

第11回宇宙開発委員会議事録

1. 日 時 平成13年3月21日(水)
14:00~
2. 場 所 特別会議室 (旧科学技術庁 5階)
3. 議 題 (1) 「ミール」の軌道離脱計画について
(2) LE-5Bエンジンの信頼性向上燃焼試験の結果について
(3) フライングテストベッドの試験実施結果について
(4) 再使用型宇宙輸送システムに関する米国の動向
(5) その他
4. 資 料 委11-1 LE-5Bエンジンの信頼性向上燃焼試験の結果について
委11-2 フライングテストベッドの試験実施結果について
委11-3 再使用型宇宙輸送システムに関する米国の動向
委11-4 第10回宇宙開発委員会議事要旨(案)
委11-5 「ミール」の軌道離脱計画について
5. 出席者
- | | |
|------------|---------|
| 宇宙開発委員会委員長 | 井 口 雅 一 |
| 宇宙開発委員会委員 | 長 柄 喜一郎 |
| 〃 | 栗 木 恭 一 |
| 〃 | 五 代 富 文 |
6. 議事内容
- 【井口委員長】 おそろいになりましたので、第11回の宇宙開発委員会を始めさせていただきます。

本日は4件の御報告がございます。最初は、再び的川先生に「「ミール」の軌道離脱計画について」を御報告いただきます。よろしくお願いいたします。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 大分押し迫ってきましたけれども、外務省経由で入手した情報と、向こうに派遣しています我々の同僚からの情報を大体総合して、幾つかの情報を御紹介したいと思います。

今、ロシア側で最終的に関係省庁間会議が開かれまして、これは20日ですから昨日、「ミール」の軌道離脱計画が一応基本計画として了承されたようです。その概要は今、入手している情報の限りでは主に4項目から成り立ってまして、1つは落下オペレーションのスケジュールですけれども、第1回の噴射を23日、あさって、日本時間の午前9時半ごろに行うと。約20分間ぐらい噴きますけれども、その後1周してきてから、すぐに第2回のエンジン噴射を行う。これも大体同じぐらい、20分強。

それから、2周おいて、というのは、1周回ってきて、その次、最終の、第3回のファイナル・バーンというのを日本時間の午後2時ごろ行う。そういうオペレーションを想定しますと、大体今、軌道としては、第3回目の噴射というのが、当初の西アフリカからコーカサスにかけてというのが少し時間が遅くなりまして、これは可視の状態だとか、南太平洋に確実に落下させるためだとか、姿勢制御の問題だとか、いろんな要素がかみ合っていると思います。決定的な要素はよくわかりませんが、時間帯から類推すると、こんなところですよ。黒海の南の方で噴き始めて、日本上空を通過しているときには、まだ制御中と。それで日本を過ぎてから第3番目の噴射が終了して、それからほぼ当初の予定のような軌道を通って、作業の制御が少し遅くなった分、最初に言っていた西経140度というところよりも、ちょっと東の方で落下すると。南太平洋というところは変わりませんが、そういう軌道が大体推定されます。

その間、日本の上空を通過するのが、大体、日本時間の午後2時30分ごろで、上空通過の高度というのは170キロぐらいから入って150キロぐらいまで。これは日本の領海という意味です。日本の領海ということではなく、さっきのこの図でいきますと、大体中国地方、島根県の方から入ってきて広島の方をかすめて、徳島の方へ抜けるような、この間というのは十数秒ぐらいの短い間です。領海ということになると非常に広いので、もうちょっとかかりますけれども、そのような推定がされております。

最終的に落下が終了するのは午後3時から3時30分ごろ。これは向こうから出ているいろんな筋の情報が前後しておりますけれども、大体軌道から類推するのに午後3時ちょ

っと過ぎというのが、ミール情報収集分析センターの専門家グループでは有力な線ではないかなと思っております。3時数分ということですね。それが第1点です。

第2点は、噴射時、3回に分けて行うブレーキの有効減速というのは、毎秒10メートル、10メートル、25メートルぐらいで、のところに書きましたように、最後の噴射というのは中途半端に残さないですべて使い切るという、これは潔さを示しているのではなくて燃料があまりないということを示しているんですね。そういう計画をロシア側から発表しています。

第4点、これは附帯事項ですけれども、「ミール」に搭載されたコンピュータ、これはメインコンピュータのバッテリーの電圧が下がったので云々ということが先ほど報道されたのでつけ加えられたのかもしれませんが、緊急時にはプログレス搭載のコンピュータも使えるということをおっしゃいます。

うまく噴けなかった場合という想定で、幾つか我々の側の計算も含めて御報告しますと、まず、第1回及び第2回のエンジン噴射に何らかの異常があった場合ということですが、これはいろいろなケースが考えられますが、いわゆる自然落下のような状態。ただ、結局、制御を何もしないで自然落下すれば、3月28日プラス・マイナス2日。今の情報では3月28日プラス2日、マイナス1日とおっしゃいますけれども、一番向こう側が何もしない場合は自然落下で、一番誤差を含んでも30日。ただし自然落下といっても、中途半端に噴いた状態ではもう噴けないという形での自然落下もありますので、そういう意味で考えると、3月27日から30日までという、当初の何もしない場合の自然落下よりも、落下の時期が早まる可能性はあるなと思っております。

非常に極端なことを考えれば、あすでも考えられないわけではないんですけれども、それはいろいろなオペレーション上の確率から言えば非常に低いだらうと思いますが、どちらにしろ第1回、第2回のエンジン噴射の異常での自然落下と書きましたけれども、これは従来言っている3月28日前後というのよりも、多少は早まる可能性はあります。噴いておいて、多少足りないという場合ですね。

それから、第3回目のエンジンの噴射が異常であった場合。これは従来、噴き過ぎると、落下点が例の南太平洋の点からずっと軌道に沿って日本の方へ近づいてくるということで、わりと専門家の間でも懸念していたことですが、搭載燃料を全部使い果たしてしまう。使い果たした場合に想定される速度修正というものの大体の数字から言うと、長く噴き過ぎたために落下物の影響が日本にまで及ぶという可能性は、想定する必要はないと考

えています。

逆に最終エンジンの噴射が短すぎた場合。ちょっと短すぎた場合というのが、南太平洋からアルゼンチンとか南米の方へ落下点がシフトしていくわけですが、大体24時間ぐらい。24日の正午ぐらいまでに想定される日本近傍の通過の可能性、日本に関係してくることを1日ぐらいの範囲で抜き出しますと、下のような3つのケースが考えられます。

1つは、3月23日の午後3時50分から4時30分ごろ。これは、さっきお見せした、この軌道がぐるっと回ると22.5度西の方へずれるわけですが、その場合、台湾の東北の隅ぐらいをかすめる軌道が考えられております。それが、いろいろな計算上の誤差だとか現実の物理的な誤差というものも考えてみると、日本の一番西側のあたりが、島の領域ですが、そういうものが含まれてくる可能性がある。それは、噴き足りなさ、軌道がそこまでもつ場合ですね。

それから、ぐるっと回りまして、今度は北西から南東へ抜けるのではなくて、これがぐるぐるずっと回ってきますと、いずれ日本をこういう方向で通る。南西から北東へ向かって通る軌道も考えられるわけですが、そういう場合が に書いてあります。 の場合、これは西日本の南方海域から関東の南岸にかけて。これはどれぐらい南かと言いますと、標準的なケースで計算すると、フィリピンのマニラよりもちょっと南の方ですが、それと千葉県の銚子を結んだあたり。ですから、だんだん日本に近寄ってくるような経路ですけれども、その辺を通過する可能性があります。

3番目は、24時間以内ですと、その次の週で、これは例の1周後ですので、もう少し北の方を通過して、また22.5度、西の方へずれます。北朝鮮の首根っこのあたりから樺太にかけてずっと通る線が基準軌道になっていまして、日本に関係してくるのは北海道の一番北の方がかすかに関係してくるというふうな、3つのことが24日正午ぐらいまでの範囲では考えられています。

大体、軌道の予測誤差というのは、現在の段階では軌道と直角に、これで言いますと300キロぐらいですね。300キロというのは、軌道と直角ですから必ずしも正確ではありませんが、経度に直すと大体3度ぐらいですね。3度ぐらいの幅がある。落下の分散というのは、当初ロシア側が発表していましたように、落下物が飛散する範囲として考えた場合には、大体100キロメートルぐらい考えられるのではないかなと考えています。

