

第10回 衛星開発・実証小委員会 議事録

1 日 時 令和3年12月3日（金）15:00～16:30

2 場 所 内閣府宇宙開発戦略推進事務局 大会議室（オンライン開催）

3 出席者

（1）委員

中須賀座長、片岡座長代理、白坂委員、

（2）事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

笠間企画官

○中須賀座長 それでは、第10回「衛星開発・実証小委員会」を始めたいと思います。

委員の皆様、御参加いただきまして、ありがとうございます。

本日は、スターダストプログラムの戦略プロジェクトの進捗報告ということで、次年度計画の説明も含めて第2回目ということになります。最初が文部科学省さんから「衛星のデジタル化に向けた革新的FPGAの研究開発」ということで、文部科学省さんより御説明をよろしくお願いいたします。

○文部科学省 文部科学省でございます。

それでは、資料の2ページを御覧ください。まず、1つ目の課題は「衛星のデジタル化に向けた革新的FPGAの研究開発」でございます。デジタル化の中核を担う半導体としてFPGAというものは大事なのですが、低消費電力化と放射線耐性の強化を追求していく研究開発を今年度と来年度の2年間かけて行う予定でございます。

事業計画の1は、今年度は将来の宇宙機でのアプリケーションとFPGAに対する機能性要求の具体化を行うということ、また車載用に開発されているナノブリッジ、こちらはNEDOさんと協力してやっているのですが、こちらの放射線耐性の評価や、民生用の最先端のFPGAを適用している微細半導体プロセス上での性能評価等を行うということでございます。来年度は、実際これを踏まえまして、チップをつくっていくことを予定しております。

実施体制といたしましては、文科省からJAXAに委託が行われまして、再委託先としてナノブリッジ・セミコンダクター社（NBS）と組んでやっております。チップや半導体づくりはNBS社にお願いしてやるということでございます。

留意事項への対応状況でございますが、まず、プロジェクト後の実装に向けて、JAXAによる宇宙実証、実利用につなげることで、また性能向上に向け、継続的に取り組むことということでございまして、宇宙のユーザーがちゃんと使える有意義なものとなるようにユーザー等に対するヒアリングを行いつつ、省エネや耐放射線性がいい結果になるように設計

を進めているということでございます。

次がユーザー側のニーズ把握、汎用品の他産業での普及見通しの検証を行い、計画を不断に見直すことということで、半導体に限らず、宇宙機の部品は宇宙だけではロットが取れないわけです。高くつくという問題がございます。まず、28nm半導体についてはNEDOプロのほうで開発中ですが、こちらはデンソーの子会社と提携いたしまして、28nmのものが車の用途でも使えるかという評価を行う予定でございます。28nm世代は今年度の2月ぐらいまでにNEDOのほうで準備いたしまして、3月からデンソーの子会社とともに使えるかどうかの性能評価を行います。性能評価は数か月間かかるようではありますが、こちらを進めていくということでございます。

車のほうは、今も例えば映像認識やレーダーとかによって部分的に自動運転をやっておりますが、今後、半導体の仕様や、半導体もより高性能のものが求められてくると思います。また、自動運転になればなるほどトラブルというか、ソフトウェアというものがあってはならないということがより高まると思いますので、地上においても半導体のエラーがないように、中性子とかにも耐えられるというところで信頼の高いものが必要になってくるのではないかとということでございます。まずは車メーカーと車の部分で地上のロットが増えるように努力していきたいと思っております。

続きまして、3ページ目でございます。アプリケーション及び当該年度の進捗状況でございます。まず、宇宙関連企業に対するヒアリングを実施ということで、システムメーカー（MELCO、NEC）に対して行うとともに、それだけではなく、QPSやアクセルスペース、ニュースペースに対しても今後実施予定でございます。こちらで宇宙機への使用の用途や、28nmと16nm、それぞれJAXAのほうで開発を進めていますが、それぞれどのような影響の部分で使うのかというところを確認していきたいと思っております。

また、先ほど申しました車載用に開発進行中の28nmのナノブリッジの放射線耐性評価を実施するということでございます。

また、ナノブリッジFPGA要素回路の耐放射線強化設計ということで、こちらはシミュレーションで実際の放射線耐性がどの程度あるのかというものを試したものでございます。40MeVの電荷を半導体に対して打ち込んだところでございますが、打ち込んだところ、青色の線の部分で回路内部での電位の変動が起こっております。急激に低下しているのですが、他方、緑色の線は出力の変動でございます。青色ほどは出力の変動が行われておりませんので、これぐらいでしたら半導体のオンオフの切替えには至らないというところで、何とか放射線に対して耐えていられるという状況かと思えます。そのような実験を行っております。

次年度の事業計画といたしましては、テストチップの製造設計ということで、28nm、16nmのテストチップの製造設計を行って、さらにテストチップの試作評価ということで、放射線耐性や消費電力の低減化ができていくかどうかを確認していくということでございます。地上でのロットも確保しつつ、宇宙で使える半導体の開発に努めていきたいと思っております。

文部科学省の説明は以上でございます。

○中須賀座長 ありがとうございます。

それでは、委員の皆さんから御意見ございましたらよろしくお願いいたします。いかがでしょうか。どうぞ。

○白坂委員 1点教えてください。適用性評価のところではアプリケーションの適用性評価は具体的には何をやって、使えますかと聞くわけではないと思いますが、どういうことをやることを評価しているのか教えてもらえるとうれしいです。

○文部科学省 端的に言いますと、今、JAXAで28と16の半導体を開発しようとしています。それぞれ衛星の処理する部分によって、これは28nmでいいとか、ここは16nmでいいということがあると思います。全てが16nmが必要だというわけではありませんので、それぞれ衛星の使用部位に対して28nmと16nmはどのようなところに使いますかというところをヒアリングしていくと聞いております。

○白坂委員 それはヒアリングベースでどっちかという感じを聞いているのですか。

○文部科学省 それだけで決めるというわけではないと思いますが、どういうところにニーズがあるのか探っているのかと思います。

○白坂委員 どちらかというとニーズ調査に近い感じですか。

○文部科学省 そうですかね。

○白坂委員 分かりました。ありがとうございます。

○中須賀座長 いかがでしょう。

これに関して大事なことが幾つかあると思っていて、まず、車業界と一緒にやられているというのはすごくいいことだと思いますね。普通、宇宙用は数が出ないので、企業は維持できないけれども、車側でたくさんできるということで、そこで維持してもらって、その成果が宇宙にも反映できる。この世界をつくるのはすごく大事で、つまり政府がずっと継続してお金を出し続けなくても、この先、勝手に動いていってくれるという最初の先鞭をつけるというのがこのスターダストの大事な目的だと思いますが、そこはまず確実にそうなりそうだと考えてよろしいですか。

○文部科学省 デンソーさんの試験の結果ではありますが、何とかいい結果が出るように、デンソーさんとか車体メーターのほうでもちゃんと使えるという話になってくれればと思っています。一応そういうふうになるようには頑張りたいと思います。

○中須賀座長 そこをぜひ強く主張していただきたいと思うのと、車側が、デンソーさんが車でもこれが必要だということは、地上でも放射線現象が起こるからという、こういう理解でいいのですか。

○文部科学省 これはデンソーさんが必ずしも言ったわけではないのですが、いろいろ車関係を調べていると、中性子のソフトエラーということが地上においても起きているらしいです。

○中須賀座長 それは起きます。

○文部科学省 もちろん宇宙に比べればはるかに少ないのですが、中性子によるソフトウェアという現象が起きているようです。自動運転になった場合、ミスが深刻になるといいますか、もちろん多重的なバックアップをつくるのでしょうが、運転の誤操作や認識の違いで人命にかかわるような事故が起こることがあり得るので、中性子線への備えがありますので、地上においてもなるべく耐えられるもの、そういうものが求められてくる。自動運転が進めば進むほどそういう可能性は高いのかと思っております。

○経済産業省 経産省から少し補足いたします。

○中須賀座長 どうぞ。

○経済産業省 放射線耐性、メモリの不揮発性、低消費電力、耐熱性、温度依存性が少ないといった様々な産業用途で求められる要件を備えていると以前ヒアリングした際に聞いております。

○中須賀座長 ありがとうございます。

そういう意味で車業界では非常に期待されているということですね。

もう一つ、将来つくっていくのはさっきおっしゃっていた企業さんですか。ここで受託されている企業さんがずっとつくっていくのですか。

○文部科学省 NBSさんは今回やっていて、NBSさん自体も製造はされておりますが、数、ロットが大きくなった場合は別に最終的にこの1社だけかというのは、資材を提供してほかにもっとつくってもらおうというのがあります。

