



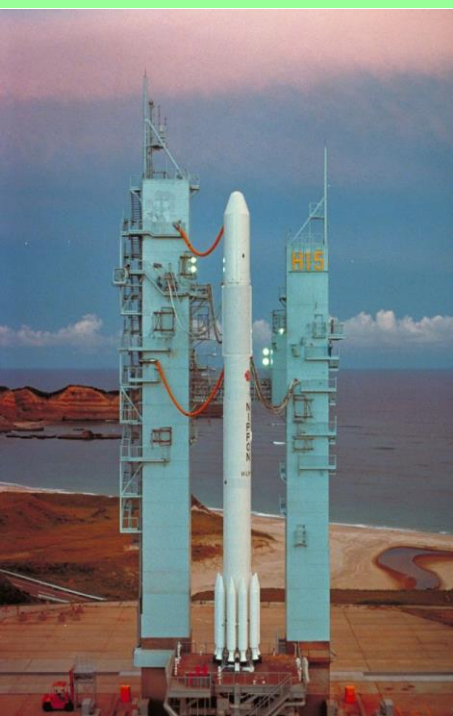
H-I ロケット
打上げ

30

周年
記念企画

～未来につながるロケットの原点

H-I ロケット～



宇宙航空研究開発機構
種子島宇宙センター





～目次～

i . H-I ロケット打上げ30周年企画展によせて

JAXA 副理事長 遠藤 守

JAXA 理事 山本 静夫

三菱重工業(株) OB NASDA 山崎 勲

ii . H-I ロケットへの思い

JAXA OB・JAXA

三菱重工業(株) OB

旧日産自動車(株) OB

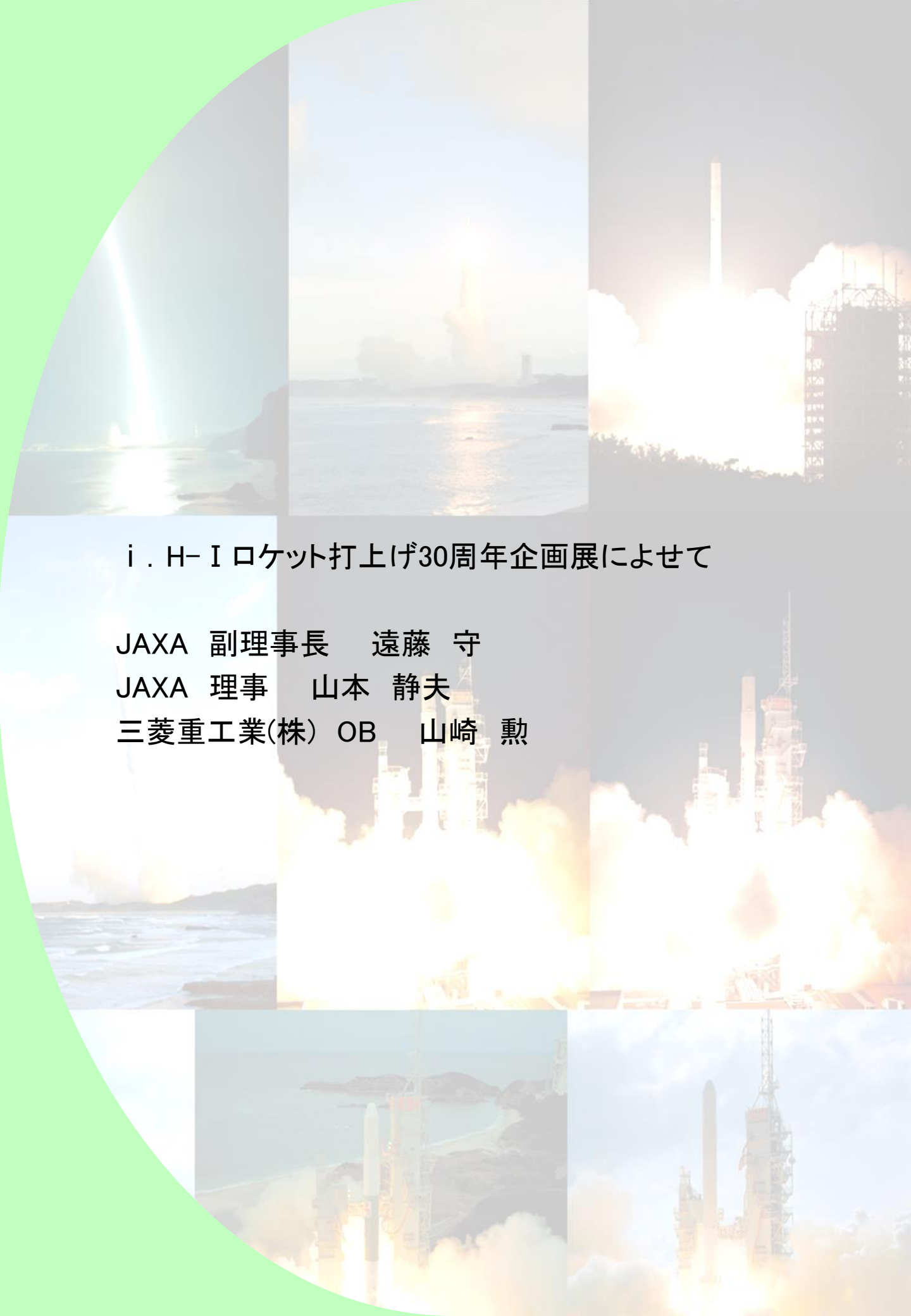
日本電気(株) OB

iii . H-I ロケット打上げ30周年記念企画展の様子

～＜開催場所＞種子島宇宙センター

宇宙科学技術館～

iv . あとがき



i . H-I ロケット打上げ30周年企画展によせて

JAXA 副理事長 遠藤 守

JAXA 理事 山本 静夫

三菱重工業(株) OB 山崎 勲

H-I ロケット打上げ30年にあたって



H-I ロケット試験機1号機が1986年8月13日に打ち上げられてから30年になります。種子島宇宙センター宇宙科学技術館ではこれを記念して、パネルや写真を中心に特別展示を行うことになりました。当時の開発担当者の思い出、メッセージも併せてご覧いただけます。

H-I ロケットは種子島宇宙センターから打ち上げられた人工衛星打上げロケットとしては3代目のロケットです。これ以前には

N-I、N-II ロケットが打ち上げられていたのですが、H-I ロケットにはそれまでとは大きな違いがありました。Nロケットは我が国における実用衛星打上げをいち早く開始するために米国のロケット技術を導入した、技術導入ロケットでした。Nロケットの打上げと並行して、将来への発展性のある我が国独自の最新技術を盛り込んだ、より高性能なH-I ロケットの研究開発を始めたのです。一つ目の挑戦は液体酸素・液体水素を用いた第2段エンジンLE-5です。これは当時米国しか実用化していなかった高性能なロケットエンジンであり、その後の大型液体酸素・水素エンジンへと発展していきました。二つ目は慣性誘導装置です。人工衛星を正確に予定の軌道に乗せることは衛星の寿命や利用に直接影響します。ロケットの飛行中の誘導制御にわずかの誤差があっても、3万6千キロメートルの静止衛星軌道では大きなずれとなってしまうため、超高精度が求められますし、地球から遠く離れても、正確な誘導制御をするためにはロケット自身が速度、位置を計算して、自律的に飛行を続ける能力が必要です。この慣性誘導装置はロケットの頭脳と言えるものであり、この後更に高精度・高信頼性を達成してロケットの高性能化に寄与しています。三つ目は固体ロケットです。固体ロケットは推進剤を予めロケット外筒の中に充填してあるため、点火の操作が簡単で、大きな推進力を発生できる点が利点なのですが、外筒は高い圧力に耐えるために重くなり、推進力の調整が難しく、事前に性能の確認はできないという欠点もあります。このため、固体ロケットの品質・信頼性を高め、軽量化する取り組みが行われました。この技術は現在の大型固体ブースタの実現に寄与しています。

このように、H-I ロケットはそのあとに続く純国産大型ロケットH-II ロケットへと繋がりを、更には高い信頼性を誇る現在の基幹ロケットH-II Aへ発展し、そして将来のH3ロケットへと向かう原点となったと言えます。

この展示をご覧になり、多くの技術者たちの弛まぬ努力により日本のロケットを短い期間で米国、ロシアと肩を並べるまでに発展させてきた様子を実感していただけたら幸いです。これからも日本の宇宙開発と種子島宇宙センターの活動に応援をお願いします。

H-I ロケット初号機打ち上げ30周年を迎えて



H-I ロケット初号機打ち上げから30年となる記念の年を迎え、開発や打ち上げに係ったNASDA/JAXA内外の関係者の皆さんに対し、敬意と祝意を表したいと思います。私自身、平成27年度から、第一宇宙技術部門の長として衛星系に加えて初めて輸送系も担当することとなったばかりで、輸送系の歴史を語る資格はありませんが、この30周年記念を皆様と一緒に祝うことができ、大変うれしく思います。

H-I ロケットは、1986年8月に「あじさい」を打ち上げた初号機から92年2月の「ふよう1号」まで、9機の打ち上げを完遂し、我が国のロケット開発に重要な礎を築いたことは、宇宙に携わった私としても、理解しているところです。

言うまでもなく、技術的には、第二段エンジンや慣性誘導装置などの重要技術の国産化に成功し、また、利用面でも80年代後半の我が国の衛星打ち上げ需要に対応できたことなど、我が国の大型液体ロケット技術発展にとって、大変重要な役割を果たしたのだと思います。

当時私は地球観測に従事していて、各国が競ってリモートセンシング衛星の開発に乗り出していた時代でした。地球観測衛星(MOS-1b)や地球資源衛星1号(JERS-1)の打ち上げに用いられたH-Iロケットも記憶に残るものでした。特に、JERS-1の打ち上げ時には、地球観測プログラムの立場ではありましたが、種子島にてH-I 9号機による打ち上げを見守りました。

現在JAXAでは、2020年度の初号機打ち上げを目指して、H3ロケットの開発が進められています。世界の輸送サービス分野の競争も激化し、更なる信頼性と低コスト化が求められる中、H-I、H-II、H-II A/B等の経験を集大成したH3ロケットが、イプシロンロケットとともに、新たな時代を切り開くことでしょう。H-I初号機打ち上げ30周年を祝うとともに、宇宙活動を牽引する輸送系の更なる発展を願うところです。

H-I ロケット初号機打ち上げ30周年記念に寄せて



2号機打ち上げ時
(要員控室前)

もうあれから30年経ったのかと感無量です。第2段推進系の設計課長なったばかりで責任の重さを感じていましたが、30歳から40代初めまでの働き盛りの10年余り、懸命に打ち込んできた成果が今日試されるということで、大変緊張してブロックハウスに詰めていました。打ち上げ後10分余り、第2段初回燃焼が終了した時点で拍手が耳に入りましたが、僕はとてもその気になれず45分コース後の再着火を待ちました。長かった。そして再着火、無事燃焼終了を聞いたとき、思わず涙したのを思い出します。

H-I の開発開始は1977年ということですが、実際には米国の技術援助で開発したN-I ロケット初号機打ち上げ(1975年9月9日)の2-3年前から予備的研究が始まり、当社長崎研究所に液体水素製造設備も有する実験棟が建てられて、シールやバルブの基礎試験、ウレタンフォーム断熱の小型タンク試験などが行われ、田代試験場では小型エンジン燃焼器の燃焼試験まで行って、独自開発可能のめど付けができていました。これまで含めると打ち上げまで15年かかった本格的開発であった、と言えるでしょう。

1970年から始められた、米国技術援助によるN-I ロケットの開発があったことがH-I 独自開発成功の裏にあることを忘れてはならないと思います。第1段はライセンス生産ですが第2段は米国人技術者に指導を受けつつ、当時のデルタロケットより少し大きい第2段を新設計で開発する、というもので、部品レベル、サブシステム、システムと、逐次試験による確認をしながら進める米国流の開発方式、デザインフィロソフィーなども学ぶことができたのは貴重な経験でした。僕はその第2段推進系の開発をやらせてもえて大変幸運でした。

1975年9月のN-I 初号機打ち上げから帰ってくると、上司から、「これからはH-I 開発に全力を注ぐように。」と言われ、苦闘の開始。ヨーロッパのアリアンの液水ステージは再着火無し(未だにやっていない)、米国液水ロケット・セントールは4号機、8号機で再着火失敗、9号機で残液量25%で成功。サターン第3段は最初から成功だが残液量70%のこと。それに対しH-I では残液量5%くらいで45分コース後に再着火することにしたいとNASDAにいわれ、大いに悩みました。少残液量ではコース中に蒸発したり、再着火時にガスを吸い込む恐れがあり、対策がすぐ思いつかなかったからです。結局残液量10%強でチャレンジすることに決まり、地上でできる試験はできる限りやることになって、タンク熱特性試験設備で液温上昇、蒸発量、各部品温度変化の確認、模型落下試験で無重力下での液面落ち込み確認、真空中液水放出試験(予冷放出液が固体水素となって噴射されるが、その範囲の確認)、等々可能な試験はすべてやった。米国技術援助で学んだ実証主義が尊重されたのです。再着火前のエンジン予冷も苦労でした。厚肉タンク燃焼試験でうまくいかず、液水ポンプ各部に温度センサーを取り付けて熱真空層で試験した結果、温度を一定以上に上げないようコース中に間欠予冷することで解決のめどが立ちました。



BFT燃焼試験
(筆者 右側)



フライト1号機 実機燃焼試験

新しいH3ロケットの開発が始まって、若い技術者たちが心血を注いで頑張っておられますが、20年くらい先も見据えて、新技術にも果敢にチャレンジして、世界に誇れるロケットができることを大いに期待しています。蛇足かもしれませんが、Nロケットで米国から学び、H-I ロケットで実践された、実証主義に基づく開発フィロソフィーを尊重して進められ、成功を収められることを切に願っております。

勿論、わが国では初めての難しい液体水素ロケットを、技術援助は一切なしで開発するというので、乗り越えるべき技術課題が山積でしたが、再着火が無ければ半分くらい楽になるだろうになあ、と自分では感じていました。しかし我慢して皆で知恵を出し合いながら困難を乗り越え、世界で初めて最初から再着火に成功して、再着火技術を得ることができたことは、単にH-I にとって良かったというだけでなく、その後続くH-II、H-II A、Bロケットを、再着火により第3段の役目を果たさせることで、より低コストの2段式とすることに繋がり、大変意義深いことであったと思います。昨年のH-II A29号機では、4時間もコースとして3回目の着火に成功し、ますますH-II Aの利用範囲が広がると期待されます。

ii . H-I ロケットへの思い

JAXA 執行役 布野 泰広

JAXA OB (元NASDA理事) 十亀 英司

JAXA OB コスモテック代表取締役社長 虎野 吉彦

JAXA OB 長崎 守高

JAXA 衛星利用運用センター 伊藤 道夫

JAXA チーフエンジニア室 勝田 秀明

JAXA 打上安全評価ユニット 鳥井 義弘

JAXA チーフエンジニア室 中村富久

JAXA OB 兵藤 幸夫

JAXA OB 打上安全評価ユニット 江口 昭裕

JAXA 広報部 佐々木 一義

H-I ロケットの思い出とH3ロケットへの思い

種子島宇宙センターの藤田所長から送られてきたH-I ロケットTF#1のY-0射場発射整備作業デイリー作業計画表をみると、SOBのシングルポイントアーミングのNTCに私の名前が載っておりました。古い写真アルバムをひっくり返してみると、86年8月12日、即ち打上前日の日付の入ったH-I の前で撮った写真が出てきました。セキュリティが厳しくなった今では考えられないことですが、昔はおおらかだったんだなとつくづく思います。火工品係を担当しており、シングルポイントアーミングを終えると用済み要員で、おそらく右の写真はタスクが終わった際に撮ってもらったものと思います。



当時入社5年目で、H-I に搭載する3段モータや550kg級静止衛星用アポジモータの開発を担当していました。3段モータの開発では、開発の終盤、角田ロケット開発センターでの高空燃焼試験でノズルが抜けるという大きな不具合も経験しました。計測室でノズル周りのデータがすべて異常値を示しているのに信じられなくて、低圧室に駆けつけノズルを確認した時、残っていると思われたノズルが低圧室開放とともに真っ黒な煤が晴れてノズルがついていないと分かった時の衝撃は、いまでも忘れることはできません。

そもそもロケット開発をやりたくてNASDA(現JAXA)に入社した当初、計画管理部で輸送系の将来計画を担当し、H-II ロケットの政策的な立上げの仕事をさせてもらいました。その後固体モータ開発を経て、H-II ロケットでTR-Iを担当したのち、しばらく輸送系を離れましたが、H-II Aの民間移行以降、H-II B、イプシロン、H-II A高度化の開発に関与し、現在はH3をはじめロケット開発をリードする立場になりました。H3は、先輩方が切り拓いてくださったロケット国産化の集大成となるものです。H-I で開発した液体水素/液体酸素エンジン、慣性誘導装置等のキー技術が、H-II、H-II A、H-II B、H-II A高度化と発展し連綿として引継がれH3につながっています。H-I から、大幅な打上能力を向上させた純国産のH-II、信頼性向上をさせたH-II A、国際宇宙ステーションへの物資補給船「こうのとり」を打上げるH-II B、初の静止商業衛星の打上げで実証したロングコースト機能を装備したH-II A高度化につながり、H-II A、Bロケットの打ち上げ成功率は97.1%と世界水準に達し、過去5年のオンタイム打ち上げ率は93.3%と世界水準を大きく凌駕するまでになりました。H-I を打上げてから30年間に、私たちは3度打ち上げに失敗しましたが、非常に多くのことを学びました。これらの開発、運用を通じて学んだことすべてをH3開発に生かし、H-I から始まった国産ロケットの集大成として、H3を世界で戦えるロケットに、仕上げていきたいと思えます。

JAXA 執行役
布野 泰広

H-I ロケットの思い出

宇宙開発事業団(NASDA)が米国の技術を利用して急ぎ開発したN-I ロケットの打ち上げが始まり、その後継機としてN-II ロケットが開発されていた昭和50年代の初めごろ、ロケット関係者が抱いていた夢の一つが、高性能でクリーンな液体酸素・水素エンジンを自前の技術で開発することであった。実用例の一つとして考えられていたのが、N-II ロケットの第2段を液体酸素・水素ステージに置き換える案である。H-I ロケットの原型といえるもので、第2段の高性能化に加え、第3段の固体モータを大型化すれば、人工衛星の打上げ能力を大幅に向上することができる。

航空宇宙技術研究所(NAL)、宇宙科学研究所(ISAS)とNASDAで液体酸素・水素エンジンの研究が細々と続けられていた。これらの三機関は後に宇宙航空研究開発機構(JAXA)として統合されるが、当時は独立しており、お互いに張り合っていた。共通した悩みは十分な予算が確保できないことで、実用的なサイズのエンジンを試作し、試験をするには多額の資金が必要になる。目標とするロケットの全体仕様を定め、開発計画が認められれば、予算が付いてくる。ところが、エンジンにタンク系を加えた液体酸素・水素推進系などの技術実績はほとんどなく、一方では人工衛星側から大きな打上げ能力が求められるという当時の状況では、明確な開発計画を設定することは困難であった。

そこで浮上したのが、ロケット全体の開発計画の設定は一旦後回しにして、新しいロケット実現の鍵となる重要な構成要素についてまず開発研究を行って、実機開発の目的をつけるという二段階案である。対象とする要素としては、液体酸素・水素推進系、第3段固体モータに加え、国内では実績がなかった慣性誘導装置が選定された。液体酸素・水素推進系について、NAL、ISAS、NASDA間で協力体制が整えられたことも功を奏し、昭和52年度にかなりの規模の開発研究予算が認められ、H-I 計画がスタートした。

