

第5章 60年代以降：国際共同開発の本格化

昭和60年代は、昭和50年代に確立された技術・生産基盤、研究機などで新たに獲得された技術力、さらに発展を遂げた民生技術をベースに国際共同開発が本格化し、我が国の技術力が先進国レベルに達しつつあることを立証した時期である。

1節 支援戦闘機F-2の国際共同開発

航空自衛隊は、F-1支援戦闘機の後継機として次期支援戦闘機FS-Xの調達について国内開発を前提に研究してきた。このFS-Xは防衛庁が平成年代以降の運用を想定した航空阻止、近接航空支援、海上航空支援、及び防空作戦を効果的に実施すると共に、対領空侵犯措置任務を実施するジェット戦闘機である。

昭和58年7月、国防会議が開催され、24機のFS-Xを含む昭和56年度中期業務見積りが了承され、昭和60年1月、航空幕僚長から技術研究本部に対し国内開発可否の検討依頼が出された。これを受け、昭和60年9月には、エンジン以外は国内開発可能、開発期間は約10年との回答が技術研究本部から出された。その結果、同年10月に、FS-Xは、「国内開発」、「現有機の転用」、「外国機の導入」の3つの選択肢で検討を開始する方針が定められた。このような選択肢は残ったものの、この時点では、国内開発で進めるという意見が防衛庁、航空機工業界の大勢を占めていた。昭和60年夏、防衛庁は米国やNATOにF-16C、F/A-18、トーンードに関する質問書を提出、その回答を昭和61年2月に受領し、正式な機種選定検討作業を開始した。

この頃、日米関係は、東芝機械のココム違反問題、貿易摩擦などで極めて厳しい状態にあり、アメリカ製戦闘機の採用を含めた強い動きがあった。結局、昭和62年6月日本国政府から米国政府に対し、「防衛上の技術・専門的見地から日本の防衛にとって、客観的に最善のものを選定する。」「決定にあたっては、日米防衛協力の重要性を踏まえる。」「内外の防衛産業の影響を排除する。」という3原則が示され、同年10月、日米政府間協議において、「日米の優れた技術を結集し、アメリカ製既存機F-15或いはF-16をベースとし、日本主導の“共同開発”とする」こ

とが、合意された。これを受けて、日本政府内で検討が行なわれ、FS-Xは、F-16をベースとした日米共同開発とすることが、決定された。

この改造開発に適用される新技術は、国内開発のために長年我が国が研究してきた、複合材一体成形技術、電子機器（レーダーなど）の最先端技術であり、新技術での自主開発を希望した国内開発派の意向も半ば取り入れられた形で着落し、「難しい日米環境下では最良の選択」という、防衛庁にとっても、航空機工業界にとっても、苦汁の選択となった。

昭和63年11月には両国政府は開発計画の枠組みを決める了解覚書（MOU）に調印した。これと同時に、三菱重工が主契約会社として、米国ジェネラル・ダイナミクス社（現ロッキード・マーチン社）、川崎重工、富士重工が協力会社としてそれぞれ指名され、平成元年から開発が着手されることとなった。

ところが、平成元年米国下院議会にて、米国が量産段階において4割以上のワークシェアを得ること、高度な技術情報を日本へ移転しないことなどを求めるバード修正案が可決された。この背景には、FS-Xの開発では、日本は米国から世界一優れたF-16の技術を手にするのに、米国が得るべきものは何一つ明確にされていないという、米国内の論調の高まりがあった。



平成7年1月にロールアウトしたF-2支援戦闘機の試作1号機

結局、ブッシュ大統領は同年7月同修正案に対する拒否権を発動し、同年9月に上院にて拒否権を翻すための採決が1票差で否決され、この時点でやっ

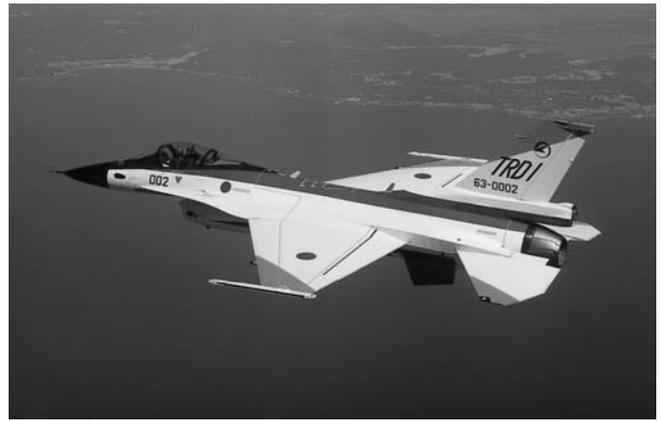
と、正式に日米共同開発が両国政府により決定された。この米国でのFS-X論争の結果、これ以降の米国軍事技術の同盟国への移転にあたっては、米国経済への影響を商務省がチェックし、悪影響があると判断される場合には技術移転が許可されないというメカニズムが取り入れられた。

これらの日米政府間交渉の結果、米側は開発費全体の4割のワークシェアを得ることが合意されると共に、開発においてF-16技術を本質的に使用した結果得られた技術を派生技術と定義し、これを無償でアクセス、及び利用できる権利が米国に与えられた。また、飛行制御ソフトウェアが米国から日本に供与されないこととなった。

平成2年3月、三菱重工、及び開発協力会社による共同設計チーム（次期支援戦闘機設計チーム：FSET）が結成され、本格的開発作業に着手した。設計チームは、ジェネラル・ダイナミックス社の技術者を含め、最盛期には約330名に達し、主に基本設計を実施した。その後、細部設計以降は各社に持ち帰り作業が行われた。平成4年6月には実大模型が完成し、機体外形・形状・構造の妥当性、パイロットの視界の視認性、艙装・装備品等の操作性、視認性、配置の妥当性、及びアクセス性、整備性等が確認された。

平成7年からは、地上試験機01号機、02号機を用い、全機静強度試験、全機疲労強度試験、が実施され、平成12年所要の試験を完了した。

平成6年12月には、飛行試験用試作初号機の組み立てが完了し、平成7年1月にロールアウト式典が実施され、全機地上振動試験、全機地上機能試験を経て、同年10月初飛行に成功した。同12月には支援戦闘機F-2と命名され、社内飛行試験により基本的耐空性の把握が行われ、飛行試験用試作初号機は平成8年3月に納入された。その後、順次2号機（同年4月）、3号機（同年8月）、4号機（同年9月）が防衛庁に納入され、官飛行試験が実施された。飛行試験項目は、飛行試験機4機に振り分け、主に1号機ではフラッター、飛行性能、飛行特性、及び推進系統、2号機では飛行特性、荷重、電子戦システム、及び任務適合性、3号機ではフラッター、高迎角特性、及び耐候性、4号機では火器管制レーダー、通信・航法・識別機能、電子戦システム、投下投棄・射爆撃、及び任務適合性の試験が実施され、平成12年6月所要の試験を全て完了した。



試験飛行中のF-2支援戦闘機（写真は試作2号機）

量産プログラムは平成8年7月、日米政府間において生産に関する了解覚書が調印され、同月開発時と同様に量産における主契約会社として三菱重工が、協力会社にロッキード・マーチン社、川崎重工、及び富士重工が指名された。

平成9年3月、量産第1次契約（11機）が締結され、平成12年9月量産初号機が防衛庁に納入された。平成14年12月末現在、量産第6次契約まで締結されており、累計で57機の調達がなされている。うち平成14年12月末現在32機が防衛庁に納入された。量産は約130機が予定されている。

F-2の開発は、F-16をベースに日米の優れた技術を結集し、初の日米共同で実施したものである。日米共同開発は、日米それぞれの優れた技術を適用できることから、一国で開発する場合に比べ、より性能の優れた戦闘機を開発でき、技術者の交流、技術の双方への移転による双方の技術レベルの向上を図れるというメリットがあった。また、F-2開発の特徴として、防衛庁、及び米空軍を主体としたプロジェクト開発管理を行う、技術運営委員会（TSC）があった。TSCは年2回程度開催され、両国政府から任命された共同議長の下に会議が運営された。この席上には商務省からの参加もあった。TSCでは、ワークシェア、予算、技術移転、インター・オペラビリティ、技術支援等について討議が行われ、官民ともに、交流が図られた。

F-2は、外観はF-16に非常に良く似ているが、その実態はF-16Cの機体をベースに開発された全く新しい戦闘機であり、その内容は全くの別機種である。性能や能力はF-1に比べれば格段に進歩しており、レーダー、統合電子戦システム、複合材一体成形主翼、ミッション・コンピューター、デジタル・フラ

イト・コントロール・システムなどは全て日本が独自に開発したものが搭載されている。これら日本側の先進技術は本開発の前に蓄積されたものである。

F-2開発で何よりも注目されるのは、単発機でありながらその安全性が高いことである。これは、信頼性の高いF110-GE / IHI-129エンジンの採用と共に、日本がデジタル・フライト・コントロール・システムの技術をCCV研究における実証試験で獲得していたことが大きく役立っている。

また、複合材一体成形主翼の一部は、日本で設計された主翼を、ロッキード・マーチン社が製造した。三菱重工で開発した一体成形技術が外国他社でも再現できたことで、開発した技術の安定性・再現性・余裕度を検証することができた。

これら日本独自の先進技術の蓄積による技術的なバーゲニング・パワーがあったからこそ、日本主導の日米共同開発プログラムが成立したと考えられる。

日米両国政府間、あるいは日米両国会社間の調整等、特に米国側の契約社会慣行に対応した厳密さや文化の違い等により、従来の日本流の開発では考えられなかった問題も発生したが、これらの問題については米国側の理解を得ながら解決し、日本のリーダーシップの下で、日本の開発手法をベースにプログラムを進めていった。

その結果として、技術面に関しては「配線と他構造物等とのクリアランスの見直し、極細電線の使用、簡便なワイヤ・ハーネス支持といった小型化を追求した高密度装備のノウハウ」、「部品点数の削減、共通化といった低コスト設計」及び「サイドスティック、5孔ピトー管等の革新的技術の果敢な採用」といった事項については学ぶことが多かった。

また、技術面以外の「日米文化、法律等の相違によるやり方の違いを乗り越えて共同開発を進めるノウハウや、契約交渉を通じて得た交渉術といった国際共同開発のやり方」、「米国式合理主義に基づく作業の進め方、組織作り、専任者による設計業務計画策定と強力なフォロ体制とそのやり方、機体会社とベンダーとの作業における契約社会体質、優れたプレゼンテーション手法、F-16データベースの多さといった米国航空機メーカーの仕事の進め方」及び「米国流情報管理に象徴される航空機技術に関する国家レベルでの戦略／駆け引き」といった事項も体験するチャンスとなった。

これら、米国から学んだことを踏まえ、日本企業が主契約会社で米国企業が協力会社として参加する初の戦闘機の日米共同開発において、日本流の開発手法を日米共同開発のそれに適合させ開発を成功させたことは、今後日本主導の国際共同開発を行う際の大きな経験になったと言える。

2節 ボーイング777国際共同開発

【国際共同開発参画経緯】

ボーイング社の事業部門であるボーイング民間航空機会社（BCAC）は、1986年に入ってから、B767-300とB747-400の間隙を埋める旅客機の市場調査を開始した。様々な検討が行われた結果、1989年12月、ボーイング社は、新規開発による広胴型双発機の767-Xをエアライン各社に正式オファーすることを決定した。

一方、日本の航空機業界は、昭和59年から昭和63年にかけてYXXプロジェクトとして、ボーイング社と150席クラス新型機YXX/7J7の共同開発調査作業を行っていたが、開発着手が「凍結」となった事情もあって、767-X開発構想に対しては、その初期段階から強い関心を持った。

平成元年春、ボーイング社から日本の航空機工業界に767-Xプログラムへの参加を提案してきた。これに対し三菱重工、川崎重工、富士重工の機体メーカー3社は、横断的なCT（コマーシャル・トランスポート）委員会と称するタスク・フォースを設置し、フィージビリティ・スタディを行うとともに、ボーイング社との交渉に当たった。そうした過程で、日本側は、本プロジェクトは

- (1) 平成7年に市場投入の350席クラス双発民間輸送機をボーイング社との国際共同事業により開発するものであり、大型双発機のファミリーで中距離から長距離をカバーするという革新的なコンセプトにもとづく20世紀最後の大型プロジェクトである
- (2) 同機開発には、種々の新技術の採用を要することに加え、開発リスクも巨大なものとなるが、21世紀にまたがる戦略プログラムとなり、わが国航空機工業の発展に大きく寄与するとの判断を固め、同プログラムに最大限参画することとした。

平成2年4月12日、三菱重工、川崎重工、富士重工

はボーイング社と、機体の15%から20%の範囲内で作業量を分担する責任を持つなどの内容からなる767-X広胴型双発ジェット機共同開発と生産のMOU（了解覚書）に調印した。航空機工業界は通産省にMOUの調印を報告するとともに、このプロジェクトに対する政府の支援を要望した。

これに対し同省は、

- (1) 767-Xプログラムは、YX767プログラムに比べ、約3倍のリスク分担が必要になる
- (2) 日本側は開発／生産事業に限らず、他の幅広い事業分野にも参加できる
- (3) 767-Xは史上最大の双発ジェット旅客機という画期的なもので、技術革新性が高い
- (4) 日本側は767-Xプログラムでの担当部位に加え、中央翼など新規部位を担当することとなり、ワーク・パッケージが拡大増加する
- (5) 第3世代のCAD／CAM（CATIAシステム）を全面導入する開発過程の合理化、効率化や研究開発成果活用などの技術開発性が高い。
- (6) 日本側開発費は約1,000億円に達し、リスクが巨大で、民間企業だけの力では参加困難であるとの評価・見解を明らかにし、このプロジェクトに対する助成方針を固めた。

この方針は、平成2年8月27日の第7回航空工業審議会に諮り、了承された。このあと同省は、平成3年度予算で、B777プログラムに対する航空機国際共同開発促進予算8億円余、および財政投融资174億円を確保した。

【B777の開発開始】

平成2年10月15日、ユナイテッド航空がボーイング社にB777を確定／オプション各34機、合計68機を発注した。これを受けてボーイング社は同29日の取締役会で、同機プログラムのローンチを正式決定した。これとともに、767Xという呼称は廃止されて、B777と正式命名された。

ユナイテッド航空に続いて、同年12月には全日本空輸がB777を確定発注15機、オプション10機を、また日本のエアラインでは、翌平成3年10月、日本航空が確定／オプション各10機を発注、さらに平成5年6月には、日本エアシステムが7機を確定発注した。この結果、日本の主力エアライン3社がこぞってB777を導入するという事になった。

