

第4回宇宙輸送小委員会

1 日 時 令和5年8月7日(月) 13:30～15:00

2 場 所 宇宙開発戦略推進事務局大会議室

3 出席者

(1) 委員

松尾座長、青木委員、石田委員、山崎委員、片岡委員(オンライン出席)

(2) 事務局(宇宙開発戦略推進事務局)

風木局長、坂口審議官、山口参事官、植木参事官補佐

(3) 関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

上田課長、竹上企画官

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門

沖田第四研究ユニット長

4 議題

(1) 宇宙輸送の将来像の実現にむけたアカデミアからのヒアリング

○松尾座長 それでは、定刻となりましたので「宇宙政策委員会 基本政策部会 宇宙輸送小委員会」の第4回を開催いたします。

御出席の皆様におかれましては、お忙しいところ御参加いただき、御礼申し上げます。

本日、片岡委員はオンラインでの御出席です。

また、新谷委員と中須賀委員は御欠席です。

本日の議題は「宇宙輸送の将来像の実現にむけたアカデミアからのヒアリング」となります。宇宙輸送分野の将来像の実現に向けて、これまでJAXA、民間企業へのヒアリングを行ってきました。本日は、アカデミアからの提言もここに加えることで、これまでの議論にさらに厚みを持たせたいと考えております。

本日は名古屋大学の笠原教授にお越しいただいております。また、東京大学大学院の姫野教授からも御提言をいただいております。姫野教授は、スケジュールの都合上、御出席がかなわず、本日は書面にての御提言をいただいております。また、事務局からの依頼があり、私も意見を述べさせていただくことになっております。質問や御意見はそれぞれの説明後、最後に行いたいと思います。

では、最初に笠原教授よりお願いいたします。

○笠原教授 御紹介いただきましてありがとうございます。名古屋大学未来材料・システム研究所の笠原と申します。本日はこのような貴重な機会をいただきまして、感謝申し上げます。よろしくお願いいたします。

私はデトネーションエンジンと呼ばれる輸送系のエンジンの研究を主にさせていただいております。そのような現場の観点から、僭越ながら提言させていただきたいと思っております。

2 ページ目です。早速ですが、一番大きな話題からさせていただきたいと思います。次期基幹ロケットは非常に重要なシステム、日本にとってかけがえのないシステムだと思っております。私、文科省さんの調査・安全小委員会の委員を担当させていただきまして、少し思い入れがあるものですから語らせていただきます。

基幹ロケットは非常に重要で、今後の日本を支える日本の国の誇りとなるようなものだと思っております。それにふさわしい余裕のある設計、つまり思い切ったリソースの投入が極めて重要だと思っております。調査・安全小委員会にて、文科省さんやJAXAさんは非常に真摯に取り組まれていて、私のほうがとても勉強になっているのです。詳細な技術開発プロセスを見ておきますと、2 段目のエンジン、H2Aと同じエンジン、これについて考え方はいろいろあると思うのですが、私の目からは、技術者としては思い切って新しいエンジンを2 段目にも搭載したかったのではないのかなど。また、開発を継続するという意味でも、どんどん若い方が開発をして、2 段目もリフレッシュするようなことが本当はしたかったのではないかととても感じているところがあります。

また、イプシロンのRCSの推進剤タンクも確かに問題はありましたが、そのリソースの限られた中、過去実績のあるものを使う。その中でこのようなことが起こっているわけですので、やはりここも思い切った新規開発。若い方が継続して開発していれば、このようなことはなかったのではないかと。完全に私の思い込みのところではありますが、基幹ロケットはその名にふさわしいリソースの投入が何より重要だと思っております。

その下に書いてありますとおり、私も実は観測ロケット実験にここ5～6年携わらせていただいています。大学人なのですが、技術の現場の方とかなりいろいろお話しする機会がありました。とても複雑なシステムを伝承するというのは、人と人のかけがえのない思いやりであったり、いろいろなコミュニケーションが土台になっています。なので、若い方にそういう困難な挑戦をずっと続けていただくことが重要だと思っております。だから、基幹ロケットというのは、ある時開発するわけではなくて、ずっと開発し続けるものではないかというのが、私が今感じている感想です。

私の研究室に松山特任教授という教員がおります。三菱のロケットエンジン設計課長やHTVのプロマネをされていた方なのですが、いつもおっしゃることが、設計は向こう三軒両隣まで掃除するつもりでいろと。つまり、自分のところだけではなくて、周辺全体も一緒に考えないといけない。私は全然実践できないのですけれども、それほどまでに輸送系開発は人として重要な難しい開発なのだということを実感しているところでございます。そう

でないと、設計法や肝心なマインドが受け継がれていかないと感じております。

そういう意味では、固体ロケット、液体ロケットも、大学人、つまり教育の現場から出発していますので、改めて大学人として、いわゆる学術だけではなくて、人としてのコミュニティの在り方自体を再考するのが重要だと思っています。1つのエピソードは、固体ロケットは、皆様よく御存じだと思いますが、内之浦に射場がありまして、私はその宿泊施設に初めて行って家族同然の扱いを受けたのです。東大さんの研究所時代からそういう人とのつながりの中で重要なロケット開発というのは行われてきたのだなということのを再認識した次第でございます。

以上、次期基幹ロケットに関して語らせていただきました。

次に、機体再使用技術です。再使用観測ロケットRV-Xは今まさに開発途中かと思えます。私のかすかな認識では、このRV-Xのプロジェクトは、Space XやBlue Originさんよりも随分早くスタートしたと理解しております。まさに今の重要な推進剤のマネジメント技術やヘルスマネジメント技術といった最先端の技術にずっと以前から取り組まれていて、実は打上げを楽しみにしておりました。ですので、私、今でもこのチームを応援しておりますし、一刻も早く打ち上げていただきたいと思っております。

実は、先見性があるというか、目利きのある先生というのがいらっしゃって、私も随分お世話になっているのです。それが次になりますが、稲谷先生がRVTの時代からこの再使用観測ロケットをずっと提唱されていたというのは私もよく認識しております。ある日、笠原、ちょっと来い、観測ロケットに君のエンジンを載せて宇宙飛行実証してみろ、内之浦に来いと言われまして、内之浦に見学に行きました。その非常なる緊張感やダイナミックさ、こんなにはらはらどきどきしながら観測ロケット実験というのは行われているのかというのを見聞きしまして、私もこのような観測ロケットに搭載されるデトネーション・エンジン・システムというのを3~4年かけて作成させていただきました。大学にしては非常に大きなシステムでございまして、実は開発するためには様々なエンジニアの方々と喧々諤々の議論、非常に複雑なコミュニケーションを図らせていただきました。

