

H - Aロケット再点検専門委員会報告書

平成16年9月2日

宇宙開発委員会調査部会

H - Aロケット再点検専門委員会

- 目次 -

はじめに	1
. 機構の再点検と当専門委員会の技術的助言について	2
1 . 課題の抽出手法及びリスク評価手法と当専門委員会の技術的助言	4
1 - 1 課題の抽出手法について	4
(1) 機構の実施内容	4
(2) 当専門委員会の技術的助言	6
1 - 2 リスク評価手法について	7
(1) 機構の実施内容	7
(2) 当専門委員会の技術的助言	8
2 . 課題の抽出結果及びリスク評価による課題の選別と当専門委員会の技術的助言...	8
(1) 機構の実施内容	8
(2) 当専門委員会の技術的助言.....	9
3 . 「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の対処方針と当専門委員会の 技術的助言	10
(1) 課題の対処方針案	10
(2) 当専門委員会の技術的助言	12
4 . 「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の今後の対処方法	13
5 . 中長期的な課題への対処	13
6 . ロケットの信頼性向上に向けての継続的な取組みについて.....	13

. S R B - Aの設計変更について	15
1 . 機構が作成・提示した設計変更の基本的方向性と設計変更案	15
(1) 機構が作成・提示した設計変更の基本的方向性	15
(2) 機構が作成・提示したS R B - A改良型に係る設計変更案	15
2 . 設計変更に係る審議結果	17
(1) S R B - A改良型に係る設計変更案の審議結果	17
(2) S R B - A改良型に係る設計変更について留意すべき点	18
3 . 設計変更に係る今後の対処方法	19
4 . 新たなS R B - Aの開発に向けた対処	19
図1 S R B - A改良型のノズル部の設計変更案概要	20
図2 導爆線及び電気配線等の艀装の設計変更案概要	21
(参考1) H - Aロケット再点検専門委員会の設置について	22
別紙 H - Aロケット再点検専門委員会構成員	
(参考2) H - Aロケット再点検専門委員会開催状況	24

はじめに

独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下「機構」という。）は、H - Aロケットの打上げ再開に向けて、信頼性向上に向けた取組みをさらに強化することとし、H - Aロケット8号機の打上げ失敗を受けて実施したH - Aロケット総点検に引き続き、H - Aロケットの再点検（以下「再点検」という。）を実施している。

機構における再点検は、H - Aロケットの信頼性向上を最優先課題として位置づけ、H - Aロケット6号機打上げ失敗の直接原因への対策のみならず、ロケット全体にわたり、設計の基本にまでさかのぼって点検・評価を行っているものである。

宇宙開発委員会は、H - Aロケットの確実な打上げに向けて万全を期すために、調査部会の下にH - Aロケット再点検専門委員会（以下「当専門委員会」という。）を特別に設置し、機構の行う再点検について、調査審議を行った。

当専門委員会は、機構が行う再点検活動についてヒアリングを行い、再点検における課題の抽出手法及びリスク評価による課題の選別手法について、必要な技術的助言を行った。機構はこれを踏まえ「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」を整理したが、当専門委員会は、当該課題の対処方針案についても必要な技術的助言を行った。

当専門委員会としては、H - Aロケットの打上げ再開に向けて、機構において、これらの課題への対処を確実かつ早期に実施することを強く期待し、打上げ再開前の然るべき時期に処置状況の報告を機構より受けることとした。

さらに、信頼性向上は不断の取組みが必要であり、今後の機構の継続的な取組みについても、必要な調査審議を行った。

また、H - Aロケット6号機打上げ失敗の直接原因である固体ロケットブースタ（以下「SRB - A」という。）の設計変更についても、その妥当性についてあわせて調査審議を行ったところである。

・機構の再点検と当専門委員会の技術的助言について

(機構の再点検と当専門委員会の調査審議)

機構は、再点検において、設計の基本にさかのぼって、ロケット全体について、課題の抽出及びリスク評価による課題の選別を行い、課題への対処方針案を検討した。

当専門委員会は、再点検に係る調査審議にあたって、当専門委員会の技術的助言が、機構における再点検に有効に反映されるよう、適切なタイミングで技術的助言を行った。具体的には、課題の抽出及びリスク評価による課題の選別について技術的助言を行うとともに、機構が作成した課題への対処方針案に対しても技術的助言を行った。

機構の再点検と当専門委員会の調査審議の概要は図1のとおりである。

(機構における再点検の概要)

機構は、客観的な評価のため、製造メーカーと共働作業を行うとともに、機構内外の有識者で構成される独立した立場の点検チームを設けた。

点検対象範囲については、ロケットの機体機能だけではなく、飛行解析 / 飛行安全、ペイロードインタフェース系、射点 / 射場設備系を点検対象とし、設計から開発・試験・製造・運用までを対象とした。

機構が行った課題の抽出においては、現在識別している課題の再評価を行うとともに、潜在的な課題に関しても、詳細FMEA、製造・検査・整備作業、連鎖事象、審査会指摘事項、の4つのアプローチ()により、あらゆる課題が抽出されるよう配慮した。

機構は、抽出された課題については、発生可能性と発生時の影響度に着目したりリスク評価を通じて、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」とそれ以外の課題に選別し、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」に対しては、対処方針案を作成した。

