が、国プロ成果として今後適切に国内に展開されていくことが望ましい。
- 本プロジェクトのアウトカム達成は、航空機メーカーが実際に熱可塑 CFRP を使用するかにかかっている。小型部品では既に使用が始まっているが、大型部品に関しては未知の部分も多い。万が一の場合のヘッジ、具体的には民間旅客機以外への適用に関しても検討を進めて頂きたい。飛翔体全般を対象を広げれば、適用箇所は増えると思われるし、実用への敷居も低くなると思われる。
- 出願している特許が、将来航空機メーカーと協業する際に同業他社に対して決定的なアドバンテージになる形で出願されたかについて、疑問が残る。航空機メーカーは多数の企業の中からパートナーを選べるので、今回のプロジェクト参画企業が第一候補になる、もしくはせざるを得ない状況を作り出す特許であることが好ましい。後継プロジェクトでは、この観点を持っていただきたい。
- 実装に向けて中長期的な取組が必要なテーマでは、今後、実現に向けた行程をより具体化し、どのタイミングでどのようなユーザーの意見を取り入れながら進めるか等、時間軸を伴った推進体制を構築することが望まれる。
- 事業の狙いには「整備性向上」が挙げられているが、開発技術による整備性への影響については十分な検討が行われていないと感じており、今後議論を深めていただくことを期待している。
- 現時点の成果は特定形状や材料体系に限定されており、今後はより普遍的な設計・成形指針として展開することが望まれる。また、デジタル技術やシミュレーションを活用したプロセス設計の深化により、再現性と品質保証を両立する枠組みの構築が期待される。
- 今後は、知的財産を個別成果として蓄積するだけでなく、標準化や設計データベース化を通じて広く共有・活用できる仕組みの整備が重要である。国際的な動向や他産業分野との接点も意識し、標準化戦略をグローバル視点で更新していくことが望まれる。

## 1. 2 目標及び達成状況

### <肯定的意見>

- すべての実施項目において目標値を満足し、項目によってはそれ以上の成果が得られている。社会実装への道筋も、すでに取り組んでいる研究実施者がいることから、当初よりも計画の前倒しで実施したことは高く評価できる。
- 全ての研究開発項目に対して、明確な数値目標とともに、研究実施期間内でそれらを達

成したことは高く評価できる。その結果、認証に向けた道筋が明確になり、日本の航空機産業における大きな貢献になったと言える。

- 設計、製造それぞれについての目標や達成見込みは妥当であったと判断できる。具体的なサイズに落とし込み、成形プロセス開発を行っていた点も評価できる。
- 達成状況は申し分ない。論文や受賞実績もあり、高く評価できる。特に、設計ツールの開発と企業での利用を開始し、実証につなげている点は高く評価できる。
- アウトプット目標およびアウトカム目標に関してはいずれも我が国の航空機産業戦略や海外の研究開発動向に基づいて、適切に設定されていたもの考える。アウトカム達成までの道筋に関しても事業開始時における市場(機体 OEM)の動向、競合他社の動向、社会・経済の状況、規制動向などを考慮した上で適切に計画されているものと判断する。特に、東北大学で構築した設計プラットフォームはプロジェクト協調領域の背骨となる重要かつ有意義な成果であると考えられる。成果の情報発信についてもタイムリーに実施されている。
- 各研究開発項目ともに、事業開始時に設定した最終目標を達成したものと判断する。アウトプット指標や目標値の見直しについては資料に記載がなかったため、判断が難しい。本事業の終了にあたって、各研究開発項目における技術課題が明確化され、今後の事業化に向けて解決すべき技術課題が具体化したことは大きな成果だと考える。
- 今後の航空機需要動向を見据えた、適切な目標値の設定がなされた。
- 全ての項目において目標が達成された。とくに研究開発項目3において、我が国の強みである熱硬化 CFRP の生産技術を活かしつつ、熱可塑 CFRP 技術を併用した量産化製造技術(マルチマテリアル)という独自のアイデアを、短期間に基礎技術からデモンストラータによる技術検証まで完成させたことは高く評価できる。論文発表や特許の獲得において必要な成果が挙げられており、欧米の OEM に採用されるための海外への情報展開に注力されている点も特筆すべき点である。
- コロナ禍や航空機事故など、航空機生産が一時的に低迷する事態はあったものの、長期的には航空機生産は増加しており、外部環境の変化はないと考えられる。したがって、当初設定したアウトカム指標・目標値は現在でも妥当であり、見直しの必要はないものと判断される。当初の研究開発目標は概ね達成されており、アウトカム目標達成の可能性は高いと判断される。
- 外部環境の変化は、アウトプット指標や目標値の見直しを必要とするものではなかったと判断される。これらは現在でも妥当であり、その達成が望まれる。
- 技術開発自体は、順当に推移しており、最終目標も概ね達成している。
- 国際学会での発表や供試体の展示なども積極的に実施しており、将来協業するパートナーの枠の拡大を助けるものと考えられる。
- 特許も必要十分に出願されている。
- 本プロジェクトでは、日本の複合材産業の国際競争力強化という将来像の実現に向けて熱可塑性 CFRP を中心とした高レート成形技術・デジタル設計支援の開発が進められ、これらは欧米の次世代航空機に関わる開発方針とも整合しており、方向性は妥当である。

- ・ ユーザーレビューを取り入れながら開発が進められており、社会実装という最終目標を目指して具体的・計画的に実施されている。
- ・ 各研究テーマにおいて、成形時間短縮・コスト低減・設計支援ツールの精度など、定められたアウトプット目標を達成しており、技術的完成度は高い。
- ・ 本事業の最終アウトカムである CO<sub>2</sub>排出量 900 万トン削減に向けた道筋が明確に示され、設計・成形・接合を一体化した技術体系の確立により、その実現可能性を裏付けている。特に、航空機用途における熱可塑性 CFRP の高レート成形技術は、生産性と環境性能を両立する成果として高く評価できる。
- ・ 設計・成形・接合の各要素で設定された技術目標はおおむね達成され、熱可塑性 CFRP の高レート成形技術や接合技術など、実用化に直結する成果が得られている。複数企業が明確に役割を分担し、共通材料を用いて連携した開発を進めたことにより、各成果の整合性・再現性が高く、産業的応用に耐えうる技術レベルに到達している。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- ・ アウトカム目標として、CO<sub>2</sub>削減効果を明示することは、世界的な要請から極めて重要であり、数値的な予測が困難な見積もりでも、数字を明確に提示したことには一定の評価がなされて良い。一方、実用化の定義に明記されている基準の確立を進めることで、どの程度日本の産業振興に寄与するのか、民間のコンサルタント会社の協力を得て金額ベースの数値を示すことも重要であり、今後の検討課題としてほしい。
- ・ 生産時間に関わるレートは重要な指標であり、将来の航空機関連部品受注のためにも、確保しなければならないアウトプットであることは間違いない。一方、高レートでできた製品の品質保証も重要であることから、品質保証に関わるアウトプット目標値も併せて明示されることを今後期待したい。
- ・ 成形の高速化は現在更なる高速化が求められつつある状況である。当初の計画で開発した成果が、事業終了時における高速化要求に対して適用できる技術なのか、今後の開発への伸びしろがあるものなのか、見極めていく必要がある。
- ・ 先行する欧州技術に対しての優位性や各社のレベル感（競争力）について今後も注視していく必要がある。
- ・ 事務的な指摘となるが、アウトカム目標の基準となるベースモデル（B737、アルミニウム機体）を明記することが必要かと思われた。また、アウトカム目標（最大離陸重量の5%軽量化）の達成に関して、各研究項目別の達成内容を補足資料として提示していただくとプロジェクトの成果がより理解できるように感じられた。（東北大は除く）事業中に、外部環境の変化や見込まれる社会的影響等を踏まえたアウトカム指標・目標値の確認や見直し検討を実施した経緯が資料では報告されていない。評価規準に対応した説明資料としてもらいたい。
- ・ 本事業で確立した技術の技術的やコスト面、生産性などの面について同業他社の技術との客観的な比較をした一覧表等が資料として用意されていると良いと思う。また、比較表にもとづいて、各社において強みを伸ばし、弱みを解決するための今後の技術開発計

画について、資料で紹介していただけるとより理解が進んだように思う。オープン・クローズの観点から容易でないことは理解しつつも製造技術の同業他社への流出を防ぐために戦略的な知財戦略について工夫されることを期待する。

- ・ 今後更に欧米への情報の展開を強化していくことを望む。
- ・ 米国の航空機メーカーが熱可塑 CFRP の適用をどのように考えているかが極めて重要であるので、今後とも情報交換を密に実施して頂きたい。
- ・ 今回開発した熱可塑 CFRP の成形技術を、ノウハウの段階から広範に適用可能な知識の段階まで、高める努力を継続して頂きたい。
- ・ プロジェクト全体のアウトカム目標が CO<sub>2</sub> 排出削減効果に集約されているが、経済的効果、ならびに航空機製造業における日本のポジションの向上に向けた戦略のまとめも取り入れることはできないか。
- ・ 開発技術が航空機製造業における競争力強化にどの程度寄与するのかという議論ができるよう、「生産性〇倍」「コスト〇%削減」といった成果を、どの程度 OEM 採用や国際標準獲得につなげるのかという観点での目標を明示することも検討していただきたい
- ・ 今後は、得られた成果を量産環境下での検証（製造コスト・ライン設計・品質安定性）に展開し、アウトプットを着実に実機採用に結びつけていただくことを期待している。
- ・ 設定されたアウトカム指標は妥当であるが、今後は定量的な効果検証の仕組み（LCA や CO<sub>2</sub> 削減効果の算出など）を強化し、得られた成果を実証データとして裏付けることで、社会的効果の確実な達成を示すことが望ましい。また、後継プロジェクトとの連携のもとで、実機レベルでの評価に発展させることが期待される。
- ・ 現在の成果は特定形状や材料（TC1225）を対象としたものであり、今後は異なる材料体系や形状への適用拡大を通じて、より汎用的な技術指針として発展させることが望まれる。また、成形プロセスのデジタル化やシミュレーション技術との連携を一層進め、最適設計・品質保証を一体化した開発体系の確立を期待する。

### 1. 3 マネジメント

#### <肯定的意見>

- ・ PL による研究実施者間、NEDO と研究実施者間といった連携は、極めて首尾良く機能していたと言える。欧米の産学連携方式に近い部分も取り入れたことで、日本独自のプロジェクトマネジメントが提案できたことになったと言える。後継プロジェクトのみならず、他のプロジェクトに対しても水平展開されることを期待したい。
- ・ 特段問題点はなく、研究実施者間での連携は極めて良好に行われた。また、新型コロナウイルス感染、半導体不足等の不測の事態にも適切に対処していた。
- ・ 大学と企業の連携で、出口を想定したツール開発、成形技術開発、及びそれらの実証を行っている体制であり、申し分ない。
- ・ ツール開発、成形技術開発が連動した計画であり、申し分ない。得られたツールやデータベースは、今後の熱可塑構造開発にとって非常に有意義である。
- ・ 各機関、各社の技術力を十分に発揮し、実用化・事業化に向けた活動を真摯に、また適

切に進めていたものとする。また、東北大学と各社、ジャムコと川崎重工など、関連する事業者間での連携が進められたことは円滑な事業推進の上で効果的だったと考える。各社が、機体 OEM とネットワークを構築して継続的に連絡・調整を進めながら事業を進めていたことも高く評価できる。プロジェクト全体としても、PL と NEDO、PL/NEDO と各事業者間のコミュニケーションが良好にとられており、事業の成功に大きく貢献されたものとする。

- ・ プロジェクト全体および各研究開発項目ともに、アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されていると思われた。COVID-19 パンデミックの影響があったにもかかわらず、全体としてスケジュールは適切に計画・進捗していたものと判断する。
- ・ 今後の航空機需要動向を見据えた、適切な目標値の設定がなされた。
- ・ 全ての項目において目標が達成された。とくに研究開発項目 3 において、我が国の強みである熱硬化 CFRP の生産技術を活かしつつ、熱可塑 CFRP 技術を併用した量産化製造技術（マルチマテリアル）という独自のアイデアを、短期間に基礎技術からデモンストレータによる技術検証まで完成させたことは高く評価できる。論文発表や特許の獲得において必要な成果が挙げられており、欧米の OEM に採用されるための海外への情報展開に注力されている点も特筆すべき点である。
- ・ 実施体制・指揮命令系統は適切であり、概ね妥当に機能したと考えられる。特段の問題点は見当たらない。
- ・ 採択プロセスは、概ね適切に実施されたものと考えられる。
- ・ 研究開発計画は妥当であり、アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発はほぼ網羅されていたと考えられる。
- ・ 推進会議等を定期的に開催すると共に、実施グループ間で情報交換を頻繁に実施しており、進捗状況を常に関係者が把握していたものと思われる。
- ・ 産学官が連携し、大学による基盤理論・解析技術の提供と、企業による製造・実証を組み合わせた体制は、役割に応じた専門性の発揮、人材交流・人材育成の観点で、国プロとして理想的なものであったと思う。OEM や Tier1 企業の関与も見られ、研究段階からユーザー視点を取り込まれたことは本プロジェクトの大きな強みと考えている。
- ・ 参加企業間で情報交換が行われ、縦割りにならないオープンな体制が形成された点も非常に有意義であった。
- ・ 成果の情報発信を積極的に進めていただいた。国際的な場での発表や受賞などもあり、開発を担当されていらっしゃる方の経験やモチベーションにも効果があったと思う。
- ・ 産学官の連携体制が非常に良好で、大学・企業・研究機関が明確に役割を分担しながら、設計・成形・接合を有機的に結びつけた一体的な開発を実現している。特に、材料メーカーを含む体制構築により、材料設計から成形・接合・評価までを一貫して検討できる点は大きな強みである。各機関の責任体制も明確で、全体の推進力と統合力が高く、オールジャパン体制として完成度が高い。
- ・ 研究開発の計画は段階的かつ体系的に構築され、設計・成形・接合の各テーマが連携して進捗管理されていた。要素技術間のつながりが明確で、進捗遅れへの対応も的確であ

り、PDCA サイクルが機能していたと評価できる。中間評価時に指摘された横連携や情報発信についても、TiAD コンソーシアムの設立や発表件数の増加など、改善が十分に図られた。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 中小企業が提案、あるいは連携協力できるような公募にするにはどのような改善が必要か、NEDO 内でレビューをしてほしい。今後の我が国の航空機部品製造産業を振興するには、極めて高い技術力を持つ日本の中小企業の協力が不可欠であることから、公的な支援が行き渡る仕組みが必要である。そのことが、中小企業の持続性を担保することにもつながる。
- ・ 研究実施者を選定する過程においては、引き続き母数拡大のための施策が望まれる。予算規模の柔軟化、期間中の研究協力者採用によるチーム作りの支援等、中小企業が参入できる工夫が望まれる。
- ・ 大学で開発したツールについては、一部の企業の利用にとどまっており、今後、コンソーシアムを通じて、利用拡大を推進していただきたい。
- ・ 成果の中での大学／企業連携について、設計ツールに関する成果は大きいものの、成形についての大学／企業連携は今後の課題である。
- ・ いくつかの研究項目において、基盤技術の底上げや支援を目的として、大学や公的研究機関との連携も進められるとより良い成果が得られた可能性があるように感じる。大学・研究機関との連携については、NEDO によるコーディネートも効果的かと思われる。
- ・ 事業としては各研究開発項目ともにアウトプット目標を達成しており、特段の指摘事項は無い。
- ・ 今後更に欧米への情報の展開を強化していくことを望む。
- ・ 熱可塑 CFRP の成形を担当した企業の中で、人手が十分には足りていなかったと思われるものが存在する。プロジェクト実施に先立ち、業務を実施する人員の十分な確保をお願いしたい。
- ・ ボルトレス構造を前提としてプロジェクトを実施したが、実航空機構造では溶着とボルトの併用接合になる可能性が高く、この点が研究項目として欠落している。後継プロジェクトではこの観点で研究項目の見直しを実施すべきである。
- ・ 社会実装に向けて、あるいは適用先の拡大に向けて、引き続き OEM や国際標準化機関との連携スキームを整え、発展させていきたい。
- ・ 優れた体制が確立されているが、今後は成果の横展開や外部連携の拡大を意識した開放的な運営が望まれる。また、成形や評価データなどを共有・再利用可能な形で整理し、後続プロジェクトや産業界に還元する仕組みづくりを進めることが期待される。
- ・ 一部の成果が特定条件下の検証にとどまっているため、今後は設計・成形・評価の連携データをより体系化し、デジタル技術を活用した最適化や再現性向上を推進することが望ましい。また、後継プロジェクトとの連続性を意識し、標準化や実証評価への展開計画を早期に整理することが期待される。

## 2. 評点結果

評価項目・評価基準	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) アウトカム達成までの道筋	B	A	B	A	A	B	A	2.6
(2) 知的財産・標準化戦略	A	A	B	A	A	A	A	2.9
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	B	A	A	B	A	2.7
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	A	A	A	A	2.9
3. マネジメント								
(1) 実施体制	A	A	A	A	A	A	A	3.0
(2) 研究開発計画	A	A	A	A	A	A	A	3.0

### 《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。  
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。  
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。  
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

## 第2章 評価対象事業に係る資料

## 1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「次世代複合材創製・成形技術開発①、②及び③」  
(終了時評価)

事業原簿 【公開】

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
-----	-------------------------------------

## —目次—

### 内容

概 要	2
プロジェクト用語集	8

### (添付資料)

・プロジェクト開始時関連資料(事前評価結果、パブリックコメント募集の結果)	17
・特許論文等リスト	18

### 研究開発項目ごとの成果

別添 1 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」 国立大学法人東北大学	40
別添 2 研究開発項目②(1):「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」 新明和工業株式会社	48
別添 3 研究開発項目②(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」 株式会社ジャムコ	52
別添 4 研究開発項目②(3):「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」 川崎重工業株式会社	59
別添 5 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」 東レ株式会社	64

## 概要

		最終更新日	令和7年9月26日	
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名 「次世代複合材創製・成形技術開発①、②及び③」 METI 予算要求名称 次世代複合材創製技術開発事業	プロジェクト番号	P20010	
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	航空・宇宙部 PM 小野塚 偉師 (2024年7月～2025年3月) 航空・宇宙部 PM 松井 克憲 (2021年9月～2024年6月) 航空・宇宙部 PM 長島 敏夫 (2020年7月～2021年8月) 航空・宇宙部 PM 大中道 俊亮 (2020年4月～2020年6月) 航空・宇宙部 主査 高津 亮太 (2024年7月～2025年9月現在) 航空・宇宙部 専門調査員 谷田 恒平 (2025年7月～2025年9月現在) 航空・宇宙部 専門調査員 桑原 智彦 (2020年7月～2025年9月現在) METI 担当原課：航空機武器産業課			
0. 事業の概要	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、複合材料を始めとした我が国が強みを持つ材料分野における技術革新を促進し、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。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。産学官の密接な連携の下での我が国基盤の構築及び関連産業の成長を実現する。			
1. 事業のアウトカム(社会実装)達成までの道筋				
1.1 本事業の位置 付け・意義	<p>【事業の必要性】</p> <p>世界の民間航空機市場はコロナの影響によりデリバリー見通しが下方修正されたものの、コロナ終息後の旅客需要の回復予測(年率約 3.5%増)や、CO2 削減に貢献する効率の高い機体への代替需要が見込まれることから、2023 年末における運航機数約 2.5 万機は 2043 年末には約 4.1 万機(年率約 2.4%増)になる見通しである。退役機を差し引くと、20 年間で 35,000 機超の新造機需要が見込まれている。その大部分を占める新型単通路機への適用を目指す国際的な構造材の技術開発競争は激しさを増しており、我が国においても技術開発を推進し国際競争力を維持・拡大していく必要がある。航空機は、幅広い分野の技術を組み合わせた複雑なシステムを有しており、その部品点数は自動車の約 3 万点に対して 100 倍に及ぶ約 300 万点もの部品から成り立っており、産業構造の裾野が広い。</p> <p>燃費改善、環境適合性等の市場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、軽量化のため構造部材に CFRP などの複合材が積極的に導入されており、先進的な素材開発及びこれを構造材として効率的に生産するための成形組立技術開発等が急務となっている。我が国の強みを活かしつつ、民間航空機に求められる安全性、環境適合性、経済性という課題において、他国より優位な技術を獲得し航空機産業の国際競争力を維持・拡大していくことは、極めて重要である。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。</p> <p>【本事業のねらい】</p> <p>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。</p> <p>今後の航空機需要の 70%を占めると予想されている単通路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。</p> <p>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。</p>			

	<p>【政策的位置づけ】</p> <p>本事業は、総合科学技術・イノベーション会議により策定されている「科学技術イノベーション総合戦略」、「エネルギー・環境イノベーション戦略」や経産省主催の産業構造審議会で策定されている「航空機産業戦略」等に則り、構造材料の飛躍的な軽量化等によって輸送機器のエネルギー利用効率の向上を目指すために実施するものである。</p> <p>【NEDOが関与する意義】</p> <p>NEDOは、第5期中長期計画においては「高度な研究開発マネジメントを通じたイノベーション創出、イノベーションの担い手として期待される研究開発型スタートアップの成長支援、研究開発マネジメントに貢献する技術インテリジェンスの強化・蓄積等に取り組む」ことを掲げている。</p> <p>本プロジェクトの狙いは、産業構造の裾野が広い航空機産業の国際競争力を維持・拡大し、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付加価値化を進めることで日本の主要産業の競争力を強化し、新たな産業創成を目指すものであることから、NEDOのミッションと合致する。さらに、素材開発から材料、部材と航空機に採用されるまでには長い研究開発期間を要すためリスクが大きく、また単独企業での開発ではなく産学官の密接な連携の下で激化する厳しい国際的な産業競争に勝つ必要があることから、NEDOプロジェクトとしての実施が妥当である。</p>
1.2 アウトカム達成の道筋	<p>本事業における研究開発の進捗管理をきめ細かく指導およびマネジメントすることで、研究開発を最大限推進しアウトカム目標を達成することにより、アウトカム目標を達成する。</p> <p>事業完了年度の翌年度以降5年間、企業化状況報告書でモニタリングを継続する。また、後継プロジェクトとして「航空機向け革新複合材共通基盤技術開発事業」を設定し引き続き支援することにより、熱可塑性CFRPの量産化技術をより高め、アウトカム達成をより確かなものとする。</p> <p>最終的には2030年代に投入予定の新型単通路機に国産熱可塑性CFRP部材が適用されることによりアウトカムが達成される。</p>
1.3 知的財産・標準化戦略	<p>NEDOの事業運営において、助成事業の実施により得られた知的財産権等の研究成果は助成先に帰属することから、事業者の事業戦略を優先する方針とする。</p> <p>特に、近年の材料開発においては成果を特許化せず秘匿することにより、結果として成果の利益を最大化させる戦略が主流となっていることにも留意する。この場合、事業者がこの戦略を取ることで自体が秘匿されることからこれを含めた方針とする。</p>
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	<p>■アウトカム目標</p> <p>本事業で開発した成果であるCFRP(研究開発項目①②③)及びCMC(④⑤⑥)が、新型単通路機に搭載、運航される2040年代において、CO2排出量を1500万トン/年削減する。</p> <p>■達成見込み</p> <p>上記1.2アウトカム達成の道筋に記載の通り進捗が進む見込みである。但し、機体OEMの次世代航空機の投入時期や開発された熱可塑性CFRPが認定され、新型単通路機にどの程度搭載されるかによりCO2排出量の削減量に増減がある見込みである。</p>
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<p>■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」</p> <p>【事業者】東北大学</p> <p>【アウトプット目標】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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。</li> <li>2. 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。</li> <li>3. 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。</li> </ol> <p>【達成状況】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 次期単通路機を想定したACS001モデルに対し、全機構造設計ツールを開発し、熱硬化性・熱可塑性CFRPを併用した構造最適化を可能とした。開発されたTiAD-DXツールはSUBARU</li> </ol>

や川崎重工で設計時間を半減し、実機提案にも活用されつつある。さらに TC1225 の試験データベースと XFEM 解析コードを構築し、バーチャルテスト技術を開発した。

■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」

【事業者】新明和工業(1)

【アウトプット目標】研究開発項目②(1)

1. 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。

【達成状況】研究開発項目②(1)

1. 2,800mm×550mm の実大サイズの波板サンドイッチパネルの強度解析を実施し、機体 OEM の要求を満足するフロアパネルの設計を完了させた。
2. 実大サイズの供試体を、製造プロセスの自動化を図りつつ、成形接合プロセスを 10 分という高速で実施し、品質評価・強度試験を実施することで、次世代軽量フロアパネルの要求を満足することを実証した。

【事業者】ジャムコ(2)

【アウトプット目標】研究開発項目②(2)

1. ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発における量産を想定した長尺用熱可塑性連続成形装置の開発及び生産実証
2. ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発における大型化、複雑化した長尺部材の品質安定
3. フレームなどのカーブ部材の成形技術開発における長尺部材二次成形の高レート化検討
4. フレームなどのカーブ部材の成形技術開発における量産時の生産性を評価する為の生産ライン構築及び成形加工技術の目途付け
5. フレームなどのカーブ部材の成形技術開発における自動積層技術の目途付け及び選定(高レート化に対応)

【達成状況】研究開発項目②(2)

1. 量産工場に設置場所を確保し、設置完了及び成形試験実施済
2. Ω型ストリンガー(5m)の生産性及び品質の安定性を確認済
3. Co-consolidation 製法による成形サイクル短縮の見込みを得た
4. 試作機により、成形加工技術を確認
5. フレーム形状の高レート生産に適した自動積層技術の選定及びコンセプトを確立した

【事業者】川崎重工業(3)

【アウトプット目標】研究開発項目②(3)

1. 【超高速度自動積層技術、装置の開発】  
月産 60 機相当の高レート製造に対応できる自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度：最大 40m/min 以上、2 台以上のロボットによる積層)
2. 【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】  
周方向長さ 1,000mm 以上、長さ 1,500mm 以上のスキン成形技術目途付け  
月産 60 機相当の高レート生産に対応した一体連続成形技術および湾曲部材成形技術開発強度目標の達成  
スキン同士の周方向接合技術の目途付け

【達成状況】研究開発項目②(3)

1. 構築した積層試験機により、目標である熱硬化性 CFRP と同等以上の自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度：最大 40m/min 以上、2 台以上のロボットによる積層)の達成を確認した。

	<p>2. 周方向長さ 1,000mm 以上、長さ 1,500mm 以上のスキン成形技術を習得した。 月産 60 機相当の高レート生産に対応した一体連続成形技術および湾曲部材成形技術を開発した。 強度目標を達成することで安定的な成形技術の目途を得た。 スキン同士の周方向接合技術の目途を得た。</p> <p>■ 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」</p> <p>【事業者】東レ</p> <p>【アウトプット目標】</p> <p>1. 航空機の構造用材料として十分な実績を有する熱硬化性 CFRP の部品を、熱溶着により接合する技術を新たな要素技術として確立し、穿孔・ファスナー締結による熱硬化性 CFRP 部品の組立工程を限りなく削減し、アルミ合金機体と同等以上の高レート生産を実現可能にする。</p> <p>【達成状況】</p> <p>1. 航空機構造を模擬したデモンストレーター製作の工程時間として、CFRP 航空機の現行組立工程と開発技術による組立の比較を行った結果、熱溶着接合と高速非破壊検査技術によって、現行対比 約 70%の工程時間短縮を実現。将来的に穿孔・ファスナー締結が削減された場合、現行対比約 90%の短縮が期待される。</p>
--	--

3. マネジメント

3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 航空機武器産業課
	プロジェクトリーダー	国立大学法人東北大学 大学院航空宇宙工学専攻 教授 岡部 朋永
	プロジェクトマネージャー	航空・宇宙部 主査 小野塚 偉師（2025年3月まで。現在、井上 能宏ユニット長が代行）
	助成先及びその委託先、共同研究先	<p>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」 委託先：国立大学法人東北大学 再委託先：川崎重工業株式会社 東レ株式会社 株式会社 SUBARU 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 学校法人上智学院 国立大学法人電気通信大学 国立大学法人九州大学 共同実施先：三菱重工業株式会社 株式会社 IHI</p> <p>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」 助成先：②(1)新明和工業株式会社 助成先：②(2)株式会社ジャムコ 助成先：②(3)川崎重工業株式会社 委託先：津田駒工業株式会社</p> <p>研究開発項目③</p>

		「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」 助成先：東レ株式会社 共同研究先：国立大学法人東北大学 学校法人金沢工業大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人九州大学 大学院 工学研究院					
3.2 受益者負担の考え方  事業費推移 (会計・勘定別にNEDOが負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	主な実施事項	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	備考
	研究開発項目①	→					
	研究開発項目②(1)	→					
	研究開発項目②(2)	→					
	研究開発項目②(3)	→					
	研究開発項目③	→					
	会計・勘定	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	総額
	特別会計(需給)	472	645	731	707	710	3,265
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0
総 NEDO 負担額	472	645	731	707	710	3,265	
3.3 研究開発計画							
情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 事業開始時に想定しなかった社会情勢への対応 2021年度頃の国際的な半導体不足により設備や機材の納期遅延問題が発生したが、予算配分の見直しなど計画変更を適宜実施し、最終目標に影響しないように対応した。</li> </ul>						
中間評価結果への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 事業者間の横連携の改善 ①の事業者である東北大学は、2024年10月1日にTiADコンソーシアムを立ち上げ、研究成果であるシミュレーションツールを普及させることで、事業者間の相互理解が進むような環境を整えた。</li> <li>■ 成果の情報発信の改善 事業者に対して積極的な成果の発信を促し、研究発表100件、新聞・雑誌等の掲載23件、展示会への出展13件などを行った。</li> <li>■ 知財戦略の改善 知財合意書に基づいて、弁理士が同席する知財委員会で内容を審議し、特許出願13件(うち外国出願5件)を行った。</li> </ul>						
評価に関する事項	事前評価	2019年7月実施		担当部 航空・宇宙部			
	中間評価	2022年6月実施		担当部 航空・宇宙部			
	終了時評価	2025年10月実施		担当部 航空・宇宙部			
別添							
投稿論文	17件						
特許	13件						
その他の外部発表(プレス発表等)	学会発表・講演； 100件、新聞・雑誌等への掲載； 23件、その他(展示会等)； 13件						
基本計画に関する	作成時期	2020年2月制定					

事項	変更履歴	<p>2021年 2月改訂(プロジェクトマネージャーの変更、研究開発内容の拡充に伴う改訂)</p> <p>2021年 9月改訂(プロジェクトマネージャーの変更、研究開発項目⑥に関する実施期間変更に伴う改訂)</p> <p>2024年 2月改訂(軽微な修正による改訂)</p> <p>2024年 9月改訂(部署名、プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂)</p>
----	------	---

## プロジェクト用語集

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」東北大学

用語（日本語）・略号	English	用語・略号の説明
CAI	Compression after impact	面外衝撃を付与した試験片の圧縮特性
CAE	Computer-aided engineering	コンピュータによって支援された製品の設計・製造等に関する技術
CFRTP	Carbon fiber reinforced thermoplastics	熱可塑性樹脂を炭素繊維で強化した複合材料
DCB 試験	Double cantilever beam test	両片持ちはり試験
ENF 試験	End notched flexure test	端面切り欠き曲げ試験
Hot/wet 環境	Hot/wet environment	飽水試験片を高温環境に晒した状態
LES (Large-eddy simulation)	LES (Large-eddy simulation)	流体の支配方程式であるナビエ・ストークス方程式を準第一原理的に直接解析する手法であり、複雑な流体現象を高忠実にシミュレーションできる。一方で、支配的な乱流を直接格子で解像する必要があるため、特に高レイノルズ数の乱流境界層解析では、解析に膨大な格子点数が必要となる課題がある。
OHC	Open-hole compression	円孔を有する試験片の圧縮特性
OHT	Open-hole tension	円孔を有する試験片の引張特性
POD	Proper Orthogonal Decomposition	大規模データを固有分解し、固有モードを抽出することで、大規模データから主成分を取り出す手法。固有直交分解・主成分分析と呼ばれる。
QSI	Quasi-static indentation	準静的押込み特性
SOM	Self-organized map	教師なしのニューラルネットワークアルゴリズムで、高次元データを2次元平面上へ非線形写像するデータ解析方法
TiAD-DX ツール	TiAD-DX tool	理想機体構統合設計（Toward Ideal Aircraft Design : TiAD）システムを構成するソフトウェアツール群
WMLES	Wall-modeled LES	LESのうち、壁付近の乱流渦を解像せず、何らかの壁モデルを仮定して解析する手法。
XFEM	Extended finite element model	メッシュフリー法の一つ。有限要素法の変位関数に、き裂などの不連続部を表す新たな変位関数を追加することで亀裂などを表現できる。
一方向連成解析	One-way coupled analysis	空力荷重を構造変形解析に反映させた解析。構造変形は空力解析に取り入れられない。
静空弾解析	Static Aeroelasticity	空力荷重と構造変形が釣り合った状態の解析
ストリンガー	Stringer	縦通材とも呼ばれ、桁と平行に外板の裏面を支える主翼構造の一部

遷音速ディップ	Transonic dip	遷音速域の飛行において、翼がフラッタを生じる速度が急激に低下する現象
遷音速バフエット現象	Transonic buffet phenomenon	航空機高速飛行時の遷音速条件において、翼面上に発達する乱流境界層と衝撃波が干渉し、衝撃波が翼面上を振動する現象である。航空機の高速側の飛行限界を決定する要因となる。
層流化技術	Laminarization technology	乱流への遷移を抑え、層流状態を維持するための形状工夫等の技術
双方向連成解析	Two-way coupled analysis	空力解析と構造解析を相互的に行い、両者が釣り合った状態を解析すること
熱可塑性 CFRP	Carbon fiber reinforced thermoplastics	熱可塑性樹脂を炭素繊維で強化した複合材料
非定常空力解析	Unsteady flow analysis	本プロジェクトにおいては、乱流を解析する際に時間等の平均場を仮定せず、乱流渦の非定常性をある程度直接的に数値解析すること
フラッター	Flutter	流体力と構造力が相互に作用することで構造変形が動的に生じる現象
壁面モデル LES	Wall modeled LES	レイノルズ数の増加に伴って急激に微細になる乱流境界層壁近傍 10%以下の乱流のみを適切にモデル化し、その他の 90%以上の領域の乱流を LES として解析する手法である。これにより、LES が持つ複雑な流体現象を高忠実にシミュレーションできる特性を維持しつつ、LES が可能なレイノルズ数を 10 の 7 乗オーダーにおよぶ実機飛行レイノルズ数まで飛躍的に上げることが可能となる。
翼ボックス構造	Wing-box structure	前後桁・リブ・上下面パネルで構成された主翼構造

研究開発項目②(1)「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」新明和工業

用語（日本語）・略号	English	用語・略号の説明
CFRP		Carbon Fiber Reinforced Plastic（炭素繊維強化プラスチック）の略。樹脂を母材とし、炭素繊維を強化材として組み合わせた複合材料のことを示す。
FEM		Finite Element Method の略。複雑な形状・性質を持つ物体を格子状に分割し、各小領域で微分方程式の近似解を数値的に得る方法。
OEM		Original Equipment Manufacturer の略。航空機産業においては、完成機的设计から認証、サプライチェーン統括、最終組立、納入、アフターサービスまでを一貫して担う機体メーカーを、機体 OEM と呼ぶ。
TRL		Technical Readiness Level（技術成熟度レベル）の略。航空宇宙業界のステークホルダ間の円滑なコミュニケーション促進に多く用いられ、体系的な分析に基づいて、新技術の開発レベルを評価するために使用する基準のことを示す。
一次構造		主翼のスパーや胴体のフレーム/スキンや尾翼構造部材などの、破損すると飛行安全に直結する部位。設計・製造・検査が非常に厳格。

オートクレーブ成形		オートクレーブ（圧力容器）を用いて、材料を加熱・加圧・真空引きをしながら硬化させる成形法。高品質な成形品を得られることから、航空機複合材部品の製造に多く用いられる。
カートローラー試験		数枚のフロアパネルを用いて、機内用サービストローラーを模擬した車輪でフロアパネルに負荷をかけ、キャビンのフロアパネルの面外耐久剛性を確認するための試験。
広胴機 (ワイドボディ機)		内部の通路が二つの旅客機のこと。ボーイング 787 やエアバス 350 などが該当する。
細胴機 (ナローボディ機)		内部の通路が一つの旅客機のこと。ボーイング 737 やエアバス 321 などが該当する。
デモンストレーターパネル		フロアパネル部品の一部を模擬し、TRL3（技術コンセプトの実証）達成を目的に試作するパネル部品。
熱可塑性 CFRP		熱可塑性樹脂を用いた CFRP。熱可塑性樹脂とは、加熱すると溶融し、冷却すると固化し、その後加熱すると再度溶融する性質（可塑性）を持つ樹脂を示す。
熱硬化性 CFRP		熱硬化性樹脂を用いた CFRP。熱硬化性樹脂とは、加熱により化学反応を起こして硬化し、その後加熱しても元に戻らなくなる性質を持つ樹脂を示す。
ハイヒール荷重		フロアパネルの強度要求項目の一つ。上面外板の約Φ10mm の局所的なエリアに圧縮荷重を静的に負荷する。
ハニカムサンドイッチ構造		ハニカムコアを芯材として表面板で挟み込んだ構造。航空機複合材部品においては、アラミド繊維強化ハニカムコアと CFRP 表面板をエポキシ接着剤で一体化させ使用されることが多い。
溶着クーボン試験		航空機開発にて多く用いられる手法である Building Block Approach に則り、まずは溶着接合技術の調査検証及びデータ取得を目的に実施した試験。

研究開発項目②(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」ジャムコ

用語（日本語）・略号	English	用語・略号の説明
ADP	ADP molding	Advanced pultrusion の略で、(株)ジャムコで開発した複合材の連続成形製法
CFRP	Carbon fiber reinforced plastic	熱硬化性や熱可塑性の樹脂を基材に炭素繊維で強化したプラスチック
OEM	Original Equipment Manufacturer	エアバスやボーイングなどの機体メーカー、ロールスロイス、GE などのエンジンメーカー
超音波探傷	Ultrasonic inspection	超音波のパルス信号による振動を表面や内部に伝播させることにより、材料内部を検査する非破壊検査
ジョグル	Joggle	成形品に設けた局所的な面外方向変形。短手全体の変形もあれば、一部のみの変形もある

