議事に先立ち、事務局の瀬下参事官補佐が、第 2 回で説明しなかった参考資料 3-1（安全評価の基本指針）を説明した。（JEM の安全審査に無かった項目が、6、7、8 項であることを説明した外は、殆ど読み上げる状態であった。）

JAXA の武内安全保証室長が資料 3-1-1（安全確保の枠組み）を説明した後、多少の質疑応答があった。（設計開発の段階に応じ、ハザードの洗い出し、対応策の検討、検証が行われるが、フェーズIIIの内部審査（NASA との調整を含む）が終了したので宇宙開発委員会に報告している。）

下平：安全評価を独立した組織である保証室が行うとの説明であったが、「独立」とはどのようなことなのか。また、報告書は誰に見せるものなのか。

JAXA 武内：報告の主体をなすのは「ハザードレポート」である。我々の保証室は、プロジェクトチームからは独立している組織で、プロジェクトチームと密接に連携しながら仕事をしている。プロジェクトは開発の成果物としてハザードレポートを作成するが、それを保証室が評価する。保証室の作成した報告書は、此処には書いてないが、ISS のプロジェクトマネージャと、保証室の担当理事に報告する。保証室とプロジェクトマネージャの意見が一致しなかった場合は、それぞれの上位者が判断を行なう。

下平：安全技術評価というのは、そのアセスメント・レポートとどう違うのか。

【議事（1）】 宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全評価について

池上：その前に、安全技術評価は英語で何と言うのか。

JAXA 武内：安全技術評価に相当する英語は無い。評価を行う対象は、安全評価報告書＝セーフティ・アセスメント・レポートに書かれている内容である。もう一つ、最終仕上がり品の報告書だけを見ても解り難いので、そこに至る前に、開発の中で常に議論しながら進めていく。

下平：安全評価報告書とかかれているが、内容の中心はハザードレポートなのか。そのハザードレポートを評価するのが保証室の仕事なのか。安全技術評価とは、不断色々な評価をしていることを全部包括的に言っているのか。その辺りの定義がどうなっているのか、此れが用語として使われているのか。

JAXA 武内：テクニカルタームとして「安全技術評価」は使われていない。実用的な評価と安全評価報告書とが含まれる。

下平：解りました。もう一つ、安全評価報告書の主体はハザードレポートだということで良いのか。[1]

JAXA 武内：はい。

池上：似た様な話でいうと、英語で見ると解るが、日本語に訳すと解らないものがある[2]。日本語と英語が対になった辞書的なものが欲しいと言っている。「アセスメント」を日本語で「評

---

[1] 細かな点を繰り返ししつこく聞いている。説明の中で発言があったように記憶している。

[2] 同意できない。業界ごとに用語の定義にズレがある。英語と日本語の相違より大きいと思う。郷に入っては、郷に従って頂きたい。

価」と呼ぶと、曖昧で広い。「アセスメント」といえば、かなりきちっとしたイメージがある。NASAをベースにして作られているが、それを日本語にすると解り難くなる。その辺りを対応していきたいと思っている。

下平：従って、今、盛んにお聞きしているが、室長から回答が無い点は、「安全評価報告書」と云うのが一般用語に聞こえるが[3]、中心のドキュメントは「ハザードレポート」であると定義できるのか。

JAXA 武内：はい。「安全評価報告書」は「セーフティ・アセスメント・レポート」と云う言葉で定義され、安全を解析する文書で、その中心が「ハザードレポート」である。

下平：「安全評価報告書」は一般代名詞ではなく、完全に固有名詞なのか。

JAXA 武内：はい。

河野：報告書を出されたというが、どのレベルで一番審議に時間が掛かったのか。

JAXA 武内：（安全3-1-1の）7ページに示したフェーズⅠのところで、ハザードを識別することは簡単に出来るが、その原因を決め、制御の仕方を検討するところで長い時間を割いた。フェーズⅠでの主な目的は、ハザードの抽出と原因の識別であるが、ただそれだけで済ませるのでなく、どのような制御が出来るかも考え始め、設計の進展と併せて検討しているので、時間を必要とする。

