

## 研究評価委員会

### 「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 ／②高効率ガスタービン技術実証事業 1)1700℃級ガスタービン」 (事後評価) 分科会議事録及び書面による質疑応答

日 時：2021年7月15日(木) 13:00～16:45

場 所：三菱重工業株式会社高砂総合研究所 122, 123, 124, 125 会議室 (オンライン接続もあり)

#### 出席者 (敬称略、順不同)

##### <分科会委員>

分科会長	成瀬 一郎	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長
分科会長代理	大山 力	電力広域的運営推進機関 理事長
委員	川岸 京子	国立研究開発法人物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 設計・創造分野 超而熱材料グループ グループリーダー
委員	黒瀬 良一	国立大学法人京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻 物性工学講座 熱物理工学分野 教授
委員	佐藤 勉	株式会社国際協力銀行 インフラ・環境ファイナンス部門 電力・新エネルギー第2部 参事役
委員	船崎 健一	国立大学法人岩手大学 理工学部 システム創成工学科 機械科学コース 教授
委員	吉見 享祐	国立大学法人東北大学 大学院工学研究科 知能デバイス材料学専攻 教授

##### <推進部署>

上原 英司	NEDO 環境部 環境部長
在間 信之	NEDO 環境部 統括調査員
阿部 正道	NEDO 環境部 主任研究員
布川 信	NEDO 環境部 主任研究員
園山 希(PM)	NEDO 環境部 主査
新郷 正志	NEDO 環境部 主査
二関 洋子	NEDO 環境部 主任
野原 正寛	NEDO 環境部 主任
土肥 英幸	NEDO TSC ユニット長
坂本 友樹	NEDO TSC 職員

##### <実施者>

石坂 浩一(PL)	三菱重工業株式会社 総合研究所 主幹プロジェクト統括
斉藤 圭司郎	三菱重工業株式会社 総合研究所 主席プロジェクト統括
檜山 貴志	三菱重工業株式会社 総合研究所 主席プロジェクト統括
種池 正樹	三菱重工業株式会社 総合研究所 製造研究部 製造技術第一研究室 主席研究員
東 俊彦	三菱重工業株式会社 総合研究所 ターボ機械研究部 ターボ機械第二研究室
唐戸 孝典	三菱重工業株式会社 総合研究所 強度・構造研究部 強度第二研究室 主席研究員
吉峰 千尋	三菱重工業株式会社 総合研究所 機械研究部 機械第二研究室 上席主任
永井 友人	三菱重工業株式会社 総合研究所 強度・構造研究部 構造第一研究室 主席研究員

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長

佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員

日野 武久 NEDO 評価部 主査

## 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 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
  - 5.2 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し
  - 5.3 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 1700℃級ガスタービン
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、分資料の確認
  - ・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（評価事務局、推進部署）
3. 分科会の公開について

評価事務局より事前配布された資料説明及び質疑応答のとおりとし、議事録への公開・非公開部分についての確認を行った。
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事前配布された資料のとおりとした。
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

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。
  - 5.2 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

実施者より資料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。

### 5.3 質疑応答

【成瀬分科会長】 ご説明ありがとうございます。前半はNEDO 環境部、後半は三菱さんから説明いただきました。少し質問及びコメントを承る時間がありますので、委員の皆様、ご意見やコメント、ご質問があれば、何でも結構です。どうぞ自由にご発言ください。

【黒瀬委員】 14 ページの実施効果についてです。このプロジェクトはとても長い期間続いています、当初の予定から変わった点等があれば、もう一度教えてください。例えば、受注予測に関しては、最近の予想ではなく、このプロジェクトの当初予想といった理解でよろしいですか。もしそうであれば、現在、これが達成できているのか。もしくは、さらに良い方向に向かっているのかなど、その辺りについても教えてください。お願いします。

【三菱重工\_石坂 PL】 まず1つ目の目標が変わっているか、変わっていないかという話ですが、目標は変わっていません。同じ目標のまま走る上では、ご存じのように、いろいろな再エネ等に関するそういった話があり、目標を見直すべきかという議論もありました。また、もともと厳しめの目標になっているという理解ではあったものの、一方で、ガスタービン、天然ガスの市場はそれなりに数がありました。ですので、目標は変えず、そのままの実施に至りました。

