H-IIAロケット最終号機
打上げ記念　企画展

# H-IIA ロケットの歩み

H-IIA LAST FLIGHT AND

# TO THE N3XT

THANK YOU ALL!
ONWARDS AND UPWARDS

©MHI

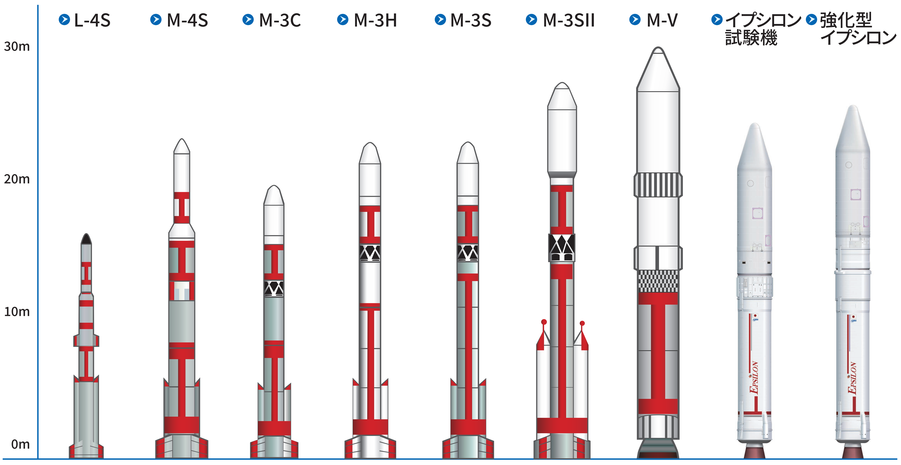
JAXA 宇宙輸送技術部門

# H-IIA ロケットの歩み

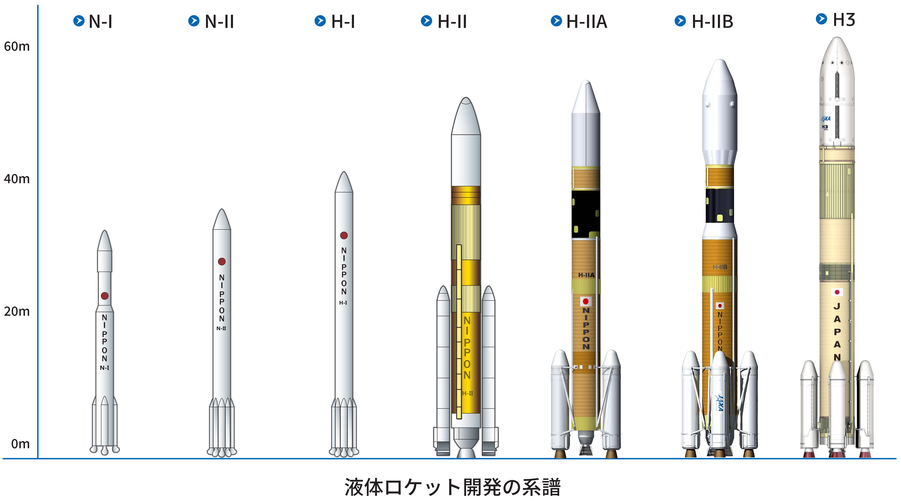
2001 年の試験機 1 号機の打上げから現在に至るまで、日本の主力ロケットとして四半世紀に渡り活躍したロケットが「H-IIA（えいち・つー・えー）」です。国の重要な衛星や、私たちの暮らしにもはや欠かせない気象衛星「ひまわり」、測位衛星「みちびき」や地球を観測するための人工衛星、また小惑星探査機「はやぶさ 2」もこの H-IIA ロケットで宇宙空間への旅立ちました。2025 年 6 月に予定されている 50 号機を以て、H-IIA ロケットの運用は終了し、H3 ロケットにそのバトンを渡します。24 年に渡る H-IIA ロケットの活躍を振り返ります。

## 1 歴史を振り返る

日本のロケット開発は、1955 年に東京大学で全長23cm の「ペンシルロケット」の水平発射実験の成功から始まっています。本格的なロケット運用は、1970 年に日本初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げた「L（ラムダ）4S」にさかのぼります。以来、固体燃料を使う「M（ミュー）シリーズ」、液体燃料を使う「N シリーズ」「H シリーズ」と様々なロケットが開発されて、現在運用している「H-IIA」「H3」「イプシロン」へと繋がっています。




