



H-II B ロケットの 開発状況について

平成21年2月18日
宇宙航空研究開発機構
三菱重工業 株式会社

<説明者>

宇宙航空研究開発機構 宇宙輸送ミッション本部

本部長

河内山 治朗

H-II B プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ

中村 富久

三菱重工業株式会社 名古屋航空宇宙システム製作所

技監・技師長

前村 孝志

H-II B ロケット開発の一環として、本年2月中旬より第1段実機型タンクステージ燃焼試験(CFT)および地上総合試験(GTV)を種子島宇宙センターで実施する計画であり、これまでに実施したH-II B ロケットの開発状況とCFT、GTV試験計画について報告する。

- 目 次 -

1. H-II B ロケットの概要
2. 経緯
3. 開発状況
4. 信頼性向上に向けた取組み
5. CFT / GTV計画
6. まとめ

1. H-IIBロケットの概要

H-IIAロケットの技術を活用し、官民双方のニーズを満たす大型ロケット。
平成21年度に試験機打上げを予定。

官のニーズ： 宇宙ステーション補給機(HTV)の打上げに対応

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」への物資輸送

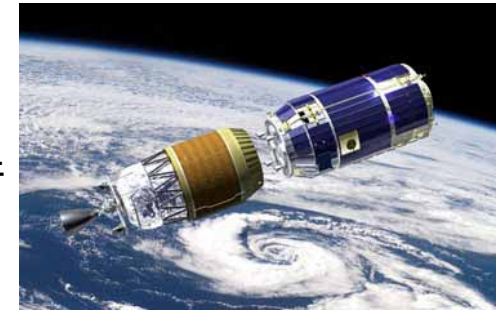
国際約束で分担している国際宇宙ステーションへの補給義務の履行

2009年から2015年に毎年1機を打上げ(計7機)

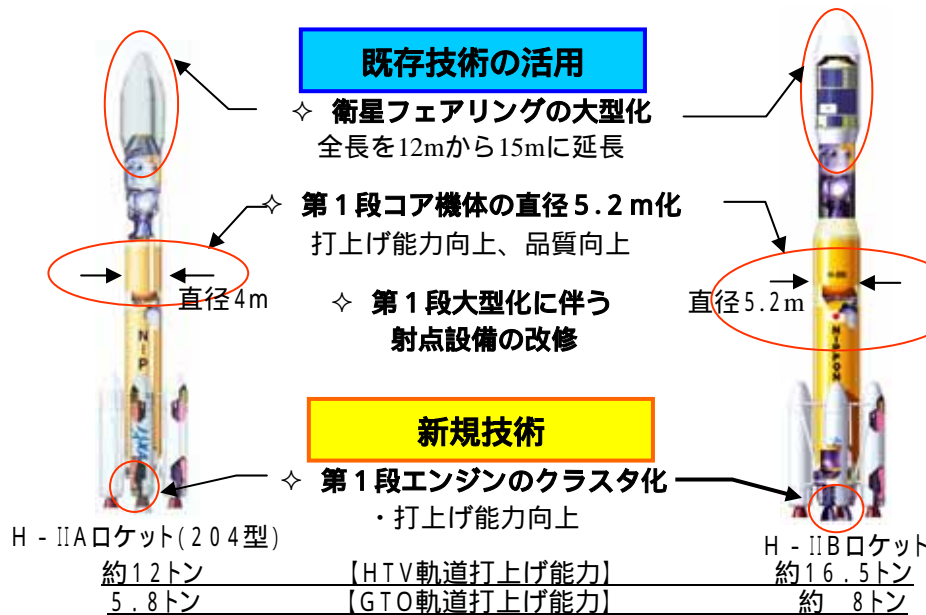
民のニーズ： 国際競争力の確保

静止トランスファー軌道へ投入する衛星6トン超級の衛星需要への対応

大型衛星の2機同時打上げによる打上げ価格の低減



宇宙ステーション補給機(HTV)



