

研究評価委員会  
「次世代複合材創製・成形技術開発④、⑤及び⑥事業」(終了時評価)分科会  
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2023 年 12 月 13 日 (水) 10 : 30 ~ 17 : 35

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 渋谷 陽二 大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授  
分科会長代理 李家 賢一 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授  
委員 奥田 章順 株式会社航想研 代表取締役社長  
委員 田中 宏明 防衛大学校 システム工学群 航空宇宙工学科 教授  
委員 野田 悦生 株式会社本田技術研究所 先進パワーユニット・エネルギー研究所  
Executive Chief Engineer  
委員 横関 智弘 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 准教授  
委員 渡邊 敏康 PwC コンサルティング合同会社 Public Services (公共事業部)  
執行役員 パートナー

<推進部署>

金子 和生 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 部長  
佐々木 訓 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 統括主幹  
松井 克憲 (PM) NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査  
桑原 智彦 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 専門調査員

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

岡部 朋永 (PL) 東北大学 大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 教授  
松永 格 UBE (株) 機能品事業部機能品営業部チラーノ繊維グループ グループリーダー  
山岡 裕幸 UBE (株) 機能品事業部無機材料開発部無機繊維開発グループ グループリーダー  
中村 武志 株式会社 IHI 航空・宇宙・防衛事業領域 技術開発センター 材料技術部 主幹  
武藤 慎治 株式会社 IHI 航空・宇宙・防衛事業領域 民間エンジン事業部 技術部 主幹  
岩崎 康彦 シキボウ・中央研究所 所長  
市川 久仁朗 シキボウ・中央研究所 課長  
田中 雅典 シキボウ・中央研究所 課長  
関川 貴洋 東京工科大学 片柳研究所 助教  
水谷 孝治 三菱重工航空エンジン株式会社 民間エンジン事業推進部 部長  
松原 将一 三菱重工航空エンジン株式会社 民間エンジン事業推進部 技術マネジメントグループ  
社員  
後藤 淳 川崎重工業株式会社 航空宇宙システムカンパニー 航空エンジンディビジョン  
エンジン技術総括部 総括部長

中山 良博 川崎重工業株式会社 航空宇宙システムカンパニー 航空エンジンディビジョン  
エンジン技術総括部 エンジン材料技術部 部長

小田 剛生 川崎重工業株式会社 航空宇宙システムカンパニー 航空エンジンディビジョン  
エンジン技術総括部 エンジン技術開発部 基幹職

<オブザーバー>

村中 祥子 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 課長補佐

亀山 孝広 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 課長補佐

浅野 常一 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 技術評価係長

小林 義昭 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 評価企画係長

渡辺 智 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 技術評価専門職員

宝関 義隆 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 技術評価専門職員

<評価事務局>

三代川 洋一郎 NEDO 評価部 部長

山本 佳子 NEDO 評価部 主幹

木村 秀樹 NEDO 評価部 専門調査員

中島 史夫 NEDO 評価部 専門調査員

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
  - 5.2 目標及び達成状況（概要）
  - 5.3 マネジメント
  - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
  - 6.1 研究開発項目④「超高性能SiC繊維の品質安定性向上に向けた開発」(UBE株式会社)
  - 6.2 研究開発項目⑤(1)「1400℃級CMC材料の実用化研究開発」(株式会社IHI)
  - 6.3 研究開発項目⑤(1)「1400℃級CMC材料の実用化研究開発」(シキボウ株式会社)
  - 6.4 研究開発項目⑤(2)「1400℃級CMC材料の実用化研究開発」(三菱重工航空エンジン株式会社)
  - 6.5 研究開発項目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」(川崎重工業株式会社)
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
    - ・開会宣言（評価事務局）
    - ・配布資料確認（評価事務局）
  2. 分科会の設置について
    - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
    - ・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）
- 【渋谷分科会長】** 今回、分科会長を仰せつかりました大阪大学の渋谷でございます。専門分野は、材料の強度や変形をなど様々なスケールで調べる機械工学におけます固体力学分野です。今日はどうぞよろしくお願ひします。
- 【李家分科会長代理】** 分科会長代理を仰せつかりました東京大学の李家と申します。専門分野は航空機設

計の全般になります。今日はよろしくお願ひいたします。

【奥田委員】 航想研の奥田と申します。以前、三菱総合研にいた頃から30年ほど航空宇宙関係のいろいろな事業コンサル等をお手伝いさせていただいておりました。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

【田中委員】 防衛大学の田中と申します。今回、委員として参加させていただきます。専門は航空機や宇宙機の構造システム全般になります。どうぞよろしくお願ひいたします。

【野田委員】 本田技術研究所の野田と申します。私の専門と申しますか、ホンダジェットに搭載されているターボファンエンジンをGEと一緒に共同開発した際、ホンダ側の開発責任者をやっておりました。現在は、そのガスタービンやターボファンの技術評価を担当しております。どうぞよろしくお願ひいたします。

【横関委員】 東京大学の横関と申します。航空機や宇宙機の構造力学、材料開発、複合材料を中心とした研究開発を進めております。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

【渡邊委員】 PwCコンサルティングの渡邊です。私は、事業会社で航空機、自動車の設計、商品企画等を経て今の業種・業態におります。現在は、技術戦略や国際標準化戦略など中央省庁や国研の方々、民間企業の方々などのご支援をさせていただいております。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