○経済産業省 海外も含め検討していると聞いています。

○中須賀座長 TSMCでやってもらうのはすごくいいネタだと思いますけれども。もう一個は、海外とのベンチマークですね。28nm、16nmが大事かというよりは、計算能力的にどこまで対応できるのか。もちろんソフトウェアも併せてやらないとさらに強いロバスト性は得られないので、例えば冗長化するとか、そういったのをFPGAの上に乗っけていくのだらうと思いますが、そういったものをやったときの最後のスピードが、海外で、ヨーロッパ、アメリカは物すごい勢いで宇宙用を開発している中で、できた頃にはまた先へ行かれているということになると、いつものようになるので、その辺の見込みはどうか。

○文部科学省 海外の競合というところのあれはあると思います。それもありますので、今、28nmをまずNEDOさんがやっておられるというところはあったのですが、さらにJAXAでも次世代の16nmというところの可能性というか、そういうところに挑戦しているのかと思います。つくった頃には負けているということがないようにはしないとイケないのはおっしゃるとおりかと思えます。

○中須賀座長 その辺は、海外競合と考えたときに、16nmをいつまでにやれば日本の企業が優位に立てるという計画の下で進めているということでもいいですか。

○文部科学省 はい、JAXAとしては16nmというところまで見えてこないと、もちろん28nmは当然として、16nmまで立地しないとイケないと考えておりますので、海外競合は必要かと思えます。

○中須賀座長　そうですね。その辺のスピードアップはすごく必要だと思うので、ぜひよろしく願いいたします。

ほか、いかがでしょうか。どうぞ。

○片岡委員　FPGAにあまり知識はないのですが、放射線に強いというのは航空機は使っているのですか。

○文部科学省　恐らく半導体ということでしたら使っていると思います。

○片岡委員　車に使うぐらいだったら航空機も。

○文部科学省　もちろん半導体は航空機でも、どれぐらいの精度を使っているかというのは分かりませんが、何かしら使っていると思います。

○片岡委員　これから将来戦闘機という戦闘機をつくるのですね。防衛省のほうでつくっているのですが、イギリスとの協業とか、エンジンとか何かは非常に苛酷な環境の中でのいろんな計測しなければならないとか、いろいろありますが、そういうところにも多分使われるのですね。

○文部科学省　一般論としては半導体は使っていると思います。ただ、より細いサイズのほうが性能はよくなるのですが、要は、脆弱といいますか、やられてしまいますので、そこはちょっと。

○片岡委員　今、あまり航空機は念頭にないということですね。

○文部科学省　地上のあれとしては、そうはいつでも車のほうがロットは多いので、航空機とか戦闘機で半導体は恐らく使っていると思いますが、ちょっとそこは具体的には。

○片岡委員　分かりました。ありがとうございます。

○中須賀座長　よろしいでしょうか。

いろいろコメントが出たのですが、ぜひ次年度以降の事業計画に反映していただいて、さっきの1ページ目の右下に書いてあるようなところに残しておいていただいて、それをぜひ実現していただけるようによろしくお願いいたします。

では、ありがとうございました。以上で終わりたいと思います。

継続して文部科学省さんですが、「月面活動に向けた測位・通信技術開発」ということでよろしく願いいたします。

○文部科学省　5ページ目を御覧ください。「月面活動に向けた測位・通信技術開発」でございます。こちらは今後、アルテミス計画等で月面での活動が発展していくことを踏まえまして、月面での測位、月面と地球をつなぐ通信をどのように開発していくかということでございます。

まず、事業計画といたしましては、基本的にはJAXAで行ってきたアーキテクチャを検討ベースに行っていくのですが、JAXAの当面の目標といたしましては、航法精度40m（水平距離）を目標として、これが出せるものをアーキテクチャとして開発していくということ

を考えております。

航法精度40mを出すために、下の図ですが、それぞれ月面での測位技術、GNSSという地球上のGPS電波を拾う受信網、あと、地球との通信関係、国際インターオペラビリティということで各国のものの相互運用性を検討するというシステムを考えていきたいと思っております。

その上で、実施体制では、JAXAで全体の取りまとめは行うのですが、それぞれ測位・通信アーキテクチャについては公募を行っておりまして、A・B・C・D社というのは公募中でございます。また、月近傍での航法や航法の高精度化についても契約の調整中ということでございます。通信に関わるようなところは、通信の高感度化、そういうところはNICTと調整して行っているということで、それぞれ通信や測位の準備を進めているというところでございます。

留意事項への対応状況でございますが、アルテミス計画も始まったばかりでございます、月面での測位をどのような形でやっていくかという合意は国際的にまだ取れておりません。その関係もありまして、特にNASA、ESAとの連携を密に行いながら、諸外国の開発動向に関する情報収集を行って、国際協力によるところは国際協力というところで、それらも踏まえて次年度以降の事業計画に適宜反映させるということを考えております。

また、航法精度40mをJAXAは取りあえず目標としてやっておりますが、実際の月面での宇宙活動を見据えて、宇宙科学の専門家にもJAXAのプロジェクトのチームに入っていて、そのニーズを踏まえたプロジェクト運営を進めるようにという指摘は受けております。それを踏まえまして、ISAS等の専門家にもこのチームに参画してもらって、月面での活動、想定される宇宙開発の活動を想起して航法精度はどれぐらい必要なのかというところの見極めを考えていきたいと思っております。

特に国際的な連携では、地球の周りを回っているGPSの衛星電波、月のほうでも漏れた電波を受信することはできますので、NASAやESAは、例えば高度18万km、月と地球の中間点ぐらいで高感度でGPS電波を受信することができないかという実験を行っております。JAXAもそういう高感度の受信は行っていますが、それでも少なくとも航法精度40mを出すためには、恐らく地上からの漏れ電波だけでは足りなくて、何かしら月面上でアーキテクチャを組まないと難しいのではないかとということもありますので、そういうJAXAの考えもNASAやESAと協議して、あるべき月面での測位の在り方を検討していくということかと思っております。

6 ページです。先ほど個別に月面上の通信開発を進めているということを申し上げました。当該年度の進捗状況といたしまして、こちらは採択いただいたのですが、採択されて契約してからまだそんなに時間もたっておりませんので、先ほど申し上げましたとおり、課題によっては公募中、NICTとの契約の調整中ということで、走り出すべくしっかり準備を進めているところでございます。

次年度の事業計画といたしましても、引き続き、それぞれ月面上での受信や、地上から

の電波を拾う方策、月との通信の高感度化の研究開発を進めていく予定です。

文部科学省からの説明は以上でございます。

○中須賀座長 ありがとうございます。

それでは、御質疑、御討論、よろしくお願いいたします。いかがでしょうか。どうぞ。

○片岡委員 航法精度40m（水平）というのは何から出ているのでしょうか。

○文部科学省 航法精度40mというのは、当面のJAXAの目標といたしまして、月の主要なものはどこにあるのかというところを最低限、識別できるには40mぐらい必要だということでやっているのですが、取りあえず、まずはの目標ということで40mとなっています。恐らく自動運転とか考えると、どこかの建設会社の構想で無人のショベルカーを動かすような話や、トヨタでもルナクルーザーなどを考えていますが、40mの精度ではちょっと危ないといえますか、うまく使えませんので、これは当面の目標として掲げているということでございます。

○片岡委員 これは本事業の目標というか。

○文部科学省 取りあえず5年間でやろうとしている目標としては40mで、アルテミス計画が始まって、月世界での活動が始まって、まずは40mでも今はないので、あったほうがいいという世界ではありますが、これで最終的にとどまるものではありません。

○片岡委員 これをやっていったら、例えば10mか5mがやはり必要というと全く事業が違ってくるといえることはないのですか。

○文部科学省 そういうことはなくて、今でも地球の周りを回っているGPSから電波を大分離れたところでもキャッチすることは可能です。JAXAの見込みでは、それプラス、これは月面でやるわけではなくて地上での現象ですけれども、月の周りの衛星から電波を出すとか、月面で何かを置いても、それでも何とか40mがつくれるかどうかと考えています。

○片岡委員 今、可能なのは40mということ。

○文部科学省 漏れ電波だけでは恐らく全く活動に適したものはいかないのではないかと考えています。

○片岡委員 そうですね。今後は、どのぐらいの精度が必要か、月面で活動するユーザーの意見が重要になりますから。

○文部科学省 そうですね。まずアルテミス計画が大きいでしょうから、アルテミス計画での実際の月面活動、そういうものを踏まえて考えていくのかと思います。

○片岡委員 分かりました。ありがとうございます。

○中須賀座長 ありがとうございます。

ほか、いかがでしょうか。どうぞ。

○白坂委員 私も今のとおりだと思いますが、6ページ目に次年度の計画があります。今年度はいろいろ考えていく中で、漏れだけでは駄目なので、絶対的に地球が向いていないところは分かりませんから、でも活動は全域でやるのでしょうかから絶対駄目なのですけれども、気になるのは実証機のシステム検討というか、今年度で実証機システムの検討もあ

