

H- A固体ロケットブースタ(SRB-A) 開発経緯

平成15年12月9日
宇宙航空研究開発機構

H- A固体ロケットブースタ(SRB-A)の開発経緯

目 次

- 開発方針・経緯
- SRB - Aの概要
- 開発試験結果の概要(地上燃焼試験)
- SRB - A製造の流れ
- 宇宙開発委員会技術評価部会専門家会合の助言に対する反映
- M - V 4号機不具合の反映

SRB - A開発の考え方 / 経緯

目標: 高信頼性・高性能・低コスト固体ロケットブースタの開発

高燃焼圧力化によるノズルの小型化(H- SRBの約2倍)

- ・ 一体型CFRP製モータケースの採用(SRBは高張力鋼製4セグメント方式)
- ・ ノズルスロート材に3DC / C複合材を採用(SRBはグラファイト)
- ・ 推力方向制御(TVC)系に電動アクチュエータを採用(SRBは油圧システム)

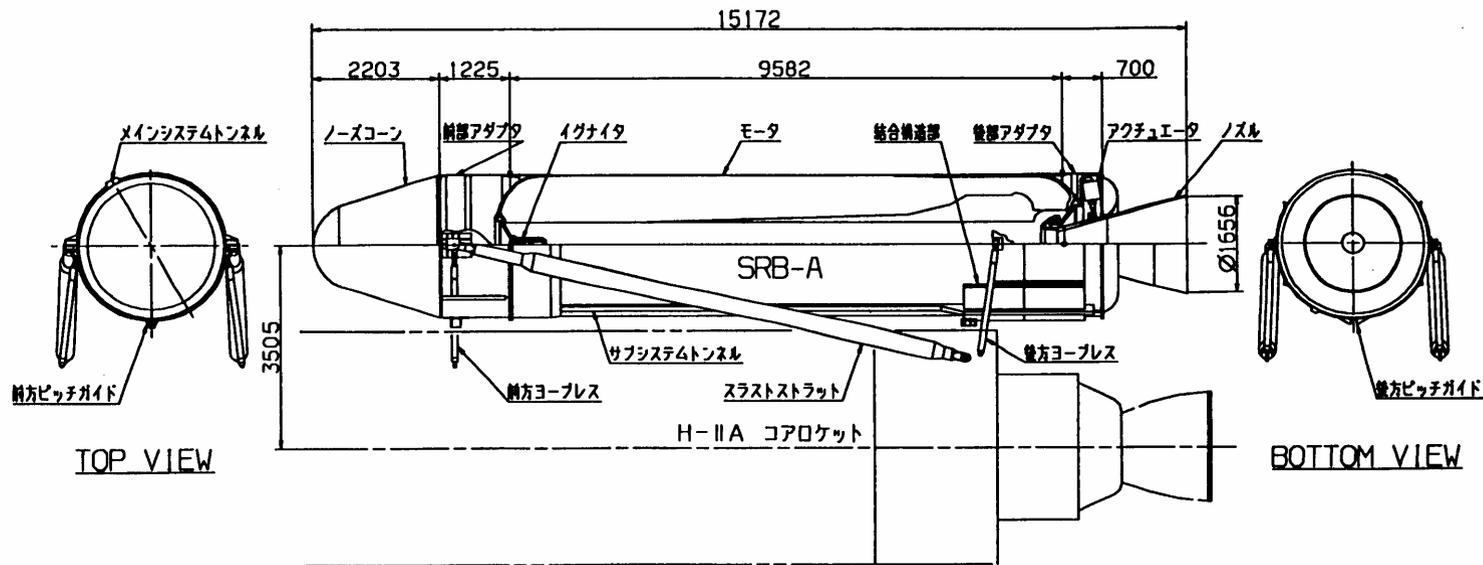
実績あるモータケース製造技術を米国より導入

射場に推進薬充填設備を整備(SRBは日本油脂(株)武豊工場)

コアロケットへの取り付けはストラップ・オン方式(SRBはホールドダウン方式)

H-IIA SRB-A開発スケジュール

	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度
マイルストーン	PDR (3月)▲		CDR#1 (10月)▲		PQR (11月)▲	TF#1 (8月)▲
			CDR#2 (3月)▲		SAC専門家会合 (6月～12月)	
設計	予備設計		基本設計	詳細設計	維持設計	
システム試験(GTV)				□	□	
地上燃焼試験			▲ EM (7月)	▲ PM (3月)	▲ QM (8月)	▲ QM2 (6月) ▲ QM3 (10月)
分離試験			▲			
コンポーネント開発試験						