【黒瀬委員】 見通しを超えているという理解でよろしいですか。

【三菱重工\_石坂 PL】 そのとおりです。

【黒瀬委員】 分かりました。ありがとうございます。

【成瀬分科会長】 ほかにいかがでしょうか。オンライン参加の先生方はどうでしょうか。

吉見先生、どうぞ。

【吉見委員】 ありがとうございます。

多分、これは公開の場で質問しても問題のない内容かと思います。以前、書面でも指摘をさせていただいた部分ですが、こういった高温場を取り扱う者たちとして、非常に特殊な研究の場であると認識しています。プレスリリースと論文は非常に重要な知の財産として評価をしており、そういう意味では、具体的にどういったものが出されているのかが分かりにくく、そちらを挙げていただけたらと思います。

また、プレスリリースの情報については、昨今の社会的な様々な声で、少し難しい空気が流れているのを私もよく理解をしていますが、今日の説明で紹介していただいたプレスリリースは三菱さんの社内報か何かのことでしょうか。

【三菱重工\_石坂 PL】 そうです。これは社外向けに出しているプレスリリースになります。

【吉見委員】 これは、三菱さんだけではなく、NEDO さんと一緒になりながら、いろいろと工夫を取る形がいいのではないかと思います。できるだけ、社会の小・中学生にも分かるような、おじいちゃん、おばあちゃんにも評価していただけるような工夫も凝らしながら、こういった大事な成果というものが「将来の日本の国力に重要なのだ」という PR をぜひ心がけていただきたい。これは要望です。

【三菱重工\_石坂 PL】 承知しました。コロナの関係で今はできていませんが、例えば小学生向けとしては、実際に工場に来ていただき、ガスタービンというのはこういうものだよというアピールをしています。また、最近で言いますと、ガスタービンのみではありませんが、エナジートランジションということで、プレスあるいは投資家向けにウェブでバーチャルによる見学会をさせていただきました。

恐らく、学生がこういった分野に興味を持つようにという趣旨で指摘をいただいたと思いますが、一方で、そういった学生向けとしては、例えば高温材料であったり、燃焼であったり、その部分は今後さらに強化していく必要があるでしょう。ですので、そこに対しても、こういった成果をうまく使いながらアピールをしていきたいと思っています。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。

大山さん、どうぞ。

【大山分科会長代理】 電力広域機関の大山です。最初に申し上げたとおり、私は電力システムが専門であり、また、最近では調整力等をいろいろやっています。その観点で、以前の質問でも伺いましたが、どうしても高効率だけでなく、高機動性というのも気になるところです。今の説明の中では、大分受注が進み、世界市場でシェア 1 位といったプレスリリースもありましたが、受注している感触としては、やはり高効率が最も大きいのか。あるいは、効率よりも値段になっているのか。もしくは高機動性みたいなところも多少寄与されているのか。その辺りの感触としてはどうでしょうか。

【三菱重工\_石坂 PL】 三菱重工・石坂のほうから回答いたします。公開の場では正しい数字は差し控えたいのですが、まず 1 つは、今は比較的に大出力、高効率のものがまだ複数あります。ただし、それが 2030 年、2050 年ということではなく、もう少し短いスパンのものになります。

一方で、例えば急速起動といいますが、フレキシブルな要求というのが、そこに付随してついてくる。また、部分負荷の効率に対して要求事項が増える傾向は確かにあります。ですので、恐らくは高効率やそういったものを実現しつつ、そういったフレキシブルを求める。発電事業所さんの経済性を考えれば、当然そうやってきますし、将来的にはそういう使い方もできるという要求だと理解しています。

【大山分科会長代理】 公開の場で答えられる範囲で結構です。どうもありがとうございました。

【成瀬分科会長】 では、また非公開の場でご質問ください。

それでは、ほかにもございますか。どうぞ。

【船崎委員】 岩手大の船崎です。冷却のシステムということで、3D プリンタを使ったメタルパウダーの材料による 3 次元構造がつくられるようになってきたものと理解しています。もちろん、これは競合する欧米のメーカーも相当力を入れていると思いますが、今後、3D プリンタの技術に対して、国もしくは三菱重工さんとしてどの程度注力していく認識でしょうか。つまり、相当キラーテクノロジーになってきていて、ここは差別化されていくと予想します。ですので、今後も何かこの分野で相当投資をしていく必要があるのでしょうか。冷却だけではなく、燃料ノズル等の関係もあると思いますが、こちらの点について、冷却システムも含めて何かお話しいただけるものがあれば、お聞かせいただきたいです。公開の場で聞ける範囲で構いません。