河野：すると、其処での議論が、此処の部会では結論的に上がってきている[4]と考えれば良いのか。

JAXA 武内：はい。その中でも、特に時間を割いたところが、後でお話しする、誘導制御系や推進系や電力のところであった。今まで、JEMで色々の経験をし、システムが違う点を考え直す必要はあるが、その内容を写せて、基本と比較して検討が出来た。HTV独自のものは、基になるところが無いので、ゼロから考える必要があった。無人システムでも同じ機能はあったが、安全上、それが壊れたときに人やシステムが壊れるのかという目で見た時、今までとは違う発想をしなければならず、苦労をした。

池上：それでは、具体的な話しがこれから出てくると思いますので、次の報告をお願いします。

---

[3] 「そのように聞こえる」と言われれば、反論のしようが無いが、業界用語に不慣れなことを業界の責任に押し付けるのもどうかと思う。航空機は近い業界であるにも拘らず。

[4] 「ハザードレポート」と呼ぶ具体的なものを添付せず、NASAとJAXAが共同で審査してきた結果を取りまとめ、説明用資料に纏めて発表したため、安全部会の特別委員にとって大変見え難い審査になっている。
　実際のところ、JAXAにとって見れば、NASAと一緒に時間を掛け、緻密に検討を進めてきた結果に自信があり、安全部会での審査は二度手間になっている。一方で、特別委員は宇宙利用等各分野の専門家であるが、安全管理の専門家ではないし、審議の時間が短すぎるので、余り細かいことは審議できない。安全部会による審議の在り方が問われるべきではないかと感じた。

その後、JAXA の武内安全保証室長が資料 3-1-2（安全設計結果）を説明し、続けて、JAXA の深津氏が資料 3-1-3（同詳細）を説明した後、活発な質疑応答があった。

工藤：資料 3-Ⅰ-3 の 9～10 ページで、HTV 特有ということでハザードが識別され、フェーズⅠで実施されたものと思うが、フェーズⅡではこれについて解決できたのか、それとも先送りされたのか、一部は先送りされたと推測するが、説明が無かった。

JAXA 武内：審査の立場から説明する。此のフェーズⅡの段階では、安全の制御と検証の方法がセットしたことを確認している。フェーズⅠで確認した全てのハザードがフェーズⅡの段階で制御の方法が具体化され、その検証方法が決まったので、積み残しは無い[5]。アクションアイテムとして、その検証を実行するというものがあり、もっと具体化しないと解らない部分があるが、此れは検証の中で行なう行為である。

工藤：すると、解決したものは無いということか。

JAXA 武内：此の時点で、ハザードがクローズされたものは無い。

工藤：そうですか。ここに白丸で示した、JEM と同じものは、審査対象外と思ったのであるが、それで良いのか。

JAXA 武内：此処までで、検証の段階までセットされているので、最後に、現品でその性能が出るか検証していかなければならない。これから物が出来、試験や検査を行い、予定通りであることを確認するのは、これからの作業である。

工藤：フェーズⅢの作業としてやっていくのですね。それでは NASA の審査では、このやり方で OK であったのか。

JAXA 武内：ハザードレポートは、段階的に出来ていくものである。フェーズⅠでは原因が識別されたところまでで、フェーズⅡでは制御が確定し検証も確定する。現にそのものが出来上がり、ちゃんとした性能を示したという確認行為はまだであってもフェーズⅡは OK になる。

工藤：今回の審査対象から、打ち上げとリエントリーは除かれているが、HTV 全体のハザード・アイテム・リスト、台帳のようなものがあると思うが、そのようなものは無いのか。

