

# H-IIB ロケット試験機の打上げ成功

The Success of the H-IIB Launch Vehicle (Test Flight No.1)



前村 孝志\*<sup>1</sup>  
Takashi Maemura

二村 幸基\*<sup>2</sup>  
Koki Nimura

後藤 智彦\*<sup>3</sup>  
Tomohiko Goto

田村 篤俊\*<sup>4</sup>  
Atsutoshi Tamura

中村 富久\*<sup>5</sup>  
Tomihisa Nakamura

有田 誠\*<sup>6</sup>  
Makoto Arita

H-IIB ロケット試験機は、宇宙ステーション補給機(HTV)を搭載して平成 21 年9月 11 日に打ち上げられ、所定軌道で HTV を分離し打上げは成功した。H-IIB ロケット開発の特徴は、①官民共同開発 ②開発期間が短期間(詳細設計から打上げまで3年)、③H-IIA の技術を踏襲 の3点であった。H-IIB ロケット開発状況については、三菱技報 VOL.45 No.4:2008 で紹介しているが、開発全体、及び打上げ作業を中心に紹介する。

## 1. はじめに

H-IIB ロケットは、H-IIA 標準型を基本として、官民共同開発として開発を行った。官の目的は、“日本が国際宇宙ステーション計画に参画するための役割分担として物資補給を行うための宇宙ステーション補給機(HTV) 打上げに対応すること”，民の目的は，“民営化された H-IIA ロケット・ファミリーの打上げ能力を拡大し国際競争力を確保すること”である。平成 17 年7月に基本設計に着手、9月には初の官民共同に向けて当社と宇宙航空研究開発機構(JAXA)との間で基本協定を締結して開発を進めた。開発スケジュールは、HTV の平成 21 年9月打上げ必達を目指し詳細設計から打上げまで約3年という今までに無い短期間開発であり、H-IIA ロケットを基本とした開発を行う前提で開発コストも低く抑えた。当社はシステムインテグレーターとして開発全体を取り纏めた。

平成 21 年9月 11 日午前2時1分 46 秒に、打上げ予定時刻に1秒の遅れも無く打上げが成功し、日本の宇宙開発技術力の高さを世界に示した。(HTV を所定の軌道に投入するため1秒の遅れも許容されない打上げであった。) 本報では H-IIB ロケットの開発結果概要を今後の発展を含め紹介する。

## 2. H-IIB ロケットの概要

H-IIB ロケットは、全長約 57m(HTV 用フェアリング搭載時)、打上げ時の全備質量約 530 トン(ペイロード質量含まない)の2段式液体ロケットである。1段の直径を H-IIA ロケットの4m から 5.2m に拡大し推進薬量を約 1.7 倍に増加させ、1段エンジン(LE-7A)を1基から2基にクラスタ化し、打上げ能力の向上を図った。

2段を含め構成機器は H-IIA ロケットと共通品もしくは改修品を採用することにより、ロケット機体の信頼性及び打上げ運用の効率性の維持・向上を図った。

\*1 名古屋航空宇宙システム製作所技監・技師長

\*2 名古屋航空宇宙システム製作所宇宙機器技術部長

\*3 名古屋航空宇宙システム製作所宇宙機器技術部次長

\*4 名古屋航空宇宙システム製作所宇宙機器技術部首席技師

\*5 JAXA 宇宙輸送ミッション本部 H-IIB プロジェクトチームプロジェクトマネージャー

\*6 JAXA 宇宙輸送ミッション本部 H-IIB プロジェクトチームファンクションマネージャー

HTV 軌道(遠地点高度 300km, 近地点高度 200km, 軌道傾斜角 51.65 度)に 16.5 トン, 静止トランスファ軌道には8トン程度のペイロードを投入できる打上げ能力を有しており, GTO ミッションでは, 2~4トン級(衛星需要の約 50%を占めるクラス)の衛星2機同時打上げによるコスト競争力の向上を狙っている(図1).

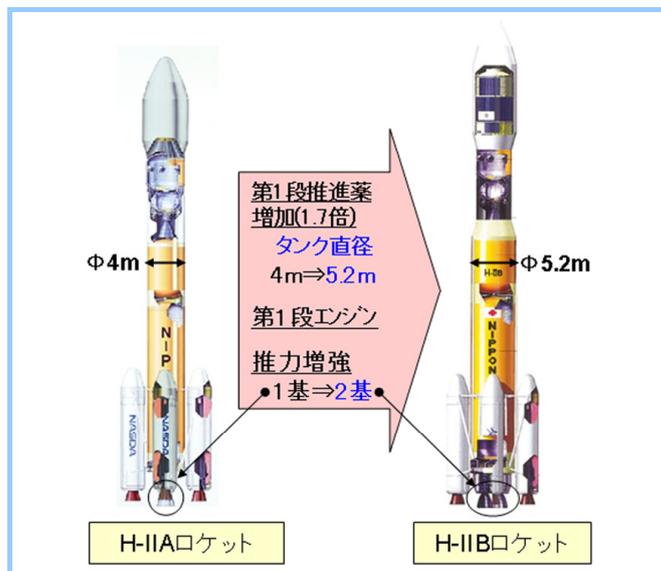


図1 H-IIA ロケットからの変更点

### 3. 主要技術開発試験

H-IIB の主要技術課題は, 直径 5.2m のタンク開発と1段エンジンクラスタ技術開発である.

