

産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会

第1回産業構造転換分野ワーキンググループ

議事録

- 日時：令和3年5月24日（月）15時30分～17時30分
- 場所：オンライン開催（Webex）
- 出席者：白坂座長、稲葉委員、大藺委員、片田江委員、関根委員、高木委員、
長島委員、林委員
岡田オブザーバ、北原オブザーバ、伊藤オブザーバ、
竹森オブザーバ、佐々木オブザーバ、林オブザーバ、
今井オブザーバ
- 議題：
 1. 個別プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（案）について
 - ① 次世代船舶の開発
 - ② 次世代航空機の開発

■ 議事録：

○笠井室長 それでは、定刻になりましたので、ただいまより産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループの第1回会合を開始いたします。委員の皆様におかれましては、御多忙のところ御出席いただきまして、ありがとうございます。本日はオンラインでの開催となります。

委員の御出欠ですが、8名の委員が御出席となります。なお、内山委員は、御所用のため御欠席となります。また、片田江委員につきましては、17時で退席される予定ということになっております。

続きまして、座長の選任について御報告いたします。本日の第1回会合に先立ちまして、グリーンイノベーションプロジェクト部会長から座長の指名が行われ、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科・白坂成功教授に本ワーキンググループの座長を務めていただくことになりましたので、御報告いたします。

それでは、以降の議事進行につきましては、白坂座長にお願いしたいと存じます。先生、よろしくお願いいたします。

○白坂座長 皆さん、こんにちは。慶應大学の白坂と申します。本ワーキンググループ

の座長を拝命いたしましたので、皆さん、よろしくお願いいたします。

このグリーンイノベーションプロジェクト部会というのは大変大きなプロジェクトでして、また長期にわたるものとなっております。しかも3つのワーキングに分かれていて、我々のところは産業構造転換分野のワーキンググループということでして、かなり多岐にわたる分野を扱うこととなります。私もそうですが、個々人の専門分野だけではなかなかカバーできないところも多いと思いますので、オブザーバの方に参加していただき、日本中のいろいろな専門家の方々の知見をぜひいただきながら、よりよいものを作上げていくということができればと思っております。ぜひ皆様の御協力のほうもよろしくお願いいたします。

では、続きまして、各委員からの御挨拶を頂戴したいと思います。資料2のほうに委員名簿がございますので、この順番で1人30秒程度で御挨拶をお願いしたいと思います。御挨拶も含めて、発言時にはビデオをオンしていただければと思います。

それでは、これから本日出席の7名の方に順番に30秒程度で御挨拶をお願いできればと思います。私からお名前を呼ばさせていただきます。まず、稲葉委員、よろしくお願いいたします。

○稲葉委員 同志社大学の稲葉と申します。私は、大学では蓄電池、燃料電池の材料開発等を行っておりまして、このワーキンググループでは自動車の部分というのが一番の専門になります。よく分からない分野も多いのですが、よろしくお願いいたします。

○白坂座長 ありがとうございます。引き続き、大菌委員、よろしくお願いいたします。

○大菌委員 こんにちは。一橋大学の大菌と申します。私は、一橋大学のビジネススクールで教鞭を執っております。経営戦略、イノベーションマネジメントといったあたりを専攻しております。どうぞよろしくお願いいたします。

○白坂座長 よろしく申し上げます。ありがとうございます。片田江委員、よろしくお願いいたします。

○片田江委員 よろしく申し上げます。東京大学エッジキャピタルの片田江と申します。私は、バックグラウンドはバイオ、ヘルスケア領域なのですが、主に大学や研究機関から生まれる大学発ベンチャーへの投資を行っております。どうぞよろしくお願いいたします。

○白坂座長 片田江委員、ありがとうございました。本日17時ということを知っておりますので、最後の航空機のところも早めにコメントのほうをお願いしたいと思います。ありがとうございます。

○片田江委員　　すみません、よろしくお願いいたします。

○白坂座長　　引き続きまして、関根委員、よろしくお願いいたします。

○関根委員　　早稲田大学の関根と申します。このワーキングの1、2、3、それからもう一つの全体の部会のほう全てに顔を出すということで、伝令役ということかと認識しております。専門は触媒並びに水素製造とか、天然ガス転換とか、次世代燃料とかそういった分野でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

○白坂座長　　よろしくお願いいたします。続きまして、高木委員、よろしくお願いいたします。

○高木委員　　東京大学の高木と申します。私のバックグラウンドは船舶のほうになります。あと、国交省のほうではいろいろな委員会とかに出ていますので、一応、耳学問的にはいろいろなことを知っているという立場かなと思っています。よろしくお願いいたします。

○白坂座長　　よろしくお願いいたします。続きまして、長島委員、よろしくお願いいたします。

○長島委員　　きづきアーキテクトの長島と申します。バックグラウンドですけれども、10年間、材料工学という形で大学におりまして、その後、経営コンサルタント会社ローランド・ベルガーのほうに転職して、24年間、自動車関連をメインに製造業全般のコンサルティングを約600件やってきて、昨年7月起業いたしました。そんな状況でございます。よろしくお願いいたします。

○白坂座長　　よろしくお願いいたします。林委員、よろしくお願いいたします。

○林委員　　よろしくお願いいたします。B o f A証券の林と申します。B o f Aは読みにくいのですけれども、バンク・オブ・アメリカの略で、メリルリンチから名前が変わっています。バックグラウンドとしては資本市場ということで、30年ぐらい携わっているのですが、特に近年、サステナブルファイナンスを中心に業務に携わっておりまして、結果として、直近ですと経済産業省さんのトランジション・ファイナンス環境整備検討会、あとはサステナブルファイナンス有識者会議、これは金融庁さんのほうですけれども、官公庁が主催されている委員会に金融機関の人間として関わらせていただいております。メンバーの中では金融機関ということでは私だけかなと、今改めて思っていますけれども、何とぞよろしくお願いいたします。

○白坂座長　　ありがとうございます。多様なメンバーに委員として参加していただき、本当に心強いと思っております。ぜひよろしくお願いいたします。

それでは、議事に入ります前に、本ワーキンググループの議事の運営及びオンライン会

議の注意点につきまして、事務局から説明のほうお願いいたします。

○笠井室長　事務局でございます。

資料３を御覧いただければと思います。議事の運営について（案）という資料を御覧ください。産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループの運営については以下のとおりとする。

１、本ワーキンググループは、原則として公開する。ただし、プロジェクトの実施者の意向も踏まえ、座長がワーキンググループを公開しないことが適当であるとしたときは、この限りではない。

２、配付資料及び議事要旨は、原則として公開する。ただし、座長が特に必要と認めるときは、配布資料及び議事要旨の全部または一部を非公開とすることができる。

３、座長が特に必要と認める場合には、委員以外の者の出席を求めることができる。ただし、非公開情報に基づく議論を行う場合は、委員以外の者の出席を認めないこととする。

４、委員は、自らが関与するプロジェクトの議決及び競合他社の非公開情報を扱う議論には参加できないこととする。自らが関与するプロジェクトの範囲及び確認方法は別紙に定めるとおりとする。

５、委員は、ワーキンググループに関して知り得た非公開情報は、ワーキンググループの審議以外の目的で利用してはならない。

６、この運営要領に定めるもののほか、ワーキンググループの運営に関し必要な事項は、座長が定める。

以上でございます。別紙の自らが関与するプロジェクトの範囲及び確認方法につきましては、この場で読み上げは割愛させていただきますけれども、以下に記載のような方法において利害関係の問題が発生することを排除したいと考えてございます。

また、本日は、プレス関係者を含めまして、会議終了までＹｏｕＴｕｂｅによる同時公開としております。

会議資料や会議終了後の議事概要は、経済産業省ホームページに掲載いたします。

議事の運営に関しては以上です。

○白坂座長　ありがとうございます。

それでは、議事の運営につきまして、事務局の案に対しまして御異議のある方がもしいらっしゃいましたら、御発言のほうお願いいたします。

（「異議なし」の声あり）

特に異議というのはございませんようですので、この方針で進めさせていただければと思います。

では、早速ですが、今御説明のありました議事の運営第3項に基づきまして、本日、オブザーバの方に5名参加していただいております。

東京都市大学環境学部環境経営システム学科・岡田准教授。九州大学大学院工学研究院機械工学部門・北原准教授。宇宙航空研究開発機構次世代航空イノベーションハブ長・伊藤様。日本政策投資銀行業務企画部イノベーション推進室長兼担当部長・竹森様。新エネルギー産業技術総合開発機構・今井理事。

以上の5名の方にオブザーバとして御参加いただいております。

あわせまして、本日御議論いただくプロジェクトはいずれも水素に関わる研究開発要素が含まれるということですので、エネルギー構造転換分野のワーキンググループの委員でいらっしゃいます九州大学水素エネルギー国際研究センターの佐々木先生にも同じく水素の専門家として、あと、九州大学エネルギー研究教育機構の林先生にもオブザーバとして参加していただいております。

それでは、以上のようなメンバーで本日の議題の方に入っていきたいと思います。本日の議題は、次世代船舶と次世代航空機の開発の2プロジェクトを御議論いただきますが、効果的な議論をするために、まず、次世代船舶のプロジェクトに関する説明、自由討議を行い、次に、次世代航空機のプロジェクトに関する説明、自由討議を行うという流れにいたしたいと思います。佐々木先生につきましては16時30分に早めに退出する必要があるということで、船舶の議論の後のコメントをいただくときに、併せて航空機につきましてもコメントいただければと思います。

それでは、次世代船舶の開発プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性及び研究開発・社会実装計画（案）につきまして、プロジェクト担当課から資料4及び資料5に基づき、御説明のほうお願いいたします。

○田村課長　国土交通省海事局海洋・環境政策課長をしております田村と申します。よろしくをお願いいたします。

それでは、早速、資料4に基づきまして、次世代船舶プロジェクトについて御説明をさせていただきます。

2ページ目を御覧ください。まず、こちらのほうでございますが、世界経済と日本の貿易を支える海上輸送ということでございます。海上の荷動き量は世界のGDPと極めて密

接にリンクをして動いてきておりまして、世界のGDPが伸びるにつれて海上荷動き量も伸びるという相関関係にあります。今後も世界のGDPは伸びていくと見込まれておりますので、海上荷動き量もこれにつれて増大していくということが想定されているところでございます。

次のページを御覧ください。3ページ目でございます。こういった海上荷動きを担っております国際海運でございますが、そこからの排出量は、ほぼドイツ1国分に相当する世界の2.1%、約7億トンを排出しているセクターでございます。先ほど申し上げたとおり、世界のGDPの伸びにつれまして、今後何もしないと排出量が伸びていくと見込まれておりまして、何も対策を取らない場合、2050年に21.1億トンに増加するという予測もございます。この部分をいかに抑え込んでいくかというのが地球環境問題上、非常に大きな課題となっているというものでございます。

次のページをお願いいたします。こちらのほうは船舶産業の状況について御説明したものでございます。日本の造船業でございますが、左の円グラフにございます青い部分でございます。現状、中国、韓国に続きまして3位、約2割の世界シェアを持っている産業でございます。

また、この造船業は、日本の海運業、エンジンなどを作っております船用工業といった産業と非常に密接につながっておりまして、海事クラスターと呼ばれたりしておりますが、国内でかなり完結している産業構造というのが特徴でございます。したがって、経済波及効果といった面でも非常に波及効果の高い産業ということでございます。

また、右に掲げておりますとおり、一般の商船のみならず、フェリーであるとか艦艇、最近であると洋上風力の浮体式の部分、そういったところにも技術面で産業が活躍しているという非常に重要な産業でございます。

