

Back to **1962**

『まてりあ』が創刊された60年前の1962年、日本では戦後初の国産旅客機YS-11が初飛行し、米国ではマーキュリー・アトラス6号で米国人宇宙飛行として初の地球周回を成功させた。当時のイノベーションを振り返るとともに、新たな未来を展望する。



初飛行を目前に控え、地上滑走試験に向かうYS-11初号機
(新三菱重工業名古屋航空機製作所) (共同通信社)

国産旅客機YS-11が完成

日本の技術を結集した 戦後初の国産旅客機

1962年8月30日、国産旅客機YS-11が名古屋空港（現・名古屋飛行場）で初飛行した。官民共同出資会社の日本航空機製造が開発した全長26m、全幅32mの双発プロペラ機であった。YSとは輸送機設計研究協会の略称、11はエンジンと主翼の設計番号の組み合わせに由来している。

第二次世界大戦前・戦中の日本は航空機大国であり、非常に高い技術力をもって帝国海軍零式艦上戦闘機「零戦」をはじめとする航空機を造っていた。しかし戦後、GHQ（連合国軍最高司令官総司令部）によって航空禁止令が出され、日本による航空機の研究・設計・製造・運行はすべて禁止され、そのため、航空機開発に携わっていた研究者や技術者は活躍の場を高速鉄道や自動車を開発・製造する産業分野などに求めざるを得なくなった。

こうした中、1952年に転機が訪れた。サンフランシスコ講和条約が発効し、日本が

主権を回復したことに合わせて、航空法や航空機製造事業法が施行された。朝鮮戦争（1950～53年）において、米軍機の修理・整備などが求められていたことがその背景にある。さらに1954年には、廃止されていた東京大学の航空学科も再開された。純国産の航空機を造ろうという機運が高まり、経済産業省の前身である通商産業省が中心となつての国産旅客機製造計画が開始された。

国産旅客機の基礎設計は1957年、東京大学第2駒場キャンパス内に設立された輸送機設計研究協会が始まった。そして、1959年に設立された日本航空機製造により、1200mの短滑走路でも使える60人乗りのプロペラ旅客機YS-11の開発・製造が進められた。その開発には、「零戦」の堀越二郎（新三菱重工業（現・三菱重工業））、同陸軍三式戦闘機「飛燕」の土井武夫（川崎航空機（現・川崎重工業））、同海軍戦闘機「紫電／紫電改」の菊原静男（新明和興業（現・新明和工業））、同陸軍一式戦闘機「隼」の太田稔（富士重工業（現・SUBARU））、航空研究所試作長距離機（航研機）の木村秀政（日本大学）ら、日本の名

機の設計者たちの英知が結集された。

1962年に初飛行に成功したYS-11は、1964年の東京五輪で聖火の輸送に使われるなど、戦後復興の象徴となった。1973年の製造終了までに182機が生産され、世界12か国に輸出された。各地の旅客便や海上保安庁で活躍し、2006年まで国内の定期航路を飛び続けた。1998年に引退した量産初号機は国立科学博物館によって整備・保管されているほか、日本機械学会の機械遺産、日本航空協会の重要航空遺産にそれぞれ認定されるなど、YS-11を後世に語り継ぐための一般公開プロジェクトが進められている。



写真提供：国立科学博物館

YS-11量産初号機

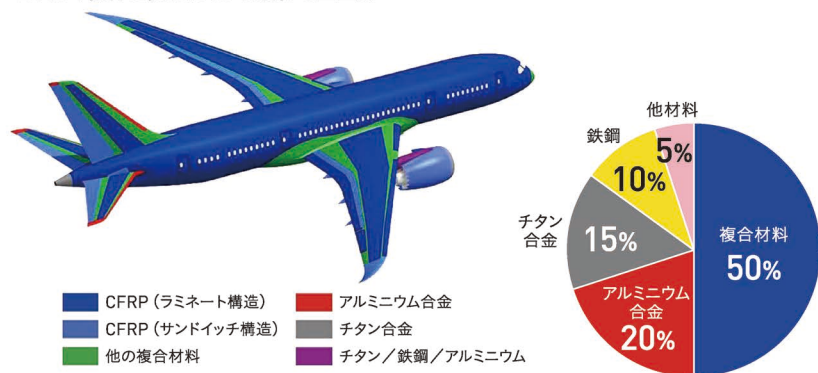
茨城県筑西市のテーマパーク「ザ・ヒロサワ・シティ」に移設され、一般公開の準備が進められている。