研究開発項目②(3)「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」川崎重工業

用語（日本語）・略号	English	用語・略号の説明
AFP	Automated fiber placement	産業用ロボットなどを用いて自動で繊維を配置する複合材料製造方法

777	Boeing 777	米 Boeing 社が開発した大型広胴双発ジェット旅客機。主要構造は金属製。
787	Boeing 787	米 Boeing 社が開発した中型広胴双発ジェット旅客機。CFRPを主要構造に大規模に適用。
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastic	炭素繊維強化プラスチック
FSJ	Friction Spot Joining	摩擦攪拌現象を利用した点接合法
OEM	Original Equipment Manufacturer	航空業界において、Boeing、Airbus（機体）や、GE、Rolls Royce（エンジン）など、設計・開発・製造の取りまとめを行う企業
OHC 試験	Open Hole Compression Test	孔が開いた部品の圧縮強度データを取得する試験
OHT 試験	Open Hole Tension Test	孔が開いた部品の引張強度データを取得する試験
PEEK	Poly Ether Ether Ketone	ポリエーテルエーテルケトン。結晶性の熱可塑性樹脂
PEKK	Poly Ether Ketone Ketone	ポリエーテルケトンケトン。結晶性の熱可塑性樹脂
TRL	Technology Readiness Level	NASA によって提案されている技術の成熟度を測る指標 本事業では以下の概念となる
圧縮破壊	Compression failure	単品あるいは組立部品に圧縮荷重が作用して壊れること
一次構造	Primary structure	飛行荷重、与圧荷重など、航空機に働く荷重の伝達を主に受け持つ構造部材
一体連続成形	Continuous Co-Consolidation Forming	連続的に加熱・加圧を繰り返すことで部材同士をコンソリデーションする成形法
運用強度	Strength under operating conditions	航空機の運用時に作用する荷重に部品あるいは組立品が耐荷する強さの程度
オートクレーブ	Autoclave	高温高圧で化学反応などを行うための閉容器
オートクレーブ成形	Autoclave Cure	オートクレーブを用いて材料を硬化成形すること
仮想ワーク	Virtual work	仮にあるものと想定した対象物
カタログデータ	Catalog Data	材料メーカーが取得し公表している物性データ
金型	Mold	金属で作られた型
キセノンフラッシュランプ	Xenon Flash Lamp	キセノンガス中での放電による発光を利用したランプ
供試体	Specimen	性能試験のために、作成される試料
局所座屈	Local Buckling	部品全体ではなく、一部分で起きる座屈
クーポン試験	Coupon Test	成形・加工品、接合部分の基本的な特性を調べるために行う、小さな試験片を使った試験

クリアル部	Creel Part	積層装置の材料保管庫
広胴機	Wide Body Aircraft	客室に通路が 2 本ある旅客機
コンソリデーション	Consolidation	結晶性ポリマー材料が固化するまで、高温/高圧を付与して圧密すること。
コンパクション	Compaction	押圧することにより、層間に閉じ込められた空気を除去し、層同士を圧着させること
細胴機	Narrow Body Aircraft	客室に通路が 1 本ある旅客機
三次元計測	3D Measurement	CMM (Coordinate Measuring Machine、三次元測定機) などを用い、立体を 3 次元的に計測すること
自然冷却	Natural Cooling	自然対流や熱伝導による冷却
ジョグル	Joggle	板金部品・複合材部品などにおいて、取り合い部品の板厚変化に対応するなどのために、部品を段差加工したもの、あるいは、その段差そのもの
スーパーエンブラ	Super Engineering Plastics	エンブラ(汎用プラスチックの強度/耐熱性を克服した高機能なプラスチック群)から耐熱性、難燃性を向上したプラスチック
スキン	Skin	胴体構造、主翼桁間構造などにおいて、機体表面を形成する薄板の部品
ストリンガー	Stringer	胴体構造、主翼桁間構造などにおいて、長手方向 (e.g. 胴体の場合前後方向) に走る補強部品
スレーブ	Slave	複数の機器や装置などが連携して動作する際の主(マスター)に従属する側
積層ヘッド	Layup Head	自動積層装置の材料が敷設される先端部分
繊維の歪み	Fiber Distortion	材料繊維の長手方向軸のずれ
繊維配向	Fiber Direction	材料繊維の長手方向軸の配向または整列
ダイレクトコンソリデーション	Direct Consolidation	コンソリデーションに必要な熱及び圧力を付与しながら積層を実施することで、積層と同時にコンソリデーションを実施する成形法
タッキング	Tacking	仮付け
中間基材	Intermediate Substrate	原材料から加工された製品や化合物のもとになる材料
デ・コンソリデーション	De-Consolidation	コンソリデーションした部材が、再加熱により形状保持できなくなる状態。
テーパ比	Taper Ratio	板厚変化などにおける変化の緩急を比率を使って表したものの、板厚変化部の長さに対する板厚変化量の割合、あるいはその比率。
トウ	Tow	プリプレグを繊維方向にテープ状に切断したスリットテーププリプレグ。一般に 1/8 インチ～1/2 インチ幅。
トウガイド	Tow Guide	送り出されるトウ材料の案内部分

トウカット	Tow Cut	トウ材料の切断
胴体荷重	Load on fuselage structure	航空機構造のうち乗客あるいは貨物を収納する胴体構造に作用する力
トウフィード	Tow Feed	トウ材料の送り出し
熱硬化性 CFRP	Carbon Fiber Reinforced thermoplastic Plastic	炭素繊維を強化材とし、熱可塑性樹脂をマトリックスとする複合材料
熱可塑性 CFRP	Carbon Fiber Reinforced thermoset Plastic	炭素繊維を強化材とし、熱硬化性樹脂をマトリックスとする複合材料
ノミナル板厚	Nominal thickness	部品設計時に用いる、公差を持たない基準となる板厚
剥離	Delamination	成形した部材内部の層間で発生する剥離
白化	Surface Crystallinity	成形した部材表面層の加熱不足・圧力不足より生じる白色の樹脂
ファスナ結合	Fastener joint	部品同士を Hi-lok®, ボルト・ナットなどを用いて結合すること。リベット結合のように、かしめない。
複数協調制御	Multiple Cooperative Control	複数の制御対象を協調的に制御すること
プリプレグ	Prepreg	炭素繊維にエポキシ樹脂（熱硬化樹脂）や PEEK 樹脂（熱可塑性樹脂）を含浸させ加熱または乾燥して半硬化状態にした強化プラスチック成型材料。
プレス成形	Press Forming	プレス装置を用いて材料を成形すること
ベース座標	Base Coordinate	ロボットのベース(駆動部/走行部分)中心を原点とする直交座標
ポイド率	Void Content	複合材内空隙の体積分率
ポジショナ	Positioner	ワークを保持しながら回転動作を行う機構で、回転方向の位置決め機能を有する。
マスター	Master	複数の機器や装置などが連携して動作する際の主となる側
未コンソリ	Un-Consolidated	コンソリデーションされていない状態、または不完全な状態。
溶着技術	Welding Technology	コンソリデーションされた部材の界面/表面を加熱し、部材同士を圧密することで一体化する技術
ラップ・ギャップ	Lap・Gap	積層されたトウと隣り合うトウとの重なり(ラップ)・隙間(ギャップ)のこと
リベット結合	Rivet joint	部品同士をリベットを使って結合すること。部品にあいた孔に差し込んだリベットをかしめて変形させることにより、結合する。
リンクル	Wrinkles	設計板厚に対して、面外方向に生じた各層の偏差。面外方向のしわとして観察される。
レーザー	Laser(Light Amplification by	誘導放射により増幅された、指向性と収束性に優れた電磁波

	Stimulated Emission of Radiation)	
レーザートラッカー	Laser tracker	レーザー干渉計による反射鏡までの距離測定と反射鏡への角度測定から三次元位置を算出する装置
連続プレス成形	Continuous Compression Molding	連続的に加熱・加圧を繰り返すことで部材をコンソリデーションする成形法
湾曲部材	Curved Part	長尺部品のうち、長手方向に湾曲しているもの

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」東レ

用語（日本語）・略号	English	用語・略号の説明
Airbus A320	Airbus A320	欧州のエアバス社が製造している単通路の双発ジェット旅客機。アルミ合金製。
Airbus A350	Airbus A350	欧州のエアバス社が製造している複通路の双発ジェット旅客機。CFRP 使用率 53%。
Boeing 737	Boeing 737	米国のボーイング社が製造している単通路の双発ジェット旅客機。アルミ合金製。
Boeing 787	Boeing 787	米国のボーイング社が製造している複通路の双発ジェット旅客機。CFRP 使用率 50%。
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastics	炭素繊維複合材料、炭素繊維強化プラスチックの略。
FEM	Finite Element Method	有限要素法。微分方程式を、近似的に解くための数値解析の方法。
OHC	Open-hole compression	有孔板圧縮。
OHT	Open-hole tension	有孔板引張。
クリップ	Clip	スキンとフレームを接続する部品。別名シアタイ。
コボンド	Co-bond	予め硬化した複合材と複合材の素材（プリプレグ等）を、接着剤を介して硬化すると同時に接合する技術。
シングルラップシア強度	Single Lap Shear strength	単純重ね合せ接着継手の接着面に対して平行なせん断荷重を負荷することにより評価される接合強度。通常、接着剤による接合部の引張せん断強さ（見掛けのせん断強さ）を評価する際に用いられる。
スキン	Skin	外板。
ストリンガー	Stringer	航空機胴体を補強する細長い部品で、「縦通材」とも呼ばれる。
タクト時間	Takt time	製造における、生産工程の均等なタイミングを図るための工程作業時間。
単通路機	Single-aisle Aircraft	旅客機のうち内部の通路が 1 本しかないもの。
超音波溶着	Ultrasonic welding	15～50 キロヘルツ程度の超音波振動を圧力とともに部材に加え生じる摩擦熱で溶着する方法。
熱可塑性 CFRP	Thermoplastic CFRP	炭素繊維を強化材とし、マトリックス樹脂に熱可塑性樹脂を用いた繊維強化プラスチック。CFRTP と呼ばれる。

熱可塑性樹脂	Thermoplastic resin	加熱によって軟化して可塑性を示し、冷却によって固化する性質をもつ合成樹脂の総称。
熱硬化性 CFRP	Thermosetting CFRP	炭素繊維を強化材とし、マトリックス樹脂に熱硬化性樹脂を用いた繊維強化プラスチック。
ファスナー	Fastener	航空機主構造部材間の機械的な結合に用いられるリベットやボルトとナット等の締結部品の総称。
複通路機	Twin-aisle Aircraft	旅客機のうち内部の通路が 2 本あるもの。
プリフォーム	Preform	一般的には、強化繊維を立体的な形状にした CFRP の成形用基材のことだが、ここでは熱溶着可能な熱硬化性 CFRP を製造するために必要な、熱可塑／熱硬化複合プリプレグのことを指す。
プリプレグ	Prepreg	CFRP を製造するための素材。強化繊維を一方向に引き揃え、または織物にし、一定の割合でマトリックス樹脂を含浸させた材料。
フレーム	Frame	補強円框（えんきょう）。
リージョナル ジェット	Regional Jet	旅客がそれ程多くない路線や大空港と地方空港を結ぶ路線に運航されるジェット機。一般に、100 席未満の小型ジェット機を指す。
リードタイム	Lead time	工程に着手してから全ての工程が完成するまでの所要期間。
非破壊検査	Non-Destructive Inspection	部品の健全性を破壊することなく検査する手法。代表的なものには、超音波検査や放射線検査等がある。
UAM	Urban Air Mobility	都市部における低空域での移動手段の総称。いわゆる、空飛ぶクルマ。
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機の総称。

## 添付資料

- プロジェクト開始時関連資料：事前評価結果、パブリックコメント募集の結果
- 特許論文等リスト

## 2019 年度事前評価結果

研究評価委員会において 2019 年度 NEDO 新規案件の事前評価を実施しました。結果は以下の通りです。

当該評価結果は、今後基本計画などに反映してまいります。

2019 年 7 月

案件名	次世代複合材創製・成形技術開発
推進部署	材料・ナノテクノロジー部
総合コメント	複合材料開発は、今後、我が国が保持・展開する技術として適切なものであり、競争力を維持するために必要なプロジェクトと考えられ、国による支援は欠かせない。本プロジェクトは、材料開発を中心としているが、材料としての性能クリアを目指すだけでなくその発現機能を明確にして、成果をアウトカムへと確実に繋げることを期待したい。また、一連の開発プロセスを一体的に進めるためには、シミュレーション技術の取り込みをより重視する必要があると考える。さらに、本技術は国際展開が重要であるため、国際競争力をどのように確保していくかを明確にするとともに、実施者間の相互連携やユーザー企業と協力して技術開発を行う体制の構築を期待したい。

「次世代複合材創製・成形技術開発(案)」に対するパブリックコメント募集の結果について

2020年3月5日

NEDO

材料・ナノテクノロジー部

NEDO POSTにおいて標記基本計画(案)に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。

貴重なご意見をいただき、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間  
2020年1月21日～2020年2月4日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>  
計0件

・特許論文等リスト

表 論文、外部発表等の件数(内訳) 【2025年7月末現在】

区分 年度	論文		その他外部発表				展示会への 出展	受賞	フォーラム 等※
	査読付 き	その他	学会 発表・ 講演	新聞・ 雑誌等 への 掲載	プレス発 表	その他			
2020FY	4		14						
2021FY	3		16	5	1			3	
2022FY	6		20	6	2		2	2	2
2023FY	2		21	2		2	3	1	2
2024FY	2		29	4	1		8	2	3
<b>合計</b>	<b>17</b>		<b>100</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

※実施者が主体的に開催するイベント（フォーラム、シンポジウム等）

表 特許の件数(内訳) 【2025年7月末現在】

区分 年度	特許出願		
	国内	外国	PCT 出願※
2020FY			
2021FY	2		
2022FY	2		1
2023FY	2	4	
2024FY	1	1	
<b>合計</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約

表 特許の内容 【2025年7月末現在】

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	国立大学法人東北大学, 三菱重工業株式会社, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	2022-83772	国内	2022.5.23	登録済み	隆起構造、翼、隆起構造の設計方法及びその設計プログラム	戸上健治他
2	国立大学法人東北大学, 三菱重工業株式会社, 国立研究開	18/200,128(US)	US : 米国	2023.5.22	出願係属中	隆起構造、翼、隆起構造の設計方法及びその設計プログラム	戸上健治他

	発法人宇宙 航空研究開 発機構						
3	新明和工業 株式会社	2024-530300	国内	2023.3.28	出願 係属 中	パネル部材、パネル 部材の製造方法お よびその製造装置	-
4	新明和工業 株式会社	19/003073	U S : 米国	2024.12.27	出願 係属 中	パネル部材の製造 方法およびその製造 装置	-
5	新明和工業 株式会社	23830755.7	E P : 欧州	2023.4.7	出願 係属 中	パネル部材、パネル 部材の製造方法お よびその製造装置	-
6	株式会社ジャ ムコ	PCT/JP2022/029891	PCT	2022.8.4	公開	複合材部品の製造 方法、および、複合 材部品製造装置	栗山俊太郎
7	津田駒工業 株式会社	特願 2022-003781	国内	2022.1.13	出願 係属 中	自動繊維束配置装 置	西村 勲 石田 恭之
8	川崎重工業 株式会社	特願 2021-115704	国内	2021.7.13	出願 係属 中	熱可塑性複合材を 用いたスキンパネル の連続成型方法	奥村 謙士郎 他
9	川崎重工業 株式会社	特願 2023-223439	国内	2023.12.28	出願 係属 中	金型、被成形対象 物の成形装置 及び 被成形対象物の成 形方法	奥村 謙士郎 他
10	川崎重工業 株式会社	US18/592613	U S : 米国	2024.3.1	出願 係属 中	中子及び構造体の 成形方法	奥村 謙士郎 他
11	川崎重工業 株式会社	特願 2024-041550	国内	2024.3.15	出願 係属 中	環状フレームの成形 方法	佐名 俊一 平井 涼
12	川崎重工業 株式会社	US63/571625	U S : 米国	2024.3.29	出願 係属 中	航空機用の窓枠の 製造方法、および、 航空機用の窓枠	佐名 俊一 他
13	川崎重工業 株式会社	特願 2024-226363	国内	2024.12.23	出願 係属 中	加熱幅決定方法お よび繊維束仮 溶着 方法	中田 幸司朗 他

表 論文の内容 【2025年7月末現在】

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	Shugo DATE, Yoshiaki ABE, Takeki YAMAMOTO, Tomonaga OKABE	Tohoku Univ.	Fluid-structural design analysis for composite aircraft wings with various fiber properties	Journal of Fluid Science and Technology Vol.16 No.1	有	2021.1

				JFST 0009		
2	Hiroki Tameike, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	IFS, Tohoku Univ.	Influence of small wavy roughness on flat plate boundary layer natural transition	Journal of Fluid Science and Technology Vol.16 No.1 JFST 0008	有	2021.1
3	Nagashima,T., Wang C.	Sophia Univ.	XFEM analyses using two-dimensional quadrilateral elements enriched with only the Heaviside step function	International Journal of Computational Methods Vol. 19, No.02, 2150093	有	2021.11
4	王 晨宇, 長嶋 利夫	上智大学	準三次元 XFEM を用いた CFRP 積層板の準静的押し込み試験解析	日本機械学会論文集	有	2021.2
5	Y. Ide(*), M. Hirota(**), N. Tokugawa(*)	* JAXA, ** IFS, Tohoku Univ.	Stability assessment on sinusoidal roughness elements for crossflow-transition control”, will be published in Physics of Fluids	Physics of Fluids Vol. 33 034112	有	2021.3
6	Aiko Yakeno	Tohoku Univ., JAXA	Drag reduction and transient growth of a streak in a spanwise wall-oscillatory turbulent channel flow	Physics of Fluids Vol. 33 (6), pp. 065122	有	2021.6
7	Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Propagation of stationary and traveling waves in a leading-edge boundary layer of a swept wing	Physics of Fluids Vol. 33 (9), pp. 094111	有	2021.9
8	Keiichi Shirasu, Junpei Tsuyuki, Ryo Higuchi, Sota Onodera and Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Experimental and numerical study on open-hole tension/compression properties of carbon-fiber-reinforced thermoplastic laminates	Journal of Composite Materials 2211-2225	有	2022.4
9	Shugo Date, Yoshiaki Abe, Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Effects of fiber properties on aerodynamic performance and structural sizing of composite aircraft wings	Aerospace Science and Technology 107565	有	2022.5
10	Wang,C., Nagashima, T.	Sophia Univ.	Compression-After-Impact Test Analysis of CFRP Skin-Stringer Specimen by FEM using a Zig-Zag Type Cohesive Zone Model	Mechanical Engineering Journal 22-00063	有	2022.6

11	Makoto Hirota, Yuki Ide and Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA	Modeling of Crossflow-Induced Boundary Layer Transition	The Proceedings of the 2021 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology 395-408	有	2022.8
12	阿部 圭晃, 山崎 智基, 伊達 周吾, 竹内 稔, 庄司 伊織, 大林 茂, 岡部 朋永	東北大学	複合材航空機主翼の静的空力弾性解析に向けた完全分離解法の提案	日本複合材料学会誌 246-257	有	2022.10
13	Hidemasa Yasuda, Soshi Kawai	Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Tohoku Univ.	Wall-Modeled Large-Eddy Simulation with Second-Order Accurate Upwind Scheme	AIAA Journal 712-725	有	2022.12
14	Chenyu Wang, Toshio Nagashima	Sophia Univ.	Damage propagation analysis of CFRP laminate by quasi-3D XFEM using hexahedral elements	Composite Structures	有	2023.7
15	Yoshiko Nagumo, Miyu Hamanaka, Keiichi Shirasu, Kazuki Ryuzono, Akinori Yoshimura, Hironori Tohmyoh, and Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Fracture mechanism of carbon fiber-reinforced thermoplastic composite laminates under compression after impact	Journal of Composite Materials	有	2024.3
16	Yajun Liu, Shugo Date, Toshio Nagashima, Tomonaga Okabe, Yoshiaki Abe*	Tohoku Univ., Sophia Univ., University of Washington	Effects of aeroelastic coupling accuracy and geometrical nonlinearity on performances of	Aerospace Science and Technology Volume 158, DOI : 109926	有	2025.3

			optimized composite wings			
17	渡辺 惟史 <sup>1</sup> 本間 雅登 <sup>1</sup> 田中 基嗣 <sup>2</sup> 川越 吉晃 <sup>3</sup> 白須 圭一 <sup>3</sup> 岡部 朋永 <sup>3</sup>	<sup>1</sup> 東レ株式会社 <sup>2</sup> 金沢工業大学 <sup>3</sup> 東北大学	Influence of Fiber Orientation on Failure of Welded Single-lap Joint with Welding Technology of Thermoset FRP	Materials System, 41, (2024), 37-45.	有	2024.3.12

表 外部発表の内容 (a)学会発表・講演 【2025年7月末現在】

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	伊達 周吾, 阿部 圭晃, 山本 剛大, 岡部 朋永	東北大学	Effects of fiber and resin properties on composite wing design using multiscale framework	14th World Congress in Computational Mechanics (WCCM) ECCOMAS Congress2020	2020.7
2	安田 英将, 河合 宗司	川崎重工業株式会社, 東北大学	Cflow による高レイノルズ数流れの壁面モデル LES	流体力学講演会/ 航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2020 オンライン	2020.9
3	千葉 一永, 石川 晴基, 大庭 芳則, 大林 茂	電気通信大学, 株式会社 IHI, 東北大学	Integrated analysis of an operating jet engine with an airframe -A first attempt	17th International Conference on Flow Dynamics(ICFD)	2020.10
4	Makoto Hirota, Yuki Ide, Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA, Tohoku Univ.	Modeling of Nonlinear Crossflow Instability in Three-dimensional Boundary Layer	17th International Conference on Flow Dynamics(ICFD)	2020.10
5	Shingo Hamada, Aiko Yakeno, Bagus Nugroho,* Shigeru Obayashi	Tohoku Univ., *Melbourne Univ.	Ultra-fine surface roughness effect on boundary layer transition	17th International Conference on Flow Dynamics(ICFD)	2020.10
6	Shingo Hamada, Aiko Yakeno, ShigeruObayashi, Bagus Nugroho*	Tohoku Univ., *Melbourne Univ.	Small wavy roughness effect on T-S wave and three-dimensional transition by Direct Numerical Simulation	73rd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics	2020.11
7	焼野 藍子	東北大学	壁乱流の秩序構造発生のダイナミクスと予測制御	大阪大学 MMDS モデリング部門ワークショップ	2020.11

				「工学と数学の接点を求めて」	
8	Wang, C., Nagashima, T.	Sophia Univ.	Damage Propagation Analyses of CFRP laminate subjected to out-of-plane load by FEM using Cohesive Zone Model	COMPSAFE (Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems 2020	2020.12
9	廣田 真, 井手 優紀, 服部 裕司	東北大学, JAXA, 東北大学	横流れ不安定性のDNSに基づいた三次元境界層遷移モデルの構築	第34回数値流体力学シンポジウム	2020.12
10	鈴木 佑輔, 有木 健人, 九谷 雄一, 澤田 恵介	東北大学	航空機主翼設計における遷音速フラッタの高効率予測に向けた完全ポテンシャルスキームの開発	第34回数値流体力学シンポジウム	2020.12
11	王 晨宇, 長嶋 利夫	上智大学	Damage Propagation Analyses of CFRP Laminate subjected to out-of-plane load by XFEM	Eccomas Congress 2020 and 14th WCCM	2021.1
12	廣田 真, 井手 優紀, 服部 裕司	東北大学, JAXA, 東北大学	波形粗さ要素による三次元境界層遷移の抑制効果	日本物理学会 第76回年次大会	2021.3
13	伊達 周吾, 阿部 圭晃, 山本 剛大, 岡部 朋永	東北大学	静空弾解析を用いたCFRP製航空機主翼の空力構造設計における炭素繊維物性の影響評価	日本航空宇宙学会北部支部2021年講演会ならびに 第2回再使用型宇宙輸送系シンポジウム	2021.3
14	Yoshiaki Abe, Shugo Date, Keiichi Shirasu, Hikaru Takami, Tomonaga Okabe, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Optimum structure design of aircraft wings using carbon fiber reinforced plastics (CFRPs)	EUROGEN2021	2021.6
15	稲葉 裕太, 伊達 周吾, HARIANSYAH Muhammad Alfiyandy, 阿部 圭晃, 下山 幸治, 岡部 朋永, 大林 茂	東北大学	複合材航空機の主翼設計における構造部材配置の最適化	第53回流体力学講演会/ 第39回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム	2021.7
16	Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Traveling-wave propagation in the swept leading-edge	International Congress of Theoretical and	2021.8

			boundary layer at high Reynolds number	Applied Mechanics (ICTAM)	
17	Hidemasa Yasuda, Soshi Kawai	Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Tohoku Univ.	Wall-Modeled Large-Eddy Simulation with Second-Order Accurate Upwind Scheme	AIAA Aviation 2021	2021.8
18	王 晨宇, 長嶋 利夫	上智大学	結合力モデルを用いた衝撃損傷を有する CFRP 積層板の圧縮試験解析	第 34 回計算力学講演会	2021.9
19	Makoto Hirota, Yuki Ide and Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA	Numerical Study on Local Scale Similarity of Primary and Secondary Crossflow Instability	18th International Conference on Flow Dynamics	2021.10
20	Shingo Hamada, Aiko Yakeno, Sayaka Suzuki, Shigeru Obayashi, Bagus Nugroho	Tohoku Univ.	Transition delay and drag reduction mechanism by designed surface roughness	18th International Conference on Flow Dynamics	2021.10
21	Shigeru Obayashi, Aiko Yakeno, Makoto Hirota, Yuki Ide, Naoko Tokugawa and Hikaru Takami	Tohoku Univ., JAXA	Computational Laminar Flow Technology	APISAT2021 (Plenary Lecture)	2021.11
22	Makoto Hirota, Yuki Ide and Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA	Modeling of Crossflow-Induced Boundary Layer Transition	APISAT2021	2021.11
23	Shigeru Obayashi, Yoshiaki Abe, Keiichi Shirasu, Hikaru Takami, Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Towards Ideal Aircraft-Structure Design with Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics (CFRTPs)	ECCOMAS CM3 Transport Workshop	2021.11
24	露木 惇平, 白須 圭一, 岡部 朋永	東北大学	熱可塑性 CFRP の力学特性評価と損傷・破壊に関する数値解析	日本機械学会第 29 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2021)	2021.11

25	森 悠二, 焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	後退翼前縁部の境界層 における受容性の三次元 直接数値シミュレーション	日本航空宇宙学会北 部支部 2022 年講演 会	2022.3
26	白須 圭一, 露木 惇平, 樋口 諒, 岡部 朋永	東北大学	熱可塑性 CFRP の 有孔 圧縮強度評価と損傷・破 壊に関する数値解析	第 13 回日本複合材 料合同会議(JCCM- 13)	2022.3
27	浜中美友, 露木 惇平, 白須 圭一, 岡部 朋永	東北大学	熱可塑性 CFRP の低速 衝撃損傷特性評価	第 13 回日本複合材 料合同会議(JCCM- 13)	2022.3
28	鈴木 彩日, 焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	風洞実験による分布する 微小粗さの抵抗低減への 影響に関する研究	日本航空宇宙学会北 部支部 2022 年講演 会	2022.3
29	王 晨宇, 長嶋 利夫	上智大学	Zig-zag 型結合力モデル を用いた FEM による CFRP 積層板の衝撃後圧縮試 験解析	第 27 回計算工学講 演会	2022.6
30	長嶋 利夫	上智大学	シェルモデルを用いた XFEM による構造解析手 法の開発	第 27 回計算工学講 演会	2022.6
31	山崎 智基, 伊達 周吾, 阿部 圭晃, 岡部 朋永	東北大学	航空機主翼基本設計の 高効率化に向けた低コス トフラック解析の導入に関 する検討	第 54 回流体力学講 演会/ 第 40 回航空宇宙数 値シミュレーション技術シ ンポジウム	2022.6
32	Shingo Hamada, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Ultra-fine roughness effect on transition delay using direct numerical simulation	12th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP12)	2022.7
33	Wang CHENYU, Toshio NAGASHIMA	Sophia Univ.	Damage Propagation Analyses of CFRP laminates with impact damage under compressive load using Zig-zag CZM	15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM- XV), 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM-VIII)	2022.8
34	Toshio NAGASHIMA	Sophia Univ.	Development of structural analysis code based on FEM for aircraft design simulator using CFRP and CFRTP	15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM- XV), 8th Asian Pacific Congress on	2022.8

				Computational Mechanics (APCOM-VIII)	
35	Kazuhisa CHIBA and Yoshinori Oba	The University of Electro-Communications, IHI Corporation	Integrated analysis of operating engine and airframe for high-fidelity wing load estimation	15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM-XV)	2022.8
36	Yoshiaki Abe, Shugo Date, Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Muti-objective design exploration approach for aircraft wing design with carbon fiber reinforced plastics	15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM-XV), 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM-VIII)	2022.8
37	Aiko Yakeno	Tohoku Univ.	Challenges for delaying transition to reduce airplane drag	US-Japan workshop on bridging fluid mechanics and data science	2022.9
38	Shingo Hamada, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	DNS Study of Drag Reduction Effect on Ultra-Fine Rough Surfaces	American Physics Society, Division of Fluid Dynamics (APSDFD)	2022.11
39	Takayuki Shirosaki, Makoto Hirota, Yuji Hattori	Tohoku Univ.	Efficient evaluation of the surface roughness effect on boundary layer using quasi-statically transforming roughness shape	American Physics Society, Division of Fluid Dynamics (APSDFD)	2022.11
40	Makoto Hirota, Yuki Ide and Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA	Laminarizing effect of nonlinearly saturated crossflow vortices sustained by a sinusoidal roughness	American Physics Society, Division of Fluid Dynamics (APSDFD)	2022.11
41	Makoto Hirota, Yuki Ide and Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA	Laminarization of Three-Dimensional Boundary Layer by Artificially-Sustained Crossflow Vortices	Nineteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2022)	2022.11
42	Aiko Yakeno, Shingo Hamada, Masanari Hattori, Masayoshi	Tohoku Univ.	Transition delay effect of ultra-fine surface roughness by	Nineteenth International Conference on Flow	2022.11

	Mizutani, Yoshiaki Abe, Shigeru Obayashi		aircraft paint or film processing	Dynamics (ICFD2022)	
43	千葉 一永, Mueller Jan, 大庭 芳則	電気通信大学, 株式会社 IHI	航空機翼面圧力分布に対する作動エンジンの空力的影響	第 36 回数値流体力学シンポジウム	2022.12
44	Haruka Kaneda, Shugo Date, Yoshiaki Abe, Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	Buckling tolerance design of aircraft fuselage using carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP)	AIAA Scitech Forum 2023	2023.1
45	千葉 一永, Mueller Jan, 大庭 芳則	電気通信大学, 株式会社 IHI	航空機の作動エンジンとエアフレームの統合解析	2023 年航空宇宙空カシンポジウム	2023.1
46	Mueller, J, Chiba, K., and Oba, Y.	The University of Electro-Communications, IHI Corporation	Influence of engine exhaust on wing underside flow for a passenger aircraft	22nd Computational Fluids Conference	2023.4
47	Yoshiaki Abe, Shugo Date, Tomoki Yamazaki, Keiichi Shirasu, Tomonaga Okabe, and Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Digital aircraft design with carbon fiber reinforced thermoplastics	CM3 Transport 2023 Conference	2023.5
48	長嶋 利夫, 王 晨宇	上智大学	六面体要素を用いた準三次元 XFEM による CFRTP 積層板の QSI 試験解析	第 28 回計算工学講演会	2023.5
49	Mueller, J., Chiba, K., and Oba, Y.	The University of Electro-Communications, IHI Corporation	Influence of the Engine Exhaust on the Wing Pressure Distribution, Computed with an Integrated Simulation of Airframe and Running Engine	The 2023 AIAA AVIATION Forum	2023.6
50	Toshio Nagashima and Chenyu Wang	Sophia Univ.	Damage Propagation Analyses of CFRP laminate with Impact Damage under Compressive Load by	17th U. S. National Congress on Computational Mechanics	2023.7

			Quasi-3D XFEM using Hexahedral Elements		
51	Ryohei CHINO, Yoshiaki KAWAGOE, Shugo DATE, Kazuki RYUZONO, Tomonaga OKABE	Tohoku Univ.	Investigation of weight estimation in conceptual design for composite aircraft development	Aerospace Europe Conference 2023 – 10th EUCASS – 9th CEAS	2023.7
52	Urara Kamon, Shugo Date, Keiichi Shirasu, Yoshiaki Kawagoe, Kazuki Ryuzono, Tomonaga Okabe	Tohoku Univ.	The effect of hot/wet environment on the structural weight of aircraft wing using thermoplastic CFRP	Aerospace Europe Conference 2023 – 10th EUCASS – 9th CEAS	2023.7
53	安田 英将, 上田 賢太郎	川崎重工業株式会社	航空機の高レイノルズ数流れにおける高忠実非定常 CFD 解析手法の検討	第 55 回流体力学講演会/ 第 41 回航空宇宙数値シミュレーションシンポジウム	2023.7
54	庭野翔也, 廣田真, 大林茂	東北大学	超音速三次元境界層流れへの波形粗さ要素の適用による層流化効果の数値的検証	第 55 回流体力学講演会/ 第 41 回航空宇宙数値シミュレーションシンポジウム	2023.7
55	長嶋 利夫	上智大学	シェル要素・連続体シェル要素を用いた XFEM による構造解析手法の開発	第 65 回構造強度に関する講演会	2023.8
56	長嶋 利夫	上智大学	連続体シェル要素を用いた XFEM による応力解析手法の開発	日本機械学会 第 36 回計算力学講演会	2023.10
57	Makoto Hirota, Yuki Ide*, Yuji Hattori	Tohoku Univ., JAXA*	Design Basis of Sinusoidal Roughness Elements for Enhanced Laminarizing Effect on Three-dimensional Boundary Layer	AIAA SciTech Forum 2024	2024.1
58	Yuji Mori; Aiko Yakeno; Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Effects of Surface Roughness and Free-stream Turbulence on Transition in	AIAA SciTech Forum 2024	2024.1

			Swept-Wing Boundary Layer		
59	Sayaka Suzuki, Aiko Yakeno, Naoko Tokugawa*, Makoto Hirota, Hikaru Takami, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ., JAXA*	Experimental validation of suppression effect on crossflow instability by Sinusoidal Roughness Element	AIAA SciTech Forum 2024	2024.1
60	千葉 一永, Mueller, Jan, 大庭 芳則	電気通信大学, 株式会社 IHI	Sliding mesh 法による稼働エンジンと機体の統合解析	令和 5 年度航空宇宙空力シンポジウム	2024.1
61	西山 晶, 稲葉 裕太, 阿部 圭晃, Hariansyah Muhammad Alfiyandy, 兼田 陽可, 大林 茂	東北大学	ニューラルネットワークを援用した進化計算による複合材航空機の空力構造最適化	日本航空宇宙学会 北部支部 2024 年講演会	2024.3
62	廣田 真, 井手 優紀*, 服部 裕司	東北大学, JAXA*	波形粗さ要素の適用による後退翼面上の境界層遷移の安定化	日本物理学会 2024 年春季大会	2024.3
63	生稻 晃汰, 干川 大和, 龍園 一樹, 岡部 朋永	東北大学	熱可塑性 CFRP の有孔引張/圧縮強度特性における積層構成の影響	第 15 回日本複合材料会議 (JCCM-15)	2024.3
64	Yajun Liu, Tomoki Yamazaki, Shugo Date, Toshio Nagashima, Yoshiaki Abe	Tohoku Univ.	Effect of geometrically nonlinearity on aerodynamic performance and structural sizing of CFRP aircraft wings	日本航空宇宙学会 第 55 期年会講演会	2024.4
65	Mueller, J., Chiba, K., and Oba, Y.	The University of Electro-Communications, IHI Corporation	Identification of losses from engine-airframe interaction for a passenger aircraft through integrated simulation	The 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2024)	2024.6
66	M. Hirota, S. Niwano, Y. Ide*, Y. Hattori, S. Obayashi	Tohoku Univ., JAXA*	Laminarization of Supersonic Three-dimensional Boundary Layer by Sinusoidal Roughness Elements	The 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and	2024.6

				Engineering (ECCOMAS 2024)	
67	Y. Liu, T. Yamazaki, S. Date, T. Nagashima*, Y. Abe	Tohoku Univ.,Sophia Univ.*	Multi-objective design of CFRP composite aircraft wing with next generation fibers and resins	The 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2024)	2024.6
68	Yuji Mori, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Traveling Wave Generation in Swept- Wing Boundary Layer under Wall Surface Roughness and Free- Stream Turbulence	Thirteen International Symposium on Turbulence Shear Flow Phenomena (TSFP13)	2024.6
69	長嶋 利夫	上智大学	連続体シェル要素を用い た XFEM による CFRP 積 層板の損傷進展解析	第 29 回計算工学講 演会	2024.6
70	Toshio Nagashima	Sophia Univ.	Application of XFEM using continuum shell elements to damage propagation analyses of CFRP laminates	the 16th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2024) and 4th Pan American Congress on Computational Mechanics (PANACM 2024)	2024.7
71	Yuji Mori, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	DNS of Boundary- Layer Transition over a Transonic Swept Wing under Real Flight Condition	AIAA Aviation Forum	2024.7
72	Toshio Nagashima	Sophia Univ.	Damage Propagation Analyses of CFRP laminates by XFEM using continuum shell elements	SOUTH EAST ASIA- JAPAN CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS 2024 (SEAJCCM 2024)	2024.8
73	長嶋 利夫	上智大学	拡張有限要素法 (XFEM)による構造強度 解析の 25 年	第 66 回構造強度に関 する講演会	2024.8
74	Mueller, J., Chiba, K., and Oba, Y.	The University of Electro- Communications, IHI Corporation	Integrated simulation of airframe and running engine to examine their aerodynamic interaction effects	KSME-JSME Joint Symposium on Computational Mechanics & CAE 2024	2024.9