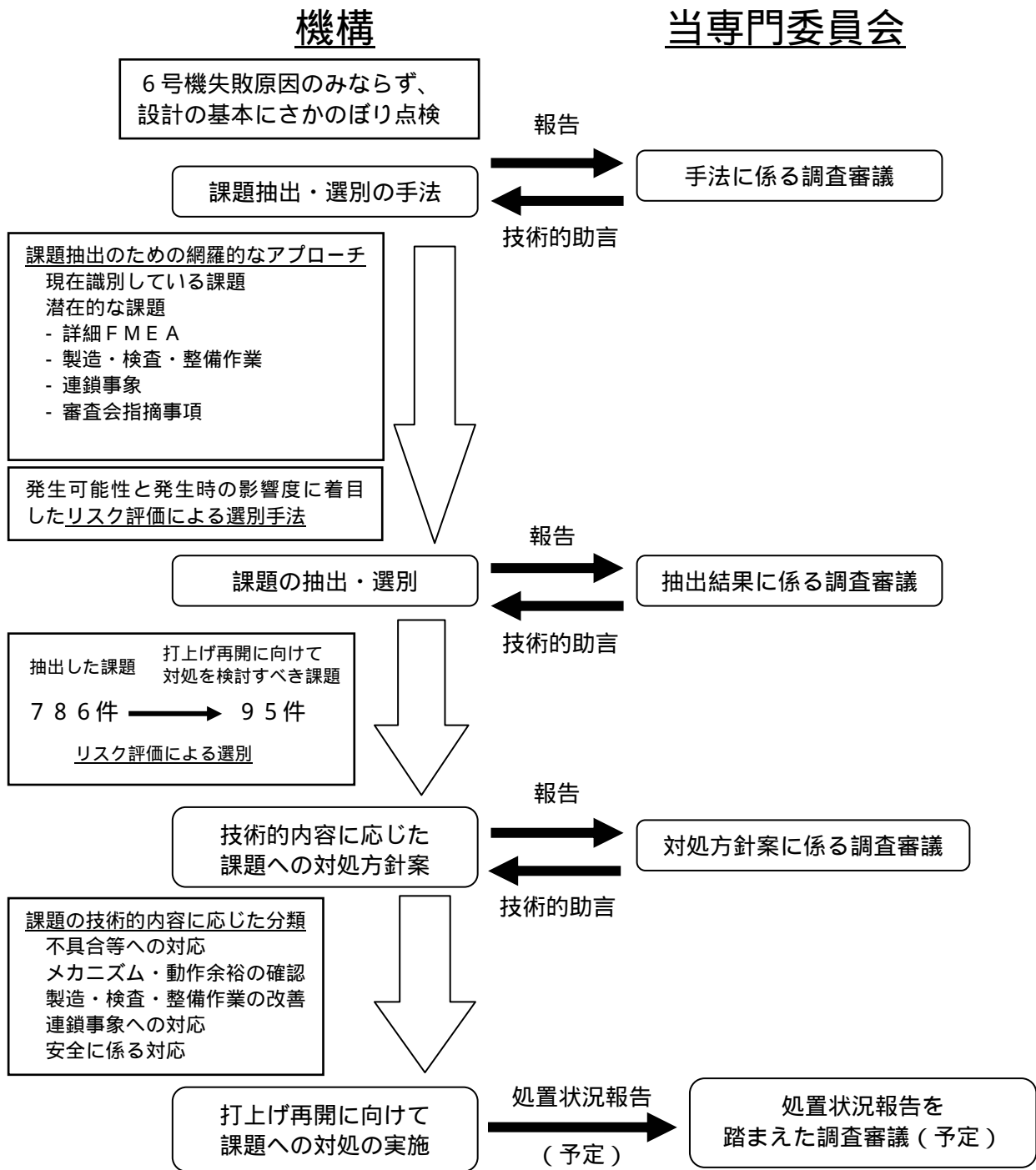


図1 . 機構の再点検と当専門委員会の調査審議の概要

1. 課題の抽出手法及びリスク評価手法と当専門委員会の技術的助言

1-1 課題の抽出手法について

(1) 機構の実施内容

1) 課題抽出の全体的な進め方

機構は、ロケット全体にわたり内在する課題を抽出・評価するため、過去の処置や予断にとらわれることなく様々な手法で課題の抽出を行った。

具体的には、現在識別している課題の再評価(下記)を行うとともに、潜在的な課題に関して以下に示す ~ の4つのアプローチにより、あらゆる課題が抽出されるよう配慮した。

現在識別している課題の再評価

今まで行ったリスク評価、技術判断の再評価

詳細FMEA*による潜在的課題の抽出

故障モードの体系的な洗い出しと再評価

*詳細FMEA：一般的にFMEAは「故障モード・故障因子の洗い出しを徹底した上で、それらを起因とする影響を詳細に解析する手法」のことであるが、今回については、事後的に監査・点検のためにFMEA手法を用いたもの。

製造・検査・整備作業に係る潜在的課題の抽出

設計要求に立ち戻った、ものづくりの再評価

連鎖事象**に係る潜在的課題の抽出

ミッション達成確率向上への新しい視点(H-A6号機打上げ失敗の教訓)による評価

**連鎖事象：致命的ではない初期事象を起点として連鎖的に発生する事象により、ミッション不達成に繋がり得る一連の事象

審査会指摘事項に係る潜在的課題の抽出

過去の開発の各段階における指摘事項全体の再評価

特に、潜在的な課題の抽出にあたっては、4つの手法が互いに補完しあうことで網羅的なアプローチとなるよう配慮しつつ、一方で、課題抽出の検討対象を重大な不具合やミッション達成への影響度から重点化するなど、現時点でできる限りの確な課題抽出となるよう図られている。

リスクは、設計・開発試験段階、製造・検査・整備作業段階、運用段階のいずれかに起因するものであり、詳細FMEAは、あらゆる故障モードを洗い出し、これら全ての段階

に関わる課題を見出そうとするものである。

このうち設計・開発試験段階に起因するリスクについては、詳細 F M E A に加えて、連鎖事象の評価も行うこととし、また、製造・検査・整備作業段階に起因するリスクについては、それらの作業の再評価も行って、さらなる課題抽出を図っている。

さらに、過去の開発の各段階における指摘事項(機構内の審査会によるもの)を全体にわたって、現在の知見・経験に基づき再評価することで、全ての段階について、課題の見落としがないかをさらに確認している。

2) 個別の抽出手法の具体的な進め方

機構が課題抽出のために行った各手法の進め方は、以下のとおりである。

a) 現在識別している課題(中長期的課題や軽微な課題とされていたものや処置済みの課題等)の再評価

機構は、これまでの H - A ロケットの開発及び製造・運用を通じて確認されていた課題や、既に処置済みの不具合対策、宇宙開発委員会によるこれまでの助言への処置状況について、改めて再評価を行った。

b) 詳細 F M E A による潜在的課題の抽出

機構は、詳細 F M E A を実施し、設計における検証や製造・検査・整備作業段階において、故障防止及び検出のための対処が不足している可能性のある点を潜在的課題として抽出した。

c) 製造・検査・整備作業に係る潜在的課題の抽出

機構は、製造・検査工程について、工程 F M E A * の実施結果及び特殊工程(はんだ付け、溶接)の再点検と重要加工パラメータ/重要品質特性値に係る実績データの確認を行うとともに、工場及び射場における整備作業について、これまでに発生した不具合の再発防止策が手順書へ反映されているかの確認を行い、課題の抽出を行った。この際、あわせて現場作業員へのヒアリングも行い、潜在している課題の抽出を図った。