国際共同開発航空機ボーイング787(B787)

日本の航空機部品生産額の70%以上を生産する中部地域に、B787など国際共同開発航空機の生産に対応できる体制「アジアNo.1航空宇宙産業クラスター形成特区」が整備され、生産機能の拡大・強化が図られている。

B787の機体に使われている素材の重量比⁽³⁾



世界の大空を飛ぶ 最新鋭機B787の材料技術

実は、軍用機を開発・製造できるメーカーは世界に多いが、民間旅客機に関しては非常に限られている。その中において、日本のメーカーが自らの技術でYS-11を開発した意義は大きい。この経験が現在でも、海外製造会社からの機体構造の製造受注につながっている。2011年に就航したボーイング787 (B787, 通称ドリームライナー) では、主翼のほか、ボディや翼を取り付ける部分を富士重工業 (現・SUBARU)、川崎重工業、三菱重工業の3社が担当するなど、日本メーカーが機体の全部品の35% (重量比) を占めている。

さらに、メイド・イン・ジャパンのテクノロジーは素材においても大きく関わっている。空を飛ぶ航空機にとって、機体の軽量化は永遠の課題である。1930年代初期からアルミニウム合金が使われ始め、1936年には日本の住友伸銅所 (のちの住友金属工業、現・日本製鉄) が超々ジュラルミンを開発し、

零戦に採用された。超々ジュラルミンの強度の高さに驚いたアメリカでは、アルコア社が1943年に超々ジュラルミンの応力腐食割れ防止に効果のあるクロムを添加して、7075合金を完成させた。以来、7075合金は代表的な航空機材料として用いられてきた。YS-11において、機体の材料はすべてアルミニウム合金であった⁽¹⁾が、使用されたのはアメリカ製の材料だった。⁽²⁾

21世紀に入り、CFRP (炭素繊維強化樹脂) を含めたマルチマテリアルの時代を迎えた。

旧モデルのB767では機体全体の重量に占める割合で3%程度しかCFRPを使っていなかったが、B787では50%にまで拡大し、20%もの燃費効率向上を実現した。樹脂材料は一般的に圧縮方向の強度は高いが、引張方向への強度が低い。一方、炭素繊維は圧縮方向の強度は低い、引張方向

の強度は高い。これらを一体化したCFRPは、比重が鉄の4分の1で比強度は約9倍に達する。この画期的な素材開発で重要な役割を果たしたのが、日本の東レである。

複合材料とともに使用量が伸びたのが、チタン合金である。B787では、それまでの機体重量の数%から十数%にまで増加した。機体構造材料だけでなく、エンジン材料も進化している。航空機の燃費の向上には高効率のジェットエンジンが不可欠であり、燃焼ガスを高温にして高効率を実現するため、耐熱材料の開発が行われている。ジェットエンジンのうち比較的低温の部品にはチタン合金が使用されるが、燃焼室やタービンなどの高温部分にはニッケル基やコバルト基の超合金などが使われている。

イノベーションが世界の空をどのように変えていくのか。メイド・イン・ジャパンのテクノロジーに期待が寄せられている。

文 献

- (1) YS-11物語。エアライナークラブ編, JTB/パブリッシング (2006)
- (2) 吉田英雄: 軽金属, 65 (2015), 432-440
- (3) William G. Roeseler, Branko Sarh, Max U. Kismarton, "COMPOSITE STRUCTURES: THE FIRST 100 YEARS", 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS (ICCM-16), Kyoto, Japan, (2007)

Back to 1962

今から60年前、人類は未知の世界だった
宇宙への飛行を目指して試行錯誤を始めた。
先人たちのチャレンジが起点となって、
宇宙開発の歴史が着々と進んでいった。

米国初の 有人地球周回飛行に成功

ワシントンの航空宇宙博物館に展示されている宇宙船マーキュリーの前でポーズを取るジョン・グレン氏（当時は上院議員）。20年前にこの宇宙船に乗って、米国人として初めて地球の軌道周回飛行を行った。（UPI=共同）

未知の世界に飛び立った 宇宙飛行士たち

1962年2月、米国ケープカナベラル空軍基地から宇宙船が打ち上げられた。宇宙船の名は「マーキュリー・アトラス6号」で、米国初の有人地球周回飛行を目指した。乗員は元海兵隊戦闘機パイロットのジョン・グレンであった。