注) HTV軌道： 300 × 200kmの楕円軌道

【開発体制】

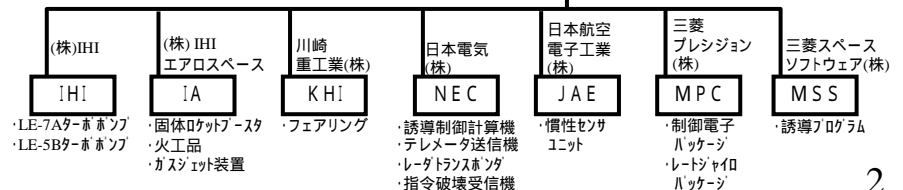
合同チームによる開発計画・
システム仕様の策定

宇宙航空研究開発機構

- ・ システム仕様の設定
- ・ リスクの高い開発試験
エンジン2基同時燃焼試験、試験機打上げ
- ・ 打上げ関連設備などの基盤整備

三菱重工業株式会社

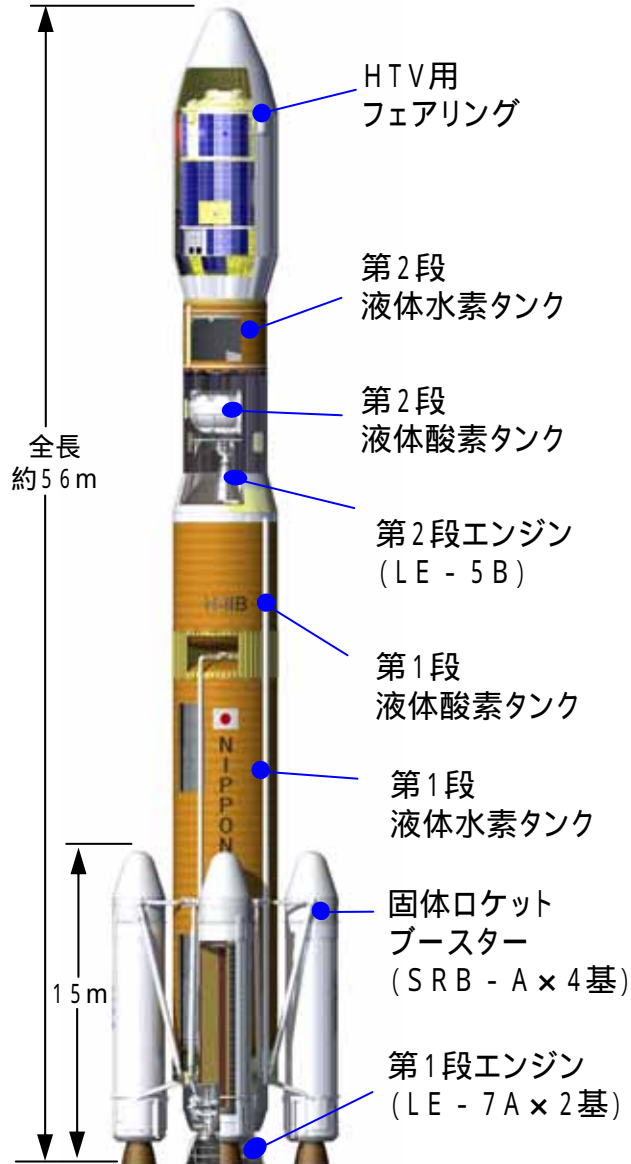
- ・ 詳細設計以降の開発取りまとめ
- ・ 製造設備等の整備



- (1) 平成8年8月:「計画調整部会調査審議結果」(宇宙開発委員会)
宇宙ステーション補給システム(HTV)及び3トン級静止衛星の打ち上げ能力を持つ試験機(H-IIA増強型)の開発に着手。
- (2) 平成14年6月:「今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本について」(総合科学技術会議)
「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」(宇宙開発委員会)
H-IIA標準型以上の能力を持つ輸送系(H-IIA増強型)を開発する場合には、H-IIA標準型を基本に民間に主体性を持たせた官民共同開発を行う。
- (3) 平成15年4月:「H-IIA民営化作業チーム最終報告」(文部科学省研究開発局)
開発の進め方として、民間を主体とした開発プロセスを採用することとした。また、開発後の役割分担については、H-IIAロケット民間移管後の役割分担に準拠。
- (4) 平成15年8月:「H-IIAロケット輸送能力向上に係る評価結果」
(宇宙開発委員会計画・評価部会)
HTVの設計進捗によりHTV軌道への打上げ能力要求が当初の15トンから16.5トンと変更されたこと及び打上げサービス事業の競争力強化として民間の要求(静止トランスファー軌道へ8トン程度)を満足する形態のトレードオフを実施。H-IIA増強型からH-IIAロケット能力向上型への形態変更(右図)で開発を進めることは適切と判断。
- (5) 平成17年9月:民間の主体性を重視した官民共同開発の枠組みについて、宇宙航空研究開発機構と三菱重工業(株)との間で基本協定を締結。
- (6) 現在:平成21年度の試験機打ち上げに向けて開発試験・機体製作を実施中。



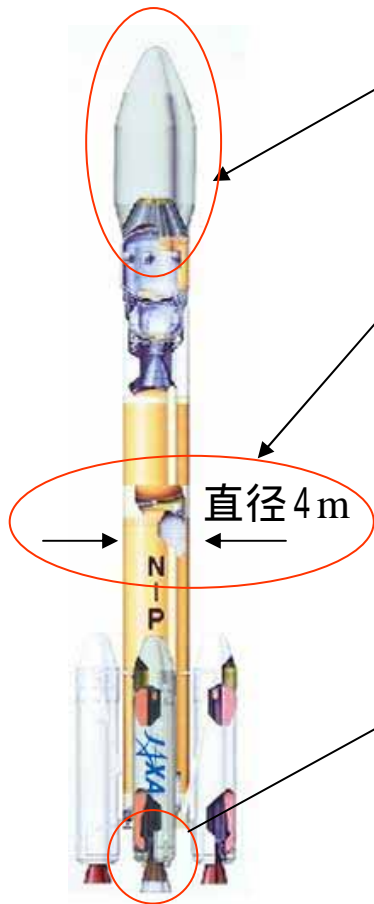
3. 開発状況 (主要諸元)



H - II B ロケット 外観

	H - II B ロケット	H - II A ロケット 204型(参考)	備考
全長 全備質量	約56m 約530ト	約53m 約445ト	ペイロード 質量含まず
フェアリング 名称 直径 長さ	5S - H型 5.1m 15m	5S型 / 4S型 5.1m / 4m 12m / 12m	
第2段 タンク直径 推進薬質量 エンジン 推力 比推力	4m 16.7ト LE-5B 137KN 448秒	4m 16.7ト LE-5B 137KN 448秒	H-IIA/B 共通 真空中
第1段 タンク直径 推進薬質量 エンジン 推力 比推力	5.2m 約176ト LE-7A × 2基 1098KN × 2 440秒	4m 約100ト LE-7A × 1基 1098KN 440秒	真空中
SRB-A 推進薬質量 装着基数	約66ト / 基 4基	約66ト / 基 4基	H-IIA/B 共通