75	Yuji Mori, Aiko Yakeno, Takuto Ogawa, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Numerical Simulation of Transition over a Transonic Swept Wing with Distributed Roughness	IUTAM Symposium on Laminar- Turbulent Transition 2024	2024.9
76	安田 英将	川崎重工業株式会 社	スパコンを活用した航空機 流体シミュレーションの川崎 重工における事例紹介	スーパーコンピュータ・ ソリューションセミナー 2024	2024.9
77	長嶋 利夫	上智大学	シェル要素・連続体シェル 要素を用いた XFEM 応力 解析ツールの開発	第 37 回日本機械学 会計算力学講演会 (CMD2024)	2024.10
78	倪子翔, 長嶋 利夫	上智大学	板厚分布の不確定性を 考慮した CFRP 補強平板 の座屈解析	第 37 回日本機械学 会計算力学講演会 (CMD2024)	2024.10
79	安田 英将	川崎重工業株式会 社	航空機の大規模高精度 非定常 CFD シミュレーシ ョン	第 11 回 HPCI 成果報 告会	2024.10
80	狩野 良輔, 阿部 圭晃, 下山幸治*, 龍園 一樹, 岡部 朋永	東北大学, 九州大学*	先進複合材料を適用した 航空機主翼形状の最適 化手法の検討	第 62 回飛行機シンポ ジウム	2024.10
81	中村 勝海, 阿部 圭晃, 大林 茂	東北大学	航空機主翼の圧縮強度 における不確実性評価	第 62 回飛行機シンポ ジウム	2024.10
82	仲井 洋輔, 阿部 圭晃, 龍園 一樹, 川越 吉晃, 岡部 朋永	東北大学	複合材航空機の全機構 造設計に向けたマルチス ケール解析手法の開発	第 62 回飛行機シンポ ジウム	2024.10
83	Mueller, J., Chiba, K., Oba, Y., and Obayashi, S.	The University of Electro- Communications, IHI Corporation and Tohoku University	Aerodynamic discrepancies of an aircraft considering the running engine	21st International Conference on Fluid Dynamics	2024.11
84	千葉 一永, Mueller Jan, 大庭 芳則	電気通信大学 株式会社 IHI	エンジンとエアフレームの統 合解析は何をもたらすのか	令和 6 年度航空宇宙 空力 シンポジウム	2025.1
85	中神 貴裕	川崎重工業株式会 社	Post-Buckling Failure of Thermoset and Thermoplastic Reinforced Panels: Testing and Analysis	第 10 回コンポジット・ ワークショップ	2025.3

86	西村 太一	川崎重工業株式会社 生産技術部	熱可塑性 CFRP を用いた 波板サンドイッチ構造の開 発	第 60 回飛行機シンプ ジウム	2022.10.13
87	濱本貴也	川崎重工業株式会 社 技術開発部 材料 技術課	複合材料の航空機構造 適用に向けた取り組み	一般社団法人先端材 料技術協会(SAMPE Japan) 2022 年度第 3 回(通算 200 回記 念例会) 技術情報交 換会	2023.02.22
88	濱本貴也	川崎重工業株式会 社 技術開発部	複合材料の航空機構造 への適用	SAMPE Japan 先端 材料技術展 講演	2023.11.30
89	濱本貴也	川崎重工業株式会 社 材料技術開発部	熱可塑性複合材パネルの 製法概要と成果	Sampe Japan 先端 材料技術展 2024	2024.09.20
90	島田直樹	川崎重工業株式会 社 材料技術開発部 材 料開発課	Cutting Edge Automated CFRTP Fuselage Skin Panel Fabrication Process	JEC World 2025 - SAMPE Technical Session	2025.03.05
91	濱本貴也	川崎重工業株式会 社 材料技術開発部	革新的製造プロセスによる 熱可塑性複合材胴体パ ネル	TJAD(Team Japan for Aviation Development) オープ ンセミナー	2025.03.21
92	本間 雅登	東レ株式会社	熱溶着によるマルチマテリア ルの現状と課題	第 3 回マルチマテリアル 拠点シンポジウム	2021.01.25
93	小林 博	東レ株式会社	CFRP の熱溶着接合によ るマルチマテリアル系構造 の開発(NEDO 助成事 業)	第 4 回マルチマテリアル 拠点シンポジウム	2022.01.24
94	小林 博	東レ株式会社	炭素繊維複合材料部材 の高速熱溶着技術 (NEDO 助成事業)	第 5 回マルチマテリアル 拠点シンポジウム	2023.01.30
95	渡辺 惟史 1 本間 雅登 1 川越 吉晃 3 白須 圭一 3 田中 基嗣 2 岡部 朋永 3	1 東レ株式会社 2 金沢工業大学 3 東北大学	炭素繊維複合材料の熱 溶着部の破壊に対する表 層繊維配向の影響	第 48 回複合材料シ ンポジウム	2023.09.13
96	小野寺 美穂	東レ株式会社	炭素繊維複合材料部材 の高速熱溶着技術 (NEDO 助成事業)	第 6 回マルチマテリアル 拠点シンポジウム	2024.02.01
97	川原 啓吾	九州大学	ポリエーテルエーテルケトン における結晶化ダイナミクス と力学特性	2024 年繊維学会年 次大会	2024.06.12
98	千川 大和 白須 圭一 川越 吉晃	東北大学	Multiscale modeling for predicting mechanical	American Society for Composites	2024.10.21

	龍園 一樹 樋口 諒 岡部 朋永		properties of open hole laminates in 3D-printed carbon-fiber-reinforced thermoplastics		
99	渡辺 惟史	東レ株式会社	Multiscale modeling to analyze failure of welded joint of thermosetting carbon-fiber-reinforced composites	American Society for Composites	2024.10.21
100	小林 博	東レ株式会社	炭素繊維複合材料のマルチマテリアル熱溶着技術	第7回マルチマテリアル拠点シンポジウム	2025.01.31

表 外部発表の内容 (b)新聞・雑誌等への掲載 【2025年7月末現在】

番号	発表者	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	「飛行機が低燃費に？主翼の空気の流れを説明！！」	子供の科学 誠文堂新光社 巻頭ニュース	2021.9
2	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	世界初！旅客機主翼の流れの遷移メカニズムを解明 後退翼の層流化により空気抵抗の大幅減へ前進	東北大学プレスリリース	2021.9
3	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	旅客機主翼の層流から乱流への遷移メカニズムを解明 - 将来の低計算コストでの航空機開発に寄与 東北大学	エンジニアのためのキャリア 応援マガジン fabcross for エンジニア powered by MEITEC	2021.9
4	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	東北大、旅客機主翼の流れの遷移メカニズムを解明	日本経済新聞 電子版	2021.9
5	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	東北大、後退角主翼前縁部の乱流遷移メカニズム解明	航空新聞社 jwing.net	2021.9
6	安田 英将	川崎重工業株式会社	川重、「富岳」で航空機燃費評価	日経産業新聞	2021.12
7	阿部 圭晃	東北大学	炭素繊維と樹脂から航空機の主翼性能を予測 - マルチスケール数値解析を用いた CFRP 航空機主翼の設計手法を確立	東北大学プレスリリース	2022.4
8	Sayaka Suzuki, Aiko Yakeno, Yasufumi Konishi, N. Tokugawa*,	Tohoku Univ., JAXA*	Experiments on the laminarization effect of Sinusoidal Roughness Elements on a swept wing	American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Showcase	2024.2

	Makoto Hirota, Hikaru Takami, Shigeru Obayashi				
9	Yuji Mori, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Traveling wave generation on a swept wing subjected to surface roughness and free-stream turbulence	American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Showcase	2024.2
10	廣田 真, 焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	表面をデコボコにして流れを きれいに保つデバイス ( Sinusoidal roughness elements (SRE), Device with a bumpy surface to keep the flow laminar)	大学見本市 2024 イノ ベーションジャパン (主 催 : JST)	2024.8
11	焼野藍子	東北大学	東北大学におけるデジタル ツインへの取り組み - 低乱 熱伝達風洞, 磁力支持 天秤装置による試験, データ同化 -	可視化情報学会誌 「可視化情報」	2025.1
12	大林 茂 他	東北大学	ものづくりの DX を目指す TiAD コンソーシアムキック オフシンポジウム開催	東北大学プレスリリース	2025.2
13	-	川崎重工業(株) 航空宇宙システムカ ンパニー 航空エンジ ン Div. エンジン技 術総括部	川崎重工業における民間 航空事業の取組み	日本機械学会誌 2024 年 9 月号テーマ企画記 事	2024.09.01
14	-	東レ株式会社	東レ、溶着時間 9 割短い 炭素繊維部材 航空機向け	日本経済新聞 WEB 版	2023.01.31
15	-	東レ株式会社	東レ、航空機用炭素繊維 の接着時間 9 割短く 30 年度メド、組み立て効 率化	日本経済新聞	2023.02.01
16	-	東レ株式会社	東レ、航空機用 CFRP を 溶接のように熱溶着で高速 に接合する技術を開発	マイナビニュース TECH+	2023.02.02
17	-	東レ株式会社	Toray develops high- speed thermal welding for thermoset composites	Composites World (website)	2023.02.03
18	-	東レ株式会社	Toray Develops High- Speed Thermal Welding for Carbon-Fiber Composites	Plastics Today	2023.02.06

19	-	東レ株式会社	東レ炭素繊維、「空飛ぶ車」で鍛える接合時間短縮 EV にも	NIKKEI Mobility	2023.03.24
20	-	東レ株式会社	東レ炭素繊維、「空飛ぶ車」で鍛える接合時間短縮 EV にも	日経産業新聞	2023.04.03
21	-	東レ株式会社	居間からサイエンス〜注目の新素材“炭素繊維”鉄の10倍強く重さ1/4	BSテレ東「居間からサイエンス」	2023.07.19
22	-	東レ株式会社	炭素繊維の極限追求で描く未来	繊維学会誌 2024 年 80 巻 6 号 p.186	2024.06.15
23	-	東レ株式会社	Carbon fiber fabric is molded into extremely lightweight and durable aircraft parts. (Photo courtesy of Toray Industries, Inc.) 写真掲載	外務省ウェブサイト「Web Japan」	2024.11.19

表 外部発表の内容 (c)受賞実績 【2025年7月末現在】

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
1	大林 茂	東北大学	第 99 期 (2021 年度) 日本機械学会流体工学部門「部門賞」	日本機械学会	2021.11
2	焼野 藍子	東北大学	日本流体力学会「竜門賞」: 壁乱流準秩序構造に着目した摩擦抵抗低減制御に関する研究	日本流体力学会	2022.2
3	阿部 圭晃	東北大学	2021 年度日本機械学会奨励賞 (研究: 計算力学): 圧縮性流体の離散保存性を満たす高精度解析手法とその応用の研究	日本機械学会	2022.3
4	阿部 圭晃	東北大学	令和 4 年度文部科学大臣表彰 (若手科学者賞)「圧縮性流体の離散保存性を満たす高精度解析手法の研究」	文部科学省	2022.4
5	焼野 藍子	東北大学	日本機械学会流体工学部門第 100 期 (2022 年度)「フロンティア表彰」	日本機械学会	2022.11
6	焼野 藍子	東北大学	令和 5 年度文部科学大臣表彰 (若手科学者賞)「高速輸送機器低抵抗化のための物体面近傍の流れに関する研究」	文部科学省	2023.4
7	-	川崎重工業株式会社 ジャムコ株式会社	熱可塑性複合材胴体パネル 優秀展示表彰	Sampe Japan 先端材料技術展 2024	2024.09.18 ~ 2024.09.20
8	-	川崎重工業株式会社	熱可塑性複合材胴体パネル	JEC World 2025	2025.03.04 ~

		ジャムコ株式会社	Innovation Awards Finalist(Aerospace Process)選 出		2025.03.06
--	--	----------	--	--	------------

表 外部発表の内容 (d)展示会実績 【2025年7月末現在】

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イ ベント名等	発表年月
1	廣田 真, 焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	表面をデコボコにして流れをきれいに 保つデバイス( Sinusoidal roughness elements (SRE), Device with a bumpy surface to keep the flow laminar)	大学見本市 2024 イノベーションジャパ ン (主催 : JST)	2024.8
2	西村 太一	新明和工業株式会 社 生産技術部	熱可塑複合材パネル試作品の展示	2022 年英国ファン ボローエアショー	2022.7.18 ~22
3	蒲池 智宏	新明和工業株式会 社 技術部	熱可塑複合材パネル試作品の展示	2023 年仏国パリエ アショー	2023.6.19 ~25
4	中倉 拓哉	新明和工業株式会 社 技術部	熱可塑複合材パネル試作品の展示	2024 年英国ファン ボローエアショー	2024.7.22 ~26
5	中倉 拓哉	新明和工業株式会 社 技術部	熱可塑複合材パネル試作品の展示	JA2024 国際航空 宇宙展	2024.10.15 ~19
6	-	ジャムコ株式会社	航空機構造部材用熱可塑 CFRP 成形品 (ADP 製法)	Nano tech 2024	2024.1.31- 2.2
7	-	ジャムコ株式会社	航空機構造部材用熱可塑 CFRP 成形品 (ADP 製法)	Nano tech 2025	2025.1.29- 31
8	-	川崎重工業株式会 社 ジャムコ株式会社	熱可塑性複合材胴体パネル 優秀展示表彰	Sampe Japan 先 端材料技術展 2024	2024.09.18 ~ 2024.09.20
9	-	川崎重工業株式会 社 ジャムコ株式会社	熱可塑性複合材胴体パネル Innovation Awards Finalist(Aerospace Process)選 出	JEC World 2025	2025.03.04 ~ 2025.03.06
10	-	津田駒工業株式会 社	熱可塑性複合材向け自動積層装 置	JEC World 2025	2025.03.04 ~ 2025.03.06
11	本間 雅登 小林 博 小野 公德 本田 拓望	東レ株式会社	航空機向け熱硬化性 CFRP 部材の熱溶着接合技術	nano tech 2023	2023.02.01
12	本間 雅登 小林 博 杉本 美穂	東レ株式会社	航空機向け熱硬化性 CFRP 部材の熱溶着接合技術	nano tech 2024	2024.01.31
13	本間 雅登 小林 博	東レ株式会社	航空機向け熱硬化性 CFRP 部材の熱溶着接合技術	nano tech 2025	2025.01.29

鈴木 祐哉				
小林 和貴				

表 外部発表の内容 (e)フォーラム・シンポジウム実績 【2025年7月末現在】

番号	名称	会場	年月
1	マルチマテリアル研究拠点第4回シンポジウム	オンライン	2022.1.24
2	マルチマテリアル研究拠点第5回シンポジウム	東北大学/オンライン	2023.1.30
3	航空機フォーラム in 大阪	ナレッジキャピタル カンファレンスルーム	2023.8.19
4	マルチマテリアル研究拠点第6回シンポジウム	東北大学東京オフィス	2024.2.1
5	航空機フォーラム in 大阪	ナレッジキャピタル カンファレンスルーム	2024.8.24
6	マルチマテリアル研究拠点第7回シンポジウム	GLOBAL LIFESCIENCE HUB カン ファレンスルーム	2025.1.31
7	ものづくりの DX を目指す TiAD コンソーシアムキックオフシンポジウム	東北大学東京オフィス	2025.2.26

表 外部発表の内容 (f)プレスその他実績 【2025年7月末現在】

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・ イベント名等	発表年月
1	焼野 藍子, 大林 茂	東北大学	世界初！旅客機主翼の流れの遷移メ カニズムを解明 後退翼の層流化によ り空気抵抗の大幅減へ前進	東北大学プレスリ リース	2021.9
2	阿部 圭晃	東北大学	炭素繊維と樹脂から航空機の主翼性 能を予測 - マルチスケール数値解析 を用いた CFRP 航空機主翼の設計手 法を確立	東北大学プレスリ リース	2022.4
3	Sayaka Suzuki, Aiko Yakeno, Yasufumi Konishi, N. Tokugawa*, Makoto Hirota, Hikaru Takami, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ., JAXA*	Experiments on the laminarization effect of Sinusoidal Roughness Elements on a swept wing	American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Showcase	2024.2
4	Yuji Mori, Aiko Yakeno, Shigeru Obayashi	Tohoku Univ.	Traveling wave generation on a swept wing subjected to surface roughness and free- stream turbulence	American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Showcase	2024.2

5	大林 茂 他	東北大学	ものづくりの DX を目指す TiAD コンソーシアムキックオフシンポジウム開催	東北大学プレスリリース	2025.2
6	東レ株式会社	東レ株式会社	炭素繊維複合材料部材の高速熱溶着技術を開発 ～航空機の高レート生産と軽量化に貢献～	東レ(株)WEB サイトでのプレスリリース	2023.02.01

## 別添 1

### 研究開発項目①

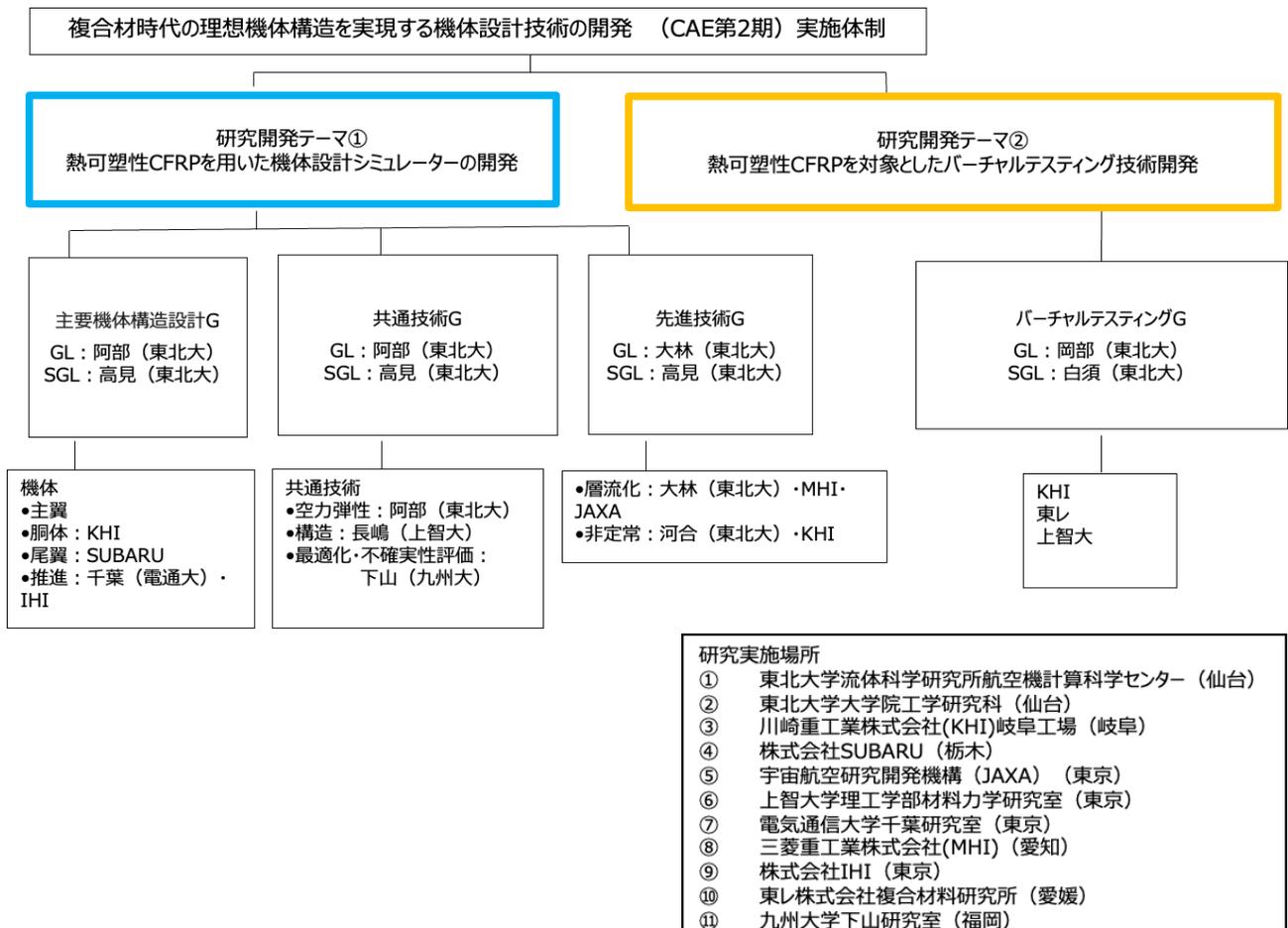
複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発

国立大学法人東北大学

研究開発項目：「次世代複合材創製・成形技術開発/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」

1. 実施者名、実施体制

研究開発責任者:教授 大林 茂、東北大学流体科学研究所航空機計算科学センター



2. 期間、予算

期間:2020年6月11日から 2025年3月31日まで

予算:

(単位:円、消費税及び地方消費税込み)

委託先名	再委託先名・共同実施先名	事業期間全体	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
国立大学法人 東北大学		609,825,700	110,305,300	126,295,600	123,189,900	125,001,700	125,033,200
うち再委託	川崎重工業株式会社	(28,899,200)	(5,657,300)	(2,720,300)	(6,425,100)	(6,715,500)	(7,381,000)
うち再委託	東レ株式会社	(47,898,400)	(10,800,900)	(4,521,000)	(12,576,300)	(10,000,100)	(10,000,100)

うち再委託	株式会社 SUBARU	(14,083,300)	(2,689,500)	(2,696,100)	(2,696,100)	(3,000,800)	(3,000,800)
うち再委託	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	(9,985,800)	(2,030,600)	(2,466,200)	(488,400)	(2,500,300)	(2,500,300)
うち再委託	学校法人上智学院	(60,750,000)	(12,150,000)	(12,150,000)	(12,150,000)	(12,150,000)	(12,150,000)
うち再委託	国立大学法人電気通信大学	(35,250,000)	(5,332,000)	(4,905,000)	(10,013,000)	(7,500,000)	(7,500,000)
うち再委託	国立大学法人九州大学	(5,239,000)				(2,623,000)	(2,616,000)
うち共同実施先	三菱重工業株式会社	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
うち共同実施先	株式会社 IHI	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
合計		609,825,700	110,305,300	126,295,600	123,189,900	125,001,700	125,033,200
うち消費税及び地方消費税		55,438,694	10,027,754	11,481,418	11,199,080	11,363,789	11,366,653
*うち NEDO 負担額		609,825,700	110,305,300	126,295,600	123,189,900	125,001,700	125,033,200
*うち NEDO 負担消費税等額		55,438,694	10,027,754	11,481,418	11,199,080	11,363,789	11,366,653

### 3. 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

【背景】 航空機の機体開発には莫大なコストがかかっており、コスト低減は喫緊の課題である。近年、計算機性能の向上に伴う CAE (Computer Assisted Engineering) 導入に大きな期待が集まり、新規機体開発という出口までを見据えたソフトウェア開発に関する産業界の要望は大変大きいものがある。また、機体構造への複合材の適用が一層進み、単なる軽量化以上のメリットを織り込んだ複合材の利用が望まれるようになってきた。例えば、同じ複合材でも、熱硬化性 CFRP よりも製造歩留まりの良い熱可塑性 CFRP を用いることで実現可能となる機体構造の更なるコスト低減・環境負荷低減・生産高レート化が強く望まれている。また、主翼については、等方性材料である金属構造では実現が難しく、異方性材料である複合材を用いることで初めて可能となる更なる高縦横比化が望まれている。胴体については、金属材料では避けて通ることのできない疲労という問題が複合材では発生しないことで可能となる与圧機体構造の更なる軽量化が望まれている。さらに、複合材では組み立てに接着を多用するため、ファスナの少ない滑らかな機体表面が実現可能であることによる更なる摩擦抵抗低減も可能である。これらのメリットを統合した複合材時代の理想機体の提示とその具体的な設計を可能にするソフトウェアの開発を世界に先駆けて開発することは、我が国の航空産業を一層発展させるために大きなインパクトを持つ。

【目的】 このような背景の下、複合材を用いた理想機体の実現には、新たな複合材 (熱可塑性 CFRP) の適用を考慮に入れた全機機体設計が可能であること、また複合材を利用することにより初めて可能となる革新的な機体設計を提案出来ることが求められる。特にこれまでの熱硬化性 CFRP に代わる複合材料として、加工・成形性に優れた熱可塑性 CFRP の利用が急務とされるものの、現状ではその機械特性・強度のデータベースは存在せず、また熱可塑性 CFRP を考慮に入れた機体設計を行える CAE 技術は世界的にも確立されていない。本研究開発ではこれらの要請に応える次世代 CAE 技術を開発することを目的とする。本研究開発では、熱可塑性 CFRP のバーチャルテストを行う CAE 基盤の構築 (研究項目

2)と、これと連携した熱可塑性 CFRP を用いた全機機体設計シミュレーターの研究開発(研究項目1)、それらの統合設計システム(TiAD-DX ツール)を開発する。

【プロジェクトアウトカム目標との関係】 アウトカム指標は、TiAD-DX ツールを重工各社が活用することとする。より具体的には、概念設計～基本設計における初期構想段階での使用を検討する。従来は、要求を満足する機体設計にトライ&エラーの検討が必要となっていたが、開発ツールを使うことで多数の機体に対して容易に重量推算が可能となり、手戻り作業を減らせることが最大のメリットとなりうる。TiAD-DX ツールを活用することで、構造設計に要する時間を 50%削減することをアウトカム目標値として定める。また数値目標の根拠としては、構造設計時に既存の設計データベースにない新規材料を用いる際に生じる設計の後戻りを削減することによる設計時間全体の短縮(50%)とした。

#### 4. アウトプット(最終)目標

最終的な成果物として、TiAD-DX ツールの開発をアウトプット目標とする。特に TiAD-DX ツールのうち、全機機体設計シミュレーターでは、部分・全体的に熱可塑性 CFRP を利用した全機体設計(主翼・胴体・尾翼)を評価可能とする。またバーチャルテストツールでは、衝撃損傷による熱可塑性 CFRP 構造強度の低下量を 10%の精度で算出することを目指す。数値目標の根拠としては、機体構造設計に必要なクーポンレベル強度解析において実験値のばらつきと同等の精度(10%)とした。

#### 5. 成果の達成状況と根拠

【研究項目1:熱可塑性 CFRP を用いた機体設計シミュレーターの開発】

○:達成

担当:東北大学、上智大学、株式会社SUBARU、株式会社IHI、三菱重工業株式会社

本研究項目では、熱可塑性 CFRP の長所を十分に活用した軽量化構造を提案するためのシミュレーション技術の研究開発を行い、熱可塑性 CFRP 機体設計シミュレーターを開発する。最終的に項目2の熱可塑性 CFRP バーチャルテストツールと併せ、熱可塑性 CFRP 機体統合設計システム(TiAD-DX システム)を構築することを目的とした。

本項目は「主要機体構造設計」「共通技術開発」「先進技術開発」の3つのサブグループに分けて実施した。主要機体構造設計グループでは、システムの根幹をなす熱可塑性 CFRP 機体設計シミュレーターの開発を行った。共通技術開発グループでは、システムの基盤となる構造解析ツール、多目的最適化ツール、不確実性評価ツールの開発を行なった。最後に先進技術開発では、TiAD-DX システムにおける先進的技術である非定常乱流解析、層流化技術についての研究開発を行なった。これらを併せ、まず本研究項目で達成された成果を以下にまとめる。

- 機体設計シミュレーターにおいて、部分・全体的に熱可塑性 CFRP を利用した全機体設計(主翼・胴体・尾翼)を評価可能とした。(アウトプット目標に相当)
- 再委託先の重工各社においては開発したツール群の活用が既に始まり、構築した TiAD-DX システムにおいて、構造設計に要する時間を 50%削減した。(アウトカム指標値に相当)

本目標は以下に説明する成果の通り達成されている。本研究項目では、先に示したサブグループ単位で成果をまとめて説明する。

〈主要機体構造設計グループ〉(東北大学、電気通信大学、川崎重工業株式会社、株式会社SUBARU、株式会社IHI)

本グループでは、熱可塑性複合材を用いた航空機機体設計ツールの開発を行った。まず、ソフトウェア設計要件(システムの入出力、計算条件(飛行条件や翼形、胴体構成)などを策定し、さらに開発対象としてB737クラスの後継機を想定した機体(ACS001モデル)の概念設計を行った。その後、主翼設計ツールとして双方向連成解析機能を実装することで空力・構造荷重の静的平衡状態を予測可能とした。本ツールは、熱硬化・熱可塑性 CFRP 各種の材料変更に対応し、また遷音速フラッター現象の構造設計への影響評価も可能とした。さらに、ストリンガーのモデル化も組み入れた詳細モデルの解析機能も実装した。

また上記の主翼設計ツールを拡張することで、熱可塑性 CFRP (TC1225 (T700GC/low-melt PAEK))と熱硬化 CFRP (T800S/3900-2B)を部分的に組み合わせることが可能な全機設計ツールを構築し、ACS001 モデルを例として機体設計を行なった。さらに駆動エンジンを取り付けた際の主翼空力解析をシステム化し、主翼とエンジンの形状変更や、それらの取付位置変更に対応可能とした。これにより、胴体部の座屈許容設計・慣性リリーフ解析・多目的最適化を含めた機能が実装され、TiAD-DX システムの根幹部が完成した。

〈共通技術開発〉(東北大学、上智大学、九州大学)

本グループでは、各種解析で共通技術となる構造・最適化ソルバー等の機能開発を行なった。まず、熱可塑性 CFRP を対象とした薄肉構造解析ソフトウェアの開発において、はり要素における幾何学的非線形解析と全機設計のための慣性リリーフ解析機能を実装した。これにより主翼の大変形や慣性力を考慮した無拘束構造解析が可能となり、TiAD-DX システムにおける主翼設計と全機機体設計ツールの構造解析部分が構築された。また、多目的最適化としてベイズ最適化機能を新たに実装し、従来の遺伝的アルゴリズムに比べて大幅に解析効率が向上することを示した。本機能は主翼設計最適化、全機設計最適化ツールに実装された。最後に、設計入力の不確実性を評価可能な機能を構築し、多項式カオス展開手法を実装することで、通常のモンテカルロ法を大幅に上回る不確実性評価を可能とした。TiAD-DX システムにおいては主翼上面における炭素繊維の初期不整角を例として、繊維配向のばらつきが空力構造設計に及ぼす影響を評価した。

以上の成果に基づき、部分・全体的に熱可塑性 CFRP を利用した全機体設計が可能となった。また、実施項目 2 も併せた構造設計に関するコスト低減効果は以下の通りとなった。株式会社 SUBARU では、荷重検討・構造解析・サイジング・材料開発工程での低減効果が大きく、全体として 52%の設計時間低減が可能であると算出された。また川崎重工業株式会社では、3 機種検討の場合、開発ツールを使用することで、モデル作成・構造サイジング・許容値設定のための試験数削減で検討時間を短縮でき、56%の設計時間削減が可能と算出された。これにより、本課題における最終目標はいずれも達成されたといえる。

〈先進技術開発〉(東北大学、宇宙航空研究開発機構、三菱重工業株式会社、川崎重工業株式会社)

乱流抵抗を低減する層流化技術では、層流境界層の安定性を解析する数値ツールを構築し、乱流遷移を抑制するデバイス「波型粗さ要素」を開発した。このデバイスは特許を出願しており、風洞実験でもその効果を確認している。また、非定常流体解析に用いる壁面モデル LES の予測精度をさらに向上させるため、非平衡モデルの重要性を明らかにした。この非平衡モデルは、衝撃波と乱流境界層が干渉して生じる剥離現象に伴う壁面摩擦の急激な減少を、従来の平衡モデルよりも高い精度で予測できる。さらに、この壁面モデル LES を主翼設計ツールに適用することで、遷音速バフェット・オンセット現象の予測が可能となった。これにより、従来手法に比べ揚力特性の予測精度が改善されることを確認した。これらの成果は、次世代航空機の開発に大きく貢献するものである。

【研究項目2:熱可塑性 CFRP を対象としたバーチャルテスト技術開発】

担当:東北大学、上智大学、川崎重工業株式会社、東レ株式会社

○:達成

本研究項目では、新型航空機開発時の設計基準あるいは認証プロセス時の材料・構造強度試験に本解析ツール／システムを適用することで開発コストの抑制を目指す・特に、一般的に行われる複合材あるいはその構造の強度試験の内、一方向積層板および円孔を有する積層板の強度試験あるいは衝撃損傷を与えた構造要素・部分構造・実大構造の強度試験を対象とし、汎用性・精度を有する解析ツールの開発を行った・

本研究項目を実施するにあたり、下記3つの要素技術を設定した・

- (1) 熱可塑性 CFRP 特性取得のための試験:バーチャルテストング用ソフト開発において必要な各種装置の導入および熱可塑性 CFRP の強度特性評価試験を行う・
- (2) 熱可塑性 CFRP 損傷進展解析ツール開発:拡張有限要素法(XFEM)に基づく損傷進展解析ツールに熱可塑性 CFRP の有する材料非線形性を考慮した損傷解析コードを開発し実装する・実験で得られた熱可塑性 CFRP の破壊メカニズムを体系的にまとめ、その知見を解析プログラムに取り込む・
- (3) バーチャルテストングツール開発:汎用有限要素解析コードに解析ツールを統合したバーチャルテストングツールの構築を行う・また、検証試験に向けた強度試験データベースの作成を行う・

これらの取り組み通じて、熱可塑性 CFRP の切り欠きを有する複合材料積層板の破壊強度および衝撃損傷による複合材構造強度の低下量を 10%の精度で確立することを目標とした・本目標は以下に説明する成果の通り達成されている・

#### (1)熱可塑性 CFRP 特性取得のための試験

バーチャルテストングの対象とする熱可塑性 CFRP の材料種に Toray Advanced Composites 社製の TC1225 (T700GC/low-melt PAEK)を選定した・無孔積層板(一方向材、擬似等方材、±45 度材)、擬似等方積層板の有孔引張(OHT)・有孔圧縮強度、衝撃損傷を付与した擬似等方積層板の圧縮強度(CAI)、層間破壊靱性値、線膨張係数に関する各種試験データを取得し、データベースを構築した・また、層間引張、層間せん断特性評価のための曲げ試験および L 字試験片のエッジ部およびコーナー部に衝撃付与した後のクリッピング試験、接合部強度データを取得するためのシングルラップシヤ試験および座屈後のはく離強度データを取得するためのストリングフランジ模擬試験片の引張・曲げ試験およびストリングフランジ溶着部模擬試験片の圧縮試験を実施し、各種強度試験結果のデータベースの構築を行った・

#### (2)熱可塑性 CFRP 損傷進展解析ツール開発

第1期 NEDO プロジェクトで開発した損傷進展解析ツールを熱可塑性 CFRP へ適用するため、弾塑性解析機能追加、連続体シェル要素(NLXSC8)および面接触ベースの結合カモデルの開発を行った・また、マトリックス割れのモデル化精度向上のために二次元四角形要素を押し出して得られる六面体要素を用いた準三次元 XFEM 解析コード(NLXQ3D)を新規に開発した・検証解析として、NLXQ3D による面外押込み(QSI)解析および OHT 解析を実施した・OHT 解析では、実験値に対して 10%以内の誤差で強度を算出できることを確認した・また、QSI 解析の検証解析を行い、熱硬化性 CFRP の面外衝撃試験時の衝撃後損傷分布および CAI 強度をよく再現できることを確認した・また内製 FEM(NLFEA3D)によるラップシヤ試験の解析を実施し、実験値を再現できることを確認した・

#### (3)バーチャルテストングツール開発

バーチャルテストングツールの試行・検証を目的として、本研究項目で整備しているプリポストシステムを用いて解析モデルの作成(プリ処理)、上記の解析ツール(XFEM)によるバーチャルテストおよび損傷分布、応力ひずみ応答の可視化・分析(ポスト処理)を行った・汎用有限要素解析ソフト Abaqus にてモデ

ルを作成し、開発コードにて OHT 解析を実施した・解析結果は再び Abaqus を用いて確認した・OHT 強度は実験値の 10%以内の精度で予測することができることを確認した・

## 【まとめ】

本プロジェクトにより、熱可塑性 CFRP を用いた航空機構造の設計と評価において、当初の目的を達成し、以下の成果を得た。B737 後継機を想定した ACS001 モデルに対して、空力-構造連成解析や材料変更対応、フラッター評価を行える主翼設計ツールを開発し、主翼とエンジンの配置検討や慣性リリース解析も可能な機体設計ツールが完成した・また、バーチャルテストツールでは、商用 FEM ソフト (Abaqus) と連携させ、解析モデル生成～可視化まで一貫可能なプリポスト処理システムを構築した・実験再現精度は 10%以内を実現した・これによりアウトプット目標は達成された。また重工各社での TiAD-DX ツール活用が開始され、特に株式会社 SUBARU では海外 OEM にて開発が進められている次期機体の設計提案において活用が開始されている。さらに本ツールを用いた構造設計時間は SUBARU で 52%、川崎重工で 56%削減と試算され、これによりアウトカム目標も達成されたと言える。

## 6. 成果の意義

国内外の他技術と比較した TiAD-DX ツール特有のメリットとして、以下の点が挙げられる。

- モデル作成や解析実行が自動化されており、大規模トレードスタディを低コストに実施可能であることは大きな優位性を誇る
- 熱可塑性複合材のデータベースが設計ツールと統合されており、設計現場で用いられる強度許容値に基づき熱硬化性／熱可塑性複合材の最適設計が実施できる点は本ツールならではの点

特に熱硬化性／熱可塑性複合材を併用した最適設計を行える解析ツールは本ツールにおいて国内外に見られず、非常に高い優位性が得られたといえる。また本ツールによるコスト低減効果も各社 50%以上と算出される。特に材料開発においては、新しい材料開発で従来必要とされた膨大な試験検証データを、高精度なバーチャルテストを活用することでクーポン試験回数を減らすことが期待できる。また、機体設計ツールにおいては MS 評価や寸法更新などが自動化されることで、概念設計および基本設計でのサイジング作業が大幅に効率化される・FEM(有限要素法)の自動モデリング機能が実装されている点も有用であり、解析準備にかかるコストを大幅に削減し、構造レイアウトの変更が発生しやすい概念設計フェーズで特に有効である。また、選択できる構造様式が多く、幅広い検討作業でのツール適用も見込まれている。さらに、ベイズ最適化の採用や剛性を考慮した最適化、UQ(不確実性定量化)を考慮したサイジングなどの機能拡張によって、実用性の向上とコスト減を両立可能である点も本ツールの特徴である・