第二次世界大戦後、ソ連（現・ロシア）とアメリカは人間を宇宙に送り出すことを目指して、壮大な競争を開始した⁽¹⁾。

先手を打ったのはソ連である。1961年4月、ソ連は人類初の有人宇宙船ヴォストーク1号を打ち上げた。搭乗した宇宙飛行士ユーリ・ガガーリンは人類で初めて1時間48分の宇宙飛行に成功し、「地球は青かった」という名言で世界中を興奮させた。ソ連に先を越されたアメリカは、1961年5月、アメリカ人初の宇宙飛行士であるアラン・シェパードが弾道飛行に成功した。弾道飛行とは、宇宙船が地球周回軌道に到達した後、地球の重力に引かれて自然に落下する飛行である。僅か15分で終わったこの飛

行がいわゆる「マーキュリー計画」の始まりとなり、以後、多くの飛行計画が実行されていった。

そして1962年2月、マーキュリー計画3人目の宇宙飛行士であるジョン・グレンが、有人周回飛行に挑戦した。発射後、地球周回軌道に達すると、地球を3周飛行後、大気圏に突入して大西洋に着水した。

こうしてマーキュリー計画の地球周回飛行は成功したが、実はこれ以前の1961年8月にソ連のゲルマン・チトフが1日間の飛行に成功していたため、惜しくも「世界初」の栄誉は得られなかった。マーキュリー計画では1963年5月までにさらに3度の発射が行われ、最後の飛行では1日に地球を22周し、その翌月にヴォストーク5号は約5日間で地球を82周する当時の最長記録を打ち立てた。

マーキュリー計画では、1963年に終了するまで合計6機の宇宙船が打ち上げられた。この計画に参加した7人の宇宙飛行士たちは「ライトスタッフ」と呼ばれ、後にこの計画を題材にした映画も制作された。ジョン・グレンは僅かな時間で帰還した弾道飛行ではなく、米国人初の地球の周回軌道飛行を

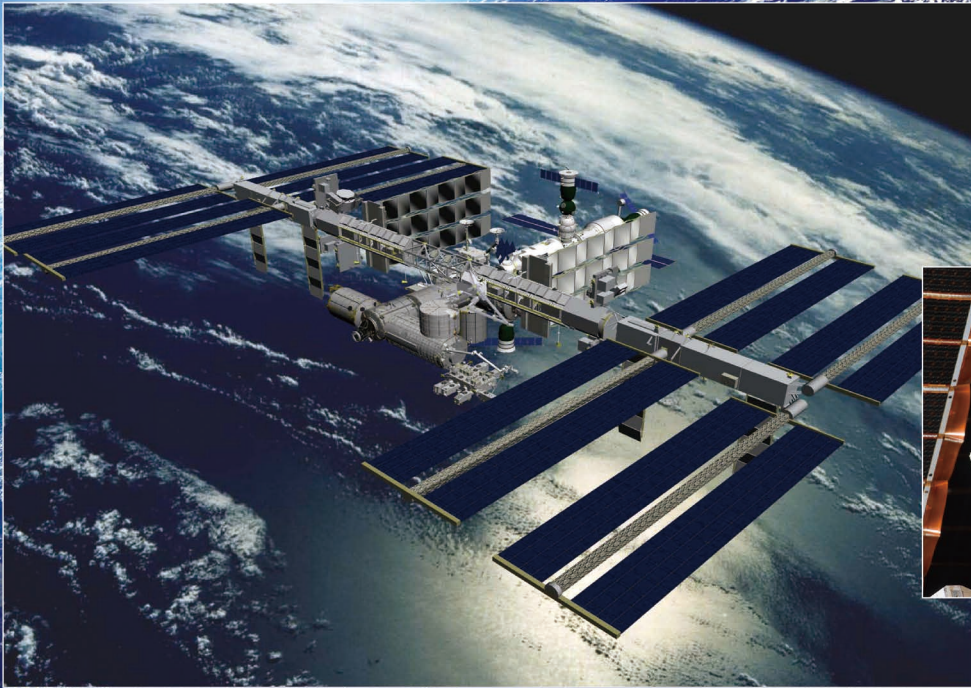
するという画期的な業績を挙げ、一躍米国のヒーローとなったという。彼はその後、実業家に転身し、さらにアメリカ議会上院議員になった。77歳となった1998年にはスペースシャトルのディスカバリー号により再び宇宙へ出て9日間滞在し、宇宙飛行の最長記録を打ち立てて多くの人を驚かせた。