平成2年12月6日、改訂MOU（価格等決定）が調印締結され、これに伴い、航空機メーカー各社が行

ってきたボーイング社との予備作業、契約交渉等の業務は、平成3年1月1日をもって日本航空機開発協会（JADC）に移管された。

また、平成3年1月18日の第9回航空工業審議会は、航空機工業振興法に基づく航空機等の国際共同事業の基本的指針（通商産業大臣告示）を改定し、「もっとも優先すべき助成対策」にB777を加えることを了承した。

一方、B777開発プログラムの日本側主体となったJADCは平成3年5月20日、ボーイング社とB777開発／生産等の共同事業に関する基本事業契約（MPC：マスター・プログラム・コントラクト）を締結した。同契約の概要は次の通り。

- (1) 日本側は新技術を採用したB777型機および派生型の開発／生産段階においてプログラム・パートナーとして参加する。
- (2) 日本側の担当は胴体の大部分、中央翼、翼胴フェアリング、主翼桁間リブ、キールビーム等で、生産作業全体の約21%を分担する。
- (3) 日本側はボーイング社の合意の上で、機体仕様の決定に関わる設計、試験等のプログラムレベル作業への参加ができる。

基本事業契約締結の結果、共同事業の細目にわたる具体的内容が確定した。これにより日本側は、JADCのもと、三菱重工、川崎重工、富士重工の3社がプログラム・パートナーとして、新明和工業、日本飛行機の2社がプライム・サブ・コントラクターとして、プログラムの推進に本格的に取り組むことになった。

こうしたボーイング社との基本事業契約により、日本側はプログラム・パートナーとして参画する事となったが、このプログラム・パートナーとは、B777共同事業の契約交渉を通じて生まれた方式／概念で、持ち分権を持つエクイティ・パートナー（フルパートナー）と、B767プログラムにおけるプログラム・パーティシパント方式の中間に位置づけられる。その違いは、たとえば、B767の場合は、生産対象機数が500機（のちに1,000機となった）だが、B777の場合は、全生産機数を対象とし、加えてB777の定期運航が終わるまでの「生涯契約」となっている点にある。

B777プログラムのローンチにともない、日本側の機体メーカー各社は、多数の技術者をシアトルに派遣しボーイング社との共同開発作業を推進した。平

成3年5月の数字では、機体各社のボーイング社への派遣人員は、三菱重工が82人、川崎重工が79人、富士重工33人、新明和工業13人、日本飛行機10人の合計217人に及んだ。そしてピーク時には270名に達した。

【B777開発の特徴】

B777開発は、その構想段階から航空機開発に新たなスタンダードをもたらした。チームワーク、顧客の開発参加、コンピューター利用、設計、製造、テストなどの面で、画期的手法が導入された。その中核は、DBT（デザイン・ビルド・チーム）活動で、設計・製造等の各部門が一体となって開発を進めるもので、サプライヤーやエアラインの意見、注文等も反映させることを含めるものである。こうしたデザイン・ビルド・プロセスには、ユナイテッド航空、英国航空、全日本空輸、日本航空の主要カスタマー4社の技術代表が参加した。全日空の場合、「航空機仕様に関する独自の要望が開発段階から反映可能となり、また従来の航空機メーカーによる基本設計が決まったあとに仕様変更を希望する場合に発生していた費用、機体重量増加、乗員訓練の影響を排除できる」として、平成3年3月からDBT活動に参加開始した。こうしてB777開発は、「ワーキング・トゥゲザー（共同作業）」を合い言葉に進められ、平成4年3月からは日本航空もDBTに参画した。ボーイング社によれば、主要カスタマー4社および他のカスタマー12社からの提案を合わせ、1,000件を上回る設計変更をもたらした。



B777旅客機

B777は、3次元コンピューター技術を駆使して100%デジタル設計した最初のジェット旅客機であった。デジタル・デザイン・アプローチの主役はCATIA（コンピューター採用3次元相互作業アプリ

ケーション）システムであった。同システムはフランスのダッソー・システムが開発したもので、IBMがメインフレーム・コンピューターを受け持ち、ボーイング社開発のアプリケーションを用いた。さらにボーイング社は、同システムを改良、能力を向上させた結果、部品設計の変更、エラー、再作業等を50%減らすという当初目標を達成することができた。また、同システムは日本のメイン・フレームや機体メーカー各社のワーク・ステーションにもリンクされた。

一方、日本の航空機産業の生産設備や製造技術はその当時すでに世界一流の水準と評価されていた。とりわけB777プログラムにおいてはCATIAシステムの本格導入により、日本の各社が独自に工夫した製造ラインの自動化、機械化のアイデアが随所に活かすことが出来るようになり、さらなる生産性、効率性等の向上を促す事となった。

【B777の試作から量産へ】

B777プログラムの展開に対応し、機体メーカーは積極的に設備投資を行った。

三菱重工は、名古屋航空宇宙システム製作所の大江工場、小牧南工場、飛鳥工場に加え、広島製作所江波工場が後胴パネルの構造組立工場として整備された。

川崎重工は、岐阜工場を拡充整備するとともに、名古屋港隣接地に名古屋第一工場を新設した。同工場は、胴体パネルの結合や圧力隔壁の組立等が主作業で平成4年8月に完成、同12月稼働開始した。

富士重工は、愛知県半田市の臨海工業地区に半田工場を平成4年7月に完成させ、同12月稼働開始した。同社担当の中央翼は宇都宮工場でサブ組立して半田工場に送り、最終組立を行っている。

新明和工業は平成3年6月、甲南工場に技術本館を新設、また同工場敷地内の他事業部工場を複合材部品工場に改装するとともに、オート・クレープやクリン・ルームを増設した。

日本飛行機は、本社工場に床面積11,000平方メートル/2階建の北工場を新設、平成3年10月末から稼働開始した。機械設備面では、オート・クレープや5軸プロファイラーを増設した。

こうして日本側機体メーカー5社は、B777本格生産に向け万全の体制を整備、平成5年3月から担当部位（プロダクション・アーティクル）の対米出荷を逐次開始した。

同年3月31日、日本飛行機が主翼リブを出荷したのを皮切りに、同年4月には三菱重工が後胴パネル、同年5月には川崎重工が前胴パネル、同年7月には富士重工が中央翼を、また新明和工業が翼胴フェアリングを、さらに同年10月には富士重工が主脚扉セットを、それぞれ初出荷した。



日本から出荷されるB777旅客機のパネル

ボーイング社エバレット工場での777組立作業は順調に進捗し、1993年12月には「最終胴体合体」の作業が開始された。そして1994年4月9日、B777の第1号機が同工場でロールアウトした。この日は、従業員や招待客が10万人という一大セレモニーが開催され、日本からもエアライン、航空機メーカー、その他の関係者が多数出席し、世紀の新型機の誕生を祝った。同機は同年6月12日、ワシントン州エバレットのペインフィールドで3時間48分にわたる初飛行を行った。その後、B777の飛行テストは順調に進められ、初飛行から1996年5月までに、3種類のエンジンタイプについて供試機9機により、約4,800回、約6,700時間に及んだ。その結果、1995年4月19日、FAA（米連邦航空局）およびJAA（欧州合同航空局）はB777（PWエンジン）に型式証明を同時に交付した。そして同年5月15日、ユナイテッド航空に一番機を引き渡した。同航空はその受領一番機を「ワーキング・トゥゲザー」号と命名し、同年6月7日、ワシントン／ロンドン線に就航させた。

ボーイング社は、ベーシック・タイプのB777-200型に続いて、航続距離延長型B777-200ERを1997年から登場させており、同型機がこれまでB777ファミリーの中でベストヒット機となっている。次いで1998年5月には胴体を延長したB777-300型が就航している。また、ボーイング社は新しい4番目のB777ファミリーとしてB777-300の航続距離延長／貨物搭載能

力増加型であるB777-300ERを2004年3月から納入開始の予定である。日本の機体メーカー各社はプログラム・パートナーとしてこれらB777の派生型新機種開発に積極的に参画している。

さらにボーイング社は、B777ファミリー5番目の新機種として、長距離型のB777-200LR型の開発を進めている。

B777の販売は好調に推移しており、確定受注は2002年12月現在、-200型86機、-200ER型407機、-300型65機、-200LR / -300ER型61機、合計619機、納入済みは-200型81機、-200ER型299機、-300型44機、合計424機となっている。

こうした好調な販売状況にともない、日本側の生産も順調に推移し、機体メーカー各社のベースロードとなり、生産基盤に大きく貢献しつつある。

日本側のB777事業は、平成10年7月、それまで開発フェーズを担当してきたJADCから民間航空機株式会社（CAC）に移管された。CACは、平成13年度にB777を61機、990億円を売上げたが、平成4年以来的累計（日本航空機開発協会分を含む）では、同年度までに5,578億円に達している。

3節 海外プロジェクトへの積極参画続く

B767、B777ほどには大規模ではないが、日本企業が積極的に国際共同開発・製造事業に参画している民間航空機プログラムは最近目立って増えてきている。これは日本の航空機開発・生産技術や製品の品質、その生産管理、納期、価格などが高く評価されてきたためである。以下に、日本企業が参加している最近の国際共同プログラムを列挙する。

1 ボーイングB717-200

マクドネルダグラス社（現ボーイング社）が1995年10月に開発着手した90席のMD-95（現在のボーイング717）は1998年6月に初飛行、1999年9月に型式証明を取得した。新明和工業は水平尾翼とエンジン・パイロンの設計・製造を担当した。

2 ガルフストリーム GV

ガルフストリーム社が開発したビジネス・ジェット機である「GV」には、新明和工業が米国ポート社と共同で、リスク・シェアリング・パートナーとして開発段階から参加している。同社担当は翼胴フ

エアリング、フラップ、スポイラー、エルロン、主翼固定後縁、主脚ドア、レドームなどである。同部品は複合材料が主で、同社の得意分野でもある。初号機出荷は平成6年12月であり、平成15年1月末現在で、新明和工業は210機分を出荷済みである。

3 ボンバルディア・グローバル・エクスプレス



ボンバルディア「グローバルエクスプレス」長距離大型ビジネスジェット機

ボーイング社との国際共同開発では、767でも777でも日本側は胴体構成部品の設計・開発、製造は担当したが、主翼について触れることはできなかった。完全な民間航空機の開発能力をつけるためには主翼の設計・開発技術を学ぶことは必須である。そこで三菱重工は、カナダのボンバルディア・エアロスペース社が長距離大型ビジネスジェット機「グローバルエクスプレス」の開発にあたって、最初から主翼の設計開発にリスク・シェアリング・パートナー（RSP）として独自に参加してきた。グローバル・エクスプレスはビジネス・ジェット機とはいえ、サイズはリージョナル・ジェット旅客機並みであることから、この三菱重工の実績は、日本の民間旅客機開発能力向上をもたらすものである。後述するCRJ旅客機シリーズでは胴体を含む機体設計・開発に参加しているので、三菱重工はコックピットとエンジン部分を除けば、すでにジェット旅客機のすべての部分の設計・開発・製造に経験を積んでいることになる。グローバル・エクスプレスについては2002年11月末現在で、三菱重工はすでに135機分の主翼を出荷済みである。

4 ボンバルディアCRJ-700/-900

CRJ-700は1997年1月にボンバルディア社が開発に

着手した70人乗りクラスのリージョナル・ジェット旅客機で、1999年5月に初飛行、2000年12月にカナダの型式証明を、2001年1月に欧JAAの型式証明を取得して同月顧客に引き渡された。三菱重工はRSPとして平成9年6月に参画、尾胴部の詳細設計・製造・プロダクト・サポートを担当している。

また、CRJ-700胴体延長型である90席クラスのCRJ-900についてボンバルディア社は2000年7月に本格開発に着手した。三菱重工はCRJ-700と同じ部分を担当している。初号機の引き渡しは平成14年第2四半期を予定している。

ボンバルディア社は50席ないし90席クラスのリージョナル・ジェット旅客機でいち早く世界のマーケットを開拓したメーカーだが、三菱重工はCRJ-700とCRJ-900シリーズの開発段階（ジョイント・デフィニション・フェーズ）から胴体部分について設計と生産に参画している。ボーイング社との共同開発で経験済みの設計ソフトCATIAを使用することにより開発時間を短縮し、すぐれた品質の製品を納入してきている。CRJ-700についてはすでに100機分以上を出荷済みで、2002年9月に型式証明を取得したばかりのCRJ-900については5機分を出荷している。

5 ボンバルディア・チャレンジャー300

ボンバルディア・コンチネンタルと呼ばれて開発されていた大型ビジネス・ジェット機は2003年3月には型式証明取得の予定だが、三菱重工はその主翼の製造を担当しており、これも12機分を出荷済みである。

6 ボンバルディアDASH 8Q-400

三菱重工はボンバルディア社の双発ターボプロップ旅客機DASH 8Q-400の胴体を生産している。すでに87機分を納入している。

DASH8Q-400は1995年6月、ボンバルディア社が開発に着手した70人乗りクラスのターボプロップ・コムーター機で、1998年1月末に初飛行し、1999年6月にカナダの型式証明を取得し、2000年11月から納入が開始された。三菱重工はRSPとして平成7年10月に参画、中胴、後胴、水平/垂直尾翼の詳細設計・製造・プロダクト・サポートを担当している。



ボンバルディアDASH8Q-400旅客機のロールアウト

7 エンブラエル170/195

エンブラエル社（ブラジル サンパウロ州）は、世界第4位の民間航空機メーカーである。エンブラエル170（70席）は、1999年6月に開発着手した、短距離離着陸性能及び客室の快適性を最大限追求した最新鋭のリージョナル・ジェット機で、2002年2月19日に初号機の初飛行に成功し、2003年6月に計画されている型式証明取得に向け、飛行試験、静・疲労強度試験等の開発試験を続けている。川崎重工は、RSPとして主翼・中央翼等の開発及び製造を担当するとともに、型式証明取得のための各種技術支援活動を含むプログラム共通作業の一部も担当している。



エンブラエル170/190リージョナルジェット旅客機

また、エンブラエル社と川崎重工との開発製造契約は、エンブラエル170/175/190/195の全ファミリー機を含む包括的なものとなっており、川崎重工は、エンブラエル社が2001年5月に開発着手したエンブラエル195（108席）にも参画し、主翼ボックス組立を含む、エンブラエル170より大きなワーク・シェアを担当している。主翼ボックス組立作業の為に、

同社の全額出資で、エンブラエル社のサンパウロ州の新工場内（ガビオンペショット工場）に新たに現地法人「カワサキ・アエロノーティカ・ド・ブラジル・インダストリア」を設立し、平成15年4月に本格稼働させた。