池上：それは資料としてあるのでしょう。

JAXA 深津：設計作業としては、打上げ時の射場作業、リエントリーを含め、全て安全解析を行った。審議対象ではないので省いただけである。

工藤：木を見て森を見ないようなことの無いよう。審査対象外の議論をする必要は無いが、もしあればそれを見せていただきたい[6]。

---

[5] 説明から推測すると、基本設計と並行してハザードレポートが起草され、詳細設計を始める前にハザードレポートの項目が確定され、詳細設計とともに制御と検証の方法が検討され選定され、フェーズⅡの安全審査で制御・検証方法が確定するようである。しかし、実施してみたところ検証できないことも、これからの開発過程で起こり得るので、詳細設計の手戻りはあるのであろう。

[6] 全体を示した資料ではないとなれば、これしか言い様は無くなる。如何に上手な資料を作るかに係っている。後にある、松尾委員長の発言も同じ趣旨である。

池上：それは対応できますね。
JAXA 深津：時間を頂ければ出来る。
池上：本当に此れだけで良いのかという心配はある。
工藤：個別にやっていると、ミスが出る可能性があります。
河野：衝突回避など緊急時に、地上からもコントロールできるような話であったが、此れは「きぼう」ではないので、地上と ISS の乗組員とが調整しながらやるということになるが、この辺りの実績はあったのか。資料 2-1-2 の 14 ページで説明があったと思うが。
JAXA 武内：近傍域で単独飛行をしているときは、HTV の軌道制御は地上から行う。軌道を選び、万が一止まってもぶつからないような経路を取る。そばに来たときにも、必ず一度止まり、地上からの GO が出ないと進めないようにしてある。
河野：HTV は独自にやろうとしているし、地上からもちょっかいが出せると云うシステムになっているのか。このようなものを今迄に行なったことがあるのか。
JAXA 武内：質問を確認したいが、デブリに関する質問なのか。
河野：14 ページは、デブリに関係ないのですかね。
JAXA 虎野：室長の説明のように、決められたポイントまでは自律航法で行くが、地上からのコマンドが来るまでそのポイントで待機する。例えば ISS の下 300 メートルとか、下 30 メートルなどで、必ず止まって、ISS のクルーまたは地上からのコマンドが来るまで、永遠にその位置を保持する。
河野：ISS のクルーがやることと、地上でやることが、作業分担されるようだが、今迄行なわれなかったのではないか。

【議事（1）】 宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全評価について

JAXA 虎野：はい。日本では経験がない。それで、今、一生懸命訓練を行なっている。
河野：定かではないが、「きぼう」でもそのようなことをやっていないのか。
JAXA 深津：訓練という意味では、「きぼう」も NASA ヒューストン、モスクワ、日本の管制センターと連携した運用をするので、取り決めを交わした上でトレーニングに入っているところである。初めてと答えたのは、単独で ISS に接近するシステムが日本として初めてという意味である。
河野：その辺り、是非頑張ってやってほしいと思う。もう一点、3-1-3 の 17 ページ、メインエンジン系は HTV の下についており、離脱などに使われる。右側に 2 系統あるのは、前方と後方にそれぞれ A 系と B 系があるということなのか。これらは燃焼熱を利用し、噴射でコントロールすることになっているのか。
JAXA 深津：その通りです。
河野：そうすると、A 系には酸化剤が行っていない。
JAXA 深津：（説明をするが、意味が無いので省略）
JAXA 虎野：この絵は間違っています。必ず燃料と酸化剤が行くようなラインになっている。
下平：先ほどの軌道のことであるが、此れはハザードとしては衝突防止ということであり、此処での報告に無かったが実際にちゃんとやった上での報告であろう。此れにはミッションプロファイルがあり、打ち上げの後に軌道決定され、高度、位置が確認され、ミッションプロファイルとハンドブックと比

較しながら、軌道予測を行う。その結果軌道が異常な状態であればどうするのかを、一重または二重で軌道変更や、A 系から B 系への変更を行なうのであろう。そのような説明がないのでここでは解らない[7]。其れをやった上で此のドキュメントが出来ているのか。