技術的な問題はあったものの開発研究は順調に進み、実機開発の目的はたった。先に進むには、ロケットの全体仕様と開発計画を明確にする必要があるが、これが簡単には決まらなかった。N-II ロケットの第2段を液体酸素・水素推進系に置き換えるだけでは、実現できる打上げ能力は静止衛星換算で550キログラム程度である。人工衛星側からの要求は700~800キログラムで、これを実現するには第1段にも手を付ける必要がある。妥協案として、第一段階として最も確実に開発できそうな550キログラム級のロケットを目指し、700~800キログラム級は後段階に回すことにして計画が決まった。

H-I ロケットの1号機は昭和61年8月に打ち上げられた。計画の初期から打上げ成功まで、色々な形でH-I ロケットに携われたことはラッキーなことです。

後段階として計画されたH-I ロケットの高能力化は発展的に解消され、H-II ロケットとして打上げ能力の問題は一挙に解決された。さらにH-II Aロケットで打上げコストを低減した。打上げ失敗も経験したが、現在は連続成功の実績を積み重ねている。次のH3ロケットは低コストで使い易いロケットを目指していると聞いている。日本の技術を結集してぜひ実現してほしい。

H-I ロケットの思い出



H-I ロケットの初号機の打上げは1986年(昭和61年)8月13日(水)の午前5時45分でした。

当初の打上げ予定日は、8月1日(金)でしたが、リハーサル(R-0)予定日の天候不良で3日(8月1日⇒8月4日)、R-0での2段OVRV(液酸ベントリリーフバルブ)作動不良・交換で2日(8月4日⇒8月6日)、台風のため2日(8月6日⇒8月8日)、IMU(慣性誘導装置)ロール軸制御誤差信号異常・交換の為5日(8月8日⇒8月13日)延期という経緯をたどりました。

打上げ日(Y-0)のX時刻は5時31分でしたが、データの技術判断に若干時間を要したため14分延期され5時45分に打ち上がりました。

H-I ロケット初号機の打上げはN-II ロケットの7号機と8号機(最終号機)の間だったので、地上設備系の切り替え工事が計3回もあり、しかも打上げ間隔が半年だったこともあり、非常にスケジュールが厳しかったことを覚えています。

また、H-I ロケットは、国産開発の誘導制御機器や初の液体水素のエンジン・推進系を使ったため不具合が多く発生して、打上げ等の延期が相次ぎました。技術開発の難しさを体験したロケットだったと思いますが、この経験により、日本のロケット開発の実力が相当高まったとも言えます。

今日のH-II AロケットやH-II Bロケットの安定性はH-I の経験があっこそだと言えるかも知れません。

次期基幹ロケットであるH3ロケットの開発も困難はあるでしょうが頑張ってください。



JAXA OB
コスモテック代表取締役社長
虎野 吉彦

「日本の大型ロケット技術の礎を築いた H-I計画の原点を常に」

我が国初のLH2/LOX推進系の開発というチャレンジングなH-Iプロジェクトに1976年のNASDA入社間もなく携わる願ってもない機会に恵まれました。先行する海外の技術文献等を読みあさり、ロケット構造設計、フラクチュア・コントロール、極低温材料特性試験、推進系コンポーネント/タンク開発等、新鮮で最先端の技術の吸収と具体化に目から鱗の落ちるような充実した日々を送ることができました。

関係者一丸となつての取組みと努力が結実して大過なく開発が完了し、初号機の打上げから最終号機まで9機全機の打上げ成功を見事に完遂して日本の優れた技術底力と大きな可能性が示されました。

この間、H-Iロケット運用プロジェクトの管理・取纏めラインでも衛星プロジェクトとのインタフェースを含む実務の責任も担うことになりました。

状況判断と対応を一步誤ればミッションフェイリャーにもなりかねなかった幾つかのクリティカルな不具合等にも見舞われ数々の教訓を積み重ねました。

重要なミッションであった気象衛星(GMS-4)打上げ用5号機では、第1段のバーニアエンジン点火後にその不具合でリフトオフが自動緊急停止となり、NASDAが初めて経験する事態になりましたが、迅速かつ適確な処置対応により数日で打上再開と成功を実現しクライシス管理の組織力も示されました。

打上げ失敗は「未知の世界」であり、絶対あってはならず、想定すら許されないような時代でした。「万一、打上げに失敗するようなことがあればNASDAもそれで終わり」との危機感と緊張感を常に持って機体製作段階から毎回の打上げに関係企業とも一体となって気を抜くことなく取り組んでいました。

微力ながらも「少なくとも自分が担当している号機と打上げにおいては絶対に失敗させない」という信念と執着心で打上げまでのプロセスに接していました。最終的な機体の艤装状態等も自分なりに納得いくまで整備棟の中に残って細部に亘り目視チェックしたものでした。幸い9機すべてが打上げ成功し、当時世界の主要ロケットが立て続けに打上げ失敗する異常事態の中で日本のロケット技術が国際的にも注目を集め高い評価を得ました。海外ロケットを利用していた日本の衛星ユーザからの名誉ある技術的支援の要請にも応えることができました。

このようにして、H-IプロジェクトはNASDAと共に大きく成長する貴重な礎になりました。とくに「モノ」をしっかり見る洞察力と適確な技術判断と対応能力等は、H3プロジェクトの成功にも不可欠な重要資産になりました。

今だから話そう —H-Iロケットの思い出—

H-Iロケット30周年おめでとうございます。また、企画された方々には30年前を振り返る貴重な機会を与えて下さったことに感謝します。

H-IロケットTF#1(試験機1号機)を打ち上げたのが今日からちょうど30年前なんですね。私は1983年(昭和58年)にNASDA(JAXAの前身)に入社して以来N-IIロケットの打ち上げとH-Iロケットの開発に携わり、30年前の今日のH-IロケットTF#1打ち上げから1990年8月のF#8号機(BS-3a)の打ち上げ、そしてH-Iロケット最終号機となるF#9(ERS-1)用機体の開発を終えた後、当時ブラックホールとも言われていた宇宙ステーショングループに異動しました。従って私のロケット時代はH-Iと共に始まり、H-Iと共に終わったと言えます。その後私は国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験モジュール(JEM)の開発を経て、現在では人工衛星利用推進事業の一環として、地震や洪水等の自然災害から人々の生命や生活を守るための人工衛星による災害監視の国際協力枠組みの仕事「防災宇宙技術利用」に取り組んでいます。H-Iロケットの時代は、米国やソ連(現ロシア)を中心とした宇宙開発競争の中、米口に続けと1969年に発足したNASDAが米国デルタロケットの導入を踏み台に、日本の大型液体ロケット技術獲得とその「純国産化」を目標に邁進していた時代です。現在のように「利用のための宇宙開発」という意識は(少なくとも私の中には)全くありませんでした。

さて、H-Iロケット時代、私は第3段ロケットの開発とH-Iプロジェクトの仕事をしていました。現在のH-IIA/Bロケットには第3段ロケットは無いので、H-IIで育った若い技術者の方々には不思議に思われる人も多いと思います。H-IIA/Bの高性能大型エンジンとそのクラスター技術が実現するまでは、液体ロケットだけでは人工衛星を静止トランスファー軌道に投入するための推進力が足りず、「最後の押し」を固体ロケットモータで行う必要があり、固体ロケットモータを用いた「3段式ロケット」は当時の静止衛星打ち上げ用ロケットの「常識」でした。まさにH-Iロケットは将来の「純国産大型ロケット」に向けた過渡期を支えたロケットであると言えます。この第3段ロケット組立は第3段固体ロケットエンジンの点火から衛星分離までのシーケンスを全て電気を使わない火工品で行うという大変ユニークな設計で、その仕様と過程には本当に多くの思い出深いエピソードがありますが、今回は紙面の都合上紹介を割愛します。

H-Iの初号機である「TF#1」は2段式ロケットで、3段式ロケットの初飛行は翌年1987年(昭和62年)8月の「TF#3」(ETS-V)の打ち上げとなります。当時はTF#1の予備機として2段式の「TF#2」機体があり、3段式ロケット試験機が「TF#3」でした。しかしTF#1の成功によりTF#2を飛ばしてTF#3の打ち上げとなり、TF#2の機体はその後のフライトに振り替えられました。

TF#3の打ち上げ成功により第3段ロケット開発も一段落し、私の主な仕事はロケット機体/部品の調達/製造/打ち上げ計画、3段ロケット組立用スピンモータ、タンブルモータの搭載組み合わせ、人工衛星のロケット搭載インタフェース調整、製造や打ち上げ時の不具合対策処置方針の決定等でした。打ち上げの際には機構系・火工品の発射整備作業の現場監督(NTC)業務。このような仕事の関係上、今だから語れる、今では想像できないような楽しい(?)エピソードが多々あります。残念ながら当時の記録が私の手元にはほとんどなく、事実関係に若干不安が残るのですが、少し思い返してみようと思います。

1. 1段指令破壊用導爆線全品不良!

H-Iロケットは、慣性誘導装置(NICE)と2段組立(液酸/液水エンジン)、3段組立は純国産仕様でしたが、その他はまだ米国デルタロケットのライセンス生産や調達品も多くありました。特に、まだその原理が十分に把握できていない火工品や衛星フェアリング等、機構系部品は米国からの輸入に頼っていました。指令破壊用の火工品もその一つで、ロケットの機体や推進薬を一瞬のうちに木端微塵に破壊して、残留推進薬や制御不能のエンジンによってロケットが迷走しないようにする必要がありますが、まだ国産化には踏み切れませんでした。

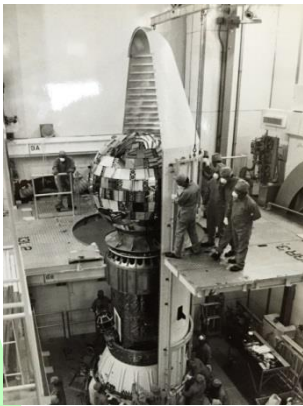
あれは確かTF#3の打ち上げ成功後間もなくして、次号機(F#3:CS-3a)用火工品を選別するため、火薬庫に保管されている輸入火工品の点検を行っていた時だと思います。1段エンジンセクションの指令破壊用導爆線(外径5mm程度のテフロン製の細長い透明チューブの中に粉状の白色火薬を充填し、チューブの両端に金属の蓋が固定されている)の金属の蓋が突然ポロっと取れて、中から火薬がこぼれてきました。予備の導爆線の点検を行ったところ、それも同じようにポロっと金属の蓋が取れてしまう。結局火薬庫に保管されている全ての導爆線で同じような不具合が見つかり、急遽、米国ロサンゼルスにある調達元のマクダネルダグラス(MD)社に渡米して良品の導爆線を至急日本に送ってもらうよう調整する必要が生じました。結局点検に携わった私がMD社を訪問し、良品を日本に送る日程の調整交渉に臨みました。ところが相手は開ロー番、「衛星フェアリングの手順書は持っているか？」と聞いて来ました。私は彼らがなぜそんな質問をするのかさっぱりわからず、話が食い違ったまま無為に時間が経過することに焦りを感じ、胃は痛くなるし意識も朦朧としてきたため、兎に角一旦ホテルに戻って気を落ち着かせることに。翌日再度MD社に出直して交渉に挑んだところ、「去年までは火工品を航空機で輸送することができたが、今年からレギュレーションが変わってもう火工品の空輸はできず、船便で送ることになる。しかし、船便では次の打ち上げまでに間に合わないので修理の仕方を教えるから、それを覚えて日本で修理しなさい。」ということだと分かりました。その修理方法の参考になるのが衛星フェアリング手順書の中の分離用導爆線の組立手順だったわけです。当時の衛星フェアリング組立の手順書は米国デルタロケットの手順書そのままの和訳だったので、日本のH-Iロケットのフェアリング組立手順書も相手は熟知していた訳です。その後も色々苦労はありましたが、結果的に日本で導爆線の修理を無事実施することが出来ました。技術導入の時代だからこそのエピソードです。

2. 3段固体モータ燃焼圧力指示異常！

2段ロケットのLE-5エンジンはTF#1で再着火シーケンスの実証は終わっていましたが、将来の推進薬枯渇燃焼のための再々着火の実験をF#4(CS-3b)で行うことになり、その為には2段エンジンの再々着火実験前に2段分離後の第3段ロケットが人工衛星を計画通りに分離し、衛星の軌道投入が完了したことを確認する必要があります。3段テレメトリは通常赤道直下のクリスマス島(キリバス共和国)で追跡管制班が行うのですが、今回はロケット技術試験ということで、実験NO/GO判断のために私が衛星分離までの確認を行うことになりました。クリスマス島で見れるテレメトリは3段固体モータ燃焼開始から衛星分離までの燃焼圧力と3軸加速度センサーの値。これをペンレコーダの針の動きで観測します。固体推進薬の燃焼はばらつきも大きいため、何れもある程度のペンの振動が伴います。ロケット打ち上げ後のシーケンスは順調に進み、クリスマス局の追尾アンテナが3段ロケットを捉えました。いよいよ第3段エンジン燃焼開始と思って待ち構えていると、目の前のペンレコの針が一斉に振り切れました。燃焼圧も、加速度も。慌ててレコーダのゲインを調整して、加速度についてはある程度振り切れなくなってきたものの、燃焼圧力は振り切れたままです。この状態では、爆発はしていなくても、ロケットがはたして計画通りの軌道を飛行しているのかどうかは確認できません。本来「3段モータ点火確認しました。燃焼は正常です。」という「決まり文句」を報告するべきところ、それが出来ません。私は何とか飛行状態を確認する方法は無いかと思案して、アンテナ追尾を担当していたTRWのエンジニアの人に、自動追尾用電波受信レベル(AGC)に異常はないか確認してもらいつつ、「3段モータ燃焼圧力指示異常です」と一旦報告を入れ、その後AGCに当初計画レベルと大きく変化が無いことが確認できたので、「飛行は正常に行われている模様です」と報告、その後衛星分離も正常に確認することが出来ました。無事任務終了後、クリスマス局の関係者の皆に「よくやった。最適な対処だ。」と褒められ、私は日本に意気揚々と「凱旋」したつもりでした。しかし、帰国してみると私の期待に反し「そんな報告するな。皆を動揺させるだけだ。」とこっぴどく怒られました。正直30年近くたった今でも、あの時、あれ以上の対応は無かったと思っていますが、ま、結果的に打ち上げは成功したので、これも楽しい思い出、「フライトブルーブン(打ち上げ成功が全ての証明)」です。

3. 幻の3段第2種固体ロケットモーター

当時の私の仕事のひとつである衛星インターフェースと言うのは、搭載する人工衛星の軌道投入要求やロケットに搭載する際の各種インターフェース条件を一致させる作業なのですが、まず最初にやらなければならないのが、衛星の軌道投入要求と質量を確認してロケットの打ち上げ能力と整合をとることです。当然ながら衛星の質量が増えるとそれを持ち上げるロケットの推力と燃料を増加させる必要がありますが、ロケットは飛行とともに機体を捨てて行きますから1段、2段、3段と上段に行くほど軽くなり、燃料増加量が少なくて済みます。ロケットペイロードとなる衛星側としては、開発/製造中の不具合対策やミッション要求の追加等で、人工衛星が出来上がった段階で計画質量を超過してしまうリスクを常に抱えているため、ロケット側には多少衛星が重くなっても打ち上げられるだけの打ち上げ能力の余裕を持った設計をして欲しいと考えています。しかし、ロケット側としてはそう簡単ではありません。1段、2段の液体ロケットは推進薬バルブの開閉で燃焼時間調整ができるので打ち上げ能力調整の融通が利くのですが、余裕をもって燃料を搭載しようとすると、例えば1段ロケットの場合、衛星1kgあたり約150kgもの推進薬増加が必要となり、燃料タンクだけでなく搭載機器や射場設備等全ての周辺機器/設備の設計変更が必要となってしまう可能性もあります。そこで、最も軽量で済む対策は3段固体ロケットモーターの推進薬量を調整することなのですが、固体ロケットモーターは一旦作ってしまうと推力や燃焼時間の調整が出来ないため、衛星の打ち上げ質量の変動に合わせた融通が利きません。そこで、ロケットと衛星のインターフェース担当はそれぞれの思惑を胸に、お互いに相手の設計/製造の進捗を探りながら、最終的にどちらの結果に転ぶか(衛星が重くなるかどうか、ロケットも打ち上げ能力にどれだけの余裕があるか)予測する必要があります。さて、BS-3のインターフェースではまさにこのスパイ合戦が行われ、私としては最終的に「打ち上げ能力増強は不要」と結論を出しました。しかし、衛星側はそれに危機感を感じてロケットの打ち上げ能力増強を申し出てきたため、通常よりも推進薬量を数十kgほど増やした第2種モーターを新たに開発し、衛星の質量増加に対応できるようにしました。しかし、結果的に衛星質量は規定値を超過することなく、第2種モーターを使うことは無く、その後このモーターはコンクリートで固めて種子島沖合に廃棄されました。これが、幻の第3段第2種固体ロケットモーターのエピソードです。



TF#1フェアリング組立作業



H-ITF#1の打ち上げ



TF#3(ETS-V)



TF#3フェアリング組立作業



F#4(CS-3b)クリスマス局にて



分離ナット式PAF分離試験



第3段ロケット組立

H-I ロケットの思い出

—角田ロケット開発室からの出発

冒頭から私ごとで恐縮ですが、私は昭和53年に旧NASDAに入社し、その10月に、初めてエンジン開発グループ角田ロケット開発室の創設メンバーとして角田に赴任しました。立派な組織名称ですが、執務室はそれまで現場工事の立会のために使われていたプレハブ建屋、新人にあてがわれたのは会議用の長机と折畳み椅子で、当然のことながらパソコンなど想像もできませんでした。

こうして新たに整備された供給系総合試験設備(現FETSのもとになった設備)を使って、初めてタンクローリーにより尼崎のプラントから大量輸送された液体水素を受入れ、年末からはLE-5エンジンの液水ポンプ単体試験が始まりました。試験は、設備の流体振動問題から始まり、ポンプ回転軸の振動、水素の漏れ、氷結による配管の閉塞、極低温下での計測精度管理といった基本的でありながら現在にも続く多くの問題の連続で、メーカを含む多くの方々の問題解決への粘り強く丹念な努力でそれらを一つずつクリアしながら次のステップに進んでいきました。また、お隣の旧NALからは、この分野の先達として、その都度貴重なご指導や協力を数多く頂きました。このように泥臭い試行錯誤の連続で、現在のようにあらかじめスパコンで現象を予測して対策を打つといったスマートな取り組みとは月とすっぽんですが、入社したばかりの新人にもわかりやすく、今でもH3ロケットの開発課題に直面する度にその頃の様々な場面が浮かんできて、私の大きな財産となっていることを実感します。

角田ロケット開発室はその後角田宇宙センターと名を変え、我が国のエンジン開発の基盤を形成するHATS等の大型試験設備が次々整備され、LE-5エンジンの開発は、原型エンジン試験、実機型エンジン試験、認定エンジン試験段階と米国が長い経験から確立したフェーズプロジェクトの開発手順を範として進められました。その間、開発の常として、エンジンの始動/停止シーケンスや性能、軽量化、再着火機能など多くの課題が立ちはだかり、ターボポンプの軸受、シールやタービンディスク等の耐久性に至っては、開発の最終段階である認定試験の後半になって顕在化し、担当者としては一体いつになったら、このエンジンは独り立ちしてくれるのかと苛立ちすら覚える時がありました。しかし、本当に不思議なもので、時には大胆、時には緻密な問題解決の末に、ある日の朝、目が覚めると、もしかするとこのエンジンは厳しい宇宙空間でもしっかり仕事をしてくれるかもしれないという確信が生まれる時がやってきます。この時に至って私は初めて開発というものが何かを少しですが、わかった気がしました。そしてそのとおり、H-I ロケットは他の多くのロケットが新開発技術で失敗する試験機においても、それまでの米国デルタロケットの技術導入による確立されたロケットと同様のたのもしい姿で成功を重ね、我が国の宇宙開発の一世代を担う存在となるのです。30年前のことでした。