尚、エンブラエル170/195に続くファミリー機は、それぞれエンブラエル175（78席機）が2004年第2四半期、エンブラエル190（98席機）が2005年第4四半期に、型式証明を取得する計画である。

8 ホーカー・ホライゾン

米レイセオン航空機会社が1993年に英BAe社（現在のBAEシステムズ社）から製造ラインを買収したホーカー1000ビジネスジェット機の後継機として、全く新しい設計で開発を進めている標準8席（最大14席）航続距離6,300kmクラスの、大西洋横断も可能な、スーパー・ミッド・サイズ（中型の上位クラス）のビジネスジェット機である。

この機体は最新のコンピューター技術によるバランスの取れた空力特性や、複合材胴体パネルの活用による優れた居住性を有している。2001年8月に初飛行し、現在、型式証明取得のため試験飛行が続けられている。

富士重工では、FA-300（ロックウェル・モデル700/710）等でどこよりも早く着手したビジネス機の国際共同開発の経験を生かし、主翼の構造およびシステムに関し、設計段階から製造事業にいたる開発プロジェクトに、RSPとして参画している。



ホーカー・ホライゾン中型ビジネスジェット機

9 アグスタ・ベルAB139

AB139はイタリアのアグスタ社と米ベル・ヘリコプター・テキストロン社の合弁企業であるアグスタ・ベル・エアロスペース社が1999年初めから開発

を進めている6tクラスの双発多用途ヘリコプターで、2001年2月に初飛行し、2003年半ばまでに型式証明を取得する計画で開発を進めている新機種である。川崎重工はRSPとしてこれに参画し、高速ギアボックスを担当している。

10 シコルスキーS-92ヘリバス

シコルスキーS-92ヘリコプターは米シコルスキー社が三菱重工ほか、スペイン、ブラジル、中国、台湾のメーカーとチームを組み共同開発している19ないし22乗りの多用途大型ヘリコプターで、1998年12月に初飛行し、2002年末の型式証明取得を予定している。三菱重工は7%のRSPとして平成7年6月から参画し、胴体客室部の設計・製造を担当している。



シコルスキーS-92ヘリバス

4節 防衛庁機等の開発

1 ターボプロップ初等練習機T-5開発と生産

富士重工は、航空自衛隊の初等練習機の開発に当たって、ターボプロップ・エンジンを搭載する構想を抱いた時期があったが、これは長い間実現しなかった。しかし、海上自衛隊がKM-2の後継機となる初等練習機を必要とするようになってきたのを見越して、KM-2のエンジンをアリソン250-B17Dターボプロップに換装し、垂直尾翼に後退角を持たせたモダンなデザインの新型機を試作、昭和59年6月からテストしていた。当時は、海上自衛隊の主力機や作戦機は、ほとんどがターボプロップ機になっており、パイロットを養成する初等練習機も当然、ターボプロップ機が求められるようになるとの確信を抱いての自主的な判断から先行開発していたのである。



富士T-5初等練習機

海上自衛隊は、そのテストの経過が順調であることに注目、昭和61年に至り、富士重工にKM-2改と名づけて開発を発注した。のちに正式採用されてT-5となったこの新型機は、コックピットが拡大されて視界の良い4人乗りとなり、装備品やアビオニクスも更新されて、KM-2とは全く違った斬新なスタイルの近代的な初等練習機として量産され、小月航空基地の第201教育航空隊に配備されている。

2 SH-60J/UH-60J/UH-60JAの国産

シコルスキーH-60又はS-70シリーズは、米陸軍のUTTAS多用途ヘリコプターに採用され、さらに海軍の艦載対潜ヘリコプターや空軍の救難ヘリコプターなどとして大量生産されているが、日本でも海上自衛隊が対潜ヘリコプター、航空自衛隊及び海上自衛隊が救難ヘリコプターとして、また陸上自衛隊も多用途ヘリコプターとして採用し、三菱重工が国産している。



三菱/シコルスキーSH-60J対潜ヘリコプター

なかでもSH-60J対潜ヘリコプターは、機体はシコルスキー社からのライセンス生産によるものである

が、搭載システムやアビオニクスをすべて日本が独自に開発したものである。従来のライセンス生産では、機体については日本側で改造・改良することはあっても、中身について改良する例はほとんど見られなかったが、SH-60Jでは全く逆に、機体はほとんどオリジナル・デザインのまま、中身を新たに開発して、外観は米海軍のSH-60と同じでも、中身は全く新しい新機種としているところが注目されている。平成元年6月試作機2機が51航空隊に引き渡され、各種試験が実施された。量産型の調達は昭和63年度から開始され、平成3年から部隊配備されている。



川崎OH-1小型観測ヘリコプターの試作1号機

3 OH-1小型観測ヘリコプターの開発と生産

OH-1観測ヘリコプターは、平成11年度から減勢する陸上自衛隊の小型観測ヘリコプターOH-6Dの後継機として、対戦車ヘリコプター隊、師団飛行隊等に配備し、主として偵察・警戒及び機上指揮・統制等に使用するものとして国内開発が計画された。

防衛庁は、平成4年4月に川崎重工、三菱重工、富士重工の機体メーカー3社に提案書を求め、評価作業等を経て、同年9月に新小型観測ヘリコプターXOH-1の主契約会社に川崎重工を、協力会社として三菱重工、富士重工を指名した。川崎重工は、平成4年10月 岐阜工場内に、日本の技術力を結集した新小型観測ヘリコプター・エンジニアリング・チーム「OH CET」を発足させ、開発作業を開始した。協力会社の三菱重工、富士重工の技術員も合わせ発足時85人、開発のピーク時は約150人の技術者が集められた。また、搭載されるターボシャフト・エンジンXTS1-10の開発も、三菱重工が主契約会社として指名され、機体開発と並行して開発が進められた。

平成5年3月には構想が固められ、詳細設計及び試作が行われた。平成6年4月に実大模型（モックアップ）を製作し、設計評価を実施した。平成7年度に全機静強度試験用供試機を、平成8年度にタイダウン試験用供試機を完成した。全機静強度試験用供試機は防衛庁技術研究本部第3研究所で、タイダウン試験用供試機は防衛庁技術研究本部岐阜試験場で、所要の試験が行われた。

平成8年3月に試作機の第1号機がロールアウトし、平成8年度から全機地上確認試験を開始し、平成8年8月6日、川崎重工岐阜工場にて多数の関係者が見守るなか試作初号機の初飛行が行われた。社内飛行試験で確認後、平成9年5月に初号機が防衛庁に納入され、同年8月までに計4機の試作機が納入された。飛行試験は約2年半に亘って行われた。

飛行試験を含む全ての技術・実用試験による評価を完了、平成11年12月21日部隊使用承認を得てOH-1の量産化が決定された。平成12年1月、量産初号機が川崎重工から防衛庁に納入された。

OH-1は、機体システム、搭載システム、エンジンまで含めて、全て国内開発となるわが国最初の純国産ヘリコプターであり、種々の新技術が盛り込まれた。

- (1) そのうちのひとつは、世界に先駆けて実用化された複合材を用いたヒンジレス・ローター・ハブである。ハブを複合材化し、ベアリング等を必要としないシンプルなローター・システムとして完成させている。高機動性を確保するとともに、整備に要する労力も大幅に軽減することにもなった。
- (2) 偵察任務用に赤外線（FLIR）、可視TV、レーザー測距装置を一体化し、高精度に安定化した索敵サイトを開発した。搭載方式は、探知性能、空気抵抗、整備性等の観点からコックピット上部に配置し、ルーフ・マウント方式とし、小型化と視軸の安定を達成している。
- (3) AAMは、左右のスタブ・ウィングに各々2発搭載することが可能である。防衛庁で既に開発されていた赤外線ホーミング方式91式地对空携帯ミサイルのヘリコプター搭載化を実現した。へ

リコプター搭載には、振動対策等も施し、空対空ミサイルのヘリコプター搭載化で欧米と肩を並べることとなった。

- (4) 統合コックピットは、ミッション・コンピューター及びシンボル・ジェネレータ機能を兼ねた統合制御処理器（IPU）を中心に、MIL-STD-1515Bデータ・バス及び多機能表示器（MFD）、統合制御表示器（CDU）を使用して情報の統合処理化による任務適合性の高い統合コックピットを構築した。音声による警報伝達等もありパイロット・ワークロードを軽減している。
- (5) 自動操縦装置（AFCS）は、電波高度計、速度センサー等の信号や各種アクチュエータの信号を集め、制御する操縦安定性増大機能及び飛行保持機能を持っている。パイロットは高視程時には機敏な操縦応答性を得るモードを、また夜間や悪天候時には安定モードを選択することが出来る。
- (6) 前述のヒンジレス・ローター・システムと自動操縦装置（AFCS）によって、地表に沿ってのぎりぎりの低空飛行（NOE；Nap Of the Earth）が可能となっている。
- (7) 尾部のテール・ローターは、飛行安全性、横風状態での操縦性、整備性、対聴覚探知性等の観点から、8枚の複合材製のブレードを持つダクテッド・テール・ローターとし、騒音低減等にも配慮した。
- (8) 生存性の向上を図るため、耐弾性には冗長設計を採用するとともに乗員装甲を装備し、耐衝撃座席、耐衝撃脚等を採用し、更にトランスミッションにはドライ・ラン能力を持たせている。

川崎重工が昭和50年代に日本初のヘリコプター開発したBK117型ヘリコプターで取得した技術・ノウハウ等が、OH-1の開発に引き継がれている。

平成10年5月、OH-1の開発で技術的にも素晴らしい成果を挙げたことが評価され、国際的ヘリコプター技術の権威である米国ヘリコプター学会（AHS）からわが国で初めてXOH-1開発チーム（防衛庁及び川崎重工）にハワード・ヒューズ賞が授与された。

4 新初等練習機の開発と生産

富士重工は、それまでの経験を生かし、航空自衛隊の初等練習機T-3の後継機として、平成12年10月から新初等練習機の開発を開始した。

新初等練習機は、T-3の基本構造・操縦系統を踏襲し、高い安全性と初級操縦課程教育への適合性を継承しながら、ターボプロップ・エンジン搭載による騒音の低減、居住性・操作性の向上、装備の近代化などを図った機体である。また、上昇性能・巡航性能の向上を図りながらT-3と同等な着陸性能を維持することにより、機種更新時の2機種同時運用による、同一トラフィック内の2機種混在状況下でも、安全に運用できるなどの考慮もされている。それらにより、限られた空域で訓練を実施せざるを得ない日本の国情を考慮した訓練効率の高い機体となっている。

初号機は、富士重工にて平成14年6月にラインオフし、同年7月に初飛行を迎え、同年9月に航空自衛隊に納入された。



富士重工が開発した新初等練習機T-7

5 US-1A改の開発

US-1Aは外洋での運用に適した耐波性に優れた水陸両用の大型救難機である。同機は長年、人命救助に活躍してきたが、海上自衛隊の救難体制向上および機体の長期維持のため、現用のUS-1Aの後継機として、US-1Aを改造する新救難飛行艇の開発が平成8年度より行われている。主な改造点は、新型エンジンと新しい6枚ブレード・プロペラを採用し、また与圧キャビンを導入することにより巡航速度と巡航高度を上げ、これによって救難活動のスピード・アップとより快適な患者輸送を可能にするものである。更にフライ・バイ・ワイヤシステム、グラス・コックピットの採用等新しい技術を取り入れ、操縦性、安全性の向上を図っている。昭和15年度に試作1号機の初フライト、昭和17年度から量産装備化がスタートするものと期待されている。

6 F-15の能力向上

航空自衛隊では、F-15Jの主力要撃機としての性能の向上と発展性を確保するため、また、電子部品に対する枯渇対策を図るため、平成9年度からF-15J能力向上のため試改修に着手した。主な試改修の内容としては、

- (1) 火器管制レーダーの換装：火器管制レーダーを、AN/APG-63からAN/APG-63（V1）に換装し、最大探知距離の増大及び信頼性の向上を図る。また、これにより枯渇部品対策、機体内スペースの発展性の確保も同時に達成される。
- (2) セントラル・コンピューターの換装：セントラル・コンピューターの計算能力を大幅に向上することにより、大幅な発展性余裕の確保を図る。
- (3) 発電機の換装：発電能力が1.5倍の発電機に換装し、電子戦機器の電力消費に対応するとともに発展性を確保する。
- (4) 空調装置の換装：火器管制レーダーの換装及び統合電子戦システム導入に対応して、現状の空調ユニットの能力向上させたものに換装し、冷却空気供給温度の低温下と発展性の確保を図る。
- (5) 統合電子戦システムの導入：現状の電子戦機器の能力を向上させるとともに、各機器を有機的に統合化制御することで、電子戦環境下における生存性の向上を図る。
- (6) データ・リンクの追加：マルチネット方式の戦術情報交換能力を有するデータ・リンク装置を追加搭載し、戦術情報処理能力を大幅に向上させるとともに、統合運用能力を確保する。

試改修機は上記のうち(1)～(4)を適用した形態1型機と(1)～(6)までを適用した形態2型機の2機が製造される計画で、形態1型機は平成15年9月頃、形態2型機は平成19年3月頃に納入される予定となっている。これら試改修機に対しては、納入後に航空自衛隊の飛行試験が実施され、形態1型機は平成16年度から、形態2型機は平成20年度から量産改修が本格化する計画となっている。

これらの改修を施することによって、F-15Jには航空自衛隊の最新空対空ミサイルである99式空対空弾導弾（AAM-4）の運用が可能となる他、将来的にはヘルメット一体型照準装置（HMD）や新短距離空対空誘導弾（XAAM-5）、IRST（赤外線探知/追尾）装置といった将来新規装備品追加搭載のポテ

ンシャルを保有することとなる。



三菱MH2000多用途ヘリコプター

7 MH2000ヘリコプターの開発と生産

民間用ヘリコプターとして三菱重工はMH2000ヘリコプターを自主開発した。これは純国産民間用双発タービン・ヘリコプターで、エンジンも三菱重工が開発したMG5型ターボシャフト・エンジンを搭載している。平成7年4月開発に着手し、平成8年7月初飛行に成功した。試作機として飛行試験用2機、静強度/耐久試験用に各1機の計4機が製作された。平成9年6月に運輸省（現国土交通省）よりTB級型式証明を取得し、翌平成10年1月に同耐空証明を取得した。

その後パワーアップ型MG5-110エンジンを搭載したMH2000A型のTA級型式証明を平成11年9月に取得し、量産初号機が平成11年10月1日エクセル航空に納入された。続いて平成11年11月に1機を納入し、さらに1機が平成12年3月に科学技術庁（現文部科学省）航空宇宙技術研究所向け実験用ヘリコプターとして納入された。同一メーカーで機体とエンジンの両方を同時開発に成功したのは日本ではもちろん初めてで、世界でも例がない。