結果として順調に研究・開発されまして、室蘭工業大学さんでまずは地上実験を行いました。これも名古屋大学ではなくて、非常によい実験設備を持っていらっしゃいまして、いろいろな大学さん、企業さんも使われています。そこにて地上試験をした後に、JAXAの宇宙科学研究所でいわゆる振動試験やダイナミックバランス試験。回転しながら飛んでいきますので、バランスが非常に重要なのですが、そういうことを私は当時認識しておりませんで、そういう地上の最終試験を通じながら(JAXAさんはよくお分かりなのでしょうが、大学の一教員としては非常に無知なところがございまして)、こういう射場充填作業を踏まえて、8ページ目になりますが、このような観測ロケットにエンジンシステムを中に組み込んで宇宙実験というふうになりました。

8ページ目の動画は、宇宙実験の実際の現場です。最初は固体ロケットで20秒ほど燃焼して宇宙まで運んでいただきまして、そして1分後に2段目を切り離してデトネーション

エンジンに火がつくということになります。

9 ページ目の動画が、分離後、デトネーションエンジンが宇宙空間で初めて火を噴いた瞬間でございます。関連分野の研究者も非常にインパクトを受けて、大きな研究成果が上がったと思っています。これは米国の航空宇宙学会の年報と呼ばれるものなのですが、実験はインパクトが大きかったらしく、技術委員会の年報のほうに2度、大きく取り上げられまして、関連の研究コミュニティに大きなインパクトを与えました。結果的にそういうフライト実証は、稲谷先生のお言葉に従っただけなのですが、とても大きな印象を与えることができました。

私は、米国の、特にサイテック (SciTech) と呼ばれる学会で情報収集を行っております。空力推進分野では、真に新しい技術というのはそんなに多くはないという認識を持っております。電動航空機分野やハイパーソニック、極超音速流れ分野、それからデトネーションエンジン分野、空力のプラズマアクチュエーター分野、もちろん情報分野ですね。また、CFD等を用いて各分野で主に情報交換がされていると認識しておりまして、私はその中のデトネーションエンジン分野、Pressure Gain Technical Committeeというところに13~14年ぐらい御一緒させていただきました。

そこではどういうことが行われているかという、もう十数年来、研究コミュニティのコアは一定なのです。NASAさんや空軍研究所さん、海軍研究所さん、エネルギー省さんらの代表者が一丸になって、今度はこれでいこう、あれでいこうといった非常に強いチームワークで、もちろん企業さんやベンチャー企業や大学はここが専門だからこれやれ、あれやれというのを十何年間ずっとやり続けているわけです。当然、我々は外国の委員ですので、どちらかという肩身が狭いのですが、そういう中で彼らのやり方というのを随分見てきました。

組織も随分様変わりするのです。航空用エンジンは、最初はデトネーションエンジンがメインだったのですが、エア・フォース・リサーチ・ラボラトリー (AFRL) のライト兄弟を伝統に持つライト・パターソン空軍基地が中心になってやっていました。NASAのグレン研究所という航空関係の研究所がリーダーシップを取っているわけなのですが、そのうち、どうやらもっとシンプルな宇宙輸送エンジンがいいのではないかとなくなってくると、今度はAFRLのエドワード空軍基地が乗り出してきました。昨年、私は認識したのですが、NASAのマーシャル・スペース・フライト・センター (MSFC)、いわゆる伝統的なロケットエンジンの総本山みたいなところが急にデトネーションエンジンの研究をやり出したのです。非常にチームワークもいいのですが、中の動きというのは想像を絶するぐらいダイナミックでございまして、行くたびに非常に強い衝撃と、これはまともに正面から勝負しても勝てないので、よくよく考えてやらないといけないなと感じております。

また、そういう大きなくくりとは別に、実はそのデトネーションエンジン研究のベースになる研究というのは、1960年代、ミシガン大学やロシアのグループが始めております。そういうところの大学の教員というのは、やはり誇りを持って携わっておるものですから、

今でも基礎研究分野で強いです。

実は私、名古屋大学に所属していますが、1972年、私の師匠がこの分野のデトネーションの不安定性、要するに初めて基礎物理方程式を解いた非常に有名な論文を発表しました。日本はそこに一番の根っこがございます。なので、合計50～60年ぐらいの基礎研究期間とこういうシステムの展開、そういう両輪がないと研究というのは進んでいかないのだなと強く認識している次第でございます。

来年7月にもう一度観測ロケット実験を行います。液体推進剤の回転デトネーションエンジンを打ち上げることによって、この世界的なコミュニティをより引っ張って、日本の土俵で進めていきたいと考えております。

次が、有翼形態の飛翔技術ということです。私がここで御紹介させていただきたいのは、先生方はよく御存じのことだと思っておりますが、ATREXエンジンです。今から30年ぐらい前に、宇宙科学研究所の棚次先生によって開発されたエンジンです。もちろん、今でも研究は続いているのですが、非常に衝撃を受けたのは、これは、当時の米国のサイテックの前身の学会で、満場が熱気にあふれて大拍手をうけるほど注目されていたエンジンなのです。

次の写真ですが、空気吸い込み式の有翼飛翔体用のエンジンです。ポイントは、高速で飛ぶと、入ってくる空気がどうしても高温になるものですから、あらかじめ冷やして、それからターボエンジンに入れてやる。その予冷型のターボエンジンで、地上でこのような実証試験で、本当にフライトに行けるぞというような発表というのは米国もできていなかったのです。ですので、そこでの発表というのは私に非常に強い印象を与えまして、こうなくてはいけない、こういうエンジンをいち早く世界に打って出ることによって我が国の推進系というのは大きく展開していくのだなということを認識してきました。

棚次教授は、その後、室蘭工業大学で先ほどの地上試験場を開拓されまして、私のほうに、まず滑走試験をやれというお話がございました。実は時間差がありますが、このような滑走試験体を作りまして、実際の滑走試験を行った映像がこれでございます。

100メートルの滑走試験場でございます、この上をこの回転デトネーションエンジンと呼ばれる新しいエンジンが2秒間滑走する映像になります。これは、我々が今から5～6年前ぐらいに実験を行いまして、学会で発表した映像になるわけです。しかも、これは、棚次先生が、笠原、転がせと言われ、先生自らもいろいろ実験を手伝っていただいていた実験です。デトネーションエンジンというのがこのように物を駆動して動かすのはコミュニティに対し、非常に大きなインパクトがありました。