今や、H3ロケットの開発は、技術導入時代はもとより自主開発の時代を経験していない若い世代に委ねられました。開発を担当する皆さんは、まるで荒野に行く旅人のような孤独を味わう時もあると思いますが、技術は日々進歩し、絶えざる挑戦が求められ、これに応じていくことが我々JAXAの使命です。これから多くの課題に直面し乗り越えねばなりません、どんな時にも真摯かつ丹念に取り組む姿勢こそが最も大切であり、皆さんの胸に成功の確信が生まれる日につながる道なのです。それがどんなに泥臭いことでも、皆さんの後を進む子供たちや、多くの皆さんが見守ってくれていることを信じて勇気をもって進んでください。

H-I ロケット試験機打上げ30周年記念によせて

試験機の射場整備時にエンジンのバルブ駆動部にコンタミネーション(ゴミのことです。)が侵入した疑いがある事象が発生しました。当然のことながらエンジンからバルブを外して分解点検することを決め、打上げ隊の管理者に伝えました。米国の技術者に相談することもなく、自分たちで決めてエンジンの分解ができるということは、国産技術だからこそ出来ることであり、画期的で素晴らしいと感激されたのを覚えています。

LE-5エンジンの開発が、多数のトラブルに直面したにも関わらず比較的順調に進捗したのは、開発手法がオーソドックスな基礎からの積上げ実証方式だったことかもしれませんが、目標仕様設定が適切であったことも大きな要素だったと思っています。楽観主義で技術的に分不相応な背伸びをすることなく、とは言え、世界的に見て陳腐なエンジンにならないという、結果論かもしれませんが絶妙な目標設定でした。事実、推力10トン級の高性能エンジンで、軌道上で再着火までできるエンジンは米国にも存在しておらず、デルタロケットの2段エンジンとして採用したいという打診もありました。残念ながら実現しませんでした。米国のロケットは、軍事衛星も打上げますから、武器輸出にあたるという当時の解釈です。もし採用されていたらLE-5エンジンも違った進化をとげていたことでしょう。

あれから30年、新規技術を多数取り込んだH3ロケットのエンジンを当時とは比べ物にならない短期間で開発する計画が進められています。まさに隔世の感があります。担当各位のご健闘をお祈りいたします。



H-Iロケット試験機1号機
(写真左から河内山さん、筆者鳥井、増田さん、
谷口さん、藤田さん)

JAXA 打上安全評価ユニット
鳥井 義弘

火工品自主開発への挑戦

火工品とは火薬や爆薬によりロケットの点火や分離等を行う部品である。N-I、N-IIロケットの火工品は全て米国からの輸入品で起爆方式は電気着火であった。

昭和51年(1976年)、宇宙開発事業団(NASDA)構造開発グループの上司(山脇弘一氏)が火工品の国産化を遣ろうと思うがどうだろうか、と部下の先輩(福島幸夫氏)と私に相談したのが端緒であった。昭和52年(1977年)に企画書(火工品開発構想)をまとめ、H-Iロケットの第2段、第3段に搭載すること、その仕様は以後の大型ロケットにもそのまま使用できる意義・価値の高い(時代後れにならない)ものであることを目標に定めた。具体的には電気着火方式の火工品を極力減らし、火薬式タイマーと密封型導爆線(CDF)を核とする「火工品シーケンシング・システム」を開発して信頼性・安全性・運用性の大幅な向上を狙った。開発の鍵は、安全性・信頼性の高い世界標準の電気起爆装置(EED)とCDFに使用する金属被覆導爆線(MDF:外径約2mmの鉛管の中に長さ1m当たり0.5gの爆薬を詰めたもの。爆薬の代わりに延時薬を詰めれば火薬式タイマー用の延時線になる)である。これらを含めてH-Iロケット用に11種類の火工品を開発することにした。また、我が国で初めて火薬の検査ができる中性子非破壊検査(NRT)も開発する目標を立てた。

昭和53年(1978年)からNASDAと日産自動車(現IHIエアロスペース)と火工品製造メーカーである中国火薬・日油技研の体制で開発をスタートした。我々とメーカー担当者で文献類を収集勉強して各種基礎試験を実施し、火工品の設計と製造技術を固めた。MDFについては爆薬を詰めた外径約5cmの鉛管を途中破断することなく外径約2mmに延伸する技術を確立した。他の火工品についても製造装置を開発するとともに、専用の環境試験設備も整備した。NRTについては、日本製鋼所の医療用ベビーサイクロトロンによる手法を開発し、実用に耐える検査手法を確立した。

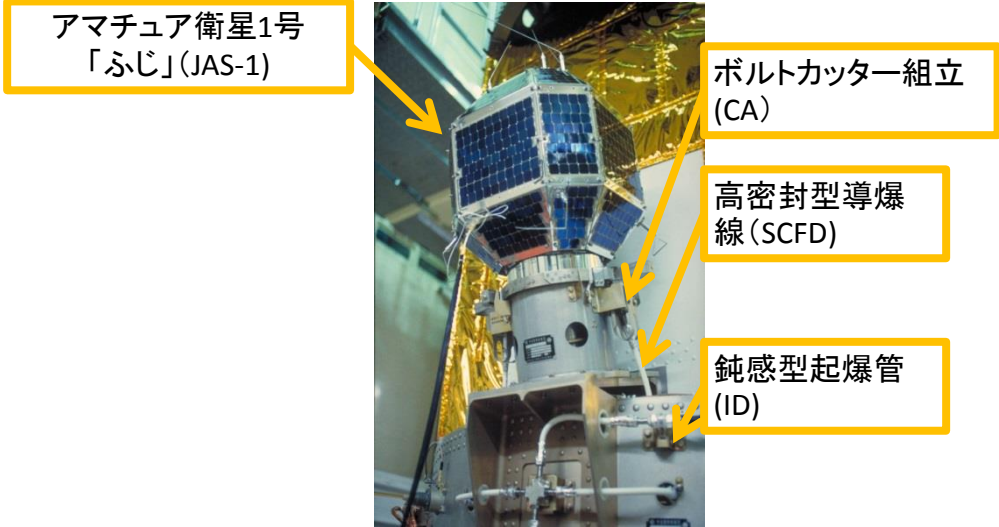
設計を固めた各火工品の開発は、エンジニアリング・モデル(EM)試作試験、プロトタイプ・モデル(PM)試作試験と段階的に進めた。PM試作試験は前半・後半の2段階に分け、各段階で多数(150個以上)の試作を行って設計や製造工程に潜むバグ(不具合ポテンシャル)の検出に努め、信頼性の高い設計と安定した品質を実現する製造工程を確立した。国産火工品は実績がないことから、信頼水準95%で実証信頼度99%(不具合数ゼロで約300個正常作動)以上をEM・PM段階で達成する目標を立て、これを上回る発火試験を実施して実証した。

CDFをどのように配置したら信頼性の高い火工品システムを実現できるか、実用衛星「ひまわり1号」等の打上げ隊がNASAの最終確認審査で入手した新型デルタロケットの火工品システムの概念図等を毎日眺め、その設計思想を推測した。これと自分たちが取得したCDFの伝爆特性データを基にあらゆる角度から検討を重ね仕様を決定した。

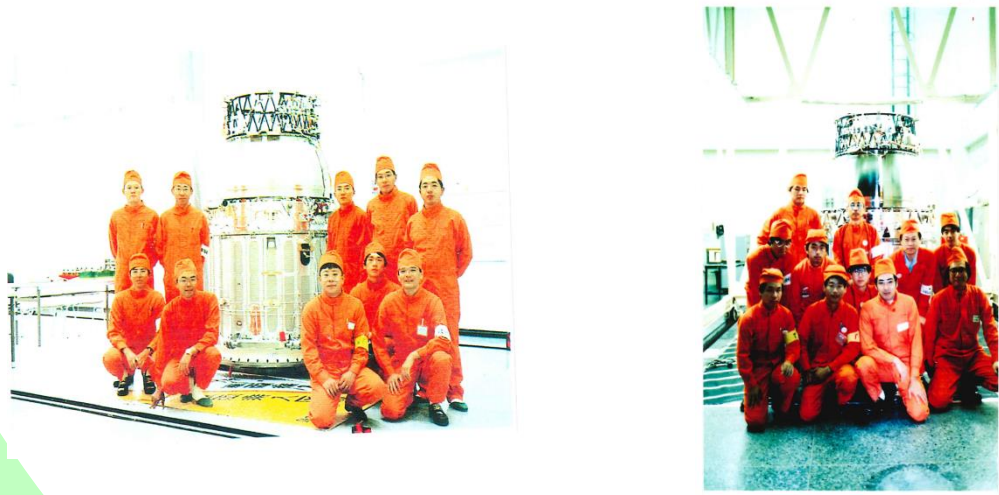
開発中の火工品の一部(EED、高密封型導爆線、ボルトカッターのPM)は、昭和61年(1986年)8月に打ち上げられたH-Iロケット試験機1号機に搭載されたアマチュア衛星1号(JAS-1,「ふじ」)の分離系に初めて使用され、宇宙実証に成功した。火工品の開発は、昭和62年(1987年)6月に完了し、同年8月に打ち上げられた試験機2号機(3段式)に搭載され正常に機能を果たし、技術試験衛星V型(ETS-V)の軌道投入に成功した。調査検討・企画提案から10年を経て火工品自主開発が成就した瞬間であった。私は種子島では成功の喜びを実感することができなかったが、自宅に帰って湯船に浸かった時に初めて自然と喜びが込み上げてきたことを覚えている。

H-I ロケット用に開発された火工品は、H-II ロット、H-II A/B ロケットと約30年に亘って使用され、現在開発中のH3ロケットにも使用される。この間、火工品は全て正常に作動した。これは火工品製造に携わってこられたメーカーの方々の「真摯なものづくり」の賜であり、ここに改めて敬意ならびに深甚なる謝意を表す。

衛星分離系火工品の宇宙実証



新型第3段ロケットを前に



H-I ロケットの思い出

H-I ロケットとは、まず、安全管理部時代に角田の現地調査、サイト計画(保安距離がらみの配置計画など)から係わり、FETS (供給系総合試験設備)、HATS(高空燃焼試験設備)、熱特性試験設備に対する安全設計要求、LE-5液水ポンプ単体試験、LE-5HATS燃焼試験、タンク熱特性試験等の安全管理で係わり、種子島宇宙センター大崎射場のLH2エリア配置計画、H-I 射点改修の安全設計要求やLH2液流し試験等で係わっていました。

昭和58年、エンジン開発グループに異動し、固体モータの開発で直接H-I ロケットに係わることになりました。佐野昇副主任の後任として、SOB、NALとの信頼性評価基準に関する共同研究が主担当で、H-I 3段モータ(主担当: 江口昭裕さん)、アポジモータ(主担当: 高橋道夫さん)、H-II ロケットSRB(開発基礎試験まで)には、副担当として開発に携わりました。

打上げではロケット班火工品係で、NTC(NASDA Test Conductor : NASDA試験指揮者)やNE(NASDA Engineer: NASDA技術者)として、SOB、3段モータ、アポジモータ、火工品、の点検・取付けに携わり、カウントダウン作業では火工品の最終取付け・結線、ときにはALCDR(Assistant Launch Conductor: 副発射指揮者)としても携わりました。火工品係は射点作業では安全のため単一作業が多く、このため夜間作業が多く、別称ふくろう部隊と呼ばれていました。

3段モータとアポジモータの開発に携わっていたため、H-I 初号機(H15F)(試験機1号機; 2段式)より2号機(H17F) (試験機3号機; 3段式初号機)の方がより感慨深かったです。

昭和61年8月13日のH-I ロケット初号機、昭和62年8月27日2号機の成功は、1986年1月、スペースシャトルチャレンジャー、同4月、タイタン34D、同5月、デルタ3914とアリアン2、1987年3月のアトラスセントールと欧米のロケットがことごとく失敗する中、日本のH-I だけが成功して(ライセンス国産だがN-II (昭和62年2月; MOS-1/N16F)も)、西側の面目を保った貴重な成功でもありました。このアトラスセントールは飛行中の誘雷が原因で失敗したのですが、その前のH-I ロケット初号機も雷光中の打上げでした。用済み人員として打上げ時は竹崎壮待機となり、カーモリの峯から打上げを見ていると、打上げ時刻近くに音は聞こえないのですが雷光がピカピカ見え出し、その中で打上げ時刻が延期になり、雷光が近づいて来るように見えたので、打ち上げるなら8km以内に入らないうちに早く早くと思って見ていたところ、周囲でピカピカ光っている中、ロケットは打ち上がって行きました。

GMS-4/H20Fの打上げで、1段エンジンMB-3の着火シーケンスでバーニヤエンジン2基のうちの1基の推薬弁が開かず燃焼圧が立たなかったため、自動的に、メインエンジンの燃料バルブを開けずエンジンを本燃焼とせず、着火シーケンスが安全に停止されました。したがって、SOBへの点火指令も出ず、正常に打上げシーケンスが停止して安全に打上げが中止されました。デルタロケットの一点一点確認しながら着火シーケンスを進めていく方法の勝利でした。もし、そのままシーケンスが止まらず、MB-3の本燃焼、SOB点火と進んでいたならば、姿勢制御ができず大事に至っていたことでしょう。また、選りによって最後のMB-3の領収燃焼試験で、初めての外燃発生もありました。

3段モータに関して特に記憶に残っていることは、①打上げまで1年もない昭和61年9月、PM(Prototype Motor)#3の武豊での燃焼試験中に2DC/Cのノズルが離脱し、バックアップとして進めていたCFRPノズルに土壇場に変更してどうにか開発を乗り切ったこと。この変更は、メーカー側の強い反対を説得した上のものでした。CFRPノズルに最適化したものではなかったこともあり、パッチ当て的対策を施して開発を完了させました。②CS3b/H19Fの打上げで、3段の飛行状況を江口さんとOISでモニタしていたところ、クリスマスの伊藤道夫さんから「3段モータ燃焼圧異常」と聞こえたコールが飛び込んできて、全く脛に傷がない訳でもないこともあり、肝を冷やしたことがあったこと、です。

ライセンス国産のSOBでも、モータの最重要部品であるスロート材の製造元の撤退による変更があり、米国での確認燃焼試験の直前に強度計算でMSが負になっていることが分かり、弾性率に対する考え方を変更してようやくMSが正になって、燃焼試験してよし、としたことやワッシャが2つ推進薬中に錆込まれてしまったことなどもありました。

H-I 関連のついでに、アポジモータについても一言。国産アポジモータを最初にETS-Vに使用して燃焼は完璧でした。しかし、その後ETS-Vの温度が上昇し続け高くなりすぎ、急遽太陽電池パドルの展開を早めて放熱させてどうにか対処できたことがありました。これが間に合わなければ特に電池温度がクリティカルで大変な事になっていました。原因はアポジモータの放熱過程の熱モデルが不適切で、早く冷えるモデルになっていたことでした。これを改善して実用衛星であるBS-3に供することができました。

H-I ロケットが全機成功して、後に残ったSOBも3段モータもアポジモータも全て衝突実験や指令破壊実験に供して、有効に最後の面倒を見ることができたことは幸運でした。

H3ロケットの開発でもいろいろなことがあるでしょう。小さな兆候を見つけて、可能な限り事前に問題を出し切って、成功を収められることを切に願っています。



図1 H-I SOB取付け



図2 H-I SOB取付け完了



図3 H-I 3段モータ
(予備モータ苫小牧実験時)

<H- I ロケット第3段固体ロケットモータ の思い出>

1977年4月にNASDAに入社し、4年間のTNSC勤務を経てエンジン開発グループに配属となり、H- I ロケットの第3段固体ロケットモータの開発を担当した。前身のN- II ロケットの第3段固体ロケットモータは米国サイオコール社製であり、この高性能固体ロケットモータに匹敵する国産モータを目指したものだ。

開発の主眼は、固体ロケットモータの構造体の軽量化である。高強度チタン合金製モータケースとEPDMインシュレーションによる軽量化は順調に進んだ。しかし、カーボン／カーボン複合材による埋没型ノズルの軽量化は、開発後半期に燃焼試験が始まるとノズルの破損がたびたび発生し、その都度、大きな設計変更を行った。しかし、翌年の8月にH- I ロケット試験機2号機打上げ(第3段固体ロケットの初フライト号機)を控えた1986年9月のプロトタイプモータ#3の燃焼試験で再びノズルが破損し、カーボン／カーボン複合材ノズルの適用を断念せざるを得なくなった。打上げまで、あと1年もない。

実は、この最悪の事態が発生した場合に備えて、代替案のカーボンFRPノズルを組み付けたプロトタイプモータ#1の燃焼試験を1986年1月に実施して検証していた。迷っている暇はない。即、カーボンFRPノズルに切り替え、日産自動車とNASDAが一丸となって残り4回の燃焼試験を実施し、1987年8月27日の打上げを成功させた。

第3段固体ロケットモータの開発で得た教訓は、「高温・高圧・高速の燃焼ガスに晒される固体ロケットモータのノズルの燃焼試験は、初期投資して最初から実機サイズで実施すべきである。サブサイズの試験では問題は顕在化しない。」ことである。H3ロケットでは、開発初期に問題を炙り出してもらいたい。

写真は、1986年1月23日に角田HATSで実施したプロトタイプモータ#1(カーボンFRPノズル)燃焼試験の翌日の状況である。当時、31歳の私は、これがフライトに使われることを予感し、燃焼試験の結果に安堵した表情である。



H-I ロケット第2段機体のタンク熱特性試験 (TSETS)

H-I ロケットの開発に伴う第2段機体(タンク)の開発試験が角田ロケット開発センターで行われた。

我が国においてはじめて液体水素を燃料として用いることから液酸/液水実機相当のタンクを使用した熱環境試験をタンク熱特性試験設備(TSETS)にて実施し、その設計性能を確認した。

試験内容は、H-I ロケット打上げのフライト・シーケンスに基づき、第2段機体タンクからLE-5エンジンに(エンジンは装着してはいない)燃料と酸化剤を供給する液流し試験である。

使用した液体は、燃料の液体水素は実際の液体水素を使用し、酸化剤は安全性の観点から液体酸素ではなく液体窒素を用いて行われた。

この液流し試験は、全部で5回実施された。

1回目から3回目は通常の2段エンジンの実燃焼時間に合わせた液流し試験である。

4回目は2段エンジン再着火をシミュレーションした試験で、第2段エンジン第1回目燃焼終了後に約50分間のコースティングを経たのちに再着火のために燃料を供給する試験である。

5回目は最終試験で、4回目と同じシーケンスで進めるが、今回の試験全体を通じH-I ロケット第2段機体としての総合的性能を確認する試験である。これは、H-I ロケット全段が種子島宇宙センター大崎射点から打上げられ、大気中を上昇するに伴い機体が空気との摩擦により高温の熱が発生するが、その熱が第2段機体の液酸/液水タンクに与えるインパクト及びその後の影響を確認するものである。

この空力加熱(高温熱)を第2段機体タンクに与えるための試験設備がタンク熱特性試験設備で、冷暗黒で真空の環境を作り出す、いわゆる低温環境の魔法瓶形式の設備であり、かつ機体タンク全周全面を覆うようにしたパイプ構造で円筒状の治具に機体に向け強烈なあかりを照射するため約400個のキセノンランプを取り付け、そのランプの照射により機体表面が空力加熱条件の210°Cになるよう加熱コントロールする試験設備である。

写真(1)~(3)は、機体保管庫からTSETSのスタンド前に搬出し、その後クレーンにてつり上げ、試験設備の中に設置する前の様子である。



写真(1)



写真(2)



写真(3)

写真(4)はタンクに空力加熱を与える試験設備内部のキセノンランプとそれを取り付けるパイプ構造の治具。



写真(4)

写真(5)～(6)は、最終試験である第5回目の空力加熱試験を無事に終了し、機体の点検、確認を行うために機体保管庫へ戻すときの様子である。機体周囲の断熱材(PUF)が加熱により黒く焦げているのが確認できる。実際の打上げでも同様な姿になるが、これによりその上段の第三段ロケットと人工衛星を次のステージに送ることが出来ることになる。

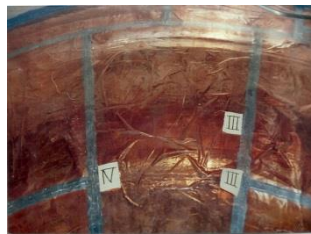


写真(5)