【三菱重工\_石坂 PL】 こちらも三菱重工・石坂のほうから回答いたします。3D プリンタそのものの生産技術というのは、引き続きキラーテクノロジーであるという理解です。そこで、我々の考え方について 1 つ紹介します。まず、より細かいものをつくれるという部分で 3D プリンタがありますが、そこにはデメリットもあります。その上で、3D プリンタの様々なつくり方、弱点を理解しながら、どうやって設計したらいいのかという点ですが、我々は設計・製造・工場が全部同じ場所にあるため、そこを同時に考えられます。流れを計算して冷却を設計する人間、また、製造をやる人間が同じ場所にいることで、3D プリンタの良いところ、悪いところを捉え、弱点も考えた上でどうやって冷却設計するか。そこをうまく使っていくところは他社とうまく差別化できる点だと思っています。おっしゃるように、例えば GE さんや他社さんは、当然そこにすごくお金をかけています。ですので、そういったところの会社を買収するといった話もあります。そういうところに同じやり方で勝負をしていくと、日本の企業は物量で勝ちにくい部分がありますが、それら全部を把握し、広い範囲を 1 人が分かるという部分において最適化するという観点でうまく勝負をしていきたい。これは決意表明になりますが、勝ちにいきたいと思っています。回答になっているでしょうか。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。

どうぞ。

【川岸委員】 現在、事業化されている JAC 型が 1650℃ ということで、実際に入口温度 1700℃ に達成するの

は、2025年度以降という理解でよろしいですか。そこに向けては、技術課題がまだ残っているのか。また、どれぐらいの見通しになるのか等を教えてください。

【三菱重工\_石坂 PL】 実は、2025年という目標は非常にコンサバなものとして置いていました。我々としては、実現可能であれば、すぐにでもという考え方です。そのときに、実証プラントにおいて、実際の翼の状況等を確認し、冷却液を少しずつ減らしていく。そして、様々な調整をしながらたどり着ける範囲として、スタートが1650℃から1700℃ということを考えています。途中でいろいろな技術を投入しながら、1年に2回ずつ新しいものを入れながら検証をしていくのですが、そこで勝ち目があるものが出てくれば、すぐにでも運転できるという位置づけです。最終目標として、そこまでにはやり遂げなければいけないということで2025年という数字を置きました。

【成瀬分科会長】 よろしいでしょうか。  
どうぞ。

【佐藤委員】 国際協力銀行の佐藤です。私は国際的な環境政策や気候変動政策の担当もしており、その観点からコメントいたします。金融の世界でも今、皆さんもご存じのとおり、欧米からの脱炭素への圧力は非常に強くなっています。スライド31ページの辺りに、IEAのWorld Energy Outlookの話もありますが、天然ガスの需要は、恐らくIEAでは現在建設中のプロジェクトあたりまでを想定してアジアを中心として需要は伸びるという予想だと思えます。その一方で、今後の新規の大型事業に対してはロックイン、すなわち排出量を長期的に固定化してしまうことが懸念されています。もちろん石炭火力は厳しいという前提ですが、EUあたりの議論では、ガス火力も大きな論点になっています。Science Based Targets Initiative等が出しているシナリオでは、電力全体として排出原単位が年を追って下降すると言われています。アメリカは、2035年頃に電力部門は排出ゼロと言っていますし、大型のガス火力も早め早めに進めていかなければ、ビジネス環境が非常に厳しくなるのではないのでしょうか。決して楽観視をしてはいけないと日々思っていることをお伝えします。以上です。

【成瀬分科会長】 今回のコメントに対して、何か回答はありますか。

【三菱重工\_石坂 PL】 三菱重工・石坂です。今の件に関してですが、実際に見えている部分というのは、おっしゃるとおりです。近いところで今見えている案件というのは、やはり石炭、古いものが減っていく状況の中で、比較的、一見順調に見えているという理解です。

一方で、2030年、2050年まで来ると、当然、今度は天然ガス焚きに対してもCO<sub>2</sub>を絞っていく。出さないようにしなければいけないというところで、そこに対しては水素への転換等を並行して進めているという状況にあります。水素が必ずしも全ての答えではありませんが、1つの選択肢としては大型のガスタービンに対しても、水素混焼、専焼というところへ向かっていくという理解です。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。ほかによろしいでしょうか。

では、私のほうからお伺いします。今、佐藤さんからコメントがあったように、私も寿命の部分についてです。時間軸として非常に、完全に切羽詰まっているので、例えば40年持つのか。もしそうであれば、その場合は将来的に40年間メタンで動かさなければいけないのか。もちろん途中で水素燃焼器に切り替えるということも、多分できそうな気はするのですが、その辺の寿命というのは、適切なメンテナンスを加える想定をしつつ、大体何年ぐらいになるのでしょうか。

