

宇宙開発委員会第2回推進部会議事録(案)

1. 日時 平成22年7月26日(月曜日)13時～15時45分
2. 場所 科学技術政策研究所会議室(霞が関ビル30階3026号室)
3. 議題
 - (1) 小型固体ロケット(イプシロンロケット)プロジェクトの事前評価について
 - (2) はやぶさ2プロジェクトの事前評価について
 - (3) その他
4. 資料

推進2-1	イプシロンロケットプロジェクトの事前評価 質問に対する回答
推進2-2	はやぶさ2プロジェクトの事前評価 質問に対する回答
参考2-1	宇宙開発委員会 推進部会の今後の予定について
5. 出席者

推進部会部会長	青江 茂
部会長代理	井上 一
委員	森尾 稔
委員長	池上 徹彦

- | | |
|------|-------|
| 特別委員 | 小林 修 |
| 特別委員 | 佐藤 勝彦 |
| 特別委員 | 澤岡 昭 |
| 特別委員 | 鈴木 章夫 |

- | | |
|------|-------|
| 特別委員 | 住 明正 |
| 特別委員 | 高柳 雄一 |
| 特別委員 | 建入ひとみ |
| 特別委員 | 多屋 淑子 |
| 特別委員 | 中西 友子 |
| 特別委員 | 廣澤 春任 |
| 特別委員 | 宮崎久美子 |

- | | |
|-----------------------|-------|
| 文部科学省大臣官房審議官(研究開発局担当) | 森本 浩一 |
| 文部科学省研究開発局参事官 | 松尾 浩道 |
| 文部科学省研究開発局宇宙開発利用課課長補佐 | 有林 浩二 |
| 文部科学省研究開発局参事官付参事官補佐 | 瀬下 隆 |
| 文部科学省研究開発局参事官付委員会係長 | 小林 伸司 |

【説明者】

- | | |
|---|--------|
| 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
(イプシロンロケット)
宇宙輸送ミッション本部
イプシロンロケットプロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ | 森田 泰弘 |
| ファンクションマネージャ
(はやぶさ2) | 井元 隆行 |
| 執行役 | 長谷川 義幸 |
| 月・惑星探査プログラムグループ
プログラムディレクタ | 川口 淳一郎 |
| 准教授 | 吉川 真 |
| 助教 | 矢野 創 |

6. 議事内容

【青江部会長】 第2回の推進部会を始めさせていただきたいと思いません。本日の議題は、前回と引き続きまして2件、イプシロンロケットプロジェクト、それから、はやぶさ2の事前評価ということになります。

まず議事に入る前に、配付資料の確認を事務局からお願いいたします。

事務局から配布資料の確認が行われた。

(1) 小型固体ロケット(イプシロンロケット)プロジェクトの事前評価について

【青江部会長】 まずイプシロンロケットプロジェクトの事前評価ということですが、本日は御質問をいただいていますので、それにつきまして、それぞれ、まずJAXAから、回答を御説明いただいて、そのあと質疑に移りたいと思います。よろしくをお願いします。

JAXAから推進2-1に基づき、説明があった。主な質疑は以下のとおり。

【廣澤特別委員】 最後の「将来計画」についてですが、短い御説明でした。JAXAは、中期計画ですか、5年単位の計画をつくっていますね。それがどうなっていて、それとの関係はどうなっ

ているかを教えてください。

【JAXA(森田)】 中期計画の中では、輸送系の基盤技術の高度化という項目で、こういう共通技術をいかに発展させるかという計画が具体的に記述されています。その中でSRB-Aの改良とか、搭載電気製品の次世代化、あるいは構造の次世代化というのが項目としては入っております。

今回のイプシロンは、その研究の内容を、項目としては大体同じなんですけど、内容をさらに高度化します。例えば、アピオニクスの価格を単に下げるだけではなくて、半分ぐらいに下げるということで、項目としてはもともと輸送系の研究テーマとして含まれているものの、内容をもう少し歩進んだものにしたいということで、今調査研究を進めているところでございます。

【青江部会長】 多分、廣澤先生の御懸念は、今回のロケットというのは、それはそれなりに1つの区切りとして相当立派なロケットであるというのは認めるけれども、次の29年の第2段階をやってこそ世界に冠たる固体ロケットというものが仕上がるではないか、その後ろ側の第2計画とでも言うべきところについては、ちゃんとJAXAは腰を据えてちゃんとやってくれるんでしょうねという御懸念なんですよ。

【廣澤特別委員】 念のため申し上げます。この質問を書いたのは私ではありません。ここでは、中期計画との関連を知りたく、伺ったものです。

【JAXA(森田)】 現在書かれている中期計画としては、今回提示したイプシロンの29年度に打つ最終形態みたいな踏み込んだところまでは、まだスコープとしては入っていなかったはずですので、それをしっかり入れて、イプシロンの最終形態は確か

に実現できるという、そういったシナリオはしっかりつくっていく必要はあろうかと思えます。その辺は私一人がお答えする話ではないかと思えますけれども、しっかりやります。

【鈴木特別委員】 ロケットの開発というと、ロケット本体に注目が行きがちなので、それは当然のことなんですけれども、設備だとか運用計画について、よく認識はされていると思えますけれども、機体の計画と同時に、設備系だとかオペレーションの計画というのは並行してやっていただいていると思えますけど、それは大丈夫なんですか。

【JAXA(森田)】 はい。もともと射場については簡単簡素なモバイルなものを新設する予定だったんですけれども、今回の開発計画は、開発費を抑えるために、なるべくあるものを最大限に有効活用しようと考えています。これは射点がどこでもという枕詞がつきます。

内容としては、既存の設備を使うと、運用が悪いまま変わらないという点が当然出てくると思えますので、今の課題はそのような点を完全に識別して、こういったところの機器はそのまま使えます、設備は使えます、あるいは、こういったところは変えなければいけませんというのをしっかり識別した上で開発するという計画になっています。

【廣澤特別委員】 今の御質問とかかわりがあるのですが、モバイル化とか、かなり簡素にしていくということで、実際にフライトオペレーションにかかわる人員の数は、どの程度変わりますか。

【JAXA(森田)】 今回の説明資料には載せていなかったんですけれども、例えば、管制室の中の風景を想像すると一番わかりやすいと思うんですけど、M- で言うと、管制室の中にはたくさ

ん機械が並んでいて、搭載機器ごとに点検装置が並んでいて、その点検装置1台に4~5人のエンジニアがへばりついて、トータルで多分50人とか100人に近い規模でロケットの管制を行っていたと思うんですけれども、それがイプシロンロケットではどうなるかという、そういうたくさんの管制機器というのが基本的にはノートパソコン1台になります。実際には1台というのは、冗長性の制約で2台になると思うんですけれども、それを監視する人、オペレートする人というので、数人になると思うんですね。だから、簡単に言うと、ロケットの管制に関しては少なくとも50人ぐらいいた人が、4~5人ぐらいになるであろうというふうに考えています。

ただし、これはロケットの近くにある管制室の中の世界の話であって、広く打上げ射点としては、テレメータのアンテナとかトラッキングレーダのアンテナとか、たくさんあるわけですね。今回のイプシロンでは、そのところの改革はまだ次のステップに送られていて、いわゆるアンテナ系、「射場系」という言葉でJAXAでは呼んでいますけれども、そういったところは残念ながら今までと同じ、ちょっと多い人数で運用せざるを得ないというところがあります。

29年度の最終目標では、そういったところもしっかり改革しようとしていて、例えば、ロケットの飛行安全を、今のイプシロンというのは点検を自立化させてロケットにやらせようとしていますけれども、今度はロケットの飛行安全みたいなものを自立化させると何が起こるかという、極端に言うと、高価格なトラッキングレーダが要らなくなる。そうすると何が起こるかという、今度は射場系を含めた、アンテナ系を含めたオペレータの数もうんと減るであろうと。そういったことをイプシロンの最