りますが、実証をどう早く、小さいところからでもいいのでやっていくという検討をやった上での実証機のシステム検討にしないといけない。よりしっかりした実証機のシステムを、40mを実現するためにはこれだけのことをやらなければいけないから月に巨大な何かを何個も持っていかなければいけないとなったら実証できないので、ではなくて、実証のステップを含めて、実証をどうするかというのを考えないと、今の話だとNASAやESAが地球の漏れをベースで最初は考えているときに、日本は月の周りに要るのではないかと考えているという、私も絶対そっちだと思いますが、せっかく先を見て考えているのに先を越されるみたいなもったいないことになるような気がしなくもないのです。いかに早く必要なものが実証できるか、しかも月近傍に持って行って実証するのがいつかは分かりませんが、どうやってそれをやるのかみたいな、実証機システムは地上ベースなのか月ベースなのか分かりませんが、早く持って行って現地で何ができるかをどこかで早めに考える必要があると思っています。これが今年度なのか、来年度なのか、どこでそういったことが検討されるか、教えてもらいたいと思います。

○文部科学省 お答えいたします。この5年間の活動自体は、要は検証モデルを作ったり、実際、月へ持っていくという話ではないのですが、白坂先生がおっしゃったように、月での実証というか、全部ができるまでもなくても何かしら実地の状況を見る必要があると思います。別途、文部科学省の内局の経費に委託費があって、大学と組んでやっているプロジェクトがあるのですが、それはGPSは関係ないのですが、福井大学が月での超小型衛星の開発を進めているプロジェクトがあります。月に超小型衛星を送ることを考えておられますので、そこも連携して、この関係のものも積ませてもらって、実のあるデータというか、そういうものが得られるようにということは考えております。より早く試すということはちゃんと対応していきたいと思っています。

○白坂委員 ぜひお願いします。今回、仕組みというか、将来像を考えたら、この5年間の中でやる必要はもろくないと思っていますので、考えていることを、ちゃんとどこかを取り出してこういうふうにステップを踏んでいくのがいいみたいなことを考えてもらえれば、その中の一部を、まさに今おっしゃっていただいたような福井大学さんとか、どこか大学でもCubeでも何でもいいので、載せられるものは載せていくみたいなことができていくとすごくいいかなと思います。

以上です。

○中須賀座長 ありがとうございます。

今の白坂先生の御指摘は全くそのとおりで、将来考えたときにこの技術が、例えば10年後、20年後に日本でやったことがどう反映されるのかを考えたときに、これまでのいろんな流れでいうと、アメリカやヨーロッパが主導的にやったものの中で日本がごく一部だけちょこっと何かやるということになりかねないと思います。そうではなくて、日本は通信・測位においてある種の、ビジネスをやるのが一番いいですけれども、そこまでいかなくても非常に大きなポジションを占めるぐらいの活動ができるような世界をつくっていくため

にはどういう戦略があるかという戦略をしっかりと考えなければいけなくて、そのためには欧米がいろいろ時間をかけて実証するのに先んじてどんどん実証していったって、こうやればできるということを日本から発信していかなければいけないと思います。

そういう意味でいうと、例えば通信は5年間で地上試験モデルができるだけなど圧倒的に遅いですね。さっきの測位の話も、福井大というのは我々と一緒にやっているものですが、R5までにはEMができるけれども、その後の計画は全くないので、これも早く月に上げて実証する必要があるだろうと思っています。そうやってやはり証拠を見せていかなければいけないだろうと思っています。とにかく日本がどんどん先んじて進んでいるという雰囲気の世界の中で見せていかないと、そうでなくても日本は国際交渉は弱いので、やがてはアメリカ、ヨーロッパ、結局やってもそちらがやったことに全部なってしまって、日本がやった成果は無駄になるということになりかねないので、その辺の戦略をぜひお願いしたい。これはJAXAともこの間ミーティングしたときに随分言いましたけれども、その戦略づくりが物すごく大事で、それがなければやっても仕方がないものになりかねないというぐらいの危機感を持っています。その辺いかがですか。

○文部科学省 おっしゃるとおりかと思います。JAXAにGPSの研究をさせたいわけではないので、日本が将来のインターオペラビリティのある国際的なものの一角なり、日本がある程度勝ち取った技術が国際的に使われるということが非常に重要でございます。先ほど福井大学さんののも使って実証にいきたいと考えているということをお願いしましたが、できるだけ早く実証が、例えば月まで行かなくてもできるものもあるかもしれませんので、そういうのも考えて、何とか実証をもっとやっていききたいと思っております。

○中須賀座長 ありがとうございます。

今、インターオペラビリティとおっしゃいましたね。これは大事なのですが、インターオペラビリティを考えてやるということは、欧米がスタンダードをつくって、そこでのインターオペラビリティ、日本がそれに従うというぐらいの感じに聞こえるのです。それは駄目なのです。そんなことをやったら絶対駄目です。我々がつくっていかなければいけない。逆に向こうにインターオペラビリティがあるものをつくらせるぐらいのつもりでやってちょうどいいぐらいです。それがないと絶対駄目です。これは相当戦略的に動かないと、動かないのだったらやらないほうがいいぐらいのものです。だって各国がやるということにはならないですから、やはりどこかがまとめて国際連携の中でやることになるので。

○文部科学省 そしてみんなが利用するという形。

○中須賀座長 それぐらいのつもりでやったほうがいいですね。JAXAさんにも何回も言っているのですが、どこまで通じているのかということです。よろしくお願いいたします。

ほか、いかがでしょうか。よろしければこれで終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。

続きまして、経済産業省の「月面におけるエネルギー関連技術開発」について説明をよろしくお願いいたします。

○経済産業省 経済産業省です。よろしくお願いいたします。

「月面におけるエネルギー関連技術開発」ということで、経産省2.2億円、総務省2.2億円割り当てていただいている予算です。右側に事業の内容がございますが、3事業ございます。1つ目が月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理、2つ目が総務省、NICTの事業ですが、テラヘルツ波を用いた月面の水エネルギー資源探査技術開発、3つ目が月面利用を見据えた水電解技術開発となっております。

それぞれ事業の進捗等について御説明させていただきます。まず、月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理についてです。資料の左側に事業計画がございますが、①電力供給システムの検討、②水素確保・利用のためのシステムの検討、③全体アーキテクチャの検討、④国内外動向調査、⑤国民の理解促進の5つの取組を行っております。①が電力システムの検討、②が水素システムの検討、③が全体システムの検討ということです。

資料の右側に実施体制がございますが、今申し上げた電力と水素でそれぞれ検討会を分けて第1回目のワーキンググループを開始したところです。また、電力につきましては、特に無線電力伝送、宇宙太陽光発電に関するところはJSSに三菱総研から外注して検討しているということです。大きく分けて電力、水素、無線電力伝送について検討を進めているということです。

留意事項ですが、JAXAと連携、それから、サイエンスニーズを考慮した検討とするため、宇宙科学の専門家と連携すべきとの御指摘をいただいておりますので、そのような形で有識者検討会を組んでいるところです。

次のページは本事業の進捗状況と来年度の事業計画となっておりますが、先ほど申し上げた5つの取組のうち、今、4つについて進めております。まず、電力ですが、年度末までに発電・蓄電・送電についての基本的なシステム構成やロードマップの作成を行う予定です。来年度には、各システムの詳細検討を実施し、技術開発・実証案件への橋渡しを行っていきます。

水素についても同様でして、3月までに基本構成とロードマップを作成し、来年度詳細を検討していきます。

全体アーキテクチャの検討も同様です。

国内外動向調査につきましては、電力や水素に関する欧米の動向等を調査していきます。

来年度以降、全体アーキテクチャが描けましたら、こちらを学会やシンポジウムなどの手段で発信してフィードバックしていくとともに、理解を得ていくことを考えております。続きまして、先ほど申し上げたJSSが検討している無線電力伝送の技術開発について御説明します。こちらは来年度から開発と実証に入りたいと考えております。

具体的には、無線電力伝送、宇宙太陽光発電の技術開発は経済産業省でマイクロ波式の

ものを検討しておりますが、本予算を活用して経済産業省で現在開発しております発送電一体型のマイクロ波のパネルを、小さな衛星バスに搭載して、地球低軌道から地球に対して電力伝送が行われるかどうかの実験を行いたいと考えております。こちらは令和4年度から開始して、令和6年度には打ち上げができないかと考えております。