3. 開発状況(主要変更点)



H-IIAロケット204型

◇衛星フェアリングの大型化

- ・HTVを搭載するため、直径は変えず、全長を12mから15mに延長

◇第1段コア機体の直径5.2m化

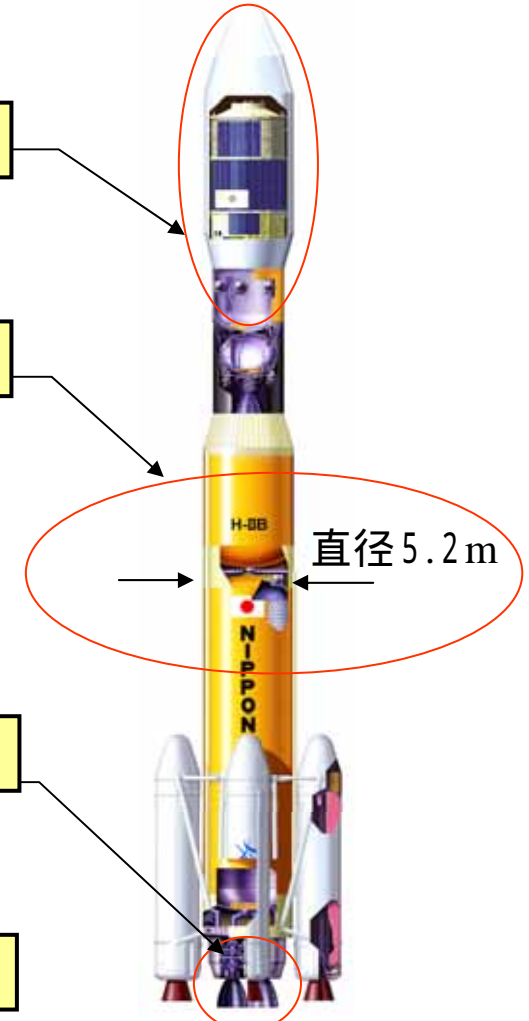
- ・打上げ能力向上のため推進薬量を1.7倍に
- ・品質・自在性向上のため、推進薬タンク前後のドーム部(鏡板)を海外調達から国産化
- ・品質向上のためタンクの溶接方式を摩擦攪拌接合方式(FSW)に変更(従来はTIG溶接)

◇第1段エンジン(LE-7A)のクラスタ化

- ・打上げ能力向上のため、エンジンを2基束ねることにより推進力を増強

◇射点設備の改修

- ・機体の5.2m化、フェアリング大型化およびエンジンのクラスタ化に対応した改修

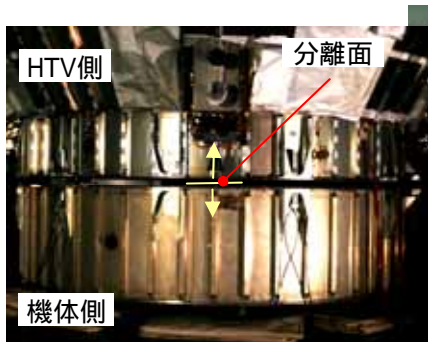


H-II Bロケット

3. 開発状況(スケジュール)

	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
主要マイルストン		▲ 開発移行前審査	▲ PDR	▲ CDR#1	▲ CDR#2	▲ CDR#3
システム設計 :完了 HTV打上げに対し、能力マージンを有することを確認:完了	システム設計	基本設計	詳細設計		維持設計	
コア機体開発 :完了 【推進系】:完了 (詳細は次項参照) 【構造系】:完了 (詳細は次項参照) 【衛星分離部】 ・HTV分離部開発(強度試験及び分離試験):完了 【アピオニクス系】 ・1段誘導制御計算機(GCC)開発:完了 ・誘導制御系機器及び搭載ソフトウェアを確認するための誘導制御システム試験:完了 ・アピオニクス機器の電磁適合性(EMC)を確認するためのEMC試験(機器単体及びコア機体):完了			コア機体開発試験			
HTV用フェアリングの開発 :実施中 (詳細は次項参照)			厚肉タンクステージ燃焼試験	BFT	CFT/GTV	
射点設備の改修 :完了 (詳細は次項参照)					第1段実機型タンクステージ燃焼試験/地上総合試験	
試験機の製造 :完了 ・1段、2段 単独で機能確認を行う各段機能試験:完了 ・1段と2段を電気的に結合して機能の確認を行う全段機能試験:完了 ・1/2段機体出荷準備:完了(2/17 飛島工場出荷)					開発試験	
					射点設備の改修	
					液流し試験	
					部品製作 構造組立/艀装	
					CFT/GTV	

PDR : 基本設計審査
 CDR : 詳細設計審査
 PQR : 開発完了審査
 BFT : 厚肉タンクステージ燃焼試験
 CFT : 実機型タンクステージ燃焼試験
 GTV : 地上総合試験
 L/O : 発射整備作業



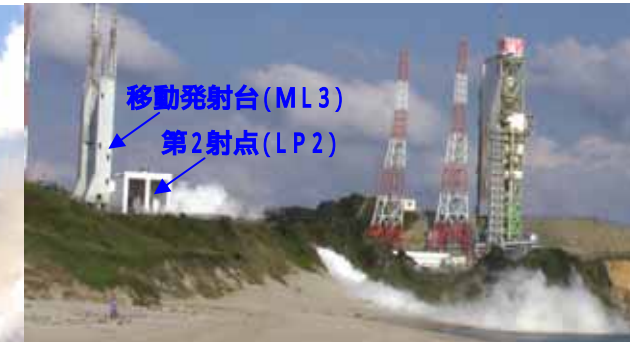
HTV分離部分離試験
実施状況(分離直後)



