ISSN 0910-1527

令 和 5 年 版

日本の航空宇宙工業

令 和 5 年 3 月

一般社団法人 日本航空宇宙工業会

日本の航空宇宙工業



一般社団法人 日本航空宇宙工業会

令和5年版　日本の航空宇宙工業　目次

令和4年度の航空宇宙工業の概況 ……1
第1編　日本の航空機工業 ……13
　第1章　航空機工業の役割・特質と日本の実態 ……13
　　第1節　航空機工業の役割 ……13
　　第2節　航空機工業の特質 ……15
　　　1　産業・技術的特質 ……15
　　　2　需要面の特質 ……18
　　　3　社会・経済・文化的特質 ……21
　　第3節　日本の航空機工業の実態 ……22
　　　1　日本の航空機工業の対外比較 ……22
　　　2　経営面の実態 ……26
　　　3　発展の遅れ・反省と今後の方向 ……27
　第2章　日本の航空機工業の歴史と現状 ……32
　　第1節　日本の航空機工業の歴史 ……32
　　　1　揺籃期から終戦まで ……32
　　　2　終戦による航空機工業の解体 ……32
　　　3　航空機工業の再開と復活 ……33
　　　(1) 米軍機のオーバーホール ……33
　　　(2) 防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産 ……33
　　　(3) 国内開発と民間機への進出 ……34
　　　(4) エンジン ……40
　　　4　航空機工業の発展 ……43
　　　(1) 防衛庁(現 防衛省)機の開発と生産 ……43
　　　(2) 民間機の国内開発 ……50
　　　(3) エンジン ……52
　　　5　国際共同開発の進展 ……55
　　　(1) 中・大型民間輸送機 ……55
　　　(2) リージョナル機 ……58

(3) ビジネス機 …… 58
(4) ティルトローター …… 59
(5) ヘリコプター …… 59
(6) エンジン …… 61
第 2 節　日本の航空機工業の現状 …… 76
1　生産規模 …… 76
2　需要構造と輸出動向 …… 79
3　輸入動向 …… 83
4　技術開発動向 …… 85
第 3 章　日本の航空機工業の課題と展望 …… 89
第 1 節　航空機工業の産業基盤の確立 …… 89
1　課題と展望 …… 89
2　防衛需要の動向 …… 90
3　民間航空機の需要拡大 …… 92
第 2 節　開発プロジェクトの推進 …… 94
1　国際共同開発 …… 94
(1)ボーイング 777X …… 94
2　国内開発 …… 95
(1) 無人航空機 …… 95
(2) 空飛ぶクルマ …… 100
3　将来開発プロジェクト …… 101
(1) 次期戦闘機・次期戦闘機用エンジン …… 101
(2) 小型民間輸送機 …… 102
(3) 中小型民間輸送機 …… 102
(4) 大型民間輸送機 …… 102
(5) 超高速輸送機 …… 103
(6) 航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム …… 104
第 4 章　航空機工業に対する政府助成 …… 105
第 1 節　航空機開発に対する助成 …… 105
1　(一財)日本航空機開発協会 …… 106

2　(一財)日本航空機エンジン協会 ……106
第 2 節　研究開発政策 ……107
1　国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 ……107
2　RIMCOF 技術研究組合 ……108
第 5 章　航空機工業に対する周辺要素 ……109
第 1 節　空港の整備・拡充 ……109
第 2 節　航空保安システム ……110
1　航空保安業務 ……110
2　航空保安システムの動向 ……111
第 3 節　航空宇宙関連規格、CALS の動向 ……113
1　航空宇宙工業の規格整備 ……113
2　航空機業界の CALS/EDI ……119

第 2 編　日本の宇宙工業 ……123
第 1 章　宇宙工業の役割・特質と日本の実態 ……123
第 1 節　宇宙工業の役割・特質 ……123
第 2 節　宇宙工業の実態 ……124
第 3 節　宇宙基本法・宇宙基本計画 ……125
1　宇宙基本法 ……125
2　宇宙基本計画 ……126
3　宇宙活動法 ……127
4　安全保障 ……128
第 2 章　日本の宇宙工業の歴史と現状 ……130
第 1 節　日本の宇宙工業の歴史 ……130
1　概況 ……130
2　輸送系 ……132
(1) 観測用ロケット ……132
(2) 人工衛星打上げ用ロケット ……132
(3) 宇宙ステーション補給機(HTV) ……138
3　人工衛星 ……140

