

## ■ 論 説 ■

## 純国産H-IIロケット打ち上げの意義

Successful Launch &amp; Future Activities of H-II Rocket

柴 藤 羊 二\*

Yoji Shibato



## 1. はじめに

10年以上の歳月をかけ、全段を国産開発した大型のH-IIロケットの1号機が、1994年2月4日に宇宙開発事業団の種子島宇宙センターから打ち上げられ、2つの人工衛星がそれぞれ異なる軌道に投入された。1つは、ロケットの性能を確認するための衛星（VEP）を静止トランスファ軌道に、また、もう1つは日本の小型シャトル「ホープ」の開発に必要なデータを得るための軌道再突入実験機「OREX」は低軌道に打ち上げられた。OREXは、地球を一周した後に種子島上空で再突入させて、太平洋上に着水した。

このH-IIロケットは、米国、欧州や旧ソ連のロケットなどと肩を並べる宇宙輸送手段であり、このロケットの完成により、これまでの、わが国の気象・地球観測、通信・放送衛星のような宇宙の位置の利用がさらに拡大し、また、微小重力環境での新材料や医薬品などの創製の場としての利用、および本格的な月・惑星探査などへと進み、日本の宇宙開発の発展に大きく貢献すると同時に、国際的にも大きな活躍が期待されている。

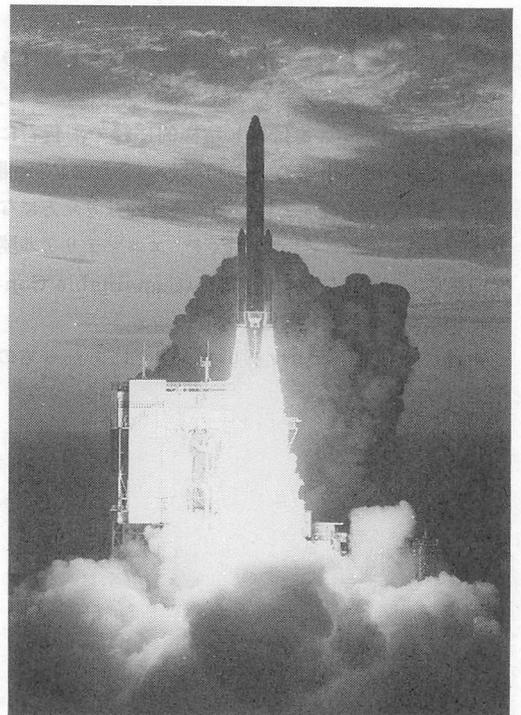
現在地球上では、自然環境の破壊、資源・エネルギーの枯渇など、将来、人類の生活を脅かす問題が生じ始めている。宇宙空間の利用を進めることにより、人類の活動領域を宇宙へ拡大し、将来は、資源・エネルギーの新たな供給の場として開拓され、人類が直面している種々の問題を解決する一つの道になるのではないかと、期待されている。

## 2. H-IIロケットの開発までの経緯

宇宙開発事業団は、実用衛星を打ち上げるため、大型液体ロケットの開発を進めてきた。N-1ロケット

は、わが国初の本格的な実用ロケットであり、1975年から1982年まで7個の実用衛星を打ち上げた。N-1ロケットは、米国のデルタロケットの技術を導入して開発され、第1、第2段が液体ロケット、第3段が固体ロケットの3段式の構成で、電波導入方式により、130kg 静止衛星を打ち上げる能力があった。

N-2ロケットは、N-1ロケットに改良を加えて、静止衛星の打ち上げ能力を350kgに向上させたものであり、1981年から1987年まで通信衛星、放送衛星および気象衛星「ひまわり」など8個の実用衛星の打ち上げに使われた。このロケットは、極めて高い信頼性をもっていたが、慣性誘導装置など新しい技術の導入については、設計・製造ノウハウの開示されない、いわ



H-IIロケット1号機打ち上げの瞬間  
(1994.2.4)

\*宇宙開発事業団 輸送システム本部エンジングループ部長  
〒105 東京都港区浜松町1-29-6 浜松町セントラルビル

ゆる「ブラックボックス」扱いのものもあった。

N-1, N-2 ロケットによって、実用衛星にとって最も利用性の高い静止衛星打ち上げ能力を持ったロケットが、米国から技術導入によって比較的早く開発され、我が国の宇宙利用を促進するのに大きな役割を果たした。