誘導制御系システム試験



厚肉タンクステージ燃焼試験



設備 液体酸素流し試験

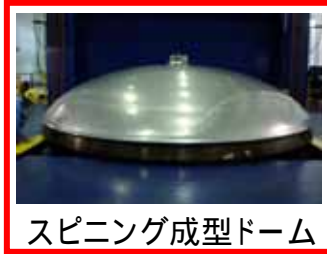
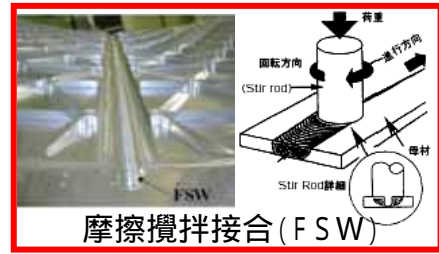
3. 開発状況 (構造系)

■第1段構造として、1段推進薬タンク、エンジン部、段間部、中央部、エンジンカバー等の開発試験を実施し、設計の妥当性を確認した。

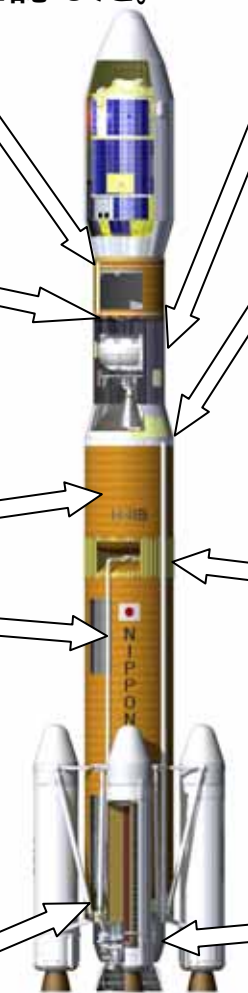
【第2段構造】
 ・H-IIA用をベースに外板部(2段水素タンク、前方構造、後方構造)を一部補強。