次のページをお願いいたします。国際海運分野からのGHG（温室効果ガス）、CO₂の排出削減につきましては、これを国別に割り当てることが困難であり、なじまないということから、これをIMOのほうで取り組むということが京都議定書で定められております。したがって、パリ協定の枠外にある、そういうセクターでございます。

こちらは国際海事機関、IMOにおいては2018年にGHGの削減戦略を策定しております。この削減戦略の中身でございますが、2030年に平均効率を40%改善する、2050年に2008年比で絶対量を50%以上削減する、今世紀中のできるだけ早い時期にゼロ排出に持っていく、こういう目標に合意しているところでございます。

先ほど来申し上げているとおり、何もしないとどんどん排出量が伸びていくセクターでございます。2050年の排出総量を50%削減という目標値でございますが、これは平均効率に直すと8割ぐらいを改善していかないといけないというものでございます。

また、船舶というのは大体20年から30年使う、そういう長い耐久期間を持っているものでございますので、2050年に平均効率で80%改善を目指していこうとすると、2030年ぐらいからそういった非常に効率の高いゼロエミッションに近い船を投入していかないと、この目標も達成できないというかなり野心的な目標でございます。

次のページを御覧ください。IMOでの取組をこちらのページで御紹介させていただいております。IMOは日本がかなり大きなプレゼンスを持っている国際機関でございます、これまでは燃費規制に関する枠組みなど、日本が主導してルールづくりを行ってきたところであります。これまでの成果というところでちょっと書かせていただいておりますけれども、2013年には新造船の燃費規制というものを導入しております。新造船については段階的に燃費規制が厳しくなっておりまして、現在、第3段階、フェーズスリーまで来ているという状況です。その後も燃料油の消費量報告制度なども導入いたしまして、今般、既存船、すなわち現在既に走っている船についても同様に燃費性能規制をかけていくということで概ね合意されておりまして、早ければ2023年にこの規制が発効する見込みでございます。これによりまして燃費性能の悪い船は市場から退出が促進されるという効果が期待されております。

また、黄色いところでございますが、経済的手法ということで、燃料油課金のような経済的手法についても何らかの枠組みが必要ではないかということで、今議論が始まったという段階でございます。

次のページを御覧ください。これは、国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップということで、産官学が議論いたしまして昨年の3月に取りまとめて公表したロードマップでございます。2030年以降、ゼロエミッション船の本格的な普及が始まるだろうということを見越しまして、2030年より少し前の段階、2028年ぐらいからゼロエミ船を実船投入していこうというロードマップを描いたところでございますが、今回、このグリーンイノベーション基金を活用いたしまして、こういった動きをさらに加速していきたいと考えております。

次のページを御覧ください。こちらにも御参考として世界的な動きを載せております。MAN社という船用エンジンメーカーとしては最大手のメーカーがございまして、こちらの

ほうがアンモニア焚きの2ストロークエンジンの開発を公表しております。また、日本と非常に激しく競争しております中国や韓国も水素燃料電池船や燃料船の開発計画を公表しております。ヨーロッパにつきましては旅客船が強いということもございますが、水素燃料電池船のプロジェクトなどの開発計画も公表されております。

次のページを御覧ください。今回の開発の中で1つのキーとなってきますエンジンでございますが、重油を焚くディーゼルエンジンにつきましては、現在このような世界シェアとなっておりまして、後ほど御説明いたしますが、大きい2ストロークエンジンにつきましては日本は3割程度の生産シェアを持っております。小さい4ストロークにつきましては約10%のシェアとなっております。

続きまして、次のページを御覧ください。10ページ、11ページ目は、昨年の暮れに公表いたしました成長戦略会議に添付しております資料でございますので、説明は割愛させていただきます。

次に、計画の目標の中身について、13ページを御覧ください。こちらにインプットからどういった内容の取組を行うのか、またどういった成果を出していくのかといったところが盛り込まれておりますが、次のページ以降でこの中身について御説明をさせていただきますので、14ページ目を御覧いただけますでしょうか。

今回の計画、次世代船舶の開発によって期待される成果をこちらのほうにまとめてございます。まず、地球温暖化防止への貢献ということで、2030年段階のアウトカムといたしまして33万トン、2050年に5.6億トンの排出削減量の成果、貢献を見込んでおります。また、日本経済、雇用への貢献ということでございますが、経済波及効果として、2030年に0.17兆円、2050年に6.8兆円の経済波及効果を見込んでございます。

また、造船、船用、海運、先ほど申し上げたとおり、非常に密接な産業構造を持っております。いずれも今回の計画によって競争力を高めまして、経営環境としても非常に前向きになっていける。今後の国際競争を勝ち抜いていく上で重要な計画になってまいると考えております。

次のページを御覧ください。15ページ目でございます。今後、ゼロエミッション船を考えたときに、船舶の世界でどのようになっていくのか。特に燃料についてどうなっていくのかというところでございますが、ここについては依然としてまだ不確定要素が大きいと考えております。

私どものほうで調査した結果として、下2つ、燃料の推移のシナリオを書いてござい

す。1つは、水素、アンモニアといった脱炭素燃料が拡大していくというシナリオ。もう一つが、LNG燃料がカーボンリサイクルメタン（CO₂を回収して再生可能エネルギーでもう一度メタンに戻したもの）、これをLNGと一緒にたくといったような移行シナリオの2つのシナリオがあり得るかなと考えております。現段階では、水素、アンモニア、LNG、カーボンリサイクルメタンのどれが主流になってくるかを特定していくことは困難と考えておまして、そういう意味でも、いずれの方式もしっかり開発していくことが必要だと思っております。これは民間だけに委ねると非常にリスクが高いということもございますので、今回のグリーンイノベーション基金も活用しながら、将来の脱炭素燃料に向けたしっかりした研究開発及び社会実装を後押ししていきたいと考えております。

次のページを御覧ください。これは関連する水素、アンモニアといったような研究開発の事例が何かあるかというところで載せておりますが、戦略的イノベーション創造プログラム、SIPと呼ばれるプログラムの中で、水素エンジン、アンモニアエンジンにつきましては、非常に小型の試験的なエンジンを用いて基礎研究開発が行われたと承知しております。次のページでお示ししますが、船用エンジンはこのような小型のものとは全く違う大きさ、構造を持っておりますので、ここで得られた知見を生かしながら、技術開発を進めていく必要があると考えております。

また、ゼロエミッション船という点でいいますと、バッテリー船、燃料電池船といったものもございますが、こちらのほうは今後さらに実証していくという段階だと考えておまして、今回のグリーンイノベーション基金の計画には含んでおりません。

次のページを御覧ください。キーとなってまいりますエンジンの部分でございますが、左にあります写真を見ていただきますと分かるとおり、船用の大型エンジンというのは非常に大規模でございます、小さいビル程度の大きさがあるというものでございます。こういう大きいエンジンは2ストロークエンジンということで、2行程に1回発火をするというものでございまして、回転も比較的ゆっくり。だから低速というのですけれども、そういうものが使われます。これは大型の船舶の主機、メインエンジンとして使われます。また、これ以外に中小型の船であるとか発電機用に用いられるものとして4ストロークの小型、中型、そのようなエンジンがございますので、一口にエンジンといっても様々な大きさ、形式がございます。これらをしっかり開発していく必要があると考えております。

次のページを御覧ください。この事業で行います研究開発の内容と目標をここに書いてございます。私ども、この研究開発だけではなく、社会実装をしていくというところを非

常に重視して進めていきたいと考えておりまして、水素、アンモニア、LNGとございます。水素燃料船が一番、技術的な開発の時間にかかるかなと考えておりまして、2030年までに水素燃料船の実証運航を完了するという目標を掲げたいと思っております、それに向けてエンジン、燃料タンク・燃料供給システムの開発を行っていくという内容としております。アンモニア燃料船につきましてはもう少し早い段階で実用化のめどが立ってくると考えておりまして、2028年までのできるだけ早期に商業運航を実現していきたいと考えております。エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発と、社会実装という観点では、燃料サプライチェーンをしっかりと整備していく必要がございますので、ここの構築も併せて進めていきたいと考えております。

また、LNG燃料船でございますが、こちらのほうはもう既に動いているところでございます。しかし、メタンスリップという、燃え残った燃料であるメタンがそのまま逃げたまま、吹き抜けてしまうという課題がございます。このメタンのほうは温室効果がCO₂の25倍ということがございますので、このメタンスリップをいかに抑えていくかというのが非常に重要な課題として残っておりまして、この技術開発を進めて、メタンスリップの削減率、6割以上を目指していきたいと考えております。

それでは、20ページ目を御覧ください。水素燃料船開発の意義と課題ということでございます。水素燃料につきましては、最小着火エネルギーが小さい、また燃焼速度が速いということで、非常に燃えやすい燃料でございます。一方で、それゆえノッキングであるとかNO_xの発生といったものがございますので、高度な燃焼技術、燃料噴射技術が必要となっておりまして、また、非常にかさばる燃料ということもございます。液化するとマイナス253度という低温、漏えいであるとか水素脆化といったような課題もございますので、省スペース化、構造、材料の最適化、こういったものの技術開発をしっかりと進めていく必要があると考えております。

21ページ目をご覧ください。アンモニア燃料船でございますが、アンモニアにつきましては水素とは逆でございまして、なかなか燃えにくいという特徴がございます。また、燃やした場合、N₂Oという温室効果ガス、温室効果が300倍あるという物質が発生するとも言われておりますので、こういったものを抑えていく必要がありまして、やはり高度な燃焼技術、燃料噴射技術が必要となっておりまして、また同じく、水素ほどではありませんが、かさばるという性質であるとか、腐食性、毒性といった課題もございますので、やはり省スペース化、材料、構造の最適化といったような技術開発が必要です。また、バ

ンカリング船といいまして、燃料補給のための船も併せて並行して開発をしていくことで、燃料供給サプライチェーンの構築を進めていく必要があると考えております。

次のページを御覧ください。LNG燃料船のメタンスリップ対策でございますが、メタンが燃えずに吹き抜けてしまうという課題でございます。これを触媒方式、エンジンの排気の後につけまして触媒で取り除く方式、ないしはエンジン自身を改良して、このメタンスリップを下げていくという、この2つの方式でメタンスリップを解決していきたいと考えております。

最後になりますが、スケジュールでございます。具体的なスケジュールは、提案者の創意工夫に委ねられるということを原則としておりますが、私どもで想定しておりますスケジュールとしては以下のとおりでございます。

水素、アンモニア、LNGでございますが、水素につきましては、2030年度までの実証、それに向けて開発を行うというスケジュールでございます。また、アンモニアにつきましては、2028年までのできるだけ早期に商業運航を目指すということでございますので、開発を行い、実船実証を行い、その後、商業運航に移っていききたいと考えております。また、並行して燃料供給体制の構築も進めたいと思っております。最後のLNGでございますが、2026年の実証の完了を目指しまして、開発と実証を行っていききたいと考えておりまして、それぞれのフェーズの間にしっかりとステージゲートを設けて、事業進捗を見て継続の可否を判断するといったような工夫もしていきたいと考えております。

これ以降は参考資料でございますので、説明は割愛させていただきます。

私どものほうからの説明は以上でございます。

○白坂座長 ありがとうございました。

続きまして、自由討議のほうに入りたいと思います。討議に先立ちまして、研究開発・社会実装計画について御議論いただきたい事項というものがございます。こちら、資料8に基づきまして、事務局より御説明のほうお願いいたします。

○笠井室長 資料8を御覧ください。これについて端的に申し上げれば、論点の例示ということでございます。背景・目的、それから目標、研究開発項目、スケジュールということで、今、国土交通省・田村課長から御説明ありましたけれども、各プロジェクトについてはこのような構成になっておりますので、各ポイントにつきまして、ここに例示させていただきましたような観点から御議論いただき、内容を深めていければということでございます。もちろんここに記載のない事項を含めて、忌憚なく御意見または御質問いただ