終形態では、次のステップとして実現していきたいというふうに考えています。そこまでいくと、もうロケットの射場というのは、皆さんのイメージと全然違って、管制はパソコンでやり、今たくさんアンテナがあるんですけど、そういうのもたくさんは要らなく、1つか2つでいい、という世界になります。そうすると、多分、野球場の中継車みたいな、いわゆる移動観測車みたいな上にアンテナがついていて、どこでも打てるような、本当に小さな簡単簡素な打上げ射点というのが実現できると思っています。それが未来の再使用型ロケットには絶対必要な技術で、そういうことをイプシロンでしっかりやらせてほしいというのが私どもの願いです。

【澤岡特別委員】 固体燃料なんですけど、M- ではサイアコール社の技術が日本油脂の製造に使われていたとかつて聞いたことがあるんですけど、今回は100%国産技術ですか。

【JAXA(森田)】 M- ではではなくて、SRB-Aではですね。SRB-Aというのは、サイアコール社、今、ATKという会社になっているんですけども、SRB-Aのモーターケースというのは、そのライセンス生産なのです。

モーターケースというのは、ロケットのドンガラですね。中の推進薬とかノズルというのは国産です。

それから、M- に関しては、これはペンシルの時代からずっと国産でやっていますので、外国の技術は一切ないんですね。そういう意味では、今、イプシロンはSRB-Aを使っているという観点で、暫定的に少しモーターケースの製造に外国のライセンスが入っていますというのは事実ですね。

【鈴木特別委員】 ベガもたしか最上段に液体ステージを搭載していて、あれは分離すると思っていたんですけども、これの分

離はしないわけですか。

【JAXA(森田)】 ええ。ベガの4段目は4段目で、これは3段目の固体ロケットから分離して運用する液体ステージなんですけれども、我がイプシロンの場合には、下についている固体ロケットが、M- のキックモータ相当で大変小さいので、あえてこれを分離することによる構造の複雑さよりも、そのまま基本的にくっつけて運用したほうが、どうせ軽いんだというトレードオフを行いまして、今ベースとしては分離しないというふうに考えています。

ただ、今後検討をさらに詳細に進めると、熱的な問題等もありますので、いっそ分離したほうが得ということもあり得ると思います。

【森尾委員】 12ページの表がありますが、聞きたいことは、ここに出ている数字は、CFDによるシミュレーションの結果の予測値なのか、実験値なのかということです。というのは、イプシロンロケットでも、M- ロケットでも、ピーク周波数がほとんど31.5とか、その倍数になっており、山だけ書いてあって谷が書いてないので、どれぐらいのこぼこかわからないんです。ひょっとすると、これはロケットそのものじゃなくて、射点の構造からくるピークなのかなと考えました。

【JAXA(森田)】 はい。すみません、説明のときにそれを気をつけてお話ししたつもりなんですけれども、音響を下げる工夫というのは2つあって、今おっしゃったように、射点側の工夫ですね。なるべく発射台が地面から遠くなるようにかさ上げするとか、燃焼ガスが穴を通して抜けていってくれるようにするとか、そういう工夫と、もう一つは、フェアリングという構造そのものが音を減衰させるというように、その内側に音を吸収する吸音材

を張りつけ、その効果で下げるといふ、ロケット側の工夫と射点側の工夫と両方あります。

この表はたまたまロケットのノーズフェアリングの外側での値なんで、射点側の工夫だけが込められた値です。この後、フェアリングそのものの減衰効果と吸音材の効果でもうちょっと下がるということで、10ページ目の表でいうと、我がイプシロンの値は140 dBというところに書いてありますけれども、12ページでは147 dBというふうに書いてあるのは、その差でございます。

【森尾委員】 それで、お聞きしたいことは、その12ページの表が、ピークが書いてあり、谷が書いてないんですけど、これはフェアリングの外側の音響レベルですよ。

ですから、その中に防音材とか、中をどうかするというような別な工夫があると思うんですけど、このピークを下げるためには射点の構造も、これの周波数をずらすような仕組みが必要ですよ。

それはピークとポトムのレベル差がどれくらいあるかによるんですけども、ピークが非常にとんがっているのであれば、比較的これをならすのは簡単だという気がするんですね。ちょうど大体倍数になっていますから。

ピークとポトムの差があんまりないんであれば、その射点の幾何学的構造をあんまりいじってもこのレベルは下がらないのではないのでしょうか。その辺をちょっとお聞きしたい。

それからもう一つは、この2つの表で、右側のM- ロケットのほうが、全体にブロードな感じがします。要するに、31.5 Hzから4000 Hzまでが140 dB超しているわけですね。それに対して、イプシロンロケットのほうは、もうちょっと、125 Hzから

500 Hzぐらいのところにはピークがあるというふうに読めるわけで、その差はどこから来ているかというのを知りたいです。

【JAXA(森田)】 まず、イプシロンに関しては、これはCFD解析の結果になっていて、M- は、フライト実測です。

【森尾委員】 実測と計算が並べて書いてあるんですか。

【JAXA(森田)】 はい。左側にはかなりCFD上の不確定性があるというのと、右側には、マイクロホンではかっていますから、いわゆるあらゆる周波数がちゃんとはかれているかという、必ずしもそうではないです。どっちかという音響レベルというのはそういう細かい解析をしたのを、全体的に下げる工夫をされていて、それはどういう工夫かという、先ほどお話ししたように、発射台というか、ロケットを支えている台の先端を地面からいかに離すかというところで1つの工夫があります。もう一つは、離れた上で、燃焼ガスが地面にどーんと当たったところではね返ってこないように、穴を掘っておいて、燃焼ガスの向きをちょっと変えてやります。そういうような2つの工夫があって、このくらい離れたらどうなるか、このくらいの穴を掘ったらどうなるかというケーススタディをCFDでして、大体このくらいだったら地上設備としてできそうだねという数字がここに書いてあります。

だから、あくまでも計算上の話なんですけれども、計算のマージンということでお考えいただければいいと思います。

【住特別委員】 それと、先ほどの射場のことなんですけど、非常に簡単にできるように考えていると言われましたけども、そうすると、例えば内之浦とか、ああいうのはやめるということを考えているんですか。それとも、今の射場の体制はそのままでということなんですか。

【JAXA(森田)】 はい。射場については、今回のイプシロンロケットは基本的にはあんまり射点には依存しないように設計しておりますので、基本的にはどこでも打てるような、算段になっています。ですから、我が国の射場としては2つあると思うんですけども、そのどっちに持っていったって、今回の射場建設というのは可能なように検討を進めているところでございます。

その上で、さっき申し上げたかったのは、ある施設で、あるいは設備で使えるものはなるべく使いましょう、ただ、これを使ってしまうと運用が複雑になりますということは新たにしようというような仕分けをしっかりとやっているところでございます。

【住特別委員】 そうしますと、例えば、将来、ロケットがイプシロンと基幹ロケットに大体なると考えていいわけですね。そういうときに、どのように合理的に射場形成をするかみたいな、そういうプランニングというのは、JAXAとしてはされているんでしょうか。

【JAXA(森田)】 はい、もちろん、このイプシロンと今のH- A、H- Bだけではなくて、種子島の将来をどうしますか、内之浦の将来をどうしますかという観点でしっかりやっています。で、基幹ロケットとイプシロンに分かれるというお話ですけども、先ほどお話ししたとおり、基幹ロケット1本だとなかなか小型衛星の取り回しが厳しいということで、イプシロンは必要なので、現実には小型のイプシロンと大型のH- A、H- Bに分かれると思います。その上で射点をどうするかというのは、あまりロケットに依存して考えても仕方がないんで、しっかり将来の構想を含めて考えたいと思っています。