第6章 航空エンジン工業の歩み

1節 日本ジェットエンジン(株)の設立と3社体制

1 エンジン工業の再出発

戦後7年間の空白は、航空機エンジンとその部品産業にとっても大きな痛手だった。この間に世界の航空機エンジンは、レシプロ・エンジンからジェットエンジンの時代へと革新的な飛躍を遂げていた。

こうした中、わが国の航空機エンジン業界の再開は、なによりもエンジン工業の形態を整えることを最初の課題とし、エンジンの生産というよりも、まず昭和27年米軍機用エンジンのオーバーホールとそのため修理部品の製造を手掛けることからスタートし、防衛機のオーバーホール、レシプロ・エンジンの国産化など事業範囲を拡大していった。

(1) レシプロ・エンジンの修理

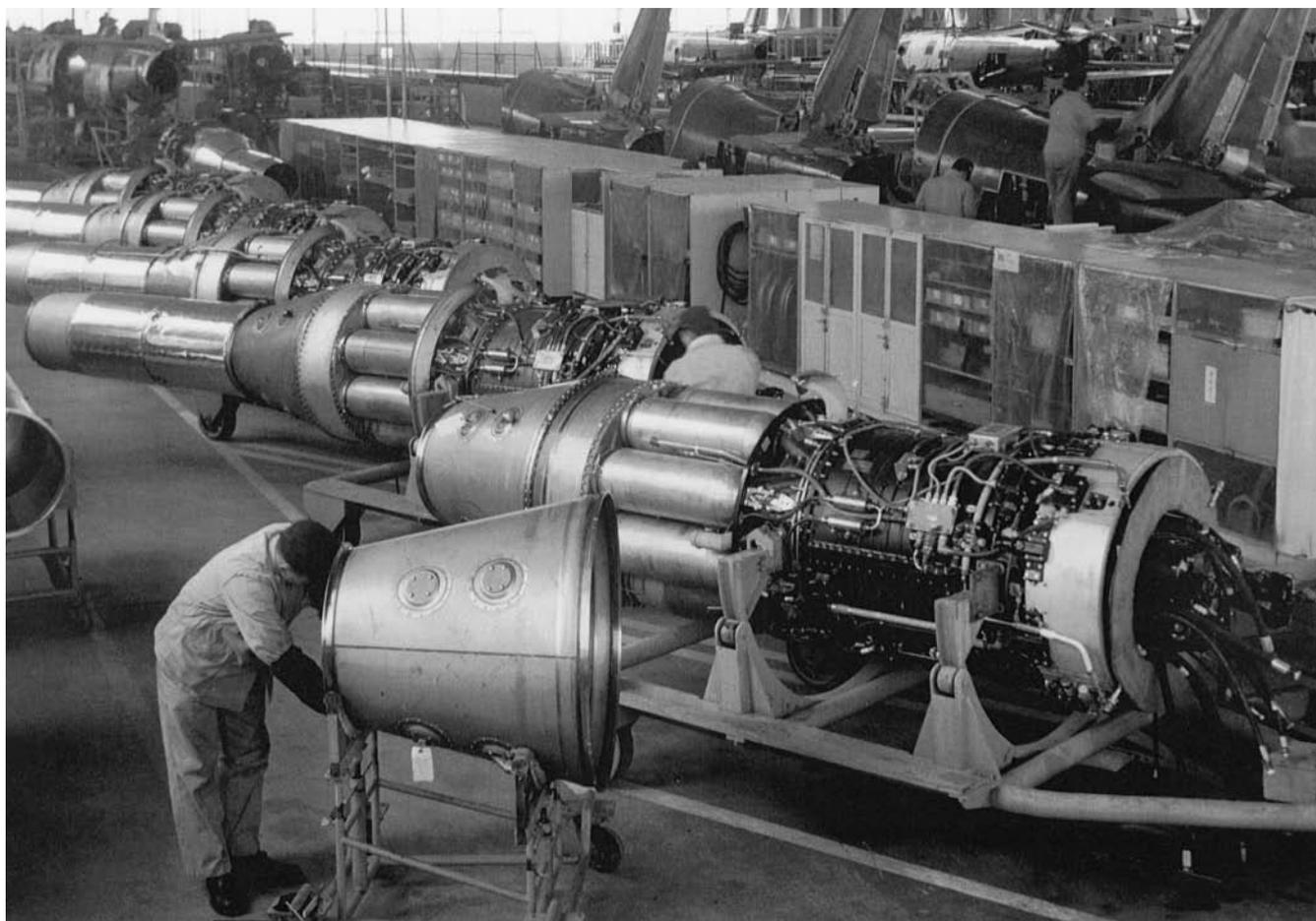
再開当初のレシプロ・エンジンの修理事業では、

まず川崎航空機がヘリコプター用でフランクリン社、ライカミング社を、新三菱重工がプラット・アンド・ホイットニー(P&W)社を、新明和工業がコンチネンタル社、デハビランド社(ジブシー)、ブラックバーン社(シーラス)を、また富士精密工業がジェイコブス社、ライカミング社を、それぞれ技術提携先として修理事業を行っていた。

しかし、レシプロ機から次第にジェット機主流時代となり、レシプロ・エンジン自体のオーバーホール需要の伸びが見込めなかったために、各社とも事業から手を引いてしまった。

(2) ジェット・エンジンのオーバーホール

ジェット・エンジンのオーバーホールは、川崎航空機が行った米軍J33及びJ47ターボジェット・エンジンの修理作業と石川島播磨重工が実施したJ47ターボジェット・エンジンの修理用部品の国産化がその始まりである。



川崎航空機が戦後いち早く手掛けたJ33ジェット・エンジンのオーバーホール

航空自衛隊がT-33A練習機及びF-86F戦闘機を装備し、これらを国産化しようとした際エンジン全体の国産化には至らず、川崎航空機の明石工場でJ33及びJ47エンジンのオーバーホールと燃焼器などの修理用部品の国産が行われ、石川島播磨重工ではJ47のコンプレッサーの翼等主要構成部品のライセンス生産を行った。

(3) レシプロ・エンジンの国産

一方、レシプロ・エンジンの国産は、まずヘリコプター搭載用のエンジンからスタートした。

川崎機械工業では、戦後いち早くライセンス生産が決まったベル47Dヘリコプターのエンジンについて、昭和28年度の工業試験研究補助金を受け、240hpのKAE240エンジン 3台を昭和29年12月末までに完成させ、翌年には性能試験、150時間運転を成功させた。量産こそされなかったが、昭和31年7月30日には戦後の国産第1号エンジンとして型式承認を取得している。

また、そのころ富士自動車では、自衛隊に採用されたT-34Aメンター初等練習機のエンジン、コンチネンタルO-470-11/-13の製造権を昭和29年6月に取得し、型式承認は獲得したが量産にいたらず、8台のノックダウン組立と部品の生産を行った。

この他、昭和54年に、小松ゼノア社がマイクロ・ライト機用としてG25B(22hp)、G50C(48hp)などを試作した。また空冷直列正立3シリンダーG72C(60hp)は、同年12月に米国連邦航空局(FAA)の型式承認を得たが、価格の問題等もあって結局量産はされなかった。

以上のように、航空再開とともに小手調べ的ではあったが、独力での航空機用エンジンの製造が始まった。

2 日本ジェットエンジン(株)の設立

戦後のジェット・エンジン開発の試みは、日本ジェットエンジン株式会社(NJE)が設立されたことから始まっている。その経緯は以下のとおりである。

第二次世界大戦末期頃から欧米先進国は急速にジェット機時代に突入していったが、日本では終戦直前の昭和20年に、海軍の指定工場となっていた石川島播磨重工が「ネ20」ジェット・エンジン 5台の製造と試運転に成功、量産体制を整えつつあった。しかしながら、わが国初のジェット・エンジン「ネ20」を搭載した双発攻撃機「橘花」が初飛行に成功した

1週間後には、日本は敗戦を迎え、航空機工業活動が全面的に禁止されることになった。

その結果、航空エンジン技術については、欧米先進国のエンジン工業の水準とはほとんど決定的ともいえるほど技術格差がついてしまった。ジェット・エンジンに関心をもっていた企業は、その状況を憂慮し、それぞれ再開前から独自の研究を行っていた。昭和27年4月に航空機工業の再開が実現すると、ジェット・エンジン研究の機運が急速に高まった。

昭和28年1月には、ジェット・エンジンに関心を持つ企業、材料会社、補機会社等11社は、欧米の先進技術を学ぶため、アメリカ極東空軍技術連絡部と関係官庁の協力を得てJ33ジェット・エンジンを借り受け、石川島播磨重工第1工場(江東区佃島)で、現物を中心とした分析、分解組立作業、運転実験等を行った。アメリカからもジェネラルモーターズ社(GM)アリソン工場の技師が特別に派遣されてきて指導にあたる等、本格的な研究・調査が行われた。しかしながら、各社個々に行っても技術者、設備、開発資金等容易でなく、各社一致して当たるべきであるという狙いから、航空機生産審議会の答申を受け、昭和28年7月、石川島播磨重工、富士重工、富士精密および新三菱重工の4社(のち昭和31年11月になって川崎航空機も参加し、5社となる)の出資により、NJE社が設立された。

当初、NJE社は、富士重工の協力により、同社大宮工場の一部を利用して研究を始めたが、昭和30年6月には本社を北多摩郡田無町(現・西東京市)に移し、諸設備の整備につとめた。NJE社は昭和30年3月から推力1.2トンのXJ3エンジンの設計に入り、中間ジェット練習機T-1に搭載するJ3エンジンの開発につなげていった(本章第3節1「初の国産ジェットエンジンJ3ターボエンジン」の項参照)。

しかしながら、NJE社は、出資各社間の覚書でエンジンを量産しないことになっていたため、量産は石川島播磨重工が担当し、NJE社や他の出資会社が協力する体制で、昭和34年3月以降、量産先行型であるYJ3の生産が進められた。なお、NJE社は昭和49年5月30日に全ての業務を終了し解散した。

3 3社体制で育ったエンジン工業

現在、我が国の航空エンジン工業は、大きくいえば、石川島播磨重工、川崎重工、三菱重工の3社によって構成されている。

通商産業省は、ジェット・エンジン技術の基礎を早急に確立するためには、各社が一致協力すべきであるとの見解であったが、NJE活動の経緯に見るように、J3エンジンの開発は石川島播磨重工に引継がれることとなった。その後、ヘリコプターの導入機種・機数の増加を受け、昭和41年10月、これまでの1社集中の傾向を改め、ライカミングT53を川崎重工に、アリソンT63を三菱重工にライセンス生産させることを決定した。

こうしたジェット・エンジン業界が、新しい3社時代に突入したのは、昭和44年、航空自衛隊のC-X（後のC-1輸送機）のエンジンに決まったP&W社JT8Dエンジンの国産プライムメーカーに三菱重工が選定された時からである。

昭和47年度から始まった第4次防衛力整備計画では、新たにF-4EJ戦闘機、C-1輸送機、T-2超音速練習機などの導入が相次ぎ、そのエンジンであるJ79-17、JT8D-9、TF40アドアという3機種が同時に国産されることになった。エンジンメーカー3社がそれらのライセンス生産の主契約会社を目指して激しく競い、その結果、石川島播磨重工がT-2及びF-1 支援戦闘機に搭載するロールス・ロイス（RR）/ツルボメカ（TM）社TF40アドアの、三菱重工がJT8D-9エンジンの国産化をそれぞれ担当することになった。

川崎重工と三菱重工のジェット・エンジン進出を認めた際、通産省は大型エンジンは石川島播磨重工、小型エンジンについては川崎重工と三菱重工に参入を認めるということをした。了解条件としていた経緯があったため、担当企業の選定については議論を呼んだが、エンジンの国産化計画そのものは極めて順調に推移した。

石川島播磨重工は、F-86F戦闘機用J47エンジン部品のライセンス生産、F-104J戦闘機用J79-11やF-4EJ用のJ79-17、F-2支援戦闘機用F110など戦闘機エンジンのライセンス生産やオーバーホールを通じて、主としてGE社との技術提携によって大型エンジン国産化を次々にこなしながら成長してきた。後にはRR/TM社TF40アドア、P&W社F100等のエンジン国産で両社とも技術提携を結び、結果的に世界を代表する主要エンジン・メーカー3社のいずれとも関係を深めながら成長していった。民間用エンジンでは、昭和41年からRR社との部品加工契約による下請け生産を開始し、民間大型エンジン技術について

も多くを学んできた。最初は、素材の供給を受けながらの下請け生産で、昭和56年頃からはRB211-524エンジンの部品生産を始め、昭和63年からはRSP（Revenue Sharing Partnership：収益分配方式）契約方式で主要民間エンジンであるV2500、GE90、CF34、トレント・シリーズのモジュールや部品の設計・生産や、エンジンのオーバーホールに参画してきている。

川崎重工は、J33のオーバーホールや部品製造、J47のオーバーホールからジェット・エンジン事業に進出していき、昭和34年には、T1A用のRRオリフェーズのオーバーホール、部品製造を開始した。さらにアブコ・ライカミング社との技術提携により、UH-1・AH-1ヘリコプター用のT53、CH-47ヘリコプター用のT55ターボシャフト・エンジンの国産化を図った。その後、民間用エンジンでは、昭和48年からのFJR710、昭和54年からRJ500の開発に参画し、昭和59年からのV2500国際共同事業にも参画している。また、昭和55年からRR社と提携してL1011用のRB211-2Bの部品製造を開始、昭和63年からはRSP契約方式で部品の共同開発および生産を担当してきており、最近ではトレント・シリーズについても同様に開発・生産を行っている。更に、昭和60年にはP&W社の大型民間航空機用PW4000の開発・製造プロジェクトにも参加している。

一方、三菱重工は、上述したアリソン・デトロイト・ディーゼル社との技術提携でCT63ヘリコプター用小型ガスタービン・エンジンを国産化しつつエンジン事業の基盤を固め、航空自衛隊が国内開発になるC-1輸送機の装備を開始するのに合わせて、ユナイテッド・テクノロジー社プラット・アンド・ホイットニー事業部門と技術提携を結んで、大型ターボファン・エンジンJT8Dの国産を実現、これを弾みにプラット・アンド・ホイットニー社との結び付きを強めながら、PW4000エンジン開発・生産プログラムにRSP契約方式で参加、タービン・ベーン、ディスク、燃焼器などを年産100ないし200台ペースで生産しており、同社エンジン事業の売上の中核となっている。これによって最新の大型ターボファン・エンジンの開発に関する多くの貴重な経験を積んだ。最近では、プラット・アンド・ホイットニー社との提携関係をますます強化し、PW6000の開発にもRSP契約方式で参画し、同社との戦略的パートナーとしての色彩をさらに濃くしている。PW6000