大体現在、明らかになっている確かな情報を集めると、そういった状況になります。

以上です。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

それでは、御質問をお願いいたします。

【五代委員】 最後の、最終エンジンの燃焼が短かった場合の ありますよね。それのいずれも高度は書いていないんですけれども、150キロメートル以上で通過するということですか。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 結局、噴き足りなさによるわけですが、噴き足りない量が非常にわずかな場合には、いわゆる自然落下状態なので、その軌道に沿った、どこで落ちるかはよくわからないという状況になります。

【五代委員】 いずれにしても、そう低くはないですよね。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 低い場合もあります。

【井口委員長】 ほかにいかがでしょうか。

計画どおりにいけば、3月23日の午前9時30分から、終わりが午後3時30分ごろまでいるようなオペレーションが行われるわけですが、その間の情報というのは、ちなみに、どのくらいの遅れというのでしょうか、じかに伝わってくるのでしょうか。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 情報の流れが……。文部科学省の方で、外務とのすり合わせのスピードかもしれませんね。

【芝田宇宙政策課長】 ツープ管制センターで、バルコニーからモニターを見られる限りは見ていようということになっていまして、そういう意味では非常に早い情報伝達の可能性があるんですが、一方では、ちゃんと正式な確認済みの情報ということになると、ロシア当局からロシアの外務省なりを通じて出てくる情報ということになりますので、若干の遅れはあろうかと思えます。両方を入手して、判断して、できるだけ早く情報提供できるようにしたいと思っております。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 それは、まずは文部科学省のホームページに出るような形でしょうかね。

【芝田宇宙政策課長】 インターネット上のホームページを常時更新できるようにしてありますので、そこにも掲載いたしますし、プレスにはまた別途提供できるようにしたいと思えます。

【井口委員長】 ほかに何かありますか。

【長柄委員】 どの地点に落下したらしいという、一番早い情報はNASAの情報です

か。NASAではなくて、アメリカの空軍の情報が一番確実で早いですか。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 NASAの情報が一番早いでしょうね。

【長柄委員】 いつ発表するか。確認しないと発表しないでしょうから。わかっているも確認するまでは発表しないと思います。でも南太平洋地域だったら、はかれるのは要するに米軍しかないわけですね。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 そうですね。ロシアで船を使って軌道の管制をしていると思うんですが、恐らく受け身の形でそういうトラッキングをしていて、それを発表してくれるかどうかというのは必ずしも自信がないですね。NASAは確実に、非常に正確な位置を発表する以前に、南太平洋に落下した模様というのを漠然としたことは発表してくれると思います。

【宇宙開発事業団（今野）】 「あすか」のとき、先日、「あすか」が落ちましたけれども、あれは落ちてから、あのときで2時間後ぐらいに確認したという情報が出されております。

【井口委員長】 ほかにいかがでしょうか。

なければ、第1の報告を終わらせていただきます。的川先生、どうもありがとうございました。

それでは、次に移らせていただきます。次は「LE-5Bエンジンの信頼性向上燃焼試験の結果について」、宇宙開発事業団のH-Aプロジェクトサブマネージャーの今野さんに御報告いただきます。

【宇宙開発事業団（今野）】 お手元の資料の委11-1、「LE-5Bエンジンの信頼性向上燃焼試験の結果について」という資料に基づいて御報告いたします。

LE-5Bエンジンの燃焼試験の概要といたしまして、H-Aロケット第2段LE-5Bエンジンについては、昨年9月までに開発試験、それから試験機1号機の飛行に用いる実際のフライト用エンジンの燃焼試験を終了していますが、その後も耐久性にかかわる技術データを取得するために、昨年の10月から11月までの間に試験用のエンジンを用いて、エンジンの要求寿命を超えた寿命を確認するというので、燃焼試験を実施して参りました。

その後、詳細に分解点検をしたところ、今、回覧しております、タービンディスクの一部に亀裂があるということが発見されましたが、その辺の評価、それから今まで開発試験等で得られた評価を全体的にまとめております。

まず開発の経緯ですが、平成8年4月から平成11年8月まで開発試験を実施してまいりまして、その中で認定試験等を実施しております。平成12年3月から5月にかけては、信頼性向上試験ということで、目的といたしましては1台の認定エンジン相当のものをを用いて、厳しい作動範囲を含む寿命確認ということで、実際に後ろの図-1、4ページにございますが、四角い太線の部分がフライトで最悪考えられるエンジンの作動範囲でございます。それに対して、もっと上の推力がより大きい、それから右側に参りますと、エンジンの混合比、酸素と水素の割合で酸素が多目で温度が高くなって厳しい条件、そういう条件の中での確認をしてまいりました。

それから、その後、12年の9月には試験機1号機用のエンジンの領収試験を実施しております。

その後、昨年10月から11月にかけては、さらに信頼性向上試験というのを続けてまいりました。この目的はさらに、同じ高負荷条件でも耐久性にかかわるデータ、実際にフライトの4倍の寿命要求があるわけですが、その4倍を超えてどれだけこういう厳しい条件でもつか、あるいは設計的な限界を実際の試験で確認するという試験を実施してまいりました。その結果、いろいろわかったこととございますが、2番にまとめてございます。

まず、エンジンシステムとして、燃焼試験データの蓄積による実飛行時間に対する耐久性余裕の確認。非常に抽象的でわかりにくいのですが、まずこの全体の試験の中で4台のエンジンの試験をやりました。最大累積秒時のエンジンは8,000秒に達しています。他の2台のエンジンは大体3,000秒ぐらい。要求は2,400秒です。最後のエンジンは5,130秒燃焼しています。それで4台のものを全部分解点検して、それぞれに対して耐久性の余裕というのを評価いたしますと、大体このLE-5Bエンジンで限界がわかってきたということとございます。

まず、一番弱いのは液体酸素ターボポンプのインデューサライナー、これが約3,000秒ぐらいしかもたないということがわかりました。これはインデューサですので、キャビテーションが発生します。そのキャビテーションによってインデューサライナー、これはカーボンを含浸したテフロン成形のチューブのようなものなのですが、それがキャビテーション・エロージョンによって浸食されるということで、大体寿命が3,000秒と。

それから今回の、いわゆるシールの影響で下流に冷たいガスが漏れて疲労が起こるといふ現象が、亀裂が発生するということとわかったのですが、後で詳しく御説明いたしますが、その関係でそれも大体3,000秒ぐらいということになります。それから他の機能

部品で軸受については、現在試験したところ異常は一切出ておりませんので、約8,000秒近くの能力があるということです。

それから他のエンジン部品も、ノズルスカートを除いては、そのぐらいの実績及び能力があるということです。ノズルスカートについては約6,000秒ぐらいの試験実績がありまして、やはりせいぜい寿命としてはそのぐらいかなと。ノズルについては、壊れるところは燃焼ガスが流れる側のいわゆるチューブの亀裂発生ということで、そこは非常に熱応力が高くて熱負荷が高いということで、かなり設計的な限界が把握できたということでございます。

もう一つ、2番目として比推力、燃焼再現性、これはいわゆる推力の再現性、それから混合比の再現性というデータをかなり多数とりました。それからもう一つ重要なのは、停止過渡特性の性能データということですが、これは2段エンジンの特徴といたしまして、ペイロード、精度よく軌道に入れるということは、停止コマンドから、カットオフインパルスの再現性がきちりあって、停止コマンドから増速量幾らで必ず確実に停止することが非常に重要でございまして、この辺のカットオフインパルスの再現性のデータを多くとりまして、かなり精度よく軌道投入できることがわかりました。

それからもう一つは、ターボポンプに対して高負荷、それから入口圧が低い、厳しい条件下での試験をやりまして、フライトに対して遭遇し得る作動条件の余裕を確認しております。

それから、軸受、シール等の機能部品に対して、それらが劣化するわけですが、それが他に及ぼす影響の評価、確認ができました。それは先ほど申し上げましたように、シールが漏れるということについては、シール自体はそれほど問題ではないんですが、他の問題を引き起こすということでございます。

次に、最後のエンジンで5,000秒燃やした後に発見されました亀裂について、詳細に述べてございます。まず、今お話ししています水素のターボポンプのディスクシャフトの、ポンプ側の軸がある側の面に出っ張りがございます。その部分にまず放射状に細かい亀裂が見つかりました。それが、図-2で5ページでございまして、B部という亀裂が多数見つかりました。