(1) 科学衛星 ……140
(2) 実用・技術試験衛星等 ……143
(3) 商用衛星 ……152
(4) その他衛星 ……153
(5) 宇宙環境利用と国際宇宙ステーション ……156
4　地上設備 ……161
第2節　宇宙開発利用及び宇宙工業の現状 ……164
1　宇宙開発利用の現状 ……164
(1) 宇宙開発利用体制 ……164
(2) 予算 ……166
(3) 開発方式 ……167
2　経営動向 ……169
第3章　日本の宇宙工業の課題と展望 ……171
第1節　産業基盤の確立 ……171
第2節　開発プロジェクトの推進 ……174
1　輸送系 ……174
(1) 大型ロケット ……174
(2) 中・小型ロケット ……175
2　人工衛星 ……176
(1) 科学衛星 ……176
(2) 実用・技術試験衛星 ……178
(3) 商用衛星 ……179
3　ゲートウェイ ……179
第3節　我が国の宇宙開発の将来計画と宇宙工業の展望 ……181
1　宇宙開発の将来計画 ……181
2　宇宙工業の展望 ……183

第3編　日本の航空宇宙用機器・素材産業 ……187
第1章　航空機用機器・素材産業の特質 ……187
第1節　産業としての特質 ……187

第 2 節　企業の特質 ……187
第 3 節　市場の特質 ……187
第 2 章　航空機用機器工業の現状 ……189
第 1 節　航空機用機器工業界の現状 ……189
第 2 節　航空機用機器のシステム別現状 ……191
1　油圧システム ……191
2　与圧・空調システム ……193
3　燃料システム ……194
4　推進システム ……195
5　アビオニクスシステム ……196
(1) 飛行制御システム ……198
(2) 航法システム ……199
(3) 飛行／任務支援システム ……201
(4) システム開発保証(認証) ……203
6　電源システム ……204
7　降着システム ……205
8　客室機内システム ……206
9　その他 ……207
(1) シミュレータ ……207
(2) 整備用器材・装置 ……208
第 3 章　航空機素材産業の現状 ……209
第 1 節　航空機素材産業の概況 ……209
第 2 節　各素材の現状 ……212
1　金属系素材 ……212
(1)　アルミニウム合金 ……212
(2)　チタン合金 ……213
(3)　特殊鋼(含超合金) ……215
(4)　マグネシウム合金 ……216
2　複合材料 ……218
(1) 現状 ……218

(2) 強化繊維 ……219
(3) 母材(マトリックス) ……220
(4) 金属、炭素、セラミックス ……221
(5) 今後の課題と展望 ……223
3　ファインセラミックス ……224
第 4 章　航空機用機器・素材産業の課題と展望 ……226
第 1 節　産業基盤の確立 ……226
1　防衛需要の安定と国産化 ……226
2　国内需要の創出 ……227
3　輸出の促進 ……227
(1) 開発技術力の強化 ……230
(2) 国際共同開発プログラムへの積極的参画 ……230
(3) 製品価格競争力の強化 ……230
(4) プロダクトサポート体制の強化 ……231
(5) 国際交流の促進 ……231
第 2 節　研究開発 ……231
第 5 章　宇宙用機器・部品材料の現状と展望 ……237
第 1 節　宇宙用機器・部品材料の特質 ……237
第 2 節　宇宙用部品の現状と課題 ……237
1　ロケット用機器・コンポーネント ……237
2　衛星用機器・コンポーネント ……239
3　宇宙用部品 ……241
第 3 節　宇宙用素材の現状と展望 ……244
1　ロケット用素材 ……244
(1) 現状 ……244
(2) 将来動向 ……245
2　衛星・宇宙構造用素材 ……246
(1) 現状 ……246
(2) 将来動向 ……247