19ページ目は米国の機械学会の学会誌なのですが、本来米国の方々というのはほかの国を前に押し出すことはめったにないのですが、自分たちの飛行試験の実験の様子を差し置いてこのような写真を掲載していただきました。つまり、実際に動かしたり飛行させたりというのはこれほどまでに重要なインパクトがあるのだなということを認識した次第でございます。

推進系技術はどれも重要なものばかりだという認識で、大推力高性能エンジン、液体水素エンジン、メタン、それから固体ロケット、エアブリージングエンジン、ちょっと詳細は割愛させていただきますが、デトネーションエンジンもその中に仲間入りさせていただいております。ただ、先ほど詳しく触れなかったのですが、仕組みや土台、インフラ、フレームワークがあることが重要。ロケットといっても、私の実感からいいますと、そこにタンクがあって燃料を投入するといっても、充填する設備あるいは充填の仕方、非常に準備が必要でございまして、ロケットを取り囲む射場へその設備、あるいはその方法や技術、またそのつながった人々の知見、人々への伝え方、そういった周りを取り囲む仕組み、土台、フレームワークがとても重要だと認識しております。いきなり大きいものが難しい場合は、小規模なシステム、インフラから整備することも重要なことだと思っています。

あと、私は大学の研究者ですので、これまでいろいろな仕組みを活用させていただきまして本当に感謝申し上げる次第なのですけれども、こういう輸送系のシステム開発というのは大きくて、大学には手が出ないところがあります。したがって、これからは大学だけではなくて、もちろんJAXAさんや企業さん、それから新しいベンチャーさんの中で、このような飛行実験やシステム実証といった形をどんどんさせていただくような大きな、経費でいうとファンド、あるいはそのような仕組み。観測ロケットはまさにそのうちの1つだと思っているのですが、そういうインフラを整備していただくことがとても重要ではないかと思っております。

観測ロケット実験は若手を育てるという意味でもとても重要な役割を果たしております。我々だけではなくて、その周辺やその他多くの方に影響を与えていると思っております。我々だけではなくて、ほかの国の若手のコミュニティーも育っているという認識を持っております。したがって、そのようなことを進めるためには、今言った飛行実証や小さなエンジン、例えばH3のRCSやポスト・ブースト・ステージ、液体ロケットの最上段のエンジン、あるいは上段エンジン、キックモーターといった上の小さなところから攻めていくということが重要ではないのかなと考えております。実際に、JAXAの研開本部さんとはこのようなストーリーはいかがですかという相談はさせていただいております。

最後になりましたが、宇宙飛行ミッションというのは最大の若手教育の場であり、コミュニティーを形成する非常に重要な場でもあると思っておりますので、このような写真を紹介させていただいて、まとめのほうに移りたいと思います。

若手の研究者は、私、世界中を知っているわけではないのですが、やはりとても元気があって、この方々が向こう30年、40年引っ張っていくのだなということで、プロジェクトを通したコミュニティー形成は何より重要だと考えております。

まとめさせていただきます。

宇宙輸送系として、学術でもビジネスでも非常に勝負を意識したプロジェクトが重要だと認識しております。新技術・システムは、米国のような大きな取組も重要かと思うのですが、50年ぐらいの規模で本当に花が咲くと考えておりますので、小さな芽も大切にしてい

いかないといけないと言わせていただきます。

3つ目が、やはり滑走試験や飛行試験。我々のみ、我が国だけではなく、世界的なコミュニティの形成とともに、相互に影響し合うような滑走試験・飛行試験が重要なと思っています。これはちょっと大学的な発想なのですが、欧米を圧倒的にリードすべきということが重要だと思っております。ただ、小規模システムなら可能なので、小規模なところで戦っていくということを述べさせていただきます。

最後に、宇宙飛行ミッションを立ち上げる、できれば次のページの申請書を書けるような仕組みがあると、若い方でも、やってみよう、ここは窓口があるなというような認識が持てるのではないかと思います。

これは観測ロケットの実験申請書というのですが、私、これを見て、宇宙に行く申請書があるのだ、宇宙にロケットを飛ばしていただける申請書があるのだというふうに認識いたしました。

以上でございます。これ以降は参考資料で、御興味があればぜひ御覧ください。どうもありがとうございました。

○松尾座長 ありがとうございました。

それでは、続いては姫野先生のお話で、山口参事官からお願いいたします。

○山口参事官 事務局でございます。

姫野先生は、所用につき御欠席ということで、書面での御提言をお預かりしてございます。簡単にポイントだけ御説明させていただきたいと思っております。

今回、パワーポイントによる資料で御説明させていただきたいと思っております。

軌道間輸送システムを実現する推進薬マネジメント研究に関する御提言でございます。

2ページを開いていただきますと、2030年代でございますが、様々なルートでの宇宙輸送というのが実現するであろうというふうに前提を置いてございます。ただ打ち上げるだけではなくて、軌道上でドッキングして、また軌道上でデポをする、それを用いまして軌道間の輸送をしていくというサービスが将来実現する場合ですけれども、必要になるのは、右側でございますが、軌道間の輸送システムの構築。2番目としまして、打上げ輸送システムの再使用化。めくっていただきまして、3番目ですけれども、軌道間の輸送システム構築化が必要でしょうと書かれてございます。このためキーとなる技術は、ドッキング技術に加えまして推進薬マネジメント技術が重要だと先生はおっしゃってございます。

これは何かと申しますと、タンクの中で液体の燃料がどのように挙動するかということ解析しないと、無重力状態、低重力状態の中では液面が揺れてその挙動が変な形になると破壊的なガスをもたらすということで、これらの解析が大事だとなってございます。

例えば4ページ目の下にございますけれども、この液体を望ましい位置に保持する。そして、思いどおりに他の輸送機に移し替える。この液体の温度や圧力を適切に制御することが難しくなる。ただ、これを流体力学等で解析するといっても限界がございまして、かといって、「試運転」と書いてございますけれども、実証実験のことだと思われませんが、

これを地上で再現するのはなかなか難しいということがこの研究分野の悩みだとおっしゃっていらっしやいます。

5 ページ目を開けていただきますと、地上実験、微小重力環境等々でそれぞれ解析が難しいと書いてございます。

6 ページ目を開けていただきますと、技術課題は何かということでございますけれども、この試運転の難しさを克服して、試行錯誤によって獲得した知見を設計に反映させなければならぬと書かれてございます。