また、機構は、課題抽出の対象を、過去に重大な不具合が発生している機器及び製造のばらつきがミッション達成に大きく影響を与える可能性がある機器に重点化することとし、衛星フェアリング、第 1 段エンジン(L E - 7 A)及び第 2 段エンジン(L E - 5 B)、アビオニクス、 S R B - A に絞って、課題の抽出を実施した。

* 工程 F M E A : 製造工程における潜在的故障モードを洗い出し、それに起

因して将来故障に至る恐れがないかを検討する手法

d) 連鎖事象に係る潜在的課題の抽出

機構は、H - A ロケット 6 号機の打上げ失敗を踏まえ、連鎖事象を引き起こす可能性のある初期事象として、「高温ガス・低温ガス漏洩」及び「電源系異常」を設定し連鎖事象に係る課題の抽出を行った。

e) 審査会指摘事項に係る潜在的課題の抽出

機構は、ロケットの機能・性能に係る技術的な指摘事項（開発中の各段階で実施された機構内等の審査会による指摘）への対処が適切であったかについて、現在の知見・経験に基づき再評価を行った。

(2) 当専門委員会の技術的助言

当専門委員会は、機構が行った課題の抽出手法について、全体的な進め方とともに、個別の抽出手法についても、以下のとおり技術的助言を行った。

1) 課題抽出の全体的な進め方について

課題抽出の全体的な進め方について、当専門委員会は、機構に対して、以下のように技術的助言を行った。

- 日常の開発業務に直接携わる人が感じている問題点等の集約に努めること。
- 「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の選別理由を明確にすることは当然であるが、同時に、選別されなかった課題についても、選別されなかった理由を記録に残して将来にわたって確認できるようにすること。

2) 個別の抽出手法の具体的な進め方について

個別の抽出手法の具体的な進め方について、当専門委員会は、機構に対して、以下のように技術的助言を行った。

(詳細 F M E A による潜在的課題の抽出)

- 故障モードの検討においては、故障の有無だけでなく、部分故障も含めた検討を行うことが理想的であること。また、故障モードに対する知見の豊富な人材が検討に加わることが重要であり、また、その知見を F M E A を行う中で蓄積していくように配慮すること。
- F M E A での確認項目の適正化に努め、恒常的な活用が可能となるようなシンプル

な構成とするとともに、参照文書をつけることも重要であること。

(製造・検査・整備作業に係る潜在的課題の抽出)

- 特性値のばらつきによる性能への影響が懸念されるが、課題の抽出にあたって、重要な特性値について過去の実績データとの比較を十分に行うことが必要であると考えられること。

(連鎖事象に係る潜在的課題の抽出)

- 一般に、重大なトラブルの多くの事例が連鎖事象であり、このような視点での検討を行うことの意義は大きいと考えられること。
- 連鎖事象の検討にあたっては、適切な初期事象を選定することが重要であるが、本検討で想定するガス漏洩や電源系の異常は、過去に実例があることから、いずれも適当と考えられること。ただし、ガス漏洩については、損傷に起因する大漏洩は連鎖事象とは別種の問題であることから、正常な製造・検査工程を経ても起こり得る微小漏洩を前提として検討を行うことが適切であると考えられること。

1 - 2 リスク評価手法について

(1) 機構の実施内容

機構は、1 - 1項に示される当専門委員会の技術的助言を踏まえ、課題を抽出し、これらの課題の中から「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」を選別するため、発生可能性と発生時の影響度に基づくリスク評価を行うこととした。

リスク評価においては、発生可能性と発生時の影響度が「高/大」「高/中」「中/大」のものについて、「打上げ再開に向けた対処を検討すべき課題」とした。

また、従来は対処の検討対象ではなかった発生可能性と発生時の影響度が「高/小」「中/中」「低/大」のものについても、発生時の影響度が極めて小さい、あるいは発生可能性が極めて低いことが確認できない場合は、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」とした。

機構が実施したリスク評価の概要は、図2のとおりである。

		発生時の影響度		
		大	中	小
発生可能性	高	従来の検討対象		
	中			
	低			

従来に比べて評価を充実する部分

従来は対処を検討していなかったが、発生時の影響度が極めて小さい、あるいは発生可能性が極めて低いことが確認できない場合には、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」とする。

図2 . 機構が実施したリスク評価の概要

(2) 当専門委員会の技術的助言

当専門委員会は、抽出した課題に対して機構が行ったリスク評価手法について、機構に対して、以下のとおり技術的助言を行った。

- 今回のリスク評価については、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」を広範囲にとらえていると考えられること。
- 必要な対処を施した結果として、当該項目に対するリスク評価は変わるものである。そのようなリスク評価の変遷の過程を追えるようにすること。

2 . 課題の抽出結果及びリスク評価による課題の選別と当専門委員会の技術的助言

(1) 機構の実施内容

1 - 1 項に示す手法により抽出された課題の総数は786件であり、このうち、1 - 2 項に示すリスク評価により「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」として選別されたものは合計95件であった。

手法毎の課題の抽出結果と、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の選別結果は、以下のとおりである。

課題抽出のためのアプローチ	抽出した課題	打上げ再開に向けて 対処を検討すべき課題
現在識別している課題の再評価	478件	64件
詳細FMEAによる潜在的課題の抽出	245件	26件
製造・検査・整備作業に係る 潜在的課題の抽出	97件	1件
連鎖事象に係る潜在的課題の抽出	3件	3件
審査会指摘事項に係る潜在的課題の抽出	11件	1件
合計	786件	95件

(2) 当専門委員会の技術的助言

当専門委員会は、課題の抽出結果及びリスク評価による課題の選別結果について、機構に対して、以下のとおり技術的助言を行った。

- 今回の課題の抽出は、現時点で可能な限りの確な課題抽出が図られたと考えられること。
- 今回のリスク評価手法は、対処を検討すべき課題を広範にとらえており評価できるが、今後、定量的評価が可能となるよう、引き続き改善を行うこと。
- サブシステムやコンポーネント毎の機能は満たしていても、それをシステムに組んだときに不具合が発生するというケースもあり得るので、詳細FMEAについては、そういう事象も十分に確認できるよう、将来に向けて、手法の改善を行うこと。
- 今回の再点検で用いた詳細FMEAは、故障モードの詳細な把握とその管理に有効な手法であり、定量的な評価と組み合わせることで、将来的には、信頼性の定量的な検討に繋がる可能性もあることから、評価・管理手法の基盤として、今後さらに改良・発展させていくこと。
- FMEAについては、開発段階等に応じて、構想・基礎設計に応じた「機能展開のFMEA」、故障メカニズムや故障モードを詳細に検討する「詳細(設計の)FMEA」、検出力の高い試験・検証方法を検討する「試験計画立案のFMEA」、設備や人員の生産における問題点を明らかにする「工程FMEA」が考えられ、これらについて、マネジメントするシステムを明確にした上で、今後さらに活用していくこと。
- 連鎖事象に係る課題の抽出は、これまでには考慮されていないものであり、従来抽