H-1 ロケットの開発は、静止衛星打ち上げ能力を550kg まで向上させると同時に、これまで米国からの技術導入に依存してきたロケットの技術で重要なものについて、国産技術を育てることであった。しかし、第1段は、スケジュール、信頼性、開発リスクなどの観点から、日本で打ち上げの実績があるN-2 ロケットの第1段をそのまま使用し、国内開発するものとして、液体酸素・液体水素の高性能なLE-5 エンジンを使う第2段、人工衛星を正確な軌道に投入する慣性誘導システム、および第3段固体ロケットが選定された。

第2段のLE-5 エンジンは、現用の上段エンジンとして世界のトップクラスの性能を持つとともに、液体酸素・液体水素エンジンでは非常に難しい「再着火」機能を持っている。この再着火機能はH-II ロケットにも利用されている。H-1 ロケットは、1986年に1号機が打ち上げられ、その後、1992年まで通信衛星、放送衛星、気象観測および地球観測衛星などの実用衛星の打ち上げに活躍した。H-1 ロケットの最終号機は、1992年2月に打ち上げられ、9機すべてが成功した。N-1 から数えると24機全部が連続して打ち上げに成功したことになる。

H-II ロケットは、H-1 ロケットの後続機として、2トン級静止衛星の打ち上げに対処するロケットとして、また、外国からの制約なく自在にわが国の宇宙開発を進めるため、1984年から開発が始められた純国産の大型ロケットである。H-II ロケット計画の立案に当たり、2トン級静止衛星をはじめとする多様なミッションへの対応、H-1 ロケットまでの高信頼性の継続、世界のロケットと経済的に対抗できること、21世紀の宇宙開発を支えるための発展性、柔軟性を備えるなどを設計の指針とした。

### 3. H-II ロケットの特徴

H-II ロケットは、これまでに開発された技術をできるだけ利用し、シンプルな構成にして開発費と衛星打ち上げ費用を少なくすると同時に、打ち上げ失敗の少ない信頼性の高いものとなることを目標とした。H

-II ロケットは、直径4m、全長49.9m、発射時の重量は264トンの世界初の1, 2段ともに液体水素・液体酸素の2段式ロケットで、飛行初期の加速のためにわが国では実績が豊富にある固体ロケットを2本取り付けてある。

H-II ロケットの第1段には推力110トンのLE-7 エンジン1基が使われている。第1段エンジンを1基にしたのは、LE-7 エンジンを開発するだけでもスケジュールがきびしく、2~4基束ねるのには、必要な技術試験も多くなり、さらに長い開発期間を要するためであった。このため、第1段の推力を増強させるために、大型の固体ロケット2本が第1段機体の両わきに取り付けられている。この固体ロケットを使うことで、第1段を小型化することができ、開発費を少なくすることができた。

H-II ロケットの第2段のLE-5A エンジンは、H-1 ロケットの第2段LE-5 エンジンをよりシンプルな方式に改良し、併せて推力を10.5トンから12.4トンに向上させている。LE-5A エンジンは、簡素化されたことで、信頼性が向上すると同時にコストの低減化も実現できた。H-II ロケットは、基本的には2段式の構成であり、H-1 ロケットの第3段固体ロケットの役割を、2段を2回燃焼させる「再着火方式」によって段数を減小させている。

H-II ロケットは、多様な衛星打ち上げに対応できるが、ここで2号機で打ち上げる2トン級の静止衛星打ち上げシーケンスについて述べている。H-II ロケットは、LE-7 の作動が正常であることを確認した後で、2基の固体ロケットが点火して、種々宇宙センターから垂直に発射される。あらかじめ設定したプログラムに従って機体を徐々に東に傾けながら、上昇して行く。2基の固体ロケットは、発射後約95秒間燃焼した後、すぐに第1段から分離される。その後、LE-7 エンジンのみによる推力飛行を続け、高度約80kmの空気力の影響が小さくなる時から誘導を開始する。高度約140kmで衛星フェアリングを分離した後、第1段の燃焼が停止し、第1段が第2段から切り離される。続いて第2段のLE-5A エンジンの燃焼より、さらに高度と速度を増して、高度約250kmの円軌道に投入された時にLE-5A エンジンの第1回目の燃焼が終了する。