ちなみにという話をすると、私からすると、というかロケット開

発者の観点からすると、内之浦だ、種子島だというのは、スケールが小さすぎるんですね。内之浦の発射台と種子島の発射台は、双眼鏡で見れば見えるような距離にあるわけです。そんなところで、これは2つの射場だと考えるほうがおかしくて、ロシアなんて行けば、この2つの発射台というのは、単なる1つのセンターの単なる2つの発射台なんですよ。だから、そういう観点で、もうちょっとしっかり考えていきたいというふうに思っています。

【中西特別委員】 どなたか03に自前ロケットを用意する理由ということを書かれていらっしゃるんで、今ちょっと気がついたことを御質問させていただければと思いますが。説明の50ページに実機コストということで、JAXAでは29年度に、今は38億円で、29年度に30億円となることを目標に開発されていますけれども、欧州では2005年度に既に目標が20ミリオンダラーになっていますね。ところが、日本は、後から始めるにしましても、当初が39ミリオンで、目標が30ミリオン。目標を厳しくすればするほど、いい技術というのは開発されるんじゃないかと思いますが、いろんなことをもくろんでいるということはわかりますし、準備されているということもわかりますけど、それに合わせたような技術開発を促すという意味では、最初から20億円とかもう少し厳しくてもいいのではないかと思いました。

そのことが1つと、あと、資料を見ますと、開発コスト205億円とありまして、オプション開発を含むということが2カ所、機体開発が110億円、あと、試験機もオプション形態含んで53億円となっておりますけれども、全く国民目線というか、素人から見ますと、例えば、ほかのもの、「もんじゅ」でも200億円かけて非常にいろいろ言われている折、この内容を、このオプション

はなくてもいいのかとか、オプションだけにかかわらず、なぜこの積み上げて110億円になるのかというような、別にこのことがどうだこうだというんじゃないんですけど、やっぱりオーブンに価格のことも議論してほしいなと思うんですね。何に幾らかかってこうなんだと。それをお伺いしたいのと、2点でございます。

【JAXA(森田)】 順番にお答えしたいと思います。

まず、提示資料の50ページ目の実機コストなんでございますけれども、ほかに安いロケットがありますよというのは、ベガのことをおっしゃったんですか。

【中西特別委員】 はい。欧州で青い印で、上から下まですーっと落ちてきて、2005年時点で目標が20ミリオンドルと書いてあるので、2005年時点でこれを目標にしている、私たちは2017年での目標ですよ。

【JAXA(森田)】 このところは、前回は説明差し上げたと思うんですが、今おっしゃったのは、ヨーロッパで開発しているベガという固体ロケットなんですけれども、このグラフの中で、そのベガの目標にしていますよというところの20億は、緑色のひし形で書いてありますよね。一方、そこに向かって青い矢印が70億円あたりから引っ張ってあって、そこに今度は紫色のダイヤモンドが書かれていますよね。

このところがものすごく問題で、要は、白抜き緑のダイヤモンドというのは、政府支援を投入して、実際のロケットの打上げにかかる費用を安くして提供するという、いわゆる販売価格なんです。しかも、ヨーロッパの域内でのみ有効な販売価格です。この販売価格をどうやって実現したかというのは、そのVERTAという水色の四角の中に言葉だけ書いて

ありますけれども、ベガを特別に支援するというプログラムがあって、もう幾ら投入してこの政策価格を実現したかというのがわかっているんですね。それを逆算すると、大体70億円あたりの青いひし形の価格になって、これがベガを打つために本当に必要なコストであろうというふうに我々は推測しているところですね。これと我がイプシロンのこの赤いマルの上側、約38億円あたりについていますけれども、比較するというのが妥当ではないかというのが我々の主張なんですね。

要するに、実際にロケットの打上げにかかる一切合財の費用同士を比較すると、イプシロンは38億で、ベガは70億ぐらいです。ただ、ベガのほうは、こんなに高いのではというので、わざわざ政府支援を投入して安い価格でヨーロッパの中で売ろうとしているというのが実態です。ですから、ロケットの潜在能力同士の比較で言うと、イプシロンの38億と比較するのは、ベガのこの70数億という数字になるんですね。ですから、決して今回の目標が不当に低いということは一切考えておりません。十分高い目標ではないかと考えております。まず1つ目、よろしいでしょうか。

【青江部会長】 開発計画の開発資金のほうはいかがですか。

【JAXA(森田)】 開発資金ですか。どうしてそういう開発資金が使われるかという事ですね。

【青江部会長】 200幾らでしたっけ。

【JAXA(森田)】 205億です。

【青江部会長】 205億かかるのはどうしてなのかということがもう少しきちんとかねればいいですねというのが御質問でした。

【JAXA(森田)】 なるほど。僕もそう思いますし、いっそ言ってしまいたいんですけど、どういう整理にしますかね。あまりロケット技

術の中身が公になるような形で……。

【青江部会長】 従前、開発費がどれくらいかかるのかという、いわゆる細かい内訳につきましては、衛星につきましても、ここでの皆さん方の御下問としてあったわけですね。ただし、それを非常に詳細にここでオープンにいたしますと、これから公募へかけるわけで、そここのところとの関係が非常に微妙になってまいりまして、何が細かく幾らというのは、オープンの場合としては非常にしにくいですねという話が1つあります。それで、この205億というのの合理性、それを何らかの形でもう少し皆さんがわかるような説明というのは何か工夫ができますか。

【JAXA(森田)】 要は、イプシロンの205億が妥当ですか、しっかりやっていますねというところが一番のポイントになると思いますので、似たような新型の固体ロケットとして今ヨーロッパで開発しているベガにどのぐらいの開発費が投じられているかというのは、これは調査の結果、提示資料の51ページの棒グラフのようになっているんですけれども、このように世界の同種の固体ロケットに比べても、開発費のブレークダウンということはともかくとして、開発費の総額としてはかなり効率的な開発になっているのではないかと自信を持ってお伝えできると思います。

【青江部会長】 まさに衛星のときも同じような1つの手法といいたいまいしょうか、同種の海外のに使ったお金との間の比較で、どうでしょうかという話がありましたけれども、この51ページを見ていただくと、ヨーロッパの開発に比べると205億円というのは相当小さいですね。これは、1つの推測材料としてはあるかなということですね。

【JAXA(森田)】 はい。そう申し上げることができると思います。

【森尾委員】 あんまり森田先生に盾突くつもりはないんですけれども、イプシロンの場合は、もともと日本が得意としてきた、糸川博士以来の50年の歴史を持つ固体ロケットの延長線だということと、もう一つは、H- A今のロケットブースタの転用だということ、2つの非常に有利な条件でもって開発を進めようという条件ですね。それに対して、ベガのほうは、どうなんでしょうか。その辺が、ベガのほうは真っさらに開発するんだったら、これぐらい差が出るのは当たり前という感じもするんだけど、その辺はどうでしょうか。

【JAXA(森田)】 ベガのほうも、アリアンのサイドブースタが設計のベースになっているので、全く真っさらからスタートしているわけではなくて、ひな形はあった上でやっていますというところは、大体似たり寄ったりではないかと思うんです。

ベガのほうはどうやら単なる固体ロケットで、新しい技術の開発については何ら公表された情報からうかがい知れないです。一方、イプシロンのほうは、さっき申し上げたとおり、この205億円というのは、固体ロケットだけのために使われてしまうのではなくて、次の基幹ロケット、あるいは将来の輸送系に必要な技術開発を先行的に単に実証している部分というのがあって、そういう意味でも、我がイプシロンの開発の効率はかなりいいというふうにお答えできると思います。