【分離アクチュエータ】
 ・H-IIA用スプリングの2段直列結合方式。

【第1段推進薬タンク】
 ・シリンダはアルミ合金製アイソグリッド構造。
 ・ドームは一体スピニング成型で国産化。
 ・摩擦攪拌接合(FSW)を採用。



【エンジン部】
 ・アルミ合金製鍛造材削り出しリブ付パネル構造



【段間部シリンダ】
 ・段間部の補強、長さ短縮。

【段間部アダプタ】
 ・円錐台形状のアルミ合金製セミモノコック構造。
 ・機体内側にストリングを配置。
 ・上部にキックフォースフレームを配置。



【中央部】
 ・アルミ合金製削り出しリブ付パネル構造

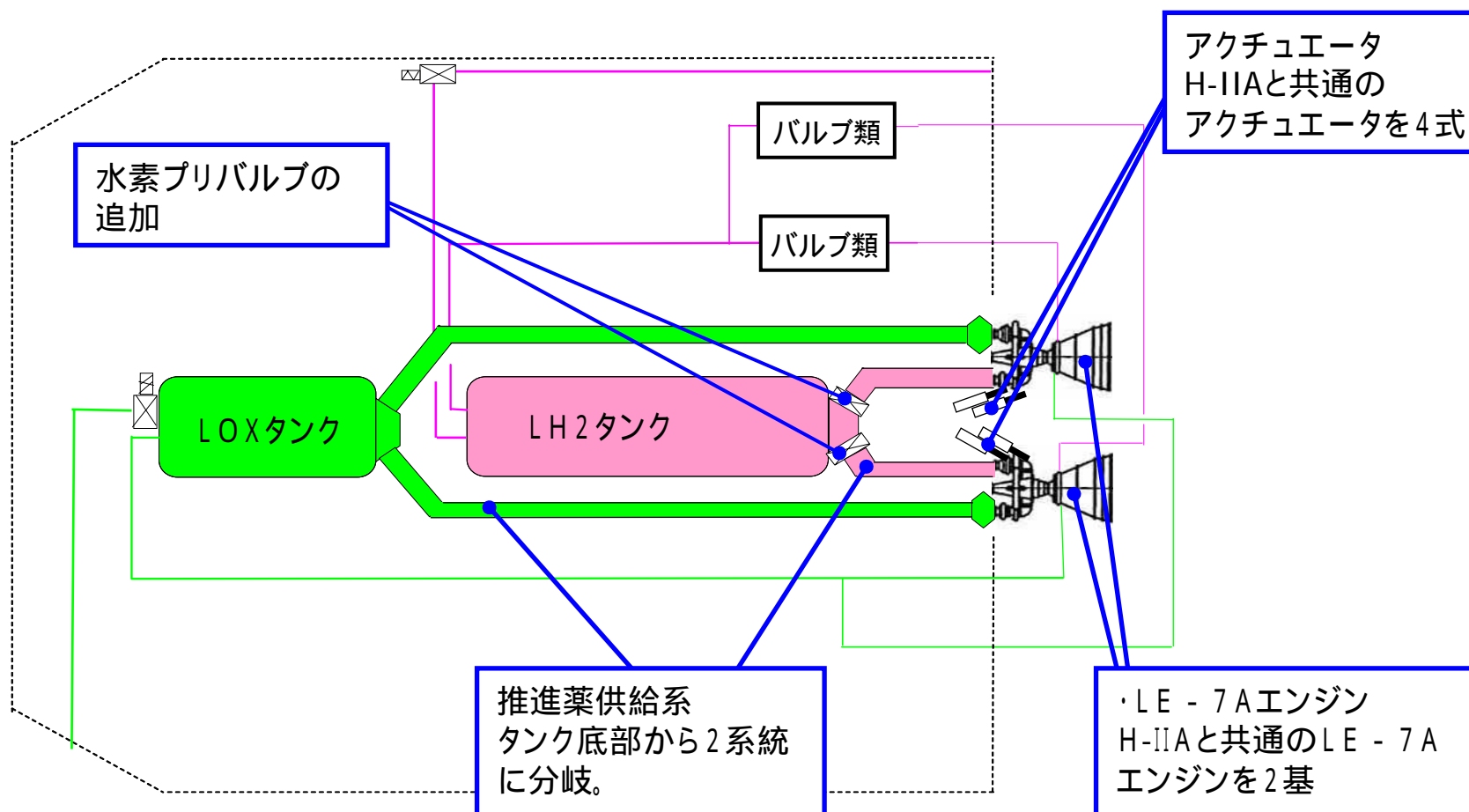


【エンジンカバー】
 ・エンジン2基をまとめて覆う楕円形状。
 ・アルミ合金製セミモノコック構造。



■ H - II B 第1段推進系の概要

- ◆ 打上げ能力向上のため LE - 7 A エンジンを2基クラスタ化して推進力を増強
- ◆ エンジン2基に対し、独立した推進薬供給配管を適用し、開発リスクを低減
- ◆ バルブ / アクチュエータ等のコンポーネントは極力 H - II A と共用



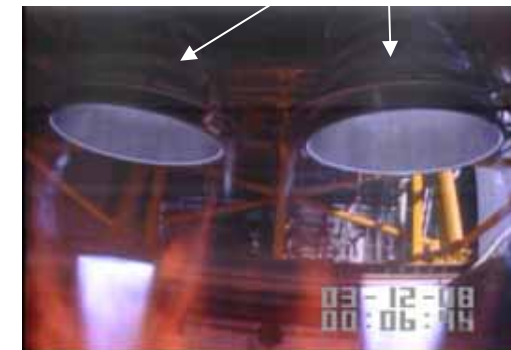
3. 開発状況(推進系) 厚肉タンクステージ燃焼試験

■メインエンジンのクラスタ化は日本では初めての試みであり、以下の確認を目的とした燃焼試験をMHI田代試験場にて実施し、推進系設計の妥当性を確認した。

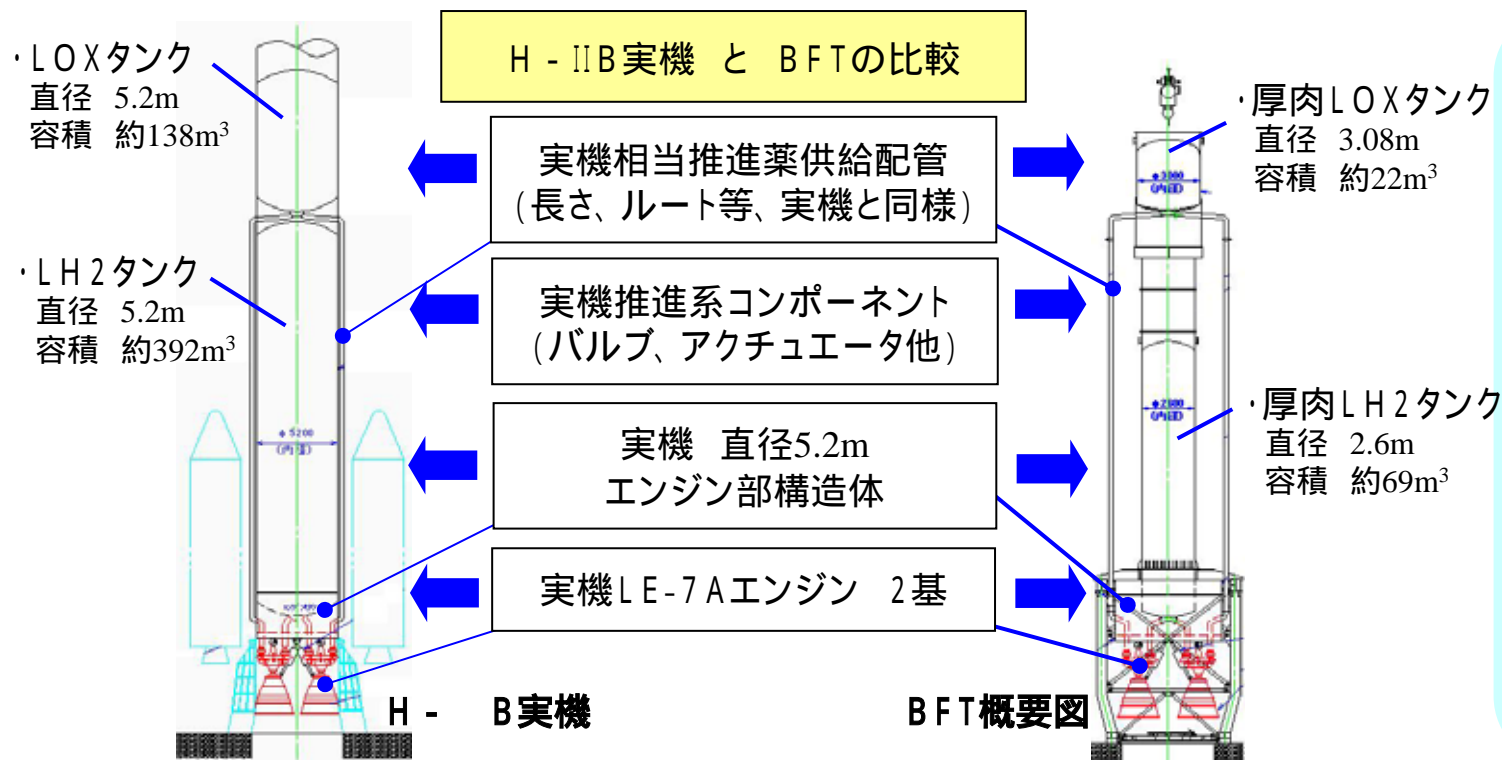
- ◆エンジン2基クラスタでの推進性能の把握
- ◆機体システムとエンジンのインターフェースの確認
- ◆極低温推進薬の充填および打上げ模擬オペレーションの確認