写真(6)

写真(7)は、2段機体タンク内部の液体水素と液体酸素が混合することがないように仕切る隔壁からの水素側のガス漏れ箇所を点検した際の様子で、数字は毎試験時の漏れ箇所を示している。



写真(7)

この5回の試験を通して、H-I ロケット第2段機体タンクは当初設計通りの性能が確保できていることが確認され、その後1986年8月13日H-I ロケット1号機が種子島宇宙センターから打ち上げられ、ペイロードである あじさい「EGS」を無事に予定軌道に投入することが出来た。

ii . H- I ロケットへの思い

三菱重工業(株) OB

日本文理大学 航空宇宙工学科 大江 克利

三菱重工業(株) OB 名航 宇宙技術部 大倉 廣高

三菱重工業(株) OB 有人宇宙システム 大脇 聡

三菱重工業(株) OB 北出 信雄

三菱重工業(株) OB 小林 実

三菱重工業(株) OB 菅野 和男

三菱重工業(株) OB 鈴木 明

三菱重工業(株) OB 中川 稔彦

三菱重工業(株) OB 中田 敏彦

三菱重工業(株) OB

中菱エンジニアリング株式会社大江副事業部長 並河 達夫

三菱重工業(株) OB 三好 伸夫

三菱重工業(株) OB

JAMSS 山本 傑士

三菱重工業(株) OB 米澤 正純

H-I ロケット30年記念展

懐かしいメールを頂き、H-I ロケットの開発、打ち上げに携わった一員であったことを思い出しました。

[H-I ロケットの思い出、H3ロケットへの励ましの言葉]

<H-I ロケットの思い出>

当時、MHIでH-I プロジェクトエンジニアとして、H(樋口)プロジェクトマネージャーの下でNASDAのH-I プロジェクト担当のT(虎野)様と初号機の成功の範囲について浜松町の貿易センタービルのNASDA本社で話をしていました。2段の初回着火が成功すれば、初号機の打ち上げは成功したと判断できるというような緩い規程を内々設けていたような気がします。2段式H-I ロケット打ち上げ能力確認のための衛星として、EGP、アマチュア衛星、NAL取りまとめの磁気軸受フライホイールの3基が搭載されることとなり、衛星とのインターフェース会議で、度々東京(浜松町、三鷹等)出張し、いろいろな機関の衛星関係の方々と調整を行いました。衛星側の運用条件をあまり良く理解していなかったこともあり、衛星を所定の軌道に届けることに対するの危惧は、ほとんど持っていなかった。1986年8月13日の打ち上げ当日の天候は、あまり良い状況ではなく、雷雲のかすかなすき間をぬってのカウントダウン作業は、打ち上げ実施責任者のM(望月)部長様の的確な判断で淡々と行われ、ブロックハウス(半地下古墳)の中で、初号機の打ち上げ成功をかみしめ、安堵した。後日、アマチュア衛星愛好家の無線網はすごいものがあり、衛星分離後の2段が大気圏に突入する様子までも即時知ることができ、衛星あつてのロケットとの印象を強くした。

<H3ロケットへの励ましの言葉>

H3ロケットは、様々な衛星(静止衛星、地球観測衛星、各種探査機等)需要に対応する仕様を備えているため、そのコンフィギュレーションを絵に描くことは簡単でも、実際のロケットとして作り上げることは、至難の業である。このようなユーザーである衛星に期待されているロケットの開発に係わることのできる皆様は、技術者冥利に尽きるといえ、H3は既存のもの改良ではなく、新規開発ものと考え、安易にもものまねをせず、自分のこれまでに培ってきた知識と何事に対してもやり抜く強い気持ちを持って、今後生じる数々の技術的ハードルを乗り越え、納得のいくロケットとして完成させて下さい。安易な妥協は禁物です。東京オリンピックイヤー(2度目)、「はやぶさ2」の帰還年である2020年度打ち上げ成功を期待しています。



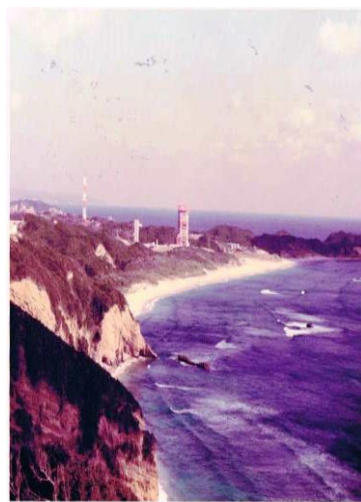
1口ケ



スピン計測棟



固体ロケット試験棟



射点全景



大崎BH

三菱重工業(株) OB
日本文理大学 航空宇宙工学科
大江 克利

H-I ロケット初号機打上げ成功30周年記念展 示に寄せて

本展示会開催の趣意書にもある通りH-I ロケット2段液酸/液水ステージの開発は、その後のH-II ロケット、H-II A/Bロケットの推進系システムの基礎を築いたものであると共に、推進薬が極低温流体であるが故に、“ロケット機体”と“打上げ設備”及び“打上げ運用技術”との密接な連携のもとで初めて開発が順調に進むものであることを我々に教えてくれた。以下のこれ等の一部を紹介する。

1) 搭載推進系機能部品の開発

極低温下で作動するこれ等搭載機能部品は、当時国内に開発実績はなく、初度からの開発であった。この為、まず行ったのは、液体水素温度(-253℃)における「シール選定試験」であった。この成果をもとに「原型コンポーネント試作試験」を行い、いくつかの機能部品の試作を行った。その例を図-1及び図-2に示す。図-1は、液酸/液水タンクに装着される最重要機能部品である“タンクベントリリーフバルブ”と呼ばれる部品で、その後軽量化等の改善は図られたものの、機能・作動原理は今に引き継がれており、H3ロケットにも同様引き継がれるであろう。

図-2は“タンクベント方向切り替えバルブ”と呼ばれる部品で、その後のシステムの見直しにより搭載されなくなったものの、低温下での水素漏れに対し重要な開発要素(技術)を有するものであり、大型の機能部品の開発に果たした役割は大きかったものである。



図-1タンクベントリリーフバルブ



図-2タンクベント方向切り替えバルブ

2) 実物の“サターン IBロケット”を参考に。

H-I ロケット2段液酸/液水ステージの開発は、国産初の本格的な大型ステージの開発であった為、独自に行った開発基礎試験の結果の他、諸外国、特に米国の液酸/液水システムを有するロケットの実績等の調査が極めて重要であった。そんな中、昭和53年(1978年)7月16日～昭和54年(1979年)1月15日までの間、東京有明の“船の科学館”で行われた「宇宙科学博覧会」に展示されたサターン IBロケット2段のサターンS-IVBの実物展示は、そのシステムを理解し、応用する上で、また使用されている機能部品、センサー等とそれらの艤装方法から、搭載する機能部品の開発設計と艤装設計に非常に参考になった。名航の設計担当者達は、脚立、踏み台などを持ち込みつつ、期間中何度となく名古屋から上京し、調査を行った。その際に撮影された写真の一部を図-3、図-4に示した。



図-3 サターンSIVB(1/2)



図-4 サターンSIVB(2/2)

3) H-I ロケットGTV(Ground Test Vehicle)とH19F/CS-3b(4号機)の雄姿

開発試験の最終段階に行われた2段液酸/液水ステージと打上げ設備及び打上げ運用技術との整合性確認のために行われたGTVを用いた打上げ模擬試験のターミナル・カウントダウン時の状況を図—5に示した。このGTVを用いた試験は、前述の通り2段液酸/液水ステージが主体であるため、1段に装着される固体ロケットブースター(SOB、Strap on Booster)は取り付けられていない。尚、H-I ロケットの打上げ射点は、当初吉信崎に新たに新設する計画であったが、吉信崎は将来の大型ロケット打上げ用に当てると言うことで、急遽従来の大崎射点を改造し打上げることになった。その為、吉信崎打上げを前提に既に艀装設計がほとんど終了していた2段液酸/液水ステージに対応すべく打上げ設備側で新設した第2アンビリカルマスト上で液酸供給系と液水供給系が交差すると云う異例な状況となった。昭和63年(1988年)9月16日18時59分に打上げられたH19F/CS-3bの打上げ前、総員退避時の写真を図—6に示した。

この写真で、左側が、第1アンビリカルマストで液酸供給設備、右側が第2アンビリカルマストで液水供給設備が配置されていたものである。それに対し、機体2段は、右側のホースが液水充填系であり、左側が液酸充填系である。



図—5 GTVの雄姿(ターミナルカウントダウン時)



図—6 H-Iロケット(H19F)の雄姿

「H-I ロケットの思い出」

H-I ロケットの打ち上げから30年ですか。ということは、私が宇宙開発にかかわって30年が過ぎたということになることを改めて実感し、感慨深いものがあります。

私は、初号機打ち上げの1年前、昭和60年に三菱重工に入社しました。当時の名航品質保証部に配属され、N-II ロケット慣性誘導システム(DIGS)と、これから開発する宇宙ステーションが担当でした。H-I ロケットではなかったのです。

H-I ロケットとの最初の出会いは、配属後の現場実習で、田代の燃焼試験から戻ってきた2段タンクの共通隔壁の漏れ点検を行うために石鹼液と筆をもってタンク内に初めて入ったことでした。燃焼試験後ですから当然実液充填履歴のあるタンクの中です。開発試験の重みを知るのは、射場作業でQAMを経験する数年後でした。

次の出会いは、H-I ロケット初号機の搭載ソフトウェア(IGP/PLTP)の当時のNASDA殿への納入でした。N-II ロケットDIGSでは、媒体であるマイラーテープの検査が品質保証部の主たる役割でした。MHIが搭載ソフトウェアのとりまとめであるH-I ロケットでは、契約要求/設計仕様通りであることの品質保証が必要でした。当時の品質保証部にはソフトウェアの品質保証の経験者がおらず、宇宙ステーションのアピオ設計担当からS&PAの考えを教わり、戦闘機のソフトウェア担当のところに相談に行きソフトウェア検証の位置づけを認識し、自分で考えました。結果、マイラーテープの検査だけではなく、要求仕様通りのミッション定数になっていることの確認(これは、電卓での手計算で“目視”確認)、実ハード試験の結果が合格であることの確認も必要と判断しました。担当の検査員にも協力してもらい、何とか納入品の検査成績書を完成させ、NASDA殿の完成検査に臨みました。が、厳しいので有名な完成検査員殿から「MHIのプライドはどこにあるのだ？ これでは受け取れない」とまで言われ、検査成績書を一晩で修正してなんとか納入できたのも、今では懐かしい思い出です。

開発段階の品質保証は、品質保証部としては初めてのこと(品質管理部から品質保証部に変更になったのは、昭和60年10月でした。)でしたし、当方は何も知らない新人でしたので、N-II ロケットのやり方を参考にしつつも、宇宙ステーション・戦闘機等の一歩も二歩も前を進んでいるプロジェクトを参考にしながら、設計・生技・試験の担当の方々にも相談し議論し、どうやったらNASDA検査員殿から「合格」と言ってもらえるかを考えました。納入品を保証するというよりは、“自信をもって打ち上げにのぞむために何をするのか”という考えに至り、実行してきたことが、その後のH-II / H-II Aロケットの品質保証活動の立案につながりました。

現在、H3ロケットの開発に取り組んでおられる皆さんは、自分で考えて実行することの重みは認識していると思います。世の中の流れを知るとともに、今まで先人が積み上げた実績にも目を向け・耳を傾けてください。そして、消化してください。

H3ロケットで21世紀の宇宙開発のベースを確立していただき、今後の宇宙事業を継続させるために日々の忍耐と愚直な努力を期待します。

“がんばってください。21世紀は皆さんの時代です。”

三菱重工業(株) OB
有人宇宙システム
大脇 聡

H-I ロケットの思い出話

私が第2技術部宇宙機器設計課の2段推進系グループへ配属されたのが昭和47年頃で、その当時の2段推進系グループは約14名で中にマクダネルダグラス社からの技術アシスタントの方が1名おられて皆和気あいあい楽しい人達で、夢のある幸せな仕事に恵まれていい時代でした。

ロケットの機体製造はLSC-7号機(実機製作中)Q'及びN-Iロケット(基本設計から詳細設計に移行中)段階で、私はN-Iロケットの2段推進系の配管艤装計画図を任せられ、半年位、昼も夜もエアロジェット社のライセンス図面を参考に配管艤装図をCADが無い時代なので手書きで描き続けて完成させ、それを基にエンジンセクションのモックアップが製作され、設計審査に於いて、特に大きな問題点は無く製造着手可と判断された。

詳細設計に入って製造図面出図と共に工作との設計会報を経て部品製造が開始された。主な試験として水圧によるタンク及びヘリウム気畜器の耐圧・破壊試験(名航内)、実機型エンジンセクション供試体の音響・振動試験(筑波宇宙センター)が行われた。

この頃、ソーデルタ1段ロケットのライセンススペックとして清浄度管理方法が導入され、ロケット推進系と油圧系部品の洗浄、取扱、組立、保管等に携わる人は全てこの方法を社内ライセンスとして習得しなければならなかった。このことは米国のロケット開発の苦い事故経験から生まれたものであり、特に液体酸素適合性や清浄度管理については、ロケットを成功に導く重要な位置付けがあると思います。あと、信頼性管理、作動寿命管理、有効寿命管理、重要品目管理等も米国ライセンススペックとして導入され、これまでデルタロケットが成功を続けているのはこの流れがあったからだと思います。

1段機体(ソーデルタ1段)のライセンスノックダウン機体組立、Q'ロケット2段燃焼試験供試体及びN-Iロケット2段燃焼試験供試体の機体組立が名航5工場東側ロケット専用準クリーンルーム内で始まり、ロケットの機体製造が本格化した。

Q'及びN-Iロケット2段機体の燃焼試験は、私も参加し、種子島宇宙センター竹崎射場の仮設燃焼試験スタンドにて行われ、無事成功裏に終了し、成果(推進薬及び高圧ヘリウムの充填等の手順)を発射整備につなげる事ができたと思います。

この後、Q'ロケット試験1号機(1段固体ロケット、2段水タンク)試験2号機(1段固体ロケット、2段実機とLE-3エンジン)N-IロケットGTV(2段機体は種子島宇宙展示館に展示)1号機(ETS-I 昭和50年9月)と続き、以来2段推進系は順調に推移し続けているといっても過言ではないと思います。

H-I ロケット基本設計がスタートした頃、液酸／液水エンジン(LE-5)の開発が先行して進められており、田代試験場のエンジン燃焼試験設備も建設を完了していたと思います。

昭和56年頃基本設計が本格化し、H-I プロジェクトが発足、私も再び2段推進系Gの中に入りました。油圧・コンポーネント・地上設備Gと連携を取りながら2段推進系艙装計画図の作成に夜遅くまで(定時は午後8時、通常は午後10時、更に頑張る人は夜中12時)熱中していました。

開発試験として2段原型タンク試験、2段タンク無重力推進剤挙動観察試験、2段厚肉タンク燃焼試験(BFT)、2段エンジンセクション部音響振動試験、2段実機型タンク熱真空槽試験、2段実機型タンク燃焼試験(CFT)、H-I GTVと順次行われ、様々な壁にぶつかりながら、その都度問題を解決し、結果をフライト実機に反映して、昭和60年8月に1号機が発射され衛星を所定の軌道に乗せることができ成功したのです。

H-I プロジェクト全員の結晶のたまものです。また、それを支え続けた業務、資材、工作、日本及び外国の部品メーカー、下町工場、運輸会社、田代町及び種子島住民のロケットを成功させるぞという意気込みと情熱に支えられていたと思います。更に日本国民の期待も大きかったと思います。

現在、H-II、H-II A、H-II Bと開発が完了し、連続して成功を続けています。

H3の開発が進められており、これまでと同様に様々な壁にぶつかっていると思います。そんな時、過去の例を振り返って解決のヒントを見出したり、現代の最新技術情報に注意を払い、機体製造現場に毎日と言っていい位出かけ、作業者の声に耳を傾けて解決するのは自分しかないと自分を信じ、粘り強く諦めないでやり遂げてその満足感を味わって欲しいと思います。

日本国民の期待がH3の開発の原動力です。是非自信を持って開発を進めて下さい。

将来は宇宙へ人を運び帰還させることを目指して欲しいです。私も宇宙へ行って地球を眺めて見たい、

H-I ロケット30周年を迎えるに当たって

<H-I ロケット3段システム設計の思い出>

H-I ロケットは3段式で、その3段のシステム設計を担当しました。三菱重工大江工場にある教育センターにPAF(衛星分離部)、MAF(モーターアタッチフィッティング)、3段モータ、火工品、スピンテーブル、電装の各担当メーカの方に集まってもらい、3段システムとしての成立性のある仕様設定を行いました。スピンテーブルと電装はMHIですが、PAF、MAF、3段モータ、火工品はNMでした。NMIには各担当に来てもらいました。私自身は3段システムまとめと、MHIとしてスピンテーブルの開発担当でもありました。当時のNASDAからは、片木さんに参加して頂きました。3段としての成立する形態を考え、次に3段システム要求から、各コンポーネントに対する要求にブレークダウンしていきます。また、同時に3段全体の艤装図を書き、装備品の搭載配置計画が重心、振動、熱と言った全機からの要求に満たされるものを計画して行きました。また、艤装計画には、NMでの構造体製作→飛島工場での艤装及びシステム点検→種子島での火工品艤装等、実機での作業手順も含めて艤装計画を実施しました。作業が後半になってからは、3段モックアップを製作し、今は無くなってしまいましたが、NMの荻窪工場に置いて、全員で問題が無いか検討したものです。荻窪工場では木造の古い(由緒ある?)建物で会議を行い、らせん状の木製階段の角が丸くすり減っていたことを思い出します。H-1からは3段モータも新しく国産化され、新たな固体3段のシステム開発に邁進したものです。スピンテーブルに使う直径1メートルの極薄ベアリングは、NTN東洋ベアリングに製作をお願いしましたが、ベアリングのレース面はボールの面圧だけを取り、全体としての剛性は機体側のアルミ構造でとるという画期的アイデアのスピンテーブルでした。NTN東洋ベアリングでは、この薄肉ベアリングを直径の小さいものまでシリーズ化し、医療機器、事務機器などで容積が少なく軽量である点を活かして製造され、宇宙技術のスピノフの良い例になっています。

<H3ロケットの開発を成就ねがいます>

H-IIの開発から随分時間が経ちました。設計者は開発モノに関係しないと伸びないと言われていきます。その点で、久しぶりの開発機会であり、大いに挑戦して、新しいH3の開発を成就願います。打上げ価格も半分にするとか、世界的なマーケットにも対応できる打上げの能力を持たせるとか、高い挑戦目標もありますが、今の時代で、1900億円もの費用を出してくれる有難い状況であり、それに感謝するつもりで頑張りたいと思います。コストも、重量も厳しいものがあると思いますが、これらを解決するのは、世界一の最新技術です。決して先祖帰りするような技術では達成されません。そのためにも、よく勉強もして、研究もして、新しい技術に挑戦してください。今、ロケットは民間航空機とは違い、世界にも伍していけるだけの技術力を持っています。この技術を維持発展させることが、若い技術者に課せられた責務です。このためにも新しい世界に一つしかない技術開発を進めてください。一方では、ファルコン9Rのような再使用型機も提案されています。再整備費等がまだ見えていませんが、実現される可能性も高いと思います。その点では、H3の再使用も頭に入れておくべきと考えます。再使用のための整備構想なども意識しておくべきでしょう。H3の開発は、使い切り型の最後の開発だと思います。その点でも2020年の打ち上げは死守すべきと考えます。最終的な再使用型機はSCRAMエンジンとか、機体重量の半減で十分な冗長系が取れるべきと考えますが、その前にロケットエンジンでの再使用型機が出てくると考えます。無人で信頼性97%の機体です。出来ればこの当たりも意識して、あるいは再使用のための玉もねじ込んで、H3の開発に臨みたいものです。