### 3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

### 4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5に基づき説明した。

### 5. プロジェクトの概要説明

#### (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5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。

【渋谷分科会長】 ご説明ありがとうございました。

それでは、ご意見、ご質問等をお受けいたします。李家会長代理、お願ひします。

【李家分科会長代理】 2点お伺ひいたします。1点目は、資料8ページに技術戦略上の位置づけのグラフがございましたけれども、その中の説明で、世界でGEが行っているものと、それと今回のUBE殿の行っているものの2つがあるというお話でした。このCMC関係で、世界のほかのところではどのような開発状況の見込みであるか、何か情報をお持ちでしたら教えてください。

それから2点目は、例えば18ページでK Programの説明がありましたが、今回の成果を使って次のK Programでの実用化と申しますか、材料認定であるとか、量産技術開発といった予定があるとのことでしたので、その点について、可能な範囲でどのような感じで進めようとしているのかを教えてくださいと助かります。以上です。

【松井PM】 まず8ページ目のCMC開発ということで、情報としてはGE社が1,200℃級か1,300℃級のCMCを開発したという情報は出ていますが、それ以外の情報は入ってきておりません。さらにGE社が今後どのような開発を進めるのかという情報も入ってこないといった状況で、かなり進んでいる可能性もありますし、日本勢も追いつき追いつ越せで進める必要があると考えます。

もう一つの18ページ目について、経済安全保障重要技術育成プログラム(K Program)というのは、今年度から既に始まっており、事業者として具体的にはIHI様、UBE様が今採択されて、継続して開発を取り組んでいます。IHI様から午後に詳細な説明があると思いますが、製造の一部はエンジンの搭載

をして試験をやられています、まだ試作段階の物がやっとできたというところです。これを実用化・実装化に向けて立ち上げたプログラムでありますから、5年間で量産化させ低コスト化に繋がる体制に持っていくというのが一つございます。それから航空機の部材に提供するためには、どうしても航空局から認定が必要になります、その認定作業に非常に時間がかかります。最近の例で言えば、三菱重工様がMRJ、スペースジェットでなかなか認定が取れずにやめられた例もございます。航空局からの認定は非常に重要だということで、これらの2本柱として経済安全保障プログラムを通じ、採択された事業者はこれをやっていき、採択されていない事業者に関しては、独自で並行し、継続して開発するという形になると思います。

【李家分科会長代理】 ありがとうございます。

【岡部PL】 分科会長、私から補足をよろしいでしょうか。

【渋谷分科会長】 お願いいたします。

【岡部PL】 ご質問ありがとうございます。資料の9ページに航空エンジンメーカー主要3社が記載されております。GE社、Rolls-Royce、Pratt&Whitneyの3社とも、恐らく社内では検討が進んでいるとは思いますが、もともとCMCというのは1980年代にK. W. Prewoという非常に天才的なエンジニアが界面コーティングに成功し、鉄筋コンクリートの考え方を高温材料にも適用したものです。また1990年代にA. G. Evans、J. W. Hutchinson、James Rice、B. Budianskyといった非常に優秀な西海岸の研究者、東海岸の研究者が集結して動かしてきたところがございます。しかしながら、理論的には使えるものの、実際に実装するとなるとなかなか難しいということで、1990年代後半から急速に、こういうものに関してはジェットエンジンだけではなく、日立、三菱、東芝といった発電用タービンにも使おうということで一回盛り上がるのですが、1990年代の後半にコスト面もしくは技術的な課題が大き過ぎて難しく撤退したということがございます。そのときにコアになった2社がございまして、日本カーボン社とUBE(旧・宇部興産)の2社が漸トツに駆け抜けました。世界においてジェットエンジン系で使えるセラミック繊維というのはこの2社しかつけれないという状況にまでいったのですが、社会実装ができなかったというのが実態です。非常に多くの会社がそこで撤退したのですが、GE社は細々と続けました。また、当時1990年代の終わりに、日本の重工各社、もしくは重電メーカーも実はある程度500時間耐久試験等で成功していたのですが、景気のリセッション等も起きまして皆撤退していったところがございます。その中で、GE社はこつこつとやって社会実装にまでつなげたというのが2010年代以降のところだと私は理解しております。その点におきましては、はっきり申しまして、あの当時フランス、日本、米国の3国が、英国の一部もサリー大学を中心にございましたが、圧倒的に米国と日本が進んでいたということがあって、その遺産がございますので、今なお世界的に見てコンペティティブな状況にあるというところで、GEの執念といいますか、CMCというのは「消えては浮かび、消えては浮かび」と言えるでしょうか。

【渋谷分科会長】 申し訳ございません。ほかにも質問がございますので、説明は手短かにお願いいたします。

【岡部PL】 長くなりまして、すみません。バックグラウンドについて重要でしたので、これだけ言わせてください。1,200°Cが限界なのです。例えばグリーンが大事だとか、燃費の効率を上げるといって、必ず1,200°C以上という話が毎回出てきます。これをベースに、やはり実現したいということが出てきて、取り組むといったところがございます。これが一応CMCのバックグラウンドとなります。以上です。

【渋谷分科会長】 それでは、ほかのご質問をお受けいたします。野田委員、お願いします。

【野田委員】 9ページについて、日本の重工3社の関係ですが、資料だけを見させていただくと完全に別々にやっておられるようにも見えました。お互い競合関係にあるので仕方ないのかもしれませんが、何か緩やかな協力関係といったところは特にやられていないのでしょうか。