【青江部会長】 それはやっぱりM- までの実績と、ヨーロッパがやっている固体ロケットについての今までの実績を比べると、それはもう日本のほうが圧倒的に高いわけで、これぐらい差が出てくるのも当たり前かなという気がしないではないですね。

【JAXA(森田)】 いや、潜在能力というか、おっしゃるとおり、固体ロケット50年の歴史というのが我が国にはあるんで、このぐらいで

きて当然というのは当然の御指摘だと思うんで、しっかり頑張りたいと思います。

【鈴木特別委員】 別に応援団じゃないんですけど、やっぱり1つ補足させて頂きたいと思います。欧米に比べて非常に差があるのは、日本の場合が、よきにつけ悪しきにつけ小回りをして、かなりコストを安くしているということは事実ですね。ヨーロッパで一番の問題は、これは国策とも関連するんですけども、産業政策でずっと仕事をばらまくんですね。そうすると、仕事は行き渡るんだけど、非常にコスト高になります。一方、日本は今までの経験に基づいて、ある程度作業を集中しています。それをうまく生かしているということも実はあると、思いますので、それを当たり前と言えば当たり前なんですけれども、やはり日本はかなり合理的に開発をいろいろやっているのは事実だと思います。

【住特別委員】 昨今の仕分けとか、いろんなことで皆さんが言っているのは、何らかの国民レベルで、正しいお金がどのくらいかということを知りたがっていると思います。特にこういう大型の開発というのは、何かわけわかんないような額が出てくるので、そういう相場感があるんだよというのを国民の中でつくられておかないと、たたけばいいからと、どんどんたたいていたら、多分、非常に危なくなるので、やっぱりあるものをつくらうとすれば、ある程度のコストはかかるんだよという共通認識がつけられておく必要があると僕は思います。そのためにも、若干細かいところがわかりにくくなっているので、そういうのは秘密を漏らすという意味じゃなくて、物には金はかかるんだということの説明できるような情報開示はやっぱり努力されたほうが、いいんじゃないでしょうかね。

【青江部会長】 わかりました。大変ごもっともな御指摘ではないかと思うんですが、先ほどの、これから先の事業者との間の契約があとに控えているという事情を踏まえつつ、今の住先生の御指摘にこたえられるのか、何か少しいい知恵があるか考えてみてくださいか。

【JAXA(森田)】 知恵というのは、その情報開示のことですか。

【青江部会長】 情報開示といいましょうか、住先生が言われた一番の趣旨は、開発費205億というものの合理性ですね。これを何らかの形で納得できる、その根拠みたいなものですかね。

【住特別委員】 はい。だから、契約者が決まってからでいいんですよ。それは別にその前に出せということじゃなくてね。決まった後で、こんなところが大変で、こんなこともするんだ、例えば、こんな開発をこのくらいかけてこんなこともやっているんだと言われると、それこそ「プロジェクトX」じゃないけど「大変なことをしているんだね」と思えば、「ああ、これは安い」と思うだろうし、ちょこちょこつとやって、すごい高い伝票が回ってくるんだったら、「高いな」と思うだろうし、そういうことで、こういう大きなプロジェクトは、みんなが共感を持てるような、そういう情報開示というのがこれから必要になってくると思いますので、それをやられればいいんじゃないかなと思います。

【青江部会長】 事後でいいですか。

【住特別委員】 決まってから。前はやっぱり難しいと思いますので。

【JAXA(森田)】 はい。今の御指摘は大変大事なことでありますので、そういう国民目線でしっかり御納得いただけるような説明の仕方を、今後、情報開示を含めて取り組んでいきたいと思います。

【青江部会長】 はい。ほか、いかがでございましょうか。

それでは、大変恐縮でございます。瀬下さん、さらに御質問等がある場合には、またメールで受け付けるのですよね。

【事務局】 改めまして、水曜日までにメールを事務局のほうにお届けいただければ、木曜日を一応目録としましてJAXAから回答させていただきますまして、金曜までにそれも踏まえた上で、評価票という形でお出しいただけるとありがたいと考えております。

【青江部会長】 ということでございますので、さらなる何か御疑問、是非問いただしておきたいということがございますれば、またよろしくお願い申し上げます。

(2) はやぶさ2プロジェクトの事前評価について

【青江部会長】 それでは、次の議題に移らせていただきたいと思います。引き続きまして、はやぶさ2のほうにつきましても、幾つもの御質問をいただいております。それに対しましての回答の説明をお願いいたします。

JAXAから推進2 - 2に基づき、説明があった。主な質疑は以下のとおり。

【中西特別委員】 太陽系の起源を探るということは非常によくわかるんですが、生命系の起源と進化ということは、やはり地球で調べるほうがずっとわかりやすいわけですね。有名なアミノ酸がどうしてできたかという、原始宇宙の組成で実施されたユリー・ミラーの実験もございますが、太陽系ができたということに中心を置きますと、やっぱり今度は「はやぶさ」で採ってくる

わけですから、スペクトルで外側から見るのではなくて、実際にものが採れて、それをどういうふうに通過、実験するかということは、例えば、月の隕石が初めて地球に持ち帰られたとき、NASAは世界中の科学者を集めて十分な実験をしたんですけど、それと比較しますと、例えば、この中には同位体比は酸素しかないですね。ありとあらゆるものの同位体比を計測すれば、時間のこともわかりますし、また温度もわかる。あと、放射能測定をどうしてしないのかということも問題なんですけど、そこら辺の体制はこれから十分に調べていくんでしょうか。最初はビッグバンでいろんな元素ができてきて、鉄系がたくさんできて、たまって、惑星はできてくるということから考えますと、やっぱり元素に着目した分析系というのはものすごく大切だと思うんですね。それも化学的にどう分析するかということも必要ですし、測定系の人にも必要だと思うんですが。それから思うと、生命を書く前に、やっぱりそういうことをもう少し詰めていただきたいと思いますと思うんですが。佐藤先生、いかがでしょうか。

【佐藤特別委員】 それは基本的なことだと思います。これはもう、されると思っているはずですよ。

【JAXA(吉川)】 はい。例えば、14ページの、ちょっと細かくて省略してしまいましたけれども、14ページの下半分の最初のマルポツですね。そこにありますように、基本的に元素組成の分析はまずは行うということです。

あと、生命の起源・進化というのはちょっとキャッチフレーズ的でして、本当は生命前駆物質ですね。生命につながっていったであろう物質を原始太陽系の星雲にあったものを解析したということで、生命そのものが見つかるということではない

ことになります。

【中西特別委員】 元素組成ではなくて、元素の同位体比ですが、それに十分着目してほしいと思います。

【JAXA(吉川)】 実際に分析をされている中村先生のほうから説明します。

【JAXA(中村)】 すいません、東北大の中村でございます。同位体比に関してでございますが、ここには代表的な同位体しか記載しておりませんが、基本的にはあらゆる同位体比を測定することが可能でありますし、その取得できたサンプル量に応じて精度も決まっております。ですから、元素組成とともに、同位体比もできる限り多くのものを測定したいと考えております。

【中西特別委員】 あと、放射能測定はどうでしょうか。

【JAXA(中村)】 それは可能でございます。低レベルの放射性施設に持ち込んで、バックグラウンドをきちんと測定した上で、新しい宇宙物質の放射性レベルを測定することも可能でございます。

【中西特別委員】 それから、出てくるガスの中の放射能測定も非常に大切だと思います。

【JAXA(中村)】 そのとおりでございます。

【中西特別委員】 はい、わかりました。

【青江部会長】 科学的なことは全くわからずに口を挟んで恐縮なんですけどね。多分、中西さんのいわゆる御疑問は、非常に簡単に言うと、日本中の、ないし世界中のサイエンティストをきちんと集めて、せっかくの貴重な試料を解析する体制が、ここに書いてあるだけから想像する限り、一言で言うと非常に不十分なのではないですかと、そういうことではないかと思うん