30年を経た「H- I ロケットの思い出」と 現在開発中の「H3ロケットへの励ましの言葉」

私が入社したのは昭和60年。当時の名古屋航空機製作所電子技術部であった。

当時、最後のN- II ロケットが打ち上げられ、また、H- I ロケットが最初に打ちあがろうとしていた時期でもあった。

H- I ロケットと言えば、「国産化率向上」「慣性誘導装置は国産化」であり、種子島宇宙センタにもまだ、マグドネルダグラス社が居られた時期であった。

但し、H- I ロケットも打上っていないのに既にH- II ロケットの開発が進んでいると言う、今ではちょっと信じられない昭和60年でもあった。

H- I ロケットは順調に全て成功し、次のH- II ロケットがいよいよ国産化率100%になるんだと言う、何かしら最終目標はあくまでも国産化率100%という言い方が多く印象に残っています。

それでも平成3年の放送衛星ゆり3号bの打上成功は欧州アリアンロケット、米国アトラスロケットが相次いで日本の放送衛星搭載で打上が失敗した後だったのでH- I ロケットは信頼ある失敗しないロケットであると確信した時期でもありましたね。

次のH- II ロケットが国産化率100%、次のH- II Aロケットがコストダウンと評され、その流れに沿ったかのような出来事が、あまり知られていない話と思いますが、

H- II ロケット初号機搭載「OREX(軌道再突入実験機)へのH- I 慣性誘導装置の流用」
であった。

H- I ロケットの慣性誘導装置には常にバックアップ品が作られていたため、H- I ロケットの最終号機が打ち上げられると必然1式余るわけで それをOREXに搭載するという資源の有効活用である。

但し、流用と言えどもIGC、IMUはそのままOK。DIUは改修が必要となり、名前もCIUと変えたのですが、やれ環境条件が違う、OREX自体のバックアップはどうするのか(結局 IGCとDIUはH- I ロケット慣性誘導装置のPM品流用)、運よく2台バックアップ品のあった搭載予定のIMUが途中で故障し、別のIMUに変えたと言う、H- I ロケットの最後のバックアップ品を如何に有効に使用したかと言う工夫がありました。(新聞記事を読めば、こういうことはあまり表に出てこない話ですが)

N- II、H- I 射点もJ- I ロケットの射点に使用したなどなど。

H3ロケットでは 最初はH- I からH- II のようなかぶらないスケジュールではなく、H- II A、Bと並行して使用するようですが、H- II A、H- II Bの最後のバックアップ品の扱い(有効活用)も今後のH3ロケットミッションの重要な課題ではないかと思います。

最後に、小生、H- I ロケットで中核を担われた先輩OBの方々と違い開発等の思い出はあまりありませんが、2年前の審査会の後に、MHI OBでH- I ロケットの中核を担われた山崎さんをH- I 射点の崩れた残骸に連れて行ったときのことが印象的だったなあ。

「わしが一番心血注いだのはH- I ロケットなんや。悪いけど、ここをバックに記念撮影してくれへんか！」

「H-I ロケットの思い出」

H-I ロケットの思い出は、2段開発に携わって初づくしの作業の連続であったことである。

- ①田代試験場での厚肉タンク燃焼試験(BFT)／実機型タンク燃焼試験(CFT)
- ②2段液酸／液水タンクの共通隔壁の温度制限を守った充填手順の確立
- ③種子島宇宙センターH-I 射点での打上げ

まず、田代試験場での燃焼試験は、冬季積雪1m以上の場所で、通勤も含め、まず除雪をしてからの作業を始めることなど、名古屋では考えられなかった。

厚肉タンク燃焼試験では、エンジン(LE-5)との組合せ試験で、初めての液水(LH2)の取扱い、エンジン燃焼試験条件作り(エンジン予冷)、等、回りの経験者の意見を聞きながらの試験で、いい経験ができたと思っている。

特に再着火試験の条件作り(フィードライン温度の設定)に苦労した(手順作り)。

実機型タンク燃焼試験では、2段タンク共通隔壁の温度制限を守った充填手順の確立に、制御卓近傍に、「温度モニタ用マルチメータ」を設置して、温度を見ながらバルブの開度を調整してタンクの予冷をするという運用を確立したことである。

このやり方は、射場での充填作業にも同じ運用が適用された。(～H-II迄)

種子島宇宙センターでの作業は、新設のLOX/LH2貯蔵設備、既設のGHe/GN2貯蔵設備、新設の推進系制御卓(2段)での作業で、それまで(N-I/N-II)と比べ、格段の複雑さとなり、田代試験場での経験を活かしつつ、手順書作りを行い運用できたことである。

特に関係各社の運用担当には、「感謝・感謝」です。

作業においては、窒素も凍りつく液水温度の為、氷の不具合(閉塞)があったり、真空断熱配管の真空劣化(洩れ)とか、水分混入に対する対策(パージ、置換、他)が確立されたと考える。

H-I ロケットの打上げは、打上げ時期が制限されていた為、冬季の強風・悪天候／夏季の台風接近、等(機器の不具合)で、計画日の打上げが一度も達成出来なかった(9機)。

一番印象に残っている打上げ延期は、H20F号機(ひまわり4号)に起った「1段VE不着火不具合によるX-2秒ME点火せず」である。

未だかつてない事象で、何が起きたか皆目わからなかったことを記憶している。

但し、原因究明、対策を打ち、約1か月後に無事打上げは成功した。

最後になりますが、この苦労の経験が自分を育ててくれて、今までロケットに従事できたと考えているので、H3を担当される方は、苦労をいとまず前進して頂きたい！

H-I ロケット30周年によせて

ブロックハウス地下のテレメータ室でテストフライト1号機のLE-5エンジン再着火時の燃焼立ち上がりデータを息を詰めて見つめていた瞬間がもう30年前という事になりますが、その時のシーンはやはり記憶に焼き付いています。

当時は直接参考となるフライトデータもあまりない状況下でしたが、液体水素／液体酸素の推進システムで長秒時の慣性飛行後にタンク内に少量しか残っていない推進薬で再着火に初号機から挑むという意気込みで、技術探求への気運が広く共有されていました。

地上試験は尽くしていたものの、それでは判らないフライト特有の現象が何か起こるのではとの危惧が打上げが近づくにつれて増し、慣性飛行の2000秒をテレメータ室でさぞ長く感じながら過ごすのだらうと覚悟をしていましたが、いざ本番となってみるとそんな考えを巡らしている暇もなく上述の緊張した瞬間がやって来ました。

その頃は狭いテレメータ室に縦型のアナログペンレコーダが上下左右にぎっしりと並び、だいたい4台(30チャンネル前後)分のレコーダを1人の担当がモニタしていました。

慣性飛行に入るとデータ受信が一旦途切れるので、その間にそれまでのデータが記録されたロール紙を外してシートを引き出しながら一定の幅で折り畳んでいく手筈となっており、シートの端に書き込まれた時刻を示す2進法のタイムコード読みと要所データのチェックもやっているうちに意外と時間が過ぎて行ってくれていた、という次第です。

シートの折り畳みや残量の見極め以外に、レコーダの送り速度の切替えやデータ読取りのための三角定規セットと縮尺スケール、電卓がなくてはならないスキルとグッズという時代でもありました。

射場インフラはH-I 第2段用に一部改修されていましたが、従来の基本構成のまま極低温推進系特有の長時間オペレーションが持ち込まれましたので、ブロックハウスの要員は休憩／仮眠室はおろか冷蔵庫や自販機もなくトイレも地下に1か所だけという、持ち場以外に居る場所がほとんどない閉鎖空間でのサバイバルやさまざまな身体修練を経験することになりました。

今では考え難いでしょうがブロックハウスの玄関には灰皿が置かれており、打上げの数時間前に防火扉が閉められると扉の内側にこれが移されて、地下へ通じるラセン階段に喫煙者が人の通る幅を開けて立ち並ぶというのが恒例ともなっていました。

移動式の整備棟であったMSTでも、退避させずにリハーサルを行った際は上階まで状況確認に行く役割があってエレベータを使わずに外階段を延々と昇ることになるのですが、確認報告を待ち遠しくしているブロックハウスが監視カメラで追跡しており、階段の途中で一休みしようならすぐ見つけられてしまうので、息が切れて脚が張るのをこらえながらも済々と昇る姿を装う努力が必要でした。

また、第1段にRJ-1燃料が充填された後は推薬監視というタスクが始まり、定時間毎にサイトゲージとMST内に吊るされた棒温度計の記録をとりに行きましたが、深夜の静けさの中で足音の反響やエレベータの作動音を聴くのは誰も居ない筈なのですが、ちょっと不気味なものがありました。

一方、機体は直径2.4mという今からしてみると小振りのサイズでしたので、第2段のエンジン部にアクセスするには段間部の狭い開口部を体を反らせて出入りしなければならず、中に入っても機体に身体をぶつけないように所々に置かれた通称サルの腰掛と呼ばれる仮設板を横歩きの伝い渡って行くという軽業師的な身ごなしが要求されました。

ただそういった事もむしろ幸いして、ソレノイドバルブや気蓄器の過熱度、チェックバルブのチャタリング音、配管の霜付き、ページの吹き出し量感覚、というような5感に伝わる形で悟れる技術的知見を射場運用のフェーズであっても多く気付かせてくれた機体がH-I ロケットではなかったかと、改めて思い返すことができます。

H3ロケットの開発ではさらに機体規模が大きくなって物理的に5感が及ぶ範囲を超える事で苦心する側面が増えるかも知れませんが、H-I ロケットから続く技術成果の30年に亘る蓄積は膨大なものがあり、これらを活用する事で課題を克服し開発が玉成されていくものと大いに期待をしています。

① ② ③ BH横の要員控室前はお決まりのスナップ写真撮影場所でした。



①要員控室前1



②要員控室前2



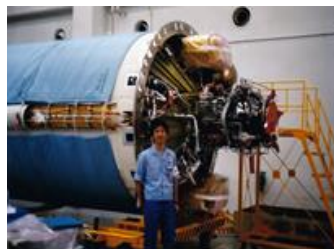
③要員控室前3

④ BHの地下にあったテレメータ室。打上げ時は要員がひしめき、椅子を並べる余地も少なかったことから、床に直接座り込んだりもしていた。



④BH-TM室

⑤ OSO2の1階(現倉庫エリア)で搬入後の機体横置き点検がなされていた。



⑤OSO2 1F

⑥ 重量軽減のため無ペイントの機体仕様となったF22、移動後のMST上階から。



⑥F22

三菱重工業(株) OB
中川 稔彦

「H-I ロケットの思い出」「H3ロケットへの期待」

副題:「お立ち台の悪夢」

それは忘れもしない、今から24年前に起こった紛れもない真実である。平成4年2月3日未明、大崎射場のブロックハウス地下での出来事である。H-I ロケット最終9号機の打上げを目前にした最終点検作業中でのトラブルであった。

以下に簡単にトラブルの概要を述べる。実際、3つの事象が立て続けに起こったのである。(GCE:誘導系制御監視卓<地上設備>、IGC:慣性誘導計算機、IGP:慣性誘導プログラム、IMU:慣性センサユニット)

4:31 IMUのフライトモードからホールドモードへの移行確認不可

5:46 IGPからの打上げ中止メッセージ出力(メモリサムチェックエラー)

7:45 GCE~IGP(IGC)間通信不能

これらの詳細な経緯は省くが、原因は機体近傍に設置されたGCE~IGC間の通信に使用していた光-電気変換器の異常によるものであることが判明し、最終的には、当該部品とその周辺回路基板を交換し、また、万一の再発に備えた緊急復旧手順を確立して、最終カウントダウンの再開にこぎつけ、2月11日に打上げは無事成功した。やっと終わった、というのがまさに実感であった。

その間の対策作業は壮絶を極めるものであった。1週間以上にわたり、徹夜の連続で、自分も含めた当事者たちは食事もろくにとらずに奮闘し続けたのである。何よりも、NASDA(当時)や衛星の関係者、MHIや関連メーカーの関係者を前に、日々状況の説明と次なる対策を練る毎日であった。(針のむしろ状態)

当時、お立ち台と呼ばれ、誰もがそこに立ちたくないという思いが強かった白板(ホワイトボード)の前は、例えば悪いが黒山の人だかりと化した。生涯あのような辛い思いは2度としたくないものだと思っている。

だが、不思議なもので、あれだけ苦労したのに、苦しかったことよりも、H-I ロケットとして、9機連続すべて成功できたことの喜びのほうが強いのである。

続けて開発されたH-IIロケット、H-IIAロケットにも参画させて頂いたが、ご存知の通り、H-IIロケットでは2機の失敗、また、H-IIAロケット6号機でも打上げに失敗していることを思えば、H-Iロケットは国産初の大型ロケットではあったが、海外技術の導入で始まったN-I、N-IIロケットと比べても、出来映えは遜色なかったように感じているのは自分だけであろうか。

次世代の新型ロケットH3は今まさに開発の正念場である。現役を退いた身とは言え、外部評価の立場として、是非とも開発の玉成に貢献したい。過去の経験は決して自慢できるようなものではないが、あらゆるところに目と気を配り、例え五月蠅い爺と呼ばれても、時に厳しい指摘も辞さない覚悟である。

あと4年もすると、H3初号機が大空に舞い上がる(筈)。東京オリンピックも勿論成功して欲しいが、我々の関心事はやはりH3ロケットである。格安ロケット、打上げサービスが乱立する厳しい時代にあって、ただ安いだけではなく、最高の信頼性と打上げの自在性をもった素晴らしいロケットに仕上げたいと心から願う。

ロケットに少なからず携わった一人として、今後の宇宙開発が楽しみでもあり、また不安も大いにあるが、前を向き、時に後ろも振り返り、次代を担う人々に是非とも頑張ってもらいたい。苦しみは一時であり、成功の後に喜びあり。

H3ロケットよ、大きく羽ばたけ

私は、H-Iロケットの開発真っ盛りの昭和56(1981)年に三菱重工業に入社しました。幸運にも宇宙機器部に配属され、H-Iロケット推進系の開発に携わることとなりました。

H-Iロケットは、国産開発で技術課題は多々ありました。開発の目玉は以下だったと記憶しています。

第2段液酸液水推進系システム開発(含むLE-5エンジン開発)

国産誘導システム開発(DIGSからの自立)

第3段固体モーター開発

第2段推進系開発は当時日本にとっては、最新技術へのチャレンジ開発でした。液酸(LOX)は既に第1段の酸化剤として使用していましたが、液水(LH2)は初めて取り扱う推進薬でした。絶対温度20K(-253°C)の世界は新しい知見のかたまりでした。

空気も凍る/最少着火エネルギーが0.02mJ(静電気で着火・爆発)/炎が見えない 等々

技術取得の為に多くの基礎試験を実施してきました。今でも活用している田代試験場での燃焼試験を始めとした各種推進系開発試験。今は無き角田宇宙センターに設けられたタンク熱特性試験設備(TETS: Thermal Environmental Test Stand)を使用したタンク及び推進系開発試験。長崎研究所における極低温機能検査装置を使用した推進系コンポーネントの開発試験。それらの多くに私は参画することができました。

開発の集大成は何と言っても種子島宇宙センターにおける試験機1号機の打上でした。打上に際しては2段推進系の高圧ガス系オペレータ(PRC: PResurization Console)を務めました。大崎射点の土饅頭(ブロックハウス)の中で打上を体験しました。その時の感動は今でも忘れられません。以降H-II、H-IIA/Bロケットの開発/打上まで実施した私のロケット人生の支えとなっています。

H-Iロケットで学んだことは、H-II、H-IIA/Bロケットへ引き継がれ大きく発展してきました。そして今、世界の一流ロケットに負けないH3ロケットを開発しています。関係者の皆さんは苦勞も多いと思いますが、30年前のH-Iロケットから大きく発展してきた日本の大型液体ロケットを更に飛躍させて下さい。

未来を担う子供たちを始めとする宇宙開発に期待する多くの日本国民の夢をかなえて下さい。

三菱重工業(株) OB
中菱エンジニアリング株式会社 大江副事業部長
並河 達夫



FUJICOLOR HR 85

熱特性試験のためのTETS熱真空槽への第2段実機
型タンク搬入作業
【角田宇宙センター 旧TETS】[昭和60(1985)年2月
21日(木)]

忘れ去られたH- I ロケット、藤田所長のご英断により、打上げ30周年記念企画展の開催、心から感謝しています。

MHIIに入社後ミサイル開発に従事していましたが、科技庁宇宙開発推進本部が設立され、社内に於いても技術者を防衛産業と宇宙開発に分割しました。

私の宇宙開発のスタートは、伊豆七島の新島でのSB- II 型の打上げと記憶しています。当時は防衛庁の新島試験場で空対空ミサイルの発射実験を実施していました。

1967年竹崎射場のLSC打上設備の建設工事で、種子島上陸です。現在では「世界一番美しいロケット基地」とも言われていますが、始めて目にした竹崎海岸からの景観は、今でも鮮明に記憶に残っています。

竹崎射場では、LSC8機の打上げ、Nロケット2段の実機燃焼試験等担当しましたが、毎日襲ってくる砂嵐には参りました。

1970年にNロケットの開発がスタート、米国のデルタ-ロケットの技術を習得する為に、マクドネル・ダグラス社に赴き、技術指導を受け、1977年に日本初の静止衛星「きく2号」の打上げに成功しました。

大崎射場での打上げはN- I ロケット7機、N- II ロケット5機の打上げに従事、N5F打上げで衛星分離直後に3段目が衛星に追突する不具合が発生しましたが、打上げ自体は成功です。

H- I ロケットは5号機迄を担当しました。Nロケットの経験により、手順書の重要性を感じ、打上げの経験のない隊員でも手順書に従い作業を行えば必ず成功すると後輩を指導しました。

私が恵まれていたのは、当時宇宙開発の分野で技術者不足なのか、2段の開発試験・射場設備(AGE含む)の据付調整・発射整備作業手順書の作成・打上作業と一貫して担当した事が打上成功に繋がったと思っています。

H- I ロケットの開発試験で一番苦労したのはMHI田代試験場での2段エンジン(LE-5)と2段厚肉タンク(BFT)を組み合わせた燃焼試験でした。

通常田代試験場は12月から翌年4月迄は閉鎖していましたが、H- I ロケットの打上げ成功率を100%にする為には更に追加燃焼試験が必要とNASDAロケットグループと協議し認められた為、12月~4月も試験を続行、試験場迄の山道は朝3時頃から除雪、コントロールルームの燃焼状況監視窓からエンジンを監視が出来る様に燃焼試験準備が完了した試験隊とNASDAロケットグループの皆様がスコップを持って除雪する毎日でした。満足するデータが取得出来た時はこれでH- I ロケットの打上げは成功すると試験隊全員が確信しました。

H3ロケットは1段エンジン(LE-9)のクラスタ化です。今月13日に田代試験場で報道陣等に公開燃焼試験を実施しました(自信のあらわれです)

2020年が楽しみです。

【H-I ロケットの思い出】

・H-I ロケットTF#1号機の2段ロケットシステムは、推進薬に液酸(LOX)・液水(LH2)を用いた新規開発の2段エンジン(LE-5)を使用した新型ロケットでした。

打上げ当日、リフトオフ(X時刻)のX-420秒からターミナルカウントダウンが開始され、1段電源システムが地上設備からの外部電源からロケット搭載電池(内部電源)に切り換えられ、カウントダウンが進行していく中で、液酸・液水の温度が実測値と予測値で約2度程度違うと推進システムおよびLE-5エンジンの開発主担当者間で激論となり、結局打上げ延期となりました。

その時の教訓として、開発者は、強い信念・責任を持ち、妥協を許さないことの重要性を学んだと思います。

・H-I ロケットTF#1のリフトオフ直後のデジタルデータをN-II ロケットと同様に打ち出し、ロケット打上げモニタを見ると未だH-I ロケットと整備棟が映っており、ロケットが整備棟にぶつかるのではと頭の中を過った思い出があります。

後で振り返って見ると、H-I ロケット打上げ時の総重量がN-II ロケットに比べて増え、1段ロケットの推力が同一なので、リフトオフ直後のロケット上昇速度が遅くなっただけでしたが、それ以外に心配事があったのかも知れません。