それから、もう一つ、A部というのは、タービンブレードとブレードの間の、ディスクのちょうど中央部に多数亀裂が見つかりました。本来ディスクのその辺の中央部というのは応力集中もないので、なかなか思わぬところに亀裂が出たなという感じなのですが、実

際にいろいろ原因を探っていきますと、まあ、そこに出て不思議はないという現象が、その後、解析等ではわかりました。このターボポンプは寿命要求を超えまして、5,130秒まで使ったものです。

それから、もう一つは、試験の途中段階で、6ページの左上にございますが、メカニカルシール部というシールがございます。これはカーボン性のシールでございます、ダイナミックシールで、回転する軸と回転しないケーシングの間をこすらせてシールするというので、このシールは、ベアリングを冷却した冷たい水素を、タービン側に漏れないようにするという働きを持つシールでございます。ところが、やはりある程度使い込み、3,000秒を超えますと、ここから漏れがだんだん多くなっていくということでございます。

そういうことで、この漏れが増えているというのは、実際の燃焼試験をやっているデータからも認識していたのですが、それ自身がそれほど大きな影響を及ぼすことはないだろうということで試験を継続していました。実際、これらの原因をいろいろ調査しました。

まず、破面を調査するというので調査したところ、破面は両方とも疲労破面でございます。特にB部については、応力がそれほど大きくない応力で疲労亀裂が出たというのが破面の結果からわかっております。

B部については、特に疲労破面ですと、その原因の力として振動的な、いわゆる機械的な振動荷重、それからいわゆる熱変化による変動荷重が考えられるわけですが、今、B部については機械的な振動モードを考えますと、ここの部分の応力がそれほど大きくなりませんという結果になってまして、それから、当然そんなに高い応力も出ないということで、基本的には熱サイクルによる荷重であると考えております。

実際にそのメカニズムをCFDで温度勾配とか計算した図が6ページにございます。上の図でございますが、実はタービンのマニユールドからタービンのノズルという部分を経由して右側にタービンガスが流れていきます。このタービンノズルを右の方から眺めた図を右側に載せてございますが、静翼がございまして、3カ所がいわゆるふたをされております。ほかのあいた3カ所から実際のタービンガスが流れて、このノズルのふたをしているところはガスが流れないというタイプのものになっております。そうすると、このノズルをふたしている部分はホットガスが流れてこない。

ところが、ふたをしていない部分はホットガスが流れてくる。その流れたホットガスがタービンディスクに当たって、左側の図ですが、内側に沿って中側に入ってくると。そうすると、ディスク全体としてはメカニカルシールから冷たいガスが漏れて上流に流れてい

く。それから、上の方からは温かいガスが流れてくるということで、冷たい部分と温かい部分が交互にあらわれるような状態になります。この温度サイクルがちょうどランド部という部分にかかりまして、これが熱サイクルを受けるということで、ここに亀裂が発生したということでございます。

それからもう一つは、タービンの動翼のつけ根の亀裂でございますが、ここはもともと静的な応力として遠心力が加わった場合に、この部分が最大応力部になります。それで、かなり応力がきついレベルにあって、かつ、先ほど申し上げましたようにタービンの上流はこういう3カ所にふたをしてあるということで、ここを通るたびにタービン動翼が流れから振動を受けまして、静的な高い応力の上に振動力が重なった形になっています。

もう一つ、漏洩が増えたので、この低い部分を冷たいガスがやはり流れていって、静的な応力に熱応力が余分に加わって、応力的に高くなった状態で機械的な振動荷重を受けたということで、実際に疲労亀裂が発生しています。実際、この辺の破面の評価をするために、このタービンディスク材料でありますインコネル材の極低温での疲労の破面データがありませんでしたので、金属材料技術研究所の協力を得まして、これらはかなり高サイクルになりますのでちょっと時間がかかったんですが、そういうデータを取得しまして、破面の比較、実際のそういう破面ができるために必要な応力の評価をさせていただきました。

実際、メカニカルシールの耐久性については最後に図がございまして、これは開発時にメカニカルシール単体で累積の作動秒時の試験をやったデータでございます。1段目が1回の欄で、大体16分ぐらいの試験をやって、その後、引き続き次の試験をやるということで、ずっと1段、2段、3段、4段と累積の試験をやっていった状況です。それで漏れ量の増加状態を累積することによって、だんだん少しずつ増えていくというデータを示してあります。

これは、航空宇宙技術研究所で5のエンジンを開発するときに、シールの耐久性試験をしたデータでございまして、もともとこのシールとしては3,000秒を超えるごろから少し漏れが増えるという傾向にございます。実際にシールとしては4,300秒までの作動実績がございまして、漏洩が多少増える程度でシールとしては磨耗量等とも問題ない。しかし、その漏洩量がシステムへ及ぼす影響としまして、今回、この辺の亀裂が発生という問題がございまして、これについては、既に漏れが増えない3,000秒ぐらいまでは十分、他のエンジン試験でも実績がございまして、そういう範囲では問題ない。当然ながら、今エンジンに対する2,400秒という要求については問題ないと考えております。

以上です。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

それでは、御質問、御意見をいただきます。

【栗木委員】 6ページの絵なんですけれども、タービンノズル側から来る高温のガスと、メカニカルシールの方から漏れてくる低温ガス。こういう温度差のかなりきついジェットの間をタービンディスクが回っている。そうしますと、タービンディスクの上には当然温度境界層があって、交互に衝撃を受けるという感じよりは、むしろ熱いところで一様化される、回っていること自身で楽になるのと違いますか。つまり、温度境界層の中は、この状態がそのまま表面に伝わっているわけではなくて、一応、覆っているわけですね。

【宇宙開発事業団(今野)】 そうですね。

【栗木委員】 そこは、この上を滑っているモデルとは違うのではないかと。

【宇宙開発事業団(今野)】 基本的には、ディスク自体が、ある温度を持っているんですが、それに対して、周辺は全般的に温かい温度分布で、中心は冷たい温度分布になる。基本的には、むしろこういうでこぼこではなくて、その出会ったときに流れてきたもので、表面だけがやはり、いわゆるガスの温度の影響を受けるということになると思います。

【栗木委員】 それは結局は、境界層厚さをゼロとして考えた場合ですね。流体がある限りは、必ず固体表面から一様流に至るまでの温度変化があるわけで、しかもそれが周方向に回っていますと、どちらかという、その中は一様化する、つまり境界層が一種のバッファーとして働くのではないかと。つまり、そこはこれでストレートに境界層の被覆交換みたいなものを無視していいのかなという感じがしますけれども。

【宇宙開発事業団】 おっしゃるとおりに、これは0.4ミリに温かいところ、冷たいところを回るみたいな形になりまして、当然、温度差はなまります。ただし、問題は、このときの熱伝達率が程度によって随分違うわけです。

【栗木委員】 何によってですか。

【宇宙開発事業団】 熱伝達率の程度によって、この金属の表面温度がどれくらい上下するかという……

【栗木委員】 流体側ですよ。

【宇宙開発事業団】 そのとおりです。問題であるわけです。

【栗木委員】 それは非定常解析できるはずですが、境界層解析すれば、恐らく。

【井口委員長】 このシミュレーションではそれを入れてるんでしょう。

【栗木委員】 それに入ってるんですか。

【宇宙開発事業団】 入れております。

【栗木委員】 境界層は薄いんでしょうね。どのくらいなの？

【宇宙開発事業団（今野）】 ちょっと確認します。水素の場合はかなり薄いです。

【栗木委員】 薄いんですか。

【宇宙開発事業団（今野）】 ええ。

【宇宙開発事業団】 振って、どれくらい応力がかかるかというのを計算しております。

【栗木委員】 非定常の応力……。

【宇宙開発事業団】 そのとおりです。

【井口委員長】 いずれにせよ、要求寿命である2400秒でしたっけ、それ、今はもう問題ない？

【宇宙開発事業団（今野）】 そうですね。

【井口委員長】 それから、ちょっと話が飛ぶんですけども、LE-5エンジンというのは、3年ぐらい前でしたか、COMETSを打上げるときに、途中で横から燃焼ガスが噴き出して、失敗したことがありましたね。そのときの原因調査で、試験のときにちょっとミスがあった。あれは技術評価部会でいろいろ提言といいましょうか、勧告ではなくて提言をしましたけれども、それに対しては何か……。

