

種子島宇宙センター ロケット物語

— 世界一美しいロケット発射場 —

天気予報、通信、放送など、私たちの生活に密接に関わっている人工衛星を運ぶロケット。鹿児島県の南、種子島の東南端にある種子島宇宙センターは、日本最大のロケット発射場であり、島の海岸線に面した「世界一美しいロケット発射場」といわれている。ここでは種子島宇宙センターについて紹介する。

文・遠藤 守





種子島宇宙センター ロケット物語

—世界一美しいロケット発射場—

鉄砲伝来の島 種子島

種子島は鹿児島県の離島として、奄美大島、屋久島に次ぐ3番目に大きな離島です。鹿児島市から南の海上約115kmに位置し、人口は3万人弱、南北に細長く、北から西之表市、中種子町、南種子町の三つの市町から構成されています。

種子島宇宙センターの主要な施設が立地する南種子町は、島の南端に位置し、旧石器時代の遺跡も発見されるなど、黒潮の通り道として古くより栄えていたことがうかがえます。

天文12年(1543)、ポルトガル人が乗った明国船が最南端の前之浜に漂着し、鉄砲が伝来し、その後の歴史に大きな影響を与えたことはよく知られています。現在は、日本の科学技術の最先端で宇宙開発の拠点である種子島宇宙センターがあり、歴史と未来が共存する町となっています。



種子島宇宙センター (写真提供：公益社団法人鹿児島県観光連盟)



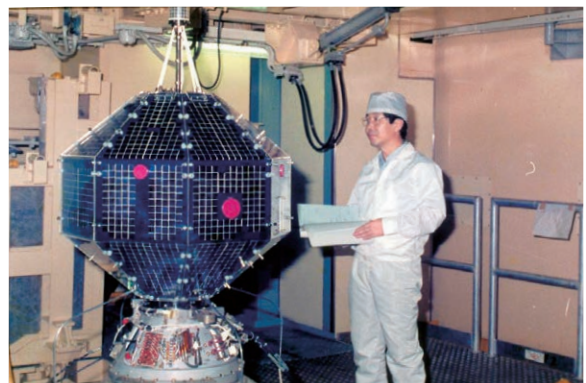
せて変更され、6年後の試験機の打上げに備えて、宇宙センターの施設やロケット打上げ設備の整備が米国ロケット関連企業の支援を受け、急ピッチで進められました。

大崎射場は安全確保のため射点から2.2kmの範囲を敷地として、各種の施設設備を建設しました。地域のインフラは規模が小さく、このような大規模な施設に電気、水を供給することはできなかったため、敷地内には道路、発電所、ダム・浄水設備まで整備することになったのです。この時に現在の宇宙センターのレイアウトがほぼ決まりました。ロケット打上げの主な設備は、ロケット組立棟、推進薬貯蔵所、移動ロケット整備塔、発射台、アンビリカル塔、大崎発射管制棟、大崎指令管制棟、衛星試験棟、テレ

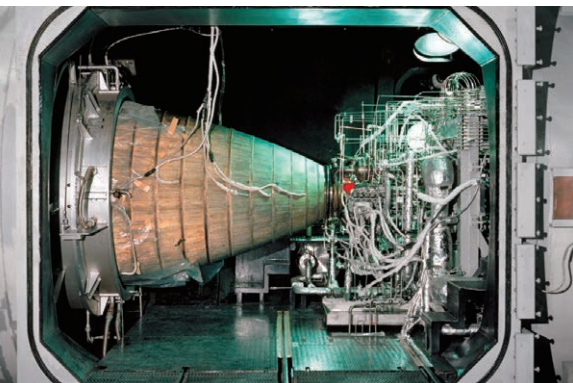
メータ受信アンテナ、光学追跡装置、破壊指令送信アンテナ、レーダ追尾アンテナなどです。

国産ロケットの開発と宇宙利用の本格化

N-Iロケットは1975年9月9日に初号機により、技術試験衛星1号「きく1号」を打ち上げました。1982年までに7機が打ち上げられましたが、静止衛星の打上げ能力が130kgしかなく、実利用の通信衛星、気象衛星、放送衛星を打ち上げることはできませんでした。このため、初号機打上げの翌年1976年から静止衛星打上げ能力を350kgに向上させたN-IIロケットの開発が進められました。このロケットはロケットの構



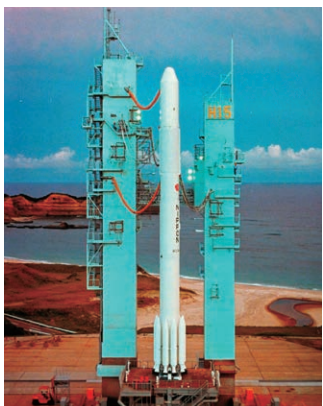
点検中のきく1号(※)