ければと考えております。

以上でございます。

○白坂座長 ありがとうございます。それでは、1巡目の発言を、稲葉委員より名簿順に従って、1人3分以内でお願いしていききたいと思います。1巡目で各委員の発言を踏まえて、また新たに、改めて御意見が出てくることもあろうかと思えます。その場合には、全ての委員から御発言いただいた後に挙手をして発言をお願いするという流れでいききたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

では、まず1巡目ということで、名簿順で稲葉委員から御発言のほうよろしくお願いいたします。

○稲葉委員 同志社大学の稲葉です。

次世代船舶の開発に関する御説明ありがとうございました。まず総論として、島国である日本にとって海運業というのはなくてはならない産業ですので、造船業と併せて支援していく必要の高い産業と考えています。私は船舶とか航空機というのは専門外ですので、あまり意見するのは難しいのですが、まず、水素利用という観点から技術的な話を中心にしたいと思っています。

まず、船舶のカーボンニュートラル化に向けて、燃料を水素、アンモニアに転換するという方向性は正しいと感じています。というか、ほかに選択肢がないのかなという感じも持っています。私の専門である燃料電池が出てこなかったのはちょっと残念なのですが、私自身も、燃料電池を使った船というのは出力やコスト等の観点で、小型船以外に使うのはちょっと難しいかなというのを常々感じておりましたので、大型の水素エンジン、アンモニアエンジンの開発に集中するのは妥当かなと思っています。やはり課題としては、水素は燃料の搭載方法、特に液体水素タンクの搭載場所や設計の課題というのは大きいかなと思っています。ただ、大型船はタンクを搭載する場所は十分に確保できると思っておりますので、このところは何とかなるのかなと思っています。

一方、アンモニアというのは液化が非常に簡単ですので、その点では水素よりもさらに有利で、多分、船舶業界さんからは非常に期待されているのかなと思っているのですが、課題もありまして、現状のハーバー・ボッシュ法によるアンモニア合成というのは肥料を中心に大量に合成されているのですが、実はエネルギー消費型の産業でして、船舶でCO₂を出さなくても、トータルでCO₂削減できるかなという観点で少し課題があります。そちらのほうは、やはり少ないエネルギーで可能なアンモニアの新しい合成法

の開発というのも別途進めていかないと、シナリオ自身がうまく動かないということになるのではないかと考えています。

それから、LNGの燃料船については、最初お伺いしたときに、カーボンニュートラルなのになぜLNGと思ったのですけれども、LNGは重油等に比べてもともとCO₂排出が少ないですし、今後もしばらく燃料として使っていかなるを得ない燃料であると。また、将来的なCO₂フリー合成燃料を狙った開発ということで納得いたしました。

ただ、CO₂フリーの合成燃料というのは、私個人的なのですけれども、過度の期待をしないほうがいいと思っています。その理由ですけれども、CO₂フリーの合成燃料というのは、ベースは再生可能エネルギーであったり、それから作られる水素ですので、将来的に水素より安く製造できるということはある得ないということです。したがって、どうしても水素に転換できないような用途に使用が限られると思っていますので、LNGに関しては将来的に水素燃料との混焼あるいは水素燃料への転用が可能かというところも考慮に入れる必要があるのではないかと考えています。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。では、引き続きまして、大藺委員、お願いいたします。

○大藺委員 御説明どうもありがとうございました。

私は経営の観点から2点ほど申し上げたいと思います。

1点目は、船舶、海事クラスターがフルセット型のクラスターであるということで、これが燃料の非連続的な変化に対応していくときの1つの着眼点として、フルセットでずっとあったがゆえに、転換に対して遅い部分、弱い部分があり、それによって全体が遅くならないように注意が必要であろうということ。これは、実装において問題になるかと思っています。また、今まで既存クラスターの中にいなかったようなメンバーからの参画を大いにウェルカムするべきであろうということを基本的な姿勢として申し上げたいと思います。

2点目は、アンモニア、水素、それからLNGのメタンスリップの3つの大きなテーマが選択されているわけですが、企業の視点から見たときの不確実性ということで考えますと、アンモニアと水素に対してLNGの不確実性程度が違う印象がございます。アンモニア、水素についてはそもそも代替がどこまで進むのかとか、供給サイドも変わらなくてはないというところで、かなりハードルが高いと思いますし、技術的な非連続性も相当高いということで、このようなプロジェクトに非常に適していると思うわけです。

LNGについては、今、稲葉先生から代替エネルギー、代替メタンのお話もありましたが、そういうものが出てきても既存のサプライチェーンは使えるという御説明でございますので、そうであれば、必要であれば企業は取り組むのではないかという印象がありました。私は船舶の分野を調べているわけではないので、聞いているとそのように思われますということで、もしそうではないということであれば、それは取り越し苦労でよかったということになるわけですが、そういう意味で、メタンスリップというトピックについて、ほかのものに比べると、不確実性の程度に差があり、これは企業はやるのではないかなという印象がありました。資料8にあります2点目の、民間企業が自主的に取り組むべき内容を含んでいないかという点において私は気になりました。

以上です。もちろん多々誤解、理解が浅いところに基づいたコメントであるかもしれませんが、ぜひ反論なり追加の御説明をいただければと思います。ありがとうございました。

○白坂座長 ありがとうございます。ただいまのLNGの不確実性につきまして、田村課長がよろしいですか。何かコメントございましたらお願いしたいと思うのです。

○田村課長 田村でございます。

コメント、御質問ありがとうございます。メタンスリップの課題につきましては、まだ、これまであまりフォーカスが当たっていなかった点でございます。世界的にも技術開発が進んでいないというところでございます。また、触媒などを使った方式というのは世界的にもあまり試みがないという非常に先進的な技術要素だと考えておりまして、この部分をいかに後押ししてしっかり開発していけるかどうかというのは、LNG燃料船の今後の2050年に向けた開発、普及においても非常に重要な観点だと思っております。まさに技術開発という観点では、これから行わなければいけない、そういった新規性、チャレンジングな内容を含んでいるものと考えておりまして、今回この計画に含めているものでございます。

○白坂座長 ありがとうございます。ということは、LNGを使うことに関する不確実性はそんなにないかもしれないですが、今回テーマとしているメタンスリップの対策の技術的な点については、かなり新しく、不確実性が多いので、今回の対象にするのが妥当であると考えているという御理解でよろしいですか。

○田村課長 はい、おっしゃるとおりでございます。

○白坂座長 ありがとうございます。大菌委員、今のような御説明で大丈夫ですか。

○大藁委員　これは進めるにこしたことはないと思っていまして、やったらいいと思うのですけれども、そこに回すものをより不確実なものに手厚く、重点的にするという選択肢もあったのかなと思いましたので、申し上げました。ありがとうございます。

○白坂座長　ありがとうございます。今後また選定等の議論も出てくるかと思いますが、引き続きよろしくお願いいたします。

では、続きまして、片田江委員からお願いいたします。

○片田江委員　御説明ありがとうございました。まず、造船の世界的シェアが、中国、韓国に続き日本が第3位ということで、このプロジェクトを通じてさらに技術革新が日本の企業から生まれるということは、経済波及効果が非常に高いということを強く感じました。私も船舶の領域は専門ではございません。ただ、冒頭申し上げたように、テクノロジー投資を15年ほど行ってきました。なので、勝てる技術に投資をするということで、それも技術がすごいだけでは当然不十分であり、市場にどう受け入れられるものを作り込めるかというところが非常に鍵となると感じています。今日御説明いただいた中で、技術開発と社会実装全般の中でも、特にサプライチェーンのところの支援も、本当にいいエンジンができました、いいものができましたといっても、結局サプライチェーンが整わなければ、それを実用化、実装化することは難しいとなってしまうので、技術そのもののプラスサプライチェーン、両方並行して進めることが非常に重要なのだと理解いたしました。

あと、今日御説明いただいた資料など以外に、多分皆様は十分御検討されているとは思いますが、海外の政策の動向であったり、国際的な技術の競合はどういうところがあって、どういう開発方向性を持っているのかというところをぜひ踏まえた上で、では、日本としてどの技術開発を支援していくのかというところを見ていただけると非常にいいのかなと思います。

例えば冒頭、アンモニアの御説明で、世界ナンバーワンのエンジンメーカーで、ドイツのMAN社がライセンス事業なども行っているという御説明がありました。当然、現在あるもののバージョンアップ版を作るのだというものでもいいですし、全く違う方法論を今回のプロジェクトで開発するでもいいのですけれども、私たちがふだん投資をして一番気をつけなければいけないと思うのが、これだけ長く、巨額の金額をかけて開発してきたのだから、これを推し進めるのだという形で事業化して、そこにどんどんお金を投じると、結果、残念な、実用化に至らないというケースを多々見てきました。なので、どちらかというと技術オリエンテッドな発想ももちろん大事なのですが、世界の開発

動向がどうなっているのか、あるいは競合と考えられる企業が今どういう開発目標を定めているのかとか、その辺もぜひディスカッションの中で教えていただければと思っています。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。海外のベンチマーク動向につきまして、どうか、田村課長。あまり細かくはできないと思いますが、一言何かもしございましたらお願いいたします。詳細はまた公募のときに出てくるところで比較で検討という形になると認識しております。

○田村課長 やはり海外との競合という意味でいうと、エンジンにつきましては、先ほど申し上げたとおり、MAN社が非常に強いというところがございますが、一方、国内においてもエンジンメーカーが存在しておりまして、非常に優れた燃料噴射技術を有しているメーカーもございます。そういったところを考えると、日本のメーカーにも非常に大きな勝ち筋が見えているかなと思っておりますので、例えばアンモニアに関していうと、いち早く技術開発を成功させて、燃料サプライチェーンも含めた形で社会実装を早めて、いかに早く投入していくか。それで市場を押さえていくというこの戦略が非常に重要だと考えております。

○白坂座長 ありがとうございます。では、続きまして、関根委員、お願いいたします。

○関根委員 ありがとうございます。まず、大きなところで2つ感じたところを申し上げます。

ほとんど貨物でございますけれども、こういった貨物の船舶を考えた場合に、まず用船として、国内の用船なのか、外国の用船なのかということを運用上は考える必要があります。これが例えば日本の場合ですと1対10ぐらいで外国用船になっていて、ほとんどがパナマ船籍、リベリア船籍ということで、アウト・オブ・コントロールなところに行ってしまう部分があります。そういう点で、外国の用船に対して日本がIMOの傘でどうコントロールするのか、それとも日本政府として何をどうコントロールするのかというところ。あるいは、コンテナ3社のONEにしても、実際はシンガポール運用になっていて、日本にはシップはほとんど来ないという現状があります。こういう中で旗を振っても、笛吹けど踊らずという状況にならないかというのが海外の外航に関しては非常に気になることです。

また一方で、内航に関していうと、日本の総貨物のトンキロでいうと、今4,000億トン

キロぐらいが全貨物の国内の輸送ということになります。目の前に走っている明治通りは、日々大型の4トン、10トントラックが走っていますが、この自動車による国内の貨物の輸送が2,000億弱ということで、実は内航の貨物というのは2,000億トン弱、1,800億トンぐらいありますので、日本の国内の貨物移動のトンキロでいうと半分弱が実は船舶である。ここのマスも結構大きい。しかも、ここはフェリーとかRORO船とかいろいろな形で日本がコントロールできる用船が日本用船としてあるので、ここに対して技術をしっかりコントロールして入れていくことの重要さも感じます。