・最近の打上げでは、雷雲の影響で打上げ日の変更がありますが、H-I ロケットを打ち上げていた頃は、降雨および雷鳴・雷光の中で打上げ当日のターミナルカウントダウン作業を行っていた思い出があります。

その頃は、雷雲の影響に対する警戒心、知識が乏しかったのかも知れません。

【H3ロケットへの励ましの言葉】

・H3ロケット開発は、『世界一流の安全性・信頼性』、『低コスト開発および打上げコスト50%ダウン』および『柔軟な顧客対応』と厳しい開発課題が与えられた難しい開発であると思料しますが、諸外国のロケットを凌駕するロケットを私たちが開発する気概と信念を持ち、頑張ってください。開発を通して、苦労を楽しみ、達成感を味わい、今後の糧となる何かを掴み取ってください。

三菱重工業(株) OB
JAMSS
山本 傑士

H-I ロケットと大崎射場

1986年(昭和61年)8月 H-I ロケット初号機の打上げが成功し国産大型ロケットの幕開けとなった。その半年後にN-II ロケット最終号機が打上げられて有終の美を飾った。

H-I ロケットは2段エンジンLE-5や慣性誘導装置NICEなど新たに開発された多くのサブ・システムや機器を搭載しており、従来のN-II ロケットとは似て非なる斬新な機体である。この2つの異なる型のロケットを同時期に打上げることが容易ではない。

しかも、射点は諸々の事情からN-II ロケットと共同で大崎射場を使用することになった。

大崎射場の設備・AGEおよび発射管制室は1式しか無いので、ロケットの型式に合わせて限られた時間内で切り替え工事を行いその検証を行わなければならない。

現実には表の如くH-I GTVを含めてN-II /H-I ロケット6機を3年間にわたって交互に打上げるという最悪のパターンとなった。

N-II/H-I ロケット打上げ順			
打上げ順	型式		打上げた日
N-13F	N-II		1984(S59)-8-3
GTV(Y-0)		H-I	1985(S60)-7-8
N-14F	N-II		1986(S61)-2-12
H-15F		H-I	1986(S61)-8-13
N-16F	N-II		1987(S62)-2-15
H-17F		H-I	1987(S62)-8-27

対象の上記6機のミッションはすべて成功した。

しかしながら、その舞台裏で頑張った切り替え工事関係者の仕事は「当然の任務」として特筆されることは無かった。(この度、彼等の功績を披露する機会を頂戴したことに感謝)

今また、新型ロケットの開発が進んでいると伺ってまことにご同慶である。

何十年にしか巡って来ない新規の国家的プロジェクトに関わっている方々は幸運であると悟っていただきたい。何故なら「生涯の誇りとなる」べき仕事なのだから――。

老婆心ながら、その方々に私の体験に基づくコメントを2つ申し上げる。

- 1、新型ロケットが現在のH-II A/Bロケットと同時運用されるならば、上述の話を思い出してほしい。
- 2、N-16Fのように従来ロケットの最終号機の場合は「予備品の枯渇」が作業の足枷となる。

ii . H- I ロケットへの思い

旧日産自動車(株) OB
(株)IHIビジネスサポート 伊藤 勝弘

旧日産自動車(株) OB
(株)IHIエアロスペース 木口屋 誠悟

旧日産自動車(株) OB 二宮 一芳



「H-I ロケットの思い出」

今から30年前、当時25歳の私は主に固体補助ロケットブースター(SOB)や第3段ロケットモーターの製造・組立作業を担当していました。

当時の日産自動車宇宙航空事業部荻窪工場でSOBケースや関連部品の加工・組立、SOBノズルの加工・接着作業、日本油脂武豊工場でのSOBノズル組付け及び耐熱用コルク接着作業を行っていました。一連の作業が完成すると種子島に本体、各部品を発送し射場での最終組み立て作業が開始されます。

SOBは種子島宇宙センタの固体ロケット試験棟に搬入され最終組立て・各種機能試験を行い大崎射場に運び込み第1段ロケットに組付けが行われました。

第3段ロケットは非破壊試験棟に搬入後、モーターの状態をX線・超音波による非破壊検査・ノズル組付け・各種組立を行いスピン試験棟へ運び込み引渡しを行いました。

H-I ロケット整備棟では、全段組立後、最終の結線(電気系・加工品系)、各種点検作業を行い打上げへ。単品の加工から各種試験・組立を経て感動の打上げまでの作業完了です。ロケット整備棟がゆっくりと移動しH-I ロケットが徐々にその姿をあらわします。打上げの瞬間の次に感動的な瞬間です。その後、数時間の時を経て、大崎射場にカウントダウンが響き渡ります。

当時、数時間の待ち時間を経て打上げの瞬間を待っていました。10・9・8・7……3・2・1轟音と共にゆっくりと機体が浮上がり急加速で空へ…感動の瞬間です。多くの苦難・苦労も飛び散ります。この仕事に携われて良かった。Nロケット8号機で初めて打上げに携わってから何度見ても何時も思う事です。

H-I ロケットからTL(タスクリーダー)を経験し多くの人と接し、伴に仕事を行い、時にはお酒を酌み交わし楽しい時間を種子島で過ごしました。H-I ロケットでの経験が私の人生での成長への土台となったと思っています。H-II Aまで携わっていましたが、今は残念ながら打上げには携わっていません。機会があれば再び打上げの瞬間を味わいたいと思っています。

H-II からH3へロケットも大型化、能力向上型、コストダウンへ夢も大きく、世間の期待も大きくなり大変だと思えます。しかしこれにより技術者・技能者が成長し次のステップへ、これからも続くロケット開発へ期待を込めて打上げに注目していきます。ロケット打上げ関係者の方々これからも大変でしょうが頑張ってください。多くの人々に夢と感動を…。



旧日産自動車(株) OB
(株)IHIビジネスサポート
伊藤 勝弘

H-I ロケットの思い出

H-I ロケット 3段ステージの開発に今よりずっと気力、体力の充実した30歳前後の若い頃に関わりました。

H-I の思い出(1) 合同検討会

昭和57年7月からNASDA、MHI、日産(現IHIエアロスペース)による月1回ペース、1週間のインタビュー会議がMHI大江工場で開始されました。この資料作成のために休日に上司宅に誘われて、描きかけのA1ロール紙を会社から持参し、火工品、電装品艤装図を作成しました。しかし、集中できたのは午前の2時間だけで、午後になって焼き肉とビールが入ってからは仕事のことは頭から消え去り、飲み食いと雑談で1日が終わりました。上司の目的は最初から午後の部だったと後で気づきました。

H-I の思い出(2) ひまわり4号

平成元年8月9日の新聞ニュースで「衛星打ち上げ初の失敗」と報道されました。緊急自動停止が作動したので、致命的なことはなく、後日、衛星は打上げに成功しました。姿勢制御用補助エンジンのバルブが正常に作動しなかったことが原因でしたが、この影響で固体補助ロケット(SOB)のノズル外周耐熱材が損傷したため、修復のために急遽、出張者(5、6名)の編成となり私もメンバーのひとりになりました。お盆休みと重なっていたので、航空券は取れず、東京～鹿児島まで鉄道、鹿児島から高速船またはフェリーのどちらかで移動ということになりました。東京駅で朝一の新幹線で博多まで、特急に乗換えてその日は鹿児島泊まりでした。翌早朝、高速船の切符購入に並び、運よく購入でき、その日午後から大崎射場で作業ができました。今でも、「ひまわり」、「気象衛星」と聞くと、この一日半の大移動を懐かしく思い出します。

現在、2020年度のフライトを目指して、H3ロケットの開発が行われていますが、開発関係者の皆さんへは、H3のフライトを成功させ、開発時の苦労が、後々、懐かしい思い出となって語られることを祈念します。



旧日産自動車(株) OB
(株)IHIエアロスペース
木口屋 誠悟

H-I 火工品開発の思い出

H-I 火工品開発は昭和52年度のNロケット火工品の調査に端を発しています。

この中でIA社は将来の火工品システムとして従来の電気信号伝達方式から伝爆信号伝達方式(ETA)に変更すべきとの提案を行いました。当初は開発難度が高く予算面でも厳しい状況にあり、開発リスクの低いNロケットの電気信号伝達方式に傾きつつありましたが、NASDA内若手研究員の強い後押しもあり、H-I ロケットにETA方式の採用を目指し開発を進める事になりました。昭和53年度にETA火工品システムの基盤となる密封型導爆線(CDF)、鈍感型起爆管(ID)、隔壁型起爆管(TBI)を中心に開発が始まりました。火工品開発のイメージからは、火薬、爆薬の開発をイメージしますが、実際は部品加工技術開発の連続でした。CDFでは長さ2mの鉛素管を6,000mまで延伸する際、中心にある爆薬が偏心しない方法、IDでは1A1W不発火を達成するブリッジワイヤーの熱放散を決めるセラミックスの面粗度、又ID発火後の気密性を維持する金属とセラミックス間の接着技術等確立するのが開発の中心でした。これらの技術は大手ではなく中小企業の老オーナーが持っていました。最初は開発後の生産量が少ない事で各オーナーは協力を辞退するケースが多く見られましたが、日本の宇宙開発発展の為と再度お願いし受注のご承諾を得たと記憶しています。各オーナー共何回かのトライ&エラーを繰り返した後要求する機能を保持する加工方法確立しました。圧延を担当したある老オーナーは加工方法が確立した時、「これで俺もお国に奉公出来たか」とぽつりと言った一言に私は深く感動し、涙が止まらなくなった事を今でも鮮明に憶えています。

信頼性の高い火工品開発に成功した陰に加工技術のほか計測技術と検査技術もありました。CDFでは火炎の速度は7000m/sにも達するので、その速度を正確に計測する方法は市場には無かったのです。元々会社では昔から市販のセンサーを使わず(もっとも昭和30年代はロケットの圧力、推力を計測するセンサーも無かった)独自に開発して使用する流儀がありましたので、これが功を奏し7000m/sで走る火炎の速度を正確に μ s単位で計測出来ました。ETAシステムではこの伝爆信頼性が一番重要でCDFの製造過程から、製品納入まで各段階で爆速の正確な測定を行って来たのが、今日のETAシステムの高信頼性維持に貢献しています。

検査技術では火薬、爆薬が鉛等の金属中に存在する為、従来のX線では検査が出来ないので開発初期段階から中性子線による検査技術の開発に着手しました。開発初期の段階では東海村にある原研へ何回か足を運び研究者の中性子線に関する適切な助言を戴いたお陰で今の中性子線による非破壊検査技術の確立が図れたと思っています。

最後になりましたが、H-I で開発したETA火工品システムが、現在開発が進行中のH3にもより発展した型で取り入れられ、より信頼性の高いロケットが完成するよう心からお祈り申し上げます。

H-I ロケット上段モータ開発の思い出

H-I ロケットの開発は昭和53年度からですが、その前年度にN-改II ロケットの調査が実施されました。

N-改II ロケットの調査では第3段モータの要求条件(全長2040mm以下、直径1300mm以下、全質量2000kg以下で全力積535ton・sec以上)が必要なコンポーネントを開発する事で達成可能と報告をし、昭和53年度からH-I (N-改II の呼称改め)第3段球形固体ロケットの開発につなげる事ができました。

開発時に苦労したのはケースの熱保護の為に使用するインシュレーション材(EPDMゴム)とノズルスカート部に使用するカーボン/カーボン複合材の開発でした。

前者は当初それほど開発難度は高くないと思っていましたが、ゴム製造を担当するメーカーに協力をお願いに行った所、その後の生産量が期待出来ないので開発には協力出来ないと言われ一時途方に暮れました。その後自動車の研究所でラジエターに接続するゴムホースの耐久性を向上させる研究をしている事を知り、早速車の研究所と共同で担当メーカーに打診した所、即了解してくれたお陰で以後順調に開発が進みモータの構造効率向上に資する事ができました。

後者のカーボン/カーボン複合材の開発は苦難の連続でした。真空下での燃焼中ケースとノズルスカート部付近から鬼火のような青い淡い光が出る現象が発生しました。当初は原因不明でしたが、その後の調査で燃焼中3000度にも達するカーボン/カーボン複合材に接するCFRPからガスが放出され、これが燃焼している為である事が判明しました。

このアウトガスが原因でノズルスカート部が燃焼後半脱落する事故も発生し、以後ノズルスカート部の材質をBBMモータの時に採用したCFRP製に戻し無事開発は終了しました。

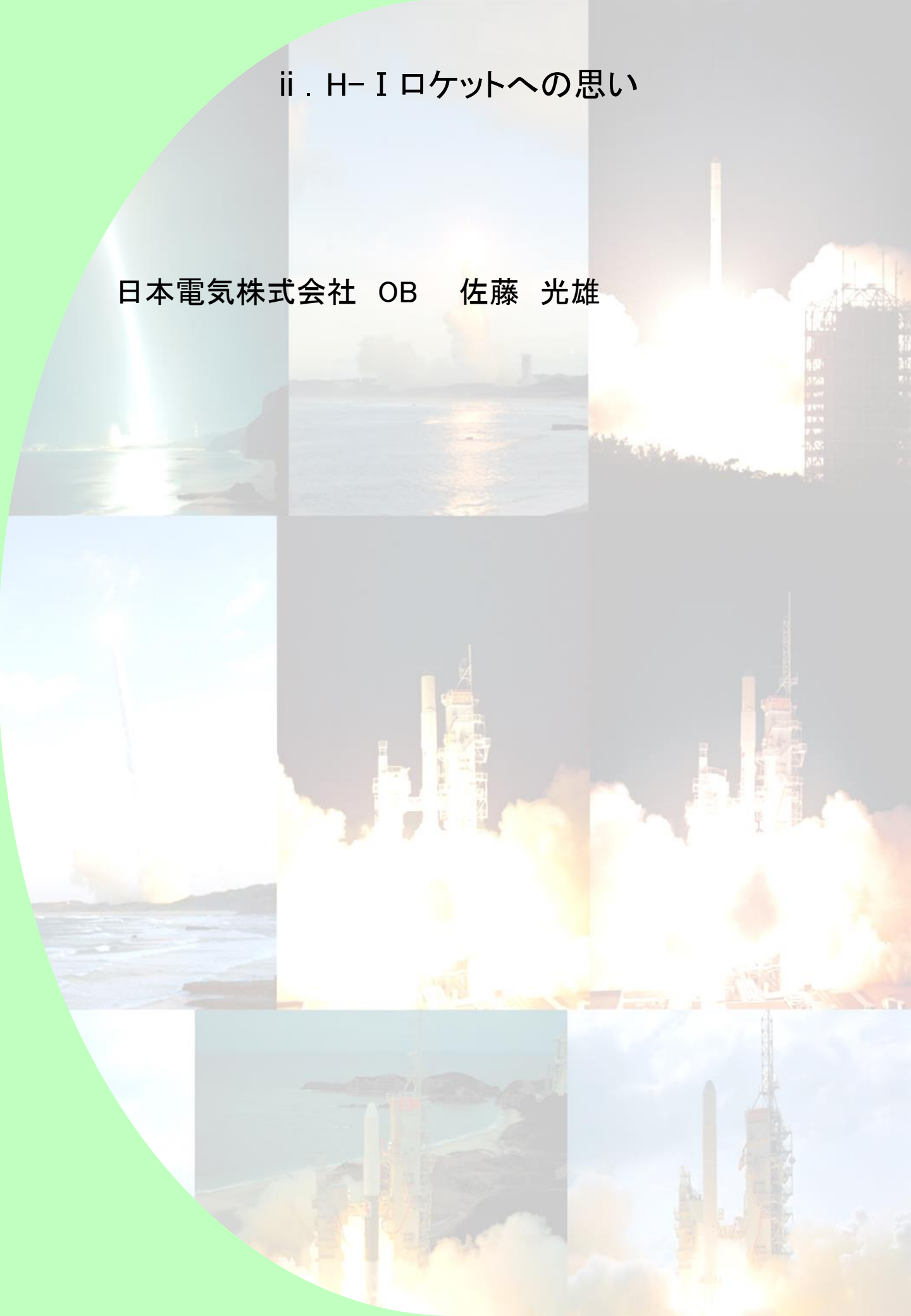
第3段モータ開発と並行してAKM(アポジーキックモータ)も昭和54年から開発が始まりました。当初は前方着火方式のモータで開発を進めましたが、昭和56年度から後方着火方式に変更し、性能向上を図りました。AKMの開発で一番印象に残っているのは、武豊地区でのBBMモータの燃焼試験です。燃焼中カーボン/カーボン複合材は3000度まで熱せられるので赤色から火炎と同じ白色になり、ノズルの噴出ガスとの区別が出来なくなります。燃焼の後半に一瞬フラッシュを焚いた時のような閃光が見えたが、その後も安定して燃焼していたので皆安心して見ていました。ところが燃焼終了した時ノズルスカート部が無いのに気づき皆啞然としました。その後の事は頭が真っ白になりどの様な行動をしたのか、良く覚えていません。

開発過程では何回か壁にも突き当たりましたが、完成したH-I 用第3段モータ及びAKMの性能は当時の欧米のそれと比べて遜色の無いものが出来たと思っています。

最後になりましたが、H3ロケット開発に携わっている皆様、H-II Aの信頼性を落とさずコスト面でも欧米諸国に対抗出来るロケットが無事完成されるよう心から応援申し上げます。

ii . H- I ロケットへの思い

日本電気株式会社 OB 佐藤 光雄



H-I 初号機打上げ30周年記念 おめでとうございます。

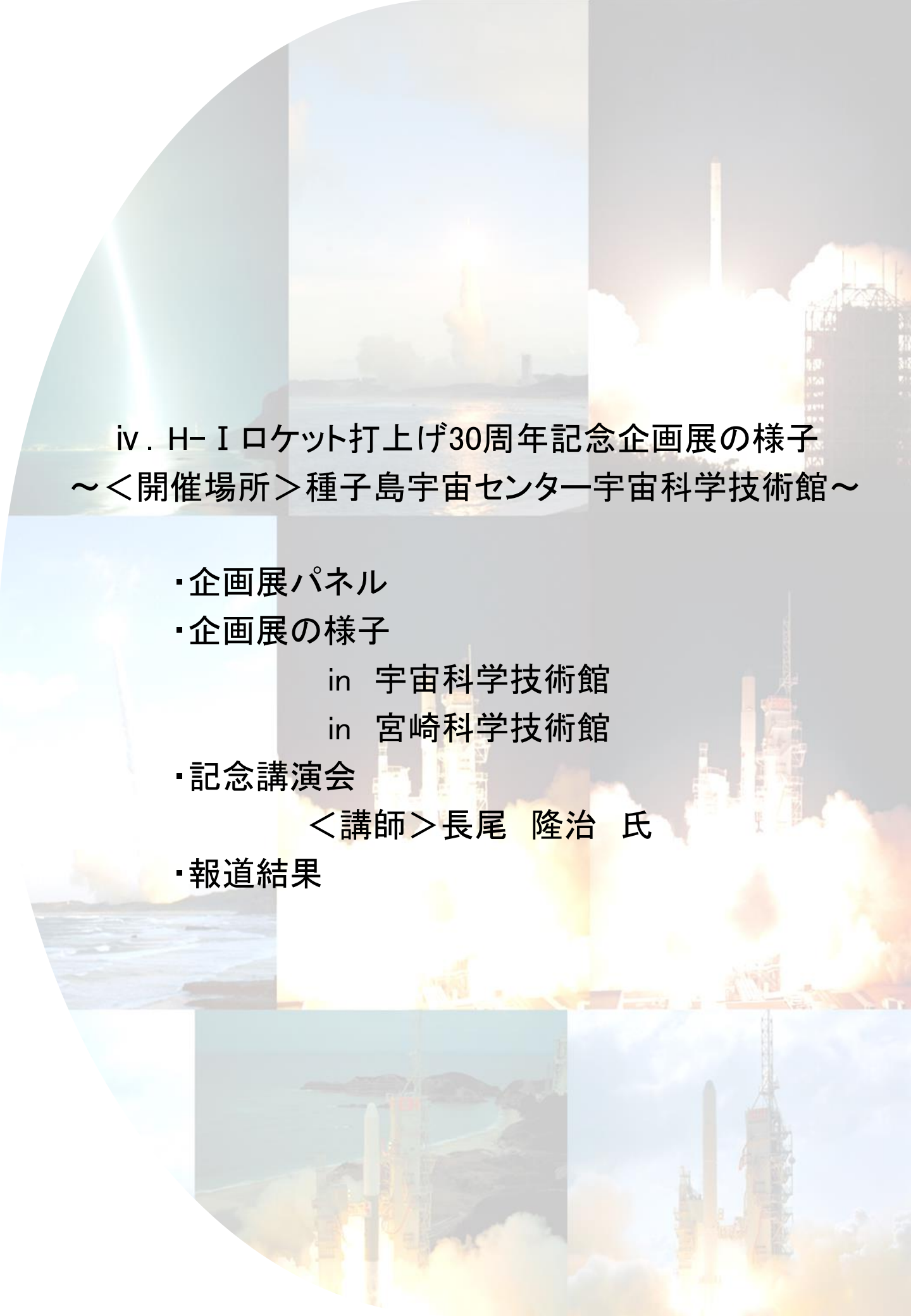
思い起こせば、1986年8月13日早朝、私は、H-I ブロックハウス(B/H)の中にいました。定かではありませんが、直前まで、雷警報が出ていて、打上げが危ぶまれていたと思います。しかし幸運にも警報が解除され、リフトオフ。