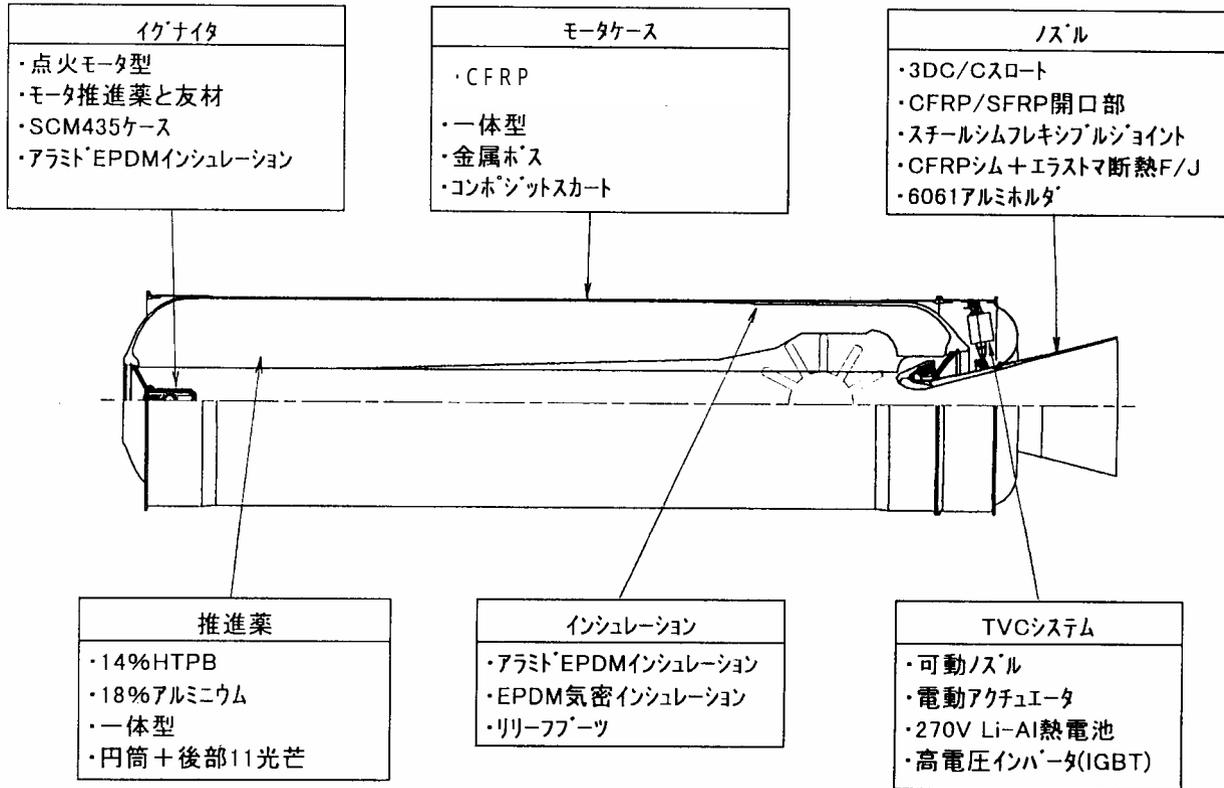


H- Aロケット固体ロケットブースタ (SRB-A) 全体概要図

SRB-AとSRBの特性比較

	SRB-A	SRB
全長(m)	15.2	23.4
代表径(m)	2.5	1.8
全備質量(ton)	76.4	70.4
モータ質量(ton) *	71.1	68.8
推進薬質量(ton)	65.0	59.2
ブースタ質量比	0.85	0.84
モータ質量比	0.91	0.86
作動時間(s)	100	94
真空中比推力(s)	280	273
平均真空中推力(kN)	1780	1690
最大予測作動圧力(MPa)	11.8	5.59