【宇宙開発事業団（今野）】 たしか提言では、1つは、その作業ミスに対する処置をどうするかということがございました。もう一つは、ろうづけというのは、ばらつくというのを、ほかのいろんな触媒解析で非常に認識して、そのばらつきに対して製造工程で信頼性のある工程を確立しなさいということと、検査をちゃんとやるようにしなさいということがございました。大体、大きな話は3つかなと思うんですが。

作業については、物の置き忘れという話があったので、それについては、報告書の段階でも述べてあったのですが、試験前に取りつけないといけないものは、物をつけたら、注意タグ、赤いタグを取りつけて、外からだれが見ても余計な物がついているということがわかるようにして、試験前にはその物を外すと同時に、その赤いタグも外して、決められた場所に保管すると。その場所を見れば、ちゃんと外れているかが確認できるようにするというのをしました。それは確実に励行されていて、かつ、それ以後もちゃんと試験を、いろいろ手順が悪いところはないかという見直しを行っております。

もう一つは、現実にもろうづけの問題ですが、5Bについては、ろうづけを燃焼室に実際

に使っていることはございません。銅製の燃焼室になりました。ただし、5 Bでも、ろうづけを使っている場所がございます。それはノズルスカートで、使用条件としては、今までの燃焼室よりは楽な場所には使っているのですが、それでも、いわゆるCOMETSの失敗の問題と同じ問題を当然含んでいますので、それについては、製造のばらつきをなくすとか、検査をちゃんとやるということをやってまいりました。

特に検査についてはX線を拡大して写して、斜めから写すと。マイクロフォーカスX線というものを使いまして、今まではろうづけ面に対してこう写していたので、ろうづけ面のいろんな情報がわからない。重なってしまっているということで、斜めから写すことによって、ろうづけの全部の面を詳細に評価すると。ただし、それを人間がやっていたのではできないので、当然、画像処理もするようにしてやってまいりました。それで、やって初回で検査したときに、約260個のいわゆる規定外のポイドというんですか、ついてないところがノズルに見つかりました。最初はちゃんと工程も改善したはずで、それほどポイドがあると認識していなかったんですが、思わぬ量がありましたので、それ以後、ろうづけの方法の改善方策をやりました。

例えば、やはりすき間を確実に管理する。もう一つは、今までろう材を注入するときは、人間がマヨネーズのチューブを押し出すような形でその勘に頼っていたんですが、そういうのをディスペンサーというか、自動的にゆっくり動くもので押し出して入れていくとか、それからすき間の広いところにはニッケルパウダーを入れるのですが、そういうものを確実に入れるために、バイブレーターを使って振動させながらすき間にに入れていくとか、そういういろんな改善をやりまして、その後、検査をしてみましたところ、260個ぐらい規格外のポイドがあったものが数個に減りました。劇的に減っております。

現在に至るまで、その後何台か作っているんですが、テストフライト1号機を含めて最近2台のものは、規格外のポイドがゼロでございます。それぐらい、かなりろうづけに関しては5 Bでは向上しております。7では多少いろいろ、ろうづけの浸食とか問題はあったのですが、5 Bといたしましては、COMETSの確実な反映以後もいろいろやってみたら、やはりいわゆる信頼性のある製造工程ではないということに気がつきまして、再度改善しています。

ただし、ここで6,000秒の実績があるノズルは、実はそのポイドが200数個もある安いポイドでございまして、かなり初期の段階のノズルでして、最近のものはもっと耐久性が向上していると思います。

それから試験に関してでございますが、実は試験のオペミスも含めて、平成10年12月ぐらいから、5Bの開発試験はいろんな問題で途中停止というのが一切、エンジン関係の問題、それから作業のオペミスとかいう関係では、今日まで1回もございません。約1万1,000秒累積、79回ぐらいの着火回数で、いわゆる予定外の停止というのはありません。ですから、手順も設計的なスキルもかなり成熟してきたということだとを思います。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

もともと、ボイドが多少あっても、ちゃんともつというのはタフなんでしょうね。五代委員が育ててこられた。それがたまたま何かの理由で、もっと大きなボイドができてトラブルが起こった。それさえも今はなくなったということで、さらに信頼度が高まったと理解していいんですね。

【宇宙開発事業団(今野)】 はい。それで、例えば今いろんな試験を、ページ4の図-1で、広い範囲でいろんな試験をやって、実際にこの広い範囲でフライトするかということ、そういうことではございませんで、実際のフライトの運用というのは、この黒い、太い線の内側でやられることになります。したがって、我々、このLE-5Bエンジンは、この外で10秒ぐらい燃やしても大丈夫だよということを確認しておりますので、この内側で実際はフライトは運用するということで、その分、設計的な余裕も十分にあるということで、信頼性が十分高いレベルであるということを確認できたと思います。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

ほかに何かございますか。

【栗木委員】 確認ですが、2,400秒というのは再着火でしたか、あの試験をやる時のスペック？

【宇宙開発事業団(今野)】 そうです。

【長柄委員】 同じことだけど、再々着火くらいやって600秒ぐらい？ 何秒ですか。

【宇宙開発事業団(今野)】 どちらかという、トータル秒時は、再着火をやるうが、再々着火をやるうが、1回であろうが、タンクの燃料によって最大は決まってしまうので、結局はフライトでの最大累積秒時は同じぐらいになります。

【長柄委員】 それは600なの、2,400？

【宇宙開発事業団(今野)】 600。その約4倍ということで、余裕をとって地上で確認しているということでございます。

【井口委員長】 よろしゅうございますか。

それでは、今野さん、どうもありがとうございました。

それでは、次に「フライングテストベッドの試験実施結果について」、宇宙開発事業団のSELENEプロジェクトマネージャの長島さんをお願いいたします。

【宇宙開発事業団（長島）】 「フライングテストベッドの試験実施結果について」、御報告したいと思います。

将来の月面探査に必要となります月面への軟着陸技術、いわゆるソフトランディングの研究を現在しておりますけれども、これに使用します試験装置、「フライングテストベッド」と我々は呼んでおりますけれども、この試験を平成13年2月6日から約1カ月間、3月3日まで行まして、場所としては北海道の大樹町で行いましたので、その状況と結果を御報告したいと思います。

ページで言いますと図4を御覧ください。月面からおりの研究を我々はしてありまして、月面からおりのことの難しさは、まず月周回の軌道の誤差があります。そこからジャイロのドリフトとか何かがありまして、そういうことで自分自身の位置がよくわからないということ、速度もわからないということで、いわゆる速度計あるいは高度計を積みまして下へおりるんですけれども、非常に燃料を食うということと、下がデータ等いろいろ邪魔物があるということで、そういうために是非地球でも実験をしなければいけないということで、こういうフライングテストベッドを作りました。

もちろん、1Gと6分の1G、あるいは空気がある、空気がないとかということで、大分条件が違うのですけれども、このフライングテストベッドは、まず自分の力で、いわゆるジェットエンジンを真ん中に積んでありまして、この力で高度約1キロまで上がることができます。これは上がること自体はあれですけど、おりるときにいろいろ誘導制御も試験をすることになります。重さとしては約400キロございまして、足の幅が大体3.5メートル、高さが大体2メートル近くあります。

1ページ目にお戻りください。こういうフライングテストベッドを我々は作りまして、実は昨年6月もこの試験を、これはクレーンでつり下げた状態、我々の言葉で「テザー試験」と言っていますけれども、これをやりまして、基本的な機能を確認しました。今回行った試験の3番目の概要ですけれども、目的ですけれども、大きく分けて2つございます。

1つは、このFTBの飛行の确实性を向上するための試験をやります。まず、試験

装置として完全なものにしたいということが第1の目的です。

2つ目としましては、月へのソフトランディングのための基礎データを得ようということが2つ目の目的です。この試験につきましてはNALと共同で行っておりますけれども、試験内容につきまして、図で御説明した方がわかりやすいので5ページ目をお開きください。

まず、ヘリコプター懸吊試験ということをやりました。これはヘリコプターにフライングテストベッドをぶら下げまして、約1キロぐらいの円のところから電波リンクがしっかりとれるかということの試験をしました。それから、2番目としてテザー試験をしてもらいまして、これに問題がないことを確認しまして、6ページ目ですけれども、月は風がないんですけれども、地上でやる場合にはさまざまな風が吹きますので、風に対してどの程度の能力、要するに制御力があるかという試験をしました。この試験の結果をとりあえずビデオで御覧いただきます。