【松井PM】 ご承知のとおり、重工各社はそれぞれの製法でCMCの開発を独自にやられています。例えば、CVI法やPIP法、三菱様はMI法とそれぞれの方式でCMC作製をされています。当然ながら、今おっしゃられたとおり各社コンペティターになりますので、マル秘の情報を他社に開示するわけにはいかないところもございますが、NEDOとしてはできる限り外部に出せる情報、基礎的な情報、試作品を展示会へ出品、学会発表といったことは積極的に進めております。そこで他社との連携にはならない可能性はあるのですが、他社はこういったことをやっているのならうちもやらないといけないといった話にはなると思っています。基本的にはコンペティター同士なので、重工各社様と例えば本田様が協力関係ができますかと言えば多分できないといった話になると思います。先ほど申しましたように、できる限り外部に技術的な成果物を出していくようお願いしています。

【野田委員】 ありがとうございます。

【渋谷分科会長】 ほかにいかがですか。田中委員、お願いします。

【田中委員】 2点伺います。まず1点目が、今回、評価指標を拝見したときに「アウトカムを意識した評価をしてください」と言われていまして、一方、多分当初設定されたときにはそこまで意識をしていなかったのではないかと思うのですが、実際のアウトカム目標、CMC事業、600万tのCO<sub>2</sub>削減というものに対して、今回のアウトプットの目標がどういう対応がついているのかが分かりづらいところがありました。もし可能であれば、そこを少し教えていただきたいです。

もう一点は、この成果を今後エンジンの開発などに使おうとすると、実際には解析等にこれを載せていく必要があると思います。今回のいろいろ検討をされた材料の材料特性に関して、例えば構成則であるとか、破壊がどういうモデルになるのかといった解析のモデル化をしていくことは今回の取組ではないのでしょうか。または、どこか別の取組でやられているのであれば、それも教えていただきたいと思います。その2点をお願いいたします。

【松井PM】 まず1点目のアウトカムの目標ですが、CMC事業600万t、全体の事業で1,500万tといった目標を立てたのは、本事業が2020年から2025年までの事業ですので、事業開始する前の段階、恐らく2018年ぐらいの各事業者、経産省等いろいろ集めた情報で目標を立ててこのプロジェクトを開始しており、それを踏襲しているというところですか。先ほどもおっしゃったように事業環境が変わってくるであるとか、海外OEMがいつ頃、次世代航空機を導入するであるとか、2020年にこのプロジェクトが始まってから、コロナや半導体といった様々な外的要因もあり、いろいろな試算があるとは思いますが、2040年度までに完成し、半分ぐらいはCMC材料が適用できるという過程の試算を入れ込んで600万t算出させていただいております。後ほど非公開のときに報告があると思いますが、各事業者が保有するそれぞれ最新の情報から想定し算出をしている指標になると思います。最終的に参考資料としてNEDOとしても精査していく所存です。

【岡部PL】 2点目は、私からお答えいたしましょうか。

【松井PM】 お願いいたします。

【岡部PL】 2点目に関しては、先ほどもお話をしたとおり、1990年代にほぼ理論的な体系は出来上がっていますので、各社それをもうツールの中に入れてあると思います。もちろん新素材になると特性が変わるとか、耐熱性とか、微妙なところは変わるとは思いますけれども、各社は基本的なナレッジは持っているとは私は認識しております。

【田中委員】 ありがとうございます。

【渋谷分科会長】 ほかにございますか。横関委員、お願いします。

【横関委員】 2点質問させていただきます。1点目は、今回、製法の違う幾つかのコンペティター間でということなのですが、5.(2)だけ2年目からになっています。例えばいろいろな事情があるかと思うのですが、技術的にメルトインフィルトレーションであるとか、つまり、そちらが少し遅れてのスタート

になったというのは、何か技術的なブレイクスルーであるとか、何かしら事情があったのでしょうか。技術的な観点から、もし可能な範囲で理由がありましたら教えてください。

それから2点目は、対外発表を含めてオープン/クローズ戦略で幾つか成果を積極的に各社様より出していただいたとご説明いただきましたが、非常に多くあるのではないかと思います。もともと助成事業なので努力目標なのかもしれませんが、当初、NEDO側で例えば想定したものに比較してどれぐらいなのかといった印象だけお聞かせください。よろしくお願いします。

【松井PM】 1点目の2年目から三菱様が参画に至った理由ですが、まずCMCの製法として、CVI法、PIP法とMI法と大きく3つのマトリクス含侵手法がございます。これらの製法がある中で、CVIとPIPは耐熱性が高いですが、高コストで、製造時間もかかるということがあります。一方、MI法は比較的安く早く製造できるということですので、いろいろラインナップを全部持つておこうと。どこかが転んでも、どこかがうまくできればよいといったこともございますから、MI法を追加でやってみたらどうかとなりました。ただ、MI法は先ほど申しましたとおり、1,400℃級という耐熱性がCVI法とかPIP法に比べて弱いところがございます。ただ、量産化に向けては、MI法で早く製造できるということで、最終的には燃焼機周りの温度でいきますと1,500℃から2,000℃ぐらいになるのですが、そこに1,400℃級のCMCを設置しても、空気で冷却させないといけないということで、耐熱性の低い例えばタービン周り等にも提供できるのではないかとといったところを考えております。申し訳ございません、2つ目は何だったのでしょうか。

【横関委員】 対外発表になります。もともとNEDO側で想定していたよりもどのくらいよかったのかという印象だけでもお聞かせいただければと思います。非常にコア技術なので難しいとは思っているのですが、私として結構されたような印象がありまして、努力もあると思うのですが、そのあたりの印象や取組を教えていただければと思います。