* 後部アダプタ及びTVCシステム含む

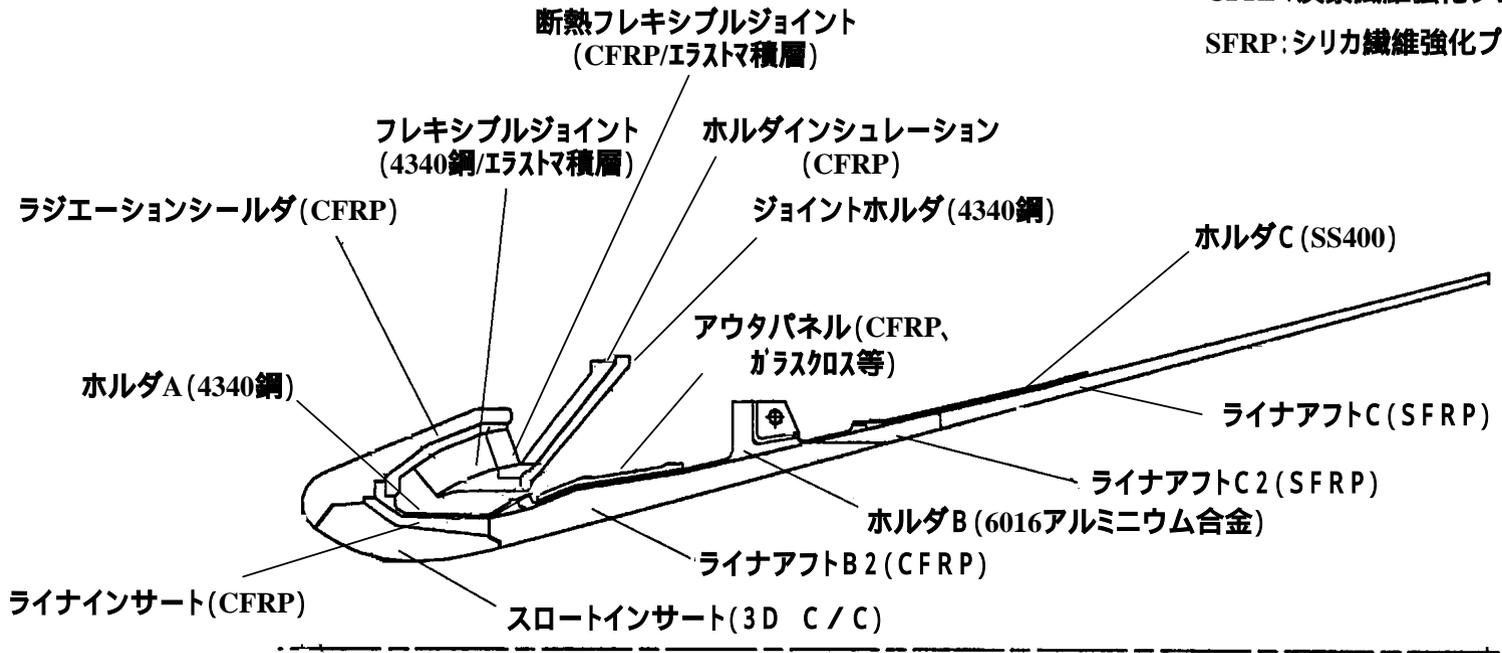


SRB-Aモータの概要

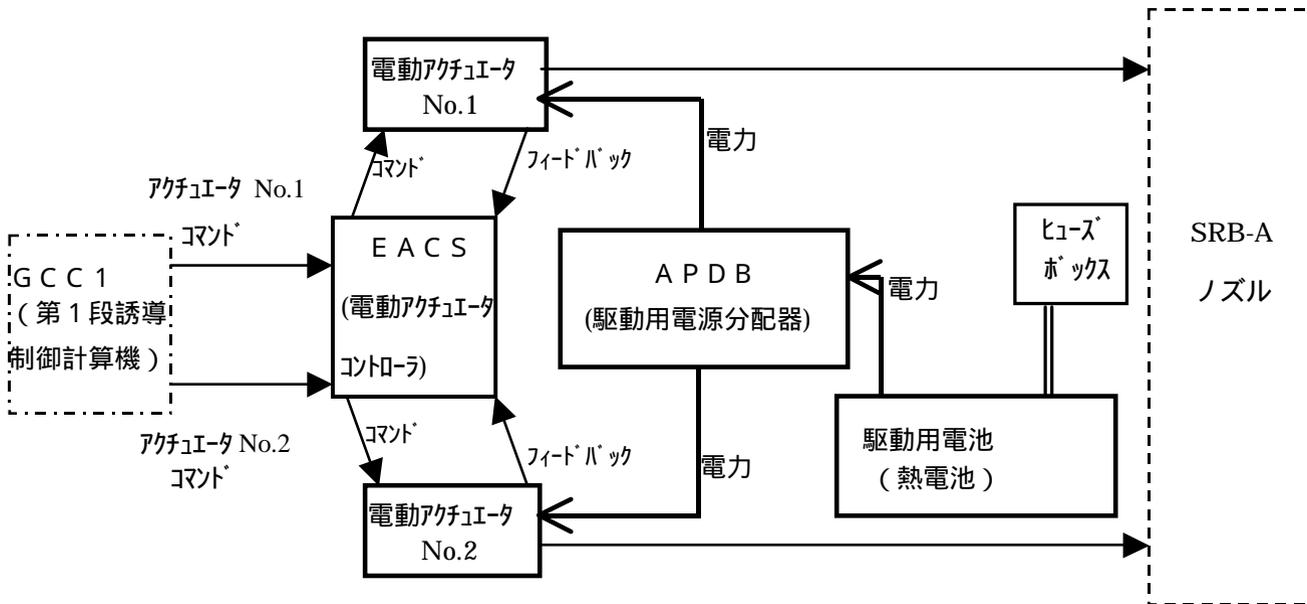
3D C/C: 3次元カーボン・カーボン複合材

CFRP: 炭素繊維強化プラスチック

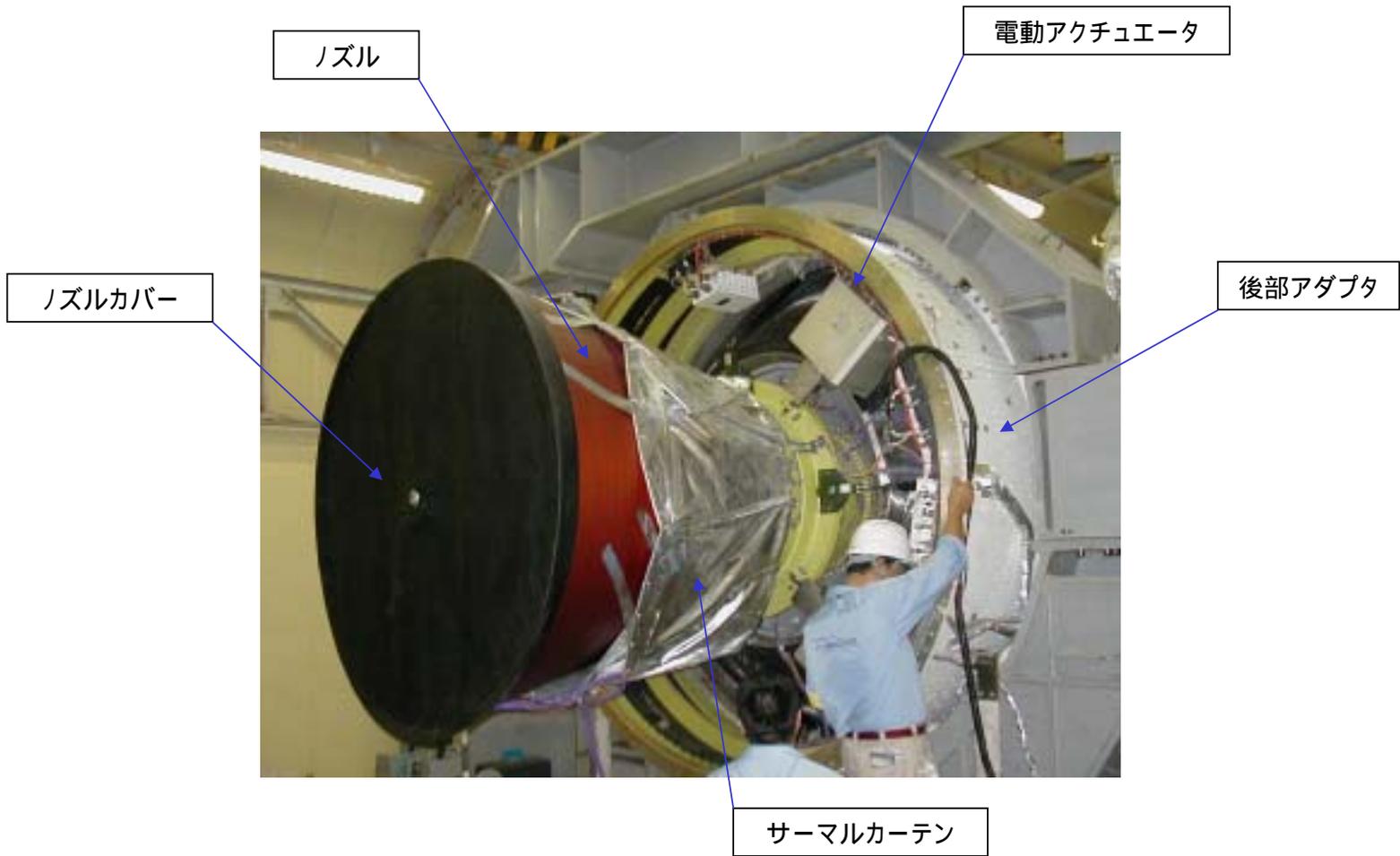
SFRP: シリカ繊維強化プラスチック



SRB-Aノズル概要



推力方向制御(TVC)系概念図



推力方向制御 (TVC) 系点検 (QM3)



H - A試験機1号機SRB - A取り付け作業

SRB - A開発試験結果の概要

SRB - Aシステム、サブシステム、コンポーネントの設計
コンポーネント・サブシステムの試作試験

実機サイズモータ地上燃焼試験
5回の実機大燃焼試験を実施

- ・ EM (1998/7) : 推進特性等設計妥当性確認、インシュレーション・ノズルFRP耐熱データ等取得
- ・ PM (1999/3) : 実機モータ(インシュレーション薄肉化)による推進特性・TVC系機能等妥当性確認
- ・ QM (1999/8) : 実機モータの再現性確認、推進特性のバラツキ・推力アンバランス確認
ノズル開口部に過大エロージョン発生