その後で行いましたのが、月面の基礎データをとるということで、このビデオに入っております。ちょっと御覧ください。

【宇宙開発事業団】 後ろの音がうるさいんですが、簡単に説明いたします。

まず、これは最初に説明いたしましたヘリコプター懸吊飛行試験でございますが、簡単に御説明いたしますけれども、管制室とフライングテストベッド、この間の通信技術の確認をするということが目的でございます。これはさっきの大樹町航空公園から試験場の方に飛んでいく途中の映像でございます。これはもう既に試験に入っておりまして、この真下は発進台がございまして、こういうふうになんか上がっていくところを示しております。

カメラが撮っているところが管制室のところになりまして、こちらの方に地上のアンテナがございまして。ここから、このFTBの部分の間の電波のリンクについて確認する。FTBの方は、下からまっすぐ飛行経路に沿いまして、徐々に上がっていくという形で飛ばします。こちらの方は高度約1,200メートル、一番高いところになっておりますけれども、こちらのビデオにも本当に点にしか映らないんですが、こちらの方のテレメーターのアンテナ、それからこちらにふもとのアンテナがございまして。

次に、耐風性の確認試験のときの様子を映しております。こちらに映っておりますのが送風機でございまして、こちらで横風を当てる。こちら側がフライングテストベッドの機械があると思います。クレーンでつり下げた状態で発進いたしまして、今これが発進する

ところでございますが、今はこれはテザーと言われている安全策が映っておりますけれども、これはたるんできておりまして、ちょっと揺れておりますが、自力で飛行しているという状態でございます。

こちらは送風機の左手の方から風を送っております。一たんFTBで7メートルぐらいまで上がりまして、ホバリング状態になっています。この状態から送風機の方へ向かって近づいて参りまして、徐々に強い風を送る。かなりの風が当たっております、およそ8メートルから10メートルぐらいの、風速9から10メートルぐらいの風を当てておりまして、その状態で飛行してございます。若干姿勢が揺れてございますけれども、おおむね位置、姿勢を保っております。

この後、またもとの位置に戻ってまいりまして、次の飛行をするということでございます。今回、このような耐風性の確認試験、2回追加しまして、2回とも非常に安定した結果が出てございます。

次に、ステレオ画像取得の試験を別途実施したものがございまして、その様子でございます。こちらにございますのが月を模擬したものでございまして、クレーターとか岩とかを模擬したようなものを準備しております。フライングテストベッドにレーザレンジファインダー、ステレオカメラを搭載いたしまして、クレーンからつり下げています。これはステレオカメラなどの単眼のカメラがございましてけれども、これで撮ったときのサンプルとしましてこちらにお持ちいたしましたけれども、こういったような映像が届いております。

これは1つのカメラで撮ったものですが、右と左のカメラの画像を合成することによってできまして、高度方向で分解をするというようなものです。これはクレーターを模擬したような模型です。

今のステレオカメラによる再生画像の一次解析の結果でございますが、まだ校正とかはしておりませんけれども、サンプルでございます。下に写っておりますのが、今御覧いただいたのは普通のカメラの映像そのものを、片目分でございますけれども、こういったものを撮っています。

もう一つの別の目の画像と合成いたしまして、高度で分解したのがこの図でございます。これは真っすぐ上ではなくて若干傾いているために、中心から同心円上ではなくて、少しずれたような形になっておりますけれども、距離方向できちんと分解されていて、このエッジの部分もきちんとエッジとして認識できているということがございます。

これにつきましては、今後もっと詳細に解析をして、月軟着陸技術の研究ということで進めてまいりたいと思います。

【宇宙開発事業団（長島）】 一応、試験装置としてこのフライングテストベッドが使えるものであるということがほぼわかりましたので、3ページ目で、今後の計画としまして、現在、宇宙研、NAL、NASDAの3機関で、この月面への軟着陸実験の研究、我々の言葉で「セレーネB」という俗称で呼んでおりますけれども、セレーネB研究会の研究チームが作られています。約3年間にわたってこの研究をしまして、月面への軟着陸のための実験機を将来プロジェクトとして起こしたいと我々は考えております。

その研究会の中では3つの分科会ができておりまして、1つは障害物検知とか回避の技術をやる部分、それからローバーあるいはミッションの研究をするチーム、あるいはランダーの構造とか機構を研究する分科会、この3つの分科会がございまして、そこでさまざまな研究を現在しております。

このフライングテストベッドもその研究の進捗に合わせまして、障害物の検知の試験とか、さまざまな実験、あるいは総合飛行試験にそれを将来使っていきたいと思っております。

以上です。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

御質問、御意見をいただきます。

素人質問で恐縮なんですけれども、二、三十年前にVTOL開発のころ、よくこういうFTBが落ちたりひっくり返ったりしていたような記憶があるんですけども、今はホバーリングというのはもう易しい技術になってしまっているんですか。今はもう非常に安定していますよね。もうホバーリングは何ていうことない。

【宇宙開発事業団（長島）】 あの当時、30年ぐらい前のことでよく知らないんですけども、こういう無人機の試験は、いわゆる防衛関係が非常に進んでいまして、言っているのかどうかは別として、そういう技術も進んでいますので、そういうのもありまして、非常に実験としては進んでいると思います。

【宇宙開発事業団】 ただ補足ですけれども、以前、航空宇宙技術研究所さんの方でVTOLの試験をやっておられたと思いますけれども、そういったところの知見もなるべく、宇宙技術研究所さんと一緒にやることで合わせていただいております、それも安定した一つの理由かと思えます。

【井口委員長】 もちろん、月面では横風というのはいないですね。

【宇宙開発事業団（長島）】 もちろんないです。あくまでも試験装置として、危ないものでやると、またあれなんで、まず、どの程度能力があるのかを調べようということです。

【井口委員長】 地球上でやる実験の方が、月面よりもっと難しいわけですね。

【宇宙開発事業団（長島）】 難しい面もありますけど、そうですね、そういう意味ではそうですね。

【長柄委員】 S E L E N E の技術、今の研究の中にはランダーだけでローバーはないわけ？

【宇宙開発事業団（長島）】 何か1つミッションを作らないと、想定して検討しないとなかなか難しいんです。これはあくまでも1例として、宇宙研の、特にサイエンスの皆さんと考えていますのは、一番、月面へおりに、全く砂場だとか、まっ平らなところをおりるのも1つのあれですけども、やはりよりチャレンジングな方法として、クレーターの中に中央丘という大きなクレーターができますと、真ん中に、要するに人間で言うとおへそみたいな部分があって、中央丘という、例えば、ミルクに物を落とすと真ん中がポーンと上がるというああいう感じで、あの中央丘の部分というのは内部構造の部分が一番表に出るらしいんですね。その部分を分析することによって、サイエンティストに言わせると、一流以上のサイエンスができるということで、それを是非調べたいという要望もありまして、結構岩がごつごつとか、ほかの小さなクレーターもあるんですけども、そこから今度は小さなローバーでそこへ近寄って行って見たいというのがあります。

それを1つのシナリオとして、セレーネBを検討した場合にどういう問題があるかというようなことを、今、宇宙研の理学、工学含めまして、我々とそれからNALさんも含めましてチームを作って、そういう1つのシナリオを作って検討しています。

【栗木委員】 これは斜面におりるような場合、このコンフィギュレーションで、何かもう一つ工夫が要りますか。

【宇宙開発事業団（長島）】 斜面というのは……。

【栗木委員】 はい、スロープ。

【宇宙開発事業団（長島）】 あまりすごいところにおりると……

【栗木委員】 重心をずらすような何か。

【宇宙開発事業団（長島）】 いろんな考え方があって、1つは、要するに、たとえも

し転んだとしても、1回転んでしまったら、それでおしまいでは困るので、1回転んでもいいような構造体とか、そういうのもあるだろうかとか、実はそういうのも我々の中にはアイデアとしてはいろいろありまして、そういう検討とか、それから一番難しいのは、本当に斜面かどうかというのを調べるのはものすごく難しいんです。はっきり、こういうふうであればいいんですけれども。

【栗木委員】 サイズがあって、画像処理だとわかりますけど、まっ平らだと結構見にくいと。

【宇宙開発事業団（長島）】 まっ平らで斜面というのは一番難しい調べ方で、そういうところに万一おりたとしても、何とか生き残れる方法はないだろうかとか、そういうことも研究はしております。