リフトオフ時には、B/H内でも振動と轟音が伝わってきたことが思い起こされます。リフトオフ後数時間たって、警戒が解除され、地上に戻り、打上げ成功を祝いました。あれからH-I のほとんどの打上げに際し、B/H内に立ち会い、最後のほうの数回のみ総員退避で竹崎管理棟に退避し、管理棟の前庭から、直にH-I ロケットリフトオフのオレンジ色の光を放つ光景を見学する(内心ドキドキでした)ことが出来ました。

H-I ロケットIGCは、全て良好に作動しH-I ロケットの打上げ成功に寄与しました。この技術は、H-II、H-II Aに引き継がれたと思います。

今後のH3ロケット開発成功に期待し、お祈りしています。

日本電気株式会社 OB
佐藤光雄

The background is a collage of four images related to H-I rocket launches. The top-left image shows a rocket launch over a body of water. The top-right image shows a rocket launch with a large plume of white smoke. The bottom-left image shows a rocket on the launch pad with a large plume of white smoke. The bottom-right image shows a rocket launch with a large plume of white smoke.

iv. H-I ロケット打上げ30周年記念企画展の様子
～＜開催場所＞種子島宇宙センター宇宙科学技術館～

・企画展パネル

・企画展の様子

in 宇宙科学技術館

in 宮崎科学技術館

・記念講演会

＜講師＞長尾 隆治 氏

・報道結果



・企画展パネル

1. H-Iロケットの概要

1 開発の背景

宇宙開発事業団(NASDA)(※JAXAの前身)が、実用衛星打上げ用として日本で最初に開発したのはN-Iロケットでした。N-IロケットをはじめとしたN計画は、宇宙開発における世界の流れに追いつくために、アメリカの技術を吸収して早く実用衛星打上げ用ロケットを完成しようというもので、その甲斐あってN-Iロケット・N-IIロケットは短期間で開発に成功しました。

しかしこの間、日本は自主技術開発を疎かにしていたわけではありません。将来のロケットには自主技術が必要であるということは、関係者の一致した考え方でした。一方、宇宙利用の発展に伴い、利用者からより大型の衛星への要望も高まりました。「将来の技術基盤の確立」と「大型衛星の打上げ要望への対応」この2つを目的として開発されたのがH-Iロケットです。

2 H-Iロケットの開発

N-Iロケットの初打上げが成功した1975年に、後のH-Iロケットのベースとなるエンジンの基礎試験が開始されました。その後、H-Iロケットの初打上げが行われたのは、1986年。H-Iロケットは、開発研究段階を含めて約10年の期間をかけて完成したのです。また、開発には約1600億円の費用がかけられたということからも、かなり大規模なプロジェクトであったことがわかります。

3 H-Iロケットの概要

H-Iロケットは、全長約40.3m、直径2.4m、打上げ総重量約140トンの2段式あるいは3段式のロケットで、重量約550kgの静止衛星を打ち上げる能力を持ちました。「大型衛星の打上げ要求への対応」はH-Iロケット開発の目的の1つであり、打上げ能力はN-IIロケットでは約350kgだったものから約200kg向上しました。

H-Iロケット開発のもう1つの目的である「将来の技術基盤の確立」に関しては、次の3要素を国内で開発したことが特徴として挙げられます。

- ・第2段ロケット(液体水素／液体酸素ロケット)
- ・第3段固体ロケットモータ
- ・慣性誘導装置

H-Iロケットの開発を通じて培われた技術は、初めて純国産化を果たしたH-IIロケット、そして現在使われているH-IIAロケット、H-IIBロケットの開発に活かされています。

4 打上げ実績

H-Iロケット2段式の試験機1号機は1986年8月13日、種子島センターより打ち上げられました。その約1年後、3段式の試験機2号機が打ち上げられました。

H-Iロケットは1986年から1992年の間に9基の打上げ実績(全機打上げ成功)をもってミッションを終了しました。



2. 第2段ロケットについて

1 第2段ロケットについて

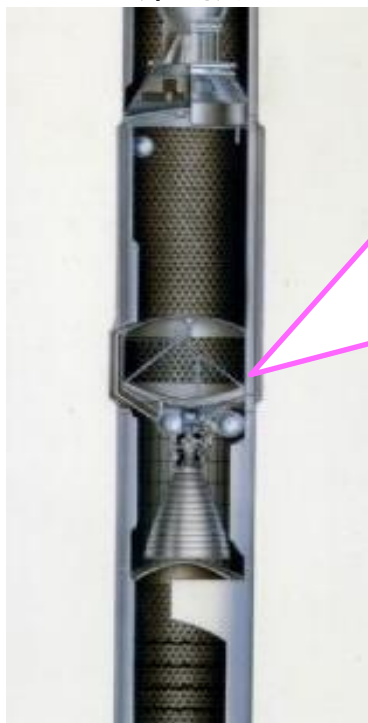
H-I ロケットの目玉の1つが、第2段ロケットです。

第2段ロケットは液体酸素と液体水素を推進薬としたロケットで、日本の自主技術による開発が行われました。新たに開発された第2段ロケットは、H-I ロケットの打上げ能力向上に大いに貢献しています。

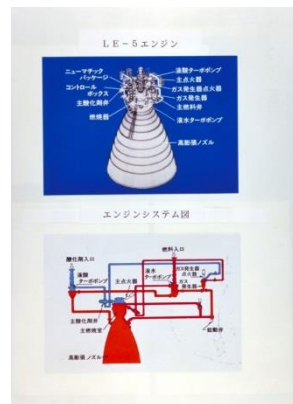
H-I ロケット



第2段



第2段 LE-5エンジン



2 第2段用ロケットエンジン (LE-5エンジン)について

第2段ロケットのうち新たに開発されたものの代表格は、第2段ロケットで使われるロケットエンジン(LE-5エンジン)です。これは、日本で初めて実用化された液体酸素・液体水素を推進薬とした液体ロケットエンジンです。LE-5エンジンには日本独自の始動方式(※)が採用されており、この方式によって信頼性が高まり、また宇宙空間での再着火機能が実現し、世界的にも注目されました。

(※LE-5エンジンは定常時はガス発生器サイクルで作動しますが、始動時に世界で初めて水素ブリードサイクルを採用しました。特別な始動装置がいらないこの方式は、予想以上に性能や特性も良いことが分かり、その後のLE-5A、LE-5Bエンジンでは始動時だけでなく定常時の作動方式としても採用されています。)

LE-5エンジンは、1972年～76年の調査・検討段階を経て、1977年度から本格的な開発が開始されました。開発試験(燃焼試験)は、宮城県の角田宇宙センター、秋田県の田代試験場を用いて実施されています。開発試験においては何度かのエンジン焼損事故を経験しましたが、大きな事故が起こることはなく、外国の例と比較しても極めて順調に開発が進みました。

LE-5エンジンを改良したもの(LE-5Bエンジン)は、H-II A、H-II Bロケットの第2段で使われています。

3. 第3段固体ロケットモータについて

1 第3段固体ロケットモータについて

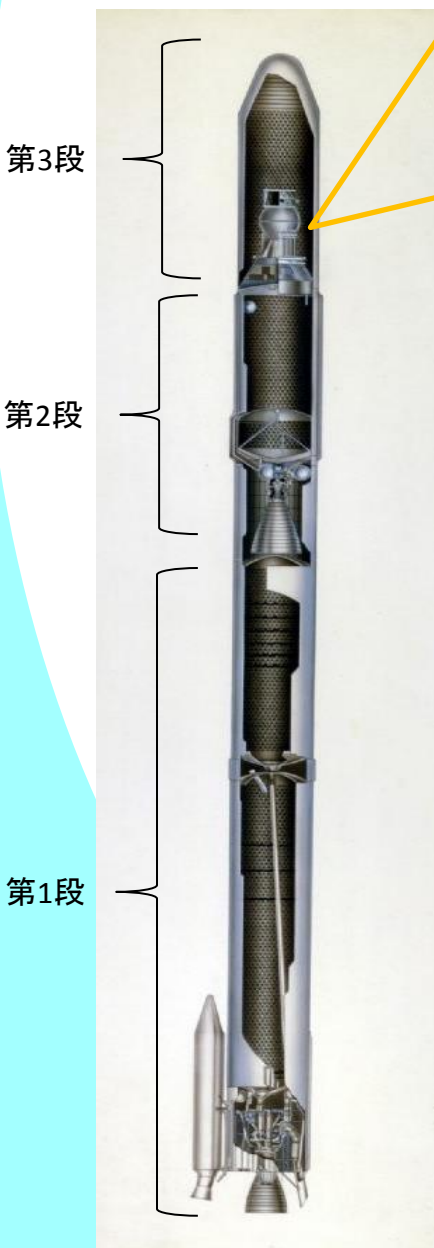
H-I ロケットには、静止衛星を打ち上げるための3段ミッション用機体(3段式)と、低軌道衛星を打ち上げるための2段ミッション用機体(2段式)の2種類がありました。

3段式の場合、第1段は液体燃料、第2段は液体燃料、第3段は固体燃料を使用します。この3段式の第3段のために、N-II ロケットまでは輸入品を使用していた第3段用固体ロケット・モータの国産開発が行われました。

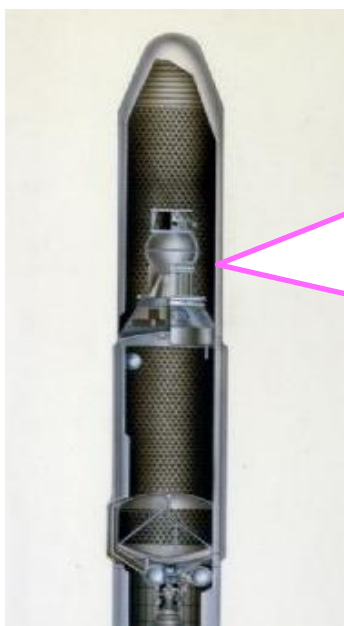
固体ロケット・モータとは、固体燃料を燃やして推進力を作り出すもので、液体燃料ロケットでいうロケットエンジンと同様の役割をするものです。

固体ロケット・モータの推進薬量は、N-I では560kg、N-II では1040kg、H-I では1830kgとなっています。

H-I ロケット



第3段



第3段ロケットモータ



2 第3段固体ロケットモータの火工品について

第3段のスピナップから衛星分離、タンブル・ロケット・モータ作動までの一連のイベントを火薬式タイマーで制御する「火工品シーケンシング・システム」を新規に国産開発しました。このシステムの開発により、N-I、N-II ロケットでは18個もあった電気起爆装置を4個に減らすことができました。

これらの起爆装置は第2段慣性誘導装置からの電気信号により起爆されるため、第3段に火工品用電力系統(電気式タイマー、電池等)が不要となり、第3段の信頼性・安全性・運用性が大幅に向上しました。なお、同様の火工品シーケンシング・システムは、米国のDデルタII ロケットの第3段に今でも使用されています。

4. 慣性誘導装置について

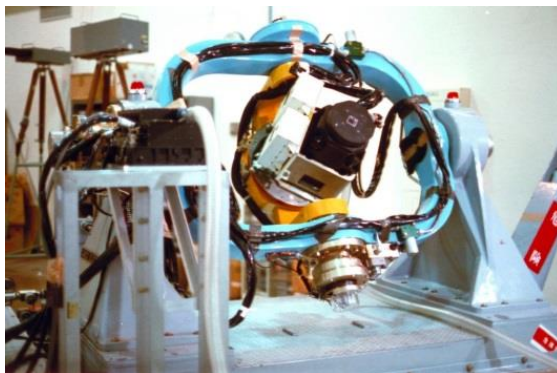
H-I ロケットでは、慣性誘導装置の開発も行われました。
慣性誘導装置とは、ロケットの「誘導制御」を行うための電子機器とソフトウェアを有するシステム全体の名称です。

ロケットの「誘導制御」とは、人工衛星を打ち上げ、目的の軌道に乗せるために、ロケットの飛行方向・速さを決められたコースやスケジュールに常に従わせ、またそのための操作をしながら計画通りのコースに沿ってロケットを飛行させることです。

N-I ロケットでは、地上からの電波信号によりロケットの飛行経路を修正する電波誘導方式が採用されていました。この方式は大掛かりな地上設備を必要とする等の問題があるため、ロケット自身で自分の位置や速度を計測して飛行経路を修正する慣性誘導方式が世界では主流となっていました。これを受けて、N-II ロケットでは慣性誘導方式を採用しましたが、残念ながらこの装置はアメリカからブラック・ボックスとして輸入したもので、打上げ現場でのオペレーションもアメリカ人技術者が主体となって行うというものでした。

このような状況から、自主技術による慣性誘導装置の開発が、第2段ロケット、第3段固体ロケットモータという2つの推進装置と並んで、重点開発項目に選定されたのです。

慣性誘導試験装置試験



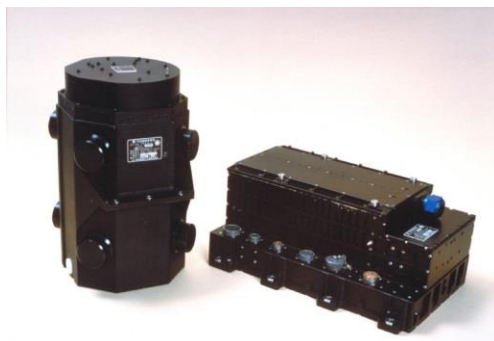
H-I ロケットの慣性誘導装置は、慣性誘導計算機、慣性誘導プログラム、慣性センサユニットなどにより構成され、それぞれ別の会社で開発が行われました。

慣性誘導計算機は1977年に開発を開始してから約7年の期間をかけて1984年に、また慣性センサユニットは1985年に認定試験を完了しました。

慣性誘導計算機



慣性センサーユニット

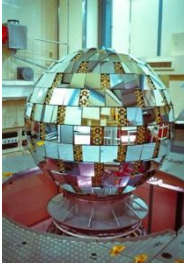


5. H-I ロケットで打ち上げた人工衛星

H-I ロケットで打ち上げた主な人工衛星には、次のものがあります。

試験機1号機

1986年8月13日



測地実験衛星「あじさい」
(EGS)

試験機2号機

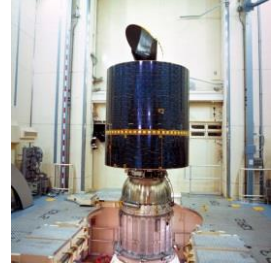
1987年8月27日



技術試験衛星 V 型「きく5号」
(ETS-V)

3号機

1988年2月19日



実験用静止通信衛星3号a
「さくら3号a」(CS-3a)

4号機

1988年9月16日



実験用静止通信衛星3号b
「さくら3号b」(CS-3b)

5号機

1989年9月6日



静止気象衛星
「ひまわり4号」(GMS-4)

6号機

1990年2月7日



海洋観測衛星1号b
「もも1号b」(MOS-1b)

7号機

1990年8月28日



放送衛星3号a
「ゆり3号a」(BS3a)

8号機

1991年8月25日



放送衛星3号b
「ゆり3号b」(BS3b)

9号機

1992年2月11日



地球資源衛星1号
「ふよう1号」(JERS-1)

6. H-I ロケットから未来のロケットへ

H-I ロケットは、1992年2月11日に9号機が打ち上げられ、これにより、H-I プロジェクトは全機打上げ成功という輝かしい記録をもって終了しました。

H-I ロケットに続いて、日本が開発した液体ロケットはH-II ロケットです。これは、悲願であった純国産化を実現したものでした。H-II ロケットは、H-I ロケット初号機の打上げが成功した1986年に開発が始まり、エンジンの爆発事故が起きるなど開発が難航したものの、1994年に試験機の打上げに成功しました。また、現在日本で使用されている主力大型ロケットはH-II AロケットとH-II Bロケットです。これらはH-II ロケットで培われた技術をもとに開発され、多様な人工衛星・探査機の打上げを行っています。

「将来の技術基盤の確立」を一つの目的として開発されたH-I ロケット。H-I ロケットの技術は、純国産化を実現したH-II ロケットに引き継がれ、H-II Aロケット、H-II Bロケットにも引き継がれています。またその技術を基盤として、現在新たな液体ロケット・H3ロケットが開発されています。H-I ロケットはまさに、未来につながるロケットの原点といえる存在なのです。

H-I ロケットからの主なロケットの流れ

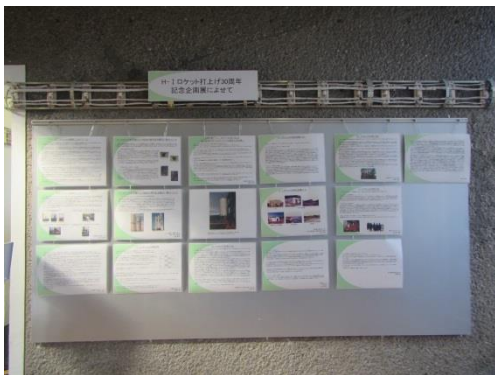
60m					
50m					
40m					
30m					
20m					
10m					
0m					
ロケット名	H-I	H-II	H-II A	H-II B	H3
運用年代	1986年～1991年	1994年～1999年	2001年～	2009年～	2020年 運用開始予定
打ち上げ能力*	550kg	2,000kg	2,000kg	8,000kg	6,500kg以上