技術動向でございますけれども、理論式や実験式に基づく根拠が与えられるかどうかは限界がございますので、そこは知見を蓄えていくことが大切である。それから、数値シミュレーションも多く試みられているのですけれども、設計に言うような域まで達していないということで、これの成熟も必要だと書かれてございます。

資料飛びまして、このタンクの中での液体の挙動に関して解析または実証実験を行ってきたという経緯が書かれてございます。

結論としましては、11ページに飛びまして、過去の取組としましては、我が国においてはJAXA、大学、メーカーが協力して、落下塔、加振機を用いた地上実験、観測ロケットを用いた微小重力実験、基幹ロケットその中で軌道上実証を行ってきたのですけれども、そういったことを踏まえまして世界的に優れた上段推進系技術を保有しているものの、現状課題としましては、推進薬マネジメントを将来の打上げ輸送と軌道間輸送システムの共通基盤技術として位置づけることによりまして、設計プロジェクト、開発プロジェクトに先行しまして、恒常的、体系的な研究開発体制を維持・構築していく必要があるとおっしゃられてございます。

この技術特有の難しさは、①、②と書いてございますけれども、①としましては、この輸送システムは将来的には軌道上で長期間にわたり繰り返し使用されますので、蒸発抑制、冷凍機の技術も必要になる。②としましては、この長い時間での低重力環境を地上では模擬できませんので、試行錯誤的な開発が難しいという点がこの分野の難点であるとおっしゃられています。

最後でございますけれども、12ページを開けていただきまして、提言でございます。この推進薬マネジメントを、打上げ輸送システムの高機能化、高信頼化だけではなくて、全輸送システムの重要な共通基盤技術として位置づけていくことが望ましいと書いてございます。このためには、関連の研究開発を産学官連携で体系的に推進する体制を構築し、さらには専門的な人材育成と併せて実行することが望ましいと書かれてございます。

具体策としては、以下3点書かれてございます。実験設備に関する充実、真空チェンバー、加振機等の実験設備の維持・拡充が大事だと書いてあります。それから、デジタル技術についてと書いてございますけれども、数値シミュレーションを駆使して分析手法を重ねるだけではなくて、デジタルツインによる試運転を可能とするようなことも目指してもいいのではないかと書いてございます。最後は、軌道上実証とありますけれども、基幹ロ

ケット、観測ロケットを積極的に活用することで、この軌道上実証も相乗りをさせてもらうような機会と資金が創出されるといいなと書いてございます。

姫野先生からお預かりしている書面は以上でございます。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、続いて私ということになりますので、笠原先生、そちらのほうへ移っていただいてもいいでしょうか。

(松尾座長、説明者席へ移動)

○松尾座長 私のほうは全般的なイメージで作っております。「宇宙輸送技術を支える人材育成 アカデミアを支えるための提言」ということで話をさせていただきます。

まずは、世の中の的に皆さんちゃんと御存じなのかということもありますが、2004年の国立大学法人化以降、国立大学の運営費交付金は毎年1%ずつ削減されていたという事実がございます。

今は1%削減は終わっているようなのですが、ずっと削減されていて、それに伴いまして、工学部系の研究室には、研究費はもともとはある程度来ていたという状況だったものが、かなり減っています。私は別に国立大学ではないので関係がないことかもしれませんが、もともと、慶應は国立より少ないけれどもまあまああるからいいよねと言われていたのが、いつの間にか国立よりも多くなってしまったという感じもありまして、そういう感じになっております。

そして、上記交付金の削減が起こったことと併せまして、学長裁量経費の運用が各大学で活発化いたしまして、さらに学長が各研究室に配っていたものをちょっと取っていくという形になりました。

そうすると、工学系の研究室への研究費がさらに減少したという現実がございます。

文部科学省や他省庁の各種競争的資金がそれに伴って増えていくということと、研究テーマは、国（政府）の施策に沿った、第○次総合科学技術会議の何とかかんとかがこの3つを挙げられましたとか、そういったふうなものに寄ったものが競争的資金のタイトルに入っていくということで、何が行われているかといいますと、これに沿ったものではないとお金を取りにくくなってきたということがあります。日本国における研究テーマの多様性が失われてきた。これはそういうデータもございまして、JSTの方が以前調べられたことで、研究のテーマがばらばらだったものがある程度絞られた。特にその時期ですと、ITですとか生命とかなんとかということで絞られるようなことになって、多様性が失われることになってきた。競争の下、特定の研究費の資金集中が行われる、懸念される。つまり、ある一定の方々がたくさん取るのだけれども、その人たちは取らないということが起きてきているということがございます。

では、宇宙輸送系の研究における実情としてはどうということかといいますと、宇宙輸送工学というものは決して輸送系研究だけではございません。宇宙工学といいますと、衛星の開発ですか、通信ですとか、IT応用ということも含めて考えられますけれども、最近で

すと月面上の開発、アルテミス計画などから、そういった開発した先での月上、火星の上での活動といったことなど様々な研究分野のプロジェクトが存在しております。その中で宇宙へのアクセスの確保は、数多くある宇宙工学の一部でしかないという現実もございます。この宇宙政策委員会の中でも、輸送系というのが1つの分野ということからもお分かりになるかと思えます。

宇宙輸送工学の研究は人気であるのかどうかということを考えました。当然、ああいうふうな輸送系というものは学生さんは基本的には興味がある内容ではございますけれども、学術的に考えてみると、やや難易度が高い。難易度が高いといえますのは、古典的物理にのっとった学問の発展性ということでもありますので、物すごく目新しいかということ、そうでもないということがあるかもしれません。つまり、流体力学、熱力学、燃焼工学、材料工学とか、いわゆる古典的な工学のところをしっかりと学ばないとその次へ行けないということがあります。そして、若年層の人口の減少に伴って優秀な学生の割合はそれに合わせて減っております。ということは、優秀な学生の取り合いになってきているということと、情報工学系、最近は特に情報工学が人気になっておりますけれども、工学系においてはそういった分野と人の取り合いになることが多い。特に宇宙工学においても情報通信ということがありますので、そういったことが人気になることでしょう。

では、大学における宇宙輸送系の研究としてはどういう実情があるのか。先ほど笠原先生のお話にありましたけれども、宇宙輸送の研究というのは基本的には大型な研究になります。大型というのは、物理的にも大型です。大きいです。そして、そういった大きいものを作るということは、金銭的にも大きいものになって、また、特殊性もあるという意味で、また大型な機器が必要ということがあります。つまり、大学の一研究者が個人的に研究を進めるには不向きである。たった一人でやるには不向きということは、一人といえますか、かなり独自性を持ってちょっと不向きなところがありますので、そういった意味で皆さん連携を取りながらやる必要がある分野であるということがあります。