今年度につきましては、先ほどの技術課題整理の電力システムの検討の中で、こういった月面での周回軌道の宇宙太陽光発電が求められるかということを検討しております。こうした技術について地球低軌道で検証させていただくというのが次年度以降の事業計画となっております。

次年度の事業計画の案のところですが、ミッション機器の開発や、衛星バス開発、インテグレーション、打上機の選定、地上系の整備などに着手していきたいと考えております。

続きまして水電解技術開発についてです。こちらは高砂熱学工業株式会社に委託しております。軌道上実証については他社に相乗りして実証するという事で想定しております。

事業内容は大きく4つございまして、①フライトモデルの設計、②コンポーネントの詳細設計・検証試験、③設計審査会の実施、④フライトモデル製作、機能検証、打ち上げとなっております。

フライトモデルの基本設計につきましては、現在、機械条件、電気条件、熱条件の整理に向けた基本設計を実施しております。それから、ispace社のランダーとのインターフェース条件を整理しています。この基本設計で月面用の水電解装置の要求仕様を明確化しているところです。今年度、設計審査会（PDR）を第三者の有識者に入ってもらいながら実施していく予定です。今回の基本設計を踏まえて、来年度、フライトモデルの詳細設計に入っていく予定です。

コンポーネント設計につきましては、水電解装置を構成する電解セル、タンク、電磁バルブ、圧力計、電気回路の要求仕様を明確化しているところです。来年度は今年度の基本設計を踏まえて、詳細設計、製作及び機能検証まで行いたいと考えております。

最後、検証試験ですが、今年度は基本設計の機能に問題がないかテストモデルを製作し、機能的側面の検証を行って、CDRにフィードバックしていくという予定です。

経済産業省からは3つの事業のうちの1つ目及び3つ目について御説明させていただきました。

続いて、2つ目のテラヘルツ波を用いた月面の広域な水エネルギー資源探査について総務省から説明させていただきます。

○総務省 総務省でございます。

3ページにお戻りいただきまして、総務省からは月面におけるエネルギー関連技術開発のうち、テラヘルツ波を用いた月面の広域な水エネルギー資源探査について御説明を申し上げます。

本事業は、事業計画にありますとおり、月面の広域な地表面水資源探査サーベイの効率

的な実証を実現するため、氷、水、土壌水分含有量の推定を可能にするデータベースを構築し、耐宇宙環境を備えた多周波数チャンネルのテラヘルツ波センサ、軌道上で衛星とセンサを統一的に制御する衛星デジタル処理技術を開発し、これらの技術を統合することにより宇宙運用可能なシステムを開発し、月面での水資源探査の実現可能性を検証する研究開発となっております。

本事業で実施する項目といたしまして①から④がございます。それぞれ令和3年度から令和7年度、図表を見ていただければお分かりになるかと思いますが、今年度につきましては、基礎伝搬モデル開発や基本設計を開始いたしまして、来年度は詳細設計、一部EM開発、プロトフライトモデルを開発しまして、最終年度は統合検証を行うとしているところでございます。

続きまして、実施体制につきまして、総務省から、NICTを中心とした大阪府立大学、JAXA、SpaceBD、東京大学のコンソーシアムに対して委託という形で実施しているところでございます。

留意事項につきましては、先ほど御説明がありましたので、割愛させていただきます。

次のページをお願いいたします。今年度の進捗状況についての御説明でございます。今年度は、つい先日、省内での契約手続を終えまして、まさに今、走り始めようとしているところでございますので、進捗はあまりないところでございますが、今年度実施する内容といたしましては、①の月科学・月資源工学の研究や統合ビジネスプロデュース、こちらはコンソーシアムでございますが、こちらにつきましては、主要構成物の誘電率特性調査並びに物性的性質研究のため、試料セットを作成することとしております。また、統合ビジネスプロデュースとしては、12月に産業界も含めたコンソーシアムを立ち上げ、1月にキックオフの会合を開催することとしております。

②の小型軽量な多チャンネルテラヘルツセンサ開発につきましては、今年度、誘電率測定装置の設計のための予備実験を実施し、装置の仕様を決定いたします。また、テラヘルツ放射伝達シミュレータの開発を行い、これらの解析成果等からセンサ仕様を決定することとしているところでございます。

③の軌道上で衛星とセンサを統一的に制御する衛星デジタル処理技術につきましては、センサ同様、利用可能な宇宙品の調査などを行い、デジタル処理技術の仕様を決定することとしております。

また、④も②や③と同様に、センサ及び衛星の制約条件やビジネス的な要求、打ち上げロケットの条件等を踏まえまして、開発する衛星の仕様を決定することとしております。

続きまして、次年度の事業計画につきまして御説明を申し上げます。①につきましては、月面の様々な場所の模擬土壌、シミュラントと呼ばれるものの作成について早期に着手し、データベースの構築に取り組んでまいりたいと思っております。また、コンソーシアムにつきましては、作業班を含めたコンソーシアムの会合を月1回程度開催し、月面の水探査のビジネス化の検討を進めることとしております。

続きまして、②の小型軽量な多チャンネルテラヘルツセンサの開発につきましては、テラヘルツ周波数特性データベースの構築では、初年度に作成した試料セットを用いて誘電率の測定を行うこととしております。また、月構成物組成を導出する数値アルゴリズムの開発についても早期に着手することとしております。加えて、初年度で決定した仕様を踏まえ、センサの詳細設計に早期に着手し、BBMの開発を行うとしております。また、先行してEMの開発にも一部着手しようと考えているところでございます。

③と④につきましても、テラヘルツセンサの開発と同様、初年度で決定した仕様を踏まえ、それぞれの詳細設計に早期に着手し、BBMの開発を行うこととしております。また、先行してEMの開発も一部着手していこうと考えているところでございます。

総務省からの説明は以上です。

○中須賀座長 ありがとうございます。

それでは、委員の皆さんから御意見等ありましたらよろしくお願いいたします。いかがでしょうか。どうぞ。

○片岡委員 テラヘルツなのですけども、コンソーシアムをつくったときのプロマネというのはどこがやられているのですか。

○総務省 東京大学の宮本先生を中心にして、それぞれSpaceBD、JAXA、大阪府立大学、NICTで行うこととしてしているところでございます。

○片岡委員 どこかがプロマネをやっているというわけではないのですね。

○総務省 あくまでプロマネとかはなくて東京大学を中心にしてやっていくこととしております。

○片岡委員 できて、やったときの資源探査の運用というのはどこがやられるのですか。

○総務省 まさにその点が今回のコンソーシアムで話し合われるところかなと思っているところでございます。

○片岡委員 コンソーシアムの技術組合をつくるときに、どこをプロマネにするかといったらやはりユーザーですね。どこが運用するかが重要だと思うので、そこを早く決めたほうがいいかもしれませんね。寄り合い所帯になってしまって、結局はばらばらになるような感じもするので、どこをプロマネにするか、最終的なユーザーをどこにするかというのをはっきりされたほうがいいような気がします。

以上です。

○総務省 ありがとうございます。

○中須賀座長 ほか、いかがでしょうか。どうぞ。

○白坂委員 水電解装置のほうで教えてもらいたいのですけども、これの実証はどれぐらいのサイズ感のものでやられるのですか。

○経済産業省 かなり小さいものを想定しているところです。

○白坂委員 早く実証するために小さいサイズのものでできるところをやるというのは大賛成ですけども、本当に将来的にやりたいことに対して、今回何がどこまでこの事業で

分かるかというのは、ロードマップといいますか、今回これで終わるのではなくて、この先、実装に向けていく計画みたいなものは今回の中でつくられる感じですか。

○経済産業省 水素をエネルギー源として月面でエコシステム全体を回していこうとしたときに必要となる技術課題や行うべき要素技術開発については、1つ目の事業の中で今、議論しながら整理しているところです。

○白坂委員 これは高砂熱学工業が、自分たちでもいろいろやられていて早く実証できる状況にあるので、今おっしゃっていただいたとおり、ここだけの話でも本来ないですね。いろいろあるので、包括でやる必要はないのですけれども、幾つかの項目で早く実証できるものからどんどんやりながら、一方で深化していけばいいと思っています。最初やっているからこそ次があるようなものになっていると、早くやっていった価値が出てくるので、その辺の計画と実証とがうまくつながっていくふうになればいいと思っています。技術課題整理で考えたのとうまくこれだとできますし、考えたものの中からまた次の実証を計画していくようなイメージですね。