【井口委員長】 ほかにいかがでしょうか。

よろしゅうございますか。

では、どうも御説明ありがとうございました。

それでは、その次に「再使用型宇宙輸送システムに関する米国の動向」で、宇宙政策課の塩満室長さんと、NASDAのHOPE-Xプロジェクトチーム主任開発部員の谷口さんに御説明をお願いいたします。

【宇宙開発事業団（谷口）】 宇宙開発事業団の谷口と申します。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 まず最初に、谷口さんの方から資料を説明しまして、その後、私、NASAの予算について補足説明させていただきます。

【宇宙開発事業団（谷口）】 資料は11-3と11-3の補足ということでございます。

それでは、最近の再使用型輸送機に関する米国の取り組みと申しますが、それについて我々が知り得ている範囲で御説明させていただきます。

これは特に、つい先日と申しますか、この3月、NASAの方からX-33という実験機とX-34という再使用型の実験機、これにつきましては、今後ガバメントとしては資金を出さないというような決定をしたと。この部分がかかなり新聞等で報告されておりまして、何となく中止の部分だけがクローズアップされているものですから、その辺の事情も含めまして、今アメリカでどういうことを考えているかということをおHPの方で説明させていただきたいと思っております。

アメリカの計画をお話する上で、ちょっとOHPは見にくいかもしれませんが、具体的

な計画に入る前に、今アメリカが再使用型の宇宙輸送機をどう考えているかというのを、この1枚紙で説明してあるところです。これは、つい二、三年前まではこういうことを言っていないんですが、最近言い出している。

基本的には最終的に非常に使いやすいといいますか、安全性にすぐれていて、なおかつ、輸送コストも非常に安いというピークルを最終的に達成していきたい。よく言われる航空機並みという言い方をすると、最終的なターゲットとして、例えば飛行機は今、10のマイナス6乗ぐらいの機体損失確率ですが、そういうものを達成していくと。そういうものを最後に置いたときに、やっぱり一挙にそういうものが達成できないという観点から、幾つかの世代を通じて技術開発をしていく必要があるということを最近言っております。

そういう意味で、今のスペースシャトルというのを第1世代のRLVという位置づけをしておきまして、この現在のシャトルに対しまして、特にアバウトな目標という意味では、安全性とコストをアバウトな目標として置いている。

この図で言いますと、シャトルのいわゆる後継機という意味でセカンドジェネレーション、第2世代と書いていますが、例えば第2世代においてはコストを10分の1にする。安全性を100倍にするというようなことを言っているわけです。安全性を100倍にするという意味は、例えば今のシャトルだと、二、三百回に1回は機体を損失する確率があるようなピークルですが、第2世代になると、少なくとも1万回に1回ぐらいの確率にしたいということになるわけです。この第2世代というのは、まだまだ航空機のレベルにはほど遠い話でして、この右側にあります第3世代、最終的に第4世代というような形で、技術開発をしていきたいというのが一応背景にございます。

この第2世代、第3世代、特に第2世代というのは、シャトルの寿命、それから信頼性の問題もありますので、基本的には2010年代に開発をしていきたい、運用させたいというようなことがあります。そういう意味で、かなり2010年ごろの第2世代というのは現実的なものを求めているということで、基本的にはロケットエンジンを使ったピークルを想定しているということです。

これ以上の、いわゆる第3世代というものにつきましては、ロケットエンジンということにこだわらずに、いわゆる空気吸い込みエンジンみたいな、ある程度、推進機の技術革新的なものも含んだピークルでないと達成できないとは言っていないんですが、そういうものがベースになるだろうということで第3世代をとらえているという状況であります。

こういうものを背景にしまして、今アメリカでは新しい計画をより一層立上げようとい

うようなことで、全体の再使用の計画をIntegrated Space Transportation Programというように形で位置づけまして、幾つかの再使用に係るプランニングがあるわけですが、総合的に管理していこうと。

このプランニングの中の主な大きい項目で見ますと、1つは、シャトルのアップグレード。これは現在実際に運用しておりますので、そのシャトルの安全性をもっと向上しようというように、例えばスペースシャトルのメインエンジンをもう少し改良していくとか、今のシャトルの枠内でのインブルーメントの作業、これがまず1つの大きな柱であります。

もう一つ、大きな柱が、2番目は少しマイナーなのですが、左から3番目に書いてありますSpace Launch Initiative、S L Iというプログラムですが、これが先ほど申し上げました第2世代という、シャトルの後継機を2010年に開発しようということで研究開発をしていくというプログラムです。基本的にNASAとしては、このプログラムに集中して今後進めていきたいということになります。

それから一番右端にありますAero-Space Baseと書いてありますが、これが先ほどの話で言いますと第3世代を念頭に置いた、より技術革新的なといいますか、例えばエアブリーディングのエンジン、そういう要素的な技術、そして先端的な技術の技術実証をしていくようなプログラムということで、こういったプログラムを組み合わせようという話です。

このS L Iという、今後目玉になります第2世代の技術開発ですが、これを考えていく上で、もちろんもっと技術開発をやって、2010年までというようなタイムフレームでどう技術開発を進めるかという話の中で、今までのX-33、X-34あるいはそのほかの実験機が今走っていたわけです。X-33、X-34につきましては、簡単に説明をしますと、資料の方では3ページだったと思いますが、X-33とX-34の簡単な説明がついております。

これがX-33という、今まで走ってきているプログラムです。これは、いわゆるロケットで1段式で軌道まで行って帰ってくるというものができかどうかという技術実証をしたいということで、ロッキード・マーチンとガバメントが協力して作ってきたプログラムです。今まで千数百億円かけてきているわけですが、ほとんど機体はでき上がりつつあるという状態にあって、各要素の技術開発というのは大体終わっているということになりますが、最終的にいろんな技術的な問題があって、飛ばすに至るにはもう少しお金が要りますというような状況にあったものであります。

もう一つ、X - 34 というビークルですが、これも資料の方には具体的な説明がありますが、これはNASAとオービタル・サイエンスが協力して作っている。こちらの方はX - 33 よりもかなり小ぶりです。総額でも数十億円の規模であります。この実験機自体は、航空機から発射してランディングすると。それを何度も何度もやるということで、運用性の評価だとか、X - 33 ではできないような実験をこの中でやるとか、このビークル自体はマッハ数8 ぐらいまで飛べる能力ということですが、そういうことで進めたきたと。これについてもかなり機体もでき上がっている状態です。予定で3機ぐらい作るということで、ほとんど機体もできて実験をしていくという段階になっていたということです。

ちょっと戻りますが、先ほどのSLIという第2世代の技術開発をどう進めていくかという上で、ちょっと下に書いてありますけど、このX - 33、34の使い方も、この計画の中で検討していることになっております。最終的にこの3月に発表された中では、これはNASAの決断だということになっておりますが、このX - 33、34については、先ほど申しましたように大体機体はできておりますから、後はフライト実験ということですが、フライト実験をより安全にやるためのお金をプラスしてやって、その成果を得るということは、この全体の計画の中から言うと、費用対効果という意味では少しレベルが下がるという判断を最終的にして、このビークルの追加の資金はこれで打ち切るという判断をしたそうであります。

ちなみに、このSLIというプログラムですが、先ほど申し上げましたように、2010年ぐらいには実用機を飛ばしたいということで、大きく言いますと2005年までに技術開発をやりますと。2005年の時点で、それらの成果を踏まえて開発に着手する、2010年までに開発を終了して運用するという大まかな計画になっておりまして、2005年までに総額で約45億ドル、日本円で5,000億円ぐらいだと思いますけれども、そういうものを資金を出して技術開発をしていきたいということです。恐らくその中身については、今までの、例えばX - 33のときにロケットSSTOとか、大きく振りかざしてやっていたものとか、そういうものの成果を全部含めて、今のところ2010年にという、もう少し現実的な話になっていくと思いますけれども、必要な技術開発をちゃんとやって決めていくということになると思います。

当初、スタートはかなり複数の案、複数のアイデアをいろんな技術実証をしまして、途中2年ぐらいいたら2つの案ぐらいに絞っていきたくと。それに集中的にお金をかけて、2005年の段階で最終的に開発するものを決めて開発していくということになっている