■エンジンの作動点、エンジン着火タイミング等のパラメータを変えて、ばらつきを含めた作動範囲を確認した。

LE-7Aエンジンのノズル



2基のエンジンの同時燃焼



試験の流れ(実績)

合計8回353秒の
燃焼試験を実施

液溜め試験

短秒時試験(10秒)

50秒試験(3回)
(基本特性確認)

50秒試験(4回)
(ばらつき確認)

3. 開発状況(フェアリング)

■概要

- ◆これまでで最大のペイロードである HTV に対応するために、H-IIA ロケットで用いているフェアリング(5S型)を3m伸ばしたHTV用フェアリング(5S-H型)を開発中
- ◆大型のアクセスドアを設け、打上げ前にフェアリング内のHTVにアクセスできる構造とした。

■開発状況

- ◆実機と同じ構造体を用いた強度試験(認定試験)において、フェアリング下端部に設けた円周状の分離機構部の一部である分離ナット金具および分離機構(ボルト)が破損する2件の不適合が発生した。

■対策

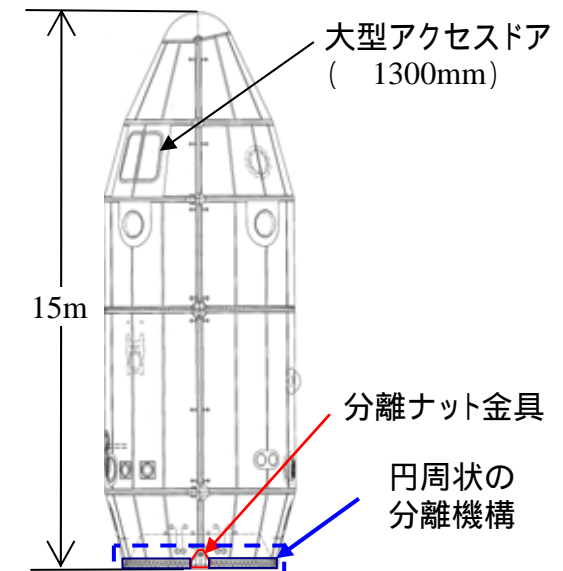
- ◆分離ナット金具: 破損部および周辺部を補強
- ◆分離機構(ボルト): ボルトへの負荷を低減するため、補強金具を取付

■今後の予定

- ◆不適合の発生に伴い、開発スケジュールが当初予定よりも遅れているが、上記対策の効果については、実機大供試体を用いた検証試験で確認しており、更なる遅延リスクは小さいため開発試験を継続するとともに、並行して試験機用フェアリングの製造を進める。



5S-Hフェアリング
強度試験供試体



5S-Hフェアリング概観図

3. 開発状況 (射点設備)

- 機体を電氣的に模擬したシミュレータと電気系設備を接続し、機能を確認する組合せ試験を実施。
- 設備に治具配管を接続し、推進薬充填の模擬を行う液流し試験を実施。

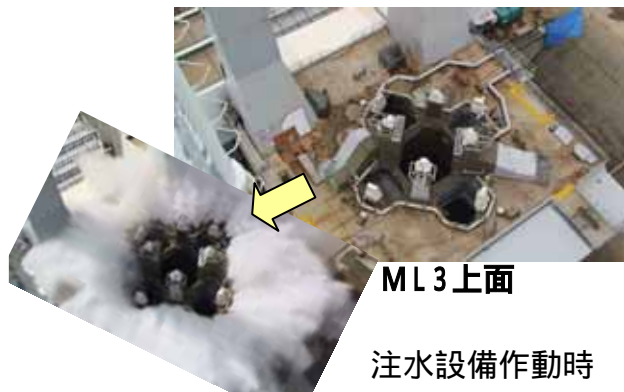
第2衛星フェアリング組立棟 (SFA2) の拡張 HTV整備に対応



フェアリング運搬台車の改修 フェアリング大型化に対応

移動発射台 (ML3) の改修

機体大型化に対応、音響低減のための上部デッキ注水設備を追加



電気・誘導系設備、 発射管制設備の改修 H-IIBシステムに対応

整備組立棟 (VAB) の改修 機体大型化に対応して VAB2側の床・周辺設備を改修



第2射点 (LP2) の改修 音響低減設備を増設、機体全長の増加に対応して避雷塔延長



注水タンク

機体空調設備の改修 機体大型化に対応した能力増強

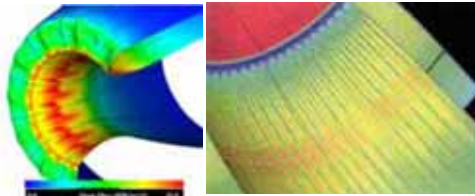
ML運搬台車の改修 機体大型化に対応した補強



4. 信頼性向上に向けた取組み

信頼性向上プログラムの成果およびH-IIAの課題で施した対策をH-IIBに適用。

新たなSRB-A (エロージョン対策)