○経済産業省 そうです。三菱総研が全体をとりまとめ、日揮、千代田化工、ispaceなどは、まさに水素プラントエンジニアリングを月面でやるというところの概念設計、基本設計みたいなことを今やり始めています。その中でこれだけではなくていろんな課題が出てきているので、できるところからということで走り始めてはいますが、まさに全体をどう整理して、どこに着手していくかというところがすごく大事だと思います。それを整理した上で、できれば諸外国などとも議論して、どこを日本が取りにいくのかみたいなことが整理できればと考えています。

○白坂委員 分かりました。ありがとうございます。

○中須賀座長 今、経産省さんがおっしゃったことはすごく大事だと思います。結局、これも各国がばらばらにやるという部分はあるかもしれないけれども、ある程度共同でやって、ある種、このパートは日本がやりますよという形になっていくのではないかと思います。そのときにどこを取るのかという、その辺の戦略を極めて明確に立てた上で進めていくということがこのエネルギー分野でも必要なと思っています。一つは水素ですね。もう一個はさっきの宇宙太陽光発電の話で、どちらも非常に大事で、特に宇宙太陽光発電は地上だと地上の電気代との関係でビジネスマインドがなかなか起こらないので動かないところを、月周りでやるというのはオンリーワンになる可能性もあるので、インセンティブを与える意味ではとてもいいかなと思っています。この辺をもしやるとしたら、世界の中で日本がどう取っていくのかということの戦略づくりと併せてやっていく必要があると思いますが、いかがですか。

○経済産業省 おっしゃるとおりだと思います。

○中須賀座長 そうですね。ありがとうございます。

それから、水探査ですけれども、さっきのスケジュールを見たら5年で地上実証ができるところまでですね。まだ打ち上げていないですね。この時間スケールで大丈夫なのです

か。要は、世界の流れの中で、水がどこにあるかを誰が見つけるかというのはすごく競争になるのではないかと思いますけれども、この時間スケールで大丈夫ですか。

○総務省 統合実証はスケジュールにあるとおり令和6年度にかかっているところからやりたいと考えております。この統合実証は、打ち上げ機会があればもちろん月でやりたいと考えておまして、まさにコンソーシアムの中でファンディングなり、打ち上げ費用も議論しながら、月での実証機会を探していくことを考えているところでございます。

○中須賀座長 R6ぐらいに実証する可能性もあるということですか。

○総務省 そうですね。そこを目指して開発を進めていこうと考えております。

○中須賀座長 それぐらいならまだいいかな。詳細設計、EM開発、PFM開発というこの書き方自体がこれまでの古い宇宙開発的に見えるのです。今、こういう時代ではなくて、もっともっとすごいスピードで、1～2年で衛星開発が進んでいる時代なので、こういう順番に、ウォーターフォール型は大事なわけけれども、何となく古い感じがします。ここはもっと高速化する必要がある。

それから、これはさっきの宇宙太陽光発電の衛星の話とも関係しているのですが、いわゆる超小型衛星を使って実証するときに超小型衛星が実証スピードのボトルネックにならないようにしなければいけない。とにかくあるものでも何でも確立されたバスを使ってどんどん実証していくというふうにしていかないと、超小型衛星開発自体がまた1つのプロジェクトになると何の意味もないので、そういう意味でいうと、経済産業省が実施している宇宙太陽光発電の実証なんかも、経産省が今やられているSERVIS事業の汎用バス事業で開発したバスを活用するという方向で、超小型衛星開発自体が開発アイテムにならないようにしていかななくてはいけないと思いますが、その辺いかがですか。

○経済産業省 おっしゃるとおりです。一方、SERVIS事業で対応できない部分もございしますので、他の事業との相乗りなども含め検討していきたいと考えております。

○中須賀座長 分かりました。

いずれにしても相乗りとか何とかしてスピードアップして実証していくということと、それから、今のお話でやはり月周りに幾つか実証するアイテムが出てきているので、国として月に実証用のロケットを送り込むということはそろそろ考えなければいけないというところで、これは文部科学省に聞いたほうがいいのかもしれないけれども、そういうことはもう御検討されていますでしょうか。いないかな。もう抜けられましたかね。

というようなことで、これは政府の中としても考えていかななくてはいけないかなと、できれば一回の機会にいろんなことが併せて実証できるようなことを考えていかなければいけないと思います。そことここでやられている様々なプロジェクトのタイムスケールをうまく合わせていく必要があると思いますので、その辺これから密に議論させていただきたいと思います。

それでは、以上で終わりにしたいと思います。

続きまして、国交省さん、「宇宙無人建設革新技術開発」ということで御説明をよろしくお願いいたします。

○国土交通省 国土交通省です。どうぞよろしくお願いいたします。

我々は、宇宙無人建設革新技術開発ということで文科省と連携しまして実施しています。改めてですけれども、建設事業の中でも、災害が多い我が国では無人化施工が現場で培われてきております。近年、災害が激甚化することに加えて、人口減少が進み、生産性を上げるためにさらなる無人化技術の高度化を図っていくことが求められる中で、この技術について月面拠点建設にも資する技術開発を高度化しようということで、文科省と連携して進めていこうという取組です。

無人建設技術としまして、施工、建材製造、建築につきまして、月面拠点建設に適用するために、地上建設への展開を考慮して優先的に開発すべき技術を明確化し、集中投資を図っていく。その際、技術の水準や達成見込みを的確に見極めるために、実験室や試験場、現場での実証をしっかりと行っていくといったところでございます。

イメージ図にございますように、無人化を図るために文科省と連携して協議体をつくって、方向性を決めて、10年後ぐらいから月面での無人建設に資するために、その前段の5年間で基盤技術開発を進めるということでございます。

留意点を3点ほど頂いております。協議体で技術開発ビジョンを策定し、民間へ公募し、実現可能性をF/Sで検証するというのが1点目です。2点目は、成果につきましては、地上の幅広い分野で波及・実用化を目指すということです。3点目につきましては、宇宙科学のニーズを踏まえて進めるということです。

具体的な事業計画を説明させていただきます。まずは、宇宙と建設の分野横断的な協議会を設置しまして、開発テーマを設定した上で、民間企業等に公募を行うといったところです。

3つの分野、技術Ⅰとしましては、無人建設として自動化や遠隔化に係る技術、技術Ⅱとしては月面で使用する建材の製造に係る技術、技術Ⅲとして月面での簡易施設の建設に係る技術、この3分野についてF/S及びR&Dを公募するといったことです。初年度はF/Sを中心に実施していきます。初年度は期間も半年足らずですので、F/Sは700万円、R&Dは2500万円を設定しております。その後、応募技術を協議会で審査、選定しまして、委託契約を選定者で行うということです。開発の実施に当たりましては、試験場や実際の現場での検証を行っていくといったことと、共通課題ごとのワーキングを進めていくということでございます。

技術Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにつきまして協議会を設置いたしまして、テーマ設定、公募を行って、特に技術Ⅰにつきましては、無人建設の技術がある程度進み、自律に関する試行的な実証も進んできているので、R&Dを一部入れております。技術ⅡとⅢにつきましては、今年度、F/Sだけを行いまして、F/S評価やR&D継続審査を年度ごとに行い、途中、中間評価、最後に

は最終評価を行うこととしております。

実施体制でございますが、無人建設革新技术開発推進協議会を7月20日に設置いたしました。学識者として建設及び宇宙、宇宙科学、研究者として土木研究所、JAXA、行政機関のメンバーで協議会を設置いたしまして、開発テーマを設定して、公募・選定を行って、委託契約を結ぶという流れになっております。その際、この協議会と連携いたしまして、協議会メンバーに入っているのですけれども、土木研究所、PWRIの自律施工共通基盤と連携すること、他のスターダストプログラム、特に測位衛星関係とか月面で建機を動かすに当たっては必要になってきますので、それらの取組を文科省、JAXAとも連携しております。

留意事項への対応といたしまして、下に記載しております。協議会を設置しまして、開発すべき技術を審議して、公募テーマを設定いたしました。民間企業等へF/S及びR&Dを公募・選定しております。今後、開発状況や宇宙開発動向を踏まえまして、技術開発ビジョンをブラッシュアップしていくこととしております。

開発成果につきましては、協議会にて審査・選定した開発技術を各年度で評価及び継続審査を行って、開発成果の波及、実用化を図っていくこととしております。

宇宙科学のニーズにつきましては、既に第2回目の協議会において宇宙科学の有識者に参画いただいております。

今年度の進捗状況を説明いたします。7月に協議会を設置しまして、公募テーマを設定し、8月から1か月間公募を行いました。その際、施工会社、建機メーカー、大学等から16件応募がございまして、協議会で10件採択しました。うちF/Sが8件、R&Dが2件選定し、10月には委託契約を締結したところです。