地上での実証研究は困難です。それは、特殊な実験装置が必要であるとか、観測をするために装置が必要ということがあります。アカデミアとしては、参画できる大型の研究プロジェクトがあることによって、そういった個別に進めるということは、連携を取りやすいということがありますので、研究のプロジェクトが必要であろうと。

研究プロジェクトの主催側、こういった意味だと、今、JAXAさんとか特定の研究者の方ということかもしれませんが、学生が参画することによってプロジェクトの参加要員の確保ができるということと、将来の人材育成ができるのかなということの利点はあるかと思えます。

産業界・ベンチャーとの協業、共同研究ということです。それはどういうことを意味するのかといいますと、アカデミアの成果を生きた実証の場へ展開することで、成果を社会へ還元できるということと、学生が産業界、特にベンチャーさんということが大きいかもしれませんが、人材供給へ貢献できる。これにつきましては、いわゆるベンチャーさんと

一緒にやっていらっしゃるような大学の卒業生の方が一定いらっしゃるという事実があります。ベンチャーさんと一緒にやる時、ベンチャーさんはスピードも非常に速く、回転も速く、結果も出さなければいけないということがあるのですが、大学は、入学式があって、各学年が変わり、そして卒業式があって、卒論の発表もあって論文を出さなければいけないとか、そういった日程に依存したスケジュールとなることでスピード感の違いがどうしても出てしまうことがあるということが懸念する事項としてあるかと思います。

プロジェクトによる実践的な教育を通じて即戦力の人材育成ができるということは、大学において宇宙輸送系の研究を行うというのが全体を通して言えることかと思います。

その中で私は、笠原先生とはずっと長いこと一緒に共同研究をさせていただいているわけですが、コンピューテーショナル・フルード・ダイナミクス (CFD) というものを使っております。これは、地上での実証が難しい大規模実験をまずは数値的に実験をしてみようというところから非常に有効であると考えておきまして、いわゆるコンピュータシミュレーションです。それは宇宙工学の分野だけでなく、物づくり全ての工程において今日必須の技術となっております。宇宙工学、宇宙輸送系につきましては、地上での実証が困難な宇宙輸送系の実験においてCFDの利用価値が高い。これは先ほど姫野先生の話にもありました。

現在開発のかなりの工程はコンピュータシミュレーションの援用によって行われている作業となっていることから、CFDというコンピュータシミュレーションの技術は、今後、DXとかITの技術と通じるところがある。コンピュータ上で開発するということもありますので、使う人にとっては技術として通じるところが多く、今後様々な開発の場において応用が期待できるというものになっているかと思います。

現状は、コンピュータのシミュレーションでやったものと本当の実験を行ったものというのではどれくらいばらばらなのかというと、もうばらばらではないと考えてよいかと思います。今、講演会の会場においては実験とCFDの研究の発表の差は、研究装置の違い程度でしかない。実際打ち上げたというような物はないのですけれども、部分的な要素的な研究ですから。開発においては、研究装置の違い程度しかなく、今となつては実験とコンピュータシミュレーションというのは両足としてないとやっていけないようなところも非常に強く見られるかと思います。

CFDといってもびんとこないということもあるかもしれません。ムービーにもなっているかと思いますが、ちょっとだけ。

これは非常に短い映像になっておりますけれども、コンピュータシミュレーションですからいろいろなものに応用できるわけです。最初にお見せいたしますのは、デトネーションエンジンの中の流れということで、こういったシミュレーションで何が起きているかも分かります。

これも同じようなものですね。

これはP2Pのスペースクラフトの熱の問題を解決したり。スクラムジェットの中の問題

であったり、極超速の飛翔体で、これはHIMICOというJAXAとしてのプロジェクトをやっていたりするものだったりもいたします。

これもJAXAさんでやっているノズルの開発になっていたり。

CFDはある一定のプログラムができますと、様々なところに応用できるということもあります。ということはあるのですけれども、皆さんにCFDとかの結果を見せると、ボタンを押したら結果が出るのではないかと思う方もいるかもしれませんが、とてもではないのです。これは、むちゃくちゃ非線形な問題を解いていくわけなので、そういう簡単ではなくて、お守りとかも一生懸命しながらやっと結果が出るというもので、なかなか大変なところではございますけれども、それでもいろいろなものに使えるものとして、今、期待されております。大型であって、物理的にも金銭的にも特殊性もあるということに対しては非常に有効であると考えているところです。

先ほどから申し上げていました個別のCFDということよりも、アカデミアをどう支えるのかということが今後重要なのかと考えておりました、輸送系の学術研究の維持・強化というのは今後の展開からも必要である。これは、今、開発が進んでいる内容です。今、2030年に向けて戦略を考えましょうということからも、こういった輸送系の学術は大切です。

そして、今、何が重要かといいますと、人が必要なのです。今後これまでないような多様な開発が進むと考えますと、研究者・技術者の育成は途切れることなく継続的に行わなければいけない。それは、笠原先生から、基幹ロケットをずっと研究開発してもいいのではないかというお話があったのですけれども、一旦途切れると次にやるときに厳しいものがございまして。それと同時に、学生のとときにアカデミアとして研究をした人たちがいて、就職で一度離れたとしても、時期が来たら戻る可能性もあるので、ある種、大学の中、アカデミアの中で人材を供給するような仕組みを持つと、あるときには人材の供給源としてもまたなり得るのではないかと考えております。一旦働き出した会社で定年まで働くということがマストではないような時代となっておりますので、より魅力的な内容になると、人材供給源としては十分働き得るものかと考えています。

あと、アカデミア間の研究としては、真に新規性を持つ研究内容はアカデミア、学術界から生まれるなど。先ほどの笠原先生の研究のところがありましたように、変な話、縛りが無いわけです。ひもつきもなし。ある程度の研究内容の選択には自由があるという環境が必要であるという意味で、これがアカデミアかと思えます。

先ほど言いました。みんなが同じような研究をやっているのはだめなのです。そうすると、多様性がなくて、こんなときに一歩も進めなくなってしまうということがありますので、そういった意味で、ひもつきでない研究費の中で自由な発想と挑戦をしていただくということが、ここ20年ぐらいでだんだん失われてきたような気がする学術界にもう一回必要なことではないかなと。そういった自由な発想を認めて、過度に競争させない研究費の獲得というもの。