みたいです。

全体の規模のイメージのために、これもOHPが見にくいかもしれませんが、今NASAで想定しているバジェットの変遷がここに書いてあります。これは再使用型輸送機の技術開発にどれだけお金を使うかということなんですが、先ほど申しましたように、SLIという第2世代の技術開発が一番大きなプログラムでありまして、その下にシャトル・アップグレードという、これは今のシャトルのアップグレードです。これも継続的にやります。

一番下に、これも大事なポイントだと思いますが、第3世代の技術開発に必要な技術開発にもこういう形で投資をしていってということで、この3つを組み合わせた形で2005年ということ。ちなみに縦軸の一番上のけたがビリオンダラーになりますので、100円換算でいきますと、一番上が2,000億円規模のもので、今120円ぐらいだとすると、2005年で再使用の技術開発に年間2,000億以上のお金を使う計画になっております。先ほど申しましたSpace Launch Initiativeという部分だけで、2005年まででトータルで約45億ドル、5,000億円ぐらいのお金を使うということになっています。

まとめますと、X-33、34というものに資金を提供しないという意味は、より新しい計画、これまでの経験に基づいて、もう少し現実的にしっかりやった計画、なおかつお金の規模も今までと随分違いますので、かなり本気になって2010年の第2世代の技術開発をしていこうというような中で、33、34については、要は機体を全部作り上げている部分までできておりまして、単純に飛ばしているんなことをやっていくという意味では、コストパフォーマンスから言うと、このSLIの中には入れない方がいいだろうということとを判断しているんだと、NASAの人間のしゃべっている書き物を読むとそういう感じがいたします。

3月にその辺の事情がまだ出たばかりですので、私たちもまだいろんな人の話を聞いたりとかということが不十分ですので、これからもう少し情報を集めて、もしきょうお話ししたようなことで違うようなことだとか、いろんなことがわかれば、また続編を報告させていただきたいと思っております。

一応、私の方の話は以上です。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 それでは、私の方から補足で、Fiscal Year 2002年、NASAの予算要求の指針についての委員会資料11-3を説明させていただきた

いと思います。

従来、大体2月上旬に大統領が予算教書を発表するのですが、現在、恐らく新政権の発足ということもありまして、予算教書という形については、後半に書きましたが、4月3日に大統領から議会に向けて提出するというので、現段階では、A Blueprint for New Beginningsということで、予算要求の指針的なものを公表したということで、今、谷口さんからも御紹介がありましたが、その中で幾つかNASAに関する予算の考え方が述べられています。

これは政府の全体の予算についての中で、部分的にNASAに関する記述があるという位置づけになっています。

総額145億ドルをNASA予算として要求するというので、これは2001年度が143億ドル、2000年度は136億ドルですから、前年度比2%増額ということのようです。

それから、国際宇宙ステーションにつきましての開発・運用予算は増額しているけれども、ある部分、オフセットの部分もございまして、ISSのハードウェアとか、ほかの有人宇宙飛行プログラム、これは恐らくX-33とか34も含まれていると思いますが、そういった部分での予算縮小、それから定常業務の削減によってオフセットするというのでございます。

それからISSのコストの増分がかなり予想以上に多いということのようで、そのコストを抑えるためのマネジメントの改革も多数実施するということ。

それから、今御紹介ありましたSpace Launch Initiativeの予算が大幅増であると。

さらに火星探査計画に力を入れいくと。

それから次世代地球観測につきましては、現在のほかのリモートセンシング・プログラムEOS（アース・オブザベーション・サテライト）の中で行われているのですが、これはEOS Follow-onという形で次世代の地球観測システムの予算を増やして、ほかのものはなるべく重みづけをして減らしていくということのようです。

NASAの詳細な予算要求書につきましては、4月3日、予算教書公表以降に示されるということで、これらを踏まえて議会における審議が行われたということです。

もう一つ、ここには書きませんでした、ISSに関して幾つかプライオリティーの重要な決定というか、今後の目的として3点、NASAの方で挙げていますので、御紹介させていただきます。

最優先目標としましては、恒久的な有人宇宙体制を実現すること。それから世界水準、ワールドクラスの研究を宇宙で駆使すること。それから国際パートナーが提供する要素を組み込むということの3つが含まれていました。

さらに、マネジメント上の改革のところキーワードとなっていた言葉としましては、必ずしもマネジメントだけではないと思いますが、コスト見積もりの信頼性の増大、外部評価の導入、競争の導入、民間活力の活用ということが、特にISSの関係では述べられていました。

以上でございます。

【井口委員長】 どうもありがとうございました。

御質問、御意見、どうぞ。

【長柄委員】 そのSpace Launch Initiativeというのは、まず4年間で4.5ビリオン。2002年から5年までに。

【宇宙開発事業団(谷口)】 既に、今もらっている部分もありまして……

【長柄委員】 2001年も入っているわけ？

【宇宙開発事業団(谷口)】 全額という言い方をしておりますので。

【長柄委員】 では、2000年ぐらいから入っているわけ？

【宇宙開発事業団(谷口)】 はい。

【長柄委員】 2000年ぐらいから2005年か6年……。

【宇宙開発事業団(谷口)】 と、思います。

【長柄委員】 それから、必ずしもSSTOと限らない。2段式だって……。いずれにしてもロケットであるということは確かなんですね。

【宇宙開発事業団(谷口)】 今、第2世代の中では、ロケット以外のことも検討しているケースというのは、あまり見たことがありませんので、恐らくそうだと思います。ロケット式の単段式かどうかという意味で、ある意味では、まだ最終決断というか、コンフィギュレーションのセットをしておりませんので、いろんな可能性はあることはあると思いますが、NASAのいろんな人の声は、これも書いたものですが、ロケットの単段式で、例えば2010年とかというような非常に技術的なハードルは高くありますねということは、かなり検討しております。

【長柄委員】 TSTOみたいな格好になりやすいということですか。

【宇宙開発事業団(谷口)】 そうかもしれません。ただし、そのときには、やはりタ

ーゲット・コスト・リダクションが10分の1でできるかとかというような話になってくるんだと思いますけど。

【五代委員】 今までのXシリーズで、民間資金というのを出してよということになっていましたね。それで、その辺の結果は、今どうなっていて、民間にとってはどの程度、結局出したのか、あるいは還元がどうなったか、形だけで結局は出してないのか、その辺のところはわかりますか。

【宇宙開発事業団（谷口）】 X-33とか34についてのという意味ですか。

【五代委員】 そうです。

【宇宙開発事業団（谷口）】 例えば、X-33についてガバメントが約1,000億円ぐらい今まで投資していきました。それからロッキード・マーチンについては、300億円ぐらいを自社投資をしているという部分は知っておりますが、それ以上にどういう形でという情報はよくわかっていない.....。

【五代委員】 それがこの後の新計画にどういうふうに反映するかなんですよね。

【栗木委員】 救ってもらえるか、もらえないか。

【五代委員】 そう。

【宇宙開発事業団（谷口）】 そうですね。そういう意味では、もう少し我々も情報収集に本腰を入れなければいけないのですが、一つは、今までロッキード・マーチンとかなりやってきた。当然ボーイングの戦略みたいものがあるし、その辺は、かなり後ろでいろんな話があるのではないかと思います。

【長柄委員】 だけど、X-33を今実際に飛ばすのに、これからちゃんと作り直したり何かすると、ものすごく金がかかるでしょう。新聞などによると、その金からはもう出さないと。あそこで得られた技術はずっと残るでしょうけれども、ああいうSSTOの飛行は、要するに将来はどうか知りませんが、さしあたりやらないと。

【宇宙開発事業団（谷口）】 というのが現在のNASAのスタンスですが、例えばX-34についてもピークルはあるわけですね。X-33も一応ピークルに近いところまできている。そうすると、例えば前のDCXみたいな話で、どこかがまたスポンサーになったとか、今後また復活していくような話があるのかもしれませんが。今のところはちょっとわかりません。