技術Ⅰの宇宙無人建設（自動化、遠隔化）につきましては、それらに必要な地表と地中センシング、地中の杭打ち、掘削・運搬、敷きならし、索道、建機自動化シミュレーションといったものについてF/S4件、R&D2件を選定しております。

技術Ⅱの建材製造につきましては、レゴリスを活用した建材製造や、3D-6軸製造技術のF/Sを2件選定しました。

技術Ⅲの簡易施設につきましては、インフレーション構造物、展開構造物に関する技術のF/S2件を選定したところです。

これらの技術につきましては、月面での一連の建設活動を行う上での構成要素となり得ますので、各技術者間での連携が重要と認識しております。そこで、選定後、10月末には全体会議を開催いたしまして、各技術を紹介し、協議会委員の土木研究所とJAXAから関連情報の提供を行ったところです。

今後、協議会委員の参画の下、自律システムや施設建設等の共通課題に係るワーキングを行ってプロジェクト全体を推進していきたいと思っております。

また、今年の12月から翌年2月にかけて、年度末に評価する前にしっかりと有識者の方、協議会の方から途中段階を見てもらいたいと思っております。実験室や実際の現場で当該技術や関連技術の現場検証を行うこととしております。

次年度の計画につきましては、初年度、今年度の成果を踏まえまして、F/Sの評価、R&Dの継続審査を早期に着手したいと思っております。F/SからR&Dへの移行、R&D継続の妥当性についてそれぞれ確認していきたいと思っております。各分野の件数と金額規模は今年度の採択件数等を踏まえて次の件数と規模を想定しております。特に、次年度は今年度と比較して期間が1年ほど取れるので、金額を上げてF/Sは800万/件、R&Dは4000万円/件を見込みます。次年度も全体会議及び各課題ワーキングを通じて、個々の開発促進とともにプロジェクト全体を推進していきたいと思っております。

説明は以上です。

○中須賀座長 ありがとうございます。

それでは、御質疑がありましたらよろしくお願いいたします。いかがでしょうか。

これは、選ばれて検討された、あるいは研究された各社とか大学がこの後どうやってその技術を維持してビジネスにつなげていくという、その辺のプランも含めて選択されたのですか。

○国土交通省 F/SとR&Dは別で、F/Sはまずは本格的な研究開発にいくことが妥当かどうかということで事前の段階となっていますので、月に適用できる可能性があるか、地上へ展開できるかという辺りをしっかりとF/Sでは検証したいと思っています。

R&Dは2件、既に現場で検証して試行的に取り入れている者でございましたので、そちらは必要な技術として5年間しっかりと確立させていくべきものとして選定しました。鹿島建設はJAXAと連携し、また、清水建設はボッシュの自動運転技術と連携して5年間で地上で自動化を着実に進めて、月へ適用という計画にしております。

○中須賀座長 ありがとうございます。

技術の連続性とか継続性が大事で、ここで1～2年で開発しても、その後しばらく使わないと、結局、人もいなくなるし、要は地上でもいいから継続してやっていることがすごく大事ですね。その辺は意識されているということでよろしいですか。

○国土交通省 今回、協議会メンバーとして、両方入れて、宇宙の関係の方とともに地上の建設の関係の方が入り、各事業でしっかり使える技術開発を推進していきたいと思っております。

○中須賀座長 ありがとうございます。

ほかに、皆さん、いかがでしょうか。

○白坂委員 白坂です。ありがとうございます。

これはコメントだけなのですが、書いてありましたけれども、個々の技術は個々の技術なので、全体との関係性がすごく重要だと思っておりますので、10月ぐらいに会議をやるという話は、次にまた関係していくので、うまくやっていくことで全体がつながるように進めてもらえればと思いました。

以上です。

○国土交通省 個別の技術開発と全体会議、課題ごとのワーキングのほうを進めたいと思

っています。先週、ちょうど土木研究所が自律施工の共通基盤を作りそのデモンストレーションを実施しましたので、今回の研究開発者にも参加いただいて、土研のほうでもスターダストと連携する旨を示していただいて、進めているところでございます。

○白坂委員 ありがとうございます。ぜひそのまま進めてください。

○中須賀座長 ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございますか。

それでは、ぜひ継続してよろしく願いいたします。ありがとうございました。

続きまして、農水省さん、「月面等における長期滞在を支える高度資源循環型食料供給システムの開発」についてよろしくお願いいたします。

○農林水産省 農林水産省食品企業行動室長、大熊といいます。説明させていただきます。

事業計画が資料の左側にございますけれども、大きく3つのパートがございます。

まず、①、本事業のコアの部分で、高度資源循環型食料供給システムの開発について、JAXAの宇宙探査ロードマップなどを基にしまして、将来、宇宙で4人以上の人間が長期滞在できるように、そのために必要となる最低限の食料、栄養素を供給できること、そして日本からそういう技術を提案したいと思いますので、日本ならではの要素も加味して、具体的にはイネ、ダイズ、トマト、ジャガイモ、レタス、イチゴ、キュウリ、サツマイモの8品目を対象にいたしまして、限られた空間の中で最大限の収量を上げられるように環境制御技術の開発を目指すというものでございます。初めにサブスケールで開発を行いまして、将来的に研究の進捗に応じて4人賄えるフルスケールにつなげていく予定でございます。

②はQOLマネジメントシステムの開発ということで、こちらは消費側のシステムでございまして、宇宙空間で食を通じて人間の心身の健康が保てるためにはどうするか。まず、QOLの測定方法など物差しづくりも必要でございますので、これをやりつつ、どうやって維持向上できるか、ソリューションの開発を行うものでございます。

③は、①及び②の要素技術を最終的には統合いたしまして一つのシステムにするということでございます。将来的には模擬実証基盤を構築したいと思っておりますけれども、まずはこの5年間で設計までを行う予定で、併せて簡単なモジュールについては事業の中で開発を進める予定でございます。

資料の右が実施体制でございます。実は本日、採択先を公表しましたが、代表機関はSPACE FOODSPHEREをトップといたしまして、先ほど申し上げた3つの課題それぞれに対し、例えば園芸であれば千葉大学、ゲノム編集であれば農研機構、それぞれの分野で実績のある研究機関が課題を担うという体制になっており、協力機関としてJAXAにも加わっていただく予定となっております。

資料右下の留意事項でございます。

1つ目と2つ目の丸がございしますが、本事業とは別に、農林水産省独自の予算で海外を

含めて最新の技術動向を今年度調査中です。今年度末には調査結果が判明いたしますので、その結果もこの研究には十分反映させていただきたいと思っておりますし、その中で海外の技術動向などを調査して、あるいは研究の進捗も見ながら、もちろん磨くところは磨いていくのですけれども、不要なものはスリム化するなど、不断の見直しをしながら進めていく所存です。

3つ目の丸でございますが、先ほど申し上げましたとおり、JAXAを協力機関として最大限その知見を提供してもらうこととしておりますし、文科省にも連携省庁として入ってもらっております。

4つ目の丸でございます。宇宙科学の専門家ということで宇宙生物学の権威であり、国際宇宙ステーションで初の微生物、有機物の採取等を行う「たんぽぽ計画」を先導されている東京薬科大学の山岸明彦名誉教授にも弊省の運営委員会に参画していただき、既にいろいろアドバイスを頂戴しながら研究を進めているところでございます。

研究はまさにこれから始まる場所なのですけれども、次の頁の左側に今年度の計画を記載しております。①－1にございますとおり、閉鎖循環型の栽培装置の試作機をつくって栽培試験を開始する予定です。

①－2は、植物の収集ポテンシャルも最大限高めつつ、QOLを維持するという観点から、食味も維持したまま、それでいながら光合成量も最大限にアップさせて、且つ限られた空間で効率的に栽培できるように草丈も低くして、さらに1年間で何作も取れるようにということで栽培から収穫までの回転も速くする。これだけの機能を有する植物をつくるというのはなかなか容易なことではございませんが、ここにゲノム編集技術を活用しようと思っております。今年度は残された期間でトマトでやりたいと思っていまして、来年度はさらにイネ、ダイズに広げていきたいと考えております。

①－3は、培養食料生産システムでございます。先ほど申し上げた8品目だけではどうしても足りないところもございます。もちろん地球でつくった宇宙食なども併用することになると思いますけれども、特に重要となるたんぱく源につきましては、培養肉の活用も視野に入れております。これにつきましては、現在、地上でも開発が進んでおりますけれども、特に今回は宇宙での資源循環の観点から、新たに微細藻類を活用した培養肉生産にチャレンジしたいと考えております。