の開発計画に参加したことで、世界の民間用大型エンジンのホット・セクションではもっとも重要な部分である燃焼器の約4分の1は三菱重工が製造するほどになっている。

2節 ライセンス生産の流れ

我が国ジェット・エンジン工業が技術的に大きく飛躍したのは、川崎重工によるT-33A練習機用J33エンジン、石川島播磨重工によるF-86F戦闘機用J47エンジンの修理部品の国産が始まってからのことである。これが事業の面でもさらに飛躍的に発展をとげるのは、防衛庁のF-104J戦闘機が国産化され、そのエンジンJ79-11がライセンス生産されはじめてからのことであった。

昭和37年に、このF-104J用J79-11ターボジェット・エンジンのライセンス生産が開始されると、エンジンの生産高は急上昇し、日本のジェット・エンジン工業は目覚ましい発展を遂げた。我が国航空機工業の総生産高に占めるエンジンの比率は、昭和35、6年時点では12%であったが、昭和38年には約21%に上昇した。これはF-104Jの第2次分の生産が終了する昭和43年（エンジンは全体の11%となった。）まで続いた。その後のエンジンと部品の生産額は、P-2J用のT64-10やJ3-7、F-4EJ用のJ79-17、C-1用のJT8D-9、ヒューズ369用のT63、ベル204B用のT53-11A、T-2/F-1用のアドアTF40などの生産によって漸次増加し、近年では再び20数%の水準となっている。

1 実現しなかったT-34メンターのエンジン国産
当時の富士自動車は、自衛隊に採用されたT-34メンター初等練習機用エンジン、コンチネンタルO-470-11/-13の国産を見込んで、国産ライセンスを他社に先駆けて取得した。メンターは生産機数が限られていたこともあって、そのエンジンが大量生産に結びつく可能性は少なく、輸入することから始まった。結果的には、最後まで輸入され、両エンジンとも量産されずに終わってしまった。

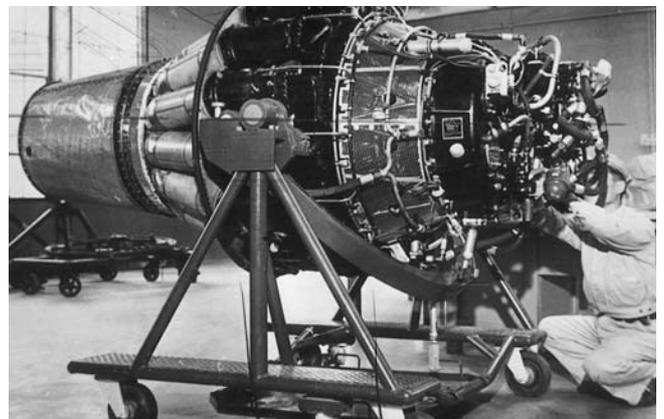
2 J33及びJ47ターボジェットエンジン

川崎航空機は、昭和29年5月米国ロッキード社とジェット・エンジン・オーバーホールに関する技術提携契約を結び、米軍のT-33A練習機およびF-86F

戦闘機用ジェット・エンジン（J33-A-35、J47-GE-27）のオーバーホールを受注した。昭和29年7月神戸製作所内にジェット・エンジン・オーバーホール準備室を発足させ、ロッキード社の技術指導で設備類を充実させ、作業員の教育訓練を受け、翌年1月には第1号機を米軍に引渡し、日本におけるジェット・エンジン・オーバーホール作業がスタートした。その年、J33-A-35を148台、J47-GE-27を217台、F-84F用J35-A-29を52台、計417台を納入している。昭和31年4月からは航空自衛隊のジェット・エンジン・オーバーホール（J33、J47）を受注し、最終的にはJ33は3,802台、J47は6,957台のオーバーホールを実施している。また、昭和44年から、J33ジェットエンジン部品の製造を開始した。

一方、石川島重工は昭和29年にGE社とJ47ジェットエンジン部品の技術提携を結び、GE社の技術指導を受けて昭和34年4月から量産を開始し、昭和55年迄生産を続けている。

両社とも近代的な生産技術・品質管理・生産管理手法を米国から導入し、その後の成長・発展の基盤となっている。



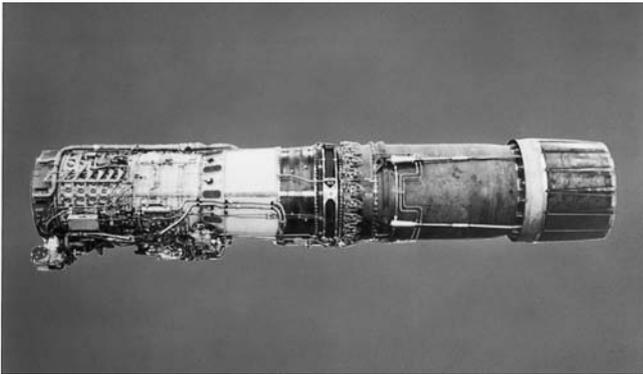
J33は完全国産こそ実現しなかったが、3,802台のオーバーホールが行われた

3 J79ターボジェット・エンジン

昭和34年防衛庁は、米国ロッキード社のF-104Jの採用を決定した。エンジンはGE社製J79-11A（推力7.2トン）で、昭和35年12月GE社と石川島播磨重工の間で技術援助契約が締結され、翌年3月防衛庁との契約が結ばれ、昭和37年1月に国産1号機の初回運転が行われ、同年6月以降納入が開始された。

このエンジンはGE社が、M2クラスの戦闘機用エンジンとして1952年から総力を挙げて開発したターボジェット・エンジンで、1954年からフライト・テ

ストに入り、その後量産化されたものである。



日本のジェット・エンジン技術を高めたJ79-11ターボ・ジェット・エンジン

J79-IHI-11Aの国産化により主契約会社となった石川島播磨重工はもちろんのこと、生産に協力した川崎重工、三菱重工をはじめ、ベンダー各社に新しいジェット・エンジン技術と仕事量の増加をもたらし、日本のジェット・エンジン工業の技術向上に大きく貢献した。

F-104Jにつづく次期戦闘機は昭和43年11月米国マクダネル・ダグラス（MD）社F-4EJに正式に決定され、これに搭載されるエンジンもF-104J用とファミリーのGE社J79-17ターボジェット・エンジン（推力8.12トン）で、石川島播磨重工は昭和44年6月技術援助契約を締結し、翌年10月1号機を納入した。このJ79-IHI-17は、昭和55年11月に最終号機が納入されるまで340台生産され（運用は他に32台輸入エンジンがある）、J79-IHI-11Aとあわせ610台が生産され、国産化率は95%に達している。

J79-IHI-17は電子回路の国産化でデジタル化と制御回路の2重系化を行うと共に、部品入手性の容易化と信頼性向上を図り、長期にわたる後方支援を継続している。

ちなみにこのJ79シリーズは、GE社の他、石川島播磨重工等のライセンシーを含め、世界で約17,000台生産されたといわれ、民間型はCJ-805エンジンとしてコンベア880、990両旅客機に搭載された。

4 CT63ターボシャフト・エンジン

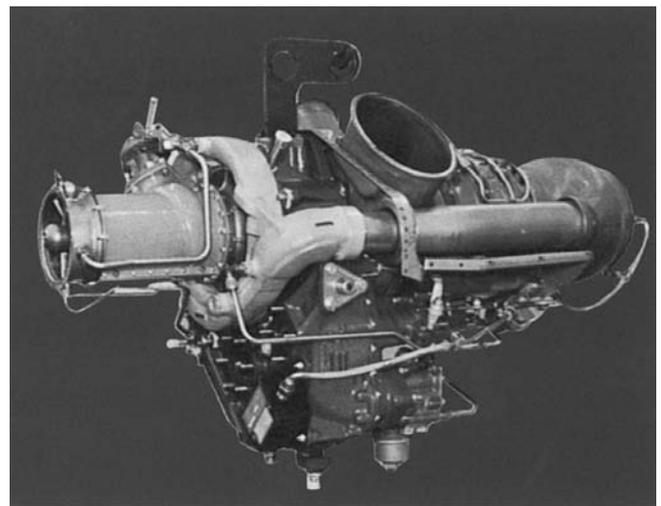
第3次防衛力整備計画（昭和42-46年度）に、陸上自衛隊の新しい装備として軽観測ヘリコプタ（LOH）の導入計画が盛り込まれ、当時米陸軍向けに大量生産されていたヒューズOH-6をライセンス生産することが決まった。昭和41年3月、三菱重工は、この

ヘリコプターに搭載するアリソンCT63小型ガスタービン・エンジンのライセンス契約を結び、翌年3月正式認可を受けた。

CT63エンジンは、高度な設計・加工技術によってコンパクトにまとめられた高性能ターボシャフト・エンジンで、小型ながら出力が大きく、また、馬力当たりの燃料消費量が少なく、さらにエンジン重量も最小限に抑えられた新世代エンジンで、設計・製造の両面にわたって斬新なアイデアが随所に取り入れられ、当時としては非常に野心的なエンジンであった。

米陸軍のLOH計画で開発されたヒューズOH-6ヘリコプターは、日本では防衛庁向けのほか、民間向けにもヒューズ500型として生産されたので、CT63エンジンのライセンス生産は防衛庁向け及び民間向けの両方が対象となった。

このエンジンは、昭和42年度から昭和51年度までに179台がライセンス生産された。



CT63ターボシャフト・エンジンは、三菱重工が179台のライセンス生産を行った

5 T58ターボシャフト・エンジン

T58エンジンは、1953年アメリカ海軍の要求により800shpターボシャフト・エンジンとして計画され、試作型T58-GE-2から改良型T58-GE-6（1050shp）さらに性能向上型T58-10（1500shp）からT58-16に発展し1870shpまでパワーアップが行われている。また、民間型のCT-58-110、-140も擁している。

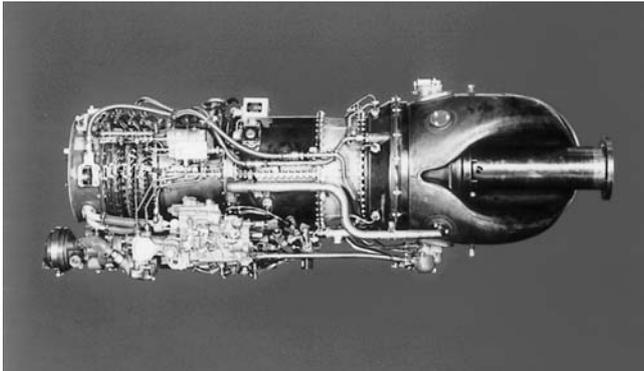
このエンジンは、フリー・タービン方式の採用や失速や氷結を起こさない工夫がなされており、日本においては、HSS-2B、S-61A、V-107A等ヘリコプターに搭載されている。また、PS-1対潜飛行艇、US-1救

難飛行艇の短距離離着水を可能にする境界層制御装置（BLC）駆動用動力としても使用されている。

石川島播磨重工は、防衛庁のH-X構想に伴い、昭和36年GE社との技術援助契約の締結を得て、T/CT58ターボシャフト・エンジンの国産化準備を本格化した。昭和37年12月に初号機を納入して以来、国産化率95%で805台生産した。導入以来40年以上経過した現在においても現役であり、引き続き10年以上国内でこのエンジンが使用される予定である。



T53ターボシャフト・エンジン



T58ターボシャフト・エンジンは、40年以上経過した現在も活躍している

6 T53ターボシャフト・エンジン

川崎航空機工業は昭和41年10月、アメリカのアブコ社とエンジン製造に関する技術提携を結び、翌年1月には製造ライセンスを取得し、アブコ・ライカミングT53ガスタービン・エンジンの国産化に着手した。このエンジンは米陸軍用に開発された小型ターボシャフト・エンジンで、1,000shpから2,000shpクラスのエンジンとしては当時の世界で最も多く使用されていたという実績をもち、耐久性に優れた信頼性の高いエンジンとして評価されていた。

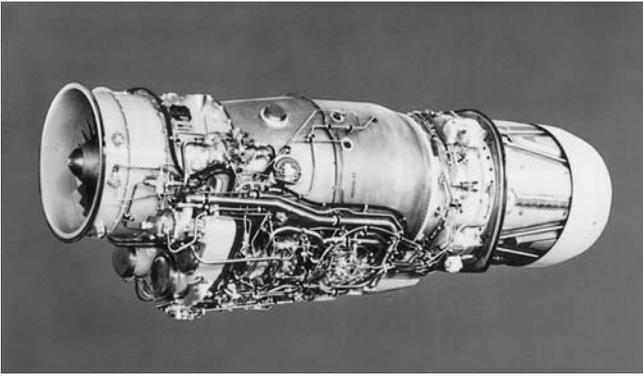
T53エンジンの生産は昭和42年初頭から始まり、同年5月にKT53-13A（1,100shp）エンジンの国産第1号を完成、防衛庁に引き渡し、UH-1Bヘリコプターに搭載された。さらにこれを性能向上させ、1,400shpにパワーアップしたKT53-13B（民間型）/KT53-K-13B（防衛庁向け）ガスタービン・エンジンを、アブコ社との技術提携で昭和48年8月から国産化し、富士重工製の民間向けベル204B-IIや防衛庁向けのUH-1Hヘリコプターに搭載された。また、派生型のT53-K-703は防衛庁向けのAH-1S / UH-1Jヘリコプターに搭載された。

7 TF40（アドア）ターボファン・エンジン

昭和44年我が国初の超音速高等練習機T-2が開発され、搭載エンジンはイギリスとフランスによる共同開発のTF40（アドア推力3.3t）と決定された。製造担当会社に指名された石川島播磨重工は昭和45年8月、RR / TM社と技術導入契約を締結し、初号機を昭和49年5月に防衛庁に納入した。

このエンジンは、RR社とTM社が国際共同開発したもので、ヨーロッパにおいて量産化された最初の共同開発エンジンとなった。12個のモジュールからなるアフターバーナー付きターボファン・エンジンで、1965年にジャガー機用として共同生産され、のちにホーク練習機にもアフターバーナーが付かないタイプが搭載され、現在ではその派生型が米海軍のゴスホークに搭載されている。