【長柄委員】 いずれにしても、X-33を何かやってみて、非常に難しいとわかったので、もっと基礎をちゃんとやろうやという話ですね。もっと基礎をちゃんとやった上で、

コンフィギュレーションを5年のうちに約5,000億円ぐらい投じて、決めて、それからヨーイドンでその次に進もうやと。

【宇宙開発事業団（谷口）】　そういう意味では、前の計画より、より現実的に、本気でといたしますか、そういう印象は受けません。

【長柄委員】　今から5年くらい前は、何となくX-33が出ると、すぐベンチャースターができて、すぐに……、というようなことで非常に楽観的な話が多かったですよね。

【五代委員】　あれも実際には、私は、やっぱりスペースシャトルのアップグレードというのが実はベースにあって、それがあから、今、有人宇宙飛行はずっと継続されると。今度のX-33は、技術者は最初からある程度疑問を持っていたわけでありますから、そこでまた具体的に、タンクがまずいとか、エンジンのどの辺に出たのか知らないけど。

【栗木委員】　システムとして別のオプションを探すということでしょうね。

【五代委員】　そうでしょうね。だんだんやっているうちに、性能が思ったようにはいかないというのがわかってますからね。こういうふうに見直すのはいいんだらうけど、どこかで見直さないと、あれは。そのときに企業は、さっきの話で、投資した分が一体どの程度どうなったとか。

【長柄委員】　何か新聞なんか、ロッキード・マーチンが300億ドルとか400億ドルと出ていた。NASAは約束どおり900億ドル以上はもう絶対出しませんよということで、足が出たところは全部ロッキード・マーチンが出すということでスタートしたはずなんです。ですから、NASAはもう出さないと。出すならロッキード・マーチンが勝手に出せと。NASAはもう一文も出さないとということになると、結局だれも出さない。自分ではもう出さないでしょう。

【宇宙開発事業団（谷口）】　全体的に言うと、この新計画、先ほども申しましたが、非常に現実的で、より本気な形でやろうという印象があるのと、X-33みたいなものまでできていて、やっぱりもう一回見直しても、打ち切りという、スクラップ・アンド・ビルド的な、非常に素早い判断をするというところはちょっと印象的ではありますが。

【井口委員長】　NASDAとしては、こういうX-33、34の決断というか決定から、何点か影響を受けるというか、あるいは逆に勉強になるとか、何かあるんですか。

【宇宙開発事業団（谷口）】　影響を受けるというのはちょっとあれかもしれませんが、技術的にX-33、34がいわゆるSLIの中でも飛ばす意味が、あるいはどうして追加費用を、例えばX-34について、どういう評価をして、どういう追加費用があ

って、なぜ飛ばせないのか。ほかの技術本部について、飛ばすこと自体の意味が、どうしてそういうことになったのか。いわゆるこれはNASAの内部評価的なものなんですけど、その辺のテクニカルな話を知りたい。この辺になりますと、ある意味、いろんな関係者と、うまくいろんな話を聞くというようなところで情報を集めていくしかないと思いますが、そこのところが実は一番興味がございます。

【五代委員】 X-34の場合は33と大分違うと思うんですね。別の思惑で行っているわけでしょう。大した金額ではありません。何か別の理由……。是非その部分も聞いてもらいたいと思います。要するに、あれがコマーシャルであれしたときに使うに十分なものになるのか。需要が思ったより少なく、今のでいいとか、そういう複合的ないろんな理屈があると思います。

【長柄委員】 X-33は結局タンクが一番致命傷なわけですね。予定どおりタンクができないと。できるんですか、ダダーンと。

【宇宙開発事業団(谷口)】 アルミで作りますよとかとやるのはありますよね。

【長柄委員】 多分アルミだったら意味がないということになるんでしょう、重くなっちゃうから。

【五代委員】 そうでしょうね。どんどんパフォーマンスは落ちていきますからね。もとの理由は、開発の目的は何だということに戻ると、こういうことになったり。

【井口委員長】 それから、この「2002会計年度NASA予算要求の指針について」というのは、多少ベクトルが変わったんですか。私は前のことあまり詳しくないから。基本的には同じことですか。

【文部科学省】 基本的には同じベクトルだと思います。

【五代委員】 ここで興味があるのは、この「マネジメント上の改革」というところで、要するにアメリカ軍もそうだったし、NASAもそうだけど、あのプロジェクトの進め方というのは金がかかるわけですね。増えても、それを認めてきたわけです。今度は、さっきの4つおっしゃいましたね、見積もりも厳しくするとか、外部評価とか。3つ目は何とおっしゃったんですか。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 競争の導入。

【五代委員】 4番目は民間の？

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 民間というか、NGOの活用なんですね。ぼやっと言ってしまったんですけど、NGOを活用したいということで、イノベーションそれから

コストセービングのアイデアを確保していきたいというようなことだと思います。

【井口委員長】 日本もまさしくそういう状況にあるような気がしますので……。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 モア・マーケット・ベストというようなことが書かれていますので。

【五代委員】 この辺のところは非常に興味がありますね。

【長柄委員】 ここのS L Iの、従来と違うのは、競争を入れるということですね。要するに、最初は何社か選ぶんでしょう。

【宇宙開発事業団（谷口）】 そうです。

【長柄委員】 何社かいっぱい選んで、それを5社か6社が、3社か4社になって、それが2つぐらい残ると。最後は2つぐらいでいくのかどうか知りませんが。従来は、X-33だって、せいぜいロッキード・マーチンとボーイング、前のマクダネル・ダグラスの2社ぐらいの競争で、本当は競争ではないんですね、あれ。設計の競争みたいなもので、こっち側がぱっと決めたわけです。今度はそうではなくて、実際に物を作るところも全部4社か5社、あるところは2社までいって、競争させて、一番よさそうなところが残る。強いやつが残ってくると。

【宇宙開発事業団（谷口）】 かなり小さな会社のいろんなアイデアを取り入れるということで、かなり広範にばらまいてやっています。

【井口委員長】 日本はそういう競争というのは、産業規模があまりにも小さいものですから難しいですね。

【五代委員】 それだけのベースはないですね。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 先ほど、NGOと特化してしまったんですが、やっぱり今競争というお話があって、including NGOですので、恐らくもっと大きな会社も含んでコンペティションを……。

【井口委員長】 それを見せてください。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 後ほど。

【栗木委員】 このISSのいろんな部分は削減するとなっていますね。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 そうですね。オフセットすると。

【栗木委員】 前も、増額という部分とこの削減するという、ここは……

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 ディベロップメント・アンド・オペレーションズの部分については増額しますよと。しかしながら、ハードウェアの部分とか……

【栗木委員】 このディベロップメントというのは、ハードウェアのディベロップメントではないと？

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 これは開発運用の中身なんですけど……

【文部科学省】 その増額部分というのは、10億円が出ますよと。その部分について増額するわけではないということですね。開発運用部分について、どのくらいか金額が見えていませんけれども、とりあえず物価上昇分ぐらいの上昇分で、この前出たのは、運用経費がかさんでしまうというものについては、その半分ぐらいのオフセットで相殺しましょうというようなことです。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 実際、この中身、ディベロップメント・アンド・オペレーションズというのが何なのかというのが、このブループリントの中で具体的に書いてなかったんものですから、後でもう少し情報を得たいと思いますが。

【井口委員長】 そのうち、例えば居住モジュールをやめるとか……。

【栗木委員】 スペースニュースには色つきで出ましたよね。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 そういうイメージです。

【文部科学省】 やめるとまでは言ってません。居住モジュールを延期とかというような、ことが書いてありましたよ。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 居住モジュールとか搭乗延期、推進モジュール等の部分で、部分的に相殺を考えるとというような、そういう……。延期かもしれないですけど。

【井口委員長】 そうすると、この予算が決まるころには、それはある程度決定されるわけですね。

【塩満宇宙政策課調査国際室長】 先ほど御報告した4月3日には、もうちょっと詳細なものが出てくると思います。

【井口委員長】 そうすると、日本にも影響が及ぶわけですね。

【文部科学省】 4月3日に決まりますのは、あくまでも2002年度の会計年度の予算のことです。宇宙ステーション全体の計画につきましては、もちろんそういうものを見ながら、具体的な変更というものを今検討している最中でありまして、国際パートナーにも調整が来ると。具体的に2003年は、できるだけ既存のスケジュールを維持する形で見直したいというのが、現状のNASAの意向でして、それ以降の組み立てスケジュール全体につきましては、5月、6月といったようなタイムフレームも出てきて考えていくというような話を聞いております。

【井口委員長】 ほかに何かございますか。

なければ、報告を終わらせていただきます。どうもありがとうございました。

あとは、前回の議事要旨の案でございますけど、同じように見ておいてください。

それでは、第11回の宇宙開発委員会を閉会いたします。ありがとうございました。