ですけれども、それは書いてないだけの話で、もっと丁寧に書けば中西さんの御疑問はきちんと解消されると思えばいいんですか。

【JAXA(吉川)】 そうですね。ちょっとこちらの説明が足りなかったんですが、最初に初期分析をして、そこでまずは採ってきた物質をざっと調べます。その後、今度は物質を詳細分析にかけていきます。そういう2つのプロセスに分かれます。詳細分析というのは、本当にそれぞれの分析の、世界中の専門家の人にサンプルを渡して分析してもらおうというわけですから、これは体制としては本当にきちんとしていて、分析のほうはできると思っております。

【佐藤特別委員】 青江先生の質問に関係していますけれども、やっぱり研究体制のことについてお伺いしたいんですけれども。私、全く素人ですから、川口先生は引き続いてチームを引き継いでやられるんかとは思っていたんですけれども、この体制を見ますと、まだはっきりしていないんでしょうかね。吉川先生が準備室を立てられて、責任を持って今されているという状況でありますけれども。吉川先生はもう天体物理で、天体力学で有名ですけども。これはまだ体制がはっきりしていないということで、準備体制ということで進んでいるということまで理解してよろしいかということです。まず1つですね。

それから、理学のほうも、サイエンスチームとか、理学研究グループとか、いろいろ書いてあるんですけれども、そのあたりの役割がちょっとよく見えないんですね。後でチームの内訳なんかも書いてございますけども、これは協力者というレベルなのか、本当にこの推進の責任者になるような方々を書いているんでしょうか。41ページのことを言っているんですけ

どね。このあたりをちょっとお伺いしたいと思うんです。

それから、このミッションの成功のかぎは、やっぱり工学の方々が握っていると私は思うんですね。先ほども技術的にこのサンプルリターンは確立していないとおっしゃいましたし、やっぱりかぎはそういうところにあるんじゃないかと思うんですが、具体的に体制はどうなっているのでしょうか。この表では、青で囲んだ中の端のところにも月・惑星探査プログラムの専門技術の組織としてこういうのがあって、多分、これが協力するという意味なんではしょうけれども、具体的にこのはやぶさ2というプロジェクトの中で責任を持ってやる方の体制とか、そのあたりはどうなっているのかとかがちょっと見えなくて、是非だれがキーパーソンになるのか、そのあたり、わかっているならば教えてほしいと思うんです。

それから、同時に、従来のISASのミッションであるならば、理学委員会とか工学委員会との議論を含めて議論されているわけですがけれども、ここでも同じように、ISASの理学委員会、工学委員会というのを黄色く枠に囲んで、相互の連携ができるような話になっているんですけれども、このあたり、今の時点でどういうふうに関係するのかとか、その体制のことをもう少し教えていただければありがたいと思います。

【JAXA(吉川)】 現状は、はやぶさ2プリプロジェクト、準備段階なんですけれども、最初の御質問で、41ページのところで、プリプロジェクトチームの内訳と書いてありまして、これは、今回はこの「はやぶさ2」の、特にサイエンスを議論するメンバーとして、ここに挙げてありますような大学等から研究者に集まってもらって、議論を重ねたということです。

【佐藤特別委員】 青枠に囲んであるところのサイエンスチームという

ことでしょうか。

【JAXA(吉川)】 はい、そうです。今のところ、JAXA側を入れて60名余りのメンバーが加わっているということになります。

あと、工学については、これは基本的に「はやぶさ」の経験を生かしていくというのがベースですので、基本的には「はやぶさ」を実施してきたメンバーを中心として、これは基本的にはここに書いてある月・惑星探査プログラムグループなんです。そのグループに限らず、JAXA全体からそういうさらに新しいメンバーを集めてやっていきたいということです。

宇宙理学委員会、工学委員会との関係はどうなっているのかということも、ちょっとややこしいんですけれども、この「はやぶさ2」の科学技術評価委員会には、それぞれの委員会から何人かのメンバーに加わってもらって評価をしていただいているという、そういう形に現在はなっております。何人かのメンバーに加わってもらって評価をしていただいているという、そういう形に現在はなっております。

【佐藤特別委員】 今回は月・惑星探査プログラムといいたいまいしょうか、そういうセンターが主宰になっているので、ISASのシステムをそっくりすることはもちろんなかったわけだと思うんですけれども、十分にそういう科学的にも工学的にも、そういうところの議論ができて深まっているのかとか、そのあたりがちょっと心配なんですよね。

「はやぶさ」をやられた方がそっくりそのままメンバーになるということなんではしょうか。この分では、青の中からちょっとはみ出たように、工学の関係とか、そういうのが書いてございますよね。青の中に入っているわけじゃなくて、「はやぶさ」以外のことも何でもたくさんやっている方が「はやぶさ2」も手伝

おうという感じということなんですか。

【JAXA(吉川)】 はい。ちょっとはみ出ている、枠が青からはみ出ているのは、必ずしもそのグループ全員が「はやぶさ2」に加わるわけではないので、はみ出ている書き方はしているだけです。

【佐藤特別委員】 私としては、やっぱり「はやぶさ2」をちゃんとやるということの責任者がはっきりして、そういう体制がはっきりしてほしいと。だれが責任を持つものなのかと。グループは参加するんだという、そういう話じゃなくて、だれが責任者になるのかということ、やっぱりそれが大事だと思うんですね。是非そのあたりの体制をしっかりとしてほしいと思いました。

【青江部会長】 ちょっとすいません。開発研究への着手のいわゆる議論をする段階での体制、いわゆる実施体制、プロジェクトチームといいたいでしょうか、それは通常どれくらいまで熟しておりましたか。もちろん、開発フェーズへのステップアップのときというのは、非常にきちっとリジッドな形でちゃんと体制を見せてもらいますよね。普通はこの段階はどうでしたか。

【事務局】 JAXAの中でもプリプロジェクトという形で、まだ体制がかちっと固まっていないという状況でありますので、この段階では、将来こういう方向で行きますという意図と、今現時点ではプリプロジェクトとしてこういう形でやっていますというところを示していただくレベルになろうかと思います。

【青江部会長】 いえ、一般論として、今まで開発研究へのフェーズアップのときの議論をこの場でやってきたわけですね。もう何回も。その通例として、開発研究へのステップアップのときの実施者側の体制の姿ですね。それはどれくらいまで普通は熟していましたかということです。

この今の吉川さんが説明をされておる程度でしたか、いつも。

【事務局】 はい、そうです。その上で、開発に向けて、今、佐藤先生から御指摘のあったようなことを助言としていただいて、開発に移行するときには、それを踏まえた形で、よりよい体制を組むようにさせていただくということになります。

【佐藤特別委員】 こういう段階で既に人の名前というか、だれが何をやるんだとか、そういうことはわかっていたような気がするんですけど、このあたり井上先生が詳しいいんでしょうけれども。本当にこれはだれがやるかわかっていないような状況で、こういうのをスタートするんでしょうか。

【井上部会長代理】 私が答えることではないかとは思いますが、少なくともここは吉川さんが引っ張られるということをおっしゃっているメッセージだと思います。工学側がそれにどうかかわるかというのは、また別の答え方をされるべきところだと思います。

【佐藤特別委員】 この吉川さんのチームも、準備チームと書いてありまして、本当のプロジェクトのチームリーダーは、間違いなく吉川先生を中心にしてやられるということをございましょうか。