第2段と衛星は慣性飛行を続けながら、静止トランスファ軌道に移るための姿勢変更を行う。赤道上空に達した所で、LE-5A エンジンの再着火によって、さ

らに加速させ静止トランスファ軌道に投入される。その後、第2段から衛星をきり離して、H-IIロケットの役目が完了する。衛星は、静止トランスファ軌道の最高点で衛星に内蔵した液体ロケットに点火することによって、静止軌道に投入される。

H-IIロケットは、静止軌道に2トンの衛星の打ち上げができ、この能力は、欧州、米国および旧ソ連のロケットとほぼ同じとなる。宇宙ステーションなどの低高度軌道には約10トンの荷物を運ぶことができ、月には3トン、金星や火星ならば2トンの探査機を打ち上げることができ、本格的な惑星探査も実施可能となった。H-IIロケットと同じような能力をもった他の国のロケットと比べると、発射時のロケットの重量が、半分以下となる。これは、第1段と第2段ロケットに液体酸素と液体水素の高性能なエンジンを使っているためである。

H-IIロケットは、衛星の軌道への投入精度が格段に向上されている。この理由は、2段に搭載されている誘導制御システムに、リングレーザ・ジャイロを使用した最新式の慣性誘導方式を採用したこと、および第2段液体ロケットの再着火で静止トランスファ軌道に投入したことによるものである。ちなみに、1号機で打ち上げた性能確認用衛星の軌道精度は、遠地点高度誤差が35km、近地点高度誤差0.9km、軌道傾斜角誤差0.006度であり、H-Iロケット10分の1以下という非常に高い精度で投入された。

打ち上げコストに関しては、当時の米欧の打ち上げコスト以下を目標にして、開発を進め所期の目標達成に成功している。ただし、ドルレートが、現時点では大幅に下がってしまったため、ドル換算でみるとH-IIロケットがコスト高となってしまった。今後、宇宙開発を効率的に進めるためには、輸送費の削減はどうしても必要なことであり、欧米並のコストにする必要がある。H-IIロケットは、シンプルな構成であり、しかも総重量は欧米のロケットの半分以下であり、コストもそれらより下がる要素をもっており、現在のコストの見直しも強力に進められている。

#### 4. H-IIロケットの今後の打ち上げ計画

H-IIロケット1号機の当初の打ち上げは1992年1、2月を予定していたが、LE-7エンジンの開発が難航したことにより、2年遅れとなった。H-IIロケットの1号機では、1994年2月4日に、ロケット性能を確認するための衛星(VEP)とホープの開発に必要と

なるデータを得るための軌道再突入実験機「OREX」を打ち上げた。第2段の第1回の燃焼終了で、低軌道に投入されたとき、オレックスが分離された。赤道上の第2回目の第2段の燃焼後に、VEPが切り離されて静止トランスファ軌道に投入された。その後、衛星に搭載された機器により、H-IIロケットが正常な軌道に衛星を投入したことが確認された。また、前に切り離されたオレックスは、地球を一周した後、種子島上空当たりで、小型ロケットを逆噴射し大気圏に再突入して、太平洋上にパラシュートで緩降下した。再突入から着水まで、地上と船のテレメータ受信局でデータを受信し、全て正常に作動したことが確認され、ホープの開発に必要なデータも得ることが出来た。

1994年8月には2号機で2トン級の静止衛星である技術試験衛星(ETS-VI)を打ち上げる。すでに通信衛星は、テレビや国際電話、データ通信などの宇宙空間における中継基地として活躍している。また、新しいメディアの登場やコンピュータによる情報化の進展で、衛星を利用した通信の社会的需要は年々高まってきている。ETS-VI型は、こうした将来の需要の増大に対応できる、2トン級の大型衛星の開発に必要な技術を確立するためのものである。さらに、将来の衛星通信で必要となるさまざまな周波数帯における通信や、地上との通信だけでなく、衛星間通信といった高度な衛星通信の技術開発も目的としている。