巻末資料 ……248
略語一覧 ……260
索引

図 表 目 次

第 1 編

第 1 章 図 1-1-1 日本の航空機工業の社会経済的役割と方向 …… 14
図 1-1-2 日本の産業別 1 人当たり原材料使用額 …… 15
図 1-1-3 航空機技術の他産業への技術波及例 …… 16
図 1-1-4 各国航空宇宙工業防需依存度 …… 19
図 1-1-5 日本の航空宇宙工業生産高 …… 20
図 1-1-6 航空旅客輸送量 …… 21
図 1-1-7 各国航空宇宙工業売上高の対 GDP 比率 …… 23
図 1-1-8 各国航空宇宙工業売上高 …… 23
図 1-1-9 日本の産業別出荷額 …… 24
図 1-1-10 各国航空宇宙工業の貿易収支 …… 25
図 1-1-11 日本主要企業の航空宇宙部門売上比率 …… 27

第 2 章 図 1-2-1 B787 日本担当部位 …… 57
図 1-2-2 V2500 参画各社分担部位 …… 62
図 1-2-3 CF34-8 日本担当部位 …… 63
図 1-2-4 GEnx-1B 日本担当部位 …… 65
図 1-2-5 Trent 1000 日本担当部位 …… 65
図 1-2-6 PW1100G-JM 日本担当部位 …… 66
図 1-2-7 航空機工業の品種別生産額の推移 …… 77
図 1-2-8 航空機工業の作業別生産額 …… 77
図 1-2-9 日本の航空機工業生産規模の現段階 …… 77
図 1-2-10 1 人当たりの製造品出荷額の推移 …… 78
図 1-2-11 産業分野別従業員数の推移 …… 78
図 1-2-12 需要別生産額構成比 …… 80
図 1-2-13 防衛省正面装備品新規契約総額の推移 …… 80
図 1-2-14 品種別輸出額の推移 …… 82
図 1-2-15 日本の航空機工業の輸出比率の推移 …… 83
図 1-2-16 航空機関連輸出入の推移 …… 84
図 1-2-17 品種別輸入額の推移 …… 84
図 1-2-18 品種別輸入額の構成比 …… 85

表 1-2-1 我が国でライセンス生産された主な航空機 …… 34
表 1-2-2 我が国でライセンス生産された主な航空機用エンジン … 41
表 1-2-3 国産機開発・生産状況 …… 43
表 1-2-4 国産エンジン開発・生産状況 …… 53
表 1-2-5 日本メーカーの海外プロジェクトへの参画状況 …… 72

表 1-2-6　航空機工業の年度別生産実績 …… 79

第 3 章　図 1-3-1　全国航空機クラスター・ネットワーク …… 94

第 5 章　図 1-5-1　空港周辺における航空保安業務の例 ……111
図 1-5-2　「みちびき」を利用した航空用の衛星航法システム ……112
図 1-5-3　航空宇宙品質マネジメントシステムの認証システム ……116
図 1-5-4　JAQG 中長期戦略ロードマップ ……116
図 1-5-5　ISO／TC20 国際標準化活動組織図 ……119
図 1-5-6　複合材普及促進活動の事業実施体制 ……120
図 1-5-7　航空機業界標準 EDI システム ……121
図 1-5-8　S シリーズの全体構成 ……122

表 1-5-1　IAQG 会員リスト ……114
表 1-5-2　9100 関連規格 ……115

第 2 編
第 2 章　図 2-2-1　科学衛星打上げ用ロケット ……133
図 2-2-2　H-IIA 及び H-IIB ロケット全体図と諸元 ……136
図 2-2-3　実用衛星打上げ用ロケット ……138
図 2-2-4　HTV 技術実証機運用シーケンス ……139
図 2-2-5　USERS 運用シナリオ ……153
図 2-2-6　宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」 ……157
図 2-2-7　主な地上設備の所在地 ……162
図 2-2-8　日本の宇宙開発体制 ……165
図 2-2-9　宇宙開発関係予算の推移 ……166
図 2-2-10　宇宙工業の売上高の推移 ……169
図 2-2-11　宇宙工業の輸出高の推移 ……170
図 2-2-12　宇宙工業の輸入高の推移 ……170

表 2-2-1　H-IIA 標準型ロケット諸元表 ……135
表 2-2-2　運用中の科学衛星 ……143
表 2-2-3　運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画) ……151
表 2-2-4　運用中の商用通信・放送衛星 ……154
表 2-2-5　搭載した相乗り小型衛星 ……155
表 2-2-6　「RAPIS 3 号」と相乗り超小型衛星・キューブサット ……156
表 2-2-7　宇宙船「ORION」との相乗り超小型探査機 ……156
表 2-2-8　日本人宇宙飛行士の活動 ……160