【松井PM】 なかなか初年度、次年度は研究開発始めということもありましてあまり出されていないのですが、やはり非公開の情報が多くなかなか出しにくい状況といったところで、募集をしてもあまり出してくれないというのは、ここに限らずほかの事業者にもそれは同様な状況でございます。しかしながら、国の税金を投入しており公開する必要がありますので、試作品とか出せるものを、例えばnanotechの会場で展示して公開してもらいました。研究発表は比較的写真のない形で見せるような状況もできるので、そちらが少し多いように思っており、展示会が少ないのは試作品が非公開のものが多い理由からではないかと考えております。比較的事業の後半にかけて何とか頑張ってお出してもらったという印象はあります。

【横関委員】 ありがとうございます。

【渋谷分科会長】 ほかにいかがですか。奥田委員、お願いします。

【奥田委員】 事業の道筋についてお伺いします。11ページのところで、次世代のジェットエンジンをターゲットにされているということで、恐らく小型航空機のセグメントの次世代のエンジン、それから次世代の小型機というのが出てくるのは多分2035年以降になってくると思うのです。そうすると、2030年ぐらいにおいては、今のGTFであるとか、先日フルのテストをしたRolls-Royceのウルトラファンが中心になってくると思うのですが、そういう意味では、そういった既存のエンジンの発展型もターゲットとして入っていらっしゃるのかどうか。そのあたりを少し教えてください。

【松井PM】 今のご質問に関しては、NEDO側で情報を持っておらず、できれば午後からの各事業者様に同じ質問を出していただいたほうが正確な情報が出るものと思いますので、申し訳ございませんが、よろしくお願いします。

【奥田委員】 分かりました。あともう一つ、9ページでTRL4と書かれているのですが、多分26ページのIHI様のものを見ると実証試験もやられていますので、このあたりはTRL5までいっているという気が

いたします。そういう意味では、少し幅があるような印象を受けました。

【松井 PM】 事業者によっては、TRL3 とか、TRL4 とか、今おっしゃられたら TRL5 になっているところもありますが、大体 4 ぐらいであると NEDO としては認識している次第です。

【岡部 PL】 私からもよろしいでしょうか。多分 IHI 様のものは、いわゆるミリタリー系のものとなりますので、ここで考えている民間航空機向けといった感じで言うと、やはり 4 が妥当ではないかと私は思っています。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。それでは、渡邊委員をお願いします。

【渡邊委員】 18 ページになりますが、アウトカムのところでも CO<sub>2</sub> 排出の話があったと思います。これを言い換えると、収めた製品に対してエンジンメーカーにどれだけのシェアが入って納入できたかという言い換えになるものと捉えています。このアウトカムについては、このページにも書いているような波及効果がどういふところにあるか、定性的なものも入るほうが良いものと考えています。人材育成をはじめ航空機関連の開発の理解をいろいろな形で醸成していくこともとても大事だと思っております。現在の研究開発終了後に、今後、どのような組織や団体と連携して行くか考えているのか、ご紹介いただけると大変助かります。

【松井 PM】 2040 年の CO<sub>2</sub> 排出量と波及効果ということで、NEDO としては現在のプロジェクトが 3 月に終わり、経済安全保障重要技術育成プログラムの一部事業者にも NEDO としてマネジメントを継続して実施しているところであり、それ以外の事業者に関しては定期的にフォローを何年間かやっていく予定にはしております。注力としては、経済安全保障が実際に動き出していますので、こちらがメインになってくるのですが、量産化や認定に持っていけないといけないと思っております。先ほど奥田委員から言われたように、2035 年代頃に導入予定の次世代航空機に搭載していけば経済的な効果もありますし、大きな量産工場も必要となり、技術的な向上に繋がり、人材育成といった副次的効果を今期待しているところでございます。

【渋谷分科会長】 それでは私からお伺いします。先ほどの渡邊委員のご質問にも近いのですが、今回アウトカム、社会実装という目標が新たに設定されました。アウトプットとアウトカムは定義付けが異なると思います。アウトプットは新たに作り出すもの・ことであり、それを社会が受け入れるかどうかはその時点では問わないと思います。一方、アウトカムは社会が受け入れる形に成果として出すというのが必須だと思います。そういう意味で「社会実装」という言葉が使われているのだと思います。そうすると、6,000 機の航空機を想定され、それに CMC が用いられることで CO<sub>2</sub> が削減されるというシナリオよりも、どれだけ受注をして、どれだけ産業振興に貢献したかということの方が、もっと重要ではないでしょうか。それを社会実装、アウトカムの目標にすべきではないかと思っております。おそらくこの数字を出される時に JADC (一般財団法人 日本航空機開発協会) のレポート等を参考にされて数値を出されたかと思いますが、例えば年間の細胴機の受注を 1,000 機程度とした時に一体どれだけの割合を受注できるかといった具体的な道筋が、2030 年までの間にできておくことが本当の意味でのアウトカムになると思います。その点はいかがでしょう。

【松井 PM】 ご指摘の通りと思いますが、最終的には、開発した物は各事業者様もお金を半分投資しますので、当然回収するために次世代のエンジンにも適用していくということが第一目標になります。海外 OEM も新しいジェットエンジンをどんどん開発していきますし、2035 年から 2040 年に何千機になるかという予想について NEDO としては予測するのは非常に難しいものがございます。社会的には CO<sub>2</sub> 排出量がどうしても問われていますので、2040 年でどれだけの削減量が見込めるかというのが一番社会に向けても分かりやすい指標ではないかと思っております。当然おっしゃられることはよく分かりますし、航空機メーカーとしては、次世代エンジンに開発であるとか、各事業者の開発した部材等が適用されて社会実装に繋がるのが最終的なゴールだと思いますが、その結果として、CO<sub>2</sub> 削減量の方が、皆