当時の宇宙船は円錐形をしていた。機体のサイズは高さ3.3 m、直径1.8 m、全体の高さは7.9 mであったが、居住空間は飛行士一人が入るのが精一杯という狭さだった。機体の重量は、マーキュリー計画中で最も重かったもので1400 kgだった。船体の外殻は高温に耐えられるように、Rene41（R41、UNS N7041）という時効硬化型のニッケル-コバルト合金（650~980°Cの温度範囲で高い強度を保つ）⁽²⁾で作られた。

競争の時代から 国際協調の時代へ

米ソの宇宙開発競争によって、宇宙開発は急速な進歩を遂げた。

1960年代は米ソが有人宇宙活動で競い



国際宇宙ステーション組み立てフライトでの船外活動(2011年) ©JAXA/NASA

ISS(国際宇宙ステーション)とモジュール

ISSの大きさはサッカーフィールドとほぼ同じ、地球を約90分で一周する。巨大な太陽電池パネルを持つトラス構造の中心部に、実験モジュールや居住モジュールが結合されている。モジュールの外殻構造はアルミニウム合金(A2219)でできており、表面はリブを残して他の箇所を削り取って、軽量化と剛性保持を図ったアイソグリッド構造となっている。©JAXA



月面基地のイメージと有人圧ローバー
出典：トヨタ自動車HP

合い、有人初飛行、初宇宙遊泳などでソ連がリードしたが、1969年のアポロ11号による初の月面着陸により、米国が初めてソ連を追い抜いた。1970年以降は東西冷戦の緊張緩和が進むにつれ競争は停滞し、ソ連は地球低軌道での宇宙ステーションの開発を進め、米国は再使用可能なスペースシャトルを開発した。

1984年、米国のレーガン大統領はISS(国際宇宙ステーション)の建設を世界各国に呼び掛け、高度約400kmの地球周回軌道上での有人宇宙施設の建設に着手した。ISSは宇宙の特殊な環境を利用して、例えば、微小重力環境下での半導体結晶成長や、静電浮遊炉の技術実証などの材料科学を含めた様々な研究⁽³⁾を長期間にわたって行うことができる施設であり、そこには日本からも多くの宇宙飛行士が参加している。

その後、各国の宇宙開発も進み、経済や科学技術の成長の著しい中国は有人宇宙活動に取り組んでいる。現在ではさらに、民間企業による商業利用も進んでいる。

月面基地建設への挑戦と水素利用

最近の宇宙開発で注目されるトピックスの一つが、「月面基地建設」である。

地球に住む我々人類にとって、月は最も身近な天体である。月の表面はおおよそ10~1000 μm 程度の細かい粒子(レゴリス)で覆われており、ここには鉄やアルミニウム、ケイ素など、豊富な資源が存在している。

また、月には水も存在している。これまで、月の水は太陽光の当たらない低温の地域に氷の形で存在することが知られていたが、最近の観測により、従来考えられていたより多くの水分子が存在する可能性がある、との発表がなされた。

しかし、人類が月面に基地を建設し、生活することを想定した場合、昼と夜の温度差が大きいことや、空気や重力など地球とは環境が異なり、克服しなければならない課題は多く残っている。

2020年9月、JAXA(宇宙航空研究開発機構)とトヨタ自動車は、2030年代中にも月面基地を建設する基本構想を発表した⁽⁴⁾。

この構想には、2035年を目標に燃料工場を建設することも含まれている。この工場では月面に存在する水を分解して得られる水素を、基地で燃料電池などに使用する。一方、2018年から両社は共同で、月面を移動する車両「有人圧ローバー」の開発を進めている。

現在、地球上でも、脱炭素社会を実現するキーテクノロジーとして水素利用への期待が高まっている。水素は、水を分解することによって得られるクリーンなエネルギー媒体である。水素を製造する技術だけでなく、貯蔵、輸送の際に使われる高圧タンクや水素吸蔵合金、水素ステーション用の水素脆化の虞がない鋼管など、水素利用を支える材料開発も進められている。

果たして、月面基地はいつ現実のものとなるのか。宇宙への新たな船出は、私たちに忘れていたアドベンチャーを思い出させてくれる。

文 献

- (1) <https://iss.jaxa.jp/kids/yu-jin/yu-jin.html>
- (2) <https://www.alloywire.jp/products/rene-41/>
- (3) <https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/subject/science/>
- (4) https://www.jaxa.jp/press/2019/03/20190312a_j.html
<https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/26986678.html>