表 2-2-9　「きぼう」小型衛星放出技術実証ミッションで放出された小型衛星 ……161
表 2-2-10　令和 4 年「きぼう」から放出された小型衛星と開発機関 ·161
表 2-2-11　主な宇宙関連地上設備 ……163
表 2-2-12　主な宇宙開発研究機関 ……164
表 2-2-13　宇宙開発・利用法人 ……164

第 3 章　図 2-3-1　国際宇宙探査への JAXA の取り組み方針 ……180

表 2-3-1　イプシロンロケット諸元表(強化型) ……175
表 2-3-2　計画中の科学衛星 ……178
表 2-3-3　計画中の実用・技術試験衛星 ……179

第 3 編
第 2 章　図 3-2-1　B777 主要機器への参画状況（開発当初) ……190
図 3-2-2　電気式与圧・空調システムの例 ……193
図 3-2-3　エンジン周辺機器の構成例 ……195
図 3-2-4　開発保証の関係性 ……203
図 3-2-5　降着システムの例 ……205

第 3 章　図 3-3-1　航空機材料の変遷 ……209
図 3-3-2　ボーイング社旅客機における機体構造材料構成の変遷 …209
図 3-3-3　航空機用タービン・ブレード材料の変遷 ……217

第 4 章　表 3-4-1　外国航空機製造会社等からの受賞状況一覧表 ……229
表 3-4-2　国による航空機用機器・素材関連研究開発プロジェクト 234

第 5 章　図 3-5-1　ロケット用機器・コンポーネント分類 ……238
図 3-5-2　衛星機器・コンポーネント分類 ……240

令和４年度の航空宇宙工業の概況

1. 全般

新型感染症(以下「COVID-19」と記す)の世界的流行により、大きな打撃を受けた先進国を中心とした金融緩和策と各種の政策により、世界経済は、穏やかに回復していたが、米国は金融緩和策により生じた急激なインフレを抑制するべく、金融緩和策の縮小へ舵を切っている。また企業がより積極的な ESG 投資を推進するために、EU を中心に持続可能な開発目標(SDGs)を掲げた産業政策が行われている。さらに世界情勢を見渡すと、米国と中国の通商問題に関する緊張に加えて、ロシアによるウクライナへの武力侵攻により地政学リスクが顕在化し、COVID-19 からの経済回復によるエネルギー需要の拡大、世界的な天候不順や災害、化石資源への構造的な投資不足等の複合的な要因により世界的にエネルギー価格が高騰した状況にある。また安全保障の側面において、EU 諸国は相次ぎ防衛費の引き上げを表明し、令和 4 年 12 月 15 日に開催された EU 首脳会議において各国が防衛・安全保障分野で一段と統合深化し、兵器の開発や共同調達、他国との共同軍事訓練を推進することに合意した。

日本経済は、令和 2 年初めから COVID-19 の世界的流行により観光業、飲食業を中心に大きな打撃を受けた。現在、経済回復に向けた動きが始まっている。しかしながら日米の金利政策の違いにより、急激な円安が進行し、令和 4 年 9 月にはおよそ 24 年ぶりに政府・日銀が円買いの為替介入を実施した。12 月には、日銀は従来の金融緩和策方針の修正を示した。またウクライナ情勢に端を発した地政学リスクの顕在化により経済安全保障の重要性が再認識され、重要技術の保護、レジリエントなサプライチェーンの再構築が求められており、半導体産業等の製造業における国内回帰の動きが加速している。

日本の航空宇宙産業は、ローコストキャリア(LCC)の世界的な台頭やアジアをはじめとする新興国における航空旅客の増大傾向の持続を受けて、民間航空機分野を中心に世界的な需要が伸びていたが、COVID-19 の世界的流行による国際線／国内線の大幅減便により、各航空会社の新規製造機需要の減少とボーイング 787 の品質問題に伴う減産が行われ、その影響が表れている。こうした状況の中、航空・宇宙とも将来に向け、各種のプロジェクトが進められている。