あと、水素、アンモニア、メタン、LNGという3つでお話がありましたが、おっしゃるとおり水素、アンモニアについては先物という感覚は否めません。また、LNGについては今の技術の延長ではないかという御指摘もありましたが、いずれも再エネの時代になったときには、再エネ由来の燃料と、例えばメタンについてバイオメタン、あるいはパワー・ツー・ガスのメタンというものも視野に入ってくると思います。この場合に水素が必ずしもキーになるかという、そうではなくて、プロトネーションという考え方もありますので、水素より安く作ることができるというのも将来的には場合によってはあるかと思っています。これは1.23という水電解電圧よりも低い電解電圧で、例えばプロトネーションの場合はいける。すなわちアップヒルとダウンヒルを1段で通すことによって、例えば電気化学的な電解合成だったら、水素を作るよりも安くできるかもしれない。これは夢の未来ですけれども、今はそんな技術はありません。そういうことで、いろいろな可能性を考えながら、こういう技術に入っていくことが重要なという気がいたしました。

以上です。

○白坂座長 貴重なコメントありがとうございます。引き続きまして、高木委員、お願いいたします。

○高木委員 東大の高木です。御説明ありがとうございました。

私は3点ございます。この分野の専門でもあるし、田村課長とも常々お話ししているので、これは私自身の問題になるのかもしれませんが、まず第1点が、社会の全体図を考えたときに、今は燃料、重油を焚いているわけです。ある意味、ほかのモビリティとすみ分けができていく状況になっているわけですが、例えば水素という話が出ましたけれども、水素をあらゆる乗り物で使うようになったら、デマケの在り方が変わってくるわけで、その辺がどうなってくるかとかというのは、今、現状では全然分からないということになっていると思います。それをどういうところで見極めていくのかという、それが

またいつ頃見極められるのかというのは、ステージゲート等々でこのプロジェクトを評価していくときに非常に重要なことになってくるのではないかと考えています。これについてはまた考えていかないといけないと思っています。

それから、国際連携とか実施間の連携という点に関してなのですが、技術開発の当初、多分想定されているのは、日本の国内でこういうセクターが閉じているということです。日本のグループの中で技術開発をやって、そのグループで世界に打っていきという分かりやすい形になっているのだと思うのです。ある意味それは、技術開発の最初の段階では正しい方向性だと思っていますので、そこはいいと思うのですが、ある程度技術開発が進んでいったときに、運ぶところ、海運まで含めてワンパッケージでいけるのかというところはかなり不確定要素があって、これは最悪、よくてもエンジンだけとかとなる可能性が大であって、そのときにパッケージをどこまで広げていくのかということがあります。そうしたときに、今まで国内だけで閉じていたコンソーシアムがどのように発展、うまく発展していったらいいと思うのですが、現在でも造船所の中で組替えがいろいろ起こっているところですので、技術開発が進んで5年過ぎたあたりで、一度やはり横の部分をパッケージ化して、国際的に通用するようなものをつくるためには、どのようなグルーピングがいいのかというところは途中で考え直さないといけないのではないかと考えています。それが2点目です。

3点目です。私、基本的にテクノロジー・レディネス・レベルについては、全てのプロジェクトで、それぞれの分野で特徴あるTRLの考え方を示してもらったらいと思うのですが、プロジェクトがテクノロジーをどこからどこに進めていくものであるかということをはっきりさせるために、やはり全ての分野である程度きちっと示してもらいたいと思っています。そういう意味で、私の専門の船舶でそういうものができていないというのが、これは私の問題でもあるのかもしれませんが、ここでもTRLを示してもらいたいと思いました。

今日お話しいただいたのは、実は最終目標はかなり高いレベル、TRLでいうと8とか9というのを目指している部分があるのではないかとというようなことがございました。ですので、ほかの分野に比べたら、今ある技術を使っているというところはあるのかもしれないと思われるわけです。それはちょっとネガティブな印象を与えるのかもしれませんが、一方で、TRLが低いところ、2とか3とか、これからどうなるか全く分からないようなリスクの高い研究開発ということを示すためには、現状2であるとか3であると

かというところら辺をしっかりと示すということが、プロジェクトを進めていく上で、広く世の中に理解してもらうということにつながっていくのではないかと考えています。

先ほど燃料タンクの開発みたいなことがございました。これはちょっと細かい話になるかもしれませんが、船の場合、大きいようで、荷物を積むスペースというのはなるべく広くという、あるいは重量的にも大きな荷物を積めるということが非常に重要になってきますから、そういう意味では、燃料タンクスペースというのは大問題というところがあると思います。その中で、このような燃料になってくるからこのレベルのタンクを積んでといったときに、船形自体の最適化みたいなものはまだまだ、それこそTRLでいうと2とか3で、これからいろいろなアイデアを出していけないといけない現状にあるのかなと、これは個人的な感想も含めてですけれども、そのように思っています。ここで進めるプロジェクトにそこまでを含むのかどうかというところが少し、今日のお話では分からなかったというところがございます。それを含めるのは適さないというようなこともあるかもしれませんが、もしそうであるのであれば、ほかのところではどんなプロジェクトがあって、燃料が変わることによって、船そのものの形を含めていろいろなことが変わってくるのだという検討がここでなされているということをお示しいただいたほうが、このプロジェクトを進めていく上でも重要だと思います。そういう意味でもTRLをしっかりと示すということが必要かなと考えております。

以上3点です。ありがとうございます。

○白坂座長 貴重なコメントありがとうございます。すみません、まだ委員の方が2名残っていられるのですけれども、本日、エネルギー構造転換分野ワーキンググループのほうから九州大学の佐々木先生にいらっしゃっていただいています、佐々木先生は時間がないということもございまして、すみませんが、委員の方々に先立ちまして、オブザーバではございますが、佐々木先生から先にコメントをいただければと思います。佐々木先生、お願いいたします。

○佐々木オブザーバ 聞こえていますでしょうか。

○白坂座長 はい、聞こえております。よろしくお願いします。

○佐々木オブザーバ 本日、オブザーバとして出席しております九大の佐々木です。本日は貴重な発言の機会をいただきましてありがとうございます。

本日、水素燃料船の説明をいただきましたし、事前に水素航空機の資料も頂いておりますので、両者を併せて手短に水素関係ということで発言させていただきます。

まず、個人的には、数年前に海上水素利用の海事局様の委員会、そして水素航空機につきましても、JAXA様の会議体に参加させていただきましたが、その当時、このような省庁連携の横断型の研究開発事業を立ち上げるのが難しかったということを記憶しております。今回、基金事業でこのような事業構想が打ち出されましたことは、極めて画期的だと高く評価したいと思っております。霞が関の皆さん方の御尽力に、まずは心より感謝申し上げたいと思います。

その上で、手短かに3点コメントさせていただきます。まず1点目は、今御説明がありました船舶関連の事業でございます。皆さん議論もありましたように、水素、アンモニア、LNG、それぞれメリット、技術開発要素、そして課題ももちろん異なっておりますし、資料にもありましたけれども、将来的には船のサイズや用途によってすみ分けがされると私も考えます。ですので、本事業初期ではできるだけ幅広に提案を採択して、各事業者さんに切磋琢磨していただきながら、少しずつステージゲートで優先順位を明確にしていくという流れがよいのかなと考えます。

ただし、その場合もカーボンニュートラルに大きく貢献できるような技術が伸びてきた場合には、技術で勝ってビジネスでも勝てるというように、大規模実証などのめり張りをつけた加速資金があると、グローバルな競争にも勝てるかと思えます。その際、特に海事局様が長年御尽力されております国際的なルールづくりを引き続き着実に進めていただくことが大事だと考えております。

2つ目は、資料を拝見させていただいた航空機関係でございます。この中で我が国が得意とする水素関連技術と炭素繊維を用いた軽量化技術が両方含まれている。まさに日本の強みが生かせる事業になっていると思っております。資料の中にありました構想に示されているように、いろいろな可能性はありますが、基本的に水素タービンがメインの推進系になって、水素燃料電池などによる電力供給とを組み合わせたハイブリッド型になると予想します。スライドのほうにも出てきましたけれども、水素エンジン燃焼器、液化水素貯蔵タンク、そして主要構造部材軽量化。これはいずれも日本が世界を主導できるポテンシャルを有しております。ですので、これらの強みをさらに伸ばして、最終的には研究開発・社会実装計画の中にもありましたような、まさにベース機体の策定という機体設計にもぜひつなげていただきたいと考えております。水素航空機の場合、機体設計を根本的に見直す部分が出てきますので、完成機事業に日本は長年苦勞しておりますけれども、日本にとっては大きなチャンスでございます。水素航空機はまずはリージョナル機やコミ

ューター機になると思いますので、下請的な欧米のOEMにとどまらず、日本が考えるゼロエミッション機を最後は打ち出して、我が国が完成機でも主導できるポテンシャルをぜひ示していただきたいと期待しております。

最後に、3点目になりますけれども、両事業とも水素やアンモニアという、これまでなじみがあまりなかった燃料を多くの企業様や社会で使おうということになります。技術開発や社会実装においては、トラブルやヒヤリ・ハット事例も出てくると思います。用途拡大に向けて、そのような安全に使いこなすための知見をこの基金事業に参画する関係者でもうまく共有する仕組みがあると、安全をきっちり担保して、それぞれの企業さんが研究開発を加速できると感じました。

私からの発言は以上でございます。

○白坂座長 ありがとうございます。引き続きよろしくお願いいたします。

○佐々木オブザーバ それでは、失礼いたします。

○白坂座長 ありがとうございます。それでは、また委員の発言のほうに戻りたいと思います。続きまして、長島委員、よろしくお願いいたします。

○長島委員 ありがとうございます。私のほうも船に関して専門ではないので、自動車の知見等々を少し活用しながらお話ができればと思います。

今日お話をいただいて、以前も説明いただいていましたが、既存産業が今直面している環境課題の解決とか、現状のモビリティのゼロエミッション化みたいなところ、それへの代替のところに関しては、必要な技術とか、同時にそろえるべきインフラなども含めて一通りカバーできているのかなと感じました。もちろんいろいろな課題等々あると思いますが、それから、複数の技術方式を並行して進めつつ、あるタイミングから重点化みたいなところ、リスクマネジメントに関しても計画に織り込まれているのかなと。この取組が費用対効果のある形で実現することができれば、新技術をとこにした新たな産業の創出や代替事業の活性化で大きな経済成長というのが期待できるかなと思いました。

一方、CO₂の温室効果ガスの削減については、モビリティ、船舶利用時の削減に着目した取組というのは充実していたのかなと思います。一方で、新モビリティの製造、廃棄、もしくは新燃料の製造、保管場、それから代替される既存モビリティの廃棄、こういったところも含めて、全体の中での削減総量の議論というのがちょっと見えにくいかなと思います。

それから、ゼロエミッションモビリティの投入というのは間違いなく必須だと思ってい

ますけれども、レトロフィットなどの既存モビリティの延命利用の可能性、こんなのがあるのであれば、そういったものを含めたトータルでの効果測定とか予測も見える化できるとなおよいのかなと思います。

それから、その際、移動総量の変化。全体でどのぐらいボリュームが変化するのということもそうですし、温室効果ガスの削減総量に加えて、人なら人キロだし、荷物ならトンキロ当たりの削減量も示して、ミクロの変化にもちょっと手触りを持たれたいと思いました。

さらに、ちょっと俯瞰し過ぎているかもしれませんが、SDGsの達成の機運の高まりとか、コロナ禍を起点とした新たな生活様式の広がりを踏まえると、直接船には関係ありませんが、今後はリモートの出勤とか、一番関係あるのは地産地消のあたりですか、エネルギーも食べ物もそうかと思いますが、あと、ロスの低減とか、地球に優しい行動への変容が進んで、それに伴って移動ニーズが非連続的に変化すると予想できるかなと思います。したがって、この新たな移動ニーズ、例えば長距離移動の減少とか移動単位の変化とか、必要量のみの移動とか、移動中生産とか、こういったものを地球に優しい形で充足していくための新たなモダルミックス。先ほどほかのモードの話が出ていましたが、航空機を含めて、電車、バス、車、いろいろありますが、そういうもののモダルミックスと、その中でのモビリティミックスです。大きさ、航続距離、新造、レトロフィットなど、こういったところのデザインが求められるのかな。シナリオプランニングやシミュレーションを行って、新たな移動システムの設計をしていく必要があるかな。