固体ロケット開発の系譜




液体ロケット開発の系譜

## 2 液体ロケット開発の推移

日本の宇宙開発の中枢的実施機関として平和利用目的に限り宇宙開発を進め、宇宙の開発および利用の促進に寄与することを目指し、1969（昭和44）年 10 月 1 日に JAXA の前身である「宇宙開発事業団（NASDA）」が設立されました。1970 年 10 月には日本で初めてとなる液体ロケット「N-I」の開発に着手します。現在の「H-IIA」、「H3」に至るまでの開発の推移をご紹介します。

### 倣いの時代

[1975-1982]
N-I ロケット

[1981-1987]
N-II ロケット

#### 液体ロケット開発の幕開け

アメリカのデルタロケットの技術を導入し開発した 3 段式ロケットで、技術試験、通信、放送、気象、地球観測等多くの人工衛星の打ち上げを行ってきました。液体大型ロケットのシステムと要素技術・打上げついてアメリカより倣い学び取った時代で、日本の液体ロケット開発はここから始まります。

### 学びの時代

[1986-1992]
H-I ロケット

#### 日本独自の液体ロケット開発を目指して

アメリカから学んだ N ロケットの技術に加え、第 2 段と第 3 段を国産開発した 3 段式ロケット。大型液体ロケットの実現に必要となる液体酸素と液体水素を使った高性能エンジンの開発、誘導制御、固体モータ、火工品の技術を獲得し、国産液体ロケットの礎を築いた時代です。

### 巣立の時代

[1994-1999]
H-II ロケット

#### 日本初･純国産液体ロケットの誕生

H-I で習得した技術を礎に全段国産大型ロケットを開発しました。「二段燃焼サイクル」を採用した「LE-7」をメインエンジンに備え、重量 2 トン級の静止衛星の打上げを実現します。
5､8 号機の連続失敗により以後に予定していた 7 号機の打上げを中止し運用を終了しました。

### 成長の時代

[2001-2025]
H-IIA ロケット

[2009-2020]
H-IIB ロケット

#### 日本の宇宙輸送を支える基幹ロケット

日本初の純国産ロケット H-II で培われた技術をもとに開発され、多様な人工衛星・探査機の打ち上げを、高い信頼性と低コストで行います。国産技術に磨きをかけ、世界に伍していくほどの一人前に成長した時代でもあり、50 号機の打上げを以て運用を終了します。