SDGs に係る長期的な産業政策に関連する国際会議の一つが令和 3 年 10 月に開催された国連気候変動枠組み条約第 26 回締約国会議(COP 26)である。国際航空分野に係る宣言としては、署名国(日本含む 18 国)がパリ協定の 1.5 度目標と一致し、2050 年ネットゼロ CO2 排出に向けた業界の取組みを考慮し、ICAO による野心的な長期目標の採択を支援する「国際航空気候野心宣言」が宣言された。これを受け、令和 3 年 11 月国土交通大臣は、我が国の取組みとして「国境を越えたグローバルな輸送モードである国際航空の国際協調」「来年の ICAO(国際民間航空機関)総会に向けた、我が国の提案した長期目標策定のための検討グループの設置及び積極的な議論の推進」を通じ、国際航空分野の GHG(温室効果ガス)排出削減に向けた取組みをさらに加速させるとともに、ICAO における国際的な議論をリードし、気候変動対策に積極的に取り組むことを宣言した。令和 4 年 11 月 6 日から開催された国連気候変動枠組み条約第 27 回締約国会議(COP 27)では、気候変動で発展途上国に生じた被害に対する支援基金を設立すると合意された。一方で、温室効果ガス排出削減には、化石燃料の段階的廃止など強い方針は打ち出されなかった。

また平成 30 年にスタートした「空の移動革命に向けた官民協議会」では、次世代モビリティである所謂「空飛ぶクルマ」の実現に向けて日本として取組んでいく技術開発や制度整備等について協議が進んでいる状況である。令和 4 年度は新たに経済産業省が「次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト(Realization of Advanced Air Mobility Project : ReAMo(リアモ)プロジェクト)」をスタートさせた。また国土交通省が、空飛ぶクルマに関する制度整備において、米国連邦航空局(FAA)との連携を強化するため、「空飛ぶクルマに関する協力声明」への署名を令和 4 年 10 月 18 日に公表している。

宇宙分野では、我が国の基幹ロケットである H-IIA ロケット 46 号機が情報収集衛星レーダ 7 号機を搭載し令和 5 年 1 月 26 日に打上げられた。一方、同じく基幹ロケットであるイプシロンは、令和 4 年 10 月 12 日に 6 号機が打上げられたが、失敗に終わった。

JAXA は、平成 26 年度から、H-IIA / B ロケットの後継として新型基幹ロケット(H3)の開発に着手し、令和 2 年度の試験機 1 号機打上げに向けて、開発を進めていたが、新型 LE-9 エンジンの技術的課題等が見つかり打上げが延期されていたが、解決に至り、令和 5 年 3 月に打上げられたが、2 段エンジンは作動せず失敗した。

航空自衛隊は、JAXA やアメリカ宇宙軍と協力し、宇宙空間の常時監視体制を構築し、スペースデブリや他国の人工衛星等が日本の人工衛星に及ぼす影響を監視、日本の人工衛星を他国からの攻撃や妨害、それに宇宙ごみから守るため宇宙状況監視を行う目的で令和 4 年に、「宇宙作戦群」を航空自衛隊府中基地に新編した。令和 5 年度にレーダーや人工衛星を運用する宇宙状況監視(SSA)システムの本格稼働を予定しており、令和 6 年度までに SSA 衛星の打上げを目指している。

我が国の航空機工業分野の令和 3 年度の生産額は 1 兆 1,554 億円(機械統計速報値)で前年度比 1,065 億円(8%)の減少となった。その内訳は、防需が 4,975 億円(2%減)、民需が 6,579 億円(13%減)である。生産額に占める防衛需要の比率は 43%であった。

また、宇宙工業分野では、令和 3 年度の生産額は 3,440 億円(国内 3,310 億円、輸出 130 億円)で、前年度比 81 億円(2%)の減少となった。

以下では、令和 4 年度における防衛航空機、民間航空機及び宇宙の各分野の経営環境及び産業基盤維持に影響のある関連事項を概括する。

2. 防衛航空機分野

政府は、平成 26 年、「防衛装備移転三原則」を閣議決定した。これは、国連憲章を遵守するとの平和国家としての基本理念と、これまでの平和国家としての歩みを引き続き堅持し、また、武器輸出三原則等がこれまで果たしてきた役割に十分配意したうえで、これまで積み重ねてきた例外化の実例を踏まえ、これを包括的に整理し、防衛装備の移転にかかる具体的な基準や手続き、歯止めを今まで以上に明確化し、内外に透明性をもった形で明らかにしたものである。