もともとRDとかBDというのは、日本はデトネーションの研究というものが割と多かった

ことから、皆さん自発的に、研究をやりましょう、面白そうですね、これは伸びるかもしれませんねということからやり出して、別に誰に音頭を取られたわけではなくて、ちょっと目新しいからお金が取れるかもしれないということでやり始めたかもしれませんけれども、それが今、これだけ花開いているということがございます。

さらに言いますと、JAXAのファンディングエージェンシーの機能への期待ということを書かせていただきますと、これは2つの観点があります。JAXAの目利きによって先導的研究を推進していただく。これは米国的な感じでやっていただきたい。これだと思ったら、そこをちゃんとピックアップしてやっていただきたいということと、将来の人材確保のために広く薄くの観点も必要かなと。どこかにしかあげなかったら、ほかの人のたちはやめてしまうのです。

今、地方の国立大でも優秀な先生はいらっしゃいますけれども、年間50万しかなくて、そこから電気代も取られますとかいったら、何もできないような中で皆さん研究をやれとなったら、皆さん、できないです。だったら、JAXAが、面白そうな、新しいような、芽があるなと思うところに幅広く続けていただくような観点も必要。それと同時に、RDとかデトネーションエンジンみたいな米国に対抗できると思ったらどんとつけていただくとか。そういったこともやっていただくと、笠原先生が必死になってプロジェクトのお金を取るために頑張る日本中歩き回るようなこともなく済むかもしれないということです。

それと、大型研究プロジェクトの本格的参画です。これをする事でアカデミアの人は鍛えられるだろうなということがあります。これはJAXAのファンディングエージェンシーというわけではなくて、今はKプロというものがある。これは安全保障のプロジェクトです。本当は防衛省のプロジェクトに大学が入ればいいのですけれども、なかなか敷居が高い。あそこそやりたい、やってみたいところなのですけれども、日本のアカデミアの中の一部の人の頭が固くてなかなかできないということがあるのです。そういうプロジェクトに入りますと鍛えられるということがあります。笠原先生のところの学生さんも、打上げということで相当鍛えられている学生さんが多いかと思います。経験を積むことで即戦力が育成されますので、これこそベンチャーさんやスタートアップの人にとっては喉から手が出るような人材になる。ベンチャー企業との協業による効果も非常に重要かと思しますので、技術力の支援で。ベンチャーさんはそのときはいいのですが、技術はあつという間に陳腐化してしまうわけです。そこをアカデミアとつながることによって、新しい知識とか情報をベンチャーさんへ提供することもできる。それでアカデミアの中の知見を社会還元としてベンチャーさんの商品サービスとして貢献できるかと思えます。

そして、日本の民間輸送機が完成した暁にはということなのですけれども、アカデミアの学術研究のために打上げ機会を提供してもらいたいということです。というのは、現状の打上げロケット（ISAS）のプロジェクトに参画するときには、笠原先生のお話を聞いてみると、努力は多大なものがございます、もうちょっと簡単に、お金で解決できるとかではないのですけれども、打上げの機会が容易に来るといえることがあると、一般的な意味

で国際的競争力が上がるかなど。他国に類を見ない研究環境、他国に類を見ない打上げチャンス到来とかいうことをしますと、国の中でのそういった分野が育ちますし、将来技術の芽が育成されるということではないか。そして、分野の魅力をアップすることで宇宙輸送系に人が来る。若手の人材を引きつけることで、挑戦的な分野、つまりスタートアップ等に対して活躍することが魅力に映るということで、レガシー企業からベンチャー企業へと人が動くのではないかとということまで期待したいと思っております。

以上です。

では、席へ戻ります。

(松尾座長、座長席へ移動)

○松尾座長 それでは、議論に移りたいと思います。

何か御意見等ございますでしょうか。

○青木委員 御説明ありがとうございました。

笠原先生にお伺いしたいことがございます。これは単純な質問なのですが、2点あります。

観測ロケットのエンジン、再使用観測ロケットのエンジンで、観測ロケットというからには、特に科学的な観測をしようと思うのですけれども、例えば過去10年程度はどのような観測をなさっていて、それはまた、エンジンにどの程度左右されるものなのかということをお伺いしたいと思います。また、再使用型の観測ロケットは、そうでないものと比べて何が観測において素晴らしいのか。また、観測だけではなく、それ以外のことを目指すということがあるために再使用型が必要となっていくのか。観測を超えた有用性というところではどういうものがあるのか。すみません、その辺ちょっと不案内で全く分かりませんので、教えてください。

○笠原教授 御質問どうもありがとうございます。私の答えられる範囲で精いっぱい答えてみたいと思います。

まず、私の認識している範囲では、観測ロケット実験は年間に1回から2回ほど行われております。ですので、過去10年ぐらいで10回ぐらいの観測ロケット実験が行われてきたかと思えます。そのうち3分の2は純粋な科学観測でございまして、私の認識する範囲では、宇宙高層大気の実験、地球環境の高層分野でのプラズマの観測であったり、微小重力の実験そのものを観測ロケット実験を用いて実施されているという認識です。

最近増えてきましたのは、私どものデトネーションエンジンも含めまして、輸送系そのものの宇宙実証というものがございます。まず微小重力環境下でロケットエンジンを作動させることで、推力だけではなくて、回転するトルクの繊細な計測ができて、真に予定された推力が出るのか、あるいは真っすぐ回転しながらどんなトルクが飛んでいくのかといったようなことを実証すること。また、非常に高真空下ですので、地上試験では絶対できないような高真空下実験ができるのです。ですので、ロケットの通常の地上のプルームと全く異なるプルームが生じまして、そこも我々としては非常に貴重なデータを取るこ

とができています。あとは、微小重力、高真空下での飛行フライトデータも全部研究室のほうに獲得できるものですから、まだ解析が十分済んでいないところもありますが、そこも重要だと思っています。

次に、再使用型のほうの観測実験ですが、何よりもこれは、繰り返し、繰り返し運用ができるということでとても期待しています。それはどういうことにつながるかといいますと、今日も新幹線で参りましたが、そこに来てすぐ乗ることができる乗り物というのが輸送系の真の在り方であるということ、稲谷先生や過去の再使用系を引っ張ってこられた先生方は常に考えられていて、トラックやバスや、まさに輸送系にふさわしいものというのは当然繰り返し使えるものである。なので、着陸して、一体どれぐらいのインターバルでまた打ち上がっていくのかというところに極めてこだわった技術開発をされたり、集められたり、実践されてきたと思います。