加えて、新たな移動システムの効果を最大化する利用状況。高稼働率とか、エコ運転とか、着時間の融通性とかに利用者を引き寄せていくためのデジタルの仕掛け。実際に補助プロジェクトとして柔軟に入れていくみたいな記述もありましたけれども、こういった仕掛けも併せてつくり上げると、効果の最大化が実現できるのかなと思いました。

あと、初期から新たなモダルミックスまで、ほかのモダルまで考えるのは難しいのであれば、船舶、そのシングルモダルの中でモデルミックスを考えるというところから着手できればいいのかなと。航空機産業はかなり欧米に牛耳られているという側面はありますけれども、その場合は欧米の動きへの備えという形になると思いますが、船舶産業はクラスターもあるというところですので、日本が存在感を持っているので、新たな移動システムやそれに必要なモビリティミックス、大きさとかそういったものを含めて、能動的に発信しながら世界を導く役割を担うべき、そのように考えております。

以上でございます。

○白坂座長 ありがとうございます。続きまして、林委員、お願いいたします。

○林委員 ありがとうございます。私は金融で何が起きているかということを踏まえて、今日の感想的なものを申し上げたいと思うのです。

いわゆるE S Gのファイナンスでいきますと、 SHIPPINGとか船はブラウンに属するものだと言われていて、そういう中で今、経産省さん、環境省さん、金融庁さんがつくったトランジションファイナンスという概念があるわけなのですけれども、そこで言われているのは、とにかくベスト・アベイラブル・テクノロジーは何ですかということ、それから2050年にカーボンニュートラルということ、GHGガスはゼロだということを基本的には前提に置くように、そこからどういうパスウエーなのですかというのを説明するようにというのが基本の概念でございます。

ただし、船についてはIMOが最も認められた基準で、それは今総量50%減だということだと理解しております。ただ、先日もニュースに出ていて拝読したわけですが、これをマイナス50ではなくて、もっと減らそうよという議論もある中で、先ほど申し上げたように、今、日本が幸いにも主導権を持っているということでございますが、サプライチェーン全体でどうなのだというところを、いかに日本が主導してグローバルに説明して、かつ、その説明した技術を実装化していくのかということが、結果として国際海運のところに金融のお金がつきやすくなるということだと思っています。その呼び水としてのこのファンドだと思っていますけれども、そこからさらに民間の資金を呼び込んでいくためには、今申し上げたように、グローバルに見て競争力があって、かつ定量的な説明もきちっとできるような状態に持っていくということが金融の世界から見ると大変重要なファクターだと思ったっております。私は船の専門家では当然ないわけですが、そこが金融機関が求めるものだということを改めて申し上げたいと思います。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。大変申し訳ないのですけれども、皆さん、大変貴重なコメントをたくさんいただきまして、時間のほうが押しておりまして、2巡目をお聞きすることがちょっと難しいので、2巡目、あるいはオブザーバの方の意見は次の航空機のところと併せて御意見をいただければと思います。私のコメントも多分次でまとめてしゃべることが可能だと思いますので、私の発言も次でまとめてさせていただければと思います。ありがとうございました。

以上で次世代船舶の開発プロジェクトのパートのほうは終了させていただいて、続いて

次世代航空機の開発プロジェクトのパートのほうに移らせていただければと思います。次世代航空機の開発プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性及び研究開発・社会実装計画（案）につきまして、プロジェクト担当課から資料6、7に基づいて御説明のほうお願いいたします。

○日暮課長 経済産業省航空機武器課長の日暮でございます。

時間も限られていますので、手短に御説明したいと思います。1ページ目を御覧ください。カーボンニュートラル社会の中でなぜ航空機を取り上げるかの背景、具体的に進める予定の事業の2つについて御説明したいと思います。

まず、背景からですが、CO₂排出量の概観です。航空分野のCO₂排出量は全世界の2.6%。全世界の国際航空で見ますと9億トン。運輸部門の約12%を占めてございます。自動車に比べると少ない水準ですが、近年、フライトシェイム、飛び恥という言葉までが一部で言われるようになり、脱炭素化に向けた関心が非常に高まっているという状況です。

3ページ目を御覧ください。国際航空の分野は、先ほどの船舶と同様にパリ協定の合意の外側でございしますが、2020年以降はCO₂排出を増やさないとする国連専門機関、ICAOや、2050年に半減するIATAの国際目標などがございします。2050年半減目標は、実質的には7割から8割を削減するという非常に難しい挑戦でございまして、下の図の緑色、持続可能航空燃料、SAFと言われているものと、青色、新技術の導入、機体側の革新が非常に大事になってございます。国際航空の世界ではCORSIAという制度が稼働を始め、CO₂排出を2019年よりも増加させますとエアラインにはクレジット義務が発生します。制度面からも非常に大きなプレッシャーがかかりまして、カーボンニュートラルに向けた取組は待ったなしという状況でございします。別のワーキングでは燃料側がありますけれども、これにも若干触れつつも、今日は機体側の話をさせていただきたいと思っております。

4ページ目、日本航空産業の歴史について書かれてございます。時間の関係で省略いたしますが、国際共同開発については少し申し上げたいと思います。

5ページ目を御確認ください。国際共同開発における日本企業の参画割合は、機体、エンジンともに着実にステップアップを続け、例えばボーイング787のプログラムでは35%の参加比率となっております。ただし、付言いたしますと、機体について、ボーイングのプロジェクトが中心となっております。エアバスのプロジェクトには入り込めてございません。また、日本の強みは複合材で造る機体構造体でございまして、付加価値の3

割を占めると言われます機体内部のシステムや装備品には入り込めていないという現状がございます。

6 ページ目、航空機産業の特徴でございます。高い技術力。10の9乗分の1しか事故を許容しない、自動車に比べても極めて高い安全性が求められます。構築された先進技術は他の産業への波及効果も期待されます。そして、サプライチェーン自体は防衛用途の航空機とも共用されてございまして、航空機産業は存在が安全保障にも貢献しているということでございます。

裾野も広いということですが、ここで申し上げたいことは、今後、航空機産業のコアとなる技術部位が変化する可能性でございまして、すなわち電動化部品や水素関連部品のキーテクノロジーの付加価値が増す可能性がございます。カーボンニュートラルがもたらす構造変化は、先ほど佐々木先生から御指摘がございましたけれども、日本企業にとって自分たちの強みを生かし、これまで入り込めなかった装備品、機体内部に入り込めるチャンス到来とも捉えることができると考えてございまして、脱炭素化、競争力強化の同時達成を狙いたいと考えてございます。

7 ページ目を御覧ください。足元、コロナの状況を簡単にまとめてございます。航空需要、国際航空が消滅というほどの大打撃でございますが、今後、ワクチン次第でありますけれども、回復には2024年頃までかかるというのが大方の見立てとなつてございます。その後は新興国の経済成長を背景に、引き続き持続的成長が見込まれてございまして、航空機産業は引き続きの成長産業と捉えてございます。

8 ページ目でございます。報道ベースで各社の状況をまとめてございますが、各社は大打撃を受けてございまして、機体、エンジン、OEM、エアライン、そして中小企業は大変厳しい状況でございます。特にエアラインは海外でも破綻が相次いでいる状況でございます。

9 ページ目を御覧ください。このコロナの状況がグリーンのトレンドを航空分野でも加速させているという状況がございます。グリーンリカバリーとも呼ばれておりますが、例えば欧州でエアラインの支援条件にグリーンの取組のコミットを求める動きもございます。そうした中で、各国とも戦略分野として航空機分野は力を入れて取り組んでございまして、投資を後押ししております。こういう状況は、我々の在外勢も駆使して、引き続きよくフォローしていきたいと考えてございます。

10ページ目から12ページ目、昨年のグリーン成長戦略を書かせていただいています。電

動化、水素、軽量化、燃料を柱に据えて工程表を書かせていただいています。申し上げたいことは、航空機は大体15年から20年に一度しか新型機は開発されない状況でございまして、市場投入の5年ほど前に開発が大体開始されます。この段階で技術的に相当程度確立したものでなければ、なかなか航空機には搭載されません。少しコロナでスケジュールに遅れが見られますが、2030年代以降に投入される航空機の動向を踏まえて、開発、実証、導入フェーズを整理しているということでございます。

13ページ目を御覧ください。これまでの技術革新を少し整理してございます。横軸、年限を取って、例えば82年の767、95年の777、2011年の787と、順々と燃費は改善されてきてございます。新型機によって燃費は15%から20%改良してきてございまして、エンジンの革新、複合材を使った軽量化で日本企業はこれまで貢献してきてございます。ただし、図を見ていただくと分かります、現在の取組の延長上に2050年の目標達成はないということでありまして、革新的なアプローチが必要となっているということでございます。

14ページ、15ページ目、航空機で適用されておりますCFRP、複合材について少し整理してございます。軽くて丈夫な特性を生かしまして、航空機にも使われてございます。日本企業は大変大きな強みを持ちまして、日系3社で世界の半分以上のシェアを持っているということでございます。

15ページ目、日本企業が国際共同開発を通じて、複合材を使って構造体を造り、航空機の革新にこれまでも貢献してきたということでございます。

16ページ目でございます。航空機のカーボンニュートラルに向けた方策を書かせていただいています。少し複雑な図で恐縮でございます。現在の航空機は、ケロシンと呼ばれる灯油に近い燃料を主翼の中に搭載して、主翼にくっついたエンジンで燃焼させて推進力を得て飛んでございます。これはデッドスペースを利用して非常によくできた仕組みでございまして、CO₂を出すという課題がございまして、これを何らかの方法で代替していく必要がございまして、真ん中の図表の左側2つは燃料側の革新。バイオジェット燃料とその右、シンフューエル、合成燃料と書いてございます。右側2つは機体側の革新でありまして、バッテリー電気、ハイドロジェン、水素航空機でございまして。

万能な技術はございませんので、それぞれ一長一短あり、成熟度も違います。バイオ燃料は、現在バイオマスや廃食油など既に一部で混ぜて使うことが可能となっておりますが、課題は「△」となっております。今後、世界中で開発も進められてきますので、供給量は増加していくことが見込まれますが、需要を十分に賄うには絶対量が不足するということ

でございます。これを克服しようと思いますと、工業的にCO₂と水素を合成させて液体燃料を作る合成燃料が期待されるわけですが、水素を製造することに加えて、CO₂の取り出し、さらにそこからエネルギーを加えて液体燃料にするということで、課題はコストということでございます。

続いて、機体側の革新、一番右が水素航空機です。合成燃料と異なって、液体水素をそのまま燃料として利用して飛びます。水素を詰めたタンクを狭い機体の中にどう格納するのか課題ですが、それでも2,000キロから3,000キロの中距離、中型まではカバーすることが可能と想定されます。また、インフラ整備も必要となります。バッテリーでは、電池、モーターの性能限界から小型、そして1,000キロメートル以下の短距離に適すると考えられてございます。

17ページ目は、技術導入のタイムラインを少し整理してございます。上の青囲みの中に書かせていただいたとおりですが、大陸間を移動するような大型、長距離は最後まで液体燃料で飛ばざるを得ない。ただし、250人乗り以下、3時間程度のフライトぐらいまでは電動、水素航空機での対応が期待されるということでございます。航続距離2,000キロ以下のフライトで出るCO₂は約70%相当ありまして、水素航空機等でこの部分にアプローチすることには大きな意味があると考えてございます。