日本において初のヨーロッパ系エンジンの生産で、特に従来のアメリカ系の戦闘機用エンジンとは設計思想や技術資料の体系が異なり、RR社の設計手法や技術を、またTM社ならではの珍しい技術等を学んだ。電子ビーム溶接、電解加工等の新しい加工技術を習得しながら量産体制を確立したことや、軍用として初のモジュール・メンテナンスが行われた経験は、その後の日本のエンジン技術力向上に大きな財産となっている。その後、昭和52年にロールアウトした対地支援戦闘機F-1にも搭載され、昭和62年10月に最終号機を納入するまで426台生産し、国産化率は約98%であった。



TF40ターボシャフト・エンジンは、米国と異なる設計思想を体得する上で極めて有益であった

輸入エンジンを加えてエンジンは合計438台運用されたが、F-2A/Bの生産が進むに連れ、T-2及びF-1の用途廃止が進み、その運用規模は年々縮小しているが、運用に支障を来すことがないよう後方支援が行われている。

8 JT8Dターボファン・エンジンの国産

昭和47年度から始まった第4次防衛力整備計画の中で、三菱重工は、通産省から昭和44年12月にJT8D-9エンジンの国産主契約会社に指名された。同社は翌45年6月にはP&W社とライセンス契約に調印、昭和46年3月1日付けで政府認可を取得した。このエンジンの国産は、当初から国産価格や数量などに厳しい制約があったが、同社としては、初めての大型エンジン生産であり、大型エンジン・メーカーとしての地盤確立を実現するという認識のもとに全力を挙げて取り組んだ。

昭和47年10月には、味岡地区に新しく小牧北工場



三菱重工が主契約会社となったJT8D-9大型ターボファン・エンジン

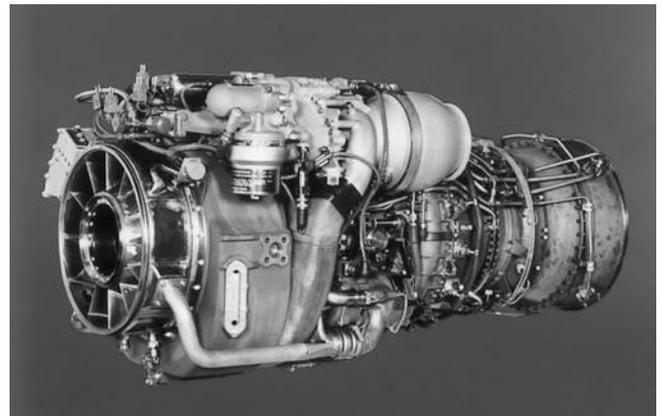
を建設、JT8Dの国産に着手したが、その生産は、4次防計画当初には50機の生産が計画されていたC-1

輸送機が、昭和47年10月決定の装備計画では24機に修正され、最終的には31機となり、エンジンは最終的に72台生産された。

三菱重工は昭和56年6月に47台目の最終エンジンを納入して生産計画を終了したが、この国産化によってプラット・アンド・ホイットニー社の優れた民間用大型ターボファン・エンジンの設計、製造、品質管理などの技術を習得した。

9 T55ターボシャフト・エンジン

昭和59年8月、川崎重工は、アブコ・ライカミング社とCH-47輸送ヘリコプター搭載エンジンT55(4,336shp)について新たな技術提携を結び、昭和61年からヘリコプター用ターボシャフト・エンジンT55を国産化、これをT55-K-712の呼称で生産開始した。T-55エンジンは、CH-47シリーズに2基搭載されているターボシャフト・エンジンであり、小型・軽量・高出力であり、且つ高い信頼性と優れた整備性を有している。



三菱重工のライセンス生産T55ターボシャフト・エンジン

10 T64ターボプロップ・エンジン

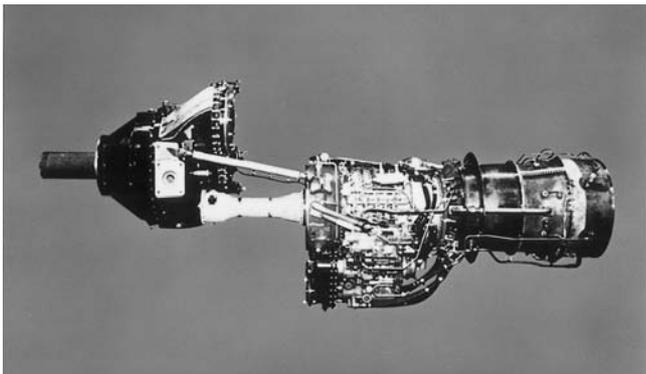
昭和30年代後半から、海上自衛隊が固定翼対潜機整備の一環として、昭和36年のUF-XS実験機につづき、昭和40～41年度のPX-S試作機、さらに対潜哨戒機P2V-7の近代化研究が昭和37年から検討され、昭和40年から開発に着手することになった。この両機ともメイン・エンジンとしてGE社T64(2,850hp)が最適とのことから、石川島播磨重工は昭和40年4月GE社と技術援助契約を締結し国産化した。

このT64エンジンは、GE社が1955にデザイン・スタディを開始、1957年にアメリカ海軍と開発契約を結び、1961年にテストフライトに成功したものである。ヘリコプターやV/STOL機用として開発された

フリータービン・エンジンでギアボックスの相違によってターボプロップ型とターボシャフト型の2種類となるものである。

このエンジンは、開発国アメリカとまったく異なる条件下で運用されるため、とくに塩害対策に意を用いた他、また、日本で開発された機体に外国で開発されたエンジンを搭載する初めての試みともなり、ついにはGE関係者をして「アメリカ生まれの日本育ち」といわしめるエンジンに成長した。このエンジンの国産化率は約95%、P-2J、PS-1、US-1用として昭和42年から昭和58年3月まで約390台生産され、現在、3,400shpまでパワーアップされ、T64-IHI-10Jとして救難飛行艇US-1A及び電子支援訓練機YS-11Eに搭載されている。

また、平成元年、ターボシャフト型T64-416エンジンが海上自衛隊の掃海・輸送ヘリコプターMH-53Eの導入に伴い輸入され、パワーアップの改良を行なう等整備支援が行なわれている。



日本独自の改良による性能向上をはかったT64ターボプロップ・エンジン

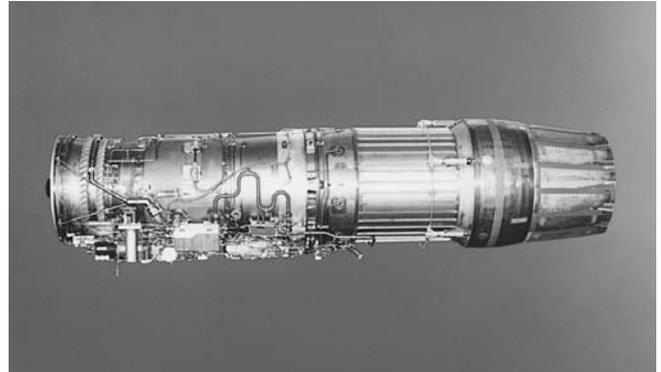
11 F100ターボファン・エンジン

昭和51年防衛庁はF104Jの代替としてF-15の導入を決定した。搭載エンジンはP&W社のF100エンジンで、巡航時の低燃費、広い作動範囲、高信頼性、高整備性という特性を有し、推力10tで推力重量比8という高性能のアフターバーナー付ターボファン・エンジンである。

このエンジンは、従来のエンジンと異なり、高性能を達成するため、材料にチタン合金やニッケル・コバルト合金を多量に使用し、また、モジュール構造を採用しボア・スコープ点検が出来るようにし整備性を改善した画期的なエンジンであった。

石川島播磨重工は、昭和53年6月P&W社と技術提携を行い昭和56年9月に初号エンジンを納入し、平

成11年8月に最終エンジン447号機を納入した。国産化率は米国の技術開示制限があり78%程度であった。



F100ターボファン・エンジン

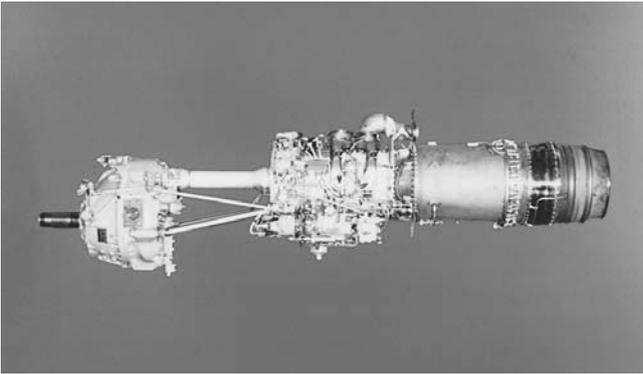
F100エンジンの制御は従来油圧機器による基本制御を電子機器が補佐する形の制御方式であったが、デジタル・エレクトロニック・エンジン・コントロール (DEEC) を導入する等、制御システムの大幅な変更を行っている。これにより、エンジンの作動の応答性や安定性が飛躍的に向上し、又、故障徴候等を検知するための自己診断機能も充実し、整備効率も向上した。この改良により、呼称はF100-100からF100-220Eへ変更され、平成3年から66台が-220E型で生産された。

全電子化による性能向上と4000サイクル・コアの採用により大幅に整備間隔を伸ばす等メリットが大きいため、納入済み-100エンジンの-220E化改修が平成4年から開始され、現在-220E型はF100エンジンの全台数の約6割を占めるに至っている。この改修は今後も引き続き継続される予定である。

12 T56ターボプロップ・エンジン

海上自衛隊P-3C対潜哨戒機の搭載エンジンであるT56エンジンの主契約会社は、同時期に導入されたF-15用F100エンジンと同時に石川島播磨重工が指名された。

T56エンジンは、GM社デトロイト・ディーゼル・アリソン事業部 (DDA) が、1950年から開発をはじめ製品化した出力4,591hpの大型ターボプロップ・エンジンで、海上自衛隊のP-3C対潜哨戒機をはじめ、航空自衛隊のC-130輸送機、E-2A早期警戒機、エレクトラ旅客機などに搭載され、製造実績が1万数千台にもおよぶ使用実績のあるエンジンである。



世界で1万数千機の生産実績を誇るT56ターボプロップ・エンジン

構造的には、一軸式ターボプロップで、空冷式タービン動翼を採用している。

昭和53年10月、石川島播磨重工は、GM社DDAと技術提携契約を締結し、昭和56年12月、初号機を防衛庁に納入し、P-3Cの他に派生型機のEP-3やUP-3D用にも生産され平成9年11月に最終エンジンを納入するまでに483台生産し、国産化率は約76%であった。P-3C搭載用T56-14エンジンの他に、C-130HやE-2Cに派生型のT56-15および-425エンジンが使用されている。

13 T700ターボシャフト・エンジン

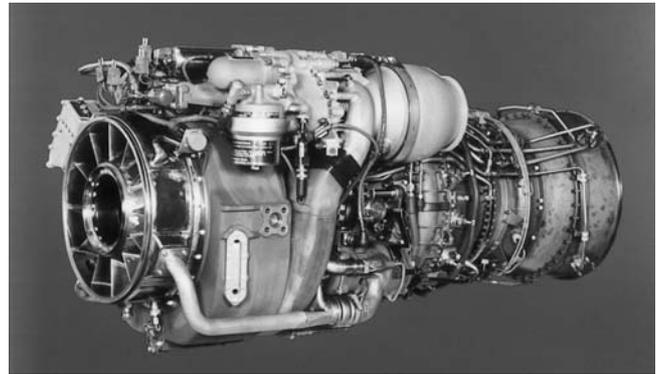
防衛庁は、艦載ヘリコプターHSS-2Bの後継機として海上自衛隊SH-60J対潜ヘリコプターの導入を昭和63年から始めた。この機体の搭載エンジンは、GE社のT700エンジンで、1970年代に開発を開始し、その後米軍の運用要求に基づき、改良を加えて段階的に2,000hpクラスまで出力を増強してきた。SH-60Jに採用された-401Cタイプは、一方向凝固による耐熱材料をタービンに採用することによりタービン入口温度を増加し、同クラスのエンジンとしては当時最高レベルの技術を採用した。小型、軽量で高出力を実現し、また燃料消費率、操作性及び信頼性に優れたエンジンで、整備性はT58エンジンより格段と向上した。

T700エンジンは、SH-60Jに搭載されると同時に、航空自衛隊及び海上自衛隊のUH-60J救難ヘリコプターにも搭載され、同時期に導入が開始された。

石川島播磨重工が、GE社とのライセンス契約に基づきT700エンジンの国産化を実施し、5次にわたる国産化により、高い国産化率を達成している。

T700エンジンは、その後平成7年に陸上自衛隊の多用途ヘリコプターUH-60JAのエンジンとしても

採用され、平成14年に400台の生産を突破した。今後も、平成14年度から導入となる陸上自衛隊AH-64D搭載用エンジンとして-701Cエンジンが、又海上自衛隊SH-60K搭載用エンジンとして-401Cの改良型-401C2エンジンが生産され、今後も陸海空自衛隊のヘリコプター用エンジンとして活躍が期待されている。



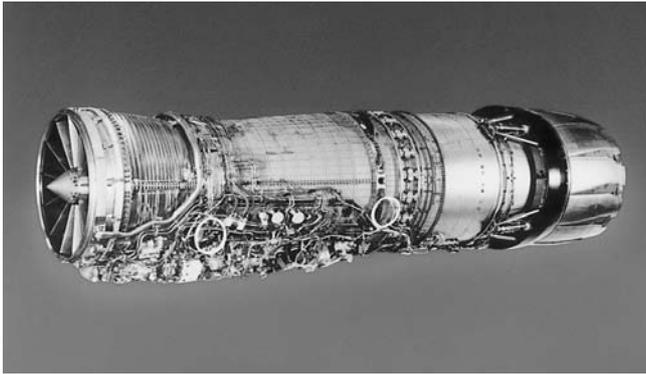
陸海空自衛隊に広く採用され信頼を得ている、T700ターボファン・エンジン

14 F110ターボファン・エンジン

昭和62年防衛庁はF-1の後継機FS-Xを米国のF-16を改造開発する方針を決定し、日米共同開発作業が開始された。搭載候補エンジンとして、GE社のF110-129エンジンの他にP&W社のエンジンがあったが、平成2年防衛庁はF110-129エンジンを選定した。

FS-X搭載エンジン7台は全て輸入されたが、平成3年に石川島播磨重工がFS-X搭載エンジンの修理担当会社に指名され、開発期間中の支援を行なった。

F110エンジンは、電子制御装置により操作制限無く、推力13tクラスを達成するアフターバーナー付きターボファン・エンジンである。また、自己診断機能及び、20分割方式の採用等により整備性にも優れている信頼性の高いエンジンであり、開発期間中のエンジンによる重要な不具合はなく開発の成功に寄与した。