実際やってみないと分からないことがいっぱいございまして、最近でも、再使用ロケットが着陸するときに地上系に非常にダメージを与えるなどということは、そういう実践の中から得られた技術だと伝え伺っております。そういう再使用の実験をしながら、本来の課題とプラスチックの課題をどんどん抽出しながら、輸送系としての真の姿を目指していく取組と理解しております。

すみません、長くなって大変申し訳ございませんが、そのようなお答えでもよろしいでしょうか。

○松尾座長 よろしいでしょうか。

ほかございませんか。

お願いいたします。

○山崎委員 御説明くださりましてありがとうございます。

まず、笠原先生に1点ですが、デトネーションエンジンの観測ロケットの御成功おめでとうございます。2024年に第2回目実験を計画されているということですのでけれども、さらにこの先どういうふうにしたら実用化技術が発展していくかという構想をお伺いしたいと思います。

同じく、ATREXエンジンについても、この先の構想、どうしたらいいのかということももう少しお伺いできればと思います。

○笠原教授 御質問、誠にありがとうございます。

まず、デトネーションエンジンのほうは、実は、これまでのロケットエンジンに比べると10分の1のサイズで同じ機能を持たせることができるという技術を非常に自信を持って語ることができております。したがって、エンジンというのは長細い感じがするのですが、それが非常にコンパクトな薄いエンジンになるということ。それから今、目指しておりますのは、エンジンというのはターボ機械やエンジンやタンクといったばらばらのコンポーネントでできていますが、エンジンは非常に小さくなりますので、ほかのコンポーネントと統合して、コンパクトにしながら、かつ高性能にするということができると思

ております。

先ほどちょっと申し上げましたが、まずは小さなRCSや小型のところから、できれば近い将来、初段、2段といった大型エンジンにこのデトネーションエンジンが使われていくというふうに目標を設定しております。他国もそのようなことで考えているものですから、もう既に熱伝達や、エンジンに伴うありとあらゆるデータをお互いに取り合っている状態になっております。

ATREXエンジンです。今も、ハイパーソニックの分野の研究開発として進んでいるというふうに理解しております。先ほど松尾座長からもお話ありましたが、スクラムジェットエンジンの前段階、つまり、ATREXエンジンの技術を使いましてマッハ3やマッハ4まで飛行可能だと私のほうは理解しておりますので、マッハ3、4、5といったハイパーソニックの入り口に到達できる。つまり、現在のターボジェットエンジンの最も高速系の技術として現在でもJAXAさんの航空部門のほうで非常に活発に研究されているという認識を持っております。

それでよろしいでしょうか。

○山崎委員 ありがとうございます。

すみません、さらに突っ込んだ御質問で申し訳ないのですが、例えばこの技術を実際のロケットの上段だとか、小型のロケットエンジンのほうに採用される過程の中で、そのつなぎ目というものは、大学での研究をこの延長で行けるものなのか、もう少しステップが必要なかということまで教えていただけますでしょうか。

○笠原教授 ありがとうございます。

今まさにそこは日々いろいろな形で協力いただいているところなのですが、観測ロケット実験で強く実感しましたのは、実は我々は何もできないと。エンジンの燃焼の試験をしているものから、それ以外のところは、20年、30年鍛え抜かれてきた技術者の方々にいかに協力していただくかということに尽きるかと思っております。したがって、次のステップにしましても、我々のできるところは本当に新しい部分のみでございまして、それ以外のところは、若い技術者が育って、JAXAさんや企業さんやベンチャーさんで輸送技術のそれぞれの技術、それを統合するような技術をお持ちの方といかに強力な共同体とかコミュニティを作れるかにかかっていると思います。ですので、我々のできることと協力していただくことをよく識別しながら、いかにいいコミュニティを作れるかにかかっているかと思っております。時間も非常に大切ですが、人も非常に重要だと思っております。今回の観測ロケット実験ではそういう点ですごく勉強になりましたので、若い方にもっと参加していただきたいと強く感じています。

ちょっと話がそれましたが、そのような答えでよろしいでしょうか。

○山崎委員 よく分かりました。ありがとうございます。松尾先生の御提言とすごく通じるところがありまして、そうした参画プロジェクトをいかに作っていくか、それから基幹ロケットもそうですけれども、継続した開発の大切さということを提言のほうにきちんと

織り込めるといいなと感じました。ありがとうございます。

○松尾座長　ございますか。

○石田委員　御説明ありがとうございます。2点御質問です。1点は笠原先生に、2点目が笠原先生と、もしよろしければ松尾先生に同じ質問をと思っています。

1点目は、先ほど笠原先生がアメリカのほうで御参加されているところで、Pressure Gain Technical Committeeというのがあるというお話があったと思います。そこで航空機エンジンと宇宙用のエンジンでそれぞれNASAとAFRLの組織がコアメンバーとして入っているというお話があったと思うのですが、AFRL、いわゆるエア・フォース・リサーチ・ラボラトリーだと思っていて、アメリカの輸送系の研究開発の世界で安全保障コミュニティーというのがどれぐらい資金提供していて、あるいはどれぐらい関与しているのかというのが、先生から見てどのように見えていらっしゃるか。少なくとも日本とは明らかに違うコミュニティーの形成の仕方だと思うので、実際どれぐらいの関与がアメリカではされているのかというのが1点目の御質問です。

2点目の御質問は、今ちょうどコミュニティーという言葉が出たと思ったのですが、私の感覚的に、日本というのは輸送のコミュニティーというのが余りないようなイメージがある。私、アカデミアは分からないのです。どちらかというと産業界の人間なので、産業界でいくと、大手が2社あります。スタートアップが5社か6社ありますというのがあるのですが、アメリカとかに行くと、輸送の業界コンソーシアムというのが何個かあったりして、まとめて政府に行ってロビー活動をするとか、FAに何かを提言するというのがあるのです。日本は比較的少ない需要を取り合っているせいもあるのかもしれないのですが、横連携よりは、コミュニティーとして共同提案するというよりは、政府に対して何か話をするときにも、基本的に個社が文科省さんに行くとか、こういう委員会に個社が来るというコミュニティーが結構多い。アカデミアのほうまで分からないのですが、継続的にこの輸送関係が発展していくためには、やはり産と学と官をまたいだ輸送系のコミュニティーみたいなものがある程度あったほうが情報交換がしやすかったり、アカデミアが育てた技術が民にどこかで移転されていくとか、政府が何かお金を出すに当たっても、何に対してお金を出すべきかというのがあって、そういったものが何らかあったほうがいいのかなと思うのですが、余りないような気がしています。なぜないのかなというのが、歴史的な経緯も含めて余りよく分かっていないところもあるので、笠原先生とか松尾先生から見て、輸送系というのは余りコミュニティーっぽくないのだとすると、どういったところにその理由があるのかに関して御意見をいただければ。それが2点目の御質問でございます。