様が分かりやすい指標で、これだけ航空機業界も CO<sub>2</sub>削減ができましたということに繋げたいという考えであります。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。それでは予定の時間になりましたので、ほかにもご意見、ご質問あると思いますが、以上で議題5を終了といたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【渡邊委員】 今日は、いろいろな形でお話しさせていただきました、どうもありがとうございました。今回の事業は、非常に足の長い、リスクをはじめ色々な要素がある中で、各社も助成事業として、自社の開発のリソースやリスクも負いながら、着実に成果を出していただいていると再認識したところです。

「社会実装の道筋」という議論が色々あったものと思っております。今回のそれぞれのテーマでは、CMCの多様な製法やエンジンの適用先、そこにおけるスペックをどうするかなど、各社がそれぞれのテーマの中で模索されながら成果を出していただいているものと捉えています。今後は、TRLのレベルをどのように上げていくかが課題になってくるものと考えています。標準、規格のような、CMCとしてスペックをどうするのか、それをOEMに適用されるための認証をどうするかは、今後、向き合っていかなければいけない課題だと思っております。今回の研究開発では、TRLに着目されていましたが、広くはxRLのような形で、例えば標準や環境の整備といったGRLほどのレベルにすべきかであるかや、それをエコシステムとしてどうしていくかといったSRLといった話であるなど、ほかのレディネスレベル(Readiness Level)も意識されながら次のフェーズに昇華していただければと思っております。今日はどうもありがとうございました。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。次に、横関委員お願いいたします。

【横関委員】 本日は、ご説明いただきありがとうございました。コロナや計画変更等々いろいろな状況において柔軟に対応いただいたマネジメントに非常に興味いたしました。また社会実装に向けた課題としてブレイクダウンして、耐熱性能あるいは耐熱性能を上げながら、低コスト化・量産化という適切なアウトプット目標を立てて実施された点は大いに評価できると思います。特に、繊維をつくる場所、CMCの製造技術、部材製作まで一貫した体制を取って実施されている点は、技術の底上げであるとか、技術レベルの向上、あるいはCMCは非常に付加価値の高いものですから、先進技術を皆で維持するといったところは非常に重要なプロジェクトだったと思っております。今後もこういった国として支援すべき先進技術というのは必要だと思いますので、ぜひ継続的な取組があるとよいと個人的には考えております。一方、この技術を社会実装するためには、いろいろな製法がある中で各社がやっているというところはあるのですが、なるべく基礎技術を含め、CMCをどうすべきか、どう設計すべきか、どうし

たら社会実装の壁を越えられるのかといったところに関しては共通の何かしらのアイデアであるとか、議論の場が必要ではないかと思います。そのためにも特に産学連携を含めたところの体制を取りながら、協調領域が増えるとよいと思いながら本日は聞いていました。ぜひ今回のプロジェクトの成果を今後に生かすためにも、そういった改善点も含め、議論していただければと思っています。本日はありがとうございました。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。次に、野田委員お願いいたします。

【野田委員】 本日はありがとうございました。私はこの分野は、ほとんど知見はなかったのですけれども、分かりやすい資料や説明でよく理解することができました。ありがとうございます。また、もろにコロナとぶつかっているような期間で全ての目標を達成しているというのは、自分たちの会社のことを考えると、これはすばらしい成果だと思います。日本の得意とする技術をオールジャパン体制で世界に打って出るという取組、考え方、やり方というのも非常によいと思いました。それから、今回のテーマは、材料や製造方法の割と基礎的なところになりますが、部分によっては、もうエンジンにも投入されて試験ができていっているのは、リスクマネジメントとしてもすごいと感じます。つくりのほうでも、ニアネットシェイプの製造方法、ちょっとビデオは見せてもらえなかったのですが、これはかなりの強みになるのではないかと感じました。私たち本田もGEと付き合っていて、欧米の三大エンジンメーカーというのは、なかなか高圧系のタービンやコンプレッサーや燃焼機というところの設計には絶対に触れさせないといいますが、自分たちで守り抜くという考えをしているのですが、材料や製造というところは、よいものはあればどんどん使っていこうという姿勢で実際に使っていると思いますし、認定などのサポートも十分期待できると思いますので、今後の事業化に向けて、ぜひ頑張ってくださいと思います。以上です。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。次に、田中委員お願いいたします。