石川島播磨重工の生産による高性能・高信頼性F110ターボファン・エンジン

石川島播磨重工は平成8年9月GE社と技術提携を行い、平成11年1月に初号エンジンを納入し、平成14年に50台目を納入している。

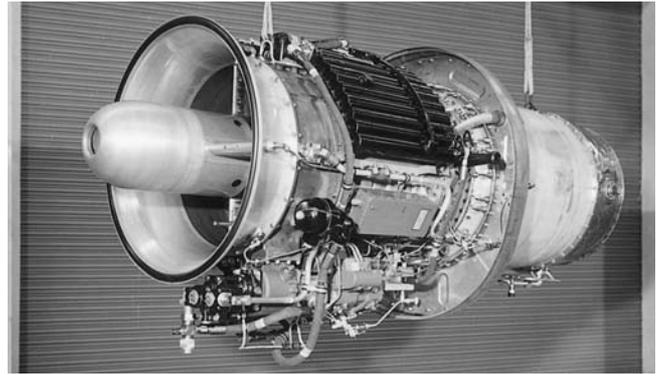
3節 防衛庁エンジンの開発

1 初の国産ジェット・エンジンJ3ターボジェット・エンジン

昭和28年7月23日に設立されたNJE社は、それまで富士重工が独自に研究開発を進めていたJ0-1（推力1t）の開発を引き継ぐとともに、大型エンジン（推力3t）J1の開発に着手した。その後、小型エンジン完成に目的が修正されJ1開発は中止となり、新たにJ2（推力0.75t）の開発を開始した。

一方、防衛庁が昭和29年に中間ジェット練習機（後のT-1）国内開発の方針を決定し、翌30年1月、機体計画検討が始まると、NJE社はJ1の開発を中止し、T-1機用としてそれまでの研究成果を集大成したJ3（推力1.2t）開発に着手した。同年3月には基本設計が開始されて開発が本格化した後の昭和31年、防衛庁はNJE社に1次試作として3台のXJ3を発注した。

この3台のエンジンは昭和32年6月までに納入され、その後の5台のYJ3（XJ3改造を含む）の追加発注エンジンと共に、寒地試験（北海道）、C-46輸送機フライング・テスト・ベッド（FTB）試験等に供試され、性能・機能が確認された。



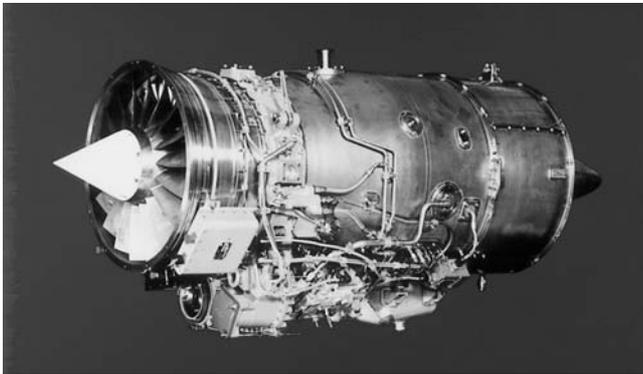
我が国初の国産J3ターボジェット・エンジン

T-1機生産計画の具体化により、J3も量産体制を整える時期となったが、出資各社間の覚書でNJE社ではエンジンは量産しないことになっていたため、5社の内、エンジン部品生産に比較的豊富な経験と設備を有し、かつ工場が隣接する石川島播磨重工に製造権を譲渡し、NJE社は技術協力、他の各社は製造協力することに決定、昭和34年3月31日、NJE社と石川島播磨重工間でJ3製造の契約が締結された。同年11月末、量産先行型YJ3が2台納入され、これを搭載した富士重工試作T-1機（T1F1）が翌年5月17日、宇都宮飛行場にて初飛行に成功した。

J3エンジンは、航空自衛隊T-1B練習機用J3-3型（推力1.2t）として31台製造された後、推力を向上（推力1.4t）したJ3-7B型に改修されたが、海上自衛隊P-2J対潜哨戒機用ブースター用エンジンとしても採用（-7C型）され、更に7C型の推力を1.55tに向上した-7D型を含め昭和55年の製造終了まで総計247台が製造された。平成6年、P-2J機の用廃完了によりJ3-7C/D型も全廃となったが、T-1B機と共にJ3-7B型エンジンは現在も運用に供されている。

2 F3ターボファン・エンジン

F3ターボファン・エンジンは、昭和50年に「再熱ファン・エンジンの研究試作」として、防衛庁技術研究本部が石川島播磨重工に研究試作を発注したことに始まる。



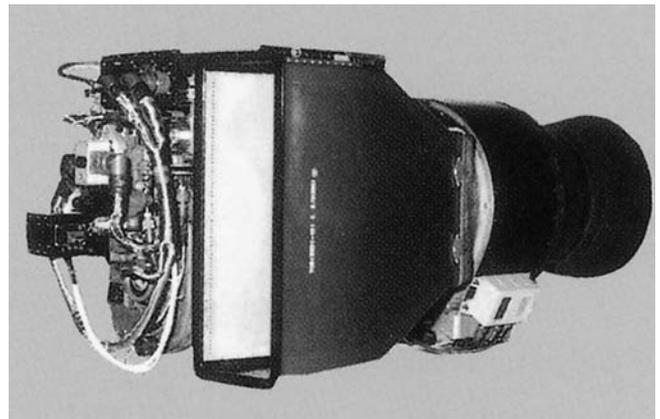
F3ターボファン・エンジン

これはXF3-1（推力1.2t）の呼称で、技術研究本部第3研究所において運転試験が行われた。さらに昭和52年より「小型機用ターボファン・エンジンの研究試作」としてXF3-20（推力1.6t）が製造された。これらの実績をもとに、昭和55年新中等練習機（MT-X）の候補エンジンとしてXF3-30（推力1.67t）の設計が開始され、推重比5を実現し、デザイン・ツー・コスト（DTC）活動による経済性も考慮されていた。昭和56年10月から納入を開始し、MIL-E-5007D要求の厳しい評価試験（PFRT/QT）に合格した。

昭和57年10月新中等練習機XT-4用として正式に採用が決まり、昭和60年7月には初飛行に成功し、昭和61年7月にはF3-30として量産化が決定された。平成14年9月製造終了までに559台が製造され、航空自衛隊のパイロットの育成と多くの任務に利用されている。

また、航空自衛隊ブルー・インパルスエンジンとしても利用され華麗な演技を各地で披露している。平成11年10月タービン部に最新の材料技術等を導入したF3-30B型が適用され信頼性の向上に寄与している。

3 TS1ターボシャフトエンジン



XTS1ターボシャフト・エンジン

防衛庁は、観測ヘリコプター（OH-6）が平成12年頃から機体の耐用年数を迎えることから、代わって配備する新小型観測ヘリコプター（OHX）開発着手の方針を固め、平成3年から搭載エンジンを国内開発する方針を決定し、三菱重工を主担当会社を選定した。三菱重工は小型ガスタービン技術チーム（略称STET）を結成し、石川島播磨重工、川崎重工も協力してオールジャパン体制で開発作業に着手した。

本エンジンの最大の特徴は単段遠心圧縮機の採用である。

平成3年の研究試作で製作した試作エンジン（XTS1-1）は、平成4年夏頃よりコア・エンジンの運転を開始し、更に平成4年～5年の研究試作で搭載用エンジン（XTS1-10）を試作し、機体搭載型ターボシャフト・エンジン形態での試験が開始され、性能が確認された。

平成5年12月、防衛庁は機体開発の進展に伴い、OHXに搭載するエンジンをXTS1-10とする方針を決定した。その後平成6～7年にかけて、計20台の飛行試験搭載用（FT）エンジンが試作され、平成8年の試作機体一号機初飛行から平成11年までの間、技術実用試験により機体も含めた全体システムが評価され、要求を満足していることが確認された。

XTS1エンジンは、国内で最初に開発された初のヘリコプター用ターボシャフト・エンジン（TS1-M-10）として平成9年から量産が開始されている。

4 XF5実証エンジンと

XF7ターボファン・エンジン

防衛庁はT-4中等練習機用として開発が完了した

F3エンジン以降、継続してエンジン技術を研究するため、平成3年から将来の航空機用ガスタービンの開発に備えて、主要構成要素であるファン、圧縮機、燃焼器、タービン、電子制御機器、材料等の研究試作を行ってきた。平成7年からは、これらの要素をインテグレートし、実証エンジンXF5-1を4台試作した。また、合わせて北海道千歳市の陸上自衛隊東千歳基地内にエンジン高気性能試験装置を平成13年3月末に完成させ、航空機用ガスタービンの研究開発のため試験評価施設を整備した。

また、防衛庁技術研究本部では、第3研究所にて試作された実証エンジンのコア・エンジン技術を流用し、ファンと低圧タービンを新規に設計した、高バイパス比のターボファン・エンジン（XF7エンジン）の研究を実施している。

XF7エンジンは、実証エンジンのコア部（圧縮機、燃焼器タービン）のエンジン・ファミリー化研究及び熱空カシステム・インテグレーション研究を基に、実用エンジンとしての軽量化、耐久性、信頼性の向上を図ったもので、平成10年度から高バイパス比ファンの研究試作を開始し、平成12年度よりプロトタイプとして高バイパス比ファンエンジン（XF7-1）1台を試作、また、平成13年度より飛行前定格試験（PFRT）に供試する大型機用エンジン（XF7-10）1台の試作が行われ、防衛庁技術研究本部において所内試験を実施中である。引き続きPFRT用にXF-10エンジン4台の研究試作は行われることになっている。

このエンジンは、高空高速巡航から低空低速飛行までの広い飛行領域における燃料及び耐環境性等に優れた性能を実現出来るように、バイパス比8.5の高バイパス比を採用し、同一推力クラスのエンジンに比べて燃費を約10%低減しており、低騒音で整備性が良く、電子制御機器（FADEC）の採用により信頼性を向上させている点に特徴がある。

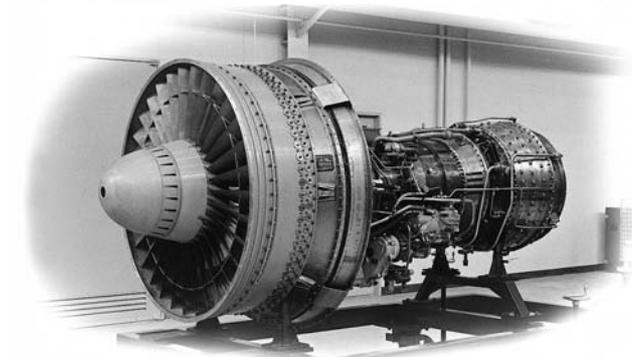
4節 民間エンジン開発

1 大型プロジェクトのスタート

昭和43年頃から、通商産業省と業界の間で、わが国において高バイパス比ターボファン・エンジンを開発し、航空機用ジェット・エンジン工業を定着させようとの気運が高まり、昭和46年から工業技術院の大型工業技術研究開発制度（いわゆる大型プロジ

ェクト制度）として推力5tクラスの航空機用ジェット・エンジンの開発が航空宇宙研究所により開始された。

研究開発を進めるにあたり、設計・試作は、石川島播磨重工（約70%）、川崎重工（約15%）、三菱重工（約15%）の3社が担当する体制が組まれた。



工技院大型プロジェクトにより完成した、航技研FJR710/10ターボファン・エンジン

プロジェクトはエンジン要素研究開発及びエンジン本体の試作に重点を置いた第一期、大幅な軽量化と耐久性と環境適合性の向上を目指した第二期に分けて進められ、第一期にFJR710/10及びFJR710/20が各3台、第二期にはFJR710/600が3台試作された。試運転においては性能機能試験、地上耐久試験、環境適応性試験、低サイクル疲労試験等を実施し、耐空性審査要領に定められている基準を全て達成した。

特に、第二期に英国王立ガスタービン研究所において実施された高空性能試験、高空着氷試験では、エンジンの高空飛行状態での性能及び機能に関して有効なデータを得たばかりでなく、日本の技術水準の高さが認められ、後のRR社との国際共同開発XJB計画につながる契機となった。

昭和53年にFJR710/600は航空宇宙技術研究所のSTOL実験機「飛鳥」に4基搭載されることが決定し、そのため一部設計変更されFJR710/600Sとなり、STOL実験の成功に貢献した。

2 RJ500からV2500ターボファン・エンジンへ

昭和60年代半ばに大きな需要が見込まれる120～160席級の中短距離ジェット旅客機用のエンジンについて、石川島播磨重工、川崎重工、三菱重工は、RR社の呼びかけに応え、昭和54年12月に共同事業計画の調印を行なった。この計画は昭和55年から8

年間で開発を完了、開発費は日本とイギリス折半で両国政府の資金援助を受けて実施するというものであった。

開発するXJB（RJ500）は、120～160席級機に対応するため、推力約9～12tのターボファン・エンジンとなるが、同推力レベルの他のエンジンに比較して運行コストが低く、燃料消費率が格段に優れ、しかも低騒音、低公害のエンジンを目標とした。

昭和55年初頭から日英共同で基本設計を開始、同年4月にRolls-Royce & Japanese Aero Engines LTD（RRJAEL）を設立、昭和56年には地上試験用試作エンジンの製作に着手した。昭和57年2月に日英両国でそれぞれ第1、2号試作エンジンが相次いで完成、初の地上運転試験が開始され、ほぼ設計どおりの性能を確認し、世界市場に進出できる見通しを得た。

しかし、XJB計画の進行中に、これと類似の計画を持ったP&W社から、日英両国に対し参加の打診があった。これに独MTU社、伊フィアット社も加わり、5ヶ国での共同事業に発展し、昭和58年には開発基本事項が合意、契約書の調印を経て、同年12月に合弁会社International Aero Engines（IAE）が設立された。日本側の窓口は、日本航空機エンジン協会（JAEC）である。

これは、XJB計画をベースとして、150席クラス民間航空機用ジェット・エンジンの開発・生産・販売・プロダクト・サポートを5ヶ国で行う事業で、V2500計画と名づけられた。日本はファン・モジュール、低圧圧縮機、低圧シャフト、高圧圧縮機及び高圧タービンの一部、補機類の設計・製作を担当しており、そのワークシェアは全体の23%に達している。国内のシェアは石川島播磨重工60%、川崎重工25%、三菱重工15%となっている。



日本主導による5ヶ国共同開発V2500ターボファン・エンジン

V2500は推力25,000 lbクラスのエンジンで、A1をベースにA5/D5という派生型を持つ。A1は昭和63年（1998年）6月24日、A5は平成4年（1992年）11月24日にエンジン型式承認を取得した。