電動化は2020年以降後半から、燃料電池は30年代以降、水素燃焼は40年以降に、中型、小型機を中心に導入が進んでくる。SAFのうちバイオ燃料については技術的に既に導入が始まっているということでございます。

18ページ目を飛ばして、19ページ目をお願いします。電動航空機は、既に欧州メーカーを中心に複数のプロジェクトが推進されてございます。特に欧州のエアラインでは本気でCO₂を出さない航空機を導入していく、こうした動きが始まっているということでございます。

20ページ目、海外の政府、企業との連携について述べてございます。様々、既に協力の枠組みをつくって、日本企業は、ボーイング、エアバス、サフラン、そしてフランス政府との連携強化を図っているというところでございます。日本企業は複合材、電動化、低炭素技術に非常に強みを持ってございまして、海外企業は注目しているということです。我々はフランスの担当部局とは政策対話を常に行っておりますが、空港インフラの在り方などを含めて広く意見交換をしていきたいと考えてございまして、来月もオンラインで意見交換をする予定です。

21ページ目、これまでの事業をまとめてございます。足元では、窯で焼いて熱で硬化させるタイプの複合材から、加工性に優れて安価に製造するため、化学的に固めるタイプの熱可塑複合材の研究を行ってございます。また、エンジンの高圧部分に耐えるCMCというセラミックの研究、航空機の電動化に向けた推進プロジェクトもございます。これらはおおむね2030年の実用化された航空機をターゲットとしてきました。今回、これらの研究開発ポートフォリオに、グリーンイノベーション基金、30年代以降に投入される次世代航空機への搭載が想定される技術の開発を新たに追加するというところでございます。

かつて非常に初期的な状態から複合材を開発して、日本がリードして、航空機をアルミから複合材に変えました。80年代後半の戦闘機開発では、世界で初めて主翼を複合材で一体成形するという事に成功し、それが旅客機分野でも787の主翼に適用されて、日本国内で製造するというところまで行ってございます。今、新しいカーボンニュートラルの中で構造転換が求められている瞬間でございますが、大きなチャレンジを始めるタイミングであると考えていまして、先手先手で取り組んでいきたいと考えてございます。

22ページ目以降、具体的に基金で対象とすることを想定した事業を御説明したいと思えます。水素航空機と複合材の2つを挙げてございます。

23ページ目、目標と関連技術の内容を述べてございます。船舶と同様に、水素を使うにはタンク、燃焼器の革新が必要となつてございます。技術が未確立でリスクが高いものを委託で実施し、少し確立してOEMとの共同研究に至るようなタイミングになれば、補助に切り替えていくと考えてございます。技術の確立は、航空機のプログラムを始める際のタイミングを見据えて、その段階でTRL 6以上を目指す。これはOEMと実機搭載に向けた共同開発を行うことが可能なレベルでございまして、これを目指していくということでございます。

24ページ目、詳細は実行計画の本文に記載しておりますが、2050年で3.9億トンのCO₂削減効果、1.2兆円の世界市場規模ということを推計してございます。

25ページ目をお願いします。御案内のとおりエアバスは昨年秋に、2035年の水素航空機の実用化を発表いたしました。客席数や航続距離、用途に応じて複数のコンセプトが存在しています。これは従来、日本が十分に入り込めていなかったエアバスへのプロジェクトに貢献していくチャンスが到来したとも見る事ができると思つてございまして、エアバス社は、世界中どんな技術があるのか、既にいろいろ探し、打診し始めているような動きも見られて、世界中競争が始まってございます。受け身で対応しているというよりかは積

極的、自立的に日本企業が動いていくことを期待したいと思っております。

26ページ目をお願いします。水素航空機実現に当たってのインフラ整備の話を少し書かせていただいています。水素の輸送、貯蔵、供給設備、オペレーションの変更が必要となります。ケロシンやSAFなどとのコスト比較も必要となってくると思っております。フランスでは、パリ周辺地域の空港を運営するADPグループ、エールフランス、エアバスなどが中心となって、世界規模でパートナーを公募するなど、既に検討が始まっております。日本側でもエアライン、燃料供給業者、航空機メーカー等による検討の場を設けて、今年度より委託調査を開始したいと考えております。フランス側の動きもよく見つつ、国際的な検討とも連携、整合性を図りながら検討を進めていきたいと思っております。日仏の政府間の対話の中でもよく意見交換をしていきたいと考えております。

27ページ、水素航空機のタイムラインを書かせていただいております。やはりエアバス社が発表した2035年が1つのターゲットかと思っております。遅くとも市場投入の5年前には搭載可能な技術を確認させておかねばならないということでございます。最初は小型から入りまして、徐々に適用範囲が広がっていくという形で進んでいくだろうと見ております。

28ページ目、水素航空機の実現に必要な技術を列挙しております。地上設備のガスタービンの技術を応用できる場所も十分ございますが、他方で、地上設備とは比較にならないレベルで軽量化、省スペース化、低NO_x化の要請に応えることが求められます。上空1万メートルの低圧環境での高い安全性、信頼性をもって、技術を確認していく必要があるということでございます。順次説明したいと思います。

29ページ目をお願いします。まず、燃焼器の開発です。燃料を燃やしてタービンを回すという点は既存航空機エンジンと同じであります。他の用途と同様に、燃え過ぎて燃焼器が壊れないような逆火対策が必要。これに加えて、航空機の場合は、既存燃料や地上水素タービン設備と比較して、燃焼器の入り口温度が100度ぐらい高くなってしまいます。高温燃焼となるとどうしても出やすいNO_xをどう抑えるかが非常に難しい技術的挑戦となっております。ICAOが定める排ガス規制値の実現というものを目指していきたいと考えております。

また、地上設備と比較して、付属設備の気化器等の軽量化、信頼性も求められてございますし、材料も軽量材料のセラミック複合材の活用が期待されてございます。これまでNEDOで行ってきたCMCの研究成果も生かして進めていきたいと考えております。

続いて、30ページ目、タンクの話でございます。液体水素の低い体積エネルギー密度の関係で、タンクの格納スペースが重要となってくるというのは船と同じでございますが、機内のスペースは非常に要求が厳しいということです。さらに、航空機では地上と異なって、タンクの重量の軽量化が非常に求められます。液体水素はケロシンに比べて3倍程度軽量ですが、実はタンクまで含めると軽量とは言えないという実態がございます。むしろ重たいということです。タンク重量を今の5分の1程度までとして、タンクまで合わせた重量密度を既存燃料と同等水準を目指したいと考えてございます。航空機特有の加速環境で液面が揺れるスロッシング対策も必要となります。タンクを使い捨てる宇宙のロケットとも異なりまして、20年、25年と使う耐久性も必要となってまいります。右の下の図のとおり、燃料供給システム全体まで含めて開発していきたいと考えてございます。

あわせて、機体全体を見直していく。先ほども構造全体が変わるというお話がございました。この必要性も踏まえて構造検討を行い、それぞれの要素技術と航空機全体の整合性にも留意していきたいということです。当然、地上ガスタービン、船舶用の技術の共用部分を最大限活用して、航空機特有の高い部分に重点を置いた形で進めていきたいと考えてございます。

この点、NEDOと連携して、その知見を最大限お借りして進めたいと考えてございます。また、目標の設定に当たっては、JAXAの知見もお借りしました。この場を借りてお礼申し上げたいと思います。引き続き、皆様の知見をお借りしまして、目標設定、最大限効率的な研究開発を進めていきたいと思っております。

31ページ目以降は、少し複合材の部品を書かせていただいています。

32ページ目。これまでも複合材の話は少ししてまいりましたが、軽くて丈夫な複合材料は、その適用範囲を拡大させてきました。円グラフの青色に御注目いただければと思いますが、ボーイング787で飛躍的に伸びてございます。

33ページ目。しかしながら、2030年代以降の次世代航空機を想定しますと、これまでよりも1段ギアを上げた形での複合材の適用にチャレンジする必要があると考えてございます。すなわち複合材の複雑形状への対応ということです。これまでNEDOでは適用に当たって、よりコスト削減が求められる小型機を念頭に置いた製造の効率化が成る熱可塑複合材の研究を進めてきました。しかし、ブレンディッド・ウイング・ボディーや、主翼を工夫して、より空気抵抗を低減した機体などには、より強度の高い複合材の開発が期待されます。金属で造る場合に比べて30%程度の軽減、既存の複合材に比べて強度を高めるこ

とにより肉薄化を可能として、10%程度の軽量化を可能とするということを目指したいと考えてございます。

34ページ目。強度の向上や軽量化に向けた技術開発。樹脂中の水分や空気等が原因となる空洞のボイド部分をなくしたり、CFRPの成形過程でどうしても生まれてしまうしわであるリンクルをなくしたり、ファスナと呼ばれる接合部品のボルトやナットを使用しない接合技術、といったものの確立が必要となってまいります。一見地味に見えるかもしれませんが、2030年以降の次世代航空機を見据えたときに、強度を上げて複雑形状に対応していくためには必要な技術開発だと考えてございます。日本が強みを持つ分野でございますので、それを他の追従を許さないレベルにさらに磨いていきたいと考えてございます。そして、水素航空機以外のあらゆる機体にも適用可能でございまして、SAF拡大にも資するものだと考えてございます。また、複合材の適用範囲の拡大には、必要となるコスト低減が大事になってきますので、この部分も同時に追求していきたいと考えてございます。

35ページ目、最後にスケジュールでございます。意欲的な研究開発でございますので、長丁場になると考えてございます。詳細なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねたいと考えてございますが、適切なタイミングでステージゲートを設けたいと考えてございます。OEMの開発方針、NOx規制値などの国際的な議論の動向、SAFなどの他の技術の進展状況、国内企業の研究開発状況、あらゆる状況を踏まえながら、関係の機関の皆様のお知恵も借りながら、事業の継続可否を随時判断していきたいと考えてございます。

駆け足になりましたが、以上でございます。

○白坂座長 ありがとうございます。これから自由討議に入りますが、片田江委員のほうもう時間がないかと思います。もし一言、時間内でしゃべれそうでしたらお願いします。

○片田江委員 申し訳ございません。私の都合で今日17時までで、手短に。特に2つ、後半、水素燃料のお話と炭素繊維の複合材料のお話をいただきましたけれども、複合材料については、これまでも多くの資金を投じて、代表する企業さん3社、東レさん、三菱ケミカルさん、帝人さんで非常に国際競争力の高い技術開発をされてきたので、さらにここに投資を継続することによって優位性をもっと際立たせるということには非常に有意義な資金の活用の仕方かなと思います。おっしゃられたように、航空業界だけではなく、この領域が強くなるということは、経済的波及効果というのはほかの分野においても非常に大きいものだと思いますので、非常にすばらしいテーマではないかと思いました。

すみません、こちらで失礼させていただきます。

○白坂座長 お忙しいところ、どうもありがとうございました。

では、ここから、先ほどとは逆の順番で発言のほうをお願いできればと思います。まず、林委員からお願いいたします。お1人様3分以内ぐらいでお願いします。時間がかかり押しております。

○林委員 端的に申し上げます。私も今、片田江さんのおっしゃったとおり、複合材のところは何となく、既に先端技術でさらに地位を上げていくということでは、そうかなと思うのですけれども、エンジンのところですか、飛行機の内部にこれまでもあまり入ってこれなかったという中で、どれぐらい勝算があるのかなというのが、正直今日の御説明だけではよく分からなくて、戦う意味があるということを、できるだけ説得力を持って御説明いただかないと、効率的な資金の投入という観点でどうなのかという点を、ぜひ専門家の皆様にお伺いしたいと思います。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。ただいまの件につきまして、日暮課長のほう、どうですか。