【田中委員】 今日は非常に貴重なお話をいろいろ伺えて、本当に私自身も非常に勉強になりました。特に、コロナ禍で非常に活動が難しい中、ここまでまとめていただいた推進部の方々、実際に行われた各企業様に本当に尊敬をいたします。実際アウトカム目標もほぼ達成されていますし、非常に充実した成果が得られていると思います。各社それぞれ独自の技術で工夫をされていることもよくわかりますし、非常に期待が持てると感じました。実際、社会実装に向けても道筋も各社で種々考えていただいで分かりやすく、非常によいものだと思っています。そうした上で、少し気になった点が2点あります。まず1点目は、社会実装に対する道筋は分かりやすかったのですが、ここに掲げられているアウトカム目標でCO<sub>2</sub>の話が突然出てきていて、アウトカム目標というものが本当にこれでよかったのかどうか、アウトプット目標との関わりがちょっと分かりづらかったかというのが正直なところですが、あまりよくはないのかもしれませんが、アウトプット目標に対して道筋がしっかり見えるアウトカム目標みたいなものがあつたほうが、それをワンステップとしてCO<sub>2</sub>だと分かりやすかったのですけれども、突然CO<sub>2</sub>になっていたのがそこが気になったところでした。2点目は、1、2、3の項目になりますが、CFRP側の中間評価の際にも参加させていただきまして、そのときに岡部先生をはじめとした東北大の皆様が非常にコアなところ担っていらっしゃるって主導的に活動されていたということで非常に産学連携がうまくいっていると感じていたのですが、今日話を伺っていると学側の部分が見えづらかったところがありました。そこには学側の頑張りも必要とは思いますが、もう少し産学連携が見えるとよいと感じた次第です。以上になります。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。次に、奥田委員お願いいたします。

【奥田委員】 本日はありがとうございました。とても有意義な委員会だったと思います。各社様のお話を伺っていても、事業化に向けて非常に技術開発が進んでいる印象を受けましたし、現状 TRL4 ということですが、今後これを TRL5 や TRL6 に上げていっていただくことに力を入れていただきたいと思っています。アウトカム、社会実装を考えると、技術開発とともに今後出てくるのは、恐らく認証・認定の話と事業化の話だと思っており、そこをやらうとすると、どうしてもエンジン OEM との関係は不可欠になってくると思うのです。ただ、この部分は各社様のそれぞれの方針で決まってくるものだと思うのですが、一方、アウトカムを実現するために各社様が進めているものをまたサポートしていくことも今後必要だと思います。特に、そのサポートを選択的に行っていくことがすごく重要だと思っており、そこのところを今後きちんと進めていただきたいというところです。まだ先になるとは思いますが、将来的には CMC を積んだエンジンは誰が使うかと言うと、航空会社様が使うわけで、航空会社様が使おうとすると、出来た製品を長く使っていかなければいけないので、当然そこところのニーズも出てくる。そういうのは日本の場合は JAL 様、ANA 様といった非常に世界をリードしている航空会社様もありますから、そういうところのニーズを先取りしていくということも一つ今後は有効ではないかと思いました。本日はどうもありがとうございました。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。次に、李家会長代理お願いいたします。

【李家分科会長代理】 本日いろいろ詳しい話を伺いまして、この研究テーマに関して、最初が SIC の繊維をつくること、それから製織性、それから CMC に仕上げていくといったところで、各社様々な工夫をされて、よりよいものをつくろうとされていることがよく分かりました。その中でも、それぞれの分野で秀でたものがあるようですので、それを総合的に使うことで、最後の目標となっていたと思いますけれども、単通路機向けのエンジンに実装されるような、実際の機体の開発に向けて、ハードルは高いと思いますが、そちらに向けて進んでいただければと思います。そのためには、どうしても個社ごとにいろいろな活動はされていますが、そのあたりの成果を全体で活用するというのをうまく考えていただけたらと思います。なかなか会社ごとですとそれができないと思いますから、今回のような枠組みの中で各社の成果が有効利用されて、それでよりよいものをそれぞれの会社がつくり出せるようになっていけばよいと思っております。この計画はこれで終了となっていますが、午前話でも K Program に続いているということでしたので、その中で社会実装に向けて様々なことをやっていただければ幸いです。本日はありがとうございました。

【渋谷分科会長】 ありがとうございます。それでは、最後に私から講評をさせていただきます。まずは、委員の皆様方、本日は朝から本評価会にご出席賜りありがとうございました。適切なコメントとご意見をいただき、非常に有意義な終了時評価になったと思っております。また、岡部 PL と松井 PM は本当に大変なご苦労をされたと思います。何十年も前になりますが、私も民間会社にいましたので、守秘義務で非常にご苦労されるというのはよく分かります。そうした中でも、以前から横連携が必要だと折に触れて我々もお伝えしてきましたが、それを少しでも実現しようとする努力をなされていることがよく分かりましたし、徐々にですが進展していることを感じました。また、川重様が不測の事態でトラブルが起きたときに、一年ずらして継続するというマネジメントのご判断が適切に行われてたと思います。そこで中止してしまうと、もうその進展はありません。どんなリスクを負ってでも、やはり最

後まで実行するという姿勢は国のプロジェクトとして必要ですし、それができるのだというのを、今日改めて川重様の話を聞きながら思った次第です。そのときのご決断は非常にご苦労だったと思いますが、非常によいご判断をされたものと理解いたします。