JAXA 深津：ご指摘のように説明が不足していた。委員の仰るとおりである。事前に計画したとおりに飛ばすが、異常が起きた場合には異常に応じた切り替えまたは緊急離脱を繰り返しながら、飛行を継続する。拡大図に説明しているように、30 メートルと 300 メートルのところで止まり、全ての状態を確認して次に進むようになっている。

下平：此れは NASA の ISS オペレーションのチャート上で時間、コマンド、連絡事項を指定し、初めてトレーニングが出来る。その上で、リハーサル上大事なことは、クリティカルなリハーサルとハザードを入れたトレーニングがあると思うが、これら運用計画がセットされているのか。

JAXA 深津：セットには至ってないが、調整を進めている。NASA との安全審査の結果を踏まえ、「このようなハザードを考慮し、このような対処をする方針である。」ということを運用サイドに伝えてある。運用サイドは此れを手順書に落とし込んで行くというルールが ISS で標準化されている。

下平：今までも人工衛星の軌道決定において、解らなくてホールド時間を一杯取っているにも拘らず、最後に話し合いが付かず、1〜2 時間延ばすことが良くある[8]。此の場合、全てのハードウェアが上手く行く上での対応は出来ると思うが、何が起きるか分からないのが今までの姿勢決定や軌道決定であり、トレーニング、経験、情報が十分に入った上でのハザード解析が出来ているのか。此処では上手く行っていると言われるが、ミッション解析上での対策が表面に出てきていない。運用上の問題はちゃんと入っているのか。

JAXA 深津：今回 NASA は、衝突に関しては運用担当者が入って、委員のご指摘の点に関し多数のコメントを頂いている。今回、簡単に説明してしまったかも知れないが、色々な細かい懸念事項を取り込んだ結果を、今回のデータとして説明した。安全審査では、此処の所に時間を割いた。

下平：関連して一番いやな話が、ガスジェットの噴射機能が完璧であることを、軌道に上がってからでないと実証できないことがある。凍結の問題を含め、地上での低温試験など全ての評価が終わっているのか。凍結は嫌なものであり、スラスター、配管、ヒーターが何時も問題になるが、これらデータ

---

7 其処まで細かい報告をしたら、審議に時間が掛かり過ぎるであろう。取組の手順と、一部の例の詳細な説明とを、上手に振り分ける必要があるだろう。前者は行なわれているが、後者を全く行なっていないので、不安を感じる委員が大勢いることになる。

8 無人システムは待たせておけば良いが、有人システムは其れができないので、事前にハザードを抽出し、それぞれへの対応を定め、手順書にまとめ、訓練を行い、想定された範囲で即応して行こうとするのであろう。ただ、HTV は飛行中に人を乗せないので、緊急離脱と言う道が選択できる。これが許されなければ、想定外の事態には長時間のホールドが起こるであろう。

が揃って解析されているのか。

JAXA 深津：解析は全て終わった段階であり、この段階でもNASAのエンジニアに入って貰っている。特に、スペースシャトルの経験者に入って貰い、其処はNASAの協力が強いと考えている。

下平：ヒーターと配管の問題は終わっているということか。

JAXA 深津：はい。設計は出来ていると思っている。

JAXA 虎野：補足します。全てのフライトに対し地上での燃焼試験を行う。普通のエンジンと同じです。作ってそのまま載せることはない。

下平：ああ、そうですか。

JAXA 虎野：ある号機を過ぎて、もう不必要との技術的見解が出れば、その後の地上試験は行わないことも考えている。

下平：ソフトウェアは、全く違うソフトウェアとハードウェアと読めるが、ハードウェアは同じで、違うソフトウェアを載せるのか。ハードウェアが同じで、本当に冗長系なのかということがある。トラブルというのは、トレードオフだと思うが、ソフトもハードも同じであれば冗長系にならないというのが我々の常識である。衝突防止だけで良いと思うが、検討の結果同じハードウェアで良いということになったのか。