【三菱重工\_石坂 PL】 一般論になりますが、適切なメンテナンスをしながら、かつ無理な運転をしないという前提で、30年、40年という想定です。ただし、実際にメンテナンスの中で、例えばアップグレードという形でより耐久性の高いものを入れていたり、あるいは燃焼器を入れ替えたりしながらも、寿命の中で世界が変わってしまい使えなくなるという話も先ほどありました。多分そこも含めた質問だと思いますが、例えば、途中で水素を混焼できるようにする。あるいは専焼に切り替える。それは水素の供給能力によりますが、そういったことができることもガスタービンのメリットだと考えています。

寿命が40年、よって将来天然ガスだけで40年生きていけるかと言えば、そういうことではございません。途中でマイナーチェンジをする。実際、既にお客様に納めたものに対して、工事で切り替えていくことが可能だと思っています。

【成瀬分科会長】 それから、資料の8ページの部分です。先ほど、時間スケールのお話をしました。これはよく見る図なのですが、今、我々は2030年に46%減と言っているわけです。そして2050年にはゼロだと。そういう値も何か示せると良いのではないのでしょうか。日本のこの技術でもって日本でどれぐらい下がるのだと。あるいは、このガスタービンによって世界でどれぐらい下がっていくかというのが、何か定量的に見せられると、すごく貢献度が上がるのかなと思います。計算上ではできますか。

【三菱重工\_石坂 PL】 いろいろな過程が恐らく入ってくるのですが、例えば、石炭焚きの古いもののうち、これだけをまず変えた場合こうなります。その上で、例えば、水素を何十パーセント混ぜたらこれだけCO<sub>2</sub>が減ります。エネルギー消費量も減ります。さらに、例えば電力に対しても、自動車のうちのこれだけの数が電気自動車になって電力需要が増えるといった場合に、高効率かつCO<sub>2</sub>を出しにくいものの電力に置き換えると、このぐらいのメリットが出るといった数字を計算することは可能です。

【成瀬分科会長】 最後に細かいところですが、HHVとLHVについて。私はLHVで堂々とおっしゃられたら良いような気がするのですが、HHV発電端効率というのは慣例なのでしょう。

【三菱重工\_斉藤】 すみません。三菱重工の斉藤です。このプロジェクトが、最初にMETI様のほうで開始した当時は、まだHHVで表記することが多かったのです。本来はLHVでやるべきところですが、昔からの計画書どおりに書かせていただいたためにHHVとなっています。今回の資料においては両方とも書かせていただいておりますので、最近の数値と比較するときにはLHVで見ただけならと思います。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。まだ3分ぐらい時間がありますが、プラスアルファで何かございますか。

黒瀬先生、どうぞ。

【黒瀬委員】 今の部分に関連してですが、目標のところは58%となっています。書き方が「58%達成の見通しを得る」となっているので、少し微妙なところではあるのですが、これは結論として達成されたものと見てよろしいですか。54ページのところを見ると、「機種開発に成功。2020/7月より長期信頼性を検証中」となっています。ここから1年経ってどういう状況なのか。もしお話できるのであれば、お聞かせいただきたいです。

【三菱重工\_石坂 PL】 今の質問は、恐らく44ページの事業目標のところの58%の数値と関連だと思います。実際に今、実証プラントで運転しているものは、いろいろな計測の関係やプラントの環境上で様々な縛りがあります。それに対して、それぞれ計算上の話ではありますが、要はそのを正規の運転状態に戻し、いろいろな補正を加えることによって達成する見通しになります。実際にそのものを測って58%の数字を達成できるとあえて言い切っていないのは、その点からきています。技術的にはできているものを積み上げていくことによって、これが達成できているという考え方です。

【黒瀬委員】 分かりました。ありがとうございます。

あともう一点、先ほど成瀬先生のところで出てきた8ページの図についてです。これはNEDOさんへの質問になってしまうかもしれませんが、こちらは今後変わっていくものなのでしょうか。今こちらを出してくるのはどうなのだろうかという気持ちもありまして、伺いたいです。

【上原部長】 環境部の上原です。まさに今、経済産業省がエネルギー基本計画を見直しています。2030年や2050年の温室効果ガス排出削減目標の実現に向けた議論に併せて、技術開発の方向性やスピード感も見えてくるものと考えています。