*静止トランスファー軌道の場合



・企画展の様子

企画展 in 宇宙科学技術館



企画展 in 宮崎科学技術館

H-I ロケットの実物大模型が展示されている宮崎科学館と
コラボ展示を開催しました。



宮崎科学技術館



宮崎科学館の敷地内にある模型。
高さ40mのH-I ロケット実物大模型が、
シンボルとなっています。



・記念講演会

<講師>長尾 隆治 氏



H-I ロケット初号機発射指揮官

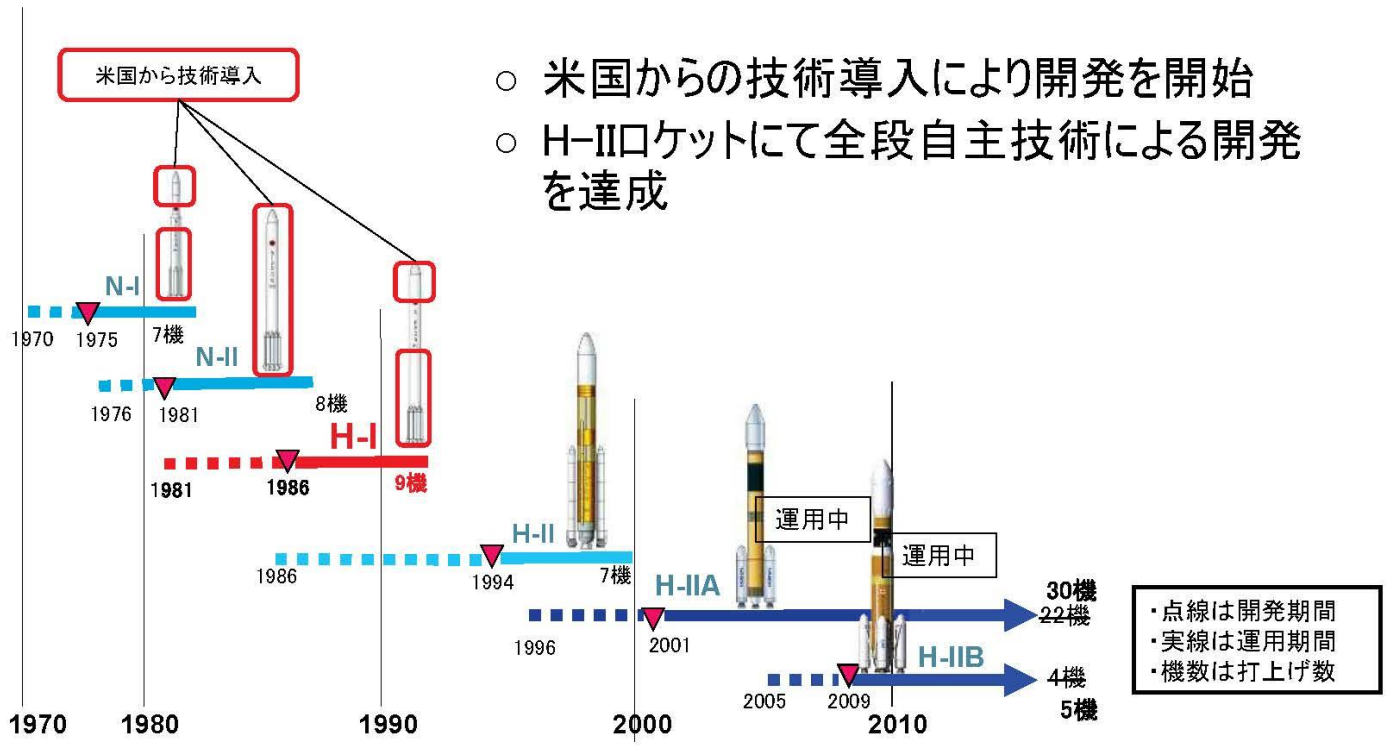
現 (株)コスモテック南日本事業部
取締役事業部長

前 JAXA種子島宇宙センター所長

講演会の様子



・記念講演会
資料



あじさい (+ふじ1号+じんたい) きく5号 さくら3号a,b ひまわり4号
 もも1号b (+ふじ2号+おりづる) ゆり3号a,b ふよう1号 (重さ1.34トン)

きく3号 ひまわり2号,3号 さくら2号a,b ゆり2号a,b もも1号(重さ740kg)

きく(1号) うめ,うめ2号 きく2号 あやめ,あやめ2号 きく4号(重さ385kg)



N-II

N-I

(平成25年9月4日宇宙利用部会資料を基にアレンジ) 我が国の液体ロケット開発経緯

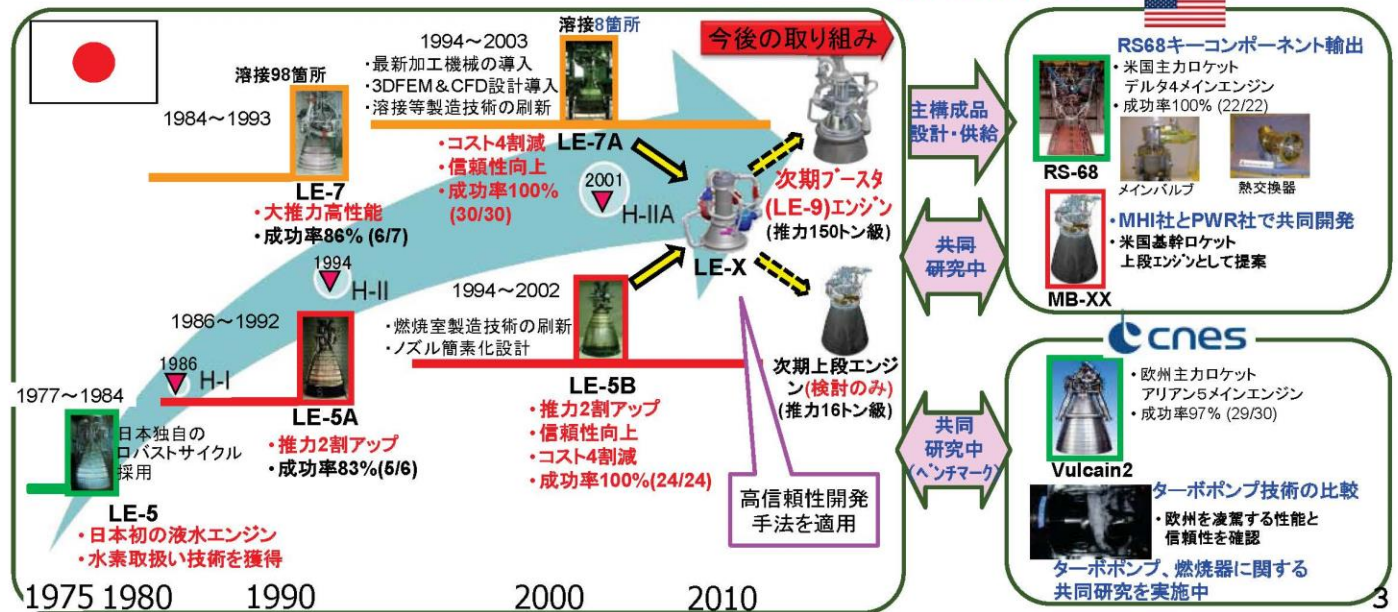


	N-Iロケット	N-IIロケット	H-Iロケット	H-IIロケット	H-IIAロケット	H-IIBロケット
ロケットの概要	米国の「ソーデルタ」ロケットを基本とし、 <u>2段の推進系のみ自主開発</u> 。	1段はライセンス生産。その他は米国から購入。 (主要自主開発アイテムはなし)	1段はライセンス生産。慣性誘導装置(部品は一部海外調達)、 <u>2段/3段推進系を自主開発</u> 。	全段自主技術開発 純国産ロケット	全段自主技術開発 部品等を一部輸入	全段自主技術開発 部品等を一部輸入
主要開発項目	2段	・LE-3エンジン(ヒドラジン系)	・慣性誘導装置 ・LE-5エンジン(我が国初の液水/液酸エンジン)	・慣性誘導装置(高性能化) ・LE-5Aエンジン(エンジンサイクル変更)	・慣性誘導装置(小型化・低コスト化) ・LE-5Bエンジン(簡素化・信頼性向上)	—
	1段	技術導入	技術導入	・LE-7エンジン(我が国初の高圧・大推力液水/液酸エンジン) ・SRB	・LE-7Aエンジン(簡素化・信頼性向上) ・SRB-A(簡素化・信頼性向上)	・1段大型(4m→5.2m)(摩擦攪拌溶接) ・1段エンジンクラスター
	固体ブースタ	技術導入	2段以上の火工品システムおよび第3段は自主開発	・フェアリング	—	—
	構造その他	—	—	—	—	・フェアリング(大型化)
打上げ能力(GSO)	130kg	350kg	550kg	2ton	2ton~3ton	4ton
開発費	約940億円(全号機の機体製作費含む)	約1300億円(全号機の機体製作費含む)	約1600億円(試験機1-3号機製作費含む)	約2700億円(試験機1,2号機分を含む)	約1532億円(0号機信頼性向上含む)	271億円(内、民間76億円)
運用期間	1975~1982	1981~1987	1986~1992	1994~1999	2001~	2009~
打上げ実績(失敗数)	7(1)	8(0)	9(0)	7(2)	30(1)	5(0)

(平成25年9月4日宇宙利用部会資料を基にアレンジ) (参考) 水素系エンジン開発の歴史と現状



1. 国産化を目指したH-Iロケットの開発以来、ロケットの心臓部として、35年にわたって空白期間を設けることなく開発を継続し、米国・欧州と同等以上の技術水準に到達。
2. 最新の設計・製造技術を取り入れ信頼性を高めつつコストダウン実現。LE-7A、LE-5Bは2001年の初飛行以来、ミッションに影響する不適合を生じていない。
3. 高い信頼性、コスト効率、性能は世界で認められ、欧米と共同研究、米国へキー・コンポーネント輸出
4. 次期エンジンは1/2段エンジン技術を共通化しリソース集中。最新の製造技術と高信頼性開発手法を適用し、我が国が培った高い付加価値を持つエンジンをさらに発展させる。(→H3第1段LE-9エンジンへ)



N-II ロケット



H-I ロケット



第1段



第3段



第2段



固体補助ロケット



大崎射場



現在



大崎指令管制棟(RCC)





2号機(3段式試験機) 5号機(ひまわり4号)

アレ?どこか違うよ……



発射管制棟(ブロックハウス)

<#>



MB-3主エンジン118回、コンポーネント113回

第1段液体ロケットエンジン燃焼試験(主エンジン)

LE-7主エンジン133回、LE-7Aシュエンジン122回



N-I/II、H-I 固体補助ロケット(SOB) 17回

固体モータ燃焼試験

H-II 固体ロケットブースタ(SRB) 4回

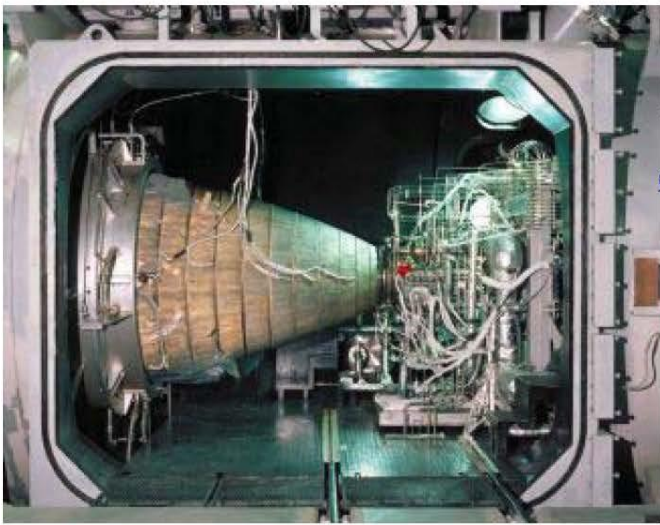


H-II A/B 固体ロケットブースタ(SRB-A) 14回



その他固体モータ試験 5回





角田試験場(宮城県)
(真空模擬試験) 155回

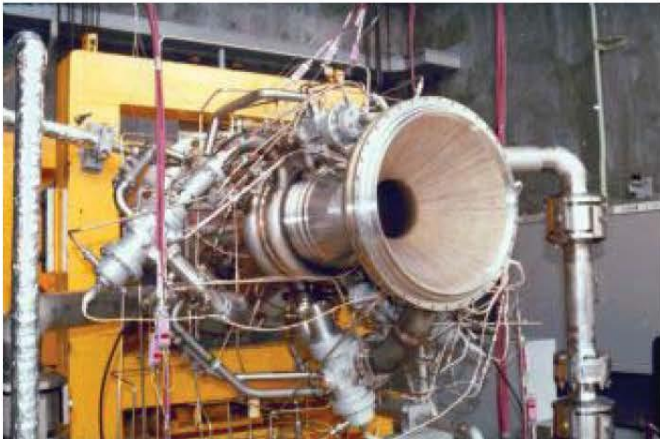
第2段液体
ロケットエンジン
(LE-5)燃焼
試験



慣性センサーユニット



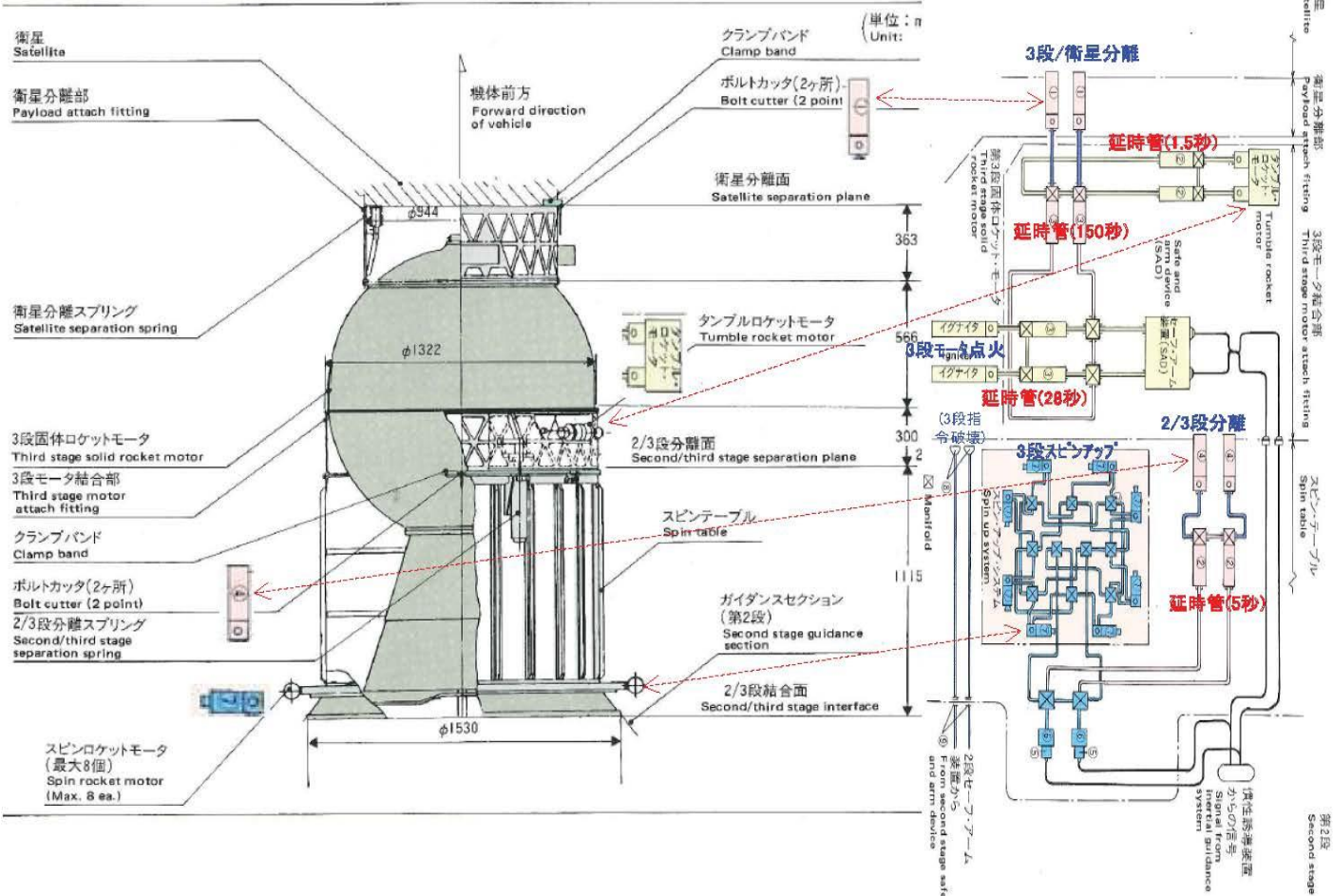
慣性誘導計算機



田代試験場(秋田県)
(大気圧試験) 約370回

<#>

3段構成図 Third Stage Configuration





・報道結果

液体水素・酸素を燃料とする国産エンジンを初搭載したH1ロケ

H1 初号機打ち上げ30年 射場公開や指揮者講演 南種子・宇宙センター

「H1初号機打ち上げから30年を迎えた13日、南種子町の種子島宇宙センターで記念イベントが開かれた。当時の射場を公開する特別ツアーや講演会があり、参加者は国産ロケット開発を振り返った。

H1は1986年8月13日の初号機を皮切りに、92年の9号機まで続いた。発射指揮者だった長尾隆治・前種子島宇宙センター長が講演し、H1打ち上げや、H2AやH2Bへつながらる液体ロケット開発について解説。H1の技術が現在の基礎にあることは間違いない」と強調した。

ツアーでは、H1で使われた中型ロケット発射場（大崎射場）跡地と旧観望台を公開。機体整備棟は既に解体されているものの、藤田猛・センター長が写真を示して往時の様子を説明した。福岡市の那須伸亮さん(49)は「実際にここから飛んでいたんだと想像しながら見学できた」と満足した様子だった。

宇宙科学技術館では26日まで、H1概要や開発関係者のコメントを紹介する企画展を開催している。

(山本輝志)



H1ロケットに使われた大崎射場を見学する参加者
南種子町の種子島宇宙センター



iv . あとがき

謝辞、あしがき

今回の企画に対して、急なお願いにもかかわらず多くの方々から熱いメッセージを頂きました。大変ありがとうございます。あらためて御礼申し上げます。

8月13日の記念日には、長尾隆治氏の特別講演と中型射点を巡る特別バスツアーも催し、規模は小さいながらも参加者に喜んで頂いたことをご報告いたします。

記念展のテーマのとおり、H-Iロケットで獲得した技術は日本の大型液体ロケットの礎となり、現在H3ロケットに受け継がれています。ロケットという物理的な形あるものだけでなく、それを作り上げる人そのものを育て、引き継いできた点がまさにロケット技術の原点なのではないかと今回のイベントを通じて感じました。

今回頂いたメッセージをより多くの若き技術者の方々に伝え、少しでも今後の糧にしてもらえばという願いを込めて、このような形でまとめさせていただきました。

最後に、短期間で準備と運営に尽力いただいたJAXA鹿児島宇宙センター広報担当及び宇宙科学技術館のスペースサービスのスタッフご一同に感謝の意を申し上げて結びとさせていただきます。

鹿児島宇宙センター所長 藤田 猛

担当者あしがき

まずH-I 企画展実施にあたり、急なお願いにも関わらず快くご対応いただきました皆様方に深く御礼申し上げます。準備を進めるにあたり、どのようにしたら来館者の方々にわかりやすくH-I ロケットの功績を伝えることができるか、また関わった方々の熱い思いを伝えることができるか、事務局一同で頭を悩ました。幸い、所長を始めとした現役の関係者の方々、再雇用及びOBの方々のご支援のお蔭を持ちまして、なんとか開催までに恰好をつけることができました。個人的な思いですが、今回の準備にあたりH-I から脈々と受け継がれる技術や思いに触れられたこと、今までのJAXA(NASDA)生活でお世話になった方々と、寄稿や関連物品貸与に際して再び接点を持てたことが大きな収穫でした。

今後もこの経験を活かせるよう、人との繋がりを大事に業務に精進したいと思います。

鹿児島宇宙センター管理課 小野瀬 正道

H-I ロケット30周年企画展の開催にあたり、集約期間が短かったにも関わらず、たくさんメッセージや当時の貴重なお写真等をいただき、H-I ロケットに携わった皆様方のH-I ロケットへの熱い思いを感じました。H-I ロケット試験機1号機打上げから30年という節目に、このような形で携われたことを大変光栄に思います。ご協力いただきました皆様、本当にありがとうございました。

鹿児島宇宙センター管理課 浮田 浩樹

H-Iロケット打上げ30周年記念企画展の開催に伴い、多くの皆様から当時を偲ぶコメントや懐かしい写真を頂戴し、H-Iロケットにまつわる様々なお話を伺いました結果、このような形で企画展を実施することができました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。初号機の打上げは30年も前の話であるにもかかわらず、皆様から頂戴したコメントには今も色褪せない熱い思いが詰まっており、また多くの方が写真及び資料を大事に保管されておりましたことからH-Iロケットに懸ける思い入れが伝わってまいりました。このような思いを無駄にすまいと事務局一同企画展の実施に力を注ぎましたため、お楽しみいただけていれば幸甚です。

鹿児島宇宙センター管理課 服部 桃子



発行年 2016年8月