JAXA 深津：HTVではメーンコンピュータが全ての計算機を統括する設計を採用していない。例えば誘導制御計算機と緊急離脱計算機とは別の電気箱になっており、それぞれソフトウェアを載せている。誘導制御計算機には誘導計算をするだけのソフト、又は異常を通知するソフトが入っている。緊急離脱は「異常」を受け取ったら兎に角緊急離脱をするソフトになっている。また、誘導制御システムが、仮に両方駄目になっても、通信データ処理系が元気であれば、これから「異常」データをISS側または衛星間通信を通じて地上側に送れ、生き残っている系統を使って強制的に離脱をさせる。安全に関してはかなり機能をつけていると考える。

下平：独立性を厳しく要求することになっているが、電源系のハーネスを別のものにしたのか、それとも束ねたかも含め、独立性が確保されていることを確認されたのか。

JAXA 深津：ハーネスですか。

下平：電源のハーネスは全く別のものかということになる。

JAXA 深津：緊急離脱機能に関してはかなり独立といって良いと思う。（安全3-1-3の7ページ）に主電源バスと書いてあるが、普通の人工衛星はこういうバス機能は一つであるが、緊急離脱に関わるところは分けている。この辺りの配線は全て独立になっている。

池上：多分十分な答えにはなっていないと思うが。

下平：ハーネスは、道理綱機能、は位置になっているか。A系とB系のハーネスに分けてあるのか。

JAXA 深津：ハーネスは別けてある。あとは、艤装上の問題で、分け方についての議論をしており、衛星等にあった事故の水平展開を全てしている。

池上：今の点は工場に完全に任せてしまっていることは無いかという事である。ハーネスは其処まできちっといかない。束ねて一緒にすることがあり、両方一緒に切れることがある。

下平：現物でそうされていますかということである。

JAXA 深津：その点については、前回の事故の反省として、現品をきちんと確認する。また、振動試験等、大型のシステム試験を全て行うので、その前後で現品を確認する。

松尾：安全 3-1-3 の 11 ページで、噴射停止のことが書かれ、理由が①から⑦まで書かれている。③と④がどのような種類の分類になっているのか。④は推進系の故障には違いないが、③の推進系の故障が④を除く特定のことを指しているのかと思うと、そうではなく、中にバルブとセンサーという内部構造を持っている。項目の大きさが一寸違っている。レベルが違っていると、全体を網羅できているかが気になってくる。また、⑥で「ロボットアームの把持領域の不適切な設定」とあるが、ロボットアームについて、衝突の観点から、気をつけるべきことの全てなのかと思う。並んでいる項目の大きさが、揃っているのかが気になる。レベルの揃っていないものを並べたときに、欠落が出ることを心配する。

JAXA 深津：並べ方の整理学上の問題は有ると思う。網羅性に関し、此れの背景になる科学データとして、詳細な FTA がある。これから共通要因故障を除くと、大体この 7 種類に分類できると判断した。推進系の配管の凍結と推進系の機器の故障は、故障の仕方が違うので別けて示した。配管が凍結して破裂することと、バルブのようなものがランダムな故障を起こすのと、故障のモードが違うと考えてこうした。

松尾：設計に起因するものと、ランダム故障とで別けたのか。

JAXA 深津：はい。その観点です。先ず対象で別け、ランダム故障については故障許容の冗長設計を行うが、ロボットアームの領域設定や配管の破裂は、適切なマージンを持たせるという対策になるので、設計手法に合わせて分けた。

松尾：一応、解ったような気がしました。故障というのは解りにくい。でこぼこが大き過ぎて気になる[9]。

竹ヶ原：推進系のバルブの故障の中で、水薬の清浄度の問題でバルブが噛むようなことが起こる。此れは何処に挙げられて、その検証方法を考えているのか。多分③に含まれているようであるが、③はメカニカルな故障だという話であれば、推進薬の管理をどのように考えているのかを聞きたい。