LE-5エンジン(※)



N-IIロケットの打上げ(※)



打上げ直前のH-Iロケット(※)



発射場の奥に見える2本の円筒型のタンクが液体水素貯蔵設備(※)

成、形状はN-Iロケットとほぼ同様でしたが、米国からデルタロケットの最新式の第2段と慣性誘導装置を輸入することになってしまいました。わが国のロケット技術がまだまだ未熟であったため、仕方なかったこととはいえ、すべて米国からの技術導入のロケットを打ち上げざるを得なかったことは、関係者にとっては忤怩たる思いであったに違いなかったでしょう。

このような中、N-IIロケットを打ち上げながら、日本独自の液体ロケットエンジン、誘導制御装置、ロケット上段に使う高性能な固体ロケットの研究開発が進められました。これが実を結び、1986年8月にはH-Iロケットの初号機が打ちがります。ロケットの第1段は従来と同じですが、第2段には米国に次いで日本独自に開発した液体水素と液体酸素の高性能エンジンLE-5と、独自の誘導制御装置、そして高性能な第3段固体ロケットを採用して、550kgの静止衛星を打ち上げることができるようになります。これによって、ようやく日本の技術による静止衛星を日本の技術によるロケットにより種子島から打ち上げることができるようになったのです。

H-Iロケットは1992年の9号機まで打ち上げられ、通信、気象、放送の実用静止衛星のみならず、地球観測衛星へ利用の範囲も広がっていきました。

中型ロケット射場には日本で初めて大規模の液体水素貯蔵設備、ロケットへの供給設備が整備されました。液体水素は最も高性能なロケット燃料ですが、マイナス253℃の極低温液体であり、空気中での爆発下限界濃度が4%と取り扱いが難しいものです。現在、水素はカーボンニュートラルの切り札として注目を集めていますが、必要となる液体水素利用技術は種子島のロケット打上げの中で培われ、一般用途にも安全に使用できるようになってきたもののです。

純国産大型ロケットH-IIの実現

当時、世界の宇宙利用は急速に進んでいました。

H-Iロケットの開発中には既に米国では1t級の静止通信衛星INTELSATが運用されており、日本電信電話公社(現NTT)では早急に2t級の衛星とそれを打ち上げる大型ロケットの実用化が必要であるとの声が上がっていました。また、日本のロケット技術の発展には米国からの技術導入が大いに貢献したことは間違いないのですが、一方で日本独自のロケット打上げ事業には制約も課せられていました。米国の制約外しと打上げ事業の拡大には、日本独自の技術による大型ロケット開発が必要だったのです。政府はH-Iロケットの完成を待たずに、1984年に2t級静止衛星を打ち上げる能力を持つ、純国産の技術によるH-IIロケットの開発を決定しました。そして、この大型ロケットを打ち上げる射場を、種子島宇宙センターの中型ロケット射場の東側に隣接する吉信地区に建設することも併せて決定しました。H-IIロケットはそれまでに開発してきた独自のロケット技術をさらに発展させた、最新技術による2段式のロケットです。第1段には液体水素・液体酸素を使った、当時米国スペースシャトルでしか実用化していなかった2段燃焼サイクルを採用した高性能のLE-7エンジンを新たに開発し、第2段にはH-Iロケットに開発中のLE-5エンジンの改良型であるLE-5Aと、打上げ時の大推力を受け持つ大型固体ロケットブースタ、最新の誘導制御装置、大型の人工衛星を収納する直径4mの衛星フェアリングを開発し、当時の世界の中でトップクラスの全長50m、直径4mの大型ロケットを目指すことになったのです。

ロケットの開発と並行して、1986年には吉信地区でH-IIロケットを打ち上げる大型ロケット発射場の建設工事に着手し、総工費約500億円をかけて1991年に完成しました。ロケットの大型化に伴い、組立棟も大型化することから、H-Iまでの組立棟が移動する方式が、発射台を移動する方式に変更されました。移動発射台上に組み立てられたロケットは、組立棟から約500m離れた射点に移動して打ち上げられることになりました。組立棟に隣接してロケットの発射管制棟が設けられ、ロケットの点検・打上げ管



純国産の技術によるH-IIロケット。1号機打上げ前夜(※)



発射管制棟 (※)



H-II ロケット 1 号機 打上げ (※)