①－4は、資源循環型ということで、地球から持ち込んだ水、空気、栄養素を極限まで再生利用し、それを繰り返すことができるシステムづくりも行っていく必要があるということでございます。

②のQOLにつきましては、先ほど申し上げたとおり、QOLの物差しとソリューションシステムの開発ということで、今年度は残りわずかでございますので、まずは要件定義、課題の洗い出しなどを進めて、来年から本格的に検証、システムづくりを進めていくこととしています。

並行して③で先ほど申し上げた統合に向けた設計も併せて検討を進めていきます。

資料の右側は次年度の事業計画でございますが、実は今週月曜日にこの委員会の中でも先生方から、次年度は要求金額を精査するよう御指摘がございました。これにつきましては、これからしっかり精査していきたいと思っておりますけれども、今年度は実質3か月ぐらいの稼働日数なのに対して来年度はフルに1年間使えるということで、今年度はおおむね予備的な研究とか、どうしても試作的なものが中心になってしまいます。フィジビリティスタディを今年度しっかりやって、来年度から本格的に研究を加速してやっていくということで、例えばゲノム編集も、さっき申し上げたように今年はトマトしかできないのですけれども、来年はイネ、ダイズと3種類でやっていくということもございまして、①－1に書いておりますような高等植物の生産システムにつきましても、今年度は試作機でございましてけれども、来年度は本格的な装置に進化させて、さらにそこに遠隔管理技術なども加味していきたいと考えておりまして、本格的にこの研究をやっていくためにどうしても予算が必要ということで要求しております。ただ、いずれにしましても貴重な財源でございますので、内閣府さんとも十分すり合わせをして、先生方にもしっかり御指導いただきながら進めていきたいと思っております。何とぞよろしくお願いいたします。

説明は以上でございます。

○中須賀座長 ありがとうございます。

それでは、御質疑等よろしくお願いいたします。どうぞ。

○片岡委員 月面基地模擬施設のうちの統合実証というのがあると思うのですが、これは月面に模擬施設をつくるということですか。

○農林水産省 模擬施設は地上につくる予定です。

○片岡委員 これは地球上につくるということですね。

○農林水産省 おっしゃるとおりです。分かりにくくて申し訳ございません。

○片岡委員 月面につくるのは2035年。

○片岡委員 これもほかの計画との、さっきあった国交省さんの建設技術みたいなものとの整合も必要だから、全体を見ながらやっていく必要がありますね。

○農林水産省 おっしゃるとおりでございます。月に何かつくるときに、個別に食料は食料、建設は建設、エネルギーはエネルギーということにはならないと思いますので、そこは政府全体の枠組みの中で我々もちゃんと周りとの歩調を合わせながら進めていきたいと考えております。

○片岡委員 海外とはスピードの競争になると思いますので、海外にも供給できるような形になればいいので、諸外国の動きをよくウオッチしておいたほうがいいような気がします。

あと、月面は重力が6分の1のところですが、火星へもちゃんと適用できるようになるのですね。

○農林水産省 はい、将来的には火星を目指していきたいと思っております。

○片岡委員 それもやはり開発する上で月だけでないと使えないという形ではなくて、火

星でも使える、また逆に地球上でも利用ができるような技術だといいいですね。

○農林水産省 おっしゃるとおりでございます。10年先、15年先まで何も世の中に還元できないということではなく、その過程で地球の、例えば砂漠で食料生産できるようにとか、資源循環型社会を推進する機動力にするとか、いろんなところで応用していきたいと考えております。

○片岡委員 カーボンクリーンにも貢献できるかもしれないので、よろしくお願いします。

○農林水産省 ありがとうございます。

○中須賀座長 ありがとうございます。

どうぞ。

○白坂委員 今回のこの範囲の全体はSPACE FOODSPHEREさんが見ているのでいいと思いますが、例えばさっきもおっしゃった水の循環は人間系の「ECLSS」でやっている人たちもありますし、空気系の循環も「ECLSS」でやっていたりするので、今回のように閉じないところとの関係性が資源の再生をやったり、まさに食もそうなのですが、関わってくるので、この中だけではないところとの全体というのをやはりどこかできちんとしていく必要があるかなと思っています。ぜひそういったところと密に、どこでどうやるか分からないですけれども、何らかの形でそれをやっていかないと、ここの中だけでやろうとすると、そっちでやっているのと二重になってしまってもったいないことになってしまうので、うまく協力の枠組みがどこかでできるといいかなと思いました。

以上です。

○農林水産省 ありがとうございます。まさにおっしゃるとおりでございます。そうやって奥行きを広げていくことが大事だと思っております。研究を進めていく中でほかに新しい要素を加えられるような機関がありましたら、例えば研究計画を変更するなどして、そういうところも入ってもらうことも可能でございますので、そうやって開かれた、まさにオープンイノベーションでやっていきたいと思っております。

○中須賀座長 私もお二人の委員の方と全く同意見ですので、ぜひよろしくお願いいたします。

それでは、よろしいでしょうか。

○笠間企画官 笠間ですけれども、ちょっとだけ補足をよろしいですか。

○中須賀座長 どうぞ。

○笠間企画官 先ほど片岡委員からもございましたけれども、今回、4分野やっていますが、事前に宇宙事務局でどういう分野のインフラが大事ないろいろ研究している際の議論でも、今後の時間軸で考えたときに、最初に月面開発をしていく上で、まず行くということとか作業をする上で測位・通信、これが一番早いだろうと、更に建設、エネルギーというところのインフラを整えていった上で、食料はそういう意味でいうと時間軸的には先の話ということで、ほかのに比べると少しターゲット年度が後ろのほうになる。それは当然なのですけれども、無人のうちはそもそも食料が要らないというのと、人数が少ないうちは

恐らく地上からいろいろ物資を送って行って、活動がだんだん広がっていくとやはり現地生産というふうになっていくので、そういう意味ではほかのインフラに比べると少し時間軸が長いということだと理解いただけるとありがたいです。

加えて、これは毎回言っているのですけれども、今、農水省さんの御説明の後、大規模な地上設備、これはまさに建物を建てるぐらいのイメージの設備になっていくので、かなり高額になっていきます。スターダストプログラムの中で面倒を見切れるかという部分はあって、やはりそこは農水省さん自身の予算要求も今後ちゃんと考えていただきたいという部分ではあるので、それは今この時点で決めることではないと思いますが、スターダストプログラムの今後の後年度負担というところもしっかりと見ながら、来年度の予算については相談させていただければと思っています。

○農林水産省 引き続き、よろしくお願いいたします。

○中須賀座長 ありがとうございます。よろしいでしょうか。

それでは、農水省さんはこれで終わりにしたいと思います。引き続き、どうぞよろしくお願いいたします。

○農林水産省 どうもありがとうございました。

○中須賀座長 もう一個、小型SARなのですけれども、お二人の委員の方、時間はまだ大丈夫ですか。もう少しお付き合いいただけますか。

○片岡委員 片岡は大丈夫です。

○白坂委員 白坂は抜けます。ありがとうございました。

○中須賀座長 御苦労さまでした。

では、片岡さんと二人で聞きたいと思います。

6つ目ですけれども、「小型SAR衛星コンステレーション利用拡大に向けた実証」ということで、これは内閣府から説明をよろしくお願いいたします。

○笠間企画官 こちらは今回、新規事業提案ということで御検討いただければと思っている案件です。タイトルにございますとおり、SAR衛星のベンチャー、これからの利用拡大に向けた実証事業ということになっていますが、これは夏の重点事項でもあったアンカーテナンシー政策から議論してきたものです。

「背景・必要性」は、言うまでもございませんけれども、今後、SAR衛星コンステレーションは、いろんな分野で使えるわけですが、その際に、きっかけとしての政府機関のアンカーテナンシーというものは非常に期待されている、このように政府側では受け止めております。

その中で、本格的な利用を拡大していくということで、様々な利用官庁でしっかりと調達につなげて行ってほしい。その中で、調達できないのかというのを省庁ともかなり議論しましたけれども、まだまだ衛星側の実績が足りないですし、何より機数が少ないという

ところで本格調達するのはまだ難しいのだろうという状況でした。その中で、スターダストの予算を使って実証する。利用を実際にしてもらって、課題の抽出とか整理していくということが事業の直接の目的にはなりますが、間接的な効果として、データ、あるいはサービスを購入していくことになりますので、事業者側から見ればアンカーテナント政策と受け止められるものだと考えております。スターダストの枠組は研究開発、実証を行うものですが、そのような背景がある点は御理解いただければと思います。