S R B - A開発試験結果の概要(続き)

実機サイズモータ地上燃焼試験(その2) -信頼性向上-

- ・ Q M 2 (2000/6) : 過大エロージョン対策の妥当性、推進特性等
再現性確認
燃焼末期にスロートインサート脱落
- ・ Q M 3 (2000/10) : スロート脱落対策の妥当性、機能・性能の
最終確認
ノズル開口部に局所エロージョン発生

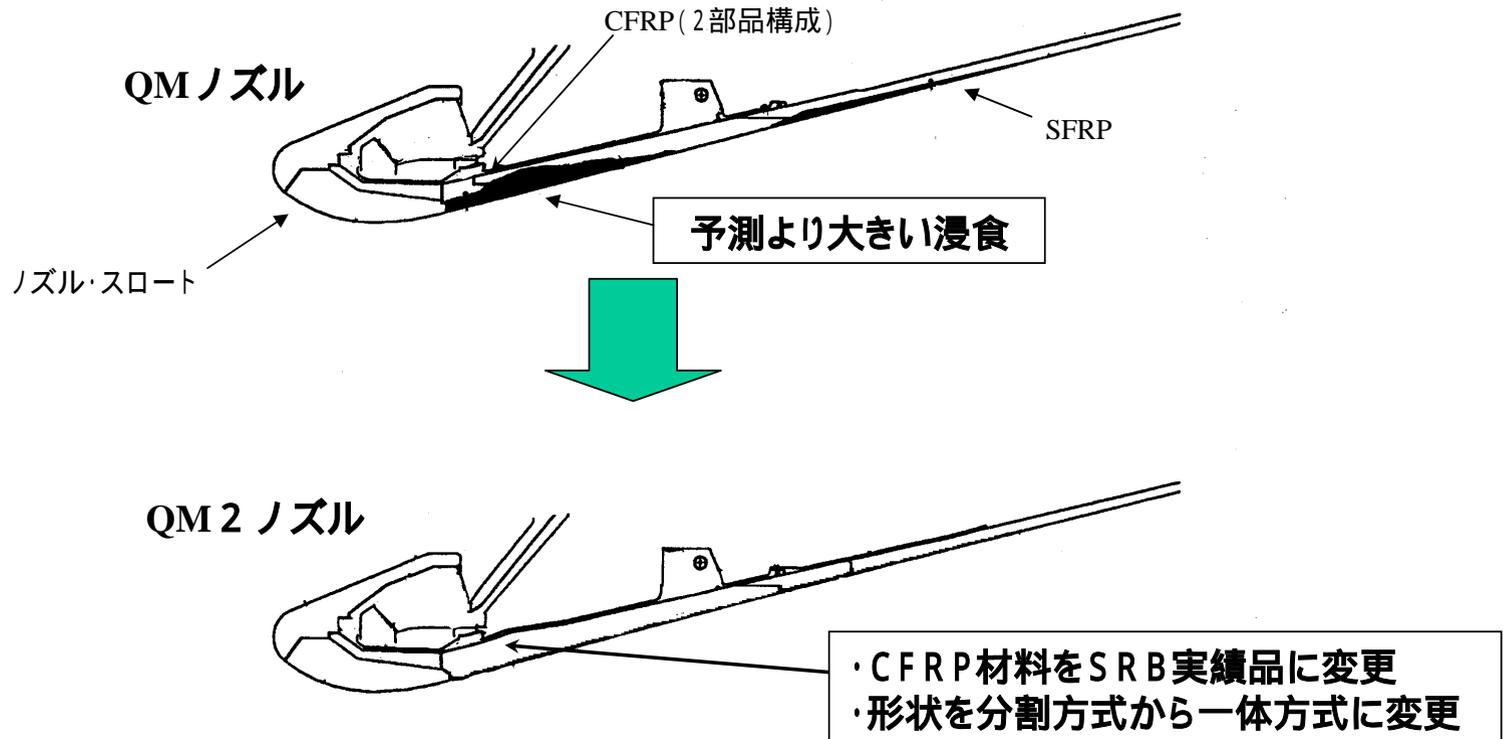
SRB - A開発試験結果の概要(続き)



地上燃焼試験の状況(QM3)