【黒瀬委員】 分かりました。ありがとうございました。

【成瀬分科会長】 先ほど川岸委員がおっしゃったように、1700℃と1650℃といった値が混在していて、どちらなのかなと思っていたところが、今聞きながら、初めて分かりました。やはり、その点を丁寧に説明されたら良いのではないのでしょうか。何かの報告書で、「1650℃だが、その成果を積み上げていくと1700℃になり、こういった性能が得られる」ということをきちんと書かれたほうが良いと思います。

「1700℃級（1650℃）」と書かれると、何のことなのかと若干分かりづらく、今後まだ報告書があるのでしたら、ぜひこの部分についてお願いいたします。

【三菱重工\_石坂PL】 承知いたしました。

【成瀬分科会長】 それでは、時間がまいりましたので、議題5はここで終了とします。

(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

【日野主査】 では、時間になりましたので議題8に進みます。よろしくお願いいたします。

【成瀬分科会長】 皆さん、最後のまとめ・講評です。冒頭にも申し上げたとおり、吉見先生から始まり、最後に私といった五十音の逆からの順番です。2分程度をめぐりに講評をお願いします。

それでは、吉見先生からお願いします。

【吉見委員】 東北大学の吉見です。材料屋として今回のまとめについて講評します。実は以前も同じことを1回申し上げたことがありました。こういった非常に高い温度でガスタービンを動かす研究・開発というのは、単に今回の次世代火力発電云々だけではなく、非常に大きな高温材料、高温場を創製するといった特殊な実験場をここで造っていらっしゃるわけで、その価値は極めて高いと私は考えています。これをNEDOさんの研究成果というところにとどめずに、願わくは本当はもう少し学術的なところまで広げて情報を公開していただきたいという気持ちです。今回、こちらの公開版の資料の中には論文等々の成果をまとめてくださっていますが、今後こういった機会があれば、特に三菱重工さんの社内報だけにとどまらず、もう少し学術誌の中にも論文という形で出していただけると、より一層広く社会にインパクトを残せるのではないのでしょうか。そういった意味で、今後ますますこういった研究が必要だろうと思っていますし、そういった学術的に非常に重要なエッセンスが、1700℃級のガスタービン以外にも、いろいろなところへの波及効果を生むものと期待しています。ぜひ頑張ってください。以上になります。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。それでは、船崎先生どうぞ。

【船崎委員】 私は、ガスタービンを主に研究しており、空力/伝熱を中心に長く携わっています。その人間から見ても、今回のプロジェクトは非常にチャレンジングなテーマに果敢に取り組み、成果も多々



上げていらっしゃるという点で、非常に感銘を受けた次第です。先ほど、人材育成のところでも申し上げたように、こういったプロジェクトは単に技術をつくるだけではなく、その技術の担い手である人材を育てる。それが、その次の人材へ継承するための新たな道筋が引かれるものと考えており、その観点からも、本プロジェクトは非常に有意義な成果を上げてきたのではないかと感じています。個々の技術については、それぞれ課題がもちろん残っているはずですが、それについても、一つ一つ今後こなされていき、競争力のある技術に仕立てていっていただけるものと感じています。

ただ一方で、やはり諸外国、GE や Siemens 等の競争相手は、大きな学術機関や大学との連携を強固なものにしており、先端技術への投資も相当していると思われます。そういう点で、今後さらに日本としての生き残りを考えたときに、NEDO 様をはじめ、国がこのガスタービンを含めて基盤技術に対するしっかりとした投資という考えを持っていただき、そこに大学という組織も入れていただいて、さらに良い形で発展させていくように、今回のプロジェクトがつながっていけたら良いと感じました。いずれにしても、関係者の皆様のこれまでの努力に敬意を表するとともに、これからのご活躍に期待します。以上です。

**【成瀬分科会長】** ありがとうございます。それでは、佐藤委員どうぞ。

**【佐藤委員】** 国際協力銀行の佐藤です。私は技術の専門という立場ではありませんが、こうしたシステム技術、一ユニット当たりの経済規模が大きく、必要な予算が大きなプロジェクトとなる技術に対して、これだけ細かい要素技術を積み重ねられている点は素晴らしい取り組みと思います。そして、これだけの時間をかけて最先端をつくり上げることに改めて日本の技術開発への貢献力の高さを感じ取った次第です。特に発電セクターという、今パリ協定等の温室効果ガス排出の削減に直面している中で、原単位を向上させていくという重要な技術だと思っています。ですので、我が国として、私も金融の世界でもしっかり支援していきたいと思いました。