また、防衛省では、昨今の厳しい財政事情やグローバルな防衛産業の再編などによる海外企業の競争力の向上といった状況を踏まえ、防衛力を支える重要かつ不可欠な要素である防衛生産・技術基盤を維持・強化するため、従来の「国産化方針」に代わり、平成 26 年に「防衛生産・技術基盤戦略」を決定した。本戦略では、国内開発、国際共同開発、生産、輸入といった防衛装備品の取得方法についての基本的な考え方、契約制度の改善、研究開発にかかる施策、防衛装備・技術協力といった防衛生産・技術基盤戦略の維持・強化のための諸施策、各防衛装備品分野の現状

と今後の方向性などについて示している。この戦略を受け、防衛省は、防衛装備品の構想から研究・開発、量産取得、運用・維持整備、廃棄といったライフサイクルの各段階を通じたプロジェクト管理を行い、防衛装備品の効率的な取得を行っていくため、平成 27 年に防衛装備庁を設立した。防衛装備庁は、①技術的優越の確保と運用ニーズの円滑・迅速な反映、②防衛装備品の効率的な取得(プロジェクト管理)、③諸外国との防衛装備・技術協力の強化、④防衛生産・技術基盤の維持・強化、⑤コスト削減の取り組みと監察・監査機能の強化、を任務としている。防衛装備庁では、技術的優越を確保しつつ、効果的、効率的な装備品等の創製を行うことを主要方針の一つとして示された。

平成 30 年、「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱」(新大綱)と「中期防衛整備計画（平成 31 年度～平成 35 年度)」(新中期防)が閣議決定された。新大綱には、従来の陸・海・空に加え宇宙・サイバー・電磁波領域での対応強化が明記され、新しい防衛力の概念として「多次元統合防衛力」が打ち出された。新中期防では、今後 5 年間の予算総額が 27 兆 4,700 億円(平成 30 年度価格)と過去最大となったが、装備体系、技術基盤および装備調達に係る各種施策に加え、国内防衛産業への競争原理の導入や、契約制度の見直しによるコスト削減努力により、前中期防に対し 3.4%増の 25 兆 5,000 億円程度に抑えるとの方針も明記された。また、2030 年代に退役時期を迎える F-2 戦闘機の後継機については、「わが国主導で令和 2 年度から開発に着手する予定。国際協力に関しては、引き続き米国及び英国の政府・企業と協議を進める」とした。令和 2 年 10 月、次期戦闘機の開発主体として三菱重工業と正式契約したことが防衛省より公表され、次期戦闘機の開発は、米国や英国を中心に協力先を選定し日本主導で行い、令和 17 年度の配備を目指すこととなった。令和 3 年度予算では開発費 731 億円(関連経費含む)が計上され、令和 4 年度予算では約 1,000 億円(関連経費含む)が計上された。令和 3 年 7 月には、エンジンの開発を IHI と英国ロールス・ロイスの共同開発とすることで調整に入り、共同開発に向けた協議が進められているとの報道がなされた。

令和 4 年 2 月に始まったロシアによるウクライナへの武力侵攻は日本の防衛政策見直す大きな転換点となり、令和 4 年 8 月 31 日に公表された令和 5 年度概算要求の概要において防衛力の抜本的な強化の方針が示された。

また次期戦闘機開発に関して、令和 4 年 12 月 9 日に日英伊の 3 か国の共同首脳

声明として、次世代戦闘機を 3 か国が共同開発する「グローバル戦闘航空プログラム(Global Combat Air Programme (GCAP))」が発表された。

さらに令和 4 年 12 月 16 日に政府は、国家安全保障会議及び閣議において国家安全保障に関する基本方針である「国家安全保障戦略」並びに、「国家防衛戦略」、「防衛力整備計画」を新たに策定した。国家安全保障戦略の中で防衛力の抜本的な強化の方針の一つとして、これまで政策判断として保有してこなかった反撃能力を保有することが明記され、防衛予算規模を現在の GDP の 2%に引上げる方針が示された。防衛力整備計画においては、今後の戦闘様相の変化を踏まえて、偵察用無人機、攻撃用 UAV を導入し OH-1、AH-1S、AH-64D 等の旧式装備品の廃止や、省人化、民間委託等の部外力の活用といった各種最適化により、救難捜索機 U-125A、多用途機 U-36A を順次廃止する方針も示された。また防衛生産基盤強化への対応として製造等設備の高度化、サイバーセキュリティ強化、サプライチェーン強靭化、事業承継といった企業の取組に対し、適切な財政措置、金融支援等を行う方針が示された。防衛技術基盤の強化への対応では、将来の戦い方に直結する技術分野へ集中的に投資、早期装備化の実現を追求することが示された。防衛力整備計画の中で示された計画の実現に向けて令和 5 年度から令和 9 年度までの 5 年間に係る防衛費を約 43 兆円とし、防衛費の大幅増額の方針が示された。