○日暮課長 コメントありがとうございます。今回、水素航空機という中で、ターゲットを絞って水素のタンクとか燃焼器について御説明させていただいています。まさに地上のガスタービン設備とか、日本企業は実は強い部分でございます。燃焼器のこととかを考えていくと、燃焼温度にどう耐えるのかという、結局材料の部分に付加価値が集まったりということで、非常にこの部分、技術の変わり目というところで、日本の強みがまさに生かせる分野だと考えてございます。

実際、海外のOEMとさまざまな議論をしたときにも、このカーボンニュートラルに向けた要素技術、水素技術ということで、日本企業に対して非常に期待をいただいているとも感じております。様々OEM等の動向もよく見ながら、そういった期待にも応えていきたいと思っておりますし、日本企業の強みを生かして、これまでなかなか機体の内部に入ってこれなかったというところを、このカーボンニュートラルの機会をチャンスと捉えて進めていきたいと考えてございます。

○白坂座長 ありがとうございます。では、続きまして、長島委員、お願いいたします。

○長島委員 御説明ありがとうございます。先ほども出ていましたけれども、3社、複合材のところの強みにお金を投下していくというのは非常にいいアプローチかなと思って

います。ただ、今回やはり技術開発のハードルは非常に高いのだろうと思います。ちょっと段違いな状況になってきているので、この辺りで何とか3社の知恵を持ち寄るような形、しっかりとデジタルデータも使いながら、マテリアルズ・インフォマティクスというのですか、そういった形での統合データを使った共同研究みたいなところ、その辺も、一気に進める上でも、ぜひ立ち上げてみたら面白いのかなと思っています。3社それぞれのシェアなりそれぞれの問題意識はあろうと思いますけれども、その辺りもちょっとやってみたらいいのかなと思いました。

もう一つ、これももう既にいろいろ取り組まれていると思いますけれども、リサイクル性です。やはりなかなかリサイクルしにくかったり、リサイクル材の用途みたいなところはまだまだなところはあると思いますので、この辺もサプライチェーンを含めて検討できたらいいのかなと思いました。

○白坂座長 ありがとうございます。引き続きまして、高木委員、お願いいたします。

○高木委員 高木でございます。どうもありがとうございました。

航空分野については専門ではないのですが、高い技術レベルを持っている分野として、単なる産業だけではなくて、工学としても基礎科学をレベルアップする上で、その波及効果は非常に大きいと期待していますので、ぜひ頑張ってもらいたいと思っています。

それで、まず、複合材のところですね。これは材料的には素晴らしいものがあって、それを使ってということだと思うのですが、どの辺りまでパッケージとして売り出していくのかという、そこら辺が技術開発の目標とも絡んでくると思いますが、ちょっと今日の説明では、そのサイズ感が分からなかったというのが第1点です。

もう一つは、水素エンジンのほうの開発なのですが、これもOEMとの話合いができていうことで少し安心しましたが、TRL的にいうと4ぐらいの段階で、恐らくかなり詳細な、何を実証するというような話合いができていないと入っていけないのではないかな。これも私は想像で言っていますので、分からないのですが、その辺りもステージゲートを設けるとして、TRLと絡んで御説明していただけると分かりやすいかなと思いました。

以上です。ありがとうございます。

○白坂座長 ありがとうございました。引き続き、関根委員、お願いいたします。

○関根委員 ありがとうございます。二つ三つ。まず、日本が入り込んでいるところで、今ですと、例えばロールスのトレントとか、プラットの1000とか、非常にいいと

ころに、タービンとかのコアのところにある意味日本が入り込んでいる部分はあるのですが、これも、これが水素の時代になったとき、どこで入れるのかというのがいま一つよく分からなかったのも、その辺うまく、燃焼器なのか、ブレードなのか、そういうところも含めてしっかり詰めていく必要があるかなと思いました。

それから、炭素材料万歳というのはもちろんなのですが、今ボーイングと話をし、聞いて非常に気になるのは、破壊予測ができないという問題があります。カーボンコンポジットがいつ破壊する、破過して使えなくなるか。ジュラルミン、アルミの時代というのは、例えばコメットだと、水に沈めて与圧試験を何千回もやって、それで実際、さっきの10の9乗という係数にまで持ち込むというところ、物すごい努力をされてきたわけです。ところが、カーボンコンポジットで今、寿命予測が非常に難しいということが知られていて、レジンでの接合とかそういった部分も含めて、例えばジッパー開裂のようなことがいつ起こるのかということに対する予測が今できていないのではないかな。その辺りはどうするのかというのが気になりました。

最後、3つ目ですが、物流の流れ、航空の流れでいうと、ポイント・ツー・ポイントから80年代、ハブ・アンド・スポークに流れていきました。物流の中で特に貨物は今はハブ・アンド・スポークです。ところが、LCCが台頭してポイント・ツー・ポイントの流れができて、320のような小型のもののニーズが飛躍的に増えたわけですが、それがこのコロナ禍の後に果たして全体としてどうなるかというのは、やはり慎重に考えるべきで、もしポイント・ツー・ポイントの小型がこれからも生きていくのであれば、例えば日本はエンブラを支えますみたいなことを考えてもいいと思います。エンブラはブラジルのエンブラエルです。こういったものも可能性があると思います。

一方で、やはり貨物も含めてロングホールでハブアンドスポークが生きていくということであれば、これは先ほどの水素タービンのようなものにしっかり投資をしていくべきで、その辺は見極めをしつつ、重みを変えていくことが重要ではないかと感じました。

以上3つです。すみません、航空業界における炭素コンポジットの中、破壊特性とか予測について何かコメントを今いただくことはできますか。私は全然知らないのです。

○白坂座長 ありがとうございます。今の件はいかがですか。日暮課長のほうで何か炭素コンポジットの破壊の予測に対して。

○日暮課長 複合材の胴体とか主翼、タンクの寿命が難しいというのはおっしゃるとおりだと考えてございます。例えばタンクだと、宇宙から航空機に転用する際に、我々は耐

用年数を延ばすのが大事だと思ってございまして、まさにそれは材料開発の中で検討課題として考えていかなければいけないところだとまさに思っているところです。ありがとうございました。

○関根委員　その辺、例えば富岳とか量子コンピューティングとか、これからの技術を使うように使って、材料の破壊予測みたいなものが日本独自でできるといいなと思った次第です。今のところ何も道具がないので。

○日暮課長　ありがとうございます。その他いただいたコメントにも少しお答えしてもいいですか。

○白坂座長　できればお願いします。

○日暮課長　あと、3点目について、航空の需要のところをおっしゃられました。我々は、まさにコロナ後の航空需要はどうなるのかということは非常に重要なポイントで、いろいろな海外の方やアナリストと、意見交換してございます。まだ確実には分からないのですが、多くの皆さんが、やはり航空機としてはダウンサイジングが進んで、大きなところの回復は少し遅れるのではないかと。おっしゃったような320とか大陸間移動をポイント・ツー・ポイントで、少し小型のシングルアイルでできるような技術開発もあり、人はやはりポイント・ツー・ポイントで移動できれば、移動としては便利だということもあるので、小型のほうが少し早く戻ってくるのではないかと見ている人が多いと感じております。したがって、次期航空機開発についても、そういうあたりの需要に対応したところで海外のOEMがどう動いてくるかというのは我々としても非常に大きな問題

意識を持っておりまして、カーボンニュートラルが先行して進むと見られる小型、中型の航空機とこの辺りはまさにマッチするところでありますので、コロナ後の航空機、カーボンニュートラル、この辺のトレンドの変化を見据えながら、航空機開発を日本として考えていきたいと考えてございます。

また、関根先生から1点目の中で、エンジン部位の中でどこに入るのかという御質問がございました。水素になったとしても、技術的には燃焼させてタービンを回してジェットの推力を得るところは変わらないのですが、やはり燃えやすいとかということで、燃焼器が壊れないように安定的にどう水素を燃焼させるのかということについて、安全性を持って実現することが非常に課題だと思っています。したがって、燃焼器の部分では、素材であったり、気流の流れをつくって安定燃焼をどうつくっていくのか、この辺が一番大事になってくると見ておりまして、今回の事業計画の中でもそこにフォーカスを当てた

取組とさせていただいてございます。

あと、高木先生から、複合材、どの辺りをパッケージで考えてくるのかということです。単に炭素繊維を複合材、構造体を造る前の段階というよりかは、複合材の構造体を造るというところまでターゲットとした上で、複雑形状に対応した航空機分野で日本産業としての貢献ができるような形を目指していきたいと考えてございます。

TRL 6というのは、航空機開発を目指していくに当たって、国際共同開発をできる水準だと思っておりますが、それに至る前の段階でも、OEMとのどういう連携ができるのかということをお早め早めに議論を積み重ねていきたいと考えてございます。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。続きまして、大藪委員、お願いいたします。

○大藪委員 ありがとうございます。疑問に思ってきたことはすでにお答えがあったので、簡単に2つだけ申し上げたいと思います。

1つ目は、本会議の最初に飛び恥という言葉が出ましたけれども、飛行機がもたらす価値は、経済活動が戻ることに以上に、国際社会の分断を越えられる1つの手法としても、我々、留学生をたくさん受け入れている学部からいうと、日々感じているところです。環境負荷なく人が交流できるように、これを実現していただきたいと思います。

今回、支援については、燃料、エンジン等については、電気、SAFある中で、水素航空機にターゲットを絞られたことは素晴らしいと思っております。全てに張ればどれかは成功するということは見込める中で、一番勝率が高そうなところに張っているということで、賛同いたします。これがもし今後の飛行機の使われ方によって実現が遠のいたり、思ったより市場規模が小さかったりしても、これはそういう張り方の戦略をしたのであるから、これはポジティブに評価をされるべきであると思いました。

OEM等のところで、統合型アーキテクチャである飛行機でどのようにすり合わせが行われるのか、という点を疑問に思っておりましたが、今ちょうどお答えを伺ったところでございますので、追加での御質問はございません。

以上です。ありがとうございます。

○白坂座長 ありがとうございます。続いて、稲葉委員、お願いいたします。

○稲葉委員 同志社大学の稲葉です。

まず、私、CO₂排出に関しては、エネルギー消費に関して、航空機のようなニッチな領域まで考える必要はあまりないと思っております。将来的にはバイオ燃料、合成燃料で

対応したらいいとこれまで思っていたのですけれども、このワーキンググループで、国際航空の分野で船舶と同程度にCO₂排出量が多いという事実をお伺いしまして、かなり驚きました。改めて航空業界でのCO₂排出削減の必要性を感じています。

私は専門外なので、あまり意見というのはないのですけれども、これまでも言われているように、高強度の炭素繊維をはじめとして、日本製の素材、部材が多く航空機に使われているということは、この分野における日本の強みですので、一層の発展が可能な開発支援が必要と感じました。

それから、佐々木先生のお話にもありましたけれども、さらにこの機会を航空産業のゲームチェンジと捉えまして、部材のみならず、さらには水素エンジンを核として、エンジン本体、そして航空機製造まで、世界の航空機産業に踏み込んでいきまして、航空機産業が日本を支える1つの産業として成長できることを期待しています。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。では、かなり時間は押しておりますけれども、先ほどありました船舶、あるいは航空機、両方併せまして、2巡目、あるいはオブザーバの方々から発言したいという方がいらっしゃれば、挙手のボタンのほうを挙げていただければと思います。発言の際にはぜひ簡潔にお願いいたします。何か御発言ある方は、挙手のほうお願いいたします。JAXA・伊藤様、お願いいたします。