ただ他方で、今、金融の世界が大転換を迎えており、世界的にも排出量をどのようにしていくのかの場合によっては開示しなければいけないというところに迫られています。ですので、途中の議論でもあったように、将来的な課題としては、高度な技術でありながらも柔軟な売り方をしていく必要があるでしょう。水素の混焼等の可能性もあるとお聞きしましたので、そういった多角的な視点が今後大事になっていくのではないかと考えた次第です。以上になります。

**【成瀬分科会長】** ありがとうございます。それでは、黒瀬先生どうぞ。

**【黒瀬委員】** 京都大学の黒瀬です。本日は、現地調査会から分科会を通しまして、本事業が期待どおりに非常に良い形で進んでいることを確認しました。

その一方で、先ほどから何度か話が出ているように、この半年で情勢は大きく変わりました。それによって、目標や我々がやるべきことも数年前とはかなり変わってしまったと思います。ただし、今日議論があったように、そういうところにもこの技術は使えるという話をいただきましたので、非常に期待を持ちました。次のステップに進められたらと思います。

それから、最後に人材育成についても話があったので、私からも一言述べさせていただきます。やはり大学にいと、学生は情勢をビビットに感じ取り、なかなか燃焼やガスタービンという分野よりもコンピューターサイエンスや情報の分野に行きたがる傾向がここ数年非常にあります。ですので、ガスタービンはカーボンフリー社会に貢献するものだということをもっと前面に出してほしいと思います。また、そのPRになるようなことを、NEDO 様、三菱重工様、そして我々大学も一緒になりながら、今後やっていく必要があると思った次第です。どうもお疲れ様でした。ありがとうございました。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。それでは、川岸委員どうぞ。

【川岸委員】 物質・材料研究機構の川岸です。私は材料の研究者としてコメントをさせていただきます。

非常に多くの要素技術課題に対して、シミュレーションやAM技術などを効果的に使用されながら課題解決に取り組んでおり、大変すばらしい成果だと感銘を受けました。また、単結晶について何度か話題に出しましたが、それに加えて、製造コストや補修といった問題も多々残っていると思います。また、将来技術においても幾つかの課題があるでしょうか。ですが、今回のような大きなプロジェクトの機会を与えられたことすし、ぜひ今後とも実用化に向けてしっかり進めていただきたいと思います。どうぞよろしく願いいたします。ありがとうございました。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。それでは、大山委員どうぞ。

【大山分科会長代理】 電力広域的運営推進機関の大山です。私は、技術的にはタービンそのものよりは電力システムということを前半のセッションで申し上げましたが、今日の発表を伺っていて、非常にすばらしい開発をしている印象を持ちました。そういう意味では、当初は、私も現地で伺うはずだった午前中の現地調査会に参加できなかったことが大変残念に感じています。そして、こういった技術の実用化・事業化においては、非常にすばらしい成果でありながらもなかなか売れないということもよくあるのですが、前半の公開部分で話があったように、プレスリリースについて世界市場のシェアを取っているということで、自己満足ではなく、しっかりと技術開発をしていることに感銘を受けた次第です。また、先ほど来、話にあるように状況は刻々と変わっていきます。そのために、それに合わせた技術開発がまた求められるとは思いますが、そちらについてもぜひ今後とも進めていただけたらと思います。どうもありがとうございました。

【成瀬分科会長】 ありがとうございます。それでは、最後に私から。

皆様、どうもご苦労様です。とは言いつつも、これからがまさしく苦労のしどころでしょうか。今日は事後評価ですので、過去を振り返ることはもちろん大事ですが、当然次を見なければいけない。すなわち商用化をどんどん進めていく必要があります。うちの未来研に、実はガリウムナイトライドの天野先生がお見えになるのですが、彼がおっしゃったのは「デスバレーがある」と。要は、「死の谷を乗り越えてガリウムナイトライドも実用化した」とおっしゃってしまして、それとは少し違う死の谷（デスバレー）かなとは思いますが、そこを乗り越えるためには、やはり三菱さんのみならず、NEDOさんを含めた産官学のオールジャパン体制というのがこのプロジェクトに必要なだと認識しています。