出できなかった課題を抽出したと考えられること。なお、複数の独立した要因が重なり合っただけで起こる事象については、現時点では、これらの事象を課題としての確に抽出することは困難であるが、今後、詳細FMEAの手法を向上させていくこと等によって、適切に課題が抽出できるよう努めること。

3. 「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の対処方針と当専門委員会の技術的助言

(1) 課題の対処方針案

上記2項においては、課題抽出のための網羅的なアプローチに応じて課題を分類しているが、機構は、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」について、技術的内容に応じて、改めて以下のように分類し直し、対処方針案を作成した。技術的内容に応じた課題の分類と対処方針案は以下の表のとおりである。

「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の技術的内容と対処方針案

課題の分類	内容	打上げ再開に向けた対処方針(案)		件数	課題抽出に用いた手法					内 訳
		対処方針	対処にあたっての留意事項等							
不適合等への対応	これまでの開発過程・製造試験・整備作業・フライトにおいて顕在化している不適合事象等への対応(不適合の未然防止対策も含む)	設計変更・改修等により実機及び地上設備への反映を行うことを検討するもの。	改修作業等においては具体的な対策内容、実施計画を策定し実施する。 また、設計変更等による二次的影響(不適合等の発生)に十分注意し、他システム・コンポーネント等への影響を詳細に評価した上で対応する。	33						SRB - A直接原因対策:1件、誘導制御系装置不適合防止対策:4件、ノズル駆動制御装置不適合防止対策:3件、 エンジン制御装置不適合防止対策:4件、エンジン/推進系部品不適合防止対策:3件、機体艙装関連対策:2件、 火工品点火系不適合防止対策:3件、衛星系設備不適合防止対策:3件、推進系設備不適合防止対策:5件、 電気系設備不適合防止対策:4件、飛行解析系設備不適合防止:1件
		解析・試験等による検証を行い、不適合発生の可能性がないことを確認する。	解析・試験においては具体的な実施内容、実施計画を策定し実施する。 また、解析・試験の結果、設計変更等の必要性が判明した場合は、具体的な対処(設計変更等)を上記と同様の考え方で実施する。		21					
メカニズム・動作余裕の確認	事象のメカニズムが十分把握・理解されていないもの、動作に係る設計余裕が十分でないものへの対応	メカニズムの定量的な把握を行い、動作に係る設計余裕が小さいものなど、必要なものに対しては設計変更等による実機/地上設備への反映を行う。	定量的にメカニズムの把握ができるよう、解析・試験の実施方法について十分な検討を行う。 また、設計変更等を実施する場合、改修作業等による他システム・コンポーネント等への二次的影響(不適合等の発生)を十分評価して、具体的な対策内容、実施計画を策定する。	16						解析によるメカニズム説明:2件、解析による動作余裕確認:5件、データ取得によるメカニズム説明:1件、 データ取得による部品/材料レベルの動作余裕確認:2件、 データ取得によるコンポーネント/サブシステムレベルの動作余裕確認:5件、フライトデータ取得強化対策:1件
製造・検査・整備作業の改善	製造、検査、整備作業に関する事項への対応	製造・検査工程、整備作業の改善により品質の安定化を図る。	工程変更による影響の有無の確認を十分に行い、対処要否を決定する。 また、必要に応じ、データの補強・強化の為に試験等を実施する。	3						新規検査技術の適用:1件、工程改善:2件
連鎖事象への対応	致命的ではない初期事象からミッション不達成につながる可能性のある事象への対応	初期事象からの影響の拡大を防ぐための保護対策等を行う。	初期事象の発生を抑えることが第一であり、改修作業による二次的影響(不適合等の発生)等が考えられる場合はトレードオフを十分に行い対処の要否、対処内容等を決定する。	3						SRB - Aからの高温ガス漏洩対策:1件、エンジンからの高温ガス漏洩対策:1件、電源系異常連鎖対策:1件
安全に係る対応	飛行安全・地上安全に関する事項への対応	人命の保護を第一優先とするとともに、財産の重大な損傷を防ぐために必要な改善・対処を行う。	安全に関する事項は優先事項であり、確実な対処が行われるよう配慮する。 また、設計変更等を実施する場合、設計変更等による他への影響、改修作業等による二次的影響(災害等の発生)に十分注意して具体的な対策内容、実施計画を策定する。	19						飛行安全関連搭載機器の艙装改善:3件、飛行安全関連搭載機器の信頼性向上:4件、飛行安全関連設備の信頼性向上:6件、 飛行安全解析関連の改善:2件、地上での作業安全性向上:4件

現在識別している課題の再評価
 詳細FMEAによる潜在的課題の抽出
 製造・検査・整備作業に係る潜在的課題の抽出
 連鎖事象に係る潜在的課題の抽出
 審査会指摘事項に係る潜在的課題の抽出

(2) 当専門委員会の技術的助言

当専門委員会は、「打上げ再開に向けて対処を検討すべき課題」の対処方針案について、機構に対して、以下のとおり技術的助言を行った。

1) 開発の経緯に係る技術的助言

今回の再点検は、H - ロケットから大きく設計変更を行ったシステムや、地上試験及びこれまでの打上げによるデータの蓄積が十分でないものは弱点になり得ると認識した上で、実施したものである。事故原因となったSRB - Aが有していた問題やLE - 7Aへの改良に伴って発生している課題は、この弱点が顕在化したものと考えられ、変更点の管理が、その変更理由の明確化・データ化も含め、いかに重要かを示している。今後、課題への対処等を進めていくにあたって、機構がこの点に十分に留意するよう助言する。