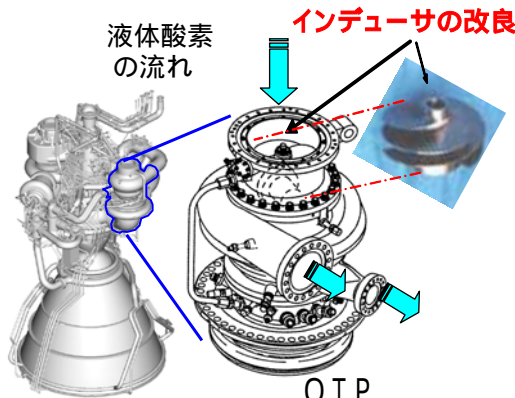
エロージョン解析の高度化



局所エロージョン
排除型ノズル

H-IIAに適用済み

液体酸素ターボポンプ(OTP) (キャビテーション対策)



H-IIBから適用

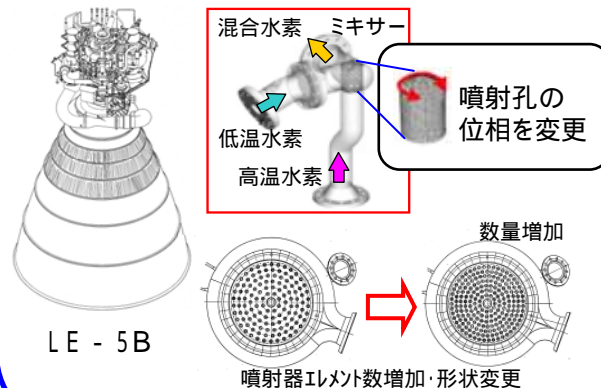
バルブ高信頼化 (整備性・信頼性向上)



H-IIBから適用

信頼性向上
プログラムの成果

改良型LE-5Bエンジンの適用 (燃焼振動の低減)



H-IIAに適用済み

冗長機器の空間冗長 (H-IIA・F6反映)

冗長系を有するラインは、別々のシステムトンネルへ
機装、機器とのインタフェース点も極力分離した。

ワイヤハーネスの保護 (H-IIA・F11反映)

ワイヤハーネス保護方針を設定。
・作業者のアクセスが多い箇所は極力配線しない。
・3次元図で、構造・配管とのクリアランスが規定値
以上を確認。
など

H-IIBで適用範囲拡大

各号機の主要課題
の取り込み

5. CFT / GTV計画

■ 試験目的

H - II B試験機と射点 / 射場設備を使用し、以下の確認を行う。

(1) 第1段実機型タンクステージ燃焼試験: CFT (Captive Firing Test)

実機タンクを用いた1段推進系システムの総合確認

コア機体 / 設備インタフェース確認

極低温点検(F-0) : 着火直前までの推進薬充填等のオペレーションを確認する。
 燃焼試験(T-0) : エンジンを着火させ、短秒時(10秒)、中秒時(約150秒)の試験を実施し、コア機体 / 設備システムを確認する。

燃焼試験(T-0)は、燃焼試験用のLE - 7Aエンジンで行い、CFT後にフライト用エンジンと交換する。

(2) 地上総合試験: GTV (Ground Test Vehicle)

機体と射点設備を組合せて、打上げまでの作業性および手順の確認

機体 / 設備インタフェース最終確認

射場システム(地上局および飛行安全システム)とのインタフェース確認

射場整備作業 : 実機SRB - A、実機火工品及び実機エンジンの搭載を含む、射場整備作業手順の確認を行う。
 カウントダウン作業リハーサル(R-0) : 打上げ当日と同様の作業を着火直前まで実施し、作業性および手順、機体 / 設備及び地上局等とのインタフェースを確認する。