#### 3.1 タンク開発

タンク開発のキー技術は, タンクドームの一体成形技術とタンク溶接部に適用した摩擦攪拌接合技術(FSW)である.

タンクドームについて我が国はこれまで一体成形技術を持たず海外調達していた. タンク設計・製造技術を伸ばし世界一流のタンクを製造するため, ドームを国産で一体成形し世界最新の摩擦攪拌接合を全接合部に適用することを目標に, 平成 12 年~15 年に社内試験研究で技術の確立を行った.

##### (1) タンクドーム一体成形技術



図2 社内試験研究で製造したスピニング成形ドーム(直径 900/400mm)



図3 実機成形ドーム(機械加工後)

社内試験研究成果をベースに, 大型機械装置の開発実績が多く既存工場設備の有効活用が可能な当社・広島製作所において実機ドームの開発を進めた(図2).

実機ドーム開発では, 試験研究で作成したスケールのドームから実機サイズへスケールアップした際の反映事項を確実に処置した結果, 世界最大クラスの直径 5.2m の一体成形ドームを完成した(図3).

## (2) 摩擦攪拌接合技術開発

摩擦攪拌接合(FSW)は、突起部を有する工具を回転させながら接合部に押し当て、摩擦による発熱で材料を軟化させながら攪拌して接合する技術である(図4)。H-IIB ロケットでは、接合品質が良いこと、実機コストの低減にもつながること、将来のアルミリチウム合金の接合が可能であることから適用を決定した。従来FSWの適用対象は長手方向(ロケットタンクでは機軸方向)の接合部に限定されていたが、円周方向接合部へも適用を広げた(図5)。

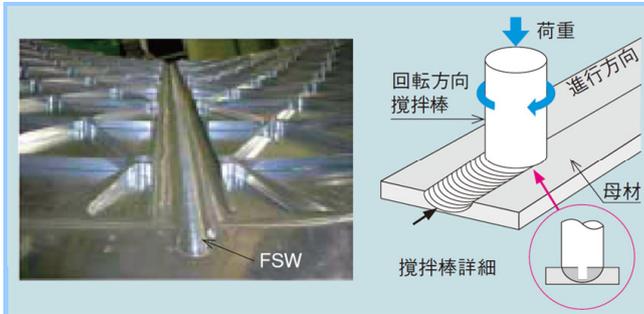


図4 摩擦攪拌接合(FSW)の施工方式概要図

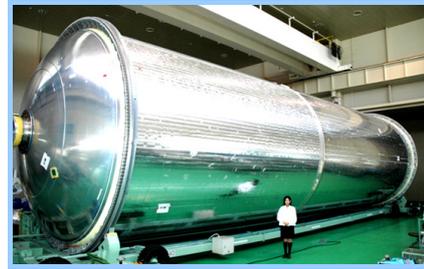


図5 FSWを適用した液体水素タンク

## 3.2 クラスタ化技術開発

エンジンクラスタ化は、ロケットの大型化に必須であり多くのロケットに適用されている。クラスタ化の代表的な例として、サターンロケット(第1段は5基)、スペースシャトル(3基)がある。

H-IIB ロケットは、1段エンジンを2基クラスタ化するが、リスク低減のため、H-IIA で培った技術・コンポーネントを最大限に活用して、推進薬供給システムを各エンジンに独立に配置した。

クラスタ化に伴う主要課題は、2基のエンジンプルームの干渉に伴う音響振動/熱環境への影響有無であったが、CFD(Computed Fluid Dynamic Analysis)による解析を行い設計に反映した。CFDは、当社の技術本部とJAXAの双方で実施しキャリブレーションを行いながら進めた。

実証試験は、厚肉タンク・ステージ燃焼試験(BFT)を平成20年3月から8月の間に計8回行い、全ての試験を計画どおり完了した(図6)。

BFTでは、より確実な開発計画とするため基本的な性能確認のための試験に加え、各種パラメータのばらつきを最大に想定した試験を実施し燃焼試験の実証レベルを向上させた。