級の静止衛星の打上げには固体ロケットブースタを4本にする増強型もラインナップに加えました。これらの多様なタイプのH-IIロケットを短期間で効率良く打上げるための設備の増強も行っています。大型の人工衛星を同時に2機整備できる能力を有する第2衛星組立棟、ロケット2機同時整備可能なロケット組立棟の増築、移動発射台2基、第2射点、既存の発射管制棟の地下12mに新発射管制棟の整備などを行いました。

2001年にH-IIAロケット試験機1号機を打上げ、順調に打上げ成功を重ねてきましたが、2003年の6号機は、残念ながらSRB-Aの1本の分離ができず、打上げは失敗しました。

その頃、日本、米国、ロシア、カナダ、欧州の15カ国が協力して、地上約400km上空に有人実験施設、国際宇宙ステーション（ISS）を建設していました。日本の分担は、日本実験棟「きぼう」の建設とISSへの物資補給船HTVにより必要な物資を運搬することが決まっていた。HTVは全長約10m、直径約4.4m、総重量16.5t（うち補給品約6t）の大型宇宙船であり、この打上げにはH-IIAロケットでは能力が足りず、1.5倍の能力を持つ大型のロケットが必要になったのです。このため、第1段は直径を5.2mとしてタンクを大型化して、LE-7Aエンジンを2基装備し、SRB-Aを4基装着することにより打上げ能力を強化したH-IIBロケットを開発し、併せてHTVの組立整備、物資の準備搭載を行う第2衛星フェアリング組立棟の増築、ロケット組立棟、移動発射台の改修などが行われました。H-IIBロケットは2009年9月に「こうのとりのり」1号機を搭載してISSに向けて打上げられ、2020年5月の「こうのとりのり」9号機の打上げまで、9機の打上げにすべて成功して、ISSにさまざまな物資を運び、国際協力に貢献して、その役割を終えています。今後はこの役割をH3ロケットが引き継ぐことになっています。H-IIAロケ

このような状況において、さらに日本のロケット技術を成熟させ、高い信頼性と競争力のあるコストを目指して、H-IIAロケットの開発に着手しました。

大塚薬報 2024 年 9 月号 (No.798) 13



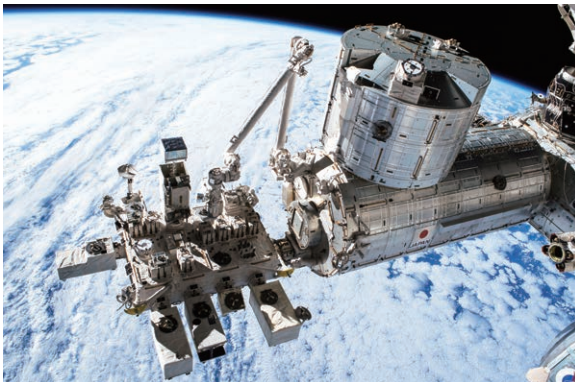
H-IIA ロケット試験機 1 号機の打上げ (※)



大型ロケット発射場 発射管制室 (※)



国際宇宙ステーション (写真提供: JAXA/NASA)



日本実験棟「きぼう」 (写真提供: JAXA/NASA)



「こうのとりのり」9 号機 (写真提供: JAXA/NASA)



H-IIB ロケット 2 号機打上げ (※)



「こうのとりのり」1 号機 (※)

ットは2024年度に50号機を最終号機として運用を終了して、H3ロケットにその役割を引き継ぐことになります。1機の打上げ失敗を経験したものの、50号機まで無事に打上げが成功すれば、H-IIAのみでは成功率98%、H-IIBを合わせても98%と、世界でもトップクラスの成功率を達成することになります。また、計画した打上げ日時に打上げるオンタイム打上げ実績においても世界一の実績です。

20年後を見据えたH3ロケット

H3ロケットは今後20年間を見据えて、日本のみならず、世界中のユーザーからさまざまなミッションに使われる大型ロケットとして、H-IIA、IIBロケットの後継が2014年から開発されてきました。全長約63m、直径約5.2m、第1段には新開発のLE-9エンジンを2あるいは3基使います。年間6機程度の打上げができるように、ロケット組み立て工程や、衛星のロケット搭載などの組み立て整備期間がH-IIAロケットの半分以下に短縮でき、またロケットは打上げの要求に応じて、4種類の形態から選べるような、ロケットや打上げ設備などの設計が行われています。