1995年の冬期には、3号機でひまわり5号と宇宙実験観測フリーフライヤ(SFU)を異なった軌道に同時に打ち上げる。ひまわり5号は静止軌道で、SFUは高度400kmの円軌道である。異なった軌道への打ち上げ方式については、すでに1号機で確立されている。ひまわり5号は、現在使われているひまわり4号の後続機として打ち上げられるものであり、気象業務のほかに船舶の捜査救難活動に利用する実験が追加される。SFUは、宇宙開発事業団、宇宙科学研究所および通商産業省との共同プロジェクトとして開発されている。回収・再利用可能な宇宙実験・観測システムである。打ち上げ後6か月間軌道上で運用したのち、スペースシャトルで回収される。今回は、宇宙開発事業団が宇宙ステーションで採用する技術の検証、宇宙科学研究所が将来宇宙で必要となる各種の実験、生物学実験および天体観測、また通商産業省が半導体の結晶成長実験などをおこなう。

4号機で最新の地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS)を、1996年冬期に打ち上げる。ADEOS

は、地球環境のグローバルな変化の監視について国際的貢献を図るとともに、将来型衛星の開発に必要とされるプラットフォーム技術などの開発を目的とした地球観測衛星である。ADEOSは、海域と陸域を高精度・高分解能な観測を目的とした宇宙開発事業団の2つのセンサを搭載するとともに、国内外の6種の公募センサを搭載し、海洋気象、大気中のオゾン、室温効果ガスなどの観測に威力を発揮することが期待されている。

5号機で通信放送技術衛星を、1997年冬期に打ち上げる。通信放送技術衛星は、静止軌道に配置された中継衛星を経由して、低高度の周回軌道にある観測衛星や宇宙ステーションなどと地球局間の通信を中継する衛星間通信技術の開発、広帯域の地域別放送、高精細度テレビジョン放送などの技術開発、地上の移動局間で直接通信する技術を開発およびそれらの実証実験を目的としている。

6号機でNASAと共同開発する熱帯降雨観測衛星(TRMM)とランデブ・ドッキングやロボット技術開発のための技術試験衛星を打ち上げる。熱帯降雨観測衛星は、地球規模の気候変動の解明や環境変化のモニタに重要な熱帯地域の降雨強度やその分布に関するデータを取得して、地球を診断しようとしているものである。この衛星計画は、日米共同プロジェクトとして、宇宙開発事業団がH-IIロケットによる打ち上げおよび降雨レーダの開発を通信総合研究所と共同して担当し、NASAが衛星本体の開発と降雨レーダ以外の観測機器の開発を担当するひとで進められている。

その後も、継続して、技術試験衛星、地球観測衛星、環境観測衛星やホープ実験機などを打ち上げることになる。

## 5. 将来計画

H-IIロケットは、計画段階から打ち上げ能力の向上を考慮して設計されており、固体補助ロケットの増加や液体補助ロケットの採用などで2~3倍の打ち上げ能力を向上することもできる。また、H-IIロケットは、各種の人工衛星の打ち上げだけでなく、宇宙ステーションへの補給、月周回探査機・月着陸船や惑星探査機の打ち上げにも利用される。もちろん、日本の小型シャトル「ホープ」の打ち上げも可能になる。このように、H-IIロケットは、日本の宇宙開発を促進するだけでなく、地球観測、地球監視、宇宙環境利用、月・惑星探査など国際的にも大きな貢献をしようとしているものである。

宇宙開発事業団は、わが国の必要とする宇宙開発を進めると同時に、宇宙の利用の促進を図る研究開発を主体とした機関である。国の政策で、宇宙開発事業団が開発した成果を、事業団が使用するだけでなく民間企業に移転して有効に活用することも、国の予算を効率的に生かすために重要なことである。宇宙開発委員会が1989年に作られた、宇宙開発政策大綱の中で、民間への技術移転の促進がうたわれている。それを受けて、1990年に科学技術庁において宇宙技術の民間移転の指針が定められた。将来、この政策に従ってH-IIロケットが民間に移転できれば、宇宙開発事業団では実施しない、民間衛星の打ち上げにも利用されることになる。