先進技術として開発を行なった乱流抵抗を低減する層流化技術は、航空機の表面摩擦抵抗を大幅に削減することが可能となる・従来の孤立粗さ要素は有意な効果が確認できなかったが、我々が提案する波型粗さ要素は数値シミュレーションで大きな層流化効果が示されている・今後、飛行試験を経て実用化が期待される・一方、航空機の空力特性を高精度に予測する壁面モデル LES では、非平衡モデルの導入が予測精度の向上に寄与することが示された・これにより、従来の平衡モデルでは無視されてきた非平衡効果を考慮できるようになり、予測精度が向上する・本研究成果は、壁面モデル LES のさらなる高精度化に向けた重要な一歩である・さらに、この壁面モデル LES を用いることで、遷音速域における空力特性の予測精度を改善しつつ、計算コストを抑える手法が確立された・これにより、空力設計の効率化と予測精度の両立が可能となった・これらの技術は、航空機の性能向上と開発コストの削減に大きく貢献するものである・

## 7. 実用化・事業化への道筋と課題

TiAD-DX ツールを活用した実用化・事業化に向けた道筋として、まずは海外 OEM に対するアプローチが考えられ、具体的には以下の通りとなる。事業獲得活動（概念設計フェーズ）では、主翼形状／構造様式／材料などのトレードスタディを実施し、海外 OEM に対する提案活動を行うことが可能となる。これにより積極的なコンセプト提示によって設計能力のアピールが可能となり、上流工程からの事業参画に繋がる。株式会社 SUBARU では既に、海外 OEM に対し、ツールを活用した提案を開始している。また、事業開始後（基本設計フェーズ）においても、構造サイジング機能を用いた初期ゲージ導出用途に活用することが想定される。ツール活用により、トライ&エラー回数の削減や手戻り減が達成され、開発コスト低減が実現されると想定される。

先進技術として開発を進めた壁面モデル LES については、既存の空力設計手法に対して補完的に適用することで徐々に実用化していく予定である。また、空力設計での実用化に向けた課題は、本プロジェクトで検証した遷音速域以外のより幅広い飛行条件での適用検証である。

バーチャルテストツール開発については、本プロジェクトで採用した TC1225 は、熱可塑性 CFRP としては唯一認証を受けている材料であり、今後の実用拡大が期待される。ウィチタ州立大学国立航空研究所の国立先端材料性能センター (NCAMP) によって様々な実験データが取得されデータが公開されているものの、NCAMP でカバーされていないデータ（例えば OHT・OHC 試験におけるヤング率、破断ひずみ等のバーチャルテストの検証に必要なデータ）を本プロジェクトでは取得しており、バーチャルテストの物性値入力、解析結果の妥当性検証、および機体設計ツールへの物性値入力に本プロジェクトで構築したデータベースの活用が期待される。

さらに、東北大学流体科学研究所航空機計算科学センターでは、本プロジェクト成果の社会実装を航空産業以外にも拡大するために、TiAD コンソーシアムを設置した。コンソーシアムでは、ソフトウェアの利用拡大のための無償利用と維持更新のための有償利用の 2 つの利用法を用意している。また、流体科学研究所のスパコン（ハードウェア）と組み合わせた共同研究の枠組みの提供や、教育・人材育成活動のためのセミナー企画を実施している。

最後に、参画企業による本プロジェクト成果の活用想定を以下にまとめる。

- (東レ株式会社) 弊社の複合材料を航空機メーカー、部材メーカーなどの顧客に提案する際に、具体的な適用部位や適用による軽量化などの効果を検証し、弊社の複合材料のメリットを説明するために活用する予定。
- (株式会社 SUBARU) 流体－構造連成による高精度な荷重予測やフラッタ解析を含めたサイジング、データベースに基づく熱可塑／熱硬化性複合材の特性を反映したトレードスタディ、といった本ソフトウェア特有の機能を活用し次世代旅客機や空飛ぶクルマの概念設計を実施する予定。
- (川崎重工業株式会社) 民需機／防需機を問わず、低コストかつ短期間で顧客への魅力的な提案を創出するため、新材料や構造様式の評価、成立性検討、トレードスタディ等において、全体的／部分的に機体設計ツールやバーチャルテストツールを活用する予定。
- (三菱重工業株式会社) 熱可塑性 CFRP の特徴を利用することによる層流翼の技術を、将来機の CO2 排出量削減と熱費低減による競争力向上に資する技術の選択肢に加える。
- (株式会社 IHI) 将来の中型民間航空機の航空機用エンジンの開発の際に、機体搭載の効果を受けたナセルインレットに空気が流入する様子をソフトウェアにより解析して、飛行条件や離着陸時の横風によるファン前方の空気の乱れ（インレットディストーション）がファンに与える影響を予測することに利用する予定。

## 別添 2

### 研究開発項目②(1)

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

新明和工業株式会社

## 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」

### 1. 実施者名、実施体制

新明和工業株式会社

### 2. 期間、予算

(単位:百万円)

2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
39	42	30	46	41	204

### 3. 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

本研究開発では、2030年代に運用開始が想定される次世代細胴機用フロアパネルへの採用を目指し、熱可塑性CFRP波板サンドイッチ構造部品の設計及び高生産性を有する成形接合技術の確立を目指した。

世界の民間航空機市場において、細胴機の需要は非常に大きく、今後の航空機需要の70%を占めると予想されている。これら大きな需要に応えるため、次世代細胴機には月産60機という非常に高い生産性が求められ、さらにより高い水準の低燃費性や環境適合性達成のため、積極的な複合材料適用による軽量化が求められている。

既存の細胴機フロアパネルは、熱硬化性CFRPとハニカムコアを用いた熱硬化ハニカムサンドイッチ構造が一般的である。熱硬化複合材部品の製造方法は、オープンやオートクレーブ硬化が一般的であり、成形サイクルタイムは6～9時間と非常に長い。さらに、人に頼った手作業による成形加工が多く、低コスト化に多くの課題が残る。そのため、既存の材料・構造様式・製造プロセスでは次世代細胴機製造に求められる要求に応えることは困難であり、新しい材料・構造様式・製造プロセスによる実現を目指す必要がある。

そこで本研究開発では、従来の熱硬化性CFRPから高レート製造が可能な熱可塑性CFRPを採用し、従来のハニカムサンドイッチ構造と同等の強度を持ち、かつ自動生産にも適した構造様式として、ハニカムコアの代わりに波板コアを上下面スキンで挟み込む波板サンドイッチ構造(図1参照)を考案し、本材料及び構造を高レート・低コストで製造可能な技術の確立することを目指し、研究開発を進めた。

熱可塑性CFRPを用いた大型機体構造部材の製造技術は世界的に開発途上であり、実用化へ向け積極的な開発が進められている。そのため、本技術の確立は次世代航空機開発における技術的優位性を確保するという点で必須であり、先進国との技術競争、及び新興国とのコスト競争に打ち勝つために不可欠な技術である。

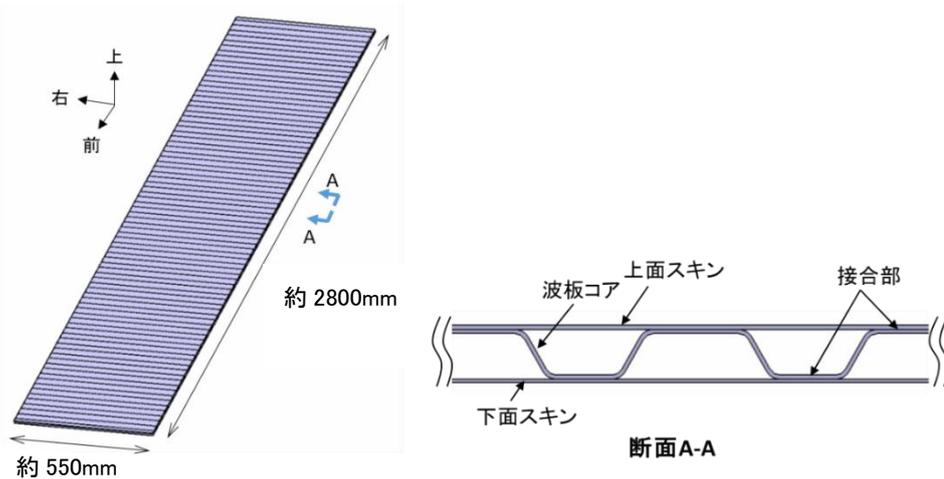


図 1 波板サンドイッチ構造フロアパネルの概観および断面図

#### 4. アウトプット(最終)目標

1. 2800mm×550mm の実大サイズの波板サンドイッチパネルの強度解析を実施し、機体 OEM 要求を満足するフロアパネルの設計を完了する。
  - ① 月産 60 機以上の生産対応
  - ② コスト 20%低減(既存製品比)
  - ③ 衝撃吸収性 30%増加(既存製品比)
  - ④ 重量 10%低減(既存製品比)
2. 実大サイズの供試体を、製造プロセスの自動化を図りつつ、成形接合プロセスを 10 分という高速で実施し、品質評価・強度試験を実施することで、次世代軽量フロアパネルの要求を満足することを実証する。

#### 5. 成果の達成状況と根拠

研究項目: 細胴機用製品規模の製造技術の開発

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

成果(実績)概要	達成度	達成の根拠/解決方針
(1)2,800mm×550mm の実大サイズの波板サンドイッチパネルの強度解析を実施し、機体 OEM 要求を満足するフロアパネルの設計を完了させる。	○	月産 60 機以上の生産対応可能な要素技術の検証が完了
	○	コスト算出の結果 20%低減の見通しを得た
	○	強度試験にて、既存製品比で衝撃吸収性約 40%の増加が確認された
	○	実大サイズの供試体の試験結果から、詳細解析を実施し、重量 12%低減の見通しを得た
(2)実大サイズの供試体を、製造プロセスの自動化を図りつつ、成形接合プロセスを 10 分という高速で実施し、品質評価・強度試験を実	○	・実大サイズの供試体の製造に成功、内部品質良好で機体 OEM 要求の強度試験も合格

施することで、次世代軽量フロアパネルの要求を満足することを実証する。		・1パネルあたり4分での成形接合を可能にする、成形要素技術の検証が完了
------------------------------------	--	-------------------------------------

**研究項目:熱可塑性CFRP成形・接合技術の水平展開に向けた技術検証(追加研究)**

成果(実績)概要	達成度	達成の根拠／解決方針
熱可塑性フロアパネル製造技術を展開し、異なる断面形状での製造実現性を検証する。	○	波長と波高が大きい波板を用いた、パネル供試体の製造によって製造実現性が確認された。

**6. 成果の意義**

本研究で開発した熱可塑性CFRPを用いた波板サンドイッチ構造フロアパネルは、1パネルあたり4分での成形接合が可能であり、プレス機1台でも月産60機以上の生産対応ができる。従来の熱硬化性のハニカムパネルでは達成が困難な製造規模であり、熱可塑性フロアパネルの高レート製造性は、量産体制の構築において極めて有利である。また、製造コストの面でも、既存パネルと比較して約20%のコスト削減が見込まれており、経済性においても優位性を有する。加えて、環境対応の観点からも、熱可塑性CFRPの特性により冷凍保管が不要であるうえ、熱硬化性CFRPと比較して成形時間が大幅に短縮されるため、消費電力の削減が期待できる。さらに、単純材料構成による高効率なりサイクルも可能であり、航空機のプロダクトライフサイクル全体を通じた低炭素化の実現にも貢献できる。そのため、本研究により得られた熱可塑性複合材料の成形溶着技術は、オートクレーブ成形や電磁誘導による連続溶着といった競合技術と比べ、独自性と優位性を持っており、すでに特許出願も完了している。

本技術は、機体OEMの次世代航空機向けフロアパネル市場において、当社が独占的な供給体制を構築することを可能とし、ひいては世界市場全体での主導的地位の確立に直結するものである。これにより、年間売上・輸出額の大幅な増加、関連部材メーカーへの需要拡大など、多面的な経済的波及効果が期待されており、我が国航空機産業の国際競争力強化に大きく寄与する見通しである。さらに、本研究で得られた技術アセットは、すでに「熱可塑性複合材エルロンの開発」において実装・活用されており、技術の展開性が確認されている。

**7. 実用化・事業化への道筋と課題**

量産機開発に向けた次のフェーズへ研究を移行することで機体OEMと契約を更新した。機体OEMの次世代単通路航空機のEIS(運航開始)を2030年代後半と推測しており、2035年までに量産/品質保証技術の確立を目指し、今後も開発を継続する。

機体OEMの次世代航空機フロアパネルへの適用に限らず、既存フロアパネルの置き換えや、類似構造パネルへの適用も視野に入れて研究を推進している。また、類似構造の実用化として熱可塑性エルロンの開発も進行中であり、航空機の一次構造への適用を目指している。

## 別添 3

### 研究開発項目②(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

株式会社ジャムコ

研究開発項目熱可塑性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  
:「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」

1. 実施者名、実施体制

株式会社ジャムコ

2. 期間、予算

期間: 2020年10月~2025年3月

予算: 559,233,216円(補助率:2/3) 助成金額 372,820,057円

3. 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

今後開発される次世代単通路機市場に向けて、軽量で低コストの機体構造を高レートで生産するために、機体の一次構造部材であるストリンガーやフレーム部材など、大型の熱可塑性CFRP製部材を、従来のプレス製法や熱硬化性CFRP製法等では達成が困難な、低コスト、高品質、及び高レートで製造するための成形技術を開発する。

予想される需要量は、単通路機の胴体ストリンガーが約1km/機、胴体フレームが約0.5km/機であり、今後20年間の民間旅客用の単通路機の需要は約3万3千機である。

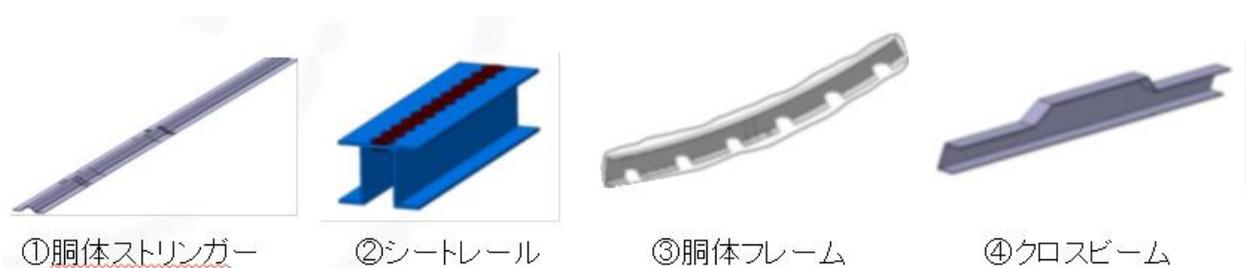


図1 適用を目指す航空機の部材

研究項目	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024
<b>研究テーマ①</b> ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発	基本形状部材の成形試験 ジョグルなどの二次成形加工試験	基本形状部材の成形条件確立 ジョグルなどの二次成形加工条件の確立	長尺大型部材の検査プロセスの検討 長尺大型部材量産への適用検討	長尺大型部品を高レート製造する為のデモ用成形ラインの設計及び製作 複雑形状化の検討	長尺大型部品の成形試験及び評価
<b>研究テーマ②</b> フレームなどのカーブド部材の成形技術開発	基本形状部材(カーブド)の成形機仕様検討及び製作	基本形状部材の成形試験 基本形状部材の成形条件確立	効果的で効率的な積層技術の目途付け カーブド部材の検査プロセスの検討 大型カーブド部材量産への適用検討	フレーム部材を高レート製造する為のデモ用成形ラインの製作	フレーム部材の成形試験及び評価

図2 目標とスケジュール

#### 4. アウトプット(最終)目標

本研究では①ストリンガーなどの長尺部材の成形技術と、②フレームなどのカーブド部材の成形技術開発の2つのテーマについて実施した。この2つのテーマに置いて下記の最終目標を設定した。

- 量産時の生産性等を評価するための生産ラインを構築し、製造技術の目途付け
- 低コストで、高レートで製造できる見込みを得る

上記最終目標に対する各テーマの細分化した目標を設定した。

##### 研究テーマ①

- 量産を想定した長尺用熱可塑連続成形装置の開発及び生産実証
- 大型化、複雑化した長尺部材の品質安定
- 長尺部材二次成形の高レート化検討

##### 研究テーマ②

- 量産時の生産性を評価する為の生産ライン構築及び成形加工技術の目途付け
- 自動積層技術の目途付け及び選定(高レート化に対応)

#### 5. 成果の達成状況と根拠

研究テーマ	成果(実績)概要	達成度	達成の根拠
①	量産を想定した長尺用熱可塑連続成形装置の開発及び生産実証	○	量産工場に設置場所を確保し、設置完了及び成形試験実施済(図4、5)
①	大型化、複雑化した長尺部材の品質安定	○	Ω型ストリンガー(5m)の生産性及び品質の安定性を確認済(図6)
①	長尺部材二次成形の高レート化検討	○	Co-consolidation製法による成形サイクル短縮の見込みを得た
②	量産時の生産性を評価する為の生産ライン構築及び成形加工技術の目途付け	○	試作機により、成形加工技術を確認(図7)
②	自動積層技術の目途付け及び選定(高レート化に対応)	○	フレーム形状の高レート生産に適した自動積層技術の選定及びコンセプトを確立した(図8)

研究テーマ① ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発

研究テーマ② フレームなどのカーブド部材の成形技術開発

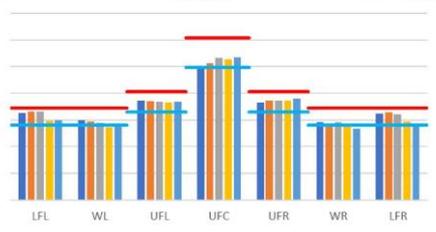
図3 成果の達成度



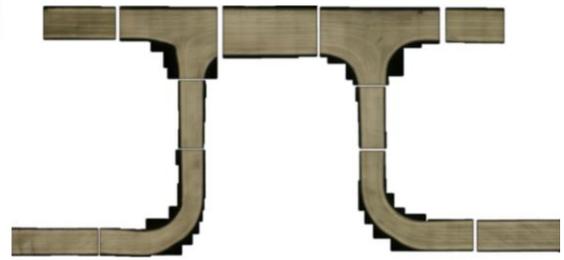
Upper

Lower

Side



概ねNominal板厚の±10%



安定した内部品質

図4 長尺用熱可塑連続成形装置の開発及び生産実証の達成

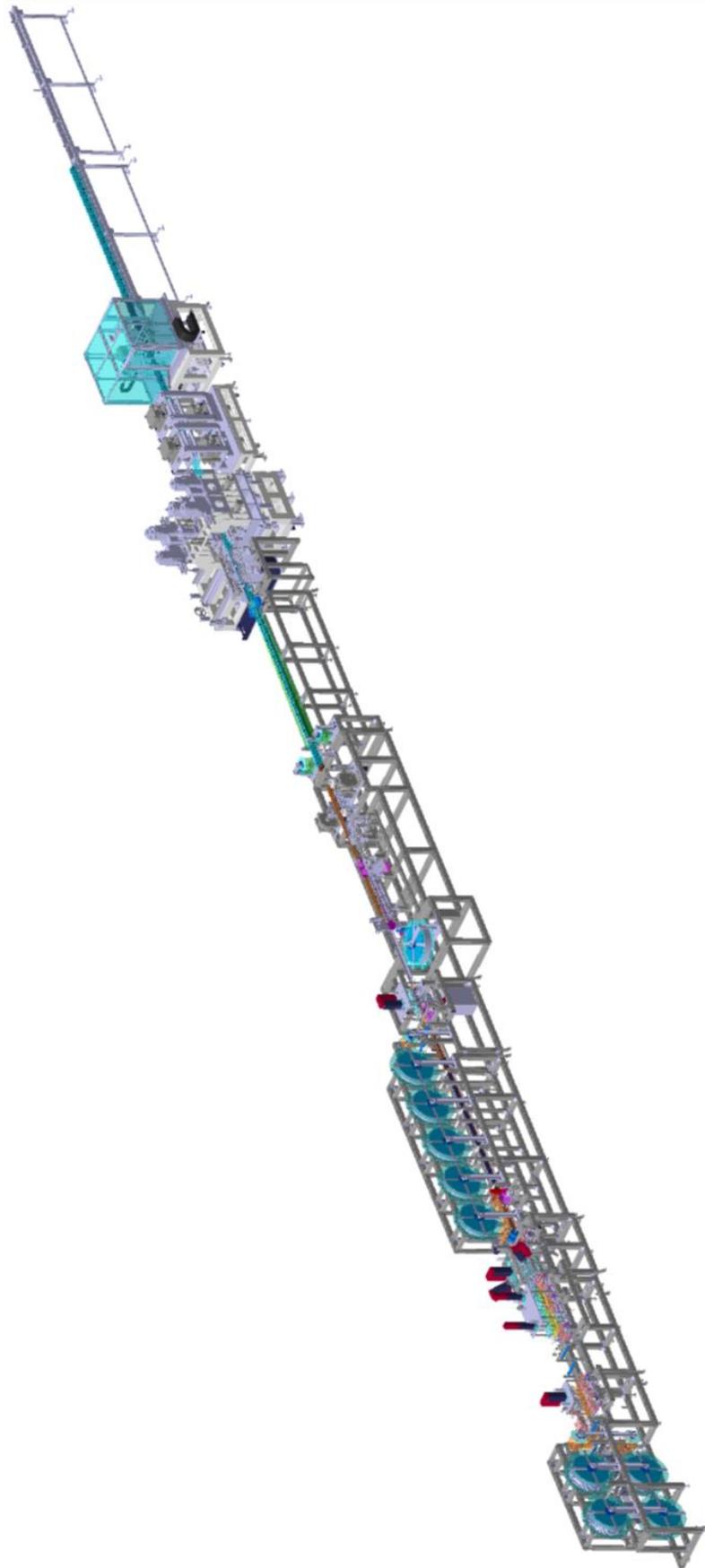


図 5 量産を想定した長尺用熱可塑連続成形装置

展示会等への出展（一部KHI様と共同）

- 2024年 nano tech 2024
- 2024年 Sampe Japan 優秀展示賞受賞
- 2025年 nano tech 2025
- 2025年 JEC Award (Aerospace process) Finalist



図 6 Ω スtringerの品質安定性確立及び成果報告

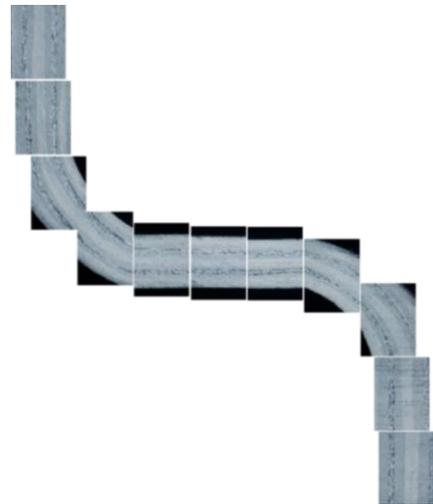
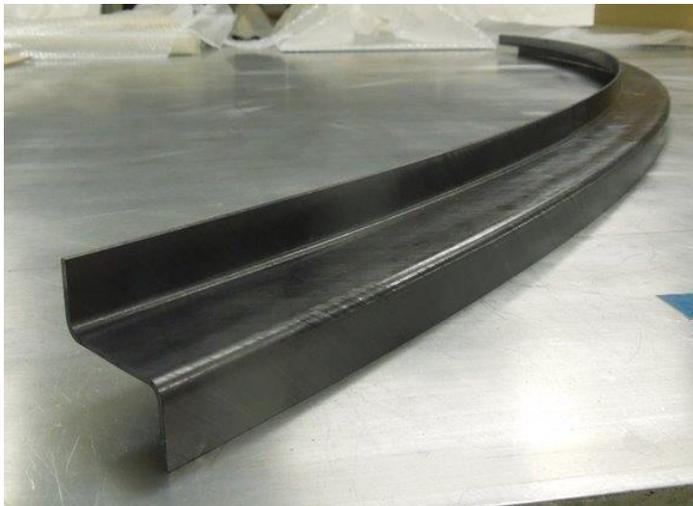
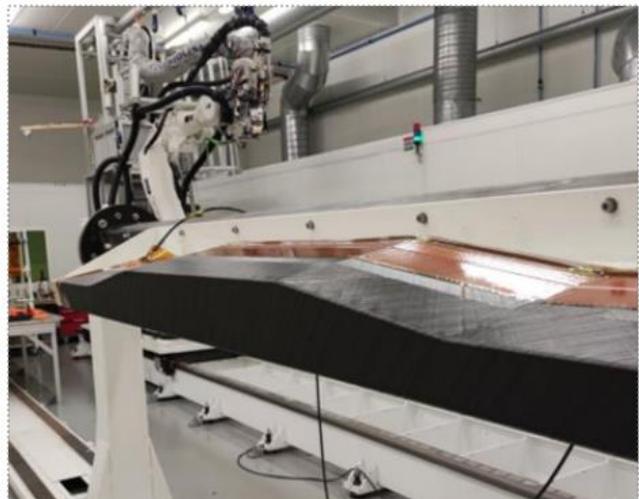
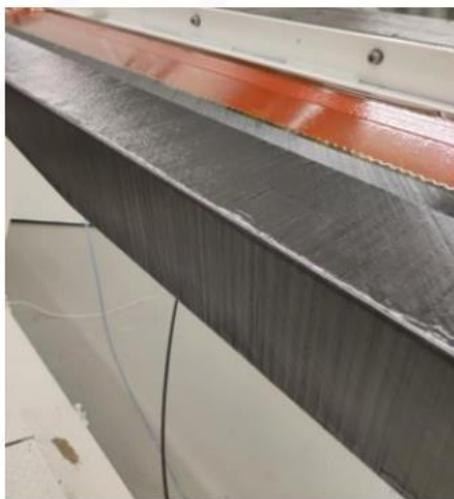


図 7 カーブドフレーム成形加工技術確立



## 図 8 フレーム形状自動積層技術の選定及びコンセプト確立

### 6. 成果の意義

#### ● 製造コスト

プレス製法やオートクレーブ製法に比べて、材料ロスや製作工数を少なくすることができ、製造コストを抑えることができる。

また、高圧プレス装置等の大型設備が不要で設備投資額も抑制することができる。

#### ● 製品

生産性と組立性等に優れた熱可塑性 CFRP が、金属部材に代替されることで、より軽量、低コストな機体構造を実現できる。

腐食性改善が改善されることにより、水回り付近や路線(熱帯地域)によって引き起こされていた定期的なメンテナンスを軽減できる。

さらにリサイクル性に優れた熱可塑性 CFRP は環境面でも有利となる。

#### ● 売上規模

民間航空機市場予測(CMO)によれば、今後 20 年間で約 4 万 4 千機の新造機が必要とされており、そのうち約 3 万 3 千機が単通路機となる見込みである。次世代単通路機においては、月産レートが 100 機程度まで増加する可能性があり、高レート対応の成形技術は不可欠である。

また、既存機や複胴機への適用が進んだ場合には、さらなる市場拡大が期待される。

次世代機が 2035 年に就航した場合、2025 年から 2040 年にかけての売上規模は、事業計画や市場動向により変動する可能性があるため、現時点で具体的な数値を示すことは難しいが、一定の規模感を持った事業展開が見込まれており、長期的な成長を視野に入れて準備を進めることで、事業としても十分な可能性を有すると考えられる。

### 7. 実用化・事業化への道筋と課題

次世代単通路機などの民間航空機向けに、本研究で開発した熱可塑性 CFRP 部材の製造技術の成熟度は TRL4 相当であり、引き続き社内研究および機体 OEM との連携を深め、TRL6 の完了を目指す。

また、機体 OEM 等との関係性を活用し、製造プロセス認証のための活動を推進すると共に、次世代機開発や新技術導入に向けた営業提案活動を強化し、実用化への道筋を作る。

さらに、広く技術の認知を促進するため、2024 年および 2025 年の Nanotech 展示会において、航空機構造部材用熱可塑 CFRP 成形品(ADP 製法)を出展し、一般来場者を含む多くの方々にご覧いただいた。加えて、KHI 様との共同開発による成果が評価され、JEC Award のファイナリスト選出および 2024 年度 SAMPE 製品・技術賞を共同受賞するなど、外部からの高い評価も得ており、事業化に向けた取り組みの一環として重要な成果となっている。

## 別添 4

### 研究開発項目②(3)

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

川崎重工業株式会社

## 研究開発項目②

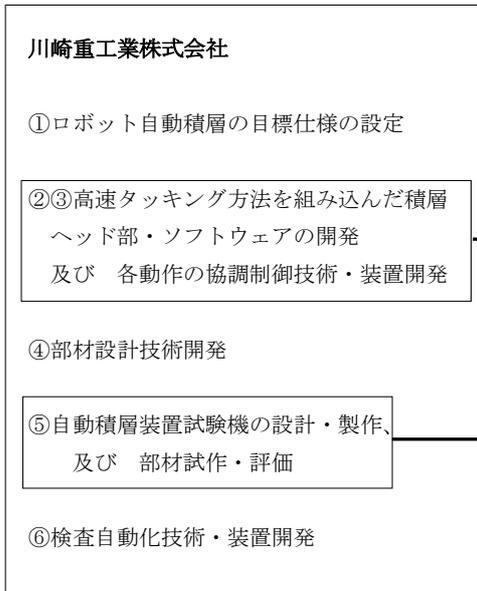
「熱可塑性 CFRP による航空機構造の大型高レートに対応した積層・成形技術の研究開発」

### 1. 実施者名、実施体制

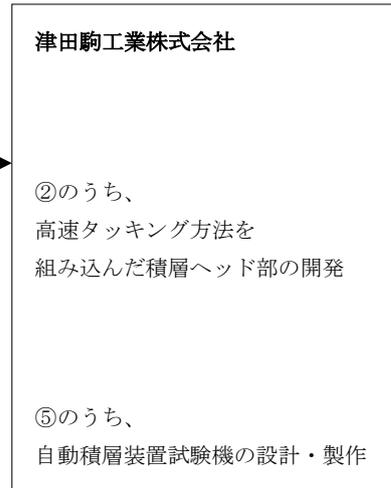
- 本事業は、NEDO の助成により、航空機及びロボットの開発・製造の実績を有する川崎重工業株式会社と、複合材積層装置開発の実績を有する津田駒工業株式会社が連携して実施した。

#### 実施項目 A) 積層技術、装置の開発

【助成先】



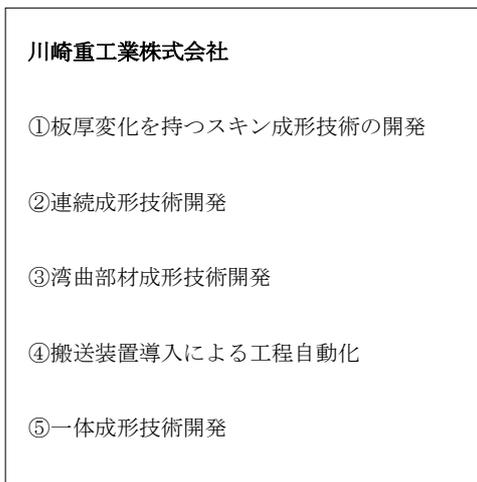
【委託先】



一部を委託

#### 実施項目 B) 成形技術の開発

【助成先】



## 2. 期間、予算

(単位:円)

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度
川崎重工業株式会社	367,955,350	392,393,000	400,000,000	400,000,000	400,000,000
(うち委託:津田駒工業株式会社)	(49,100,000)	(74,100,000)	(65,300,000)	(65,000,000)	(155,000,000)
※助成金の額	183,977,000	196,196,000	200,000,000	200,000,000	200,000,000

## 3. 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

### ● 背景と目的

- 航空機産業は、近年一層の軽量化による燃費向上、CO2 排出量削減が求められている状況にある。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熱硬化性 CFRP が積極的に導入されており、先進的な素材による構造部品開発及び成形組立技術開発等が急務となっている。
- COVID-19 発生以前の見通しでは、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 年間で、累計約 3 万 4000 機(5 兆 5000 億ドル程度)の市場規模となる見通しであった。COVID-19 の発生により一時的に旅客需要の低迷となるが、COVID-19 の終息後には将来的に同程度の市場規模となる見通しである。この中でボリュームゾーンである細胴機では、厳しいコスト要求と高レートでの量産に対応するため既存機体では金属構造が主流であり、複合材適用による軽量化が期待されている。
- 「航空産業ビジョン」では、国内航空機産業は 2030 年には売上高 3 兆円を達成すると謳われている。さらに、厳しい競争の中で進めてきた航空機産業の高度な先進技術開発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。国際的な産業競争が激化する状況下、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り、広胴機で実用化している機体構造の複合材製造の細胴機への拡大適用が期待されている。
- そのため、現状の熱硬化性 CFRP を用いた構造では達成できていない、低コストかつ高レート化に対応する可能性を持つ熱可塑性 CFRP を用いた構造部材の開発の必要性が増している。
- 本事業では、航空機に必要なコスト等の課題を解決するための要素技術開発のうち、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、熱可塑性 CFRP を用いた部材の大型かつ高レートに対応可能な新しい成形技術の確立を目指す。

### ● プロジェクトアウトカム目標との関係

- 我が国の航空機産業は、国際共同開発への参画拡大(例:B777…機体の 21%、B787…機体の 35%)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関係構築・強化の機会を模索している。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においては、環境適用性(燃

費)に優れた複合材を主要構造部に用いつつ、効率的な生産を可能とする技術開発が求められている。

- 複合材のうち、熱硬化性 CFRP を用いた既存の胴体構造の設計・製造技術は B787 に代表される機体にて当社でも実用化されており、複合材を用いることで従来の金属胴体構造に比べ整備性・安全性の面で有利となっているが、さらに熱可塑性 CFRP が航空機の一次構造に適用可能となれば、熱硬化性 CFRP に比べ将来機の製造に要求される生産性/量産性、省エネルギー/製造コストの面でも有利な見込みがある。
- 現状としては熱可塑性 CFRP の適用を前提とした技術は自動車では実用化されているが、高品質で安定した製造が要求される航空機の一次構造に対しては実用レベルに達しておらず、また自動車向けの熱可塑性 CFRP (低耐熱性/非連続繊維使用/繊維配向制御なし)では航空機に必要な強度・品質は得られていない。また、航空機構造で想定される複雑形状(板厚変化)部材に対して、熱可塑性 CFRP の高速積層・成形を可能とする技術・装置は存在しない。
- 技術動向として、欧州等では熱可塑性 CFRP を自動積層する技術の研究が産・官・学を挙げて 10 年程前から続けられている。但し、熱可塑性 CFRP 特有の技術としては、成形品の品質を確保する技術的難易度の高さ及び生産性(積層・成形速度)の低さがネックとなり、航空宇宙分野では現段階においては内装品や小型装備品の支持構造への適用に留まり、大型部材、長尺部材の量産部品への適用には至っていない。また、これまで開発されてきた航空機用熱可塑性 CFRP 溶着技術では、必要な強度・品質は得られていない。
- そのため、2019 年度から当社では「NEDO 先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/複合材マルチマテリアルによる高レート/低コストに対応した航空機構造の接合・最適成形技術の研究」(以下、「NEDO 先導研究」と称する)を実施し、一定サイズの熱可塑性 CFRP の成形や航空機品質を満たした接合の技術開発、また、熱硬化性 CFRP に対して熱可塑性 CFRP のコスト面での優位性について可能性を見出している。「NEDO 先導研究」の確認結果を踏まえ、熱可塑性 CFRP の航空機の一次構造適用に向けて、今後はより大型化かつ高レート対応できる技術を開発していく必要がある。
- これらの状況を踏まえ、本事業では熱可塑性 CFRP による航空機一次構造に適用可能な高品質の部品製造を実現し、量産レベルを想定した生産性に優れる製造技術に目処をつけることを目標とする。
- 具体的には、研究開発項目 A『自動積層技術、装置の開発』においては自動積層機を用いて連続繊維スーパーエンブラ(PEEK、PEKK 等)を必要な繊維配向で高速・高精度に曲面形状(板厚変化あり)へ積層する技術・装置を開発する。研究開発項目 B『成形技術の開発』においては、より大型形状の成形を可能とし、かつ脱オートクレーブによる高レート生産を可能とするため、コンソリデーション(加熱→プレス→冷却)時の冷却速度を制御する技術・装置の開発及びコンソリデーションを分割して連続で行う技術を開発する。また、熱可塑性 CFRP の特性を活用し高レートに対応するために、成形時に複数の構造部材を一体成形するための技術を開発する。

#### 4. アウトプット(最終)目標

- 研究開発項目 : A 自動積層技術、装置の開発

- 本研究で習得する技術の主な適用先として、航空機市場の多くを占める細胴機の胴体構造への積層を想定している。細胴機製造では高レートでの量産に対応することが求められていること

から、月産 60 機相当の高レート製造に対応できる自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度:最大 40m/min 以上、2 台以上のロボットによる積層)を目標とした。

● 研究開発項目: B 成形技術の開発

- 想定する機体サイズや構造部材配置等から、実機構造製造のために、大型成型技術の目途付けとして周方向長さ 1,000mm 以上、長さ 1,500mm 以上のスキン成形技術習得が必要と判断した。
- 月産 60 機相当の高レート生産に対応するため、一体連続成形技術を開発し組立時間の短縮を狙う。
- また、実機適用のため航空機品質を満たす成形技術を得る必要があり、強度目標を達成することで安定的な成形技術の目途を得ることを目標とした。
- さらに、実機構造では複数のスキンで胴体は構成されており、スキン同士の周方向接合技術は実機適用で重要であるため目途を得ることを目標とした。

5. 成果の達成状況と根拠

● 研究開発項目: A 自動積層技術、装置の開発

成果(実績)概要	達成度	達成の根拠/解決方針
構築した積層試験機により、目標である熱硬化性 CFRP と同等以上の自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度:最大 40m/min 以上、2 台以上のロボットによる積層)の達成を確認した。	○	試作および品質確認により達成

● 研究開発項目: B 成形技術の開発

成果(実績)概要	達成度	達成の根拠/解決方針
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 周方向長さ 1,000mm 以上、長さ 1,500mm 以上のスキン成形技術を習得した。</li> <li>● 月産 60 機相当の高レート生産に対応した一体連続成形技術および湾曲部材成形技術を開発した。</li> <li>● 強度目標を達成することで安定的な成形技術の目途を得た。</li> <li>● スキン同士の周方向接合技術の目途を得た。</li> </ul>	○	試作および品質確認により達成