【JAXA(吉川)】 はい。

【佐藤特別委員】 準備チームと書いてありますのでね。

【JAXA(吉川)】 これは、プリプロジェクトというのを日本語にして準備チームとなっているだけなんですけど。

【佐藤特別委員】 はい。わかりました。

【住特別委員】 ミッションのことで伺いたいんですが、「はやぶさ」のときはサンプルリターンは、できればもうけものとは言いませんけれども、あれをやるというミッションではなかったわけ

ですね。それで失敗しても、先はどのお話でも、リモセンでかなりとれたので、行くことができ、表面をなめてきたんで、それは成果だろうというのは、それはわかるんですが、「はやぶさ2」になりますと、完全にサンプルリターンがコアになりますよね。そうすると、やっぱりまだ、1つは、一抹の不安があると僕は思っていますけど、それは置いといても、資料の中の16、17、18のミニマムサクセスとフルサクセスとエクストラサクセスのところで、サイエンスのミニマムサクセスはリモセンだけになっていますよね。ベースライン。だから、それは完全にサンプルリターンに失敗をするということを想定してつくられているわけなんですけど、その部分の記述は全く、ほとんど今説明もないので、やっぱりそこをもうちょっと教えてください。

例えば、穴をあけるのはミニマムサクセスで、工学で入っていますよね。だから、一応掘ることはもう最低限やるんだということでしょうか。掘ったら、その中をリモセンで見ることはできるので、中の物質はわかるわけだから、そこをどういうふうにするかとか、もちろん、当然、エクストラサクセスまで来ようと思っておられるのはわかりますけど、ちょっとその部分が非常に表現として弱いように思います。この説明の資料で見ますと、ほとんど赤外なんか分光計でやります、とります、はい終わりみたいになっていて、例えば、サンプル採れなかったときに、どうやって次の大きな惑星のストーリーの中で、C型何とかで行けるんですかみたいなのが僕はちょっと気になるので、そこはもう少し書かれたりなんかされたほうがよいのではないのでしょうか。全部サンプルが来て、採れて、分析できる分がもう前提で全面展開されているような気がするんですけど。

【JAXA(吉川)】 そうですね。このサクセスクライテリアのところは、あんまりたくさんの文章が書けないので、こういう表現になってしまいましたけれども、当然、プリプロジェクトチームの中ではリモセンの観測についても非常に議論をしていますので、まずそこが最初に成果としては出るのは確かなんですが、説明の仕方を少し工夫したいと思います。

【佐藤特別委員】 すいません、正直言って、工学のほうのそれぞれの責任者というか、もうやる人ははっきりと、そのリーダーになる方は決まっている段階なんですか。すごく不安なんですけど。

【JAXA(吉川)】 御質問の意味は、例えば、イオンエンジンとか、姿勢系とか、そういった個々のサブシステムをだれがやるかが決まっているかという意味ですか。

【佐藤特別委員】 はい。それプラス、リーダーですね。全体を総括するリーダーですね。

【JAXA(吉川)】 これは一応、現在、既にかなりシステム的なこと、工学的なことも詰めていますので、それぞれ今担当に振って進めていますので。一応内々的には大体決まっていますが、当然、プロジェクト移行までにはきちんとしていきたいと考えています。

【佐藤特別委員】 それはほかの月・惑星探査ミッションとの絡みがあって決まっていない状態なのか、そのあたりがもうちょっとはっきりしません。これ、すごく緊急のプロジェクトなので、そういう他のプロジェクトもあるのかもしれないんだけど、優先してこういう人をとってくるだとか、そういうことはあるかということなんですけど。

【JAXA(長谷川)】 JAXAの長谷川です。月・惑星の統括をやってお

ります。この「はやぶさ2」というミッションが予算的にも経営的にも認知されたらば、プロジェクトになります。そのなった段階では、経営審査の中で、プロジェクトのエンジニアリング系の話と、それから理学系のサイエンスの話がきちっと決まります。それはほかの部署から持ってくるか、外からもお願いして来ていただくということをしないといけないので、予算的措置ができて、政府の方針が決まらないと、それは持ってこられません。したがって、今の時点では、プリプロジェクトで事前審査をやっていただく段階です。これで、あと多分半年ぐらいで予算がついて、ちゃんと大丈夫であれば、経営審査としてプロジェクト移行ということになります。その段階まではあと半年ありますので、その前の段階だとちょっとまた認識していただきたいと考えます。

ただし、本当に本格的に進めるにあたっての準備は、実は始めています。吉川さんがさっき言われた答えではありますが、まずサイエンスチームとしては、JAXAのこの月・惑星だけではなくて、宇宙研のほうのメンバーにもお願いをすると同時に、実はこれ固体惑星で、外のコミュニティの方々の応援を求めないといけないので、その方々は科学技術評価委員会の中に入れていただきながら、メンバーの数とか、メンバーを広げています。当然、その中にはNASAのメンバーに入ってもらったりとか、いろいろ知恵者を入れていきます。

技術的にも、今、インパクトを入れて、C型惑星JU3に行こうということで、具体的なセンサが必要なものとか、インパクトとかいうものが明確に定義されましたので、そこに対してそれぞれの専門家等について、一応プリプロジェクトの中で、担当をアサインしています。

実質的にトータルのプロジェクトのマネジメントをどう進めるかというのは、実は予算との絡みでございまして、それをにらみながら、実は今経営陣と相談をしている段階というふうにお考えいただけたらありがたいと思います。

【青江部会長】 開発研究の議論をする際にも、少なくともだれがこのプロジェクトの責任者を担うんだということは、従前、常にはっきりしておったんじゃないかというふうに思うんですけどね。本当にそこが不明なようなことでしたか。今までの議論、今までのやってきたとき、この推進部会で議論したときの問題として。

少なくとも、だれがこのプロジェクトリーダーを担うんだという、責任を持つんだということは、開発研究の議論をする際にもはっきりしておったんじゃないですか。

【事務局】 その時点時点での、要するに、プリプロジェクトのマネジャー、責任者という方が、今のこの時点で中心になられる方としてきちん、と名前を出して、この方が責任を持つということを議論していただいています。

【青江部会長】 という意味におきまして、ここへ出ている吉川先生は、この段階におきまして、JAXA内でプリプロジェクトとか何とかというのは呼び方の問題だから、要はプロジェクトなんですよ、ね。

【JAXA(長谷川)】 はい。

【青江部会長】 だから、このプロジェクトの責任者は吉川先生ですね。

【JAXA(長谷川)】 吉川さんです。そうです。

【青江部会長】 ということで、きょうここでお話をいただいているんだということですよ、ね。

【JAXA(長谷川)】 はい、そうです。

【JAXA(川口)】 技術開発をする者は、ほとんど確定しています。担当者は明確です。

【青江部会長】 というのがまず1点だと思うんですね。

【佐藤特別委員】 つまり、ここには書いていないけれども、ちゃんともう定義されているんだということですよ。やっぱり何かプロジェクトであるときには、おれがやりたいんだとか、リーダーになって、その人のもとにやるもので、前は川口先生だったですけども、そういう人がいてするもので、今は申しただけじゃないけれども、ちゃんとしているんだということと理解してよろしいんでしょうか。

【青江部会長】 JAXAとしてこのペーパーを出しとるという意味は、今のように御理解いただいてよろしいんじゃないかというふうに思います。

【佐藤特別委員】 はい。

【青江部会長】 JAXAの名前でもってオフィシャルな場に、ここにこの資料を出していただいておるといのは、そういう意味だということですよ。

【JAXA(川口)】 さようございます。

【澤岡特別委員】 回答書の25、26、27あたりの、クレータをつくって、そして弾を撃ち込んで、サンプルを回収するという、この辺のストーリーについて質問したいと思いますが、その前にお願いがあります。