H-IIロケットの完成により、我が国も月・火星探査への道が開かれたことになった。本ロケットは月や火星に数トンもの探査機を送ることが可能となり、月・火星の軌道からの探査をするだけでなく、軟着陸して直接調べることができるし、月から土壌や岩石を地球に持ち帰ることもできる。また、H-IIロケットの発展型を使えば火星からもサンプルを持ち帰ることもできる。さらに、H-IIロケットの発展型やホープの開発を通して得られる多くの貴重な技術は、21世紀に人類が活動する場所を宇宙へ広げて行くために、必要となる将来の宇宙輸送システムである宇宙飛行機(スペースプレーン)や惑星間輸送機などの開発につながって行くことになる。

現在、日・米・欧・カナダが協力して、国際宇宙ステーションの建設を進めているが、これらのあとには、月面有人基地の建設から火星の有人探査が実現されていくことになる。人類は過去に新大陸を求めて来たと同様に、宇宙は海洋に続く人類の新しい開拓地であり、21世紀には、月・惑星へと必要な活動領域を求めて、人類の活動が展開されることになる。

## 6. おわりに

人類は、生活の向上を目指して、科学技術を発展させ、社会構造の変革をもたらしてきた。一方、社会活動の拡大にともない、環境破壊に象徴される全地球的規模の環境変化を生み出していることも事実である。例えば、自然環境の破壊、大気中の炭酸ガス増加による温室効果、オゾン層の破壊、あるいは資源・エネルギーの枯渇など、将来、人類の生活を脅かす問題が生じ始めている。しかし、今日、科学技術の発展なくして社会の維持は不可能なところまで来ている。従って、

人類の英知と力を集結して、このような弊害の生じない、安全な生活環境とバランスのとれた科学技術の拡大を図ることが今後の課題であろう。

このような状況にあって、宇宙開発への期待は、大きなものになってきている。宇宙開発は、本質的に人類の活動領域を、地球からより離れた空間に拡大するものであり、この点において従来の科学技術の枠を越える特異性を持っている。すなわち、従来の地球上だけで科学技術の発展を続けて行くには、いまや地球上は狭すぎるのである。宇宙開発は、この本質的特徴を生かして、科学技術の発展を進め、人類に安全でより豊かな生活環境をつくることに貢献するものである。

宇宙空間の利用について、これまでの、気象・地球観測、通信、放送衛星のような位置の利用から、無重力環境での新材料や医薬品などの創製の場として利用が進み、宇宙空間は、極めて魅力ある場といえよう。宇宙には豊富な太陽エネルギーがあり、資源は月や惑星から得ることができるので、これらを利用することによって、地球を美しいオアシスとして残すだけでな

く、人類が地球以外の宇宙に移住することも可能である。このように、宇宙空間は人類が新しい活動を展開するのに、極めて適した場所であるといえよう。

宇宙空間は、21世紀の人類共通の開拓地として、各国で協力して、その推進に積極的に取り組む必要がある。特に資源・エネルギーを自給できないわが国は、科学技術力を育て経済大国に成長してきたが、今後は、さらにこれらの技術力を駆使し、人類の将来のために豊かな社会を創ることに、貢献するべきであると思われる。このような時期に、H-IIロケットが完成したことは、これからの本格的な宇宙開発を進めるための大きな推進力となり、非常に意義深いことである。このH-IIロケットの完成を出発点として、種々の宇宙開発活動を展開し、将来、人類の活動領域を宇宙に展開させることも可能となってきた。人類の活動領域を宇宙へ拡大することが、現在、地球上で進行している環境破壊、資源・エネルギー問題などを解決する一つの道ではないかと思われる。

### 協賛行事ごあんない

## 「第18回触媒燃焼に関するシンポジウム」について

<主催> 触媒燃焼研究会, 触媒学会  
 <協賛> 日本化学会, 日本セラミックス協会他  
 <日時> 平成6年10月28日(金) 13:30~17:00  
 <会場> 日本化学会化学会館  
 (東京都千代田区神田駿河台1-5)

<参加費> 会員 5,000円, 学生 1,000円,  
 非会員 8,000円(資料代含む)  
 <連絡先> 九州大学大学院総合理工学研究科  
 材料開発工学専攻 荒井 弘通  
 Tel 092-573-9611  
 Fax 092-573-0342