2) 課題の分類に応じた技術的助言

a) 不具合等への対応について

- 不具合等への対応については、解析・試験等による検証にあたって、メカニズム・動作余裕の確認にも配慮しつつ、その検証計画を立案すること。特に、機体・設備への改修・反映を行うものについては、改修・反映に伴う二次的な影響の有無の確認を行うとともに、ロケットシステム全体としての整合性をとること。

b) メカニズム・動作余裕の確認について

- メカニズムが把握できないものについては、設計・製造に携わる技術者と関連する研究者が協力してその解明に努めるとともに、メカニズムが不明確な場合には試験等によりデータを蓄積して、それに基づいて評価を行うこと。
- 材料特性値については、供給メーカーからの提示データや論文等における既存データがある場合でも、設計に必要なデータが存在しない場合や、データ取得条件の差異やデータの信頼性の観点から既存データがそのまま適用できない場合もあることから、設計・製造に携わる技術者と材料評価に携わる研究者が協力して適切なデータベースの構築に努め、動作余裕の確認に活かすこと。
- 想定する使用環境を超えた場合に、急激に性能の悪化を引き起こすことがあることから、動作余裕が少ない場合には、使用を想定する範囲外の環境下での評価を行うこと。

c) 製造・検査の改善について

- 実機品を用いた実証試験は可能な限り行うことが望ましいが、それができない場合については、製造段階での品質管理を十分に行うこと。
- 材料特性値については、設計のために必要な場合だけでなく、品質管理において確認するものもあることから、必要なデータベースの構築に努め、品質管理に活かすこと。

d) 連鎖事象への対応について

- 初期事象からの影響の拡大を防ぐための保護対策が重要であるが、改修等に伴う二次的な影響の有無の確認を十分に行うこと。

e) 飛行安全・地上安全に係る対応について

- 飛行安全・地上安全に係る事項については、确实の上にも确实な対応が必要であること。

4. 「打上げ再開に向けて対応を検討すべき課題」の今後の対処方法

上記3.(2)項に示す技術的助言を踏まえ、機構において、課題に対する対応を确实かつ早期に実施することを強く期待する。H-Aロケットの打上げ再開前の然るべき時点において、これらの課題の処置状況等について、機構自ら総括を行うとともに、当専門委員会はその報告を受け、必要な調査審議を行うこととする。

5. 中長期的な課題への対処

再点検において抽出された課題の中には、信頼性のさらなる向上等の観点から、中長期的に対処していくことが望ましいものが含まれている。これらについても、機構は、対応すべき課題の選定と適切なスケジュールを設定し、対処していく必要がある。

6. ロケットの信頼性向上に向けての継続的な取組みについて

ロケットについて、今後とも、信頼性を第一とした開発・運用を行っていく必要があり、既にこの点については、「宇宙開発委員会特別会合報告書(平成16年6月7日)」及び「宇宙開発委員会調査部会報告書 H-Aロケット6号機打上げ失敗の原因究明及び今後の対策について(平成16年5月28日。以下「調査部会報告書」という。)」において、体制・技術の両面から指摘がある。

ここでは、今回の再点検に関連して必要な指摘を行うものである。

機構においては、5項に述べた中長期的な課題に対処するとともに、今回行った再点検について、継続的に実施し、潜在的な課題の発見と対処を行っていく必要がある。

また、課題の抽出を含めて、信頼度やリスクを定量的に評価する手法や技術の開発は、潜在的な課題を明確にするため極めて重要であり、今後、信頼度やリスクの評価技術・手法の開発を重点的に行うとともに、必要な体制の確保を行う必要がある。

以上に述べた機構の継続的な取組みについては、適宜、その取組み状況を宇宙開発委員会に報告を行う必要がある。

．SRB - Aの設計変更について

SRB - Aについては、調査部会報告書に示される、SRB - Aの設計変更に対する基本的考え方を踏まえ、機構がSRB - Aの担当メーカー(株)アイ・エイチ・アイ・エアロスペース)及びシステム担当メーカー(三菱重工業株)と共働で作成・提示した設計変更案について調査審議を行った。

1．機構が作成・提示した設計変更の基本的方向性と設計変更案

機構は、SRB - Aの設計変更について、以下のとおり、基本的方向性及び設計変更案を当専門委員会に提示した。

(1) 機構が作成・提示した設計変更の基本的方向性

SRB - Aの設計変更にあたっては、信頼性向上を第一として、当面は、H - Aロケットの打上げ能力を下げること、局所エロージョンの発生を極力排除したSRB - A改良型を開発する。

また一方で、将来に向けて、一旦下げたH - Aロケットの打上げ能力を回復するため、局所エロージョンの発生に対する顕著な低減効果の対応策を確立して、信頼性をさらに向上させた新たなSRB - Aの開発を目指す。

(2) 機構が作成・提示したSRB - A改良型に係る設計変更案

機構は、SRB - A改良型のノズル部の設計変更について、機構における比較検討の結果等を踏まえ、燃焼圧力の低減、ベル型ノズル化、スロートインサート(3DC/C複合材)範囲の拡大及びライナアフトの板厚増加等を内容とする設計変更案(図1参照)を当専門委員会に提示した。

また、導爆線及び電気配線の艤装については、機構は、SRB - A内において、分離用導爆線及び電気配線の2系統をメイントンネルとサブトンネルに分けて艤装を行うという設計変更案(図2参照)を当専門委員会に提示した。

1) SRB - A改良型のノズル部の設計変更案

燃焼パターンの見直し

機構は、複数の候補を用いて、SRB - Aの燃焼パターンについて、打上げ能力、地上風制約、構造強度、環境条件、制御性、分離条件を評価項目とした比較検討を実施した。その結果、打上げ能力及び打上げ時の地上風制約に関する適否により、平均燃焼圧力を低下させて燃焼時間を延長させる燃焼パターンを採用することとした。

ノズル形状の見直し

機構は、ノズル形状の見直しに当たっては、調査部会報告書を踏まえ、局所エロージョンを加速させる層間剥離を有効に防止するため、ノズル開口部の初期立ち上がり角を増加させるベル型ノズルを採用することとした。

その際、初期立ち上がり角を増加したベル型ノズルで行った実機サイズモータ地上燃焼試験の2回の結果(15年4月、16年2月)等について、以下の評価項目により検討を行った。

- a)局所エロージョンによる表面後退量の低減
- b)炭素繊維強化プラスチック(以下「CFRP」という。)積層面と加熱面のなす角度の増加
- c)SRB-A噴流ガスの第1段エンジン(LE-7A)への影響
- d)ライナアフトの板厚増加に対する制約
- e)技術データの蓄積

機構においては、以上の検討の結果、初期立ち上がり角の増加によって適切な効果が得られていることを確認した。なお、SRB-A噴流ガスの第1段エンジン(LE-7A)への影響の度合い及びライナアフトの板厚増加に対する許容範囲により、初期立ち上がり角の増加の程度の小さいベル型ノズルを採用することとした。