まず、今までの「はやぶさ」についていろいろ報道されているもの、発表されているものを見ていて、多少この分野に近いところにいたことのある者として、弾丸と言ったり、プロジェクトと言ったり、今回はインパクトと言ったり、衝突体と言ったり、英語に直しても話が混同して、おそらくこの分野の中

でもそれぞれの業界が使っている慣用の言葉がありますので、整理し統合していただきたいというのが希望です。

26ページについてです。使われている爆薬は安全装置を除いて9.5 kg以上あると思います。PBXという威力の高い高性能爆薬を使っていると思います。ダイナマイトに換算して数百本分の威力があると思いますこれで、2 kgの銅板を飛ばせるということですが、前回発言させていただきましたように、これは軍事技術としては、図中の赤い面を上にして、地下に埋めて、その上を戦車が通るとき、戦車の腹は比較的銅板が薄いので、ちょうど通り抜けるとき、上に向かって吹き出して、腹に穴をあけるとい、一種の地雷として開発された技術だと思います。爆薬の形がコーン状に広がっております。外側にさらに爆轟速度の大きな爆薬と二重構造にしますと、ライナが平行に飛んでいく爆薬レンズという形になります。図に示されたものが均一な爆薬だとしますと、ライナは平面に飛ばないで、先端が凸の局面状になって飛び出していくと思います。このようなことを想定して進められているのかということが第1の質問。

第2の質問は、次のページで示されている、オートダインによるコンピュータシミュレーションについてです。オートダインはこの種のシミュレータとして、十分に確立しているもので、私も昔使ったことがあります。大変すぐれたプログラムだと思いますが、相手が均一でない砂れき、瓦れきの場合、密度、比重が1.7ぐらいですから、すき間だらけで、そこを衝撃波が抜けるときに、衝撃波の反射によって急速に衝撃圧力が減少して温度が上がる現象が見られると思います。この現象はオートダインでは解けないと言われてきました。最近にはは知りま

せん、がまだ解けていないと思います。実験をやるしかないと思います。この種のことは、コンピュータを頼りにしますと、一桁というか、10倍どころでない、とんでもない数値が出ますから、早く実験をやられることが重要ではないかという気がいたします。この2点をお伺いします。

【JAXA(吉川)】 まず最初に、金属ライナについてですけれども、これは確かにおっしゃられるように、爆薬が爆発した後、変形しながら飛んでいくというものを今想定しております。凸型です。それから、実験なんですけど、まず小型なものですけれども、もう既に実験を始めています。

【澤岡特別委員】 それは鉄のポールを撃ち込んだ写真が載っていましたね。

【JAXA(吉川)】 既に小型のライナの実験を始めております。

【澤岡特別委員】 細かい話は結構ですので、とにかく経験の世界なので、多くの実験をやられるように希望します。

【JAXA(川口)】 既に実験の結果の写真もございますので、それは次回出すようにいたします。

【小林特別委員】 「はやぶさ」からの教訓による改善の話なんですけど、「はやぶさ」の場合で、みんなが注目したのは、もうだめだと思っている状態から回復できた、そういうのが非常に注目を浴びていました。それで、それを生かすことというのも非常に大切なことではないのかなと思うんですけど。レッスズラウンドに基づく改善の対策案を見ると、どちらかという、従来型のハードウェア、あるいはソフトウェアの精度を上げ、信頼度を上げるとか、あるいは、冗長系を増やすとか、大体そういった話かなと思うんですけどね。ただ、だめになっている状態から生き返らせるというんですか、何かそういうのを探っていくやり

方とか、あるいは、そういうふうな可能性を少しでも持たせるシステムにするとか、何かそういうふうなのによっておられると思うんですけど、もうちょっと重点を置いていくという考え方の変更というんですかね、重みの置き方をちょっと変えていくという、そういうことはありませんでしょうか。

【JAXA(吉川)】 「はやぶさ」で本当にいろいろな経験をしてきたわけで、それは「はやぶさ2」には当然ながらフルに取り込んでいきたいとは思っていますが、確かに、一応想定されることはどんどん取り組んでいけるんですけど、想定外のことも「はやぶさ」で幾つかあって、そういったものはその場でいろいろと工夫をして乗り切ってきたわけで、一応「はやぶさ」で経験したことについては取り込んでいけますけれども、それ以外については、どこまで想像力が発揮できるかだと思います。いずれにしても、「はやぶさ」で起こったことについては、少なくともすべて想定をして、「はやぶさ2」のほうのシステムに生かしていきたいとは思っています。

【小林特別委員】 何かこういう科学衛星というんですか、非常に先端の技術に挑戦して、しかも予算的には限られたものでやるという、そういうシステムに対しては、そういう費用はたくさんかけて冗長度もきちっとできるような、そういうシステムとは違った、もうちょっとしびといといいますか、システム全体を何とか全部使ってうまくやっていくという、そういうノウハウというんでしょうか、何かテクノロジーみたいなものも大事に育てていく必要があるようにちょっと思うんですけど。

【JAXA(川口)】 基本は、不具合事象というか、故障等が発生しないことにまず全力を挙げる、これはそうだと思うんです。いろいろ不具合というか、故障があって、それをどう乗り越えてきた

かというのは、もちろん、プロセスとしては意味がありますが、基本はそういうことが起きないことです。

そういう不具合事象ということになりますと、枝葉はいろんな場合があって、ものすごいケースがたくさん増えます。そのたくさんケースが増えたことについて、それぞれ対応策を講じるというのは、ほとんどこういう小型のものでは不可能に近いわけですね。

ただ、おっしゃるように、例えば、冗長の持たせ方というのは、今、「はやぶさ」で得られた教訓をもとにすることは大いにあり得ます。例えば、ホイールの残す冗長性を加える軸を例えばプラスZ軸にするとかですね。つまり、もっと生き延びやすい冗長度の増やし方というのがありますので、そういうことでの対策を積極的にとっていくというふうに思っております。ですから、おっしゃられることは盛り込んでいくということでございます。

【鈴木特別委員】 サンプルの採取の方法なんですけれども、C型の小惑星というのは、やはり粉と申しますか、プロジェクトイルを撃ち込むと飛び上がるような、基本的にそういう構造なんですか。

それから、もう一つ、それと関連しまして、とりもち式の取得方法というのは、これはどんなものかということと、これは事前にどんな実証試験というのが計画されているのかということのをちょっとお伺いしたいんですが。

【JAXA(矢野)】 矢野から御説明します。

C型小惑星は、まだ探査機でも2例ぐらいしか撮像されていなくて、当然、まだ世界中でだれも到着したことはないので、実際にどのような地形を持っていてというところはわかりませ

ん。これはイトカワのときと同じで、未知の天体に初訪問しなければいけないという、この小天体探査のある種宿命なんです。一方で、おそらくそこから来たであろうと思われる炭素質コンドライトと呼ばれる隕石の素性は、私たちは地上で試験をすることができます。ですので、現時点では、粉体である場合と、炭素質コンドライトのような岩盤がある場合、両極をとるとしたら、その2ケースで、その中間に幾つか複数のケースがあるわけですが、それにすべてに対応できる採取装置を準備すべきですという、そういう基本方針は、実はこれは1号機と同じでございます。ただし、1号機の場合は普通コンドライトという眼石を想定し、今回は炭素質コンドライトという限石を想定するので、その意味での岩盤における強度の違いとか、そういったところは工夫の余地があり、そこは考慮した改定を行うことになっております。それがまず1点です。