○伊藤オブザーバ JAXAの伊藤です。貴重なお話ありがとうございました。4つ簡単にお話しさせてください。

1つは、技術開発の課題というステップアップですが、非常に技術レベルが高いと、航空の専門の立場からも見ています。メーカーさんの考えている技術をしっかりとウオッチして、特に水素の試験は非常に難しい部分がありますので、その部分はちゃんとやっているか、リソースを十分かけているか、そのようなチェックをすることが重要なと思います。

もう一つは、ステップアップという意味で、水素燃焼の技術ができるとともに、水素燃料のインフラが出来上がることが重要で、そのためには水素が少しずつ一般化していく、航空の業界でもそういう流れが必要で、電動化、それから水素の燃料電池、その上で水素燃焼といったステップアップのシナリオがあります。こういうものをしっかり横目で見ながら着実に進めることが重要なと思っています。

それから、委員の方々からの質問でも幾つか御発言いただいておりますが、水素燃焼で日

本がアピールしていくという方向性です。実は、日本もエンジンの開発の中で、これまでコア部分には入り込めていなかったものが、入る直前まで来て、かなり高い技術力ができています。燃焼器の高温材料であるとか、あるいは低NO_xでの燃焼技術が開発されて、メーカーさんが売り込み始めている状況になっています。これを発展させるつながりもあるかと思いますが、この流れで水素でそれを達成するというのは、技術的にも考え得るシナリオかなと思っています。ぜひそこを進めていただきたいと思います。

もう一つ、水素に関しては、宇宙技術からの展開ということです。日本のロケットは水素で燃焼しています。そういう日本の重工メーカーも含めたロケットの知見も参考にできるのではないかと思います、その辺りも含め、水素はぜひ扱っていったよい課題であると思います。

最後にもう一つ。新しい技術で世界を主導するという意味で、標準化、あるいは認証を国際的に主導していく、こういう流れに持っていくチャンスでもあると思います。国際標準化団体などに、この技術で食い込んで世界を引っ張っていく、そういう活動もぜひ期待したいというのをコメントとして述べさせていただきます。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。引き続いて、九州大学の林先生、その次に、東京都市大学の岡田先生、その後にDBJ・竹森様の順番でいきたいと思います。では、まず、九州大学の林先生、お願いいたします。

○林オブザーバ 九州大学の林です。

私は、水素燃料電池の研究をふだんやっているのですが、自動車とかが市販化されていますが、やはり新しい技術を導入していく中で、いろいろなルールの改定、いわゆる規制緩和などが必要になってきた歴史があると思いますので、船舶も航空機もやはり新しい技術を導入していく上で、そういうこともやはり同時に見ていく、あるいは先立って見ていく必要があるかなと思いました。その辺も盛り込めたらいいのかなと思いました。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。では、引き続きまして、東京都市大学・岡田先生、お願いいたします。

○岡田オブザーバ 東京都市大学の岡田でございます。

今回の支援策は、航空分野と船舶分野双方の先端技術を盛り立て、その技術を社会実装することを通しGHG排出を下げることに寄与するものです。また、本支援策は、両分野

のカーボンニュートラル実現に対しても大変意義あるものであるとまず感じました。

私は主に船から排出されるCO₂を削減する施策について経済分析をしております。そのため、普段は海運分野の話を中心に情報を集めております。今回、航空分野のお話を伺い大変驚くと同時に、そうだなと思うことがありました。それは、船舶と航空機に関連する技術の社会実装に際しては、関わる主体、アクターが異なるということです。具体的には、船舶分野にて技術開発とその社会実装もしくは普及を行う場合には、造船会社や船主や船を管理するオペレーターというアクターがかかわってきます。他方、航空の場合は、航空機を組み立てる会社であるボーイング社やエアバス社が主なアクターとなり、それらの会社に対して完成した技術を売り込み、それにより社会実装していくのだということが分かりました。

このことを踏まえると、片田江委員がおっしゃっていたように、技術の社会実装に関連するアクターが受け入れられるような、導入してもよいかなと思う技術を仕上げるのが望まれると思いました。よって、今回の支援策の場合、船舶分野では船主やオペレーター、航空分野では主要な航空機製造会社が、開発した技術の導入を受け入れられるようにする必要があります。グリーンイノベーション基金においては、ご参画頂く企業に対して、技術を導入する主体、アクターが受け入れられるような形、言うなれば技術を採用してもらえ方向に努力いただく、それと同時に国が採用の方向性について副次的な情報を提供することが望まれると思った次第です。

すみません、それ以外もちょっと細かくありますが、またの機会にしたいと思います。ありがとうございます。

○白坂座長 ありがとうございます。では、続きまして、DBJ・竹森部長、お願いします。

○竹森オブザーバ 竹森と申します。端的に1点と個人の思い入れを1つだけ申し上げます。

造船、それから航空も今、アジアの競争、それからコロナ禍で非常に状況が厳しいという理解をしております。当然、環境対応とか、オートノマスとか、AI対応とか、いろいろ対応していく中で、例えば設計とか全体が変わっていくという中で、お金もそうなのですけれども、人的なリソースも全然余裕がないと思うのです。現況あつての新規の開発というところだと思いますので、トランジションというところに対する丁寧な対応というのが必要かなと。委員の長島社長おっしゃっていたレトロフィットの延命利用といったよう

な発言がありましたけれども、主体が非常に厳しいとなかなか開発もできないでしょうから、トランジションの考え方というのは非常に大事な。これに対する対応というのをぜひお願いしたいというのが1点目でございます。

それから、2点目がちょっと個人の思い入れなのですけども、やはりどなたかの委員の方が完成機の御発言をされておられましたが、過去の反省とか、その実績をどう活用するかという視点でいくと、スペースジェット、旧MRJというのも日本に完成機はあるわけですから、ぜひこういうのをうまく活用しながら、日本でしかできない完成機エコの対応といったようなこともあるのかな。ちょっとこの部分は蛇足になりますけれども、コメントさせていただきます。

以上です。

○白坂座長 ありがとうございます。まだちょっと希望者もいるかもしれませんが、今、手が挙がっていないということで、すみませんが、2巡目は以上で終わらせていただきまして、私からも、すみません、座長ではございますが、5点ぐらいあるのですが、手短にお話しさせていただければと思います。

まず1点目が、今回やはり、皆さんのお話を聞いていて、すばらしい計画だなと思いつながら、1つ気になったのが、細かい話ではあるのですが、プロジェクトという言い方です。といいますのは、プロジェクトというのは、そのプロジェクトを完成させるといいますか、終わらせること、そのプロジェクトの目標達成が目的になるものなのですが、むしろ、いろいろな方から御意見がありましたが、今回はちゃんとこれが社会に実装されて、やはりちゃんとCO₂の削減がされるということがゴールであって、その過程において、例えばベンチマーキングをしたりいろいろなことをやってきたときに、中断するというのももちろん視野に入れなければいけない。つまり、これら全体をプログラムとして見る必要があるので、一個一個のプロジェクトなのだとしてしまつて、それをやるのが何となく既定の路線になってしまうと、最終的に我々が目指そうとしている、これは特に長い話です。そこに陥らないようにしなければいけないだろうと、我々見る側も含めてですか、委員会のワーキンググループのメンバーも含めて、ちょっと気にしなければいけないと思ったのが1点目です。

それに関連しまして2点目が、変化というものです。これはほかの委員からもございましたけれども、世の中のベンチマーキングが要するというものもそうなのですが、その分野だけのベンチマーキングをしていると、結局は主流ではないところで幾ら勝っていても

仕方がないということも起きますので、世の中の動き自体を見なければいけない。つまり、競合だけのベンチマークではなくて、特に船舶もありましたけれども、将来的にどういったタイプが主流になるかがまだ分からないということであると、どれを主流にするのかというのを比較しようとする、個々の燃料のプロジェクトをステージゲートでやるだけでは実は不十分で、横断的にチェックをするというステージゲートの的なものが必要になってくるだろうというので、プロジェクト単位ではなくて、1つは例えば船舶の全てのプロジェクト単位でのステージゲートみたいなものをどこかで置かなければいけないのではないかと。航空機も同じなのですが。

さらに3つ目なのですが、横断的に見るというのが、先ほど本当にちょうど岡田先生からですか、御意見いただきましたが、横通しで見るからこそ分かること、横通しで見るからこそ気づくことというのも必ず出てくるわけでして、その辺りをちゃんと捉えていくというところを我々は気にする必要があるだろうというのが3点目です。

4点目が、これもどなたか委員が最初に船舶のところでおっしゃっていましたが、他業界、他分野、あるいはベンチャーみたいなものを巻き込むというのはやはり重要でして、我々は専門家バイアスを持つということはもう既に分かっていますので、今あるものを、いわゆる知の深化、深めるほうでは専門性がすごく重要なものに対して、知の探索側、新しいものを見つける側では、前とは違う人たちを巻き込むことも重要である。今回、両側の側面を持っているプロジェクトということで、ちょっと難しい面はあるのですが、やはり広く巻き込めるということも重要だと思っています。

最後、5点目になりますが、こちら先ほどJAXAの伊藤様のほうから御指摘がありましたが、航空機は特に安全の認証が今あるわけですが、航空機に限らず、最近ですと車も機能安全規格でやはり説明責任を果たす必要が出てきますし、鉄道に関してもRAMS規格で説明責任が出てきて、それでやはり対応しないと輸出ができないということが出てきています。

ということを見ると、実は、スマートシティインフラストラクチャーでも同じことが今規格化されているわけですが、あらゆるところで新しいものに対してちゃんと説明責任を果たせる。それは例えば安全面であったり、品質面だったりするわけです。ということ意識しながら最初からやっていると、物だけ作って説明ができないというのが実は多発しているのがいろいろな分野でありまして、日本はいいものを作るのだけれども、説明ができないから勝てないというのがやはり起きている。新しいことをやりながら、そう

いったことを横でちゃんと考えておくということをやっていないと、せっかくいいものができたのだけれども、早く市場に投入できない。そうすると、もちろん使ってもらえないということが起きる可能性があるということ。それが5点目です。その5つの点をちょっと気にしなければいけないということでコメントをさせていただきました。

すみません、長くなりましたが、私からは以上となります。

すみません、もう時間のほうが押していますので、これで自由討議のほうは終了させていただきたいと思います。本日は長時間にわたり活発な御議論ありがとうございました。

事務局におかれましては、委員の皆様からいただいた意見を踏まえて、研究開発・社会実装計画（案）への反映について検討をお願いいたします。

最後に、事務局より連絡事項のほうをお願いいたします。

○笠井室長 事務局でございます。ありがとうございました。

今後のスケジュールについてですが、本日の2つのテーマに関するワーキンググループはまた7月頃に開催しまして、本日いただいた御意見を踏まえた研究開発・社会実装計画（案）について御審議いただくことを予定してございます。詳細につきましては、別途、事務局より御案内させていただきますので、よろしくお願いいたします。

また、研究開発・社会実装計画につきましては、本ワーキンググループでの議論にとどまらない、幅広い御意見をいただくという観点から、30日間のパブリックコメントに付すこととしております。パブリックコメントの終了後に、提出されました意見も考慮しまして、担当課室で研究開発・社会実装計画（案）を見直す可能性がありますので、その点につきましても、7月に開催予定のワーキンググループにて御審議をいただきたいと考えてございます。また、本日いただいた御意見につきましても、この中にしっかりと盛り込んでいく、または考え方をまたお示しするということで、議論を深めさせていただければと考えてございます。ありがとうございました。

○白坂座長 ありがとうございます。それでは、以上で産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループの第1回会合を閉会したいと思います。委員の皆さん、どうもありがとうございました。

——了——

(お問い合わせ先)

産業技術環境局 環境政策課 カーボンニュートラルプロジェクト推進室

電話：03-3501-1733

FAX：03-3501-7697