スロートインサート(3DC/C複合材)範囲の拡大

調査部会報告書に示されるとおり、スロートインサートを下流側に広げることにより、CFRP製ライナアフトの表面後退量の低減を図ることができる。しかし、3DC/Cの端部が薄くなることから、機構は、部材に欠けや剥離が発生するリスクに係る検討を実施した。その結果、機構は、現在まで実施してきた実機サイズモータ地上燃焼試験の結果(15年4月、16年2月)等から、問題となるような端部の欠損は発生しないと判断し、スロートインサート範囲を下流側に拡大することとした。

ライナアフトの板厚設計の見直し

機構は、SRB-A改良型のノズル設計において、板厚設計における十分な信頼性の確保のため、CFRPの表面後退について最悪量モデルを作成し、これに板厚余裕を加えた新たな板厚設計基準を設定し、これに基づきライナアフトの板厚を増加することとした。

なお、ベル型ノズルでは、局所エロージョンを加速させる層間剥離が有効に防止されると考えられるが、この最悪量モデルにおいては、このような層間剥離が発生した場合の影響を最大限考慮している。

製造・検査の改善

機構は、以下のとおり、製造・検査の改善を行うこととした。

- C F R P の材料特性の安定化のため、C F R P 原材料と製品の材料特性管理を強化する。
- C F R P 及び 3 D C / C 部材の欠け等の可能性を一層低減するため、それらの欠陥に係る検査を強化する。
- ライナアフトの板厚増加に伴い、2 つの C F R P 部材を接着する 2 重構造ライナとすることについて、C F R P 部材と金属ライナとの接着も含めて、工程毎に非破壊検査を行う。

2) 導爆線及び電気配線の艤装に係る設計変更案

機構は、導爆線及び電気配線の艤装について、H - A ロケット 6 号機の打上げ失敗の原因究明の結果を踏まえ、ミッションの不達成に繋がる連鎖事象を極力排除し、冗長構成やクリティカルな部品等を分離して配置するという観点から、設計変更案を作成した。

具体的には、機構は、S R B - A 内において、分離用導爆線及び電気配線の 2 系統をメイントンネルとサブトンネルに分けて艤装を行い、それらを分離して配置することによってリスクの低減を図ることとした。また、指令破壊系機器については、H - A ロケット 6 号機において燃焼ガスが漏洩した後部アダプタ内から、前部アダプタ内に移設することとした。

なお、第 1 段機体から前方プレスまでの導爆線及び電気配線の艤装位置については、機構は、以下の 2 案の比較検討を行った結果、下記 b) 案のように液体水素タンク上への艤装については、空調やヒータ等による低温環境等への保護対策が必須となり、これらに係るリスクが新たに発生することから、従来通り、下記 a) 案のようにブースタ内のトンネルを経由することが適切であるとした。

- a) 第 1 段機体から後方プレスを経由してブースタに入り、ブースタ内のトンネルを経由して前部アダプタ内機器及び前方プレスに至る。
- b) 第 1 段機体の液体水素タンク上に設置するトンネルを経由して前方プレスに至り、前方プレス経由で前部アダプタ内機器に至る。

2 . 設計変更に係る審議結果

(1) S R B - A 改良型に係る設計変更案の審議結果

機構が示した S R B - A 改良型に係る設計変更案の審議結果は以下のとおりである。

1) 機構が示した設計変更の基本的方向性とSRB-A改良型に係る設計変更案は、調査部会報告書によって示されたSRB-Aの設計変更に対する基本的考え方に基づいており、また、機構において十分な比較検討が行われているものであることから、妥当なものであると考える。特に、ライナアフトのCFRP板厚について、機構が表面後退の最悪量モデルを設定し板厚を増加していることから、現在の知見に照らしてみれば、信頼性の向上が図られているものとする。

2) 機構においては、平成16年7月にコニカル型ノズルによる実機サイズモータ地上燃焼試験を実施したが、この地上燃焼試験においてノズル部が破孔し、燃焼ガスが漏洩した。当専門委員会としては、この原因は、H-Aロケット6号機打上げ失敗の原因と推定されたものと基本的に同様のもの(局所エロージョンの加速)と考えられることから、機構が調査部会報告書を踏まえて提示したSRB-A改良型のノズル部に関する設計変更案については、この地上燃焼試験との関連からも妥当であるとする。

ただし、平成15年11月のH-Aロケット6号機及び平成16年7月のコニカル型ノズルによる実機サイズモータ地上燃焼試験と、2度連続してノズル部の破孔が発生したことを踏まえ、そこに何らかの潜在的な要因が存在する可能性については、CFRPの材料特性等も含め、機構は、引き続き調査を実施する必要がある。当専門委員会は、この調査結果について適宜報告を受け、必要な調査審議を行うこととする。

3) SRB-A改良型に係る設計変更については、現在の知見に基づいて最善の努力が図られていると考えられるが、未だ知り得ない知見の存在の可能性にも留意しつつ、今後、SRB-A改良型の実機サイズモータでの地上燃焼試験を複数回実施し、局所エロージョンに係る改善効果の確認等を行い、具体的な設計を確定していくことが必要である。この地上燃焼試験の結果については、機構自ら総括を行うとともに、当専門委員会は、この調査結果について適宜報告を受け、必要な調査審議を行うこととする。

(2) SRB-A改良型に係る設計変更について留意すべき点

当専門委員会は、今後、機構が、SRB-A改良型の設計変更を進めるに当たって、留意すべき点は、以下のとおりと考える。

1) 設計の確定と検証

- 機構は、設計変更案について、今後、設計変更に伴う二次的な影響の有無の確認を行うとともに、ロケットシステム全体としての整合性を確認すること。
- 機構は、実機サイズモータでの地上燃焼試験等による設計の検証作業を通じて、機構内外の有識者の意見等も踏まえ、S R B - A改良型の設計を注意深く確定していくこと。
- 特に、艀装に係る設計変更については、実機サイズでのモータ地上燃焼試験等の機会を通じて、その検証を行っていくものとするが、試験と実機との間でコンフィギュレーションに差異等がある場合には、機構は十分な検証計画を立案すること。

2) 検査

- 機構は、CFRPの材料特性に係る調査とともに、その安定化のための管理、部材の欠け及び剥離等に係る検査を強化すること。
- 機構は、ライナアフトの板厚増加に対応した2重構造ライナに係る非破壊検査について、検査手法を従来のもので変更することに対応して、適切な検出精度が得られていることを確認すること。