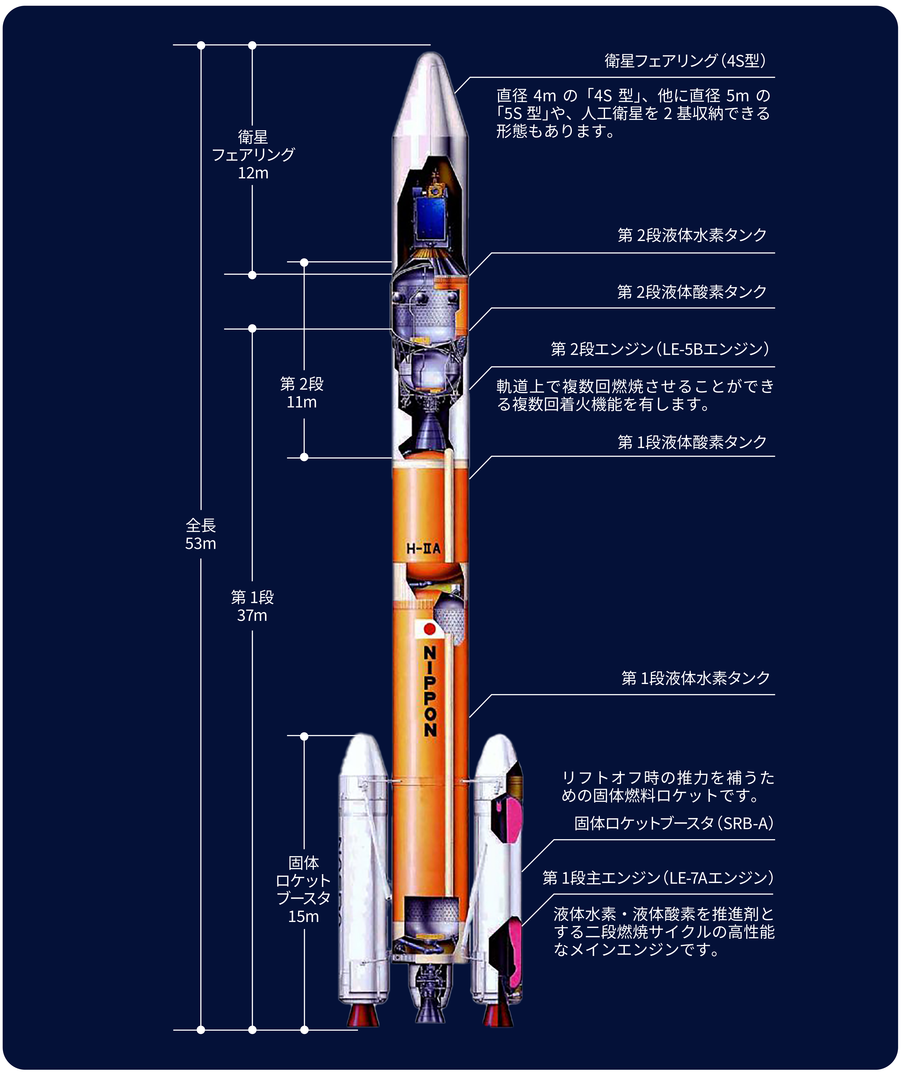
### 成熟の時代

[2024-]
H3 ロケット

#### 世界の先頭を目指し､飛躍･成熟へ

新たな日本の基幹ロケットとして、H-IIA/H-IIB の後継機として開発されており、国のミッションだけでなく海外などの商業衛星も含めて毎年安定した打上げの実現を目指します。車載部品の採用や電動化、3D 造形などの新しい技術を導入し大幅なコストダウンを図ります。

## 3 機体構成・主要諸元




H-IIA ロケットは搭載するペイロードの重さ、大きさ、基数などによって最適な機体形態を選択します。202 型は固体ロケットブースタ（SRB-A）を 2 本、204 型は 4 本装着します。

| 機体形態 | 202 型 | 204 型 |
|---|---|---|
| 全長（m） | 53m | |
| 全備質量（t） | 289 | 443 |
| SRB-A の数 | 2 本 | 4 本 |
| 誘導方式 | 慣性誘導方式 | |
| GTO（t）*1 | 4.0 | 5.95 |
| SSO（t）*2 | 3.3 | — |
| LEO（t）*3 | 10.0 | — |

＊1：標準静止トランスファ軌道
（遠地点高度 36,226km 近地点高度 250km 軌道傾斜角 28.5 度 静止化増速量⊿V=1,830m/s）
＊2：太陽同期軌道（高度 800km、軌道傾斜角 98.6 度）
＊3：低軌道（高度 300km、軌道傾斜角 30.4 度）

## 4 主な打上げ実績

H-IIA ロケットは 2001 年 8 月 29 日の試験機 1 号機の打上げから、これまで 49 機の打上げを行ってきました。2003 年 11 月 29 日の 6 号機打上げではリフトオフ後、固体ロケットブースタの 1 本が分離せず所定の軌道にペイロードを投入できる見込みが無くなったため指令破壊、打上げに失敗しました。原因究明を重ね、2005 年 2 月 26 日には Return To Flight として 7 号機の打上げに成功しました。以降、順調に打上げ機数を重ね、様々な人工衛星や探査機を宇宙に送り届けてきました。これまでの代表的な H-IIA ロケットの打上げをご紹介します。

### 試験機 1 号機

当初 1999 年 12 月に試験機 1 号機の打上げを、その 2 か月後に H-II ロケット最終号機を打ち上げる予定であった。しかし H-II の 1 つ前の打上げに失敗したため、最終号機の打上げをキャンセルし、原因究明と新型の H-IIA ロケット開発に全力を注ぐこととした。2 年後の 2001 年 8 月 29 日に H-IIA ロケット試験機 1 号機の打上げに無事成功した。