6. 成果の意義

- 事業原簿【非公開】にて示す。

7. 実用化・事業化への道筋と課題

● 成果の実用化に向けた戦略

- 本研究成果の適用対象と考えている欧米 OEM の細胴機においては、高レート量産に対応したうえで、厳しいコスト要求に答える必要がある。既存機体では金属構造が主流であり、本研究により複合材適用による軽量化を狙う。コストにおいても製品の競争力を確保できるよう低コスト化を狙う。事業に向けた戦略について、より詳細を事業原簿【非公開】にて示す。

## 別添 5

### 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

東レ株式会社

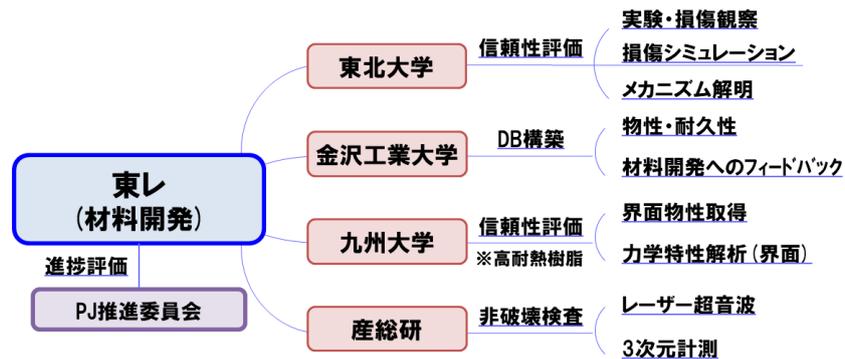
研究開発項目③：「航空機部品における複合部材間および他材料間の高強度高速接合組立技術の開発/航空機構造に適用する熱硬化性CFRP部材を高速で熱溶着する高強度接合技術の開発」

1. 実施者名、実施体制

実施者名： 東レ株式会社

共同研究先： 国立大学法人東北大学、学校法人金沢工業大学、  
国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人九州大学

【実施体制図】



2. 期間、予算

期間： 2020年10月23日から2025年3月31日

交付決定額： 1,103,518,000円

3. 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

世界の民間航空機産業は、Boeing 737MAXの運行停止やCOVID-19による輸送需要の激減による危機的状況を脱出し、再び拡大期に入ろうとしている。長期的視野に立つと、世界経済成長に伴う航空機需要では、図1に示すように今後20年間で約27,000機の新規納入が予測されており、将来の航空機産業を支える新たな技術を開発し、仕込むには今が好機と云える。

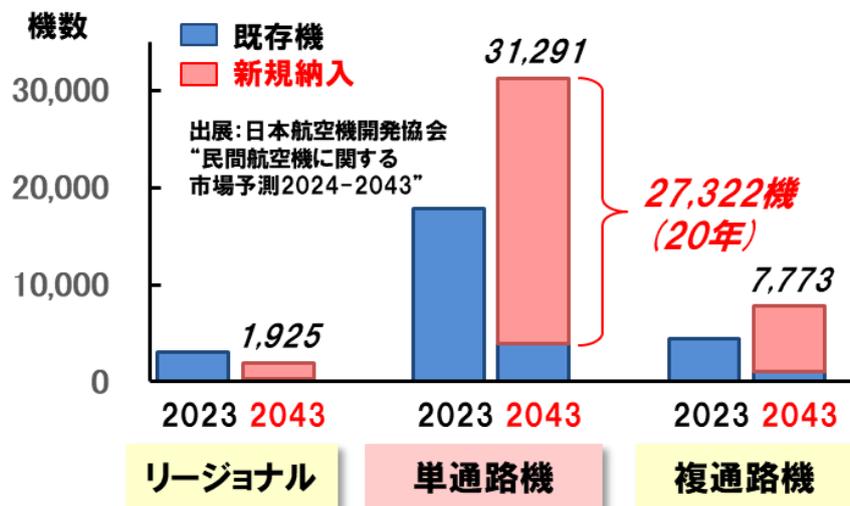


図1 サイズ別のジェット旅客機の運航機数および2043年の需要予測

ここで、将来航空機需要のトレンドを紐解くと、現行ではアルミ合金が主骨格である単通路機が新規納入機数の 60%以上を占めており、その新造機数を単純換算すると月産 110 機の生産が必要となる。しかし、生産機数の点では、炭素繊維複合材料(以下、CFRP)機体の実績である月産 24 機(Boeing 787 + Airbus A350) [1, 2]は、アルミ合金機体の月産 112 機(Boeing 737 + Airbus A320)[3, 4]に大きく及ばない。

航空機業界では将来の大型需要を取り込むべく低コスト・高レート生産への技術開発が活発化しており、CFRP 機体の生産性が根本的に改善されなければ、アルミ合金化が加速して、将来航空機のボリュームゾーンで CFRP 機体は優位性を示すことができないまま、結果として我が国の航空機産業の衰退につながる恐れがある。

欧州ではエアバス社が主導する大型国家プロジェクトを後ろ盾に、航空機構造に適用する熱可塑性 CFRP の開発と、“熱可塑”の特質である熱溶着接合を利用した高レート生産の技術開発を強化している。現在の航空機をとりまく危機的状況は、従来 CFRP 市場の勢力図を塗り替える絶好の機会であり、低コスト・高レート生産に決定的なインパクトを与える要素技術を手中に収めることで、航空機産業での優越的地位を確保することができる。

本事業の目的は、アルミ合金機体と同等以上の高レート生産を実現可能とする要素技術を開発することである。航空機産業構造の転換期において、他国に先駆けて革新的な CFRP 機体の高レート生産につながる基本技術を実証することで、CFRP 機体の飛躍的拡大を支える産業基盤を再構築し、もって我が国の航空産業における確固たる地位と圧倒的な国際競争力を確立する。

熱硬化性 CFRP 部材の製造工程において、低コスト・高レート生産のボトルネックが組立工程であることは、当該業界では周知の事実である。しかしながら、将来の航空機大型需要が期待される現状においても、高レート生産の基幹となる要素技術が提供されていない。

現状では、Boeing 787 では一機体あたり合計で約 50 万本のチタン合金製ファスナーが用いられていると言われており[5]、機体構造を構成する熱硬化性 CFRP 部品の組立には、穿孔(ファスナー用の孔開け)・ファスナー締結が不可欠である。それらの煩雑な作業に長時間を費やしているという実態があり、高レート生産達成の最大の障害とされている。また、穿孔の前工程で、接着剤での仮接合や二次成型(コボン)の接合が必要となるケースもあり、これらの工程では寸法調整や表面処理などの付帯作業を要することから、組立工程のさらなる長時間化を招いている。

一方で、欧州で長年開発を進めている熱可塑性 CFRP の部品組立では、熱可塑性樹脂の特質である可逆的な溶融/固化を利用して、熱溶着による接合が可能である。熱溶着接合は、加熱と冷却のワンパスでの接合が可能であり、接合にかかるタクト時間も飛躍的に短縮できるため、穿孔・ファスナー締結に代わる接合工法として期待されている。

本事業の目標は、機体用材料として十分な実績を有する熱硬化性 CFRP の部品を、熱溶着により接合する技術を新たな要素技術として確立し、熱硬化性 CFRP の穿孔・ファスナー締結による組立工程を限りなく削減し、アルミ合金機体と同等以上の高レート生産を実現可能とすることである。

本事業では、航空機構造に適用する熱硬化性 CFRP 部材を高速で熱溶着する高強度接合技術を開発する。本技術開発により達成する工程の概略図を図 2 に示す。

まず、従来材での穿孔・ファスナー締結および接着剤による組立工程を全面的に廃止し、熱溶着による組立工程に刷新する。工程の全体最適化を図るため、二次接合も部分的に熱溶着による組立工程に統合する。組立工程での最大の障害を解消することで、アルミ合金機体の組立工程と同等以上の高レート生産性を実現可能とする。

また、熱硬化性 CFRP の熱溶着による接合を実現することで、先行的に開発が進行する熱可塑性 CFRP との熱硬化性 CFRP の熱溶着によるファスナーレス構造も視野に捉えることができる。つまり、熱硬

化性 CFRP の部品と熱可塑性 CFRP の部品を相補的に機能の最適設計を施し、異種 CFRP の長所を取り入れたマルチ材料系構造を開発し、シームレス一体構造体として一層の構造の最適化を図るとともに、開口部のない構造として軽量性と機能・特性を最大化する。

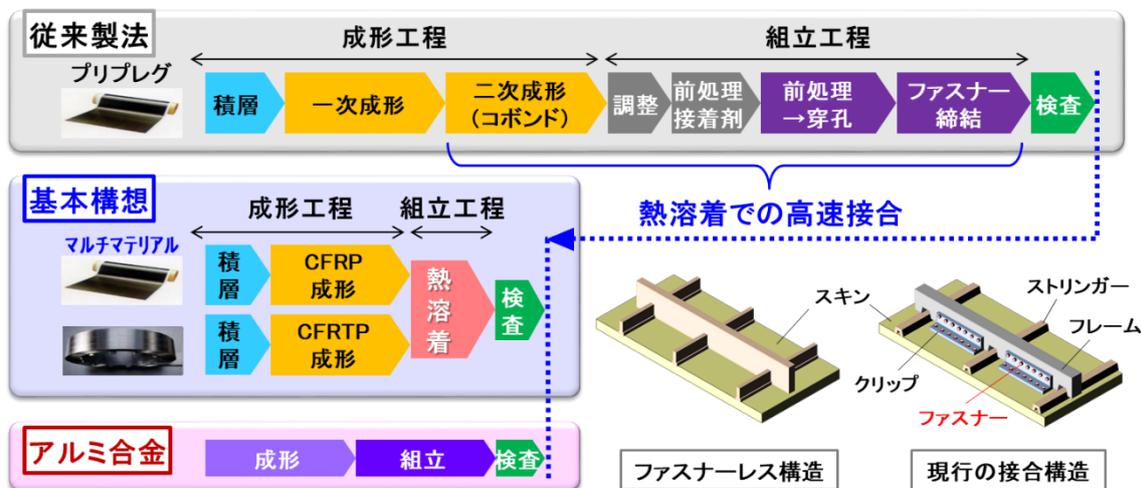


図 2 本事業によるマルチ材料系構造と組立工程

ここで、新規マルチ材料系構造を機体に適用するためには、具体的な部材仕様に応じた信頼性が必要となる。そのため、接合構造の機体への適合性を、メカニクス理論、特性データベース、数値シミュレーションから総合的に評価することによって、航空機用構造体としての成立性を検証する。将来的に、機体メーカーと共同で実施することが想定される実証試験と整合させることで、新たな認定規格を取得する環境を整える。

次に、本事業の目標を補完するために、機体構造の生産工程の全体像を俯瞰して、生産リードタイムのボトルネックと想定される工程には先んじて周辺技術を整備しておく。マルチ材料系構造を高速で熱溶着接合するシステムが完成すれば、機体の生産性が格段に向上するが、それに応じた部品数と接合部材の検査数が求められることになる。従って、成形工程では高速成形技術、検査工程では高速非破壊検査技術を検証し、高レート生産プロセスの確立を図る。

前述のとおり、本事業では、熱硬化性 CFRP 部材を高速で熱溶着する高強度接合技術を基盤として、世界でも類を見ない航空機構造部材の革新的な高レート生産プロセスを設計する。我が国は、熱可塑性 CFRP の技術開発では欧州に遅れをとっているものの、熱硬化性 CFRP の熱溶着工法を要素技術として手中に収めることにより、世界に先駆けて圧倒的な高レート生産を実現するプロセスで存在感を示し、次世代航空機のボリュームゾーンで事業拡大を優位に進めることができる。最終的に、本事業を通じてアルミ機体と同等以上の高レート生産可能な CFRP 製の機体を実現することで、航空機産業の拠点としての我が国の立場を更に強化することができる。

【出典】

- [1]週刊ウイング： <https://www.jwing.net/news/28099>
- [2]エアバス社の最新中型機 A350 XWB について： <http://www.iadf.or.jp/document/pdf/26-3.pdf>
- [3]Aviation Wire： <https://www.aviationwire.jp/archives/46869>
- [4]Aviation Wire： <https://www.aviationwire.jp/archives/266292>

[5] Francis Froes, Ma Qian, Mitsuo Niinomi. Titanium for Consumer Applications: Real-World Use of Titanium. Elsevier, 2019, P308.

#### 4. アウトプット(最終)目標

<b>全体</b>		
【目標】航空機の構造用材料として十分な実績を有する熱硬化性 CFRP の部品を、熱溶着により接合する技術を新たな要素技術として確立し、穿孔・ファスナー締結による熱硬化性 CFRP 部品の組立工程を限りなく削減し、アルミ合金機体と同等以上の高レート生産を実現可能にする。		
<b>実施項目 A-1: 熱硬化性 CFRP の熱溶着での高強度接合設計(東レ)</b>		
【目標】熱溶着試験片の接合強度が、機体構造に要求される湿熱環境試験で従来接合材と同等以上		
<b>実施項目 A-2: 熱硬化と熱可塑の異種 CFRP によるマルチ材料系構造設計(東レ)</b>		
【目標】熱硬化性 CFRP の速硬化処方に対応可能とする“プリフォーム”の開発		
<b>実施項目 A-3: 熱硬化性 CFRP の熱溶着による高速接合設計(東レ)</b>		
【目標】ワンパスの接合時間 3 分以内、厚みの寸法誤差 0.1%以下		
<b>実施項目 A-4: 機体構造部品の高レート生産プロセス設計(東レ)</b>		
【目標】機体部品の実形状を模擬した実証製作において、工程時間を算出してプロセス設計の基本構想を補強		
<b>実施項目 B-1: マルチ材料系接合部の信頼性保証(東北大)</b>		
【目標】メゾメカニクスモデルによるマルチ材料系の強度・損傷予測		
<b>実施項目 B-2: マルチ材料系の物性データベース構築(金沢工大)</b>		
【目標】マルチ材料系の接合部のデータベース構築完了		
<b>実施項目 B-3: CFRP 接合部の高速非破壊検査技術の開発(産総研)</b>		
【目標】2次元曲面を有する接合面に適用でき、かつ自動欠陥検出を行う非破壊検査システムの確立		
<b>実施項目 B-4: CFRP 溶着材の界面構造の解析(九州大学)</b>		
【目標】メゾメカニクスモデルによる高耐熱マルチ材料系の強度・損傷予測		

#### 5. 成果の達成状況と根拠

<b>全体</b>		
<b>成果概要(2025年3月時点)</b>	<b>達成度</b>	<b>達成の根拠</b>
● 航空機構造を模擬したデモンストレーター製作の工程時間として、CFRP 航空機の現行組立工程と開発技術	○	・アルミ合金機体の組立工程時間は、CFRP 航空機の約

による組立の比較を行った結果、熱溶着接合と高速非破壊検査技術によって、現行対比約 70%の工程時間短縮を実現。将来的に穿孔・ファスナー締結が削減された場合、現行対比約 90%の短縮が期待される。		40%程度(東レ推定)であり、目標を達成。
---	--	-----------------------

実施項目 A-1: 熱硬化性 CFRP の熱溶着での高強度接合設計(東レ)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>室温および湿熱環境(71°C/wet)のラップシヤ強度</li> </ul> 本技術: 室温 39MPa <u>71°C/wet 24MPa</u> コボンド: <u>室温 21MPa</u> 71°C/wet 31MPa 接着剤: 室温 25MPa <u>71°C/wet 18MPa</u>	○	・目標値を達成。 (室温または湿熱環境の低い方の値で比較)

実施項目 A-2: 熱硬化と熱可塑の異種 CFRP によるマルチ材料系構造設計(東レ)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>プリフォームに熱硬化性 CFRP の速硬化処方が適用可能であることを確認。</li> </ul>	○	・あらゆる樹脂処方に対応可能な設計のプリフォームを開発。

実施項目 A-3: 熱硬化性 CFRP の熱溶着による高速接合設計(東レ)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>クリップ/ストリンガーの3点スポット超音波溶着で、接合時間約 50 秒、厚さの寸法誤差約 0.08%を達成。</li> </ul>	○	・目標値を達成。

実施項目 A-4: 機体構造部品の高レート生産プロセス設計(東レ)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット超音波溶着システムでの高レート組立デモに成功。</li> <li>□1000mm 相当のマルチ材料系構造デモンストラターの熱溶着による組立完了。</li> </ul>	○	・目標通り。

実施項目 B-1: マルチ材料系接合部の信頼性保証(東北大)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>高耐熱マルチ材料系の OHT および OHC の実験結果を FEM で再現。</li> </ul>	○	・目標通り。

実施項目 B-2: マルチ材料系の物性データベース構築(金沢工大)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>基本処方材(汎用ポリアミド系)および高耐熱マルチ材料系の特性データベースの構築完了。</li> </ul>	○	・目標通り。

実施項目 B-3: CFRP 接合部の高速非破壊検査技術の開発(産総研)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 非破壊検査システムに自動欠陥判定機能を実装.</li> <li>● 0.01 mm の形状計測精度を達成.</li> </ul>	○	・目標の計測精度(0.01mm)を達成.
実施項目 B-4: CFRP 溶着材の界面構造の解析(九州大学)		
成果概要(2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 非対称拡散に関する拡散方程式を用いて、熱融着界面の分子鎖拡散挙動の解析を達成.</li> <li>● 熱溶着界面のき裂進展解析手法を確立.</li> </ul>	○	・目標通り.

達成度：◎大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

## 6. 成果の意義

### 【実施項目 A の総括】

熱硬化性 CFRP の熱溶着による接合強度を機体構造部材に適用可能な水準まで向上させ、熱可塑性 CFRP との相補性を備えるマルチマテリアル系構造を実現した。機体構造に適用する CFRP 部品同士を高速かつ寸法精度よく組み立てる熱溶着システムを開発し、□1000mm 相当の機体部品を模擬したモデル部材にて熱硬化と熱可塑の異種 CFRP によるマルチマテリアル系構造の生産性を実証し、高レート生産プロセスの構想を実証した。本研究開発により、機体構造の生産技術として前例のない熱硬化性 CFRP のファスナーレスによる革新的超軽量構造の実現可能性が見出され、アルミ合金機体を凌駕する高レート生産への活路が開かれた。

### 【実施項目 B の総括】

これまでに、航空機構造材での使用実績がない熱硬化性 CFRP と熱可塑性 CFRP のマルチマテリアル系構造について、機体メーカーによる構造体設計の一助となる網羅的かつ信頼性の高い特性データベースを構築するとともに、接合構造の解析シミュレーションと破壊メカニズム解析を通じて信頼性を評価した。さらに、接合部の高速非破壊検査法の基本技術を確立することで、高レート生産プロセスを補完した。プロジェクト後期では、航空機向け材料に適した高耐熱性の熱可塑性樹脂系での信頼性実証を進めるべく、高分子構造解析から材料の各界面に関する基礎データおよび知見を取得し、実証のための解析シミュレーションに必要な界面パラメーターを理解した。さらに、設定したパラメーターを基に前記解析シミュレーションを実施した。本研究開発により、材料・部材およびプロセス開発への確なフィードバックをかけることが可能になった。

## 7. 実用化・事業化への道筋と課題

本事業の研究開発成果を航空機用途で実用化するためには、航空機メーカーによる材料・プロセス認定、FAA の型式証明の取得が必要となる。一般に、航空機構造材の認定プロセスには通常 4 年程度かかり、実機試験は数百億円規模となる。加えて、国産リージョナルジェットの開発中止要因のひとつとして、安全認証プロセスの理解・経験不足が指摘されているように、そのハードルは非常に高い。さらに、本事業によって得られる成果は、マルチマテリアル系の材料・部材構造・製造プロセスと広範囲にわたり、実用化に向けては国内重工をはじめ、航空機メーカーの協力が不可欠である。

そこで、開発初期から航空機メーカーに技術開発構想を共有し、接着やファスナー工程の課題認識と本接合技術によるアドバンテージについての見解を合致させた上で検討を進めてきた。その後も航空機

メーカーからのフィードバックを反映し、実用化に直結する研究開発となるよう、継続的な情報交換を行っており、今後も継続する。

また、部分構造試験および航空機メーカーへの提案を国内重工と連携して行う可能性について継続的に議論をしている。前述のとおり、試験費用は高額のため、事業性と投資採算性について十分に精査した上で具体的な企業化計画に落とし込み、その後も定期的に評価を行い、企業化計画を軌道修正していく。

一方で、航空機への適用には上記認定や認証以外にも材料・プロセスに高いMaturity(成熟度)が要求されるため、航空機よりも実用化のハードルが比較的低い用途で技術のMaturityを向上させていくことが重要である。現時点での技術の到達レベルについて関係者へのヒアリングを行った結果、本技術に対する期待は示されているものの、Maturity向上の必要性を指摘されている。

そこで、本事業で開発した超軽量CFRPマルチマテリアル系構造とその高レート生産技術について、UAMやUAV(ドローンを含む)などのいわゆる次世代モビリティ飛翔体構造への応用展開を進めている。また、2024年度「NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」の研究開発課題「I-C1 空飛ぶクルマ・ドローン量産化時代に対応する機体長寿命化技術／CFRP製モビリティ機体の量産システム開発」を受託し、その中で次世代モビリティ飛翔体構造への適用検討を進めている。航空機対比で安全性および性能の要求を達成し易い用途での検討を通じて、2026年近傍の次世代モビリティ飛翔体における先行実用化、2035年以降の航空機への実装に向けた課題抽出、要素技術（新材料、接合技術）の成熟度向上と実績作りを進める。

## 2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

# 次世代複合材創製・成形技術開発①、②及び③ (終了時評価)

2020年度～2024年度 5年間

## プロジェクトの概要 (公開版)

2025年10月14日

# プロジェクト全体概要



## 次世代複合材創製・成形技術開発①～⑥

### プロジェクトの概要

航空機のCO<sub>2</sub>排出量削減、環境適合性向上、整備性向上といったICAO等からの要請に応えるため、複合材等の技術開発を実施する。今後の航空機需要の70%を占めると予想されている次世代細胴機の製造プロセスで必須となる熱可塑性CFRPと、熱可塑性CFRPを用いた低コスト・高レートな構造部材の成形組立技術、並びにエンジン効率向上に繋がるCMC部材を開発する。これにより航空機の軽量化とエンジン効率の向上による燃費改善を達成し、CO<sub>2</sub>排出量の削減を目指すとともに、あわせて海外OEMからの次世代細胴機の製造分担量の増加も目指す。

### 想定する出口イメージ等

<p><b>アウト プット目標</b> (一部抜粋)</p>	<p><b>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</b> アルミをCFRPで置き換えただけの従来構造とは異なる新しい機体設計コンセプトをシミュレーションにより提案するための技術を開発する</p> <p><b>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</b> 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する</p> <p><b>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</b> ファスナー使用箇所の半減およびアルミ機体と同等以上の生産技術を開発する</p> <p>※④⑤⑥は2023年度に終了のため対象外</p> <p>④超高性能SiC繊維の品質安定性向上に向けた開発 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たSiC繊維を開発する。</p> <p>⑤1400°C級CMC材料の実用化研究開発 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。</p> <p>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 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。</p>
<p><b>アウトカム目標</b></p>	<p>本事業で開発した成果が次世代航空機に搭載され、軽量化とエンジンの高効率化による燃費の改善が図られることにより、<b>2040年において、1500万トンのCO<sub>2</sub>削減</b>が期待される。</p>

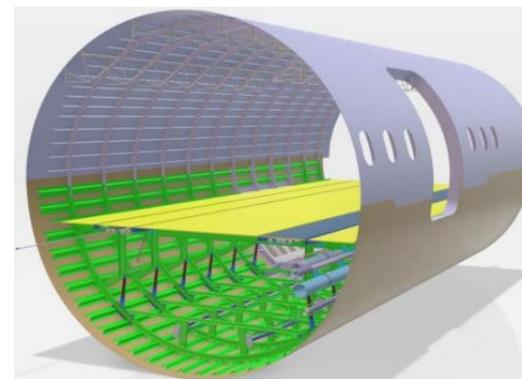
### 事業計画

期間：**2020～2024年度**（5年間）  
 総事業費（NEDO負担分）：**52億円**（委託、助成）  
 うち**①～③**：**34億円**（委託、助成）

### < 研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模 >

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
研究開発項目①（委託）	①複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術					
研究開発項目②～③（助成）	②熱可塑性CFRPを活用した高レート成形技術の開発 ③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					
研究開発項目④～⑥（助成）	④更なる高性能SiC繊維の開発 ⑤(1)1400°C級CMC材料の開発		⑤(2)1400°C級CMC材開発		⑥高レート・低コスト生産可能なCMC材料とプロセス開発	
評価			中間評価	事後評価		事後評価
予算（億円）	8.8	13.4	13.9	8.8	7.1	

# 本事業（①～③）の全体像



<https://www.iadf.or.jp/document/pdf/2023-4.pdf>

## 研究開発項目② 成形

- ②-1新明和工業
- ・フロアパネル（波板サンドイッチ構造）
  - ・客室頭上パネル

- ②-2ジャムコ
- ・ストリンガー（長尺部材）
  - ・フレーム（湾曲部材）

- ②-3川崎重工
- ・スキンとストリンガ（一体成型）
  - ・ウィンドウフレーム（湾曲部材）

熱可塑性樹脂を共用  
(東レ:T700/ LM-PAEK)

## 研究開発項目③ 接合

③東レ

- ・熱溶着可能な熱硬化性CFRP
- ・高速非破壊検査

## 研究開発項目① 設計

①東北大学

- ・シミュレーションツールの開発
- ・バーチャルテスト技術開発

- ・東北大学が事業全体を協調領域としてカバー
- ・各事業者から得たデータをデータベースに蓄積  
→シミュレーションの精度をより向上させる

< 評価項目 1 >  
社会実装までの道筋

- (1)アウトカム達成までの道筋
- (2)知的財産・標準化戦略

< 評価項目 2 >  
達成状況

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

< 評価項目 3 >  
マネジメント

- (1)実施体制
- (2)研究開発計画

## < 評価項目 1 >

# 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

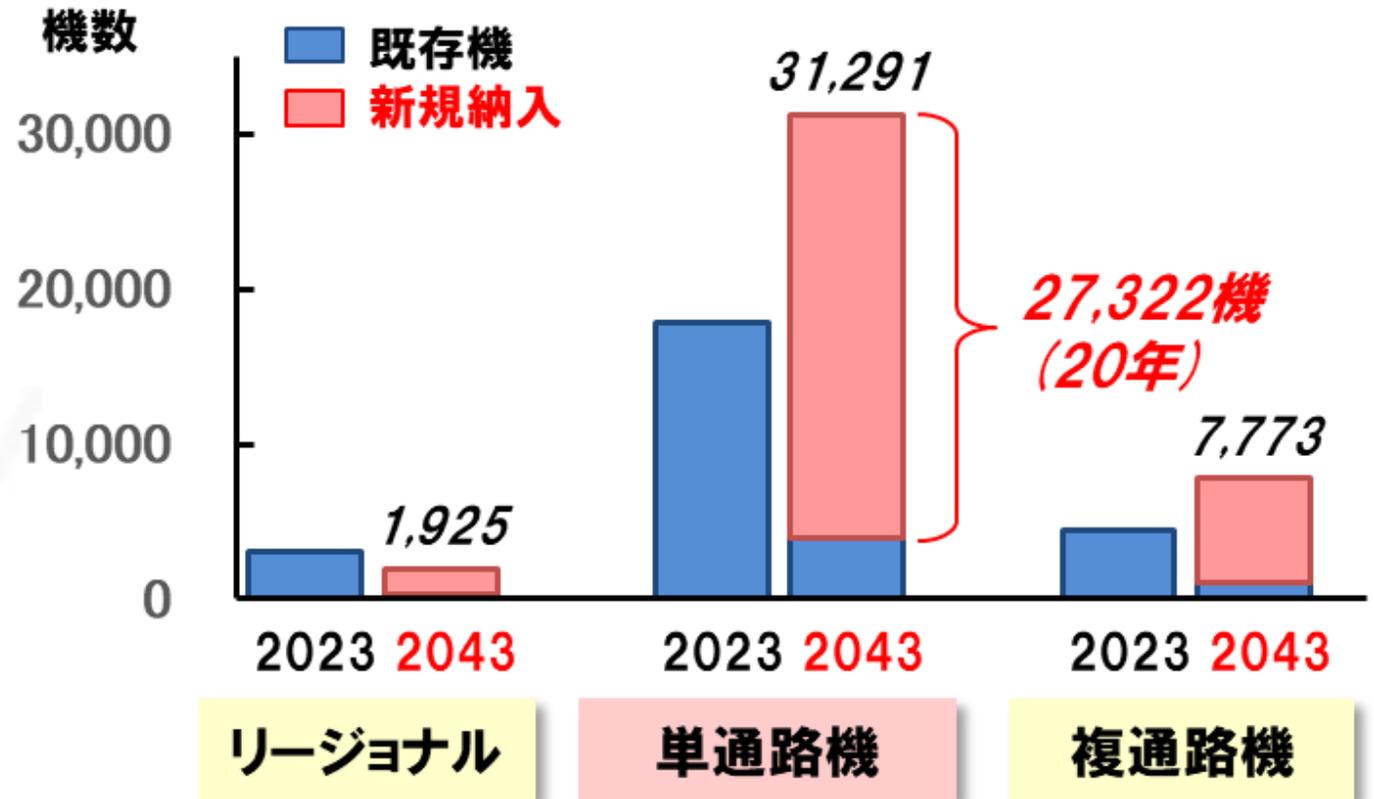
(※) 本事業の位置づけ・意義 (評価対象外)

(1) アウトカム達成までの道筋

(2) 知的財産・標準化戦略

# 本事業の背景（民間航空機に関する市場予測）

- ・世界の民間航空機市場は、コロナ終息後に旅客需要は回復
- ・単通路機（ナローボディ機、細胴機）の需要が最も大きい  
→ B737MAX、A320後継など
- ・今後20年間で約27,000機の新規納入が予測されている
- ・将来の航空機産業を支える新たな技術を開発し、仕込むには今が好機



出典：JADC（日本航空機開発協会） 民間航空機に関する市場予測 2023-2043（2024年3月）  
[http://www.jadc.jp/files/topics/196\\_ext\\_01\\_0.pdf](http://www.jadc.jp/files/topics/196_ext_01_0.pdf)

# 本事業の目的

## 【本事業の狙い】

「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CO<sub>2</sub>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。」

## 【研究開発の目標】

### ① アウトプット目標（2024年度末までに）

次世代航空機に搭載され、大幅なエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の削減に資する**先進的な構造材料及び成形組立技術を確立**する。

### ② アウトカム目標（2025年度以降）

本事業で開発した成果が次世代航空機に搭載され、軽量化とエンジンの高効率化による燃費改善が図られることにより、**2040年において、1500万tのCO<sub>2</sub>削減が期待される。**

（基本計画からの一部抜粋）

# 政策・施策における位置づけ

## 1. 「科学技術イノベーション総合戦略」、「エネルギー・環境イノベーション戦略」

内閣府が主催する総合科学技術・イノベーション会議で2017年に策定された「科学技術イノベーション総合戦略」や「エネルギー・環境イノベーション戦略」等に則り、構造材料の飛躍的な軽量化等によって航空機のエネルギー利用効率の向上を目指すために実施するものである。

## 2. 「革新的環境イノベーション戦略」

内閣府が主催する統合イノベーション戦略推進会議で2020年に策定された「革新的環境イノベーション戦略」には、運輸分野の温室効果ガス削減のため、航空機分野で燃費向上に資する機体やエンジンの材料軽量化等の開発を進めることが謳われている。

## 3. 「航空機産業戦略」

産業構造審議会 製造産業分科会 航空機産業小委員会で2024年に策定された「航空機産業戦略」において、次期単通路機開発の参画に必要な要件として今までにない高レート生産技術の開発が重要であると謳われており、本事業はこの方針に適うものである。

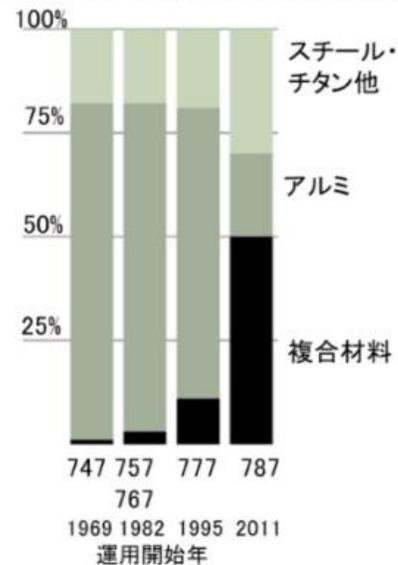
→本事業の位置づけが確認された。



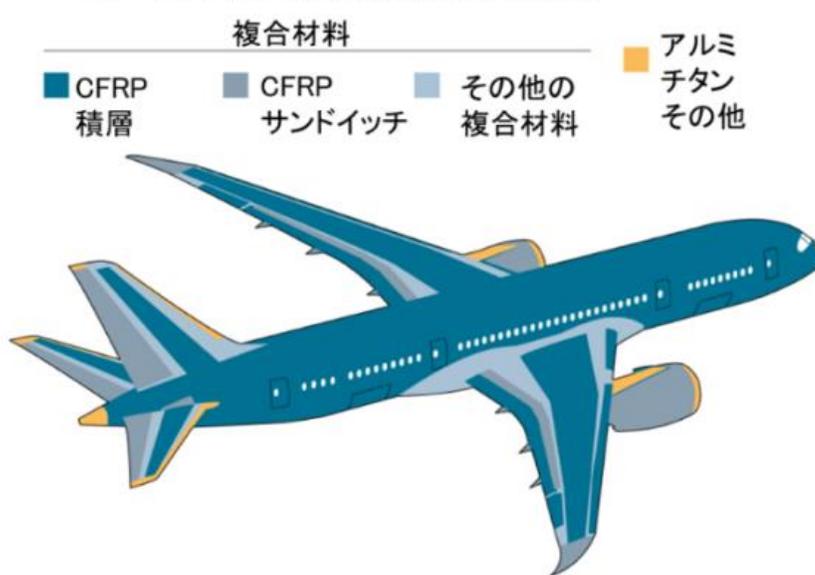
# 技術戦略上の位置づけ（熱可塑性樹脂への期待）

- ・ CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)とは、炭素繊維を樹脂で固めた複合材料であり、アルミ合金より軽量で強度が高く、航空機に幅広く使用されるようになってきた。(左図参照)
- ・ B787やA350に使用される構造材料はアルミ合金から熱硬化性CFRPに置き換えが進み機体が軽量化された。現在開発されている新型単通路機では、より生産性が高く低コストを可能にすると期待される**熱可塑性CFRP**を適用するため、世界で技術開発が盛んに行われている。(右図参照)

ボーイング機の材料適用割合

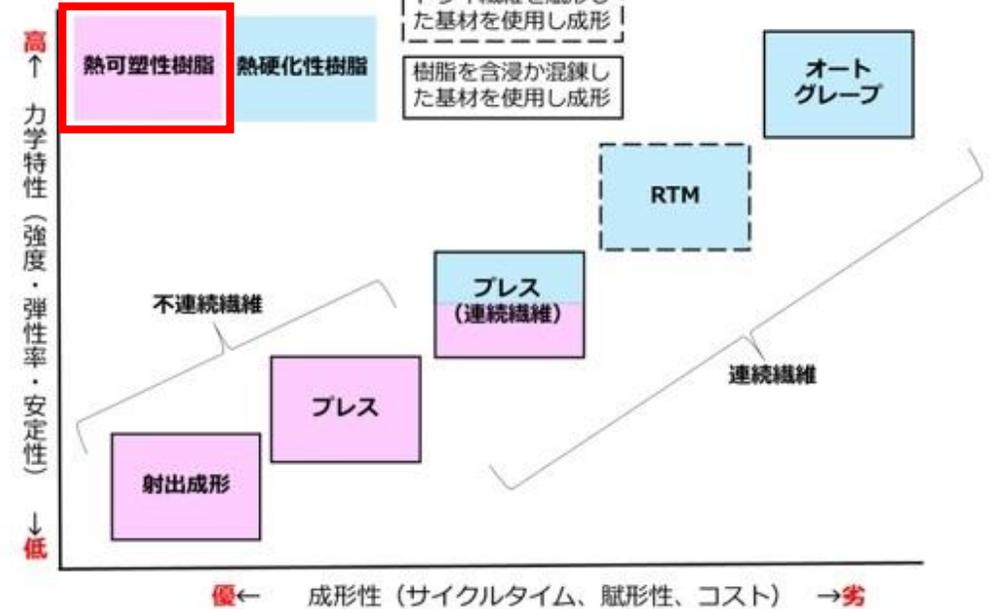


ボーイングB787の外板構造の材料分布



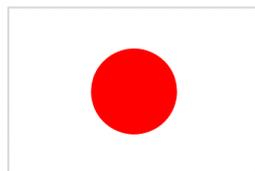
出典：(株)先進技術研究所HP

本事業の対象



出典：アイアール技術者教育研究所HP

# 国内外の動向と比較（CFRP関連の動向）

プロジェクト	特徴	技術レベル
 <p>「Clean Sky 2」 (2014-2020) 「Clean Aviation」 (2021-2031)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新型単通路機への適用 → A320後継機</li> <li>・ 熱可塑性CFRPに注力</li> <li>・ エアバス社、EASAと連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Wing of Tomorrow（エアバス）、Fuselage of Tomorrow（エアバス）、TAPAS（エアバス）など熱可塑性CFRPを用いた大型機体構造などを積極採用する研究が進んでいる。</li> </ul> <p>TRL6-7</p>
 <p>HiCAM(NASA主導)2021-</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新型単通路機への適用</li> <li>・ 月産80機製造を目標</li> <li>・ ボーイング社、FAAと連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ RTMや熱可塑性材料、非破壊検査、モデルベース工学ツールなど研究が進んでいる。</li> </ul> <p>TRL4-5</p>
 <p>本プロジェクト</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炭素繊維生産世界トップ</li> <li>・ CFRP部品生産世界トップ</li> <li>・ 新型単通路機への参画目標</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熱硬化性CFRPの材料開発と構造材の生産では世界トップレベル</li> <li>・ 熱可塑性CFRPは欧米に遅れておりキャッチアップが必要。</li> </ul> <p>TRL3-4</p>

# アウトカム（社会実装）達成までの道筋

アウトプット目標

アウトカム目標

2025

2030

2040

航空機メーカーとの連携、材料・プロセス認定、要素技術の成熟度向上と実績作り

成長のプラットフォーム

後継プロジェクト  
航空機向け革新複合材共通基盤技術開発事業(2025-2029)