では、デスバレーの理由は何かと言えば、やはりCO<sub>2</sub>問題です。冒頭に少し申し上げましたが、実はCO<sub>2</sub>問題で多くの人が勘違いをしているのですが、例えば三菱さんで一生懸命CO<sub>2</sub>を減らした、あるいは日本で減らしたとします。ですが、CO<sub>2</sub>は地球の境界条件ですから、例えば、中国でばんばん出していたとすれば、これは同じことなのですね。すなわち、その辺をきちんと理解する。CO<sub>2</sub>は地球の問題なのだ、日本で一生懸命減らしても実はあまり役に立たないという認識を持った上で、この技術をどう見るかになります。そのときに、例えば、揺り籠から墓場まで、更地に発電プラントを造って、それをまた壊して更地にするときのトータルの発電によるCO<sub>2</sub>等ですね。ひょっとしたら研究開発段階のCO<sub>2</sub>というのも求められるかもしれません。逆に、それを先んじて定量化をし、この技術ではこれだけの開発段階において、これぐらいしかCO<sub>2</sub>を出していませんよ。そういうことを売りにすると、意外にいろいろな市場として広められるのではないのでしょうか。

一つ申しますが、実は1945年から2019年までのCO<sub>2</sub>の積算を調べてみました。なぜ調べたかと言うと、今、CO<sub>2</sub>濃度は400ppmですけれども、これは瞬間値ではなく過去の歴史だからです。調べると、実は日本はドイツよりも出していないのです。ドイツは日本の1.5倍出しています。もちろん今は負けていますが。今はGDP値にすると、日本は220グラム、ドイツは確か170グラムですね。ですから、やはりCO<sub>2</sub>を出さずに稼いでいるわけです。日本とアメリカは大体一緒です。しかし、過去の戦後から2019年までを積算すると、実は日本は出していないのです。出していないでもOECD各国と肩を並べている。それだけ成長してきたわけですね。その辺の歴史というのをもっとオープンにしてほしい。多分、三菱重工さんの努力も決して小さくはないと思いますが、このガスタービン技術も、そういう意味でもっとアピールしながら、死の谷を乗り越えて、どんどん商用化していただきたいです。

**【日野主査】** ありがとうございます。それでは、NEDO環境部の上原部長から一言いただけますか。

**【上原部長】** 上原です。本日は皆様どうもありがとうございました。

日本を含め、各国が2030年、2050年の目標を出す中、さらに、その実現に向けた取組ということで予算措置をしながらどんどん話を進めている状況です。こういう中において、やはり日本の競争力をどう維持、確保していくのか。こういったことも課題だと思っています。

他方、こういったグローバルな競争が行われている中、国内にあってはエネルギー政策を、「S+3E」のバランスを取りながらどう進めるかが重要となります。エネルギー基本計画の見直しの中では、省エネのさらなる深堀りであるとか、非化石エネルギーの最大限の導入を進めるといった議論がされていますが、火力についても再エネの変動性や調整力といった話で、引き続きトランジションを支える重要な役割になるだろうという議論が行われていると承知しています。

2050年という長期スパンで見れば、カーボンニュートラルに向けての議論が幾つかあったように、水素を混ぜるなど火力発電の脱炭素化についての議論も今後していく必要があると考えています。本事業で培っていただいた効率的にガスタービンを使っていくことについては、こちらも先生方からコメントをいただきましたが、こういった技術を基礎としながら、政策的・社会的な変化、さらに相手方、事業者のニーズをうまく捉えて、柔軟な形で製品にフィードバックをしていただく。こういったことが、カーボンニュートラル社会の実現につながるものと考えています。NEDOとしても引き続きこの取組を進めてまいります。

PR等の部分についてご意見をいただきました。今時点ですぐに答えを出せませんので、この点は持ち帰らせていただき、NEDOの中で何ができるのか検討・整理いたします。

本日は長い時間にわたり、どうもありがとうございました。

**【成瀬分科会長】** シナリオではここで終了ですが、言われっぱなしではいけないと思いますので、三菱重工の石坂さんからもお願いできますか。

**【三菱重工\_石坂PL】** 本日はどうもありがとうございました。なるべく実際に物を見ていただくという形で準備をさせていただきました。どうしてもガスタービンは、要は「CO<sub>2</sub>を出すから旧世代の代物でしょう」という意見がだんだん増えてきています。そういう中で、我々、「高効率かつ将来もあるよ」ということうまくアピールできないものかと思っています。そこで、今回先生のほうからいろいろな助言をいただきました。いろいろなアピールの話、あるいはオールジャパンという言い方が適切かは分かりませんが、そういう中で、人の育成から将来も含めて何かできないかなと思っています。そういう面で、もう少し広い視野で協力をしていけたらと考えています。評価のところで、先生のほう