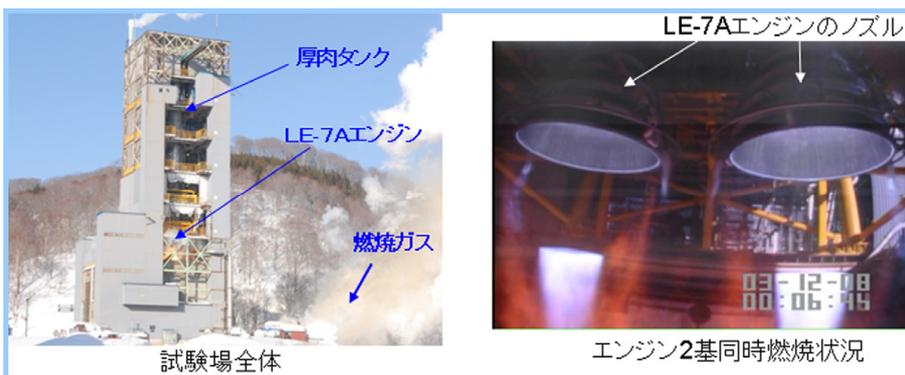


図6 厚肉タンクステージ燃焼試験状況

## 4. 種子島での CFT/GTV と初号機打上げ

各サブシステムの開発試験完了後初号機機体を製作し、種子島宇宙センターでの CFT(1段実機型ステージ燃焼試験)、及び GTV(地上総合試験)及び打上げに向け平成21年2月17日に当社名古屋航空宇宙システム製作所飛島工場から出荷した。

### 4.1 CFT, 及び GTV

種子島宇宙センターでは、H-IIB ロケット用に改修された射点/地上設備に試験機を据付け、CFT 及び GTV を実施した(図7)(図8)。

CFT では4月2日/22日に10秒/150秒の2回の燃焼試験を実施し、エンジンクラスタ化を主体とした1段推進系システム開発の総仕上げを完了した。CFT 終了後、1段 LE-7A エンジン2基をフライト用エンジンに交換、実機 SRB-A4基の装着など打上げ機体形態への変更を行い、GTV を実施した。7月11日に発射リハーサルを行い、実際の打上げ直前までの模擬をすることで、機体/射点設備のインタフェース機能が良好なことを確認し、射場整備作業手順を確立した。

燃焼試験を経た機体をフライトにそのまま供するのは従来のロケット打上げを通じて初めての経験であったが、燃焼試験時に機体各部の振動/温度/歪みを計測し、そのデータからフライトに供し得ることを確認し打上げに臨んだ。(燃焼試験に使用した1段LE-7Aエンジン2基のみフライト用エンジンに交換した。)

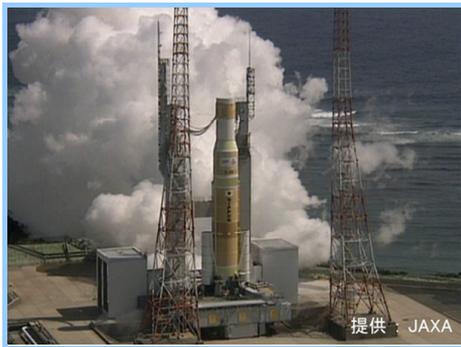


図7 CFT 燃焼試験状況



図8 GTV 試験状況  
(機体移動時)

#### 4.2 初号機打上げ

H-IIB ロケットが宇宙ステーションの軌道にHTVを正確に届けるために、“指定された時刻に、1秒の遅れも無く打ち上げる”必要があった。これは初号機打上げ時には大きな制約であった。そのため、打上げ当日に発生し得る想定不適合の洗い出しや、打上げ直前に不適合が発生した場合の仮想訓練を行った上で打上げに臨んだ。打上げ当日には想定外の不適合も含め不適合が数件発生したが、全員の協力で対応した。計画どおりの9月11日午前2時1分46秒に種子島宇宙センターから無事打上げを行い、HTVを所定の軌道に投入し成功した。

### 5. まとめ

H-IIB ロケットの開発は良好に完了し打上げも成功した。開発全体を総括すると、初期設計に立ち戻るような大きな不適合は少なかったがその理由は、下記2点である。

- ① 短期間開発、開発予算小といった状況に合わせて、H-IIA ロケットの技術を十分に活用し新規開発リスクを低減したこと
- ② 開発、及び、打上げ運用に携わったメンバーが H-IIA ロケット開発/運用を十分に経験しており、その経験を生かし事前の机上検討を充分に行ったこと

日本のロケット開発は、NからH-IIBロケットまでほぼ途切れることなく継続してきおり、その中で技術の伝承が行われてきた。今回の H-IIB ロケット開発でも燃焼試験等の大規模な開発試験を経る中で若手技術者を育成することができた。その観点でも H-IIB ロケットに続く輸送系開発の立ち上げを進める。

H-IIB ロケットは、HTV の打上げを7年間に年間1機ずつ合計7機が計画されている。また、静止遷移軌道5トン以上の大型衛星の打上げ、並びに2～3トンクラスの中型衛星の2機同時打上げも目標としている。

更に2段を1段と同じ直径 5.2m とすることにより打上げ能力向上も可能であり、これを利用して種々のミッションに適用できることから、特に月・惑星探査ミッションへの適用も目論んでいる。

このように H-IIB ロケットは、将来の宇宙輸送用ロケットとして発展するポテンシャルの高いロケットであり、適用されるミッションを見極め積極的に開発提案を行ってゆく。