それから、もう1点ですが、とりもち式とはどういうものであるかということなんですけれども、これは採取地点が、岩盤、一枚岩でなかった場合、もっと具体的に言うと、粉体だったり、砂利が敷き詰められていた場合は、これは弾を撃つ方法以外でも採取をする方法はあると思っていまして、そのうちの1つの事例が、要するに粘着剤で表面を押しつけて採るというものでございます。これに関しては、現在、世界有数の日本のシリコンメーカーと産学連携によって技術開発を進めており、つい先ごろ特許出願を出したところでございます。なお、それに関して、いわゆる真空室テスト、あるいは耐宇宙環境模擬試験といったものを本年度進めており、これが十分な技術成熟度に達しているというふうに認められた場合には、これをオプションとして搭載を検討したいということで、現在はその

技術蓄積を努めている状態でございます。

【鈴木特別委員】 そうしますと、岩盤の場合でも、ものをぶつけることで0.1 gですか、それぐらいのサンプルは採れるという、そういう装置が開発されるということですか。

【JAXA(矢野)】 それは「はやぶさ1号」で既に実現していると思っ
ていまして、今回は、もし粉体や砂利であれば、「はやぶさ1号」とリソースは同じですが、結果として、さらに一桁ぐらい採取量が多くなるような工夫、例えば、弾丸の形状であるとか、角運動量を付与するといった、そういったアップグレードというんですか、そういったものを想定しています。

【高柳特別委員】 私も、同じことに関して聞きたかったのです。つまり、私が聞きたかったのは、サンプラーが1号機の時も、とりもち方式を考えられたにもかかわらず、今回検討中と出てきたのは、ターゲットが変わったせいですかということですか。

【JAXA(矢野)】 実はターゲットが変わったせいというよりは、イトカワに行って我々が新しい知見を得たからという理由が一番大きいと思います。イトカワに行って、非常に小さな天体にも、いわゆる砂れきが振動等によって集積する機構があると。これは世界中の研究者は驚いたわけですが、科学者というのはどん欲で、一たん見てしまったら、「ああ、なるほど、あり得るよね」と思ってしまうわけですね。

一方で、具体的に探査機が安全におりられる場所、着陸精度においてですね。それはある程度なだらかなところであるはずで、なだらかなところというのは、巨大な岩盤のてっぺんか、あるいは、要はジオポテンシャルの一番低いところ、いずれかです。ですので、イトカワでミューゼスの海という砂れきの平原を見たことによって、もしかするととりもち、あるいはブ

ラシとか、そういった以前、粉体であれば採れるんだけれども、岩盤じゃ役立たずだねという仮定で、1号機では採用されなかった技術にもう一回光を当てているということです。

【高柳特別委員】 1回目の知識が活着しているというのは、ちゃんと言ったらいいと思いますね。

【JAXA(矢野)】 全くそのとおりでございます。わかりました。じゃ、資料の作成の仕方で気をつけたいと思います。ありがとうございます。

【宮崎特別委員】 今のサンプルの採取のことと関係していますが、そうしますと、プロジェクティル撃ち込み方式のサンプリングがもしうまくいかなかったとしても、何らかのバックアップ体制があるということでしょうか。

【JAXA(矢野)】 そうですね。最終的にはシステム検討へ回さなければいけません。現在、全く違う原理で、衝突撃ち込み型とは相補的なサンプルが採れる方法を検討しているのは、まさにそういった理由からでございます。

【宮崎特別委員】 それは良いと思います。と言いますのは、ずっと前、コンピュータでタンデムというのがありましたけれども、それは2つのCPUがあって、片方がダウンしても、もう片方が動くという構成になっていました。ですから、同じように、こういうふうには片方のプロジェクティル撃ち込みが失敗しても、もう片方で何らかのサンプルが得られれば良いと思うのです。

それから、もう一つの質問なんです。7ページのロボットのことでして、探査ロボットはカメラによる写真を撮影したり、あるいは表面温度計測をすると書いてありますけれども、それ以外にはロボットは、何かするんでしょうか。

【JAXA(吉川)】 これは科学的なデータをとるかという御質問ですか。

ロボットの目的としては、工学的に、こういう微小重力上で移動するというのが、1つ大きな実証事項で、プラス、サイエンスの関連としては、近接撮影をするというのと、少なくとも温度をはかるというのは、もともとの「はやぶさ1」でもミネルバが持っていた機能は、そのまま持っていこうと、そういうことで今検討しているところであります。

【森尾委員】インパクトというんですか、目標地点から半径100 mの範囲内に撃ち込むというのが一応成功基準に書かれていますけれども、惑星から何mぐらい離れたところから撃ち込むというのを目標にされているんでしょうか。

【JAXA(吉川)】これは今いろいろとまだ検討中なんですけど、1つの例として、25ページのところに……。

【森尾委員】質問した意図は、ホームポジションが20 kmぐらい、高度20 kmで、1500秒で例えば作動すると書いてある、1500秒というと、これだと150 mぐらい落下したところで。そうすると、ほぼ20 km近いところから爆発させるということで、100 mの精度が出るのかなと思って御質問をした。

【JAXA(吉川)】いや、実際はもっと探査機の高度を下げて、おろす予定です。

【JAXA(川口)】大事なことが記述されていないのかなと思うのは、インパクトは探査機とは独立機でありまして、ターゲットマーカを「はやぶさ1号機」で正確にプレースというか、場所を特定しておろすことができたという技術を使ったものなんです。ですから、単独で飛翔して、非常に低高度で作動する。成形弾ですので、非常に短い時間で2 km/sまで加速できるということを使っているわけですね。ですから、高度20 kmからではなくて、ターゲットマーカを投下したように、非常に低い高

度で作動されるものです。

【森尾委員】例えば100 mとか。

【JAXA(川口)】例えばです。

【森尾委員】衛星本体は、観測するときに、空間分解能が、1 kmだと約2 mとなっていますね。成功基準としては、20 cmの分解能で観測するとなっていますから、それから逆算すると、100 mぐらいの高度で赤外線分光計で観測されるという、そういう理解でよろしいでしょうか。

【JAXA(川口)】そういうことです。

【森尾委員】衛星本体は100 mの高度を維持するというのは、それほど難しくないということですか。何か非常に難しそうなのは。

【JAXA(川口)】インパクトを点火させるときは別ですけども、その後でその場所に到達させることは、「はやぶさ1号機」でも既に40 m以内の精度はできていますので、できると思います。

【森尾委員】それから、小型ローバーというのは、着地するわけですね。Gが表面で1万分の2という計算をしていたんですけど、それだとローバーというのは約2 gぐらいの重力がかかっていると。それはどういう原理で地上を動き回れるんでしょうか。

【JAXA(吉川)】ミネルバのときと同じなんですけれども、ローバーの中でおもりをモータで回転させて、その反作用で跳び上がっていくような移動の仕方です。ぴょんぴょん跳びます。

【森尾委員】そうですか。それが横転したとき、また自立できるという機能は入っているのですか。

【JAXA(吉川)】ええ、別に向きは気にしていないローバーです。だから、確かに落ち方によってカメラの向く方向が、それはランダムになってしまいますので、それは何回か……。

【森尾委員】 何回かやって、いいところで撮影するということですね。

【JAXA(矢野)】 あと、1軸ではありますが、カメラ自体はホイールの外側に付いているので、どの向きに転がっても、地軸に垂直であれば、カメラはある方向に向くことは可能です。

【青江部会長】 先ほども申し上げましたとおり、きょういろいろと御質問もいただいたわけですが、さらに御質問、御疑念等がございますれば、先ほどと同様にお願いします。

(3) その他

事務局から、参考2-1に基づき説明があった。

【青江部会長】 本日の審議をこのあたりで閉じさせていただきまして、次回は8月5日、最終回ということになりますが、是非どうぞよろしくお願いを申し上げます。どうも本日はありがとうございました。

(説明者については敬称略)