(3) 特別点検

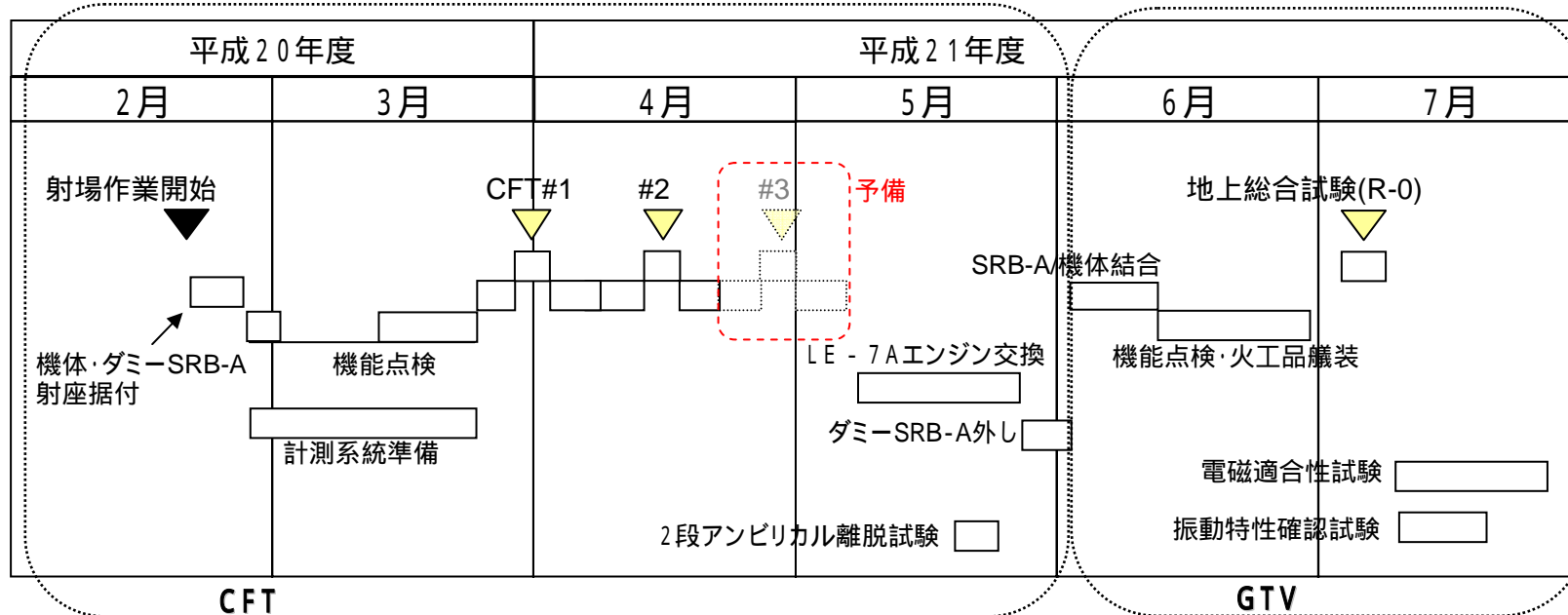
フェアリングを除く全段組立て状態での技術データ取得

フェアリング結合作業性確認

技術データ取得項目 : 電磁適合性(EMC)試験、振動特性確認試験
 2段アンピリカル離脱試験、フェアリング結合作業性確認 など

5. CFT / GTV試験計画 (スケジュール・コンフィギュレーション)

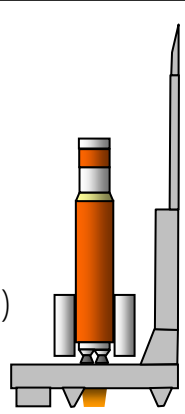
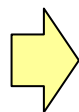
■ スケジュール



■ 試験コンフィギュレーション

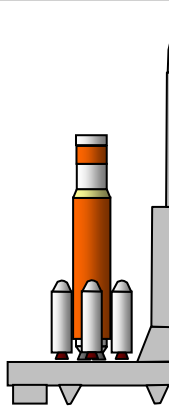
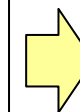
CFT

- フェアリング: なし
- CFT用エンジン
- ダミーSRB - A (2式)
- 火工品: なし

GTV

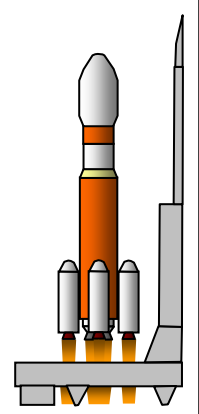
- フェアリング: なし
- フライト用エンジン
- SRB - A (4式)
- 火工品: あり (未結線)

フライトコンフィギュレーション

HTV実証機: 搭載

- フェアリング: あり
- フライト用エンジン
- SRB - A (4式)
- 火工品: あり (結線)



5. CFT / GTV計画 (試験時の安全確保)

■ 警戒区域

推進薬充填時は吉信第2射点を中心に警戒区域を設定する。CFT時は半径1800m、GTV時は半径2100m以内を警戒区域と設定。



■ 警戒区域の管理

【陸上警戒】：警戒員を配置し、巡回等必要な処置を講ずるとともに、警察署等に協力を依頼する。

【海上警戒】：監視員を配置しレーダー等で警戒する。また傭船による警戒を行い必要に応じて警戒区域からの退避勧告等を行う。

【上空の警戒】：警戒区域が必要な射点上空については、陸上および海上の警戒員が監視する。

6. まとめ

H - II Bの開発は概ね順調に進められており、今後以下の計画で、CFT / GTVを開始し、機体および設備の総合的な機能の確認を行った後、平成21年度の試験機打上げを目指す。

2月12日 1段 / 2段機体 公開(飛島工場)

(実施済み)



2月17日 1段 / 2段機体 飛島工場出荷

(実施済み)



2月19日 CFT / GTVの射場作業に着手



2月20日(未明) 1段 / 2段機体 島内輸送
引き続き1段射座据付



製造中のH - II B試験機

以上

HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機
SRB-A	Solid Rocket Booster	固体ロケットブースタ
FSW	Friction Stir Welding	摩擦攪拌接合
TIG	Tungsten Inert Gas (Welding Method)	TIG溶接
EMC	Electromagnetic Compatibility	電磁適合性
PDR	Preliminary Design Review	基本設計審査
CDR	Critical Design Review	詳細設計審査
PQR	Post Qualification Review	開発完了審査
BFT	Battleship Firing Test	厚肉タンクステージ燃焼試験
CFT	Captive Firing Test	実機型タンクステージ燃焼試験
GTV	Ground Test Vehicle	地上総合試験
L/O	Launch Operations	発射整備作業
SFA2	No2 Spacecraft and Fairing Assembly Building	第2衛星フェアリング組立棟
LOX	Liquid Oxygen	液体酸素
LH2	Liquid Hydrogen	液体水素