TiADコンソーシアム

NEDO講座 人材育成

ボリュームゾーンにおける成長

製造工程確立・量産技術開発

新たな市場における成長

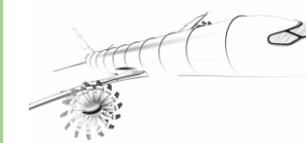
次世代モビリティに関する  
先導研究 (2025-2027)

社会実装・実用化・事業化

新型単通路機に適用



出典：BOEING HP



出典：AIRBUS HP

CO<sub>2</sub>排出  
量削減

波及効果

技術的・経済的効果

社会的効果

人材育成

本プロジェクト協調領域

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

ツール開発

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

成形技術開発

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

接合組立技術開発

# 知的財産管理

## ●知財委員会

委託事業の場合（研究開発項目①）は、委託先及び再委託先（共同実施含む）間の知財の取り扱いに関する合意事項が含まれる文書（**知財合意書**）を作成し、また、委託先及び再委託先（共同実施含む）から「**知財委員会**」を整備し、知財の取り扱いや方針等を決定する体制を整備

## ●研究成果の帰属先

NEDOの事業運営において、助成事業の実施により得られた知的財産権等の研究成果は助成先に帰属することから、事業者の事業戦略を優先する方針とする。

## ●オープン・クローズ戦略

基礎的で広く産業の発達に寄与する技術は公開（特許/論文など）  
 実用化技術（設計情報等）は非公開  
 （ノウハウ秘匿or限定開示）

## ●知的財産権の帰属

### 委託事業と補助・助成事業

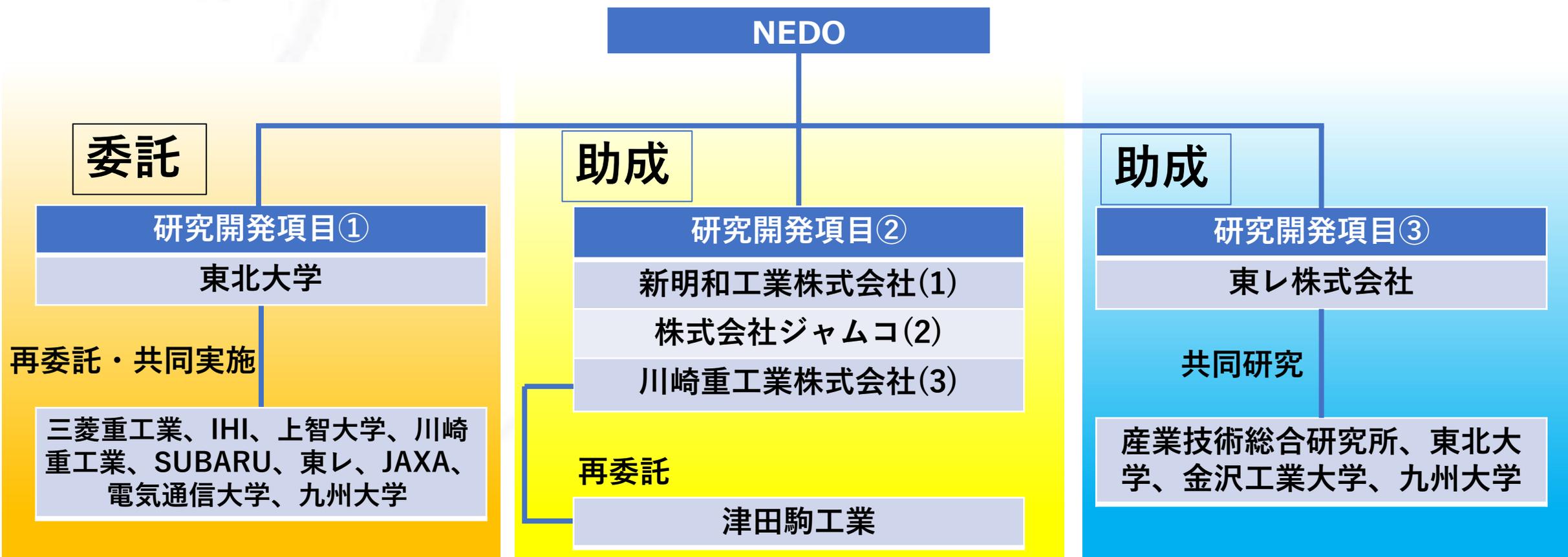
項目	委託(共同研究含む)	補助・助成
事業の主体	NEDO	事業者
事業の実施者	委託先	事業者
取得資産の帰属	NEDO (約款20条1項該当)	事業者
事業成果 (知的財産権)の帰属	NEDO バイ・ドール条項遵守の 場合は委託先帰属 (注)	事業者
収益納付	なし	あり

(注) 実証事業及び調査事業の委託では、約款上バイ・ドール条項に関する規定はない。

NEDO Web 掲載「知的財産権に関する説明資料（2022年7月版）抜粋

# 知的財産管理

- ・ 研究開発項目①は、研究項目ごとに「**知財及びデータの取り扱いについての合意書**」を締結（計2つ）
- ・ 知財合意書に基づいて設置された知財委員会において、内容を審議（弁理士が同席するなど）



## < 評価項目 2 > 目標及び達成状況

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

# 実用化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

## 「実用化」の考え方

本事業における実用化とは、当該研究開発で開発した「熱可塑CFRP」に係る設計ツール、航空機品質での部品製造技術、接合技術・サービス等が、検証と妥当性確認を明確に実行されて、実用に供される基準に達していることを実用化と定義する。

アウトカム目標	根拠
<p>本事業①～⑥で開発した成果（CFRP及びCMC）が、次世代航空機に搭載され、<b>2040年</b>において、CO<sub>2</sub>排出量を<b>1500万トン</b>削減する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2017年の細胴機1機あたりCO<sub>2</sub>排出量は約31,000ton（JADC資料から推定）</li> <li>・ 2040年の新規細胴機運行数は約6,000機（Frost &amp; Sullivan市場データより）</li> <li>・ 最大離陸重量として5%軽量化（日本航空機開発協会の試算による） →燃費は5%向上すると想定（ブレゲーの式）</li> </ul> <p>CFRP事業（研究開発項目①～③）においては、  <b>CO<sub>2</sub>削減量 = 約31,000ton × 約6,000機 × 5% = 約900万トン</b>            同様に、CMC事業（研究開発項目④～⑥）においては、約600万トン削減            →合算で1500万トン削減</p>

# アウトカム目標の達成見込み

	現状の課題	達成見込み
製品イメージ (フロアパネルなどの二次構造から将来的に一次構造材へ拡大)	海外OEMのニーズを満足させるため、世界の主要航空局からの材料・生産認定が課題。	大型部材の高レート成形+ファスナーレス組立を確立。後継プロジェクトなどを通じ材料・生産認定は達成見込み
競合技術 (熱硬化CFRPやアルミ)	性能面での優位性はあるが、高レート生産・低コスト施工技術に課題。熱硬化CFRPやアルミは既存サプライチェーンが強固で、価格競争力に課題。	後継プロジェクトなどを通じ他社を凌ぐCFRP部材の高レート生産化による低コスト化を達成し、商品化を行う見込み。認証・標準化が進めば、熱硬化CFRPに代わる主要技術候補になりうる。
量産化	大型部材では残留応力・歪み管理が難しく、品質安定性に課題。 高レート量産化技術とコスト競争力の確立に課題。	後継プロジェクトなどを通じ高レート生産に対応した量産化技術を達成見込み 床パネルや二次構造材については量産適用が十分に見込まれる。



次世代航空機に搭載され**2040年**において、CFRP事業としてCO<sub>2</sub>排出量を**900万トン/年**削減を目指す。

# 費用対効果

## 【インプット】

- ・ 事業費用の総額 約52億円 (2020年～2024年)  
うち①～③は、約34億円

## 【アウトカム達成時】

- ・ CO<sub>2</sub>削減効果 約1500万ton/年  
うち①～③は、約900万ton/年

(参考：2023年度の日本のCO<sub>2</sub>排出量は約10億1,700万トン)

[https://www.env.go.jp/press/press\\_04797.html](https://www.env.go.jp/press/press_04797.html)

# アウトプット (終了時) 目標の設定及び根拠 (①～③)

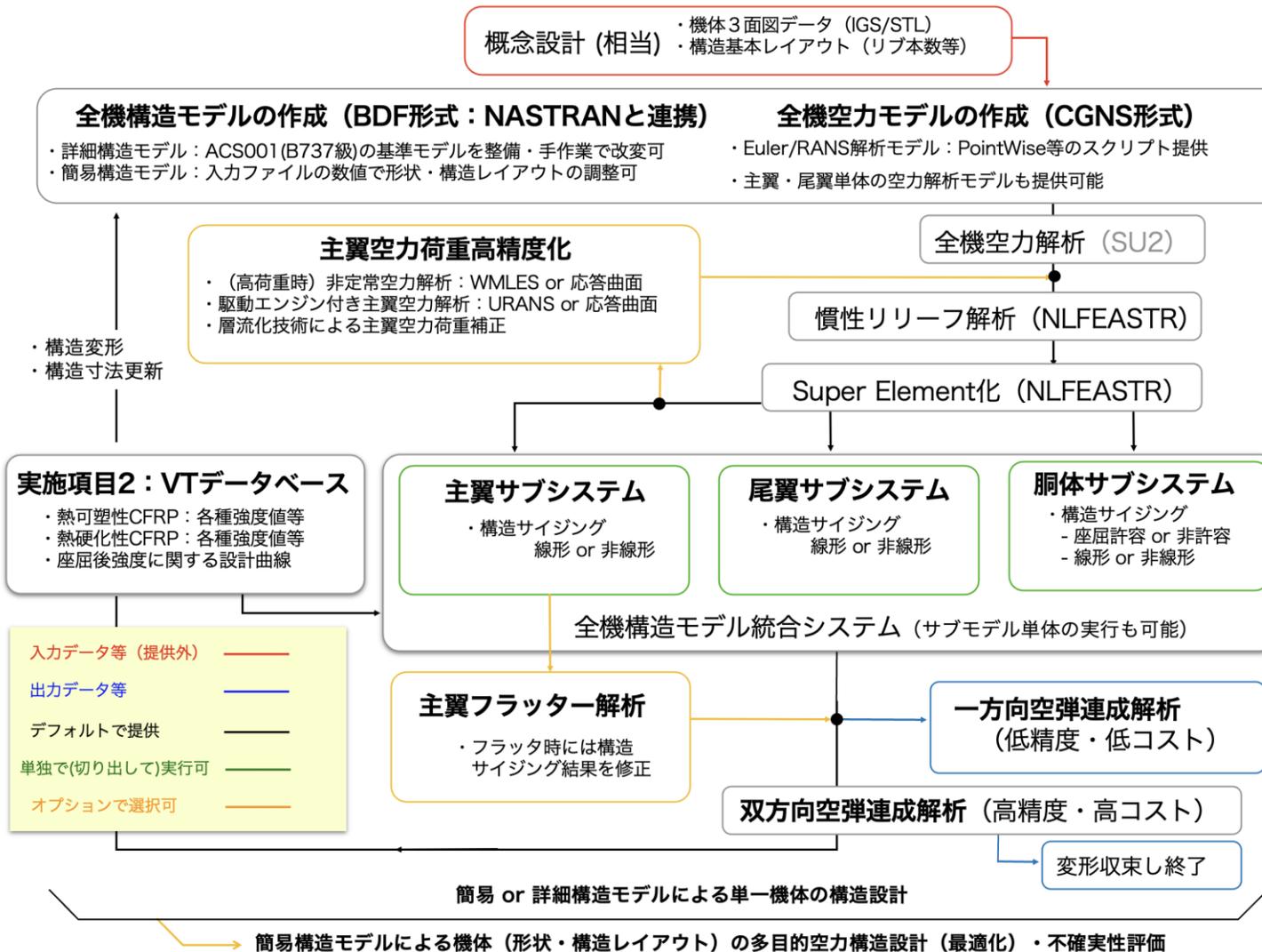
研究開発項目	基本計画に記載の最終目標 (2025年3月)	設定根拠
<p>①東北大学 「複合材時代の理想機体構造を実現する機体設計技術の開発」</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解析検証を終了し、数値シミュレーションの実用性を確認する。</li> <li>・ 数値シミュレーションツールをソフトウェア化し、最適設計技術として確立する。</li> <li>・ アルミニウムをCFRPで置き換えただけの従来の機体構造とは異なる新しい機体設計コンセプトの提案を目指す。</li> </ul>	<p>CAEの活用により、航空機設計の効率化とコスト削減が可能となり、構造認証や分野間連携の課題も改善できるため、シミュレーション技術の開発が重要である。</p>
<p>②新明和、ジャムコ、川崎重工業 「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」</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> </ul>	<p>熱可塑性CFRPの大型・複雑形状部品を高速かつ一体で成形する技術の確立が必要。これにより製造効率向上と構造設計の自由度が高まり、軽量・高強度な部品の実現が期待される。</p>
<p>③東レ 「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」</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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を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。</li> </ul>	<p>熱可塑性CFRPの特性を活かし、高速・高強度な溶着組立技術や異種材料との接合技術の開発が求められている。これにより、従来の穿孔・締結による課題を解消し、機体設計の自由度と生産性を向上させることが可能となる。</p>

# アウトプット目標の達成状況 (①東北大学)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発項目	基本計画に記載の最終目標	成果（実績）概要 (2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>次期単通路機を想定したACS001モデルに対し、全機構造設計ツールを開発し、熱硬化性・熱可塑性CFRPを併用した構造最適化を可能とした。</li> <li>開発された <b>TiAD-DX ツールはSUBARUや川崎重工で設計時間を半減し、実機提案にも活用されつつある。</b></li> <li>さらにTC1225の試験データベースとXFEM解析コードを構築し、バーチャルテスト技術を開発した。</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発したバーチャルテストインテグレーションツールを用いてOHT・CAI強度を10%以内の誤差で実験値を再現することができた。</li> <li>最適設計技術を確立し、メンバー各社の社内業務に展開されている。</li> <li>材料選択、積層構成を始め、複合材のテーラリング性を考慮したプラットフォームになっており、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のハイブリッド構造を提案した。</li> </ul>

# アウトプット目標の達成状況 (①東北大学)

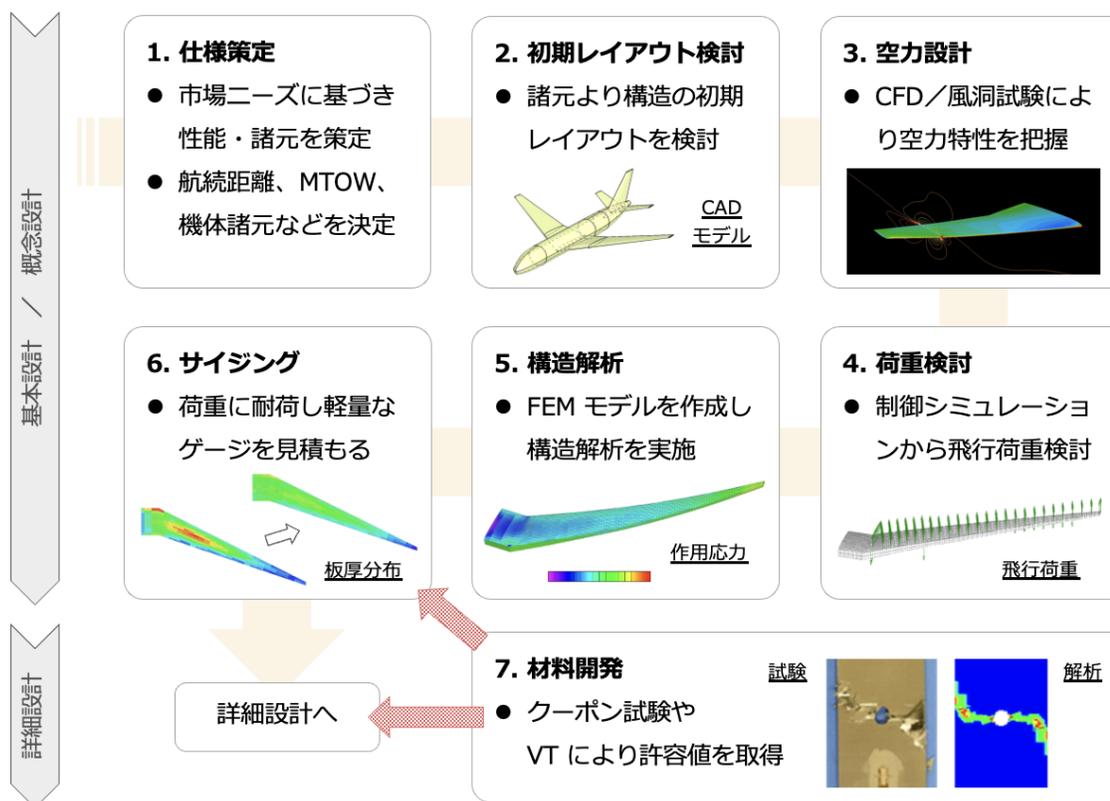


# アウトプット目標の達成状況 (①東北大学)

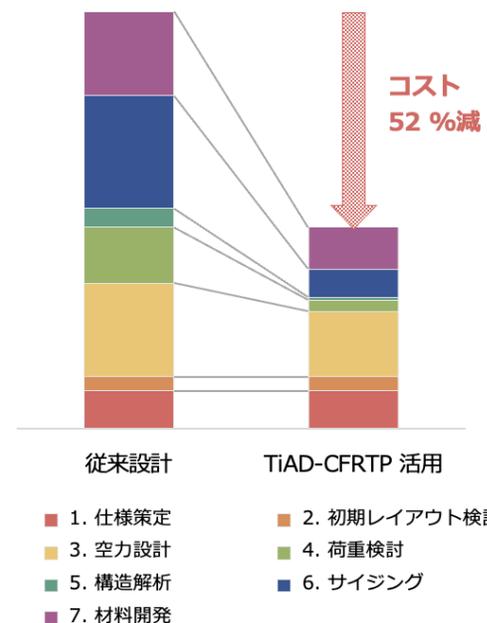
## □ (株) SUBARUでの活用想定

荷重検討・構造解析・サイジング・材料開発工程での効果が大きく、全体として **52%** のコスト低減を実現可能

項目	概要
ツール活用場面	SUBARU では主翼および尾翼の <b>概念設計～基本設計フェーズ</b> での活用を想定
作業工程	下図に示す 7 工程へ大別される
コスト低減効果	荷重検討・構造解析・サイジング・材料開発 工程での効果が大きく、 <b>全体として 52% のコスト低減</b> が可能である



- ◇ コスト低減効果の高いポイント
- CFD/FEM の自動モデリング
  - 構造解析/サイジングの自動実行
  - VT によるクーポン試験数削減



# アウトプット目標の達成状況 (②新明和工業)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発項目	基本計画に記載の最終目標	成果(実績)概要 (2025年3月時点)	達成度	達成の根拠	
②	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。	(1)2,800mm×550mmの実大サイズの波板サンドイッチパネルの強度解析を実施し、機体OEMの要求を満足するフロアパネルの設計を完了させた。	①月産60機以上の生産対応	○	月産60機以上の生産対応可能な生産技術・自動化技術の要素検証が完了した
			②コスト20%低減(既存製品比)	○	コスト算出の結果20%低減の見通しを得た
			③衝撃吸収性30%増加(既存製品比)	○	強度試験にて、既存製品比で衝撃吸収性約40%の増加が確認された
			④重量10%低減(既存製品比)	○	実大サイズの供試体の試験結果から、詳細解析を実施し、重量12%低減の見通しを得た
		(2)実大サイズの供試体を、製造プロセスの自動化を図りつつ、成形接合プロセスを10分という高速で実施し、品質評価・強度試験を実施することで、次世代軽量フロアパネルの要求を満足することを実証した。	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実大サイズの供試体の製造に成功、内部品質良好で機体OEM要求の強度試験も合格した</li> <li>・1パネルあたり4分での成形接合を可能にする、要素技術の検証が完了した</li> </ul>	

# 特許紹介 (新明和工業)

【出願情報】

【出願人】 新明和工業株式会社

【発明の名称】 パネル部材、パネル部材の製造方法、およびパネル部材の製造装置

【出願番号(出願日)】 PCT/JP2023/12434(2023.3.28)

【公開番号(公開日)】 WO2024/4301(2024.1.4)

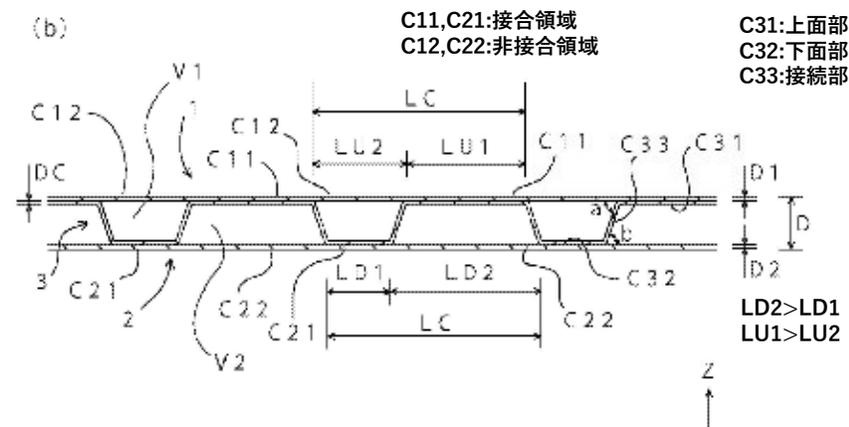
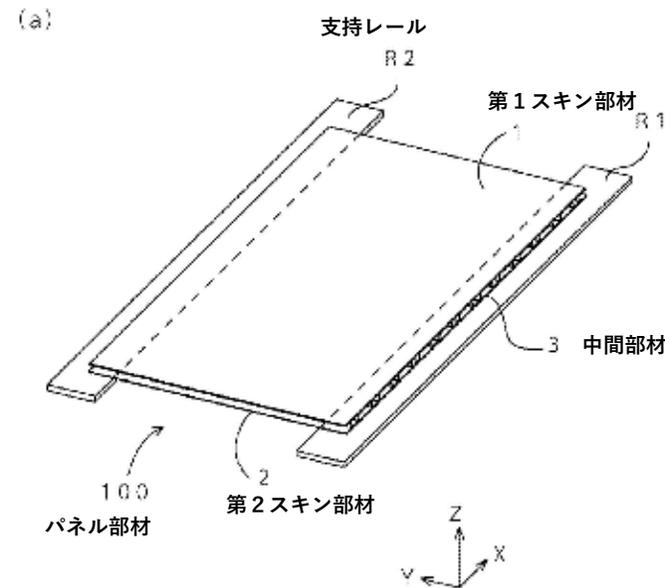
【ステータス】 各国審査中

【出願国】 日本、米国、欧州

【発明の概要】

【課題】 軽量であり、かつ、外側からの衝撃に対する強度が大きいパネル部材を提供することを目的とする。

【解決手段】 第1スキン部材1および第2スキン部材2が中間部材3に接合されていない非接合領域C12,C22を有していることにより空隙が形成され、軽量化がなされ、非接合領域C12,C22の占有割合を接合領域C11,C21よりも大きく(LD2>LD1,LU1>LU2)することで、軽量化をさらに促進でき、接合領域C11,C21の大きい方のスキン部材1, 2を衝撃を受けやすい側に配置することで、衝撃を効果的に分散または吸収することで、高い耐久性能を発揮できる。



# アウトプット目標の達成状況 (②ジャムコ)

- 研究テーマ(1) ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発  
 研究テーマ(2) フレームなどのカーブド部材の成形技術開発

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発項目	研究テーマ	成果（実績）概要	達成度	達成の根拠／解決方針
②	(1)	量産を想定した長尺用熱可塑連続成形装置の開発及び生産実証	○	量産工場に設置場所を確保し、設置完了及び成形試験実施済
		大型化、複雑化した長尺部材の品質安定	○	Ω型ストリンガー（5m）の生産性及び品質の安定性を確認済
		長尺部材二次成形の高レート化検討	○	Co-consolidation製法による成形サイクル短縮の見込みを得た
	(2)	量産時の生産性を評価する為の生産ライン構築及び成形加工技術の目途付け	○	試作機により、成形加工技術を確認
		自動積層技術の目途付け及び選定（高レート化に対応）	○	フレーム形状の高レート生産に適した自動積層技術の選定及びコンセプトを確立した

# アウトプット目標の達成状況 (②ジャムコ)

研究テーマ① ストリンガーなどの長尺部材の成形技術開発

展示会等への出展 (一部川崎重工と共同)

- 2024年 nano tech 2024
- 2024年 Sampe Japan 優秀展示賞受賞
- 2025年 nano tech 2025
- 2025年 JEC Award (Aerospace process) Finalist



特許出願

2022年 1件PCT出願 (国内1 海外3 : 合計4)

# アウトプット目標の達成状況 (②川崎重工業)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発項目	(実施計画書に記載の最終) 目標	成果(実績)概要 (2025年3月時点)	達成度	達成の根拠/ 解決方針
A-1	<p><b>【超高速度自動積層技術、装置の開発】</b></p> <p>月産60機相当の高レート製造に対応できる自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度:最大40m/min以上、2台以上のロボットによる積層)</p>	構築した積層試験機により、目標である熱硬化性CFRPと同等以上の自動積層能力(積層時の積層ヘッド移動速度:最大40m/min以上、2台以上のロボットによる積層)の達成を確認した。	○	試作および品質確認により達成
B-1	<p><b>【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】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>周方向長さ1,000mm以上、長さ1,500mm以上のスキン成形技術目途付け</li> <li>月産60機相当の高レート生産に対応した一体連続成形技術および湾曲部材成形技術開発</li> <li>強度目標の達成</li> <li>スキン同士の周方向接合技術の目途付け</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周方向長さ1,000mm以上、長さ1,500mm以上のスキン成形技術を習得した。</li> <li>月産60機相当の高レート生産に対応した一体連続成形技術および湾曲部材成形技術を開発した。</li> <li>強度目標を達成することで安定的な成形技術の目途を得た。</li> <li>スキン同士の周方向接合技術の目途を得た。</li> </ul>	○	試作および品質確認により達成

# 特許紹介 (川崎重工業)

【出願情報】

【出願人】 川崎重工業株式会社

【発明の名称】 成形装置および成形方法

【出願番号(出願日)】 特願2021-115704(2021.7.13)

【公開番号(公開日)】 特開2023-12200(2023.1.25)

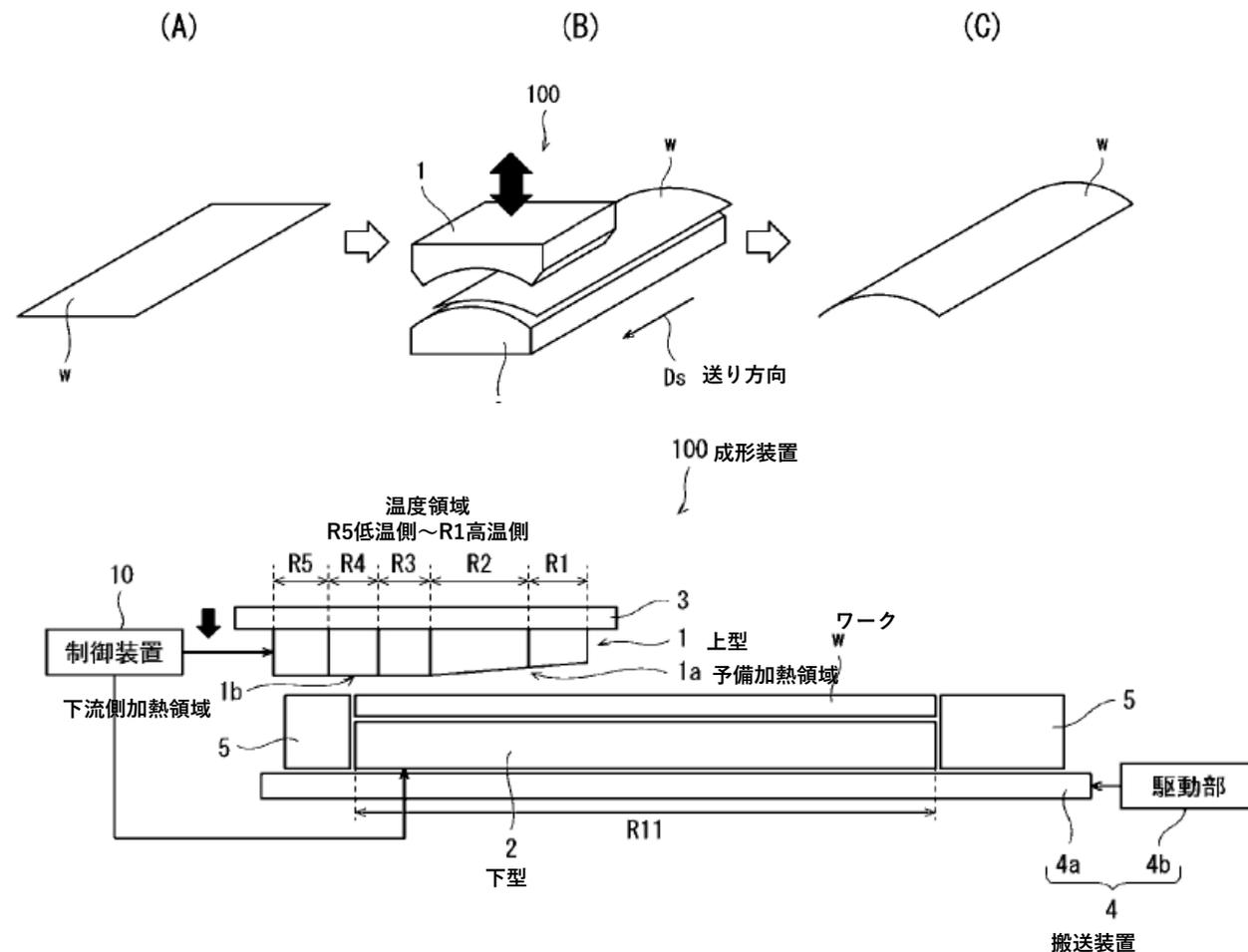
【ステータス】 審査中

【出願国】 日本、米国、欧州

【発明の概要】

【課題】 熱可塑性複合材成型における生産時間の短縮化を図ると共に、大型の被成形対象物や断面形状が変化する被成形対象物の成形を良好に行うことを目的とする。

【解決手段】 ワークWを支持する下型2が上型1に対して送り方向に相対的に搬送されることにより、ワークWにおける送り方向Dsの各部位に対する加圧を当該送り方向に順に行うことができ、温度制御された複数の温度領域が下型2において送り方向に並んで形成され、この比率が上型1と下型2の相対位置に応じて変化するので、加工工程の進行中に下型2からワークWを取り下ろすことなく、予備加熱、コンソリデーションおよび冷却の各プロセスを同時にワークWの異なる部位にそれぞれ付与することが可能となる。

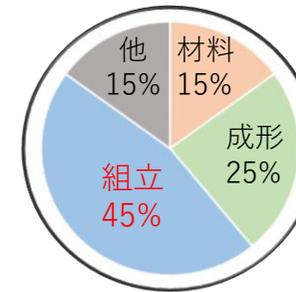
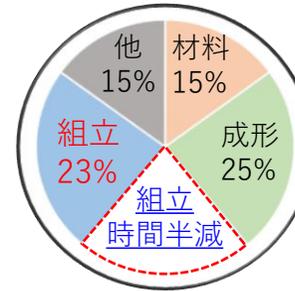
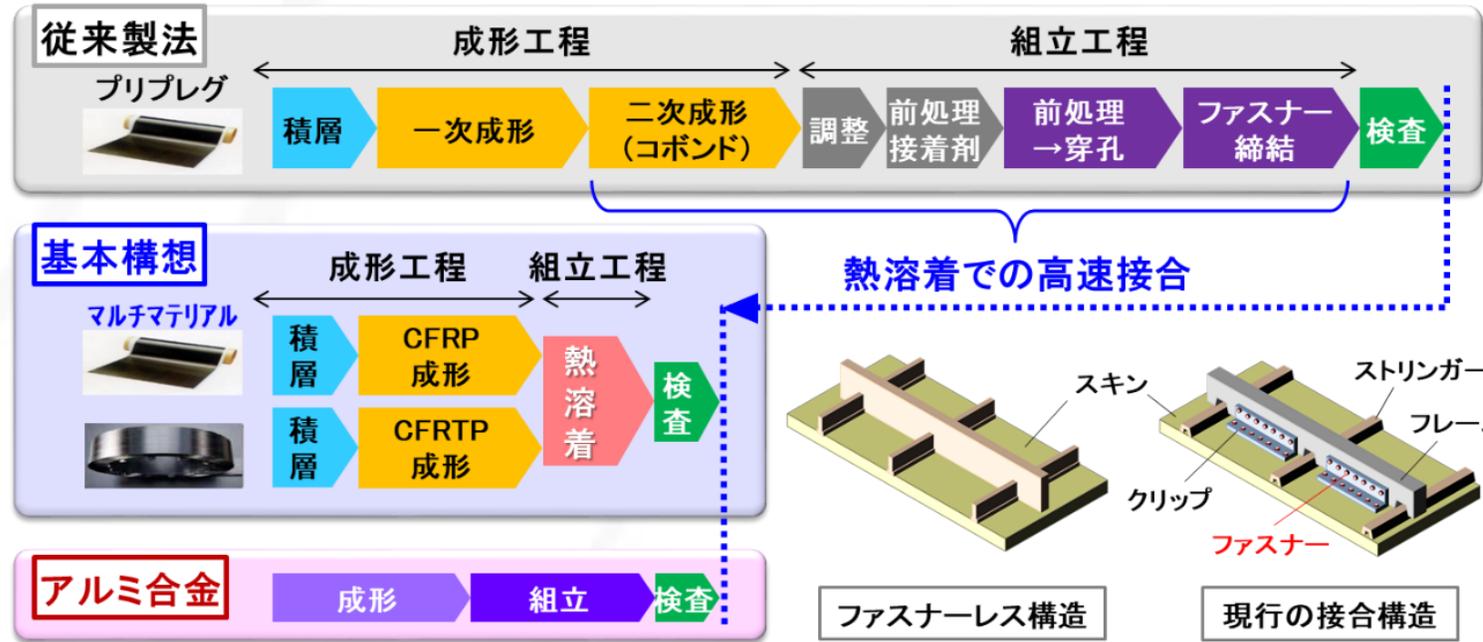


# アウトプット目標の達成状況 (③東レ)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

研究開発項目	基本計画に記載の最終目標	成果（実績）概要 (2025年3月時点)	達成度	達成の根拠
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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を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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱硬化性CFRP、熱可塑性CFRP、熱可塑射出材から構成される航空機構造を模擬したデモンストレーターの製作により、高強度高速接合組立技術を実証した。</li> <li>熱可塑溶着層の種類に関わらず、ラップシヤ接合強度30MPa以上を達成した。</li> <li>熱溶着接合と高速非破壊検査技術によって、現行対比約70%の工程時間短縮を実現した。</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発した熱溶着可能な熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPおよび熱可塑射出材との高強度高速接合を実証。</li> <li>ラップシヤ強度は、汎用PA系で39MPa、PEKK系で35MPaであり、いずれも目標を達成。</li> <li>アルミ合金機体の組立工程時間は、CFRP航空機の約40%程度（東レ推定）であり、目標を達成。</li> </ul>

# アウトプット目標の達成状況 (東レ)



# アウトプット目標（最終目標）の達成状況

【最終目標（基本計画／実施計画書）】

①熱硬化性CFRPの熱溶着技術の確立

②破壊強度30MPa以上

③アルミ合金機体と同等以上の高レート生産の実現

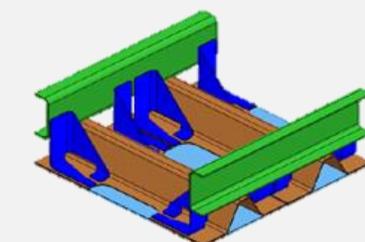
新規中間基材  
(プリフォーム)  
(A-2)

熱溶着システム (A-3)

現行対比約70%の工程時間短縮  
(アルミは現行CFRP航空機の約40%程度 ※東レ推定)

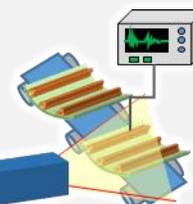
目標③達成

マルチマテリアル系構造  
(A-4)



航空機構造  
デモンストレーター

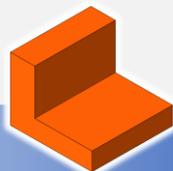
高速非破壊検査  
(B-3)



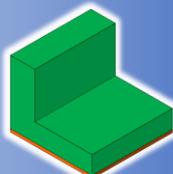
ラップシア強度  
汎用PA系：39MPa  
PEKK系：35MPa

目標②達成

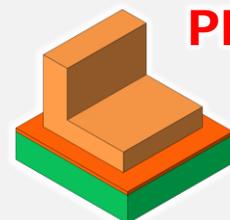
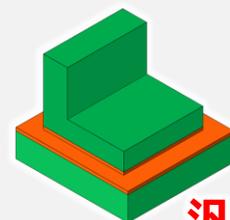
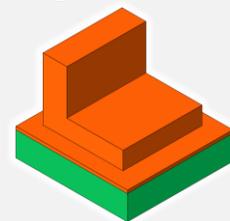
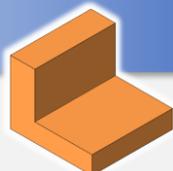
熱可塑性  
CFRP



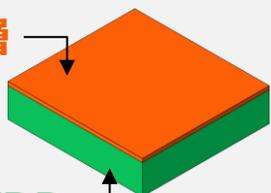
熱溶着  
可能な  
熱硬化性  
CFRP



熱可塑  
射出材



熱可塑溶着層



熱硬化性CFRP

熱溶着可能な  
熱硬化性CFRP

目標①達成

接合構造設計 (A-1) 信頼性評価 (B-1、B-4) データベース構築 (B-2)