試験機1号機は2023年3月7日に先進光学衛星「だいち3号」を搭載して上げられましたが、残念ながら、H-Iロケット以来、長年にわたって高い信頼性の実績を持つ第2段エンジンLE-5B-3の不着火という事態により、失敗をしてしまいました。ロケットの打上げは待ったの利かない、一本勝負の世界です。何度も何度も繰り返し確認をして上げのですが、時として魔物が潜むことがあります。これまでもこのような惨事を経験しながら、歯を食いしばり、克服して、信頼性の高いロケットに仕上がってきました。H3ロケットの関係者の皆さんは今回の失敗を教訓として、より信頼性の高い、世界に誇



H3ロケットの開発担当者が心をひとつにしてゴールを目指すため、JAXA が作成したシンボルマーク (※)

れるロケットに仕上げてくれると思います。H3ロケットが種子島宇宙センターから上げられるまでの様子を見てみましょう。

ロケットの第1段、2段は愛知県の工場から、衛星フェアリングは兵庫県から船によって南種子町の島間港に陸揚げされます。その後、夜間に約20km離れた種子島宇宙センターまで約4時間をかけて運ばれていきます。ほぼ中間地点の^{かみなか}上中交差点では、ロケット運搬の大型コンテナを通過させるために信号機を90度回転させます。回転する信号機は国内で唯一であり、ニュースでもたびたび取り上げられています。

ロケット組立棟に到着すると、すぐにコンテナから機体を取り出して、移動発射台に第1段、2段と立てられます。移動発射台はH3ロケットのために新たに製作され、すべてのタイプのロケットをこの発射台から上げます。ロケットのタイプは積荷(ペイロード)の重さと投入軌道によって、第1段エンジン2基あるいは3基、固体ロケットブースタなし、2基あるいは4基の組み合わせの中から選択できるようになっています。また点検の自動化などにより、H-IIAロケットでは打上げまで2カ月要していたものを、1カ月以内に短縮してより多くの打上げが実施できるようになっています。

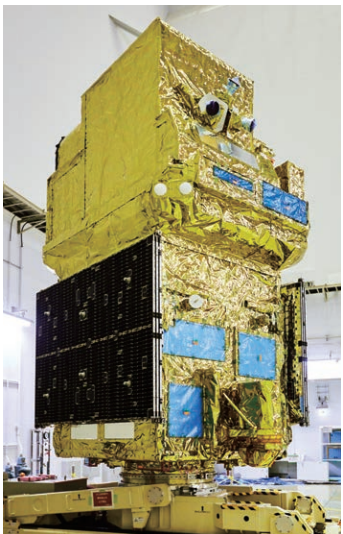
H3ロケットは打上げ前日には移動発射台により組立棟から約500m離れた発射点に移動して、推進薬の充填を行い、カウントダウン作業に入り、約3分前からは自動的にシーケンスが進められ、上げられます。



★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★



★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★



先進光学衛星「だいち 3 号」
（※）



島間港での陸揚げの様子（※）



組み立ての様子（H3 ロケット）（※）



夜間の H3 ロケット陸送運搬。大型コンテナを通過させるために信号機を 90 度回転させている。（写真提供：南種子町）

H3 ロケットによって大型の静止通信衛星、地球周回軌道の観測衛星、小型コンステレーション衛星の同時多数機打上げ、ISS への物資補給、月惑星探査など多種多様なミッションを遂行するとともに、世界の宇宙輸送ビジネスの一翼を担うことが期待されています。

将来の宇宙開発利用と 種子島宇宙センター

宇宙輸送の技術、ビジネスは急速に進歩しています。H3 の失敗を克服したら、世界に後れを取らないように次のステップに進む必要があるでしょう。まず H3 ロケットの再使用化です。このためには種子島宇宙センターはロケットの有人化を考慮する

と、保安距離を拡張する必要がありますが、宇宙センターの敷地を拡張することはなかなか難しいと思われます。この解決策としては海上へ発射場や着陸場を建設するなどすれば可能性が広がるのではないのでしょうか。将来はロケットを利用した 2 地点間弾道飛行によって 1 時間以内に地球上のどこへでも行けるような時代が来ると予想されていますが、この時には種子島宇宙センターはスペースポートとして日本の玄関口となることも夢ではないと思います。

（※）／写真提供：JAXA

遠藤 守（えんどう まもる）／1951 年鳥取県米子市生まれ。名古屋大学大学院工学研究科修士課程（航空工学専攻）後、1976 年 4 月宇宙開発事業団（NASDA）入社、種子島宇宙センターで H-I、H-II、H-IIA、H-IIB ロケットの開発などに従事。2010 年 4 月宇宙航空研究開発機構（JAXA）理事・宇宙輸送ミッション本部長に就任。2015 年 4 月副理事長に就任。2018 年 3 月 JAXA 退職後、公益財団法人日本宇宙少年団専務理事、スペースワン株式会社取締役就任、現在に至る。