からいろいろな評価をいただきましたが、やはり 100 点とは思っておらず、まだ道半ばの部分が幾つかあります。そういったところと併せて、この先、大分フレキシブルな運転やいろいろな CO<sub>2</sub> をさらに減らしていくというところで、もっと努力を続けていく。そして、ガスタービンというものをきちんと世の中に残していくことが義務だと思っています。ですので、その辺りは引き続き頑張っていきたいと思います。本日はどうもありがとうございました。

【成瀬分科会長】 突然振ってしまい申し訳ございませんでした。  
これで議題8を終了します。

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	同、公開について
資料3	同、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における研究評価について
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

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。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／②高効率ガスタービン技術実証事業 1)1700℃級ガスタービン」  
(事後評価) 分科会

質問票

資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答		委員氏名
		公開可/非 公開	説明	
全体に 対する質問	本事業はガスタービンの高効率化を目指すものと理解しています。一方で、今後の再生可能エネルギーの大量導入を考えると、高効率化だけでなく、高柔軟化(起動時間の短縮、出力変化速度の向上、最低負荷の引き下げ等)も求められます。本事業の個別テーマ(要素技術)の中で高柔軟化にも寄与するものはありますでしょうか。	公開可	1700℃級ガスタービン事業は、既存ガスタービンと同等以上の応答性・運用性を前提とした、高効率化・大容量化に関する技術開発になります。本事業開始時とは、事業環境も変化してきており、近年では、再生エネルギー電源増加による系統安定化のために、さらなる応答性・運用性が求められるようになりました。そこで、既設ガスタービンおよび1700℃級ガスタービンを含む新設ガスタービンを対象として、より厳しい、限界を追求するような負荷変化速度や最低負荷の低減に対応するための技術開発(一酸化炭素発生抑制・動翼の軽量化・高応答制御手法の開発など)のため、NEDOの	大山 力 分科会長 代理

		<p>別事業「高機動性ガスタービンの開発」を立ち上げ、取り組んでいます。1700℃級ガスタービン技術の他の要素技術も、そのほとんどが高機動ガスタービンと両立可能であり、このような大型高効率GTCCが高柔軟化に対応可能となれば、電力市場での急峻なΔMW需要に高効率電力での供給可能となり、ガスタービンとしての商品性が大幅に高まるものと思われます。</p> <p>1700℃級ガスタービン事業内で高柔軟化にも寄与するものとしては、研究開発項目③非定常性制御燃焼技術と研究開発項目④超高性能タービンの2項目ございます。研究開発項目③では、2段燃焼技術を開発しております。2段燃技術はフルロード条件でのNOx低減を狙ったものでありますが、部分負荷運転においては一酸化炭素の発生抑制にも繋がり、最低負荷の低減にも寄与いたします。一方、研究開発項目④では、GTを非常に高い負荷で運転しないとならない状況におけるタービン性能改善とデータ把握を実施しており、タービンの負荷変動幅を広げることに寄与しております。</p>	
--	--	---	--

資料 5・p. 12	1700℃級ガスタービンを水素タービンに応用する場合の技術課題について教えてください。	公開可	<p>1700℃級ガスタービンの天然ガス燃焼器を水素燃焼に交換することにより、水素タービンとすることができます。技術開発が必要となる水素燃焼器は、NEDO の別プロジェクトにて開発が進められています。</p> <p>水素で 1700℃運転した場合、燃焼とタービン冷却に影響を与えます。</p> <p>(1) 燃焼への影響： 燃焼ガス温度が高くなると、NOx が天然ガス以上に上昇する傾向にあります。また同時に水素火炎が逆火※しやすくなるとともに、発熱集中により燃焼振動が発生しやすくなります。このような技術課題があるため、水素で 1700℃化するためには、ある程度の技術開発は必要となります。</p> <p>(2) タービン冷却への影響： 水素燃焼により燃焼ガス中の水蒸気成分が増えることでガスの熱伝達が少し高まりますが、その量はわずかであり、タービンや TBC の材質変更は不要で、冷却空気量の微調整等で対応できる範囲です。</p> <p>※逆火：火炎が予混合ダクトの上流にさかのぼり、構造物を焼損してしまう現象</p>	川岸京子 委員
------------	---	-----	---	------------



資料 5・p49	成果の普及に関しまして、別紙で結構ですの で具体的な情報の提供をお願いいたします。	公開可	資料 7-1 事業原簿（公開版）の「(添付資 料) 特許論文等リスト」に記載しました。	吉見享祐 委員
----------	--	-----	--	------------