JAXA 深津：③の範疇で整理している。清浄度の管理が大原則で、他のロケットや衛星と同じように厳しい管理をしている。その前提で、万が一コンタミネーションの噛み込みによる漏洩が発生していると判断した場合には、上流のバルブを閉じていき、その性能が発揮できなければ A 系統から B 系統に切り替える。それでも駄目な場合は緊急離脱を行うという枠組みになっている。

森尾：衝突に至るハザードが幾つかあるが、いずれの場合も緊急離脱制御装置を動作させ、メーンエンジンを噴射させる。あらゆるケースで、メーンエンジンを噴かすことが「離脱」になるのか。

JAXA 深津：どの段階でもメーンエンジンを吹けば ISS に衝突しな

---

[9] 表現を変えれば、「誰が行った場合であっても、想定の範囲が同じになるか。」との心配であろう。しかし、これを審議するには、詳細設計と同時並行に、極めて長時間かけて行うしかない。

いという軌道計算は実施している。ISS に背中を向けながら接近していくので、メーンエンジンを吹いたら上には行かない。

森尾：でも接近の最後の段階ではメーンエンジンが後側に行き、与圧側が上になる。

JAXA 深津：その時は、ロボットアームが掴んでいるので、推進系の機能は全て遮断している。この段階で推進系が噴くと拙いので、ソフトのところで説明したが、3 重の指令がないとエンジンが噴かないようにしてある。

森尾：不具合が起こる直前まで、予定通りの行動をしていれば大丈夫だということであるが、例えば HTV が自転するという姿勢制御が故障すれば、予定通りでない接近になるであろう。色々の方法があろうが、その辺りは何処まで考えたのか。

JAXA 虎野：例えば推進系は 2 重系以上になっているが、2 重系全てが駄目になった場合にご指摘のようなことが起こる。その前に、一つの系統がおかしくなると、それ以上 ISS には近付かない。あと 1 系統があるので近付こうとは考えない。冗長形が残っている間に、ISS に近付くことを諦め、HTV の試験をするなど、別の方向を考える。また、如何に安全に地球に落とすかを考える。

森尾：今の話は、二つのものに引き続いて起こる場合は良いが、同時に起こったら、一体どうなっているのか解らなくなるケースはないのかということである。

JAXA 深津：2 故障以上はありえるが、1 故障の場合、例えば地球センサー一つが駄目になる、（ここで割り込まれる。）

森尾：だから、めったに無いことか。2 箇所同時に起こって、どんな姿勢であるかわからなくても、緊急離脱装置でやるということか。

JAXA 深津：余りに多重の故障が起き、変の方向を向いたままで緊急離脱装置を噴くことはしない。300 メートル、30 メートルまで来ると HTV の上体を宇宙飛行士が見ることが出来る。その状態では、ISS のクルーは緊急離脱用のボタンを抱え、目で見ながら、変な挙動があればそのままどこかにやってしまうコマンドを送る仕組みになっている。

池上：あと、地上からも離脱の指令は出せるのか。

JAXA 深津：両方とも出来ます。

池上：何か、順調に行くことよりも、ハザード対策ばかりで、心配な点が出てくる。順調に行く事をちゃんとやって上でのハザードですね。

JAXA 深津：はい。

下平：ハザード解析というのは、基本的には、衝突があるということを前提に、その要因を並べ、其れを一つずつ潰すことである。此れを良く見るとその説明にはなっていない。「こういう問題がある」と仮説を立て、其れを重ね、一つずつ潰すのがハザード解析で、プロセスである。此れは、あくまでも理解をして貰おうと言うことで、説明をしているから質問がたくさん出てしまう。

池上：其れは、次回から。私も同じようなことを感じておりました。

（此処で終了を宣言。）