3) 局所エロージョンに係る評価

- 機構は、局所エロージョンについてのデータ取得を継続して行い、局所エロージョンの発生条件の明確化も含め、定量的な評価が可能となるよう努めること。
- これまで、実機サイズでのモータ地上燃焼試験等を通じてデータが蓄積されてきており、局所エロージョンの現象について解析による検討も行われているが、機構は、今後もさらなるデータの蓄積とその解析技術の高度化に努めること。

3. 設計変更に係る今後の対処方法

機構は、H - Aロケットの打上げ再開前の然るべき時点において、S R B - A改良型の地上燃焼試験の結果も含め、設計変更の取組み状況等について自ら総括を行うとともに、当専門委員会は適宜報告を受け、必要な調査審議を行うものとする。

4. 新たなS R B - Aの開発に向けた対処

新たなS R B - Aの開発については、今後、詳細な設計検討や要素試験、地上燃焼試験等を実施していくものである。機構は、適切なスケジュールを設定して対処して必要があり、適宜、その取組み状況等について宇宙開発委員会に報告を行うものとする。

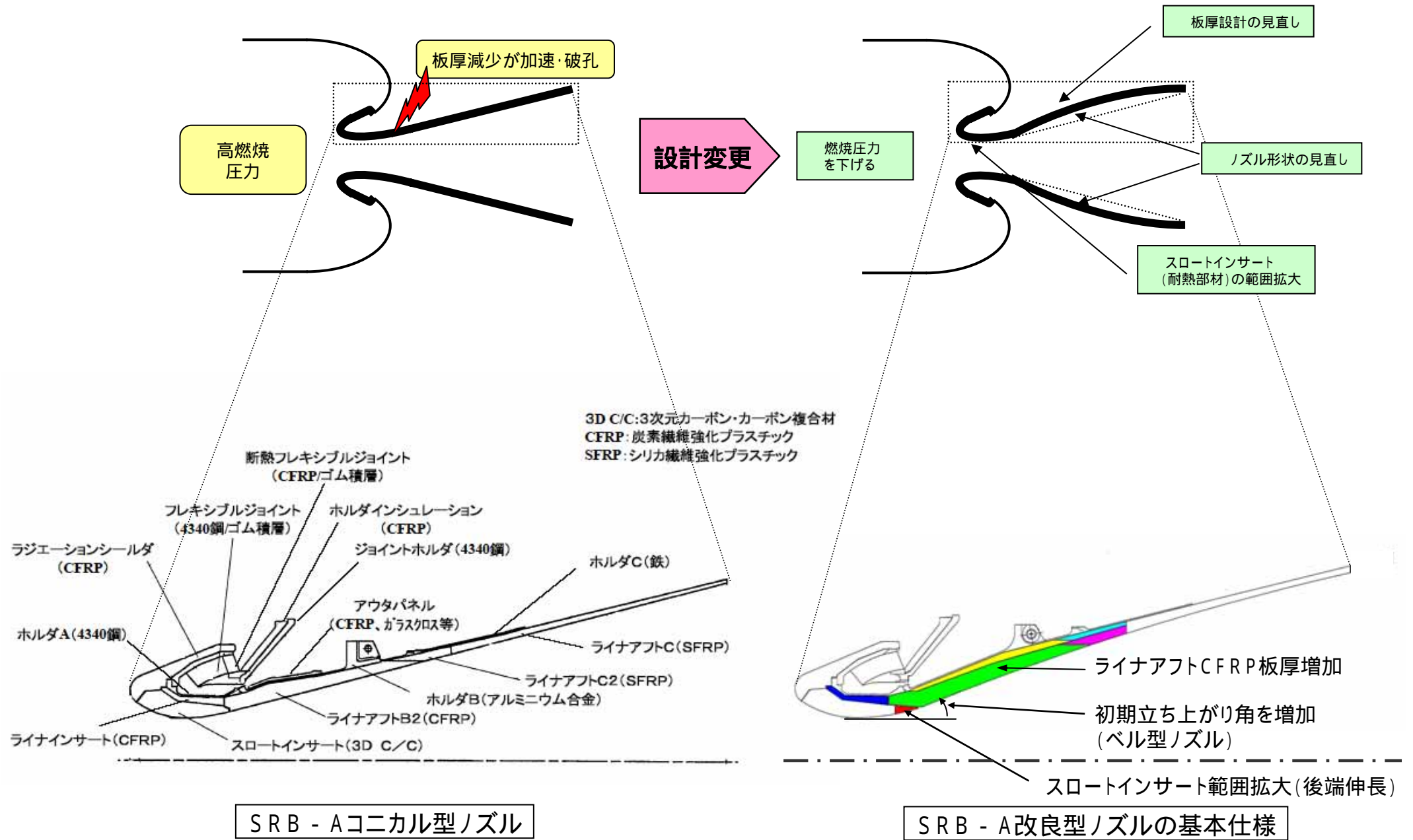


図1 SRB - A改良型のノズル部の設計変更案概要

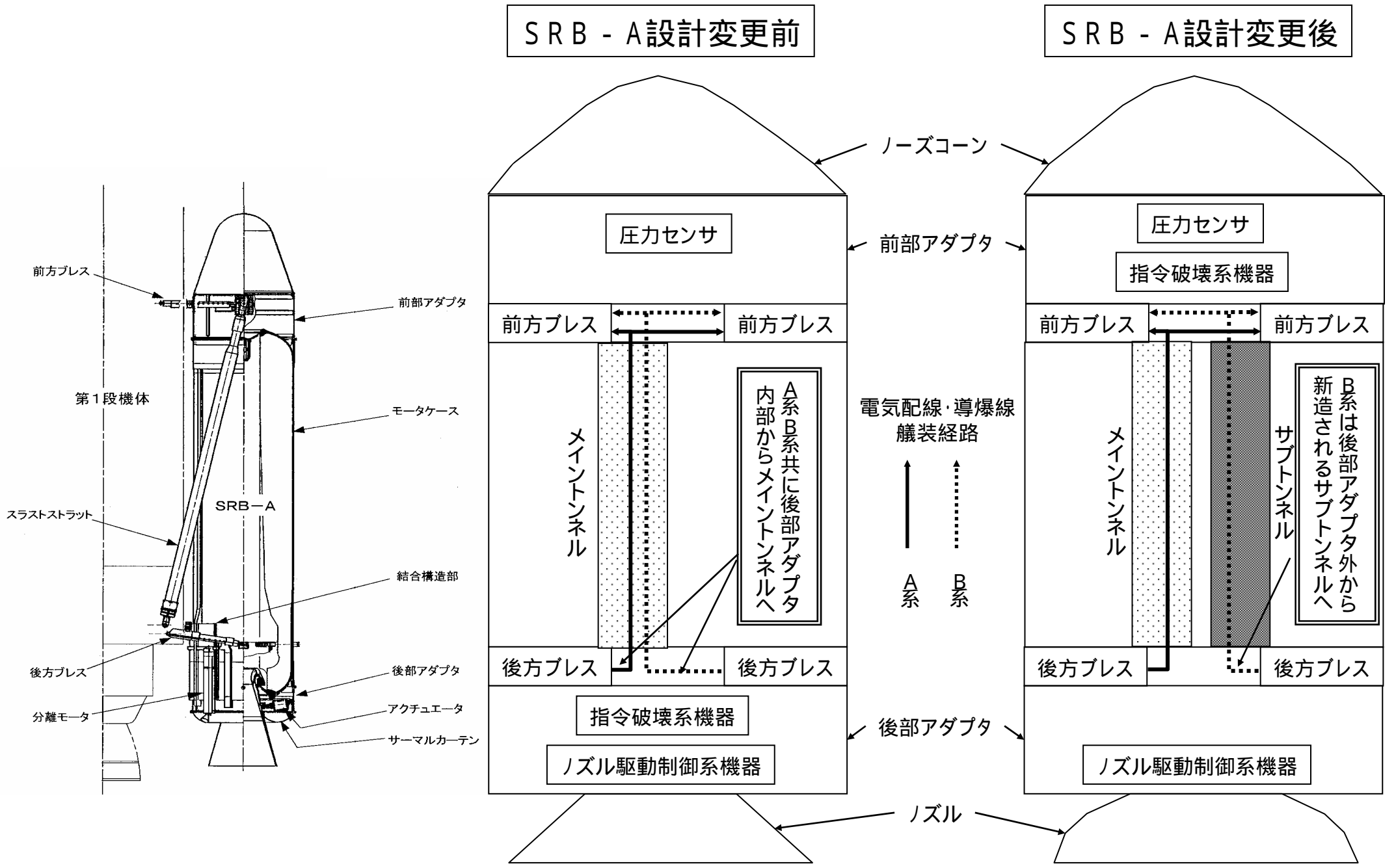


図2 導爆線及び電気配線等の艙装の設計変更案概要

H - Aロケット再点検専門委員会の設置について

平成16年4月22日
宇宙開発委員会調査部会

1. 設置の趣旨

H - Aロケット6号機の打上げ失敗に関しては、その原因究明及び今後の対策等について、本部会で調査審議を実施してきたところである。

一方、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下「機構」という。）においては、今回の失敗の直接原因に対する対策だけでなく、H - Aロケットの信頼性の向上のため、ロケット全体にわたり、設計の基本にまでさかのぼってH - Aロケットの再点検（以下「再点検」という。）を行っているところである。

そこで、我が国の基幹ロケットであるH - Aロケットの確実な打上げに向けて万全を期することを目的として、宇宙開発委員会として機構が行っている再点検についての技術的な助言を与えるために、本部会の下にH - Aロケット再点検専門委員会を設置し、調査審議を行うものとする。

2. 調査審議の内容及び進め方

機構が実施する再点検について、宇宙開発委員会が過去に実施した評価における助言及び今回の打上げ失敗に係る本部会での調査審議等を踏まえ、機構が行う点検内容及び結果に関して、以下のような観点から調査審議を行う。

(1) H - Aロケットの設計・開発段階について

設計・開発の基本方針と開発経緯