# 研究開発成果の副次的成果等

## 研究開発項目①東北大学

- 後継事業
  - ✓ NEDO「航空機向け革新複合材共通基盤技術開発事業」(2025年度～2029年度)
- 成果物(ソフトウェア)の利活用
  - ✓ TiADコンソーシアム
    - ソフトウェアの利用拡大のための無償利用と維持更新のための有償利用の2つの利用法を用意
    - 東北大流体研のスパコン(ハードウェア)と組み合わせた共同研究の枠組みの提供
    - 教育・人材育成活動
      - 日本機械学会計算力学部門「ものづくりデジタルツイン研究会」と連携
      - キックオフシンポジウム(東北大東京オフィス、2025.2.26)
      - オンラインセミナー(2025.9.4)

# 研究開発成果の副次的成果等

## 研究開発項目②ー1 新明和工業

### 技術的・経済的波及効果：

・当該事業で得られた特許技術は、**機体OEM**の次世代航空機向けフロアパネル市場において、当社が独占的な供給体制を構築することを可能とし、ひいては世界市場全体での主導的地位の確立に直結する。これにより、年間売上・輸出額の大幅な増加、関連部材メーカーへの需要拡大、といった多面的な経済的波及効果が期待され、わが国の航空機産業の国際競争力強化に大きく寄与する見通しである。

・当該事業で得られた熱可塑性複合材料に関する技術アセットは、すでに本研究開発を発展させた「熱可塑性複合材エルロンの開発」において実装・活用されており、技術の展開性が確認されている。また本研究開発の成果が高く評価され、**新たな他OEM**と熱可塑性複合材料に関する共同研究が新たに開始しており、本事業で培った技術アセットを即時に展開することで、研究開発サイクルの加速・高度化が期待される。

### 社会的効果・人材育成：

・当該事業により実用化が加速した熱可塑性複合材フロアパネルは、①製造エネルギー使用量の低減、②機体軽量化による燃費効率化に伴ったCO<sub>2</sub>排出量の削減、③高いリサイクル性、というライフサイクル全体にわたる環境性能を兼ね備えている。これら三つの優位性によって、航空機分野における脱炭素化と循環型社会の実現に資することが期待される。

・航空機開発は他産業に比べて長期的なサイクルを有し、技術者が開発に参画できる機会に限られる中、本事業を戦略的に活用することで、若手技術者の実践的な参画機会を大幅に拡充した。これにより、若手人材の早期育成を促進し、次世代を担う高度な専門技術者の育成基盤を強化するとともに、組織全体の技術力向上に寄与している。

# 研究開発成果の副次的成果等

## 研究開発項目②ー2 ジャムコ

### 技術的・経済的波及効果：

$\pi$  型形状はシートレールだけでなく Floor grid の他の部材にも適用可能であり、水平展開の可能性が高い。また、複雑な断面であり、 $\pi$  型形状での量産化ができれば、 $\Omega$  型ストリンガーの量産化は容易にできる。自動化の為に積層装置や、検査装置を導入した場合、その工程でのノウハウが十分構築できる

### 社会的効果・人材育成：

金属及び熱硬化性CFRPを使用した構造部材が多かったこれまでの航空機に、熱可塑性CFRPを使用することで、高レート生産が可能となり、次世代単通路機を量産したいOEMの思惑に合致する。高レート生産により、使用されるCFRPの量は約1,000トン（10年間）と想定され、市場規模の拡大、関連企業の成長を促す。

また、重量軽減効果により、運用まで含めた20年間で約30万トンのCO<sub>2</sub>削減が可能となる。材料においてもリサイクル性が高いと言われている熱可塑性CFRPを使用することで、廃材を極限まで減らすことが可能で、環境にも大きく貢献することが可能となる。

# 研究開発成果の副次的成果等

## 研究開発項目②ー 3 川崎重工業

### 技術的・経済的波及効果：

開発した技術を様々な航空機構造への適用を目指すと共に、航空機以外への適用も目指す  
国内産業への幅広い波及効果を期待

- 本研究成果は、民間航空機構造のみでなく、将来エアモビリティなど、広く適用を拡大できる可能性がある。  
本事業によって得られた成果は、材料メーカー、装置メーカー等の関連企業にも広く知見をもたらすため、航空機の機体メーカーのみならず航空機産業全体、さらには鉄道車両や自動車、建築物等、国内産業へ幅広い波及が期待される。

### 社会的効果・人材育成：

- 本研究開発を通じて、国内パートナー企業と共に、国際レベルの技術を開発し、日本の複合材技術力をアピールできた。
- また、若手技術者が、失敗も含めて様々な試作や評価を経験することで、実践的育成を推進できた。

# 特許出願及び論文発表

※2025年7月末現在

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
特許出願（うち外国出願）	0	2	6(3)	6(3)	2	16(6)
論文	4	3	6	2	2	17
研究発表・講演	14	16	20	21	29	100
受賞実績	0	3	2	1	3	9
新聞・雑誌等への掲載	0	6	8	4	5	23
展示会への出典	0	0	2	3	8	13

(東北大学、川崎重工業、新明和工業、ジャムコ、東レの合計数)

## < 評価項目 3 > マネジメント

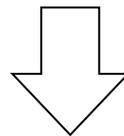
(1) 実施体制

(※) 受益者負担の考え方 (※)は評価対象外

(2) 研究開発計画

# NEDOが実施する意義

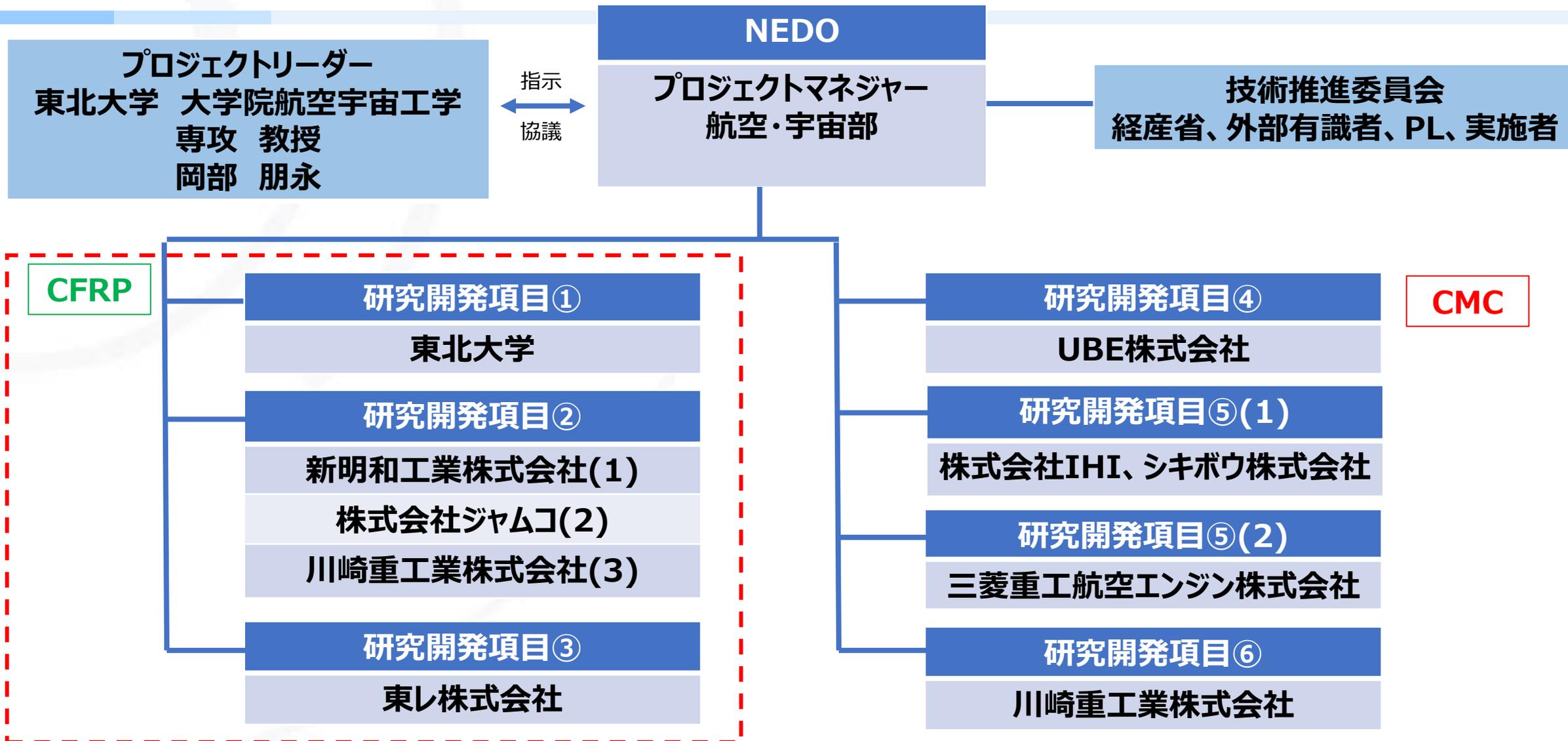
- ・本プロジェクトの狙いは、産業構造の裾野が広い航空機産業の国際競争力を維持・拡大し、これらを他産業分野へ波及させることにより、輸送機器をはじめとした様々な分野における製品の高付加価値化を進めることで日本の主要産業の競争力を強化し、新たな産業創成を目指すものであることから、NEDOのミッションと合致する。
- ・素材開発から材料、部材と航空機に採用されるまでには長い研究開発期間を要するためリスクが大きい。
- ・単独企業での開発ではなく産学官の密接な連携の下で激化する厳しい国際的な産業競争に勝つ必要がある。



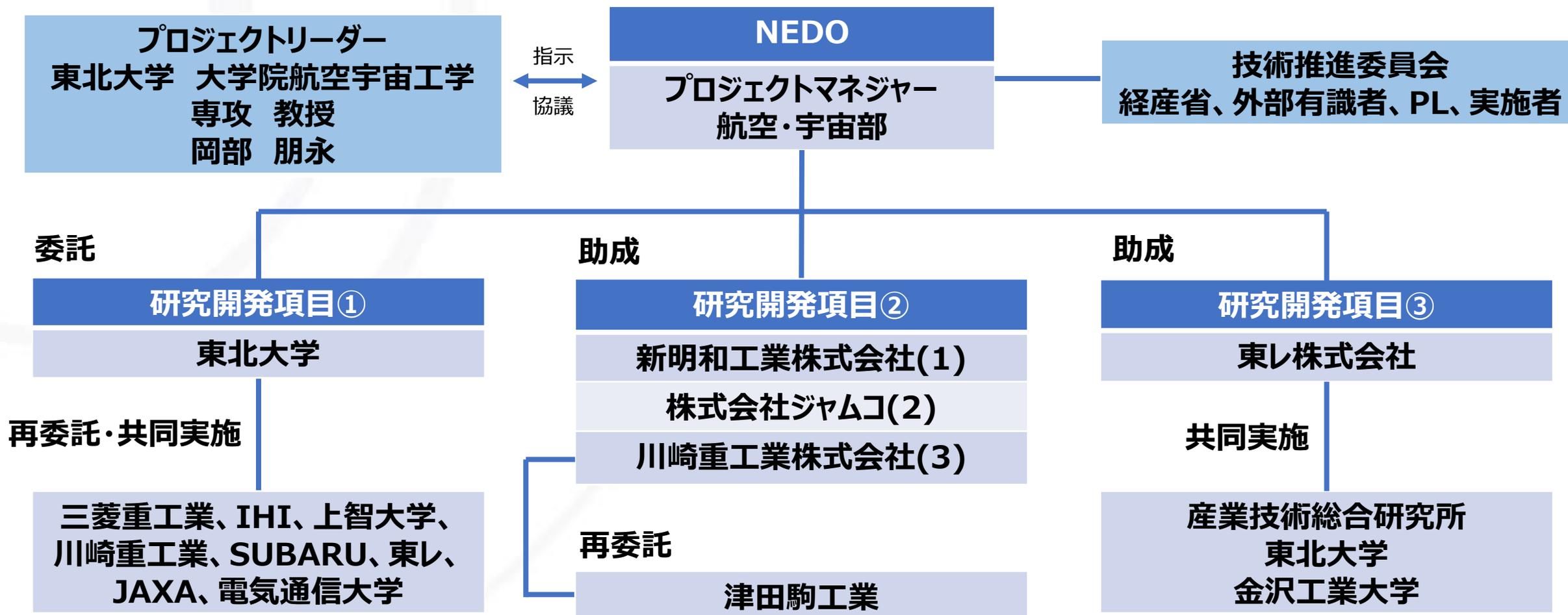
**NEDOが保有する知識・実績を活かして推進すべき事業**



# 実施体制 (①～⑥PJ全体)



# 実施体制 (①～③CFRP事業)



# 個別事業の採択プロセス

## 1. 対象：研究開発項目「次世代複合材創製・成形技術開発①」

### 2. 公募：2020年

・公募予告（2/7）⇒公募（3/10）⇒公募〆切（4/20）

### 3. 採択：2020年

・採択審査委員会（5/1）

・審査項目：NEDOの標準的採択審査項目で実施した。

- ①提案者の評価（事業遂行能力の適合性、実施体制の妥当性）
- ②提案内容の評価（技術開発計画の妥当性、優位性・新規性、実現可能性）
- ③成果の実用化（実用化・事業化計画の妥当性、優位性）

#### ・採択条件

成果の検証方法並びに成果が「様々な機体設計に活かされる」ための道筋を明確にすること。参加各機関の役割と連携を実施計画書に明示すること。現状の提案内容を維持し、公募の事業規模に見合った内容に予算を見直すこと。

#### ・留意事項

研究の健全性・公平性の確保に係る取組；公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。

## 1. 対象：研究開発項目「次世代複合材創製・成形技術開発②③」

### 2. 公募：2020年

・公募予告（4/27）⇒公募（5/26）⇒公募〆切（6/26）

### 3. 採択：2020年

・採択審査委員会（7/9）

・審査項目：NEDOの標準的採択審査項目で実施した。

- ①提案者の評価（事業遂行能力の適合性、実施体制の妥当性）
- ②提案内容の評価（技術開発計画の妥当性、優位性・新規性、実現可能性）
- ③成果の実用化（実用化・事業化計画の妥当性、優位性）

#### ・採択条件

（新明和）：実現可能性の精査のために1年目及び3年目の指標を定量化し、加えて事業化計画を具体化すること。その上で単年度の交付決定とし、2年目以降の継続はNEDOの技術推進委員会で研究進捗状況及び成果等を判断し、3年目まで延長するものとする。

（ジャムコ）：なし

（川崎重工業）：現状の提案内容を精査し、公募の事業規模に見合った内容に予算及び研究体制を見直すこと。

（東レ）：なし

#### ・留意事項

研究の健全性・公平性の確保に係る取組；公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。

# 研究データの管理・利活用

## ■ 研究データの管理

- ・ ①の事業者である東北大学は、②、③の事業者とも連携して、航空機材料に関するデータベース（プラットフォーム）を構築
- ・ 東北大学は、研究項目ごとに、再委託先（共同実施先）との間で、知財とデータを合体させた「知財及びデータの取り扱いについての合意書」を締結
- ・ 合意書においては、成果の活用のために必要な知的財産及びデータの取扱いについて定めることにより、本プロジェクトを円滑に遂行し、その成果を事業活動において効率的に活用することを目的としている。

## ■ 研究データの利活用

後継プロジェクト「航空機向け革新複合材共通基盤技術開発事業(2025-2029)」において、成形プロセスデータの収集、解析、シミュレーションを行い、プラットフォームをさらに発展させ、事業者が広く利活用できるよう検討中

# 受益者負担（NEDO負担分）

（実績ベース、単位：百万円）

研究開発項目		補助率	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
①東北大学「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」		100%	110	127	123	125	125	610
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」	新明和工業株式会社	50%	39	42	30	46	41	198
	ジャムコ株式会社	67%	49	22	58	132	113	374
	川崎重工業株式会社	50%	184	196	200	200	200	980
③東レ株式会社「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」		50%	90	258	320	204	231	1,103
合計			472	645	731	707	710	3,265

# 研究開発のスケジュール

CFRP

研究開発項目	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY
研究開発項目① ①東北大学	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					終了時評価
			中間評価			
研究開発項目②③ ②新明和工業 ジャムコ 川崎重工業 ③東レ	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 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					終了時評価
研究開発項目	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY
研究開発項目④⑤⑥ (助成事業) (CMC) ④UBE ⑤(1)IHI/シボウ ⑤(2)三菱重工航空エンジン ⑥川崎重工業	④超高性能SiC繊維の品質安定性向上に向けた開発		⑤(1)1400°C級CMC材料の実用化研究開発		終了時評価	
			⑤(2)1400°C級CMC材料の実用化研究開発			
	⑥高レート・低コスト生産可能なCMC材料及びプロセス開発					

# 進捗管理

名称	参加者	目的	開催頻度
来期計画説明会	事業者 →PL及びNEDOへ説明	各年度末に次年度計画を確認し、方針決定する	年1回
技術委員会&サイト ビジット	PL及びNEDO →事業者を訪問	研究開発の進捗状況の確認及び現場にて技術者と 意見交換する 助成先の委託先もPLと訪問し意見交換	年数回
予算執行状況調査	事業者 →NEDOに書面提出	研究開発が計画通り実施されているか予算面から 確認する	毎月
四半期報告会	NEDO担当者 →NEDO担当理事に報告	NEDO担当理事に懸案事項/課題解決状況を報告す る	四半期毎
技術推進委員会	事業者 →技術推進委員,経産 省,PL,NEDOへ説明	外部有識者と研究開発の方向性を議論する	年1回 程度

# 進捗管理：中間評価結果への対応

## < 中間評価での主な指摘事項と対応 >

	問題点・改善点・今後への提言	対応したこと
1	<p><b>事業者間の横連携</b></p> <p>①の委託事業者と②、③の補助事業者の関係性をより相互理解が進むように改善した方がよいと思われる。また、①の成果である熱可塑性CFRPのシミュレーションツールをプラットフォーム化することが必要と思われる</p>	<p>①の事業者である東北大学は、2024年10月1日にTiADコンソーシアムを立ち上げ、研究成果であるシミュレーションツールを普及させることで、事業者間の相互理解が進むような環境を整えた。</p>
2	<p><b>成果の情報発信</b></p> <p>成果を社会実装に近づけまた取り組みの理解を得るための研究発表や展示会出展等が少ないため、より積極的な発信が必要と思われる</p>	<p>事業者に対して積極的な成果の発信を促し、研究発表100件、新聞・雑誌等の掲載23件、展示会への出展13件などを行った。</p>
3	<p><b>知財戦略が足りない</b></p> <p>成果をノウハウとして個社が保持したいのは理解するが、日本の航空産業が国際的な競争力を高めるためにより連携する必要があると思われる</p>	<p>①の事業者である東北大学は、研究項目ごとに再委託先（共同実施先）との間で「知財及びデータの取り扱いについての合意書」を締結し、合意書に基づいて設置された知財委員会において、内容を審議している。</p>

# 進捗管理：動向・情勢変化への対応

日々の実施者とのコミュニケーションや情報収集を通じて動向・情勢の把握を行い、**必要な計画の見直しがないか、NEDOから積極的に働きかけを行い、計画変更を柔軟・迅速に実施。**

## ■事業開始時に想定しなかった社会情勢への対応

2021年度頃の国際的な「半導体不足」により設備や機材の納期遅延問題が発生したが、予算配分の見直しなど計画変更を適宜実施し、最終目標に影響しないように対応した。

# 進捗管理：成果普及への取り組み

## 成果普及への取り組み



nano tech 2024 (ビッグサイト)  
NEDOブースにてパネル紹介

[https://www.nedo.go.jp/events/EF\\_100167.html](https://www.nedo.go.jp/events/EF_100167.html)



**TiAD コンソーシアム  
オンラインセミナー**

主催：東北大学流体科学研究所航空機計算科学センター

2025.9.4(木) 13:00-17:00  
申込締切 8/25(月) オンライン開催(ZOOM)

参加無料

**TiAD コンソーシアム**

- 東北大学流体科学研究所航空機計算科学センターに、NEDO 航空機 CAE プロジェクト成果の社会実装を自薦し、CAE を DX につなげる活動を行う TiAD コンソーシアムを設置
- NEDO プロジェクトでは、理想機体設計に向けた (Toward Ideal Aircraft Design, TIAD) 熱可塑性 CFRP 機体統合設計システム (TIAD-CFRTP\_AI) を開発
- AI ベースの多目的最適化により航空機 CAE を機体設計に活かす革新的技術が結実
- TIAD-CFRTP ツール群を整備して、TIAD-DX ツールとして航空機産業以外にも提供
- 成果の概要をセミナー形式で紹介
- コンソーシアムの参加費は無料、メンバー加入申請募集中!

コンソーシアムメンバー加入申請サイト  
<https://forms.gle/eWd5Xkj75vVb5345>

TiAD コンソーシアム HP <https://www.ifs.tohoku.ac.jp/~nedocae/cons/>  
航空機計算科学センター <https://www.ifs.tohoku.ac.jp/ifs/>  
NEDO CAE II プロジェクト HP [https://www.ifs.tohoku.ac.jp/~nedocae/index\\_project2.html](https://www.ifs.tohoku.ac.jp/~nedocae/index_project2.html)

本事業の成果を広く普及させるため、事業者の東北大学は2024年10月1日にTiADコンソーシアムを設立し、これまで**2回のシンポジウム、セミナーを開催**している。参加者は航空産業に限らず幅広い産業、学術・学会に渡っており、今後は**後継事業で開設が予定されているNEDO講座ともコラボレーション**することで、成果の普及をより進めて行く

## 参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

**研究評価委員会**  
**「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」(終了時評価) 分科会**  
**議事録及び書面による質疑応答**

日 時 : 2025 年 10 月 14 日 (火) 10 : 30~17 : 15

場 所 : NEDO 川崎本部 23 階 2301~2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	澁谷 陽二	信州大学 工学部 特任教授
分科会長代理	横関 智弘	東京大学 大学院工学系研究科 教授
委員	小笠原 俊夫	東京農工大学 大学院工学研究院 先端機械システム部門 教授
委員	尾崎 毅志	コンポジット技研 株式会社 代表取締役・工学博士
委員	佐藤 千明	東京科学大学 総合研究院 未来産業技術研究所 教授
委員	辻 早希子	株式会社三菱総合研究所 ビジネスコンサルティング本部 兼 モビリティ・通信事業本部 主任研究員
委員	仲井 朝美	東海国立大学機構 岐阜大学工学部 機械工学科機械コース 教授

<推進部署>

金山 恒二	NEDO 航空・宇宙部 部長
井上 能宏	NEDO 航空・宇宙部 構造材料チーム チーム長
谷田 恒平	NEDO 航空・宇宙部 構造材料チーム 専門調査員
桑原 智彦	NEDO 航空・宇宙部 構造材料チーム 専門調査員

<実施者>

岡部 朋永(PL)	東北大学 大学院 航空宇宙工学専攻 教授
大林 茂	東北大学 流体科学研究所 教授
阿部 圭晃	東北大学 流体科学研究所 准教授
白須 圭一	東北大学 大学院 工学研究科 准教授
中山 慶介	新明和工業株式会社 航空機事業部 工場刷新プロジェクト プロジェクト長
中倉 拓哉	新明和工業株式会社 航空機事業部 技術部 構造解析課 課員
西村 太一	新明和工業株式会社 航空機事業部 生産技術部 加工技術課 熱可塑 CFRP 研究チーム チームリーダー
寺山 亮太	新明和工業株式会社 航空機事業部 生産技術部 加工技術課 熱可塑 CFRP 研究チーム 課員
石井 雅人	(株) ジャムコ 技術イノベーションセンター 第三キャンパスグループ 係長
栗山 俊太郎	(株) ジャムコ 技術イノベーションセンター 第三キャンパスグループ グループ長
眞鍋 健三	川崎重工業 (株) 民間航空機総括部 総括部長
島田 直樹	川崎重工業 (株) 材料技術開発部 材料開発課 基幹職
中田 幸司朗	川崎重工業 (株) 生産技術開発部 プロセス技術開発課 主事
島田 暁	川崎重工業 (株) 将来航空機計画部 将来民間機技術計画一課 基幹職
本間 雅登	東レ株式会社 複合材料研究所 シニアフェロー
小林 博	東レ株式会社 複合材料研究所 主任研究員

<オブザーバー>

前村 皓一 経済産業省 武器課 係長  
近藤 瑞穂 経済産業省 武器課  
堀 宏行 経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐  
岡田 明彦 NEDO イノベーション戦略センター マテリアルユニット 主査

<評価事務局>

薄井 由紀 NEDO 事業統括部 研究評価課 課長  
松田 和幸 NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員  
指田 丈夫 NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会
2. プロジェクトの説明
  - 2.1 意義・アウトカム (社会実装) 達成までの道筋
  - 2.2 目標及び達成状況
  - 2.3 マネジメント
  - 2.4 質疑応答

(非公開セッション)

3. プロジェクトの補足説明
  - 3.1 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
  - 3.2 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」
  - 3.3 研究開発項目② (1) 「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」
  - 3.4 研究開発項目② (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」
  - 3.5 研究開発項目② (3) 「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」
4. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

5. まとめ・講評
6. 閉会

## 議事内容（公開セッション）

### 1. 開会、出席者紹介

- ・開会宣言（評価事務局）
- ・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）

【澁谷分科会長】 分科会長を仰せつかっています澁谷です。専門分野は、機械工学における固体力学です。材料や構造の強度や変形について、マルチスケール的な観点からの研究をしております。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【横関分科会長代理】 東京大学の横関です。私は、航空・宇宙工学専攻の下、複合材構造の成形をはじめ、強度シミュレーション等の研究に携わっております。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【小笠原委員】 東京農工大学の小笠原です。私の専門分野は、機械工学の中の主に複合材料工学になります。よろしくお願いいたします。

【尾崎委員】 コンポジット技研の尾崎です。私は、CFPP 複合材料のアプリケーション開発ということで長くやってきております。また、先端材料技術協会（SAMPE Japan）の会長をしており、多分その御縁で今回評価を任せられたものと思います。利用の立場からいろいろコメントができればと思いますので、よろしくお願いいたします。

【佐藤委員】 東京科学大学の佐藤です。私の専門分野は固体力学であり、中でも、主に接着接合部の評価をやっております。今日は、よろしくお願いいたします。

【辻委員】 三菱総合研究所の辻です。私は、日頃から航空産業、材料産業の事業戦略の検討を行っております。本日は、よろしくお願いいたします。

【仲井委員】 岐阜大学の仲井です。私の専門は複合材料工学であり、中でも、成形加工、ものづくりを主としております。今日は、どうぞよろしくお願いいたします。

### 2. プロジェクトの説明

#### (1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【澁谷分科会長】 御説明ありがとうございました。

それでは、これから質疑応答に入ります。評価項目 3 つに分けて議論を行いますので、まずは 1 つ目の意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋についての御意見、御質問等をお受けします。いかがでしょうか。

特にないでしょうか。それでは、次の項目に移ります。2 つ目の目標及び達成状況について御意見、御質問はありませんか。横関分科会長代理、お願いします。

【横関分科会長代理】 東京大学の横関です。御発表ありがとうございました。大学と企業が連携して設計、製造、接合までしっかり実証研究を進めた点では、非常に申し分ない成果だという印象です。その上で目標に関して 1 点伺います。今回、各社とも月産 60 機という目標がございました。恐らく当初の予定であるとかコロナも含め、非常に様々な状況変化があったと察し、大変なマネジメントだったと思います。この月産 60 機に関して、最近ではもう少し要るのではないかという印象を持っており、今後より拡大するような方向にいくと考えます。これは NEDO 様の感覚で構わないのですが、例えば月産 100 機レベルにいかうとした際の技術障壁のようなものは各社お持ちなのか。あるいは現状のままでもいける見込みなのかといった感覚で構わないのですが、こうした技術面について、可能な範囲で御見解をお教えいただきたいです。

【井上チーム長】 感覚ということで根拠はありませんが、十分 60 機以上でも出来るのではないかという印

象を様々なヒアリングや意見交換からは感じている次第です。確かに 90 機や 100 機という話が聞き漏れてきている中、スピードが求められることは皆、業界統一の共有事項になっていますので、そちらの方向で技術革新が進んでいくのではないかという印象になります。

【横関分科会長代理】 多分、各社そのように流動的にやっているとは思うものの、そういった自信を持った御回答を伺えてよかったです。ありがとうございました。

【澁谷分科会長】 それでは、小笠原委員、お願いします。

【小笠原委員】 東京農工大学の小笠原です。御説明ありがとうございました。私も、プロジェクト全体としては非常にすばらしい成果が出ていると思っております。質問としては、スライド 16 ページ目のアウトカム目標に関するところになりますが、こちらのベースラインがどこに置かれているか明記されておりません。5%の重量低減ということですが、これは、現在のいわゆる単通路機の金属の機体に対してなのか。それとも、複合材にした際に、さらにそれに対して今回のプロジェクトの成果を入れると5%になるのか。そうしたあたりについて教えてください。

【井上チーム長】 質問は、この 900 万トンの根拠の部分でしょうか。

【小笠原委員】 そうです。5%の軽量化というのがその前にありますが、その5%というのは何に対してかという質問です。この点は、多分いろいろな人が疑問を感じるころだと思います。

【井上チーム長】 これはボーイング 737 をベースにしています。そのアルミの部分を主翼と尾翼だったでしょうか。その部分を複合材に変えた場合の数字になります。

【小笠原委員】 分かりました。つまり、複合材の機体に対するこのプロジェクトというよりは、とにかく複合材料化にするといったところでしょうか。

【井上チーム長】 そうなります。熱可塑、熱硬化関係なくというところですか。

【小笠原委員】 その上で、量産をにらむとこの技術が必須であり、この成果が大変重要である。そういう論理でよろしいでしょうか。

【井上チーム長】 そのようになります。

【小笠原委員】 分かりました。ありがとうございました。

【澁谷分科会長】 そのほか、いかがでしょうか。

それでは、澁谷から 1 点伺います。今回、熱可塑 CFRP を用いた設計ソフトウェアの開発、高レートな生産工程の改善、熱可塑と熱硬化 CFRP の溶着された部品の試作といった非常に盛りだくさんな内容であり、全体を捉えたプロジェクトになっていると思います。成果はどれも非常にすばらしいのですが、シミュレーションに関しては、この達成で終わるわけではなく、維持管理がどうしても必要になります。材料データベースは、新しい材料が増えると拡張していかなければなりません。このように、生産工程のように仕様が確定し、パラメータが決まったらそれで終わりというわけではないと思います。後継のプロジェクトといったお話もありましたが、維持管理についてはどのように考えておられるのでしょうか。

【井上チーム長】 おっしゃるとおり、そのツールをどのように活用していくかという場面で、お金の部分であるとかそういったところが現実的には重要と確かに私も思います。御説明の中で申し上げましたが、コンソーシアムを立ち上げており、今のところ無償バージョンと有償バージョンということでツールを配布するパターンを用意しています。まだ検討中ではあるものの、これから維持をしていくために様々な形で試行錯誤を行いながら進めていく所存です。

岡部 PL、もし補足があればお願いいたします。

【岡部 PL】 ありがとうございます。後継プロジェクトは、横関先生が PL になるため、その指導の下で引き継いでいく形になります。少なくとも 5 年、また、このプロジェクトは 1 個前の期でもやっていたので、10 年間やったものがさらに 5 年ということで 15 年になりますから、そこはしっかり整備していきたいと思っています。また、コロナ禍で各社少し航空需要が落ちたときに相当整備をさせていただいたおかげで、世界的に見ても非常に先進的な内容にすることができたと考えています。これ

からは、今まで出来たツールセットを世界的にしっかりと宣伝していくフェーズになると捉えるとともに、維持だけの受け身ではなく、主体的に外に打って出るということも同時に検討している次第です。

【澁谷分科会長】 ありがとうございます。適切な有償化は必要だと思います。そのほか、いかがでしょうか。

それでは、3つ目のマネジメントの評価項目に移ります。御質問等ありませんか。横関分科会長代理、お願いします。

【横関分科会長代理】 東京大学の横関です。マネジメントについて2点伺います。まず1点目は、先ほど話に上げられたツール利用に関するところです。大学でツールを開発して大学の研究室で使うのはよくイメージできるのですが、こういった基盤を整えたときに、企業利用というのは非常に大変ではないかという印象があります。このツールを開発したとき、例えば先ほどの例にあったようなツール利用を企業で使うときの御苦労であるとか、どういう形でツールを使っていたのかなど、そうした点を可能な範囲でお教えいただきたいです。具体的には、仮に大学で学生などがコーディングしたものを企業で使うのは結構大変だと考えるところで、どのような形で企業利用をしやすくしたのかなどの工夫点になります。PLからでも構いませんが、お願いします。

【岡部 PL】 我々、過去の国プロで行ったこの手のもの調べますと幾つかございます。例えばNEDOプロで行われた土井プロ、統計物理で大変有名な土井先生が作られた「OCTA」(Open Computational Tool for Advanced material technology : 高機能材料設計プラットフォーム) というものがありますけれども、このOCTAは無償で配布していますが、それをJSOLが買い上げ、今「J-OCTA」という形で発展しています。それから、SIP2期(戦略的イノベーション創造プログラム第2期)の場合は、NIMS(国立研究開発法人 物質・材料研究機構)が作った「MIInt」(Materials Integration by Network Technology)というシステムと東北大が作った「CoSMIC」(Comprehensive System for Materials Integration of CFRP : CFRPを取り扱うMIシステム)というツールセットがあります。MIIntのほうはNIMSが管理しており、共同研究ベースでツールの管理を行う形にしています。また、CoSMICのほうはCoSMICでいわゆるスピンオフ企業を1つ作り、そこがコンサルする形での利用になっています。今ここで作られたNEDOのものも、この3つの過去事例を少しずつにらみながら、どのような形でサステナブルといえますか、維持できるのかということを考えていきたいと思っています。いずれにしても、先ほど有償化と分科会長から御発言あったように、やはりどこかのタイミングで有償化をしなければ、企業に渡しただけでは使い物になりません。そこはしっかりケアしていく所存ですし、実績もあるのでできると思っております。

【横関分科会長代理】 ありがとうございます。使い易さであるとか、どのように利用するかといった点で今後ぜひ進めていっていただければと思います。

それからもう1点ですが、人材育成関係になります。スライドにもございましたが、こういったNEDOで事業をやられているということで、企業の若手、大学はいろいろな学会等に出られているのですが、企業の若手が例えば大学の方であるとか、ほかの会社の方と交流する機会は限られているような印象を持っています。私自身、企業の間人ではないため分かりませんが、今回のこういったNEDO開発の成果発表等を通じて、実際にどういった形で企業の若手の方が広く研究開発に参画されていたのか。何かしらの事例などがあれば紹介いただけるとありがたいです。

【岡部 PL】 まず、東北大の大林先生が中心で行われたほうはコンソーシアムを組んでいます。この中にはIHIを含め4つの重工全てと東レが入っており、ここで会合が行われ、確か東京駅近傍だったと思いますが、実際に集まって対面での意見交換が行われていますので、そういう意味では意見交換の場はあったものと捉えています。

【横関分科会長代理】 ありがとうございます。非常によい例になると思い伺った次第です。

【金山部長】 NEDO 航空・宇宙部の金山から、NEDO 講座に関して少し紹介いたします。NEDO 講座と

というのは、推進中のプロジェクトに人材育成の講座をくっつけるといった取組であり、そのプロジェクトで研究開発している最新の技術・知見を講座に参加されている企業の若手研究者であるとかエンジニアの方に教えていく。そして、それを企業に持ち帰って試験してみるといった形で考えております。また、今回紹介した NEDO 講座は、今回の評価対象である複合材プロジェクトの成果と今年度立ち上がった後継プロジェクトの最新の技術・データセットも含め、そういったものを企業の皆様、特に若手の方々に教えていきたいといった狙いで考えております。

【横関分科会長代理】 非常に分かりやすい御説明をありがとうございます。とても期待しております。

【澁谷分科会長】 ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。仲井委員、お願いします。

【仲井委員】 岐阜大学の仲井です。先ほど、副次的効果の中で航空機以外の適用という話が出ていたと思います。そうしたところで、このプロジェクトの成果の今後、後継のプロジェクトがあると思うものの、マネジメントをされていく中で他事業と言うべきか、航空機以外の展開という面ではどのように考えられているかお教えてください。どのように質問すべきか分からないのですが、許容といったところで伺えればと思います。

【井上チーム長】 NEDO としてどのようにいくべきかといった趣旨でしょうか。

【仲井委員】 そうです。

【井上チーム長】 航空機関連の技術というのは、ものづくりの頂点ともいえるので、様々な精細技術が詰まっています。波及することは非常にウエルカムであり、多方面に広がっていければよいと NEDO としては考えています。ですので、もっと自動車にも使いたい、ドローンにも使いたいなどといった様々なニーズがあれば、そのニーズを丁寧に拾い上げ、NEDO として支援を行えたらと考えております。

【金山部長】 航空・宇宙部の金山から若干補足いたします。私も航空産業に詳しいわけではありませんが、この業界というのは、御案内のとおり、1つの研究開発が機体に装備される時間軸が 15 年から 20 年という間隔になりますので、この NEDO プロの成果も、その社会実装されるまでの間にしっかりと研究を維持及び発展させていく取組が各社必要と思っております。そういった意味では、航空機に装備されることと並行に、他産業にもしっかりと適用することを考えていかないと技術が進化しませんから、そうした観点も含め、航空機の技術開発に取り組むべきと考えております。以上です。

【澁谷分科会長】 そのほか、いかがでしょうか。尾崎委員、お願いします。

【尾崎委員】 コンポジット技研の尾崎です。成果の活用及び普及という観点で 2 つ伺います。まず 1 つは、この成果を使ってもらえるということを考えますと、最終的には 2040 年代、国産の航空機に適用というのを見据えるところと思いますが、多分その手前で、海外の航空機、機体に対する OEM での普及というのを当然考えられていると推察します。そうしたときに、海外向けの成果の発表であるとかアピールというものにどの程度力を入れられているのか。特許出願のところは 16 件、うち海外出願 6 件とは記載されていますが、例えば展示会、一部 JEC でアワードを取られたという話はあったものの、先ほど申し上げた例えば海外の展示会、エアショーに対するアピールについて実際になされたこと、あるいは今後どのように考えられているのかをお教えてください。