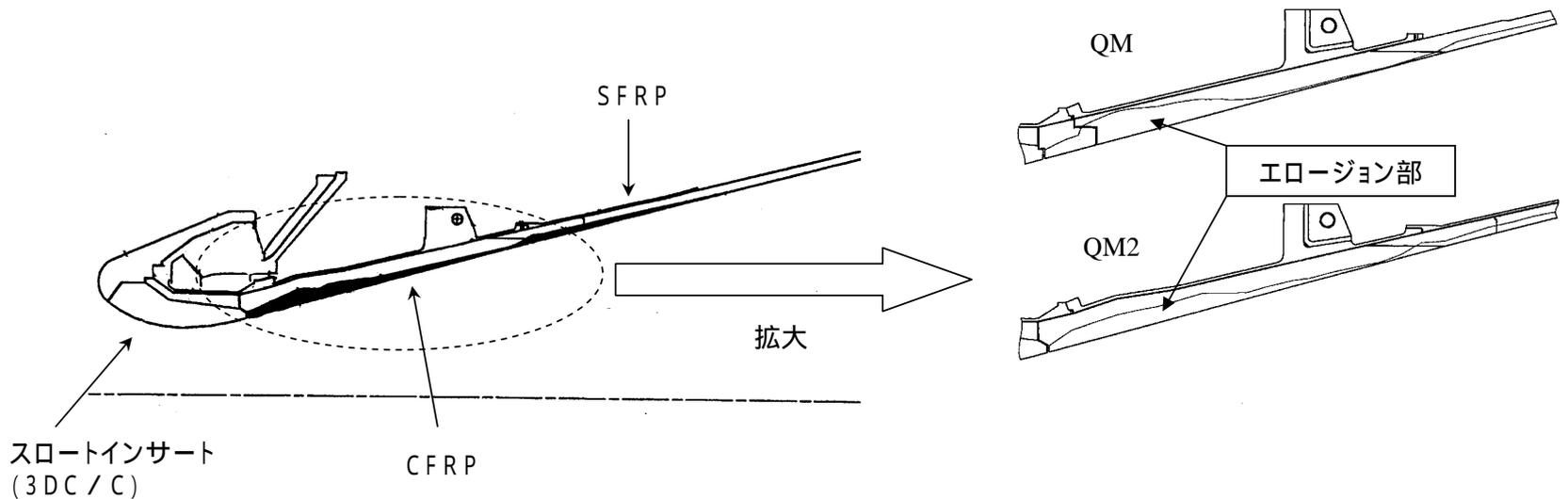
SRB - A開発試験結果の概要(続き)

QM過大エロージョンとその対策



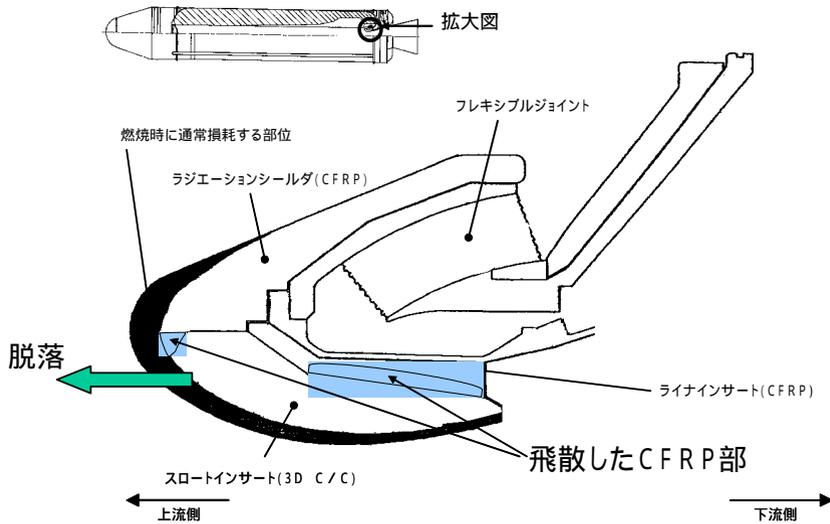
S R B - A開発試験結果の概要(続き)

QM2 燃焼試験後開口部エロージョン状況

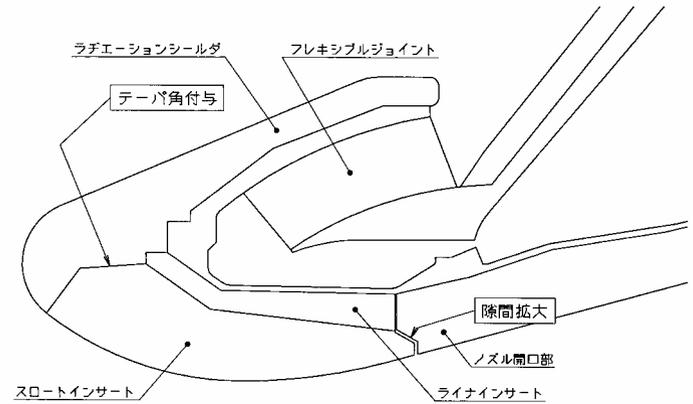


S R B - A開発試験結果の概要(続き)