これまでに既に確認された課題への対応についての再評価

潜在的な不具合の抽出

ロケットにおける信頼性の確立の考え方

(2) H - Aロケットの製造・運用段階について

特殊工程や重要製造パラメータを含む製造・検査工程の確認

これまでの運用において見出された課題への対応についての再評価

(3) 宇宙開発委員会における助言等への対応について

中長期的な課題についての対応（優先順位、実施時期等）

あわせて、固体ロケットブースタのノズル部の設計変更の詳細内容等について、調査審議を行う。

3. 構成員

構成員は別紙のとおりとする。

4. その他

「宇宙開発委員会の運営等について」(平成13年1月10日宇宙開発委員会決定)を踏まえ、本専門委員会は、原則として公開とし、特段の事情がある場合には非公開とすることができるものとする。

別紙

H - A ロケット再点検専門委員会構成員

(委員)

主査	松尾 弘毅	宇宙開発委員会委員
	川崎 雅弘	宇宙開発委員会委員 (平成16年8月23日まで)
	青江 茂	宇宙開発委員会委員 (平成16年8月24日から)

(参与)

五代 富文 前宇宙開発委員会委員

(特別委員)

小林 英男	国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科教授
富田 信之	武蔵工業大学工学部教授
雛田 元紀	宇宙科学研究所名誉教授
松岡 三郎	独立行政法人物質・材料研究機構 材料研究所 材料基盤情報ステーション副ステーション長
宮澤 政文	前静岡大学工学部教授
宮村 鐵夫	中央大学理工学部教授
八柳 信之	千葉科学大学危機管理学部教授

(専門委員)

後藤 昇弘	国立大学法人九州大学大学院工学研究院教授
永田 晴紀	国立大学法人北海道大学大学院工学研究科助教授
森 英彦	ハイウィン(株)技術センター長
山下 民夫	有人宇宙システム(株)技監

H - Aロケット再点検専門委員会開催状況

平成16年	4月22日(木)	平成16年	第1回再点検専門委員会
平成16年	5月11日(火)	平成16年	第2回再点検専門委員会
平成16年	5月17日(月)	平成16年	第3回再点検専門委員会
平成16年	5月25日(火)	平成16年	第4回再点検専門委員会
平成16年	6月 3日(木)	平成16年	第5回再点検専門委員会
平成16年	6月11日(金)	平成16年	第6回再点検専門委員会
平成16年	6月25日(金)	平成16年	第7回再点検専門委員会
平成16年	7月 5日(月)	平成16年	第8回再点検専門委員会
平成16年	7月15日(木)	平成16年	第9回再点検専門委員会
平成16年	8月12日(木)	平成16年	第10回再点検専門委員会
平成16年	9月 2日(木)	平成16年	第11回再点検専門委員会