### 試験機 2 号機

民生部品・コンポーネント実証衛星（MDS-1）および高速再突入実験機（DASH）を所定の軌道に投入することを目的に 2002 年 2 月 4 日に打ち上げられた。固体ロケットブースタ（SRB-A）に加え、固体補助ロケット（SSB）を 4 本付けた形での飛行実証、改良された LE-7A エンジンの技術データ取得、第 2 段再々着火予備試験も良好に完了した。

### 6 号機

2003 年 11 月 29 日に情報収集衛星 2 号機を搭載した 6 号機が打上げられたが、固体ロケットブースタ（SRB-A）のうち、1 本の分離ができず、そのままでは、高度および速度が不足することから 13 時 43 分 53 秒に指令破壊信号を送出、打上げに失敗した。直ちに対策本部が設置され、飛行データなど様々な解析、原因となった SRB-A の改良設計や地上燃焼試験が行われた。

### 7 号機

1 年 4 か月の時を経て、6 号機失敗後の飛行再開フライトとなる 7 号機が 2005 年 2 月 26 日打上げに成功した。
ロケットは正常に飛行し、リフトオフ後約 40 分で搭載衛星である「運輸多目的衛星新 1 号」を静止トランスファー軌道へ投入、搭載衛星は「ひまわり 6 号」と名付けられた。宇宙への輸送手段として H-IIA が再始動した瞬間でもあった。

### 11 号機

固体ロケットブースタ（SRB-A）を 4 本装着する「204 型」の初めての打上げ。これにより静止トランスファー軌道への打上げ能力をこれまでの約 4 トンから約 6 トンまで向上させることができる。2006 年 12月 18 日に打上げ時の質量 5.8 トンの技術試験衛星Ⅷ型「きく 8 号」を無事に所定の軌道に投入。204 型の打上げ成功により H-IIA ラインナップが出揃った。

### 13 号機

全ての形態での打上げ成功を経て 13 号機から三菱重工業（MHI）が提供する打上げ輸送サービスに移行。JAXA は打上げ安全監理業務を担うこととなった。2007 年 9 月 14 日に月周回衛星「かぐや」を搭載し、打上げを実施。順調に飛行し、打上げ後の約 45 分 34 秒後に所定の軌道に投入したことを確認した。その後「かぐや」は 2009 年 6 月 11 日まで運用を続けた。

### 18 号機

カーナビや道案内アプリで使用される GPS を補完する働きを担う測位衛星「みちびき」、この初号機を 2010 年 9 月 11 日に 18 号機で打上げた。以降 10 年近く活躍し、準天頂衛星システムの礎を気付いた。初号機後継機の運用開始後、軌道離脱完了を経て 2023 年 9 月 15 日に運用を終了した。「みちびき」は 11 機運用体制を目指して H3 でも打ち上げられている。

### 21 号機

2012 年 5 月 18 日に「しずく」と韓国の「KOMPSAT-3」を所定の軌道に投入。また打上げ能力の余剰を活用して小型副衛星 2 基も併せて打上げた。打上げ後 H-IIA 高度化プロジェクトに役立てるため、軌道上における 2 段推進系の技術データを取得する飛行実験を実施、2 段水素タンク外表面を従来のオレンジではなく白色塗装にし、蒸発量低減効果の実証などを行った。

### 26 号機

2014 年 12 月 3 日、小惑星探査機「はやぶさ 2」と小型副衛星 3 基を載せた 26 号機が打ち上げられた。ロケットは計画通り飛行し、打上げ後約 1 時間 47 分 21 秒に「はやぶさ 2」を正常に分離。以降「はやぶさ2」は小惑星「リュウグウ」に着陸しサンプルデータの取得に成功、2020 年 12 月 6 日にサンプルを格納したカプセルを地球に帰還させた。

### 29 号機

29 号機は基幹ロケット高度化プロジェクトを適用した打上げで、H-IIA ロケットの打ち上げ性能を向上させ、国際競争力を強化し、地上設備を簡素化することにより効率的なロケットの運用を目指すもの。ロケットが宇宙空間を長時間飛行しエンジン着火できるように改良することで、衛星を静止軌道により近い軌道に投入することができるようになった。