私事で恐縮ですが、9月から1か月ほどヨーロッパに滞在し、前半スペインのマドリッド州が出資している研究所にしばらくおりました。ご存じのように、スペインは日本の国力に比べて非常に小さい国ですが、マドリッドの自治州が研究所をつくり、材料に関わる研究を行っております。そこではEUという枠組みの中で、ヨーロッパ各国の大学や企業との共同研究、産学連携を積極的に行っています。国単体で見ると日本よりも研究費が少ないはずですが、我々よりも人も設備も整っていることに大変ショックを受けました。先ほど岡部PLが言われたように、産学連携の在り方を考えないといけないのですが、なかなか日本の中でそういった拠点を設けても、継続性があまりありません。この原因の一つとして学の方にも問題があります。我々の教員の意識改革も必要と思います。また、ヨーロッパにいますと、よく「日本は素材が強い」ということを周囲の人から聞きます。後半はドイツのデュッセルドルフに行ったのですが、東レ、帝人等をはじめとする日本の素材メーカーが非常に精力的に企業活動をしています。ただ、部材・部品化する段階では、それが弱くなってしまって、最後に物にするところまで続かない。そのために各素材メーカーはいろいろな会社を買収して、弱みを補い、強みを活かしているのだと思います。部材・部品化についてはドイツのメーカーが非常に強いので、両者が手を結んでいる実態はよく理解できます。先ほど奥田委員も言われたように、別に日本にとどまる必要は全くなく、海外と柔軟に手を結び合う時代になっていることを実感します。大学教員も日本にとどまる必要はなく、海外の適切な大学や研究所に滞在し、より共同研究を律速し、海外から情報発信を素速くする時代にそろそろ入りつつあると思います。そそうする活動が、認証や国際標準化等の困難な問題に対して少しでも柔軟に対応できる仕組みができるのではないかと思います。

最後に、こういう場に参加をさせていただいて、企業様の顔ぶれはいつも同じと感じます。先週、現地調査をさせていただき非常に感銘を受けました。企業自身のソースを用いて精力的に取り組んでいる会社様ももちろんあると思うのですが、従来からの流れに沿って実施しているというイメージの印象を受ける場合もあります。やはり、ここは新しい風を入れる必要があるのではないのでしょうか。なかなか該当する新規企業は見あたりませんし、未知数な企業に対するリスクもあると思うのですが、国のお金である以上、思い切ってそのような試みもプロジェクトに含めて良いと思います。航空機産業は大型の設備が必要ですし、継続的なノウハウや技術を受け継ぐ人材も必要だというのはよく分かっているのですが、一方新しいアイデアを吸い上げるような仕組み・仕掛けがあってもよいと思います。今日一日いろいろな報告を聞かせていただいて、非常に皆様CMCに対して成果を挙げられていますし、プロジェクトの研究開発項目①②③のCFRPと研究開発項目④⑤⑥のCMCは両輪だと思います。これらがNEDOで中心的に位置づけされるプロジェクトとしてますます発展することを期待いたします。今日はどうもありがとうございました。

**【中島専門調査員】** 委員の皆様、貴重なコメントありがとうございました。それでは委員の皆様からのご講評を受けまして、材料・ナノテクノロジー部、金子部長より一言お願いいたします。

**【金子部長】** ただいまご紹介にあずかりましたNEDOの金子でございます。本日、朝から夕方までの終日、この長丁場の委員会におきまして活発にご議論いただきましたことに改めて御礼を申し上げます。ありがとうございます。先生方からいただいたお褒めの言葉、またご指摘もいろいろあったかと思えます。中には厳しいお言葉もございましたが、それは、ある意味この技術に対する期待に対する大きさだと思っております。この事業は、前身事業もあり長年開発を行っているわけではございますけれど

も、ようやくここまで来たといったところでもございます。これからの事業におきましても、先生方からいただいたアドバイス、ご指摘、そういったものを踏まえまして、我々としても事業者と一緒にこの事業、この技術を育て、社会実装にぜひともつなげていきたいと改めて感じた次第でございます。先生方におかれましても我々の事業を見守っていただき、またアドバイス等を引き続きいただければと思います。本日はどうもありがとうございました。

【中島専門調査員】 ありがとうございます。続きまして、岡部PLからも一言お願いいたします。

【岡部PL】 本日は、長い時間ご審議いただきまして誠にありがとうございました。やっこの事業、CFRP、CMCで半分終わるところで、少しほっとしている部分はございます。まず渡邊委員からご指摘いただきましたように、今後実際に使っていくときには規格、これは奥田委員からもお話があったところですが、認証・認定もしくは規格といったところが肝になってくると思っております。MRJと同じ轍を踏まないためにも、早めの認証・認定、メーカーの認定も含めたところを進めていくことが重要であります。その点に関しては事業者の方々に改めて再確認していただきたいと思っております。また、横関先生がおっしゃっていたように、やった仕事がなくなってしまうというのが問題ではないかということで、例えば今回3つの製法であるのですが、こういうプロジェクトがあるから3つあるということ認識できるわけで、そういう意味でも、それは田中委員からのご指摘でもあるのですが、先ほども言いました産学連携がもう少し CMC 分野で進まない、企業はやはり利益の現場ですから、ロジスティックとして支える学側がないというのは少し問題ではないかと、私は CMC という分野の人材不足を非常に喫緊の課題として強い認識を持っています。JAXA も含め、日本のアカデミアはこの分野に速やかに手当てをしていくべきであろうと考えます。それというのは、世界を代表する糸が2つとも、今その一つは合併会社になっていますけれども、日本初の会社が市場を寡占している状態ですので、我々としてはもう少しサポートができればよいと思っております。それから野田委員からご指摘がありましたように、我々、今回材料ということで、これは渋谷分科会長からのお話にもありましたが、素材というのは日本の強みだと理解していますので、ぜひこういう事業を社会実装につなげていただけるように、この事業は終わりますけれども、今後も事業者に働きかけていきたい、また、K Program のPO を仰せつかっていますので、K Program 含めて働きかけていきたいと思っております。また私たちは金属でも強いのですが、マドリードに IMDEA (Madrid Institute for Advanced Studies) といったところがございまして、渋谷分科会長はそこに行かれたのではないかと理解をしています。やはりヨーロッパのアカデミアというのは、いわゆるリアリスティックな問題から学問を抽出する力が非常に強いと思っていて、日本の研究者は教科書の中から問題を抽出する。やはり、こういうリアリスティックな問題にぜひ CMC に関心を若い世代に持ってもらいたいというのが、今回プロジェクトをやっていて感じたところです。それで、10年ぐらい前は NEDO プロでも大学の集中権方式で大学に企業が集まるというのが結構あったのですが、ちょっとまた個社に戻ってきている。渋谷分科会長がおっしゃっていたような、企業に新風、メンツに新風という意味では、これは利益誘導をしたいから言っているわけではなく、アカデミアみたくところでオープンプラットフォームを立てて、そこに企業が入って人材を育てていく。そこで認証・認定もしくは製法をジェネライズするというのも考えていてもよいのではないかと思います。それが李家会長代理の言う単通路機の我々日本の産業競争力強化につながればよいと考えます。最後に、田中委員がおっしゃっていたアウトカムについて、今日何度か指摘がありましたけれども、この点は真摯に捉え、我々なりにもう一回考えてみたいと思います。本日は長い間ありがとうございました。