搭載される機体は、V2500-A1/A5が欧州エアバス社のA319/A320/A321、V2500-D5が米ボーイング社のMD90であり、各機体に2台搭載されている。

平成14年（2002年）9月現在、受注台数はオプション契約も含めて約4,800台、出荷は2,000台を超えており、ベストセラーエンジンの仲間入りを果たそうとしている。

3 GE90ターボファン・エンジン



国際共同開発GE90ターボファン・エンジン

石川島播磨重工は、双発機としては最大級の民間航空機B777に搭載される大型ジェットエンジンGE90の開発・量産事業への参加を決定し、GE社との間で平成4年3月共同事業契約を締結した。このエンジンの開発・量産には、フランスのスネクマ社、イタリアのフィアット社も参加することとなり、日・米・仏・伊4ヶ国参加で行われる国際共同開発・量産プログラムとなった。このプログラムはRSPであり、石川島播磨重工は低圧タービンディスク・ブレード、シャフトの開発・量産を担当し、シェア比率は約9%である。

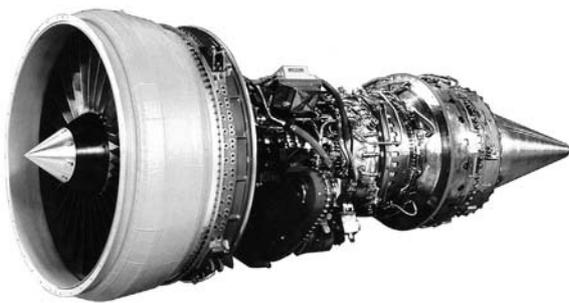
GE90は、85,000 lb推力のGE90-85Bを皮切りとして、平成7年（1995年）2月にGE90-85Bエンジン型式承認を取得、同年11月にGE90エンジン搭載のB777が商業運航を開始した。その後、顧客の要求に伴い、推力増強派生型であるGE90-90B（90,000 lb推力）・GE90-94B（94,000 lb推力）を平成8年（1996年）7月、2000年6月にそれぞれ開発した。

B777オリジナル・バージョン（B777-200/300）の搭載エンジンとしては、GE90以外にもP&W社製PW4000シリーズやRR社製Trent800シリーズがあるが、B777長距離派生型（B777-200LR/300ER）には115,000lb推力のGE90-115Bが独占的に搭載されることになっている。

平成15年（2003年）1月現在、受注累計台数は434台、うち完成引渡台数は290台に達している。

4 CF34ターボファン・エンジン

CF34エンジンシリーズは、JAECにとってV2500に続く二つ目のプログラムとして、平成7年に米GE社との間で共同開発が開始された。GE社は、加ポンバルディア社の50席級旅客機CRJ-200型機用エンジンCF34-3A/3Bでリージョナル・ジェット機の分野にいち早く乗り出しており、平成6年（1994年）に入って70席機用ジェット・エンジンCF34-8Cの開発を計画し、日本側がこれに応じた形でこの国際共同開発プログラムが実現したものである。JAECはRSP契約により本プログラムに参画しており、エンジン全体に対する分担シェアは30%で、石川島播磨重工（約27%）が低圧タービンモジュールや高圧コンプレッサーの1部等、川崎重工（約3%）はアクセサリ・ギア・ボックスを担当している。



国際共同開発CF34ターボファン・エンジン

エンジンのモデルは大別して、推力約6.3t（70席級旅客機用）のCF34-8シリーズと、推力約8.4t（90席級旅客機用）のCF34-10に分かれる。

最初の量産モデルであるCF34-8C1エンジンは、ポンバルディア社の70席級旅客機CRJ-700用エンジンとして、2001年2月に商業運行を開始し、軽量、高性能、高効率、低燃費であることに加え、騒音レベルなど環境対策においても優れたエンジンとし

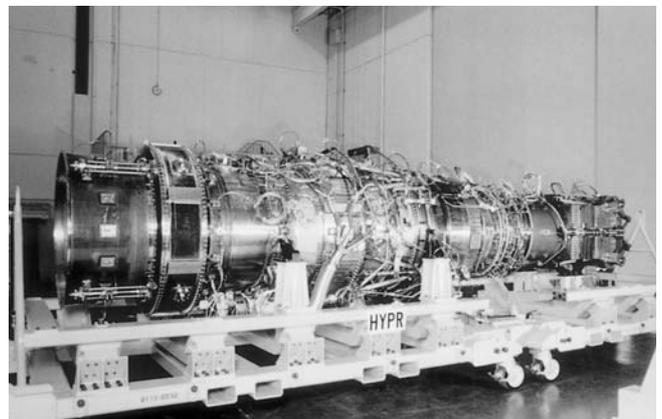
て、顧客の信頼を得ている。

CF34-8のもうひとつのモデルであるCF34-8Eが2002年4月にエンジン型式承認取得を終えており、伯エンブラエル社のEmbraer170/175型機に搭載される。CF34-10は2003年秋のエンジン型式承認取得のうえ、同じくエンブラエル社の90席級旅客機Embraer190/195型機へ搭載される。このエンジン・シリーズは2003年1月現在、各モデルの合計で、確定受注台数は約750台に達している。

リージョナル・ジェットの市場は、1990年代初頭の湾岸戦争前後からハブ空港へのフィーダー及び中小都市間交通手段として欧米を中心に注目を集めており、今後の発展が期待されている。

5 HYPR / ESPR

コンコルドに代わる次世代SSTが話題になり始めた昭和60年代半ばから、将来、海外のSST開発を睨み、日本としてこれに参加出来る技術力を確立するために、実機開発に先行したエンジンの研究開発が必要であるとの意見がおこり、産業科学技術研究開発制度による通商産業省工業技術院の「超音速輸送機用推進システムの研究開発」（通称、HYPRプロジェクト）が立ち上がった。



日本主導による4ヵ国共同開発“コンバインド・サイクル・エンジン”、産業界のノーベル賞ともいわれる“フォン・カルマン賞”を受賞

HYPRプロジェクトは、低速からM5程度までの幅広い速度領域での飛行を可能とし、燃費がよく、低騒音で、排気による環境への影響の少ない超/極超音速輸送機（SST/HST）用エンジンの開発に必要な技術を確認することを目標として、平成元年から10年間のプログラムとして発足された。

本プロジェクトは、新エネルギー産業技術総合開

発機構（NEDO）からの委託により、国内においては、石川島播磨重工、川崎重工、三菱重工の3社で構成する超音速輸送機用推進システム技術研究組合、海外からは、米GE社、米UTC社（P&W）、英RR社、仏SNECMA社の4社が参加し、航空宇宙技術研究所などの4国立研究所の協力も得て実施された。

平成7年11月にはM5でのラムジェットのフリージェット試験に成功し、また平成9年1月にはターボ・エンジン形態での高空性能試験においてM3を達成した。翌年12月にはコンパインド・サイクル・エンジンの高空性能試験を実施し、エンジン・コンセプトの実証に成功した。

HYPRプロジェクトの成果は、平成11年度より新規産業創出型産業科学技術研究開発制度による「環境適合型次世代超音速推進システムの研究開発」（ESPRプロジェクト）に受け継がれ、SSTの実現に不可欠な環境対策（NO_x及びCO₂排出量低減、騒音低減）を重視し、より経済性の高いエンジンを実現するために必要な技術の研究開発が進められている。

6 MG5ターボシャフト・エンジン

三菱重工では、民間ヘリコプター用の900shp級小型ターボシャフト・エンジンMG5シリーズの開発を行い、国内で初めて民間航空用エンジンの型式承認を運輸省（当時）航空局より取得した。

このエンジンは昭和62年から平成3年にかけて試作したプロトタイプ・エンジンをベースに、まず実験機用MG5-10、次にMH2000試作機用MG5-100を開発し、平成9年6月に型式承認された後、量産型MH2000A用として約10%の出力向上型であるMG5-110として平成11年4月に型式承認されたものである。試作機用としては平成8年7月に初飛行を行い、量産機用としては平成11年10月から実運用が開始されている。

MG5-110エンジンは、世界最高の圧力比11を実用化した単段遠心圧縮機を基本にした小型、軽量で高性能のターボシャフト・エンジンであり、出力レーティングは、2.5分片発定格922shp、30分片発及び離陸定格876shp、最大連続定格772shpとなっている。

特徴としては、最少ローター構成による小型・軽量の外、単段遠心圧縮機と可変入口案内翼を組合せた高出力応答性、出力軸回転数がノーマル・モ

ード（100%）と低速モード（90%）で切替え可能、独自開発のハイブリッドIC（MCM）を採用した二重系FADECによる高信頼性等、多くの工夫が成されており、また、飛行実績を積み上げると共に、単体によるTBO延長試験が継続的に行われている。

7 RB211/Trentターボファン・エンジン

前述のRJ500共同開発につづき、RR社と日本のエンジンメーカーとの間で民間エンジン分野での協力が模索された。防衛エンジンでもRR社と関係の深い川崎重工は、昭和55年（1980年）に3軸式高バイパス比大型エンジンRB211-22Bの部品製造契約を締結し、ディスク、ケーシングの製造を開始した。一方、石川島播磨重工は、昭和56年（1981年）1月にRB211-524部品の供給について包括的に契約を締結し、シャフト、ディスク、タービン・ブレードなどの下請けベースでの継続的な事業を開始した。

こうして築かれた関係と部品製造実績を土台に、事業リスクを分散したいRR社と、民間エンジン事業を拡大したい川崎重工、石川島播磨重工の意向は一致し、それまで部品の下請け供給契約という形であった関係は、B747-400とB767に搭載されるRB211-524G/H（58～61k ℓ b）エンジンではRSP形態での事業参加という形態に変化した。昭和63年（1988年）に川崎重工はタービン・ケース、タービン・ディスク、ノズル・ガイド・ベーンを担当し3%の参加比率で、石川島播磨重工はコンプレッサー・ディスク、タービン・ブレード、シャフトを担当し約5%の参加比率で、それぞれRR社とRSP契約を締結した。

RR社は、その3軸エンジン・コンセプトを生かし、その後、エンジンを改良・派生させ、Trent700シリーズ（67～72k ℓ b、1994年1月エンジン形式承認、1995年2月商業運航開始）、Trent800シリーズ（75～95k ℓ b、1995年2月エンジン形式承認、1996年1月商業運航開始）を市場に投入した。川崎重工、石川島播磨重工とも継続してRSPで参加している。A330-200/300搭載のTrent700は、P&W社（PW4000）、GE社（CF6-80E）と競合する中で約36%のシェアを、B777（除く-200LR/300ER）搭載のTrent800は、同じく3社競合（PW4000シリーズ、GE90シリーズ）の中、約41%のシェアを獲得している。

超長距離広胴機市場では、B777-200LR/300ERとA340-500/600が競合することとなったが、これらに搭載されるエンジンについては、機体メーカー、エ

ンジン・メーカーの戦略的批判から、それぞれGE90-115B、Trent500が独占的に採用された。RR社のTrent500エンジン（53～56k lb ）については、川崎重工、石川島播磨重工が引き続きRSPで参加するとともに、丸紅もファイナンシャル・パートナーとしてRSPで約10%で参加している（丸紅はTrent700/800から参加を開始、RRエンジンの販売日本代理店でもある。）市場では、A340-500/600-Trent500が約59%のシェアを獲得している。

RR社の3軸エンジンはさらに派生し、エアバスの超大型機A380に搭載されるTrent900エンジン（70～77k lb ）を生み出した。丸紅は約14.5%の規模でRSPでの参加を決定した。経営判断からRSPでの参加を見送った石川島播磨重工と川崎重工であるが、丸紅がRSPで獲得した部品供給権を受ける形で、それぞれの得意分野で下請けに近い形での部品供給契約をRR社と締結し、協力関係を継続させることになった。川崎重工はIPCケースを石川島播磨重工はLPTブレードを供給する。GP7000エンジンと競合する中、Trent900は約60%のシェアを獲得している。

エンジンの基本概念を共有するトレント・ファミリーは90年代後半から急速に市場規模を拡大した。3大エンジンメーカー中、大型エンジン市場で遅れをとっていたRR社は、基本的には派生型エンジン群であることからくる開発リスクの小ささと、共通性からくるエアラインでの運用上のメリットを武器に、近年、急速に発展（RSP契約以降、受注累計台数約1,700台、販売累計約1,200台）しているが、今後どのように結実するか注目されることである。

8 PW4000ターボファンエンジンシリーズ

PW4000シリーズは、推力レベル50,000～98,000 lb の大型民間航空機用エンジンであり、ファン径の大きさにより3種類（94”、100”、112”）に大別される。このプログラムには多くの世界中の航空機用エンジンメーカーが参加しており、国内3社の主要製造分担は、三菱重工が10% RSP（Risk & Revenue Sharing Program）で最も多く、燃焼器モジュール、低圧タービン・ブレード・ベーン、高圧圧縮機ケース等を担当している。また、川崎重工も1% RSPでタービン・シール部品、石川島播磨重工はメイン・シャフトの下請け生産を担当している。

PW4000-94”は、大型航空機用としてP&Wが開発したPW4000シリーズの最初のモデルである。

1982年12年にプログラムが開始され、1986年7月にエンジンTC（Type Certification：型式証明）を取得した。1991年6月には180分間のETOPS（Extend Range Operations with Two-Engine Airplanes：双発機による長距離進出運航）認証を取得し、1,660万時間以上のETOPS飛行実績を誇っている。現在、エアバスA300-600/A310-300、ボーイングB747-400/B767-200・-300/MD11に搭載され運用されている。

PW4000-100”は、PW4000-94”をベースとして開発された派生型である。1991年12月にプログラムが開始され、1993年8月にエンジンTCを取得し、1994年12月に運用が開始された。1995年7月には180分間のETOPS認証を取得している。現在、エアバスA330-300/-200に搭載され運用されている。

PW4000-112”は、74,000～98,000 lb の超高出力エンジンとして開発されたものである。1990年10月にプログラムが開始され、1993年5月には民間エンジンとして始めて100,000 lb 推力を実現した。1994年4月にエンジンTCを取得し、1995年6月に運用が開始されている。さらに、2002年6月には、全日空B777-200ER機で同クラス最長の207分間のETOPSを取得している。現在、ボーイング社B777-200/-300に搭載され運用されている。

このようにPW4000シリーズエンジンは、同一のコアをベースにして3種類のファンにより広い推力レンジをカバーするとともに、低燃費、高信頼性、低メンテナンス・コストを実現しかつ低騒音、低エミッション等の環境適合性にも優れたエンジンとして顧客の信頼を得ており、現在、世界中で3,000台程度が運用されている。