### 37 号機

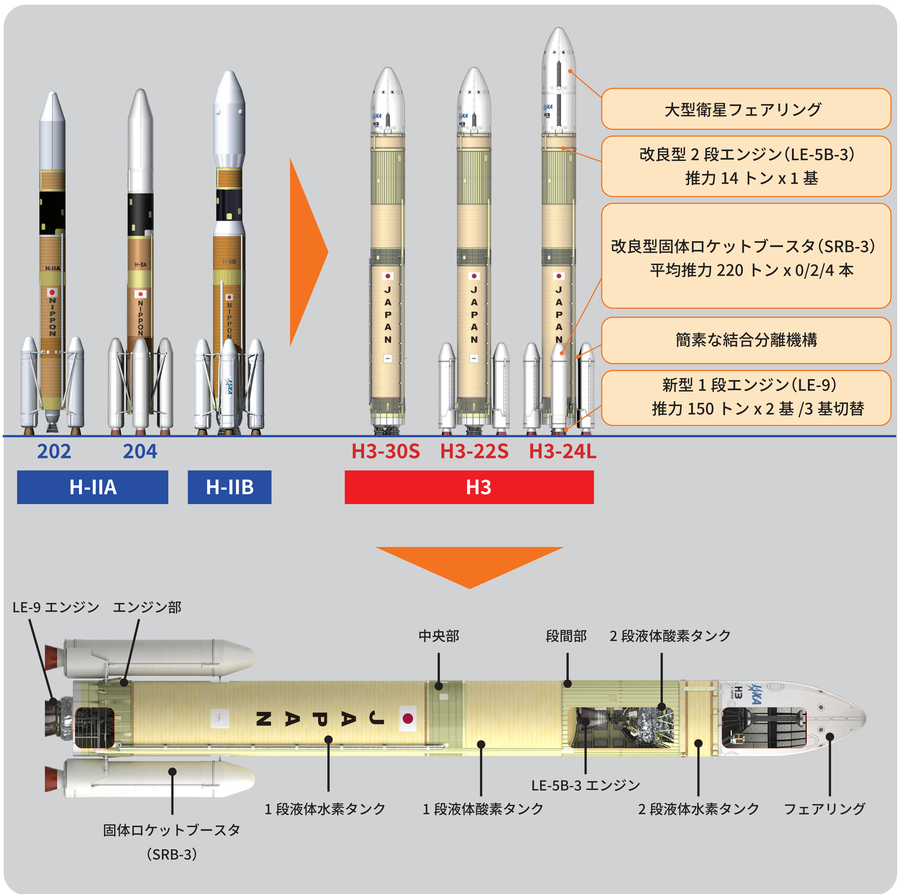
37 号機は 29 号機と同様「高度化仕様」として打上げられた。H-IIA の打上げ余剰能力を活用し、複数の衛星を異なる軌道高度へ投入する機能の獲得を目的とした開発で、従来であれば、それぞれ別のロケットで打上げなければいけなかったところを 1 回に統合できるため、費用対効果の高い打上げが実現できる。太陽同期軌道と低軌道への衛星投入に成功した。

### 40/42/45 号機

終盤には商業衛星の打上げにも対応。40 号機ではアラブ首長国連邦（UAE）の観測衛星「KhalifaSat」、42 号機では同じく UAE の火星探査機「HOPE」、45 号機ではイギリスの通信衛星「Inmarsat-6」シリーズH-IIA は 49 号機まで打上げを以て成功率は 97.8%、この高い打上げ成功率とオンタイム打上げ率は H3 へも踏襲され、コストダウンという更なる高みを目指す。

## 5 H-IIAからH3へ

H-IIA ロケットは約 98% という高い打上げ成功率、またロケットをあらかじめ決めた日程通りに打上げる「オンタイム打上げ」率も高く、世界的にも高い評価を受けています。その利点は踏襲し、よりユーザーフレンドリーで使いやすいロケットを目指すのが 2024 年 2 月から運用を開始している「H3 ロケット」です。固体ロケットブースを付けず液体燃料のみで打上げる形態もあり、日本では初の試みとなります。