QM2スロートインサート脱落状況とその対策



QM2ノズルスロートの状況



ノズルスロート脱落対策

SRB - A開発試験結果の概要(続き)

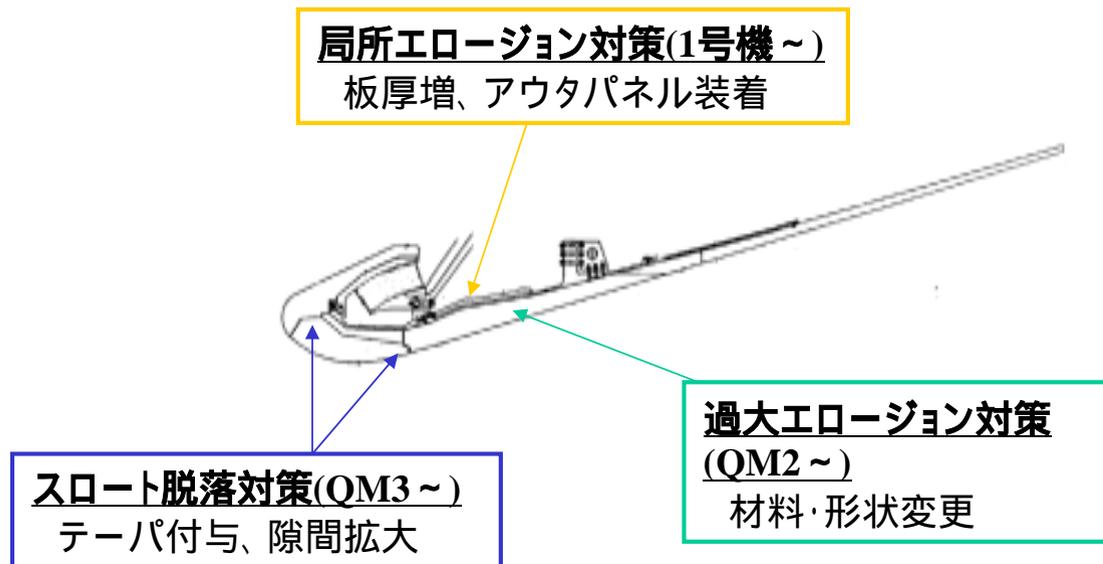
QM3局所エロージョンの状況



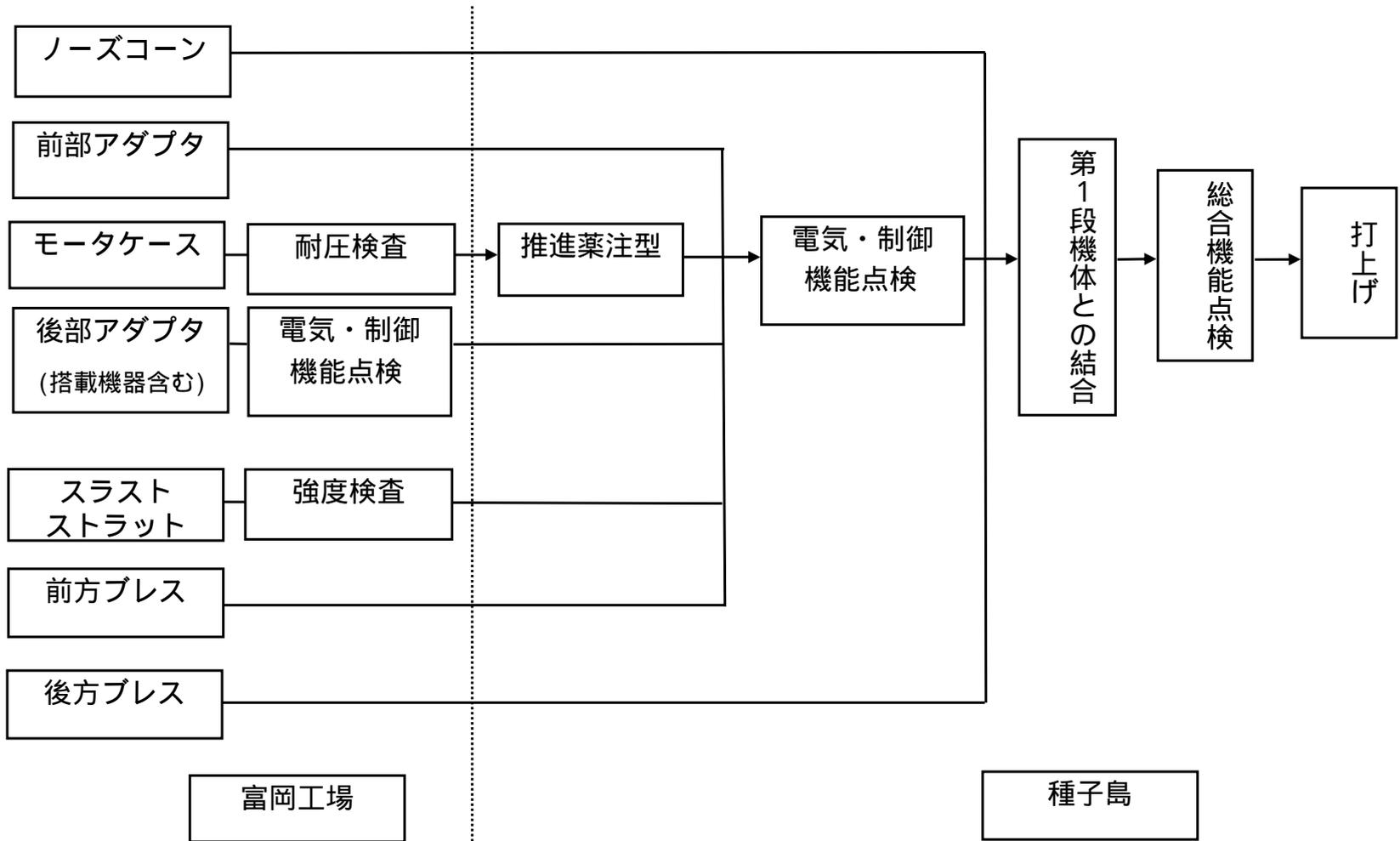
QM3 燃焼試験後ノズル開口部

S R B - A開発試験結果の概要(続き)

ノズル不具合に対する是正対策(まとめ)



SRB - A製造の流れ



宇宙開発委員会技術評価部会 専門家会合の助言(平成12年12月)に対する反映

【助言】

スロートインサートの脱落(QM2不具合)の対策として、燃焼中のスロートインサート周りの状態を解明し、確実な脱落防止対策を施すこと。

【改善点】

- QM3地上燃焼試験により、スロートインサート脱落対策の妥当性を確認。
- 試験機1号機以降スロートインサート背面の歪データを評価し、良好に保持されていることを確認。

【助言】

浸食深さの実測値から得られる確率密度分布を基にして、浸食が外壁に達する確率評価して対策をとるとともに、外周に取り付けるCFRPパネルの接着剤強度の再吟味を行うこと。

さらに、中長期的には、アルミ含有量の少ない推進薬組成への変更、地上燃焼試験における計測技術の高度化や飛行後の回収により、浸食の詳細データを取得して評価すること。

【改善点】

ノズル開口部のCFRP板厚を4mm～10mm増加させるとともに、局所浸食がノズル外周に達した場合でも周辺機器を保護できるように、ノズル外周をCFRPで補強した。浸食が外壁に達する確率を計算し、アルミニウム製ノズルホルダ外壁に浸食が達する確率は0.3%未満(H-A1機あたり)、補強CFRPパネル外壁に達する確率は0.02%未満(同)であることを確認した。