【岡部 PL】 私のほうからお答えします。現状ですが、大林先生が中心となったところでのワークショップがワシントン大学で行われました。ワシントン大学は、ご存じのようにボーイングのセンターを持っております。バックヤードですから、ボーイングの方々も来られています。もちろん重工の方々、東レもパイプラインを持っていますが、私たちもパイプラインを持っているという状況です。また、私自身がワシントン大の連携教授でもあるため、本日の朝も行いましたが、彼らと定期的に会話をしており、その中では、ボーイングに我々の成果に関して説明をしています。彼らからも、サンプラスチックには興味があるという話もいただいています。そして、この手の内容はカナダの University of British Columbia (UBC)、バンクーバーが非常に強く、UBC とも連携を取っております。我々の取組に関して、西海岸中心になりますが、世界的に発信をし、連携を進めていくといった取組をしているところです。それから、ここに参画してくださった新明和やジャムコに関しては、非常に多くの海外の展示会に

出されています。特に川崎重工とジャムコに関しては、今回賞もいただきました。そういう意味では、我々のプレゼンスについて、コロナの時期には航空業界の温度が少し下がり、熱可塑に対する関心度も同様でしたが、コロナ明け、また3日ほど前には「737のゴーサインが出るのではないか」という話がウォール・ストリート・ジャーナルで報道されています。そうすると、やはり60機、80機という話で、熱硬化性樹脂だけで本当に造るのかといったところが課題になります。そうしたところで、きっとまたここで培った技術が注目されると思いますから、気を緩めることなく、このプロジェクト終了後もしっかり発信していけるように心がけていく所存です。

【尾崎委員】 ありがとうございます。37ページにおいて、海外を意識されている特許出願だけの記載になっていますから、ここに例えば受賞であるとか展示会、新聞、雑誌というところも載せられているとよいと思います。

それからもう1点ですが、項目②はジャムコ様、川崎重工様、新明和様がそれぞれ成形技術の開発をされてきています。これは、各社内で実用化を進めていくというのは当然だと思うものの、そういう成形技術をNEDOから、いわゆる他の企業が活用できるような形で何か普及させるような道筋というのはございますか。

【井上チーム長】 一般的に想定された海外のOEMに対する技術開発だけでなく、一般的にどのようにその技術を広めていくべきかといった趣旨で合っていますか。

【尾崎委員】 そうですね。基本的には、成形技術というのは各社内でしっかり保有して抱えているものから、あまり他社に分け与えるものではないと思うものの、そのあたりどのようにお考えなのかといった趣旨になります。

【井上チーム長】 例えば、先ほど紹介した新明和はフロアパネルに特化しています。具体的にすでにOEMから受注をしていて、実際にOEMの要求に従って技術開発しています。ただ、OEMの要求があるという制限がある中でも、共通といいますか、他の技術にも転用できるものがあるため、そういったところは特許として出願を行い、ほかにも転用するといった道筋はあり得ますし、そうすべきとも思います。川崎重工も実際に特許を取るなど、OEM要求以外の部分で活用できる道をしっかりと計算に入れて技術開発を進めていっているのではないかと考える次第です。

【尾崎委員】 ありがとうございます。

【澁谷分科会長】 それでは、ここから評価項目にかかわらず御質問をお受けいたします。佐藤委員、お願いします。

【佐藤委員】 科学大の佐藤です。非常に単純な話ですが、現状、熱硬化の機体を造るときに接着しているパーツがあったとして、接着だけではアメリカでは恐らく許されておらず、必ずファスナーを打つことが前提になっていると思います。このプロジェクトは、そういうファスナーレスをある程度目指されているということで、その場合は、熱溶着であればファスナーがなくても許されると考えればよろしいのでしょうか。海外の規格であるとかルールの問題になりますが、伺います。

【井上チーム長】 完全にファスナーレスというのは難しいと聞いています。あくまでファスナーの量を少しずつ減らしていき、最終的にファスナーレスになるかは分かりませんが、必要なところを少しずつ減らしていくという技術思想です。全くなしにするというわけではないと思います。

東レ様、今の点についていかがでしょうか。

【本間シニアフェロー】 東レの本間と申します。ファスナーレスは可能かという観点ですが、完全にファスナーを全て排除するのは恐らく難しいと考えており、どれだけファスナーを減らせるかといったところが1つの技術方針ではないかと思っています。部材にかかる荷重方向に対して強いところと弱いところがございますので、それに応じた削減効果というのも考えながら研究開発を進めてきたつもりです。以上になります。

【澁谷分科会長】 ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。

ご質問はないようですので、議題2に対する質疑応答を終了といたします。

(非公開セッション)

3. プロジェクトの補足説明

省略

4. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

5. まとめ・講評

【仲井委員】 岐阜大学の仲井です。まず、岡部先生をはじめ、このプロジェクトをここまで推進されてきました関係者の皆様の御尽力に対し、心から敬意を表します。本日よいところを3つ上げていただきましたが、お聞きしていて設計と成形と接合が一体になって進められている点について非常に印象的に残りました。また、共通材料を基盤とした連携体制も大変よく機能していると感じます。一方、成形分野のほうでは課題が少しあるとは思うものの、新明和様、ジャムコ様、川崎重工様といったそれぞれ各社が異なる部材に対して異なるプロセスを担当され、明確に役割分担もされた中で目標及び成果を確実に上げられものと思っております。そこに材料メーカー様が加わることで、材料、界面も設計できるといった話も本日ありましたけれども、材料設計から成形接合まで一貫して捉えられる体制が整っているというのは、成形の理解、プロセスの理解の深さにもつながっているといった非常に強みのあるチームだと考えます。今後は、こうした知見を基に、特に岡部先生おっしゃられていた成形の普遍的な成形指針、あるいは設計データといったところが一般化していくとよりよくなるのではないのでしょうか。今回は、共通材料として1種類に対する高い完成度ということでしたが、個人的には様々な熱可塑性樹脂であるとか異なる材料系に対しても展開していただけると、汎用的に設計、あるいは特に成形技術の発展がしていくと思っておりますので、ぜひそのあたりにも期待いたします。プロジェクト全体としては、やはり岡部先生が主導されていますから、シミュレーションやバーチャルテスト、デジタル技術の活用が進んでいるのですけれども、成形プロセスの領域ではまだ少し発展の余地があるとも思います。このあたりの連携がさらに後継プロジェクトのほうで実施されると推察しますが、成形に関しても再現性、最適化へとつながっていくと、より強いプロジェクトになるはずだと思います。いずれにしても、非常にすばらしい技術力と連携力を生かしたチームだと思いますので、今後はこうした連携力を引き続き生かしていただき、成果の汎用化及び社会実装へ発展していくことを期待しております。以上です。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。続きまして、辻委員、お願いいたします。

【辻委員】 三菱総合研究所の辻です。本日1日お話を伺い、このプロジェクトは、航空機製造業の国際的なサプライチェーンにおける日本の存在感を高める重要な取組であったと感じております。それぞれの研究テーマも、成果について、当初の目標を達成する高い完成度を全てのテーマにおいて挙げていただいたものと理解しております。岡部先生をはじめ、このプロジェクトに関わられた皆様の御尽力に心より敬意を表します。また、それぞれ成果としてはTRL3からTRL6あたりに到達したという話もありました。プロジェクトでは、実用に供用される基準に達することを目指していたというお話でしたので、一旦プロジェクトとしては終了し、目標も達成している状態とは思いますが、この先、実際の航空機に適用されるまで、10年、20年かけて、OEMとの調整であったり認証であったり標準化といったところも含めて息の長い取組が必要になると考えます。その過程においては、後継プロジェクトを含めて引き続き技術の成熟について取り組んでいただけるとは思いますが、それだけではなく、次

世代機の開発スケジュールに合わせた適切なタイミングでの設備投資や人材育成、安定した原料の調達体制等の構築であるとか競合他社の追随を許さないような工夫や仕掛けといったビジネス上の取組、議論というのも重要になってまいります。各社の中で取り組まれるところも多くあるかとは思いますが、いずれにしても今回の成果が各企業様の成長、そして産業全体の競争力強化につながるよう後継プロジェクトをはじめ、今後の取組の中で引き続き発展していただけることに期待いたします。以上です。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。続きまして、佐藤委員、お願いいたします。

【佐藤委員】 科学大の佐藤です。今回、非常に多岐にわたる研究をしっかりと行われていたことがよく分かりまして、深く感動している次第です。なおかつ、非常に印象に残ったのは新明和様だったでしょうか。海外 OEM と懇意に様々やられているということで、このようにしなければ売れ込めないと思いますから、現実的なことをやっていることが大変すばらしいと感じました。また、それを許容されている NEDO 様がすばらしいとも言えます。どういった NDA 等で行われているのか、その詳細までは分かりませんが、売ろうと思えばそういう取り込みが必要ですから、少し緩く、あまり厳しく考えないということがこの業界では必要と思うところです。そういう意味では非常にうまくやっているなと思いました。それから、岡部先生のほうから話のあった企業の体力という観点ですが、そもそもアカデミアの人間がペーパーにならないことをしないというのは、私もアカデミア側の人間として常に非常に難しい問題として考えております。要するに、これはファンディングエージェンシーがみんな全く違うところを見ているわけです。科研費、JST、NEDO 様といった国全体で考えていただかないと、そもそもペーパーにならない上で地味なことをするといったアカデミアの人間は出ませんから、そうしたあたりには非常に問題があると捉えています。その点については、恐らく岡部先生は同じ感覚を持っていると思いますし、NEDO 様、経産省様だけの話でもないと思いつつも、ちょっと深く考えていただきたいところです。結局は企業の体力というよりは「人」の問題になります。地味なことでも評価として認めてあげて、アカデミアの人間でもそれをノルマとして昇進できるようなシステムもぜひ考えていただけたらと思います。以上です。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。続きまして、尾崎委員、お願いいたします。

【尾崎委員】 コンポジット技研の尾崎です。私は、冒頭申し上げたようにアプリケーションの立場、これが使われる立場からのコメントとなります。このプロジェクトは、そういういわゆる実装を目指した極めて有機的な取組であったと思います。特に項目③の東レ様の開発に関しては、いわゆる CFRP として確立された熱硬化の、要はその優れた物性という実績を生かしつつ、ネックであった接合、組立てに関わる部分に熱可塑の技術をうまく取り入れ、より強いものを造っていかうというものです。多分これは世界的にも極めてユニークな取組であり、1つの競争力のあるテーマかと思えます。かつ、いきなりオール熱可塑に踏み込むのではなく、その前をつなぐといった意味でリスクヘッジにもなっているようなテーマかと思えますので、ぜひ実用化に向けて進んでいってほしいです。それから項目②の熱可塑の成形技術に関しては、やはり欧州に追いつけ追い越せということで、これまで圧倒的に離されていた日本の特に航空機に向けた熱可塑成形技術が、この5年間という本当に短いプロジェクトの期間の中で十分肩を並べるところまで来たというのは非常に大きな進捗です。先ほど SAMPE Japan の表彰といった話もありました。私は表彰する側の立場であったものの、十分その表彰に値するような優れた進捗だったと思います。また、先ほどコメントの中でも申し上げたように、やはり NEDO の開発である以上、この成果を限られたメンバーの中にクローズするだけではなく、やはり日本の競争力としてこの熱可塑を使いこなすというところに広げていってほしいというのが協会の立場からの望みです。その点から申し上げますと、なかなか項目②の個々の成形ノウハウを展開していくことは難しいと考えるものの、岡部先生のされた項目①のプラットフォーム等を使っていくための設計技術、要は材料を使いこなすための技術について広く普及させていくということで、今後も引き続き御尽力いただければと思います。ありがとうございます。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。続きまして、小笠原委員、お願いいたします。

【小笠原委員】 東京農工大学の小笠原です。本プロジェクトは、本格的な熱可塑を使った成形のプロジェクトということでありました。その際に、必ずしも欧州と同じ方法ではなく、各社独自の大変ユニークな技術を持っている。かつ、それが得意な技術であるということで、それを使つての新しいものづくりをされたということが非常に興味深く思います。ものづくりに関しては、多分トライアル・アンド・エラーが非常に多く、先ほど岡部先生からの話にございましたが、それを頑張つて非常によいものを作られたという意味では、他の先生方と同様に大変有意義な成果だと捉えるとともに、日本としてのプレゼンスを示されたとも思います。大変立派な成果です。また、冒頭に話がございましたように、設計・成形・接合を有機的に組み合わせるようなプロジェクトを回していくにおいては、非常に御苦労もあったと推察しますが、結果として非常に巧く回っていたのではないかと考えております。それから、先ほど岡部先生からの話にあったとおり、ものづくりに関する DX といいますが、そのシミュレーションなり科学的・学術的な知見というのは今後非常に重要になってまいります。まさにこのプロジェクトを通して企業も含め、より一層そうした理解を深められたと考えます。そういった意味で、後継プロジェクトがそこに集中してやるというのは大変有意義であり、それがうまくつながったということは大変喜ばしいことです。今後さらにこの技術が発展するという期待を持っております。最後になりますが、この大変難しいプロジェクトのマネジメント及び推進に対し、多大な努力を払われた岡部先生、NEDO の井上チーム長をはじめとする皆様に心から敬意を表します。どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。それでは、横関分科会長代理、お願いいたします。

【横関分科会長代理】 東京大学の横関です。本日は、多くの時間を割いて御説明いただきまして、ありがとうございました。取りまとめいただいた NEDO の皆様と岡部 PL、そして各社の御発表いただいた皆様に心より感謝を申し上げます。本プロジェクトは大学・企業連携によって、いわゆる熱可塑を対象としたツール、データベース、設計製造といった組立でもそうですが、とにかくハイレートなものの基盤となるような技術開発を行っていただいています。かつ、熱可塑プロジェクトは幾つかあったかもしれませんが、それを航空レベルに引き上げられた点は大いに評価できると思いますので、プロジェクト自体は、本日伺った限りでは成功していると私は判断をしています。また、熱可塑はリサイクルという面もありますが、どちらかという、航空のほうでは良い品質をどれだけ早くつくって低コストなものに仕上げるかといったようなところを、特に今回メーカー様も含めて経験いただいて、ある程度いいものが出来上がったというのは非常に大きな財産だと考えます。かつ、大学のほうでも取りまとめでツールを仕立てたというのは非常に大きく、これもまた大きな財産だと言えます。今後、様々な熱可塑部材が多岐にわたる場所で使われるようになり、また世界的にも様々な成形方法が出てくると思います。そういった形で、今回の基盤であるとか構築された成形手法というのは、いろいろな今後のベンチマークにもなるのではないかと考えます。多様なものに次々と適用し、非常に広げていって、それこそ標準化の目指すところではないかと捉えていますので、そういった活動も今後うまく発展できればよいと思います。最後になりますが、このプロジェクトでいろいろ経験した人材、企業及び大学も含め、この経験は非常に重要だと思っておりますので、社会実装あるいは企業内研究でも構いませんが、こういった形であってもこの経験をぜひ継続されることに非常に期待いたします。本日は、どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。それでは、澁谷分科会長、お願いいたします。

【澁谷分科会長】 まずは、岡部 PL 及び NEDO の方々、本日はすばらしい成果報告を伺いました。御尽力に敬意を表します。また、分科会長としての最後の時間になりますので、委員の皆様には様々な御意見・御質問をいただき、厚く御礼を申し上げます。それでは、私から 3 点述べたいと思います。

まず 1 つ目ですが、中間評価などで受けた指摘事項に対し、極めて適切な対応をとられていたと思っております。特に、その中で「連携の強化」をどの委員も非常に強く言われていた記憶があります。私もそ

のように感じていました。それを岡部 PL が大変御尽力され、大学、企業、プロジェクトに関わる方々をうまくとりまとめ、コンソーシアムの形としてつくり上げられています。その中で情報展開及び共有を行う。例えば、共通の材料で試験を行うことは非常に重要なことだと思います。いずれ材料の開発は各社が独自に実施するとしても、最初の技術をつくり上げるときには、やはり同じ材料で評価をしていく。これで皆が同じ土台に乗り共有できますから、プラットフォームができることになります。プラットフォームさえできれば、あとは各社が独自のアイデアで展開できますので、最初のプラットフォームはどうしても国主導でやるべきところであり、そこをしっかりと実施されたことになります。これは、ようやくドイツのプロジェクト形式に近づいたと言えますし、今回が初めてではないでしょうか。この重要性はずっと訴えてきていましたが、これまでのプロジェクトではあまり実現できなかったことと思います。それをこの NEDO プロジェクトで実践できたことを非常に高く評価しております。

2 つ目は、各社が社会実装のために様々な努力をされ、個別に動かれています。社会実装の実績を見た限りでも、プロジェクトとして非常に成功したという印象を持ちます。温度差はいろいろあるとしても、既に欧州や米国のメーカーとコンタクトを取られているのは非常によいと思います。願わくは、国のトップセールスマンとして国の長が様々な外交を通じてこの技術を PR していただきたいと思えます。よく外国の政府関係者が来られたときに、自国の技術を PR し売り込みをされていますが、日本も積極的にやっていただきたい。せつかくここまで良い技術が出来上がっているのに、それを国のトップが言うと言わないのでは全く違います。もちろん航空機産業は非常に重要ですが、ドローン等の無人飛行機という枠組みもどんどん新しくなっています。当初 NEDO 様のほうでいろいろな企画をされていたと思いますが、社会情勢が目まぐるしく変わっていく昨今では、応用範囲も次々に変わっていきます。そういう意味では、新しい方向性も国としては柔軟に積極的に取り入れていただきたいところです。それによって、プロジェクトの目的に多少の修正が加わったとしても私は構わないと思います。この点が 2 つ目として申し上げたかったことです。

最後の 3 つ目ですが、事前説明の際に NEDO 講座というものをお聞きし、当初は NEDO 講座とは何だろうかと思っておりました。私が一番切望するのは、企業の若手の方々がご自身で開発された技術を論理的に説明するための学術レベルを上げていただくことです。企業の若手の人が、社会人博士を含めたドクターコースで多様な学術を学び、博士の学位を持った上で、世界と競争していただきたいと思えます。NEDO 講座がこのことを促すきっかけになりましたら、私は大変すばらしい講座になるのではないかと思います。最後に、この 5 年間いろいろな形でこのプロジェクトに携わらせていただき、本当にありがとうございました。私自身、非常に良い勉強となりました。今後益々当該分野が発展することを祈念しております。以上です。

**【指田専門調査員】** 委員の皆様、御講評いただき誠にありがとうございました。それでは、ただいまの御講評を受けまして、推進部長から一言いただきたいと思えます。よろしく願いいたします。

**【金山部長】** NEDO 航空・宇宙部長を務める金山です。委員の皆様、先日のサイトビジットに加え、本日も長時間にわたり御審議をいただきましたことに重ねて御礼を申し上げます。2 回の議論の場を通して、委員の皆様から積極的に御質問いただく中で、我々のこのプロジェクトをしっかりと理解しようという姿勢を拝見いたしまして非常に感激している次第です。また、午前中の公開の場で井上から申し上げた 2 点に加え、さらにもう 1 点言うべきところがありましたので、この場で私から 3 点目を補足いたします。実は、競争領域と協調領域をこのプロジェクトで分けているといったコメントを用意しておりました。この競争の場である航空機産業ですが、本プロジェクトが始まった 2020 年以降、コロナ禍であるとかカーボンニュートラルの動き、そして航空機の事故もございましたし、このプロジェクトのテーマであるハイレート生産といったように非常に激動の 5 年間でありました。企業の皆様におかれては、様々な戦略をつくりつつ、どのように立ち向かっていくかというところを、今日の技術報告とともに海外 OEM との関係であるとかそういった御紹介の中で、委員の皆様にも理解いただけたのではないかと思います。その競争部分と協調部分、ハイレート生産に関しては航空機産業に限らず

ですが、開発のスピードが高く、ビジネスがうまくいっている業界というのは基盤研究をしっかり企業が理解しているというところでうまくビジネスが回っているものと思われま。それが、先ほど来、先生方から上げられている人材育成の部分であるとかそういったコメントにつながるものと考えます。そういった中では、航空機産業はまだ産学連携がしっかりしていないところは否めませんし、このプロジェクトが非常によいモデルケースになるのではないかと考えています。特にシミュレーションの部分、東北大学に担っていただいたデータのところですが、データベースというよりもデータセットが今後非常に大事になっていき、データセットを持つところがビジネスの鍵を握ると理解しております。そうしたところで、このプロジェクトでその原型ができたと思います。後継プロジェクトにて、よりそれを発展し、日本の航空機産業の高度化、深化につなげていく所存です。これから評価をまとめていただきますが、我々それをしっかり受け止めまして、次の航空機プロジェクト、そして経済産業省等も含めて議論を行い、他のNEDO以外のプロジェクトにも反映していきたいと思っております。今日はどうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 続きまして、プロジェクトリーダーの岡部先生から一言いただけますでしょうか。

【岡部 PL】 委員の皆様方、御指導いただき誠にありがとうございます。また、NEDOの皆様方には、サイトビジットから何から何まで5年間大変お世話になりました。人が非常に入れ替わる中、様々な方々に会えたこと、NEDOの皆様方と一緒にできたのが私にとっての人生の財産だと感じております。本日、金山部長からの話にもありましたが、やはり日本にとっては技術が大事だと思っておりますし、基礎力がない技術は砂上の楼閣なのではないかと思っております。それは、別にいわゆる座学的な基礎力だけではありません。現場力も含めた基礎力が重要だと考えます。また、このプロジェクト終了後、このプロジェクトに関わった人たちがNEDO講座という形で参画いたしますので、そういう意味では、プロジェクトは終わりであって終わりではないように感じております。振り返ってみますと、コロナ禍で航空需要が低下し、このプロジェクトはどうなってしまうのだろうかというのが私の正直なPLとしての危惧でございました。ほとんど対面会議ができない時期が2年間続く中にもかかわらず、各社皆様方のマスクをしながらでも成果を着実に出していただいたことが、本日の事後評価において自信を持ち、成果を出せたことにつながったと思うところです。各社の皆様方に感謝を申し上げます。先ほど尾崎委員からもありましたが、培われた技術は有用であり、今まで熱可塑というのは完全に置いていかれていたわけですが、東レがテンカーテを買い、その後、重工であるとかTier1、Tier2といったところが、このプロジェクトでやっと欧州もしくはアメリカの背中が見えてきたのではないかと。その点に関してさらに進めていき、仲井委員からもありましたように成形加工について、より一般化していくような取組も必要です。そして辻委員からありましたようにOEMとの調整、もしくは設備投資といったところもしっかりしていく必要があると考えます。また、佐藤委員からありましたアカデミアの在り方といったところは、我々考えていく必要があると思います。やはり企業サイドも年々個社では基礎研究ができないようになってきていますし、今回を見ても、大学が入ったほうが有用だというようなときは幾らでもあります。今後は、大学側も虚心坦懐に持っている学術のスキル、知見(knowledge)を本当の現場で使えるかどうかということが試されるのではないのでしょうか。論文を書くことも大事だと思いますが、それだけでなく現場力につながるようになっていく必要があります。小笠原委員と横関分科会長代理はこの分野に非常に精通しているため、よく分かっていたかと思っておりますが、やっとよちよち歩きをした状態だと思います。私としては、ここでこのポジションからステップダウンしますが、私に代わる先生方がこの熱可塑のプロジェクトを育てていただければと思っております。澁谷分科会長から大変恐縮なお言葉をいただきましたが、本日こうして迎えられるのは、審査委員の皆様方に中間審査をしていただいたおかげです。また、NEDOの皆様方が中間審査の書類を私に見せてくださり、終了時までには中間審査の内容を克服しなくてははいけないと真摯に動いてくださったおかげだと思います。改めてNEDOの皆様方に感謝をいたします。この瞬間で私のPLは終わりますが、熱可塑のプロジェクト、熱可塑という分野は終わりではありません。私はまた一研究

者として取り組みますので、各業界の各社の皆様方にはここで取り組んだ内容を一刻も早く社会実装していただければと思います。雑駁になりましたが、以上、私からの言葉といたします。

【指田専門調査員】 皆様どうもありがとうございます。以上で、議題5を終了といたします。

## 6. 閉会、今後の予定

配布資料

資料1	分科会委員名簿
資料2	評価項目・評価基準
資料3	プロジェクトの説明資料（公開）
資料4	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料5-1	事業原簿（公開）
資料5-2	事業原簿（非公開）
番号無し	評価コメント及び評点票
番号無し	評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会

「次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト【①、②、③】」（終了時評価）分科会

質問・回答票（公開）

参考資料1-16

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答
(公開)プロジェクト全体説明資料3 P20	TiAD-DXツールの成果は示されているものの、最終目標の1つである「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。」についての成果が不明である（ハイブリッド構造?）。可能な範囲で示してほしい。	横関分科 会長代理	TiAD-DXツールの活用により、CFRP（熱硬化性）およびCFRTP（熱可塑性）の特性比較や材料選定を容易に実施できるようになりました。これにより、両者の特長を活かした新しい機体設計コンセプトの検討が可能となっています。具体的には、熱硬化性CFRPが有する高剛性・高強度を主翼桁や胴体フレームといった主要構造部材に活かしつつ、熱可塑性CFRPの優れた耐衝撃性や短時間成形性を、耐鳥衝突が要求される主翼前縁や前胴風防枠、あるいは多くの子部品を必要とする胴体ストリングなどに適用するハイブリッド構造コンセプトが想定されます。このように、TiAD-DXツールの成果として、単にアルミニウム構造をCFRPに置き換えるのではなく、熱硬化性・熱可塑性CFRPを適材適所に配置することで、従来機とは異なる新たな軽量・高効率な機体構造設計の可能性を検討・提示できるようになったことが成果に対応すると考えています。
(公開)プロジェクト全体説明資料3 P27	成果実績の欄をもう少し実際の数値を記載してほしい。現状は目標の数値をそのまま成果の欄でも書いているだけですが、例えば実際の成果は、「周方向長さ1200mm、長さ2000mmの・・・」のように記載していただくとありがたいです。達成の根拠の欄に記載いただいてもOKです。	横関分科 会長代理	成果実績の詳細は、以下の通りになります。 A-1【超高速度自動積層技術、装置の開発】 ・3台のロボットから成る積層試験機を構築し、構築した積層試験機により、目標である自動積層能力（積層時の積層ヘッド移動速度：最大40m/min以上）の達成を確認した。 B-1【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】 ・周方向長さ2000mm、長さ2000mmの大型スキンの連続成形試作・評価により、スキン成形技術の目途を得た。 ・一体連続成形および湾曲部材の試作・評価により、月産60機相当の高レート対応可能な技術を開発した。 ・試作品の評価を通じて、強度目標の達成を確認し、安定的な成形技術の目途を得た。 ・周方向接合の試作・評価を通じて、接合技術の目途付けを得た。

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答
(公開)プロジェクト全体説明 資料3 P23	成果概要の欄の(1)と(2)の違いを明確化してほしい。(1)も(2)も実大サイズ、OEM要求、高レートという同じキーワードになっているので、同じ成果を2つに記載しているように見える。	横関分科 会長代理	(1)は設計に関する成果であり、(2)については製造技術に関する成果です。設計と製造技術で切り離せない部分については内容が一部重なっております。
(公開)プロジェクト全体説明 資料3 P25	p 20やp23などと表の形式が異なるので、一致させるよう修正してください。「基本計画に記載の最終目標」の列が抜けています。	横関分科 会長代理	承知いたしました。
(公開)プロジェクト全体説明 資料3 P34	研究開発項目②-2の社会的効果・人材育成の内容として記載されている、リサイクル性が高いと言われている熱可塑性CFRPを使用することで・・・、には具体性は無いのでしょうか。	尾崎委員	リサイクルに関しては、今後運用方法やアプリケーションができてくると考えておまして、現時点では具体例を示すことは出来ません。
(公開)プロジェクト全体説明 資料3 P20	TC1225の試験データベースを構築したとありますが、これ以外の材料への拡張性はどのようなのでしょうか。	仲井委員	現状、航空機向けの熱可塑性CFRPとしてTC1225がNCAMPで認証されており、今後使われることを想定して当該材料のデータベースを構築しました。各種試験項目は実施できる環境が整備されているため、今後のVTツールの利用範囲の拡大に伴い他の材料のデータベースが必要となる場合は、連携先機関との共同研究の形でデータを取得する等の対応は可能であると考えています。

## 参考資料 2 評価の実施方法

# NEDO における技術評価について

## 1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、プロジェクト/制度の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル (図 1) の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価プロジェクト/制度等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

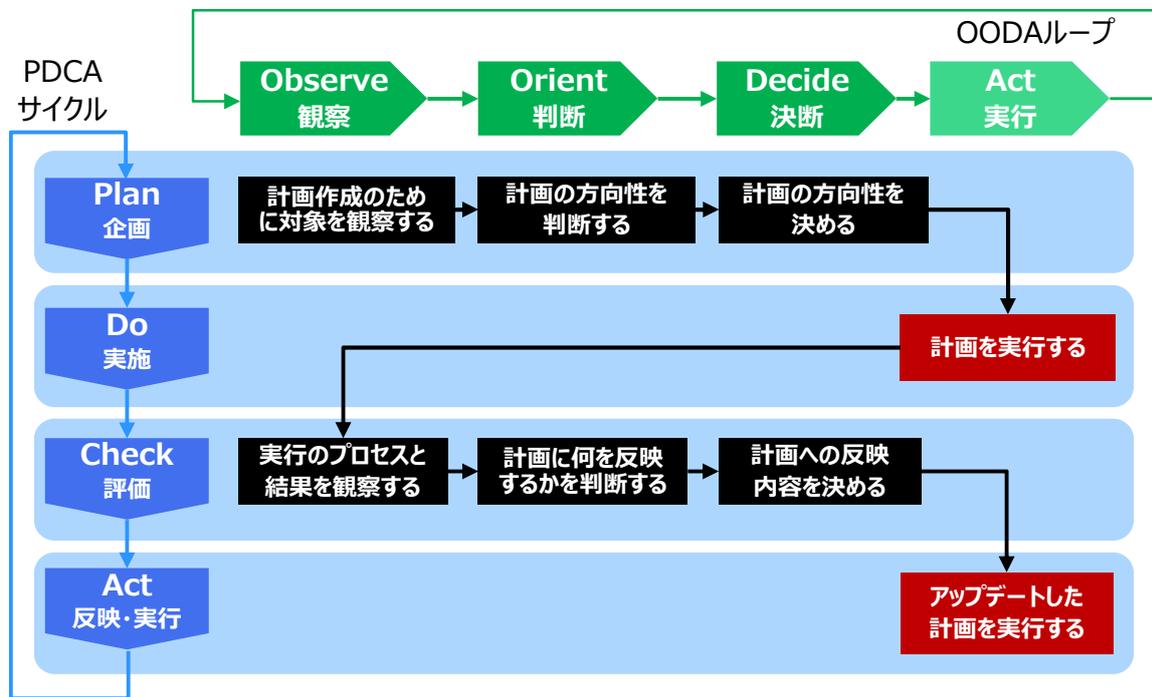


図 1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

## 2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

## 3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の 5 つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

#### 4. プロジェクト評価/制度評価の実施体制

プロジェクト評価/制度評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクト/制度の技術評価を統括する研究評価委員会を、NEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト/制度毎に当該技術の外部の専門家、有識者等からなる分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクト/制度の技術評価を行い、評価（案）を取りまとめる。
- (4) 研究評価委員会の了承を得て評価が確定され、理事長に報告。

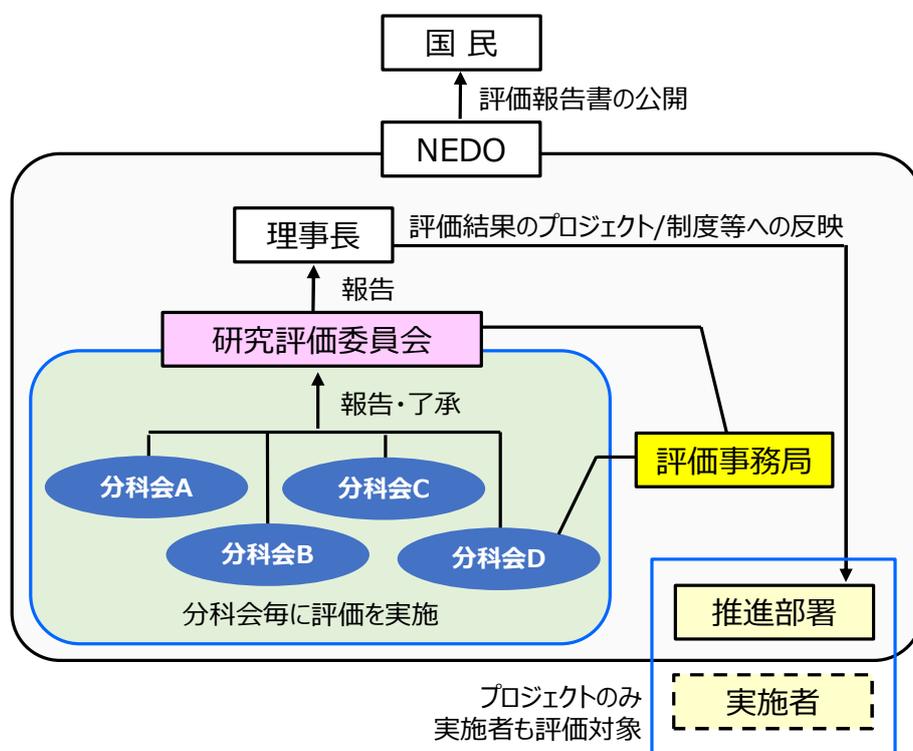


図2 評価の実施体制

## 5. 評価手順

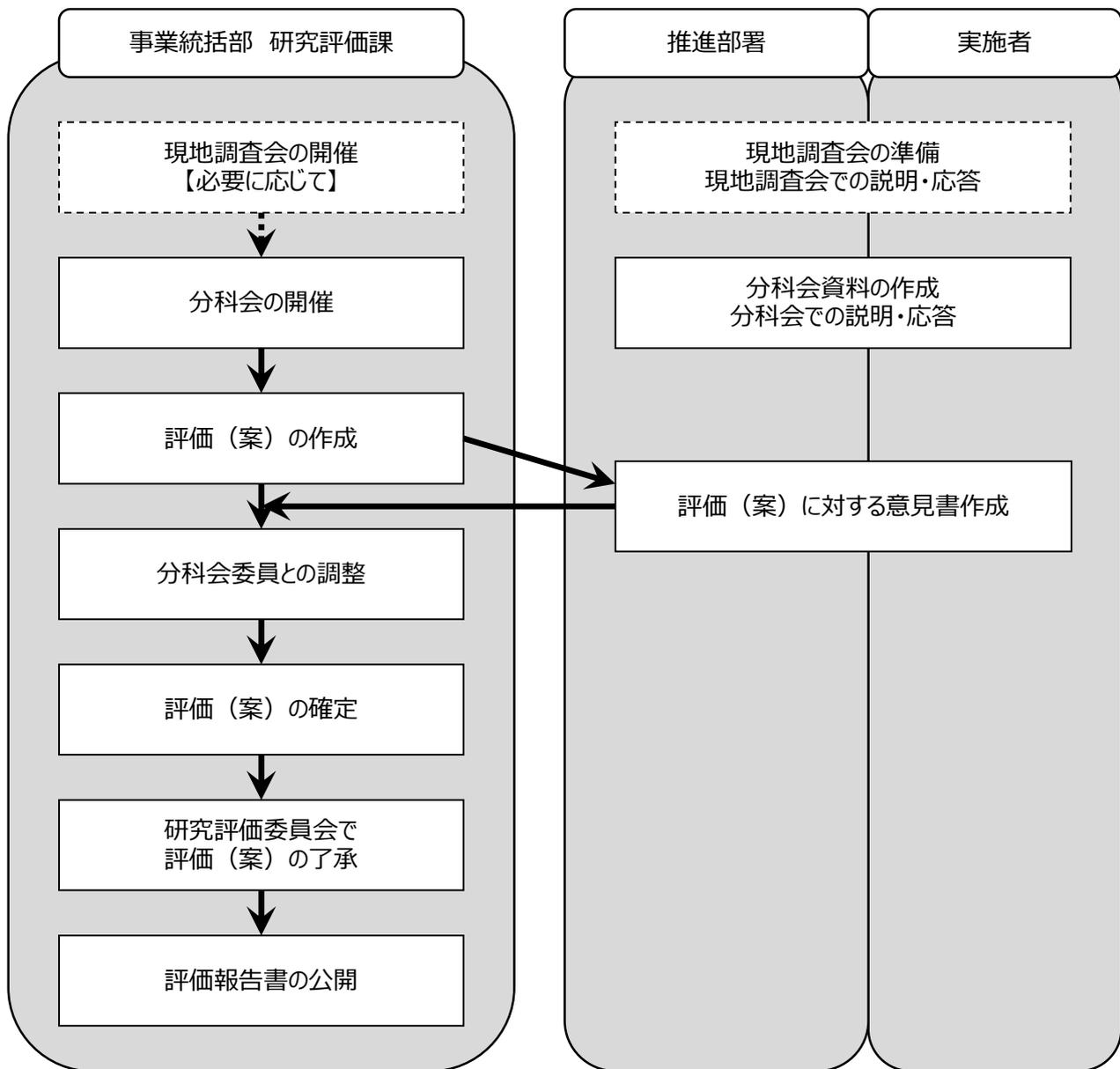


図3 評価作業フロー

研究評価委員会

「次世代複合材創製・成形技術開発【①、②、③】」（終了時評価）分科会に係る  
評価項目・評価基準

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」\*の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮したか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(2) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データも含めた上で、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当であったか。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであったか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいたか。

## 2. 目標及び達成状況

### (1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に\*見直していたか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあったか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当であったか）。

#### ※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO<sub>2</sub>削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

### (2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に\*見直していたか。
- ・最終目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切だったか。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあったか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われていたか。

#### ※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL\*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

### 3. マネジメント

#### (1) 実施体制

- ・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を發揮したか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能していたか。
- ・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっていたか。
- ・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切であったか。
- ・本事業として、研究開発データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものであったか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公正性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしたか。

#### (2) 研究開発計画

- ・アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅され、要素技術間で連携が取れており、スケジュールは適切に計画されていたか。
- ・研究開発の進捗を管理する手法は適切であったか（WBS<sup>※1</sup>等）。進捗状況を常に関係者が把握し、遅れが生じた場合、適切に対応していたか。

※1 WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

- ・研究開発の継続又は中止を判断するための要件・指標、ステージゲート方式による個別事業の絞り込みの考え方・通過数などの競争を促す仕組みの運用は妥当だったか。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業統括部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 事業統括部 研究評価課

\* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。  
([https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554  
神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地  
ミュージア川崎セントラルタワー  
TEL 044-520-5160