【渋谷分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題8を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

## 配布資料

資料1	研究評価委員会分科会の設置について
資料2	研究評価委員会分科会の公開について
資料3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
資料4-1	NEDOにおける技術評価について
資料4-2	評価項目・評価基準
資料4-3	評点法の実施について
資料4-4	評価コメント及び評点票
資料4-5	評価報告書の構成について
資料5	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料6	プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
資料7-1	事業原簿（公開）
資料7-2	事業原簿（非公開）
資料8	評価スケジュール
番号無し	質問票（公開 及び 非公開）

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

公開可

「次世代複合材創製・成形技術開発④、⑤及び⑥」（終了時評価）分科会

質問・回答票（公開）

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
資料5 P.10	本プロジェクトの成果と他事業の成果がどのように関連していくのかを、関連性 が分かるようにご説明ください。また、本プロジェクトと他事業成果を組み合わせ ることによる創出される、我が国の強みは具体的にどのようなものとなります か？	奥田	本事業のCMCと耐熱合金は航空機エンジン軽量化を目指しています。CMCを実用化 するために信頼性保証手法の標準化を組み合わせる必要があります。また将来の 水素航空機にもCMCや耐熱合金は使用されていく可能性があります。	公開
資料5 P.15	図の右下に「技術的・経済的波及効果」「社会的波及効果」とありますが、これ らは定性・定量的に分析・試算などがなされているのでしょうか？P.2のアウト カム目標には記されていない項目ですが、取り扱いはどうなるのでしょうか？	奥田	NEDOは、波及効果の定量的な分析・試算などは実施しておりません。アウトカム目 標に向けて、各事業者がそれぞれの取り組みを行う中で、これらの波及効果がある ことを期待しています。	公開
資料5 P.17	アウトカム達成の見込みについての根拠がいずれも経済安全保障育成プログ ラムで達成見込みとなっていますが、本プロジェクトの位置づけ、経済安全保 障育成プログラムで達成できる見込みの根拠などが不明です。このまま認め ば、本プロジェクトではアウトカム達成は難しく、達成は経済安全保障育成プロ グラム次第ということですか？	奥田	経済安全保障育成プログラムの中で継続して研究されている事業者もいますが、独 自で継続して研究されている事業者もおられます。それぞれで、実用化、実装化を 目指していますので、経済安全保障育成プログラムだけと言うわけではございませ ん。もちろん達成出来るかは各事業者次第となりますが、可能な限りNEDOとして支 援していく予定です。	公開
資料5 P.29, P.31	次世代複合材創製・成形技術開発の成果から、今後の課題、取り組むべき項目 で、特に重要と考えらえる事項がございましたら、お聞かせください	奥田	技術的には、ラポレバル程度と認識しておりますので、これから量産化、材料の航空 局からの認定、標準化などが重要な課題と想定しています。	公開
資料5-15頁	量産化された1400℃級のCMCがジェットエンジンが次世代航空機(6000機の 50%)に採用されることがどの様に、CO2排出量 600万トン削減につながるか お教えてください。	田中	CMC適用による軽量化及び冷却空気量削減による熱効率向上により、細胴機1機 あたりのCO2が約2000トン削減が見込める事から3000機として600万トン削減に繋が ると想定しています。	公開
資料5-40頁	課題④の成果が、他の課題に反映されることはわかったのですが、他の課題 (項目⑤-(1),⑤-(2),⑥)間での繋がり、情報共有などはどの様に行われてい ますでしょうか。	田中	項目⑤-(1),⑤-(2),⑥の事業者は、基本的にコンペチターであるため非公開情報 の情報共有はされてません。公開情報については、学会、文献、展示会などを通じ 情報発信されてます。	公開
資料5・p31	解決の方針のところ「残り期間で現在5倍の②工程のバッチ当たり炉詰数3 倍⇒6倍とすることで、10倍向上を達成する予定」とあるが、この文では意味が よくわからない。意味のわかる記述に変更していただけないか？また、このプロ セスのみを3倍⇒6倍にすることで、全体効率が5倍⇒10倍になる根拠も示 てもらえるとわかりやすいです。	横関	ボトルネック工程の事業開始前生産レートを基準に、全工程の生産レートを10倍と することが目標としています。事業開始前のボトルネック工程は②であり、この工程 が現在5倍に出来ることを確認済みです。 残り期間で②工程のバッチ当たり炉詰数を現状から2倍とすることで、10倍向上を達 成する予定です。	公開