宇宙開発委員会技術評価部会 専門家会合の助言(平成12年12月)に対する反映

【改善点(続き)】

補強パネルの設計・製造については、熱、剛性・強度の詳細解析及び試験片による接着強度確認、製造後の超音波検査を行い、問題のないことを確認した。試験機1号機から5号機までのノズル開口部のホルダ外壁の温度は変化が無く(温度上昇なし)、ノズルの断熱性能は良好であった。

中長期的課題として、平成13年度より三機関による信頼性向上共同研究プロジェクト「ノズルの定量的設計技術の研究」において、流れ場解析技術の高度化、局所浸食メカニズムの解明等について取り組んでいる。

平成13年10月、深度約4500mに沈んだ試験機1号機のSRB - Aを音響ビーコンを手がかりに探索した。その結果、音響ビーコンからの音波により水没地点を特定した。その後、画像取得を試みたが、ソナーシステムの不具合、台風による作業の中断等によって、SRB - Aの部品の画像は取得できたものの、全体画像の取得には至らなかった。

M - V 4号機不具合(平成12年2月)の反映

【不具合内容】

第1段モータのスロットインサート(グラファイト製)の破壊

【勧告(平成12年7月)】

三次元カーボン・カーボン複合材製スロットインサートの採用

【実施状況】

SRB - Aについては、グラファイトに比べて遥かに大きな欠陥を許容できる材料である三次元カーボン・カーボン複合材(3DC/C)を当初から採用して開発を進めた。