H3 ロケットには複数の形態があり、搭載衛星の質量や投入軌道などによって 1 段メインエンジン「LE-9」の基数、固体ロケットブースタ（SRB-3）の本数、フェアリングの形状を変更することで無駄のない最適な打上げを実現します。「30S 形態」では太陽同期軌道（500km 円軌道）へ 4 トン以上の衛星投入を実現します。また「24L 形態」では静止トランスファ軌道へ 6.5 トン以上の衛星投入を目指すことで衛星需要の大半をシングルロンチでカバーします。H-IIA ロケットで培われた技術は「H3」や、その先の未来のロケットへの確実に受け継がれていきます。

H3 ロケット試験機 1 号機の組立

H3 ロケット試験機 1 号機の機体移動

## 6 最後に… よもやまばなし

24 年に渡って運用されてきた H-IIA ロケットは実はマイナーチェンジを重ねています。前号機の打上げを振り返り、運用しづらかった点や、飛行に問題はないが手を入れたほうが良い点などは柔軟に改善し、より使いやすいロケットへと育てています。これまでどんな点を改善してきたのでしょうか？ 一例をご紹介します。

### LE-7A エンジン

まずはメインエンジンの「LE-7A」最初はノズルスカートが短かったんだよ。

もともと長ノズルを想定して開発していましたが、地上燃焼試験でエンジンの横揺れが大きくなる問題や上部ノズルスカートが高温になり過ぎることで破損される問題が発生しました。これらを防ぐため、下部ノズルスカートを外した形態（短ノズル）で当面運用することとなりました。

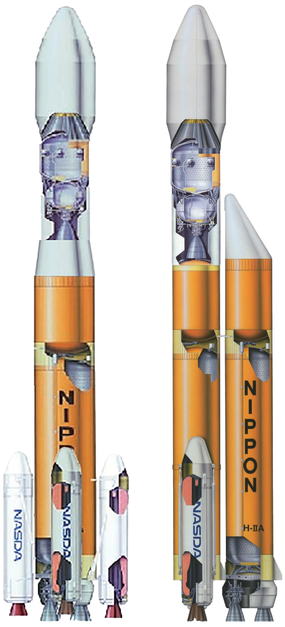
短ノズルは試験機 1号機、試験機 2号機、3号機、4号機、5号機、6号機、7号機、10号機の計 8機の打上げで使用されたよ。

原因を探った結果、LE-7Aで新しく採用したノズルと上下のノズルの接合部の物理的な段差が理由であることが判明しました。長ノズルの達成により、短ノズルに比べ、静止トランスファー軌道に投入する能力で 衛星質量400kg分の性能向上を達成しています。

### 固体補助ロケット（SSB）

固体補助ロケット（SSB）は試験機 2号機、3号機、5〜9号機、12〜14号機の打上げで使われていたもので、固体ロケットブースタ（SRB-A）と同じくリフトオフ時の推力を補う働きを担います。以降の打上げでは SRB-Aを 4本装着することで SSBの代わりとしており、14号機の打上げを以て使用を終了しています。

機体バリエーションを 202型、204型の2種類に絞ることで調達コストを下げることができました。

### 幻の「増強型」開発計画

日本のロケット開発能力維持、国際宇宙ステーションへの輸送手段としての宇宙ステーション補給機（HTV）打上げへの対応、ロケット市場での国際競争力を確保することを目的に 2001 年から、より重いペイロードを運ぶことができる「H-IIA 増強型」の開発に着手しました。増強型の案の中には液体燃料を使った補助ロケット「液体ロケットブースタ（LRB）」など、今となっては逆に目新しいような検討もなされていました。開発を進める中で、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、また打上げサービス事業の競争力強化として民間の要求である静止トランスファー軌道へ 8 トン程度の打上げ能力を満足する形態のトレードオフを行い、「H-IIA 増強型」から「H-IIA 能力向上型」へ形態を変更して開発を進めることとなりました。この「 H-IIA 能力向上型 」は後の「H-IIB ロケット」となります。H-IIB ロケットは 2009 年 9 月 11 日に試験機 1 号機を打上げ、以降 2020 年 5 月 21 日の 9 号機打上げまで全手の打ち上げに成功し、国際協力の観点からも非常に大きな成果を上げました。