事業の概要としては、右側に示しておりますが、宇宙事務局のほうで事業者を公募して一括契約する。ただ、現場での利用に関しては、我々が間に入ってもあまり意味がありませんので、実際に利用省庁の側から撮像のリクエストを出していただくというようなことをやって、事業者から直接、画像データを送ったりサービスを提供いただくということで考えております。

幾つかの省庁とこれまで具体的な話をしていますが、今後、事業者から具体的に提案を頂いたり、あるいは広く利用省庁側からうちもやってみたいというような声があれば、宇宙事務局が間をつなぎながら調整して、実際の利用省庁は採択の中で固めていきたいと思っております。事業の概要としては以上でございまして、これを補正予算により、ぜひ早く始めたいと思っています。

大事なポイントですけれども、事業期間としては4年程度を想定しております。単年で終わってしまうと意味がない部分もありますし、衛星が増えていく過程で実証もだんだん拡大していく部分もありますので、4年程度にわたって事業を行うというところで事業計画としては立てたいと考えている次第です。

笠間から以上でございます。

○中須賀座長　ありがとうございました。

それでは、御質疑等ございましたらよろしくお願いいたします。どうぞ。

○片岡委員　笠間さん、非常にいい事業だと思っていますので、これはぜひ推進してほしいと思います。

○笠間企画官　ありがとうございます。

○片岡委員　1つ質問は、今、アメリカのNROは商業の小型光学衛星のレイヤーのものをもっと充実して、今、Planetなどもどんどん開発しましょうと、意外と光学衛星のほうも、この前、瀬取りというか、北朝鮮の偽装船を特定したというのは光学衛星とAISを使ってやったのですが、これはSARだけに限定するというのは何か理由があるのですか。

○笠間企画官　光学衛星については、既に5機とか6機とか上げ始めている状況であり、まだまだこれからと言うSARに注目しているということと、ユーザーサイド、現実的な利用省庁の候補というのを考えたときに、やはりSAR衛星に非常に強い関心を持っているというところなので、そういう意味で今回SARのほうに注目してやっているという経緯です。

○片岡委員　御趣旨は分かるのですけれども、あまりタイトルの限定しないで、光学も買えるようにしておいたほうがいいのではないですか。「小型衛星コンステレーションの

利用拡大に向けた実証」なんていうのはどうなのですか。

○笠間企画官 光学を対象とする場合は、改めてちゃんと議論しないといけないかなとは思っています。予算要求の過程でも、夜間、天候を問わずというようなSAR衛星の魅力がかなり強調されたのは事実ですので、光学を対象とする場合は、改めて一から議論をしなければいけないかなとは思っています。

○片岡委員 これは毎年というか、予算要求だから、来年になったらちょっと変えてもいいわけですね。

○笠間企画官 それはできると思います。他方で光学については既に衛星機数も増えてきているので、逆に言うと、利用官庁に本格的な調達をしてくれというほうにかじを切らないといけないような気がします。つまり、SARはまだ実証段階ですということで内閣府でやっていきますが、光学については、本来的には利用官庁に予算を取ってちゃんと調達してくれというふうに迫っていかないといけない部分でもあるので、内閣府の実証でやってしまうと、執行猶予が延びてしまうようなことにもなりかねず、そこはよく政策的に議論しないといけないかなと思います。

○片岡委員 やはりSARもそうですけれども、光学も利用省庁が、3とか5だとよく見えない、だから使えないと言うのです。ディープラーニングとかいろんなものを使うと、3から5も利用できるのですが、まだまだ国内事業者は厳しく、そういう意味で、SARだけではなくて、今後、光学もインセンティブを与えてやる必要があるかなという気がします。

以上です。

○笠間企画官 ありがとうございます。優先撮像権ということを考えてときに国内事業者は重要というのは思っております。

○中須賀座長 ありがとうございます。

これは大事な議論だと思います。アメリカは、デューティーの、いわゆるアンカーテナンシー目がけて、ICEYEもみんなアメリカになびいている感じで、組んで、アンカーテナンシーの中でたくさん衛星の発注あるいはデータの発注があるという中で育とう、こういうふうにかじを切っている中で、日本で出てきた幾つかのベンチャー会社はまだまだひよっこですけども、これらが競争するためには少なくともそこでハンディキャップを与えると勝負できないので、やはり日本としてもアメリカと全く同じは無理ですけども、ある種、近い環境を与えてあげないと勝負できないということで、それが今回のこの施策につながったと理解しております。今の光学の話も含めて、これは今後もぜひ強化していきたいと思うところです。

あと、大事なことは、ここで省庁さんに使っていただいて、やがては省庁さんが発注していただくというような世界にしていけないと、ずっと内閣府でやり続けたのでは、これはまさにスターダストのプログラムの一つの目的ですけども、やがては各省庁さんが自前で買っていただく、こういう方向にうまくつなげていくような施策のつもりで我々はスターダストを動かしていますので、そういったことを今日来ていただいている省庁さんは

ぜひ御検討いただきたいというところでございます。ある種、試行錯誤的にここで得られた画像を使っていただいて、よければというよりは、できれば今後は使っていく方向で御検討いただくということがすごく大事だと思いますので、よろしくお願いいたします。

○笠間企画官　そういう意味では、今回、公募をかける際に、具体的な衛星配備を増やしていく計画というのを明確に持っているか、その信憑性があるか、覚悟があるかというのを公募条件にしていくことも必要ではないかと考えております。こういう事業をやるからには、衛星の数を、投資を集めて、今、1機というのを早いタイミングで10機、20機と上げてもらいたいので、その覚悟はこの公募の中で問いたいと思っています。他方、30機、40機までいかなくても2桁ぐらい衛星の数が出てくると十分頻度的に魅力が出てくるので、まずそこまで持っていくというのがこの事業なのではないか、そこでうまく利用省庁の調達にボタンタッチできればいいかなと思っています。

○中須賀座長　そうですね。そういう意味でいうと、今、言った覚悟とスピード感ですね。

○片岡委員　それは重要ですね。笠間さん、重要ですから、そこをよろしくお願いいたします。

○笠間企画官　はい、しっかりと指導していきたいと思います。

○片岡委員　あと、買ったものを、多分、精度はあまりよくないと思いますが、いろんな処理していくソフトとか何かというのは利用省庁とかは持っているのですか。

○笠間企画官　私も全部聞いているわけではないですけども、省庁の中には、画像データを、生データを買って、それを自分自身で分析しているそうです。ただ、最近どんどん複雑になっているというのと、AI分析をして効率的にみたいところまでいくと、そこまではできていないようで、関心を持たれていると思います。

○片岡委員　画像1つは多分、1枚を見てあれなのですね。

○笠間企画官　そうですね。

○片岡委員　何万枚も買って処理する能力はないのでしょうかね。

○笠間企画官　そこまではっていないと思いますので、この間、ある省庁と話したときには、これから画像データ買いだけではなくてサービスも考えていかないといけないというふうなことも言っていたので、この事業自体は生データが欲しい人は生データだし、解析サービスもセットで欲しい人はという、両方できるようにしようと思っています。現在自分で分析している省庁であっても、実証の中では少し解析サービスとかも使ってみるようには促していくというのもいいかなと思っています。

○片岡委員　そうですね。NR0は、州で大体、光学が中心だと思いますけれども、光学、SARを含めて5万枚以上買っているらしいですから、そんなのは誰も見られない。そのソフト開発も、今後、利用拡大する上ではデータプラットフォームをどうするのか、クラウドをどうするかといったところは重要になってくるような気がしますね。

○笠間企画官　はい、ありがとうございます。

○中須賀座長　ありがとうございます。

それでは、今の留意点も含めてよろしくお願いいたします。

では、よければこれで終わりましょうか。

それでは、内閣府さんの件はこれで終わりにしたいと思います。ありがとうございました。

以上で本日の議題は全て終わりましたが、最後に事務局から何かございますか。

○笠間企画官 前回と同じでございますけれども、今日の御議論も御指摘事項等を整理して改めて御確認をお願いしたいと思っております。もし追記がございましたら、それも含めてお願いをして、それを踏まえて、今月、各省のほうでもしっかり中身を精査していただいて、予算の調整もした上で、また先生方に御相談させていただきます。1月末にまた実証小委員会の中で正式な決定をと思っております。

○中須賀座長 次は1月末ということですね。

○笠間企画官 はい、その前に途中で状況など御説明させていただければと思っておりますので、またよろしくお願いします。

○中須賀座長 了解です。

それでは、各省の皆さん、どうもありがとうございました。本日はこれで終了したいと思います。どうもありがとうございました。引き続き、よろしくお願いいたします。