○笠原教授　御質問、どうもありがとうございます。まず前半の御質問は、私もすごく関心があってずっと着目しているのですが、はっきり申し上げて、これも適当で大ざっぱですが、3分の2は恐らく防衛関係の予算だと思います。3分の1はエネルギー省さん関係。それぐらいの割合で、純科学として果たしてどこまで予算を獲得しているのかは私は分か

りません。見えないです。逆に、防衛予算で空軍なり海軍なりその研究所さんのほうであるプロジェクトが立ち上がったたり、いわゆる研究予算だけではなくて、他国を支援するような。例えばロシアの技術は非常に重要でしたので、2010年代ぐらいはロシアで学会をする。そういうところにも非常に力を入れて行われましたし、戦略的に非常に高い視点でいろいろな予算をつけますが、基本的には安全保障関係の予算だと見ています。逆に、日本はなぜそういう科学の予算でロケット開発ができているのかという質問をよくうけました。

後半なのですが、強いコミュニティーが存在すると私は思っています。一言でいいますと、今日の話にもあるのですけれども、やはりミッションですね。いざ1つのロケットを作るとか、観測ロケットを立ち上げるというところに全員が集まってくるイメージがあります。例えば観測ロケットにしても、もちろんJAXAさんが打ち上げられて取りまとめを全部されるのですけれども、物はIAさんが作られておりますし、我々のところ、三菱の松山特任教授が参画されているいろいろな知見をインプットされたり。なので、まずはそのプロジェクトで方向があると、一つの共同体として非常に有益で教訓に満ちた世界が一気に広がってまいります。それが少ないことがまとまりを欠く1つの原因にもなっているのかなと思っています。そういうものがないと、みんなで力を合わせながら、しかも切磋琢磨しながら、苦勞をともしながら進むということは、会社を挟んではなかなか難しいかなと思うのです。ただ、一旦それがあると、お互いに協力する非常に強いコネクションになります。ただベンチャーさんでも、ベンチャーさんの中に協力できる何か強いミッションがあるとすると、恐らく大きな力になっていくのではないかと感じます。

笠原からは以上です。

○松尾座長 笠原先生からありましたけれども、プロジェクトがあつたら、その中ではすごく順調にコミュニティーが形成されると思うのです。最初に御質問があつたのは、そのプロジェクトではなくて、それこそロビー活動するようなときにコミュニティーがあるかという感じですか。どういったイメージですか。

○石田委員 すみません。そういう意味でいうと、そこまでちゃんと分界を持って御質問していなかったなと思ったので。今おっしゃられたように、確かに大きな開発プロジェクトがあることによって技術が進む。実は基幹ロケットみたいなものが主体のものもあれば、アメリカだったら、ひょっとしたらCRSみたいなものも、民主体だけれども、大きなプロジェクトとしてNASAと民間企業がコラボレーションして技術が集まって一つになったという意味ではそうかなと思いました。一方で、松尾先生がおっしゃるとおり、そういったプロジェクト単位のコミュニティーというよりは、もう少し継続的な輸送のコミュニティーみたいなもの。まさに先生が参加されているようなコミュニティーというのは、多分、プロジェクト単位でもなく、10年、20年の単位で、そこに産学官とか科学とか安全保障の方が集まりながら、下地があるので、いざ大型プロジェクトが立ち上がったときにも、下地の上でいろいろなことが行われていくのがあるかなと思ったので、2段階のコミュニティー

があるのかなと、今、伺っていて思いました。

○松尾座長 プロジェクトとしてはコミュニティーがしっかりできるけれども、そうではないときは割とばらばらですよね。どちらかという、JAXAさんと関係があると思ったら、それぞれJAXAさんと契約をしているので、MHIさん、IAさん、IHIさんはそれぞれ何も言えないみたいではないですけれども、横のつながりが何かというわけでもないような気がするのですね。みんな自社のことしか考えていないと言ったら何ですけれども、割とそういう感じはあるかなという気はいたします。ただ、学術的に見ますと、私も学会の会長をしていたのですけれども、学会があったら割と横はみんなば一つつながりますし、その中で、何かやりましようと言うと、学術だったら、一緒に研究をやるかどうかは置いておいて、学会で発表とかだったら、講演会だったら、全然関係なく幾らでも意見交換するところがあるので、そこところは割と風通しよくやっているのかと思います。

企業さんは、皆さん官の仕事をやっているから民のときでも同じかもしれませんけれども、ちょっと抜けるためには。

沖田さん、どう思われますか。

○JAXA沖田ユニット長 確かに、プロジェクトという観点からすると、企業は責任を持ってやらなければいけないという視点で、そういう意味ではプレーヤーも限られてくる。困ったことがあると、いわゆる東大とか京大とか名古屋大学、東北大学の先生方に相談に行くというのは普通にやっていることです。でも、それは、先ほどから言っている小さいコミュニティーです。

10年近く前から始めているのは、大学の連携講座を作って、そこに企業の人もみんな参画して、自分たちの課題とかそういうのを共有しながら連携講座の中で解決していこうという動きは、今、徐々に進んでいるところです。ただ、それも非常に限られているのです。インデューサーのキャビテーション問題とか、燃焼問題とか、そういう限られたところでの連携講座なので、先ほどから出ているように、もうちょっと幅広い分野でのプロジェクトみたいなところに、そういう課題解決できるような大学の人たちがどんどん加わっていくというフォーメーションができないかなというのがこの次のステップかなと考えています。

おっしゃるとおり、輸送系というのを大きい視点で、では、どういう戦略でというのは、そういうコミュニティーが今までも歴史的にできなくて、何度かそういう試みはやっているのですけれども、NALさんとかNASDA、ISASというところの組織の分断とか、いろいろなところでそういう分断はあったのですけれども、ようやくそのあたりも、だんだん世代が代わって、みんな簡単にコミュニケーションできるようになってきているので、そろそろ抜本的に変えられるのではないかと考えているところです。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、本日の小委員会を閉会といたします。ありがとうございます。

以上