なお、令和 4 年度の防衛関係費総額は 5 兆 1,788 億円で前年度に対し 553 億円(1.0%)増であった。

3. 民間航空機分野

民間航空機市場は、世界経済の不透明感や地政学的なリスクが存在しており、今後の市場動向については留意が必要である。世界貿易機関(WTO)は令和元年、欧州連合(EU)によるエアバスへの不当な補助金への対抗措置として米国が年間で最大 75 億ドル相当の航空機を含む EU 産品に報復課税を課すことを認め、米国は同年に報復関税を発動し、ドイツやフランスなどからの航空機に 10%の関税を上乗せした。これに対し EU は WTO に異議を唱えたものの、WTO は同年、EU 側の主張を退ける裁定を下した。これを受け、米国は追加措置を講じて補助金を撤廃するよう EU に更に圧力を加えた。これに対し、EU は WTO に米国への報復関税を申請、令和 2 年 10 月、WTO はこれを承認した。また、EU は米国に関税撤廃を求める一方で令

和 2 年 11 月、報復関税を課すことを決定したが、令和 3 年 3 月、EU と米国は双方の報復関税を 4 か月間停止する事で合意し、更に同年 6 月、報復関税を 5 年間停止する事で合意した。

令和 2 年初頭から始まった COVID-19 の世界的流行は、各国で国境閉鎖や移動制限の措置を発動させ、世界の航空会社は大きな打撃を受けた。航空機需要は、欧米、自国内路線を中心に回復が順調に進んでおり、2024 年には全面回復する見通しである。アジア圏は、移動制限の措置を継続する国もあり回復がやや遅れるとの見方もある。単通路機体の需要が回復堅調である一方で、国際線が中心となる長距離双通路機体の需要回復は遅れている。加えて機体メーカーから航空会社への新造機体の納入に、ボーイング社の B737MAX の墜落事故対策や B787 の品質問題によるエアラインへの長期間の納入停止による供給者側の問題も発生した。その結果として機体部品の分担生産、下請生産を行う日本企業においては、生産を担当する機種の違いにより、業績の回復に大きな差が現れている。

世界の中大型機市場はボーイング社とエアバス社の二大メーカーで占められており、日本企業の立場はそれら二大メーカーの分担生産、下請生産となっている。B777 の後継機となる B777X については、平成 26 年、ボーイング社と日本の主要パートナーが開発・量産事業に参画することで合意し、平成 27 年には正式契約に調印し設計作業を行っており、日本企業は平成 30 年に初号機用担当部位を納入した。初飛行は令和 2 年 1 月に行われたが、COVID-19 の世界的流行の影響を受け、同年 7 月、顧客引渡しは令和 5 年に延期することが発表された。その後令和 4 年 4 月 27 日の第 1 四半期決算発表において顧客引渡しを令和 7 年に再延期することを発表している。この引き渡し開始の遅れは B777 の減産と B777X の生産開始に操業低下の谷間が発生することとなり、日本のパートナー企業でも B777/B777X の生産が低迷する事態が懸念されるが、B777 貨物機受注による生産調整が行われている。

B787 プログラムについては、平成 30 年に B787-10 の初号機を納入した。B787-10 には日本の主要パートナーが機体構造部位の 35%の担当比率を分担し、B787 の量産は令和元年から月産 14 機への増産となったが、令和 4 年までに生産数を月産 7 機まで半減する計画を明らかにした。その後 B787 に品質問題が発生し月産 2 機に減産し、製造を分担する日本のパートナー企業にも大きな影響が生じた。ボーイン

グ社は令和 3 年 5 月より中断していた B787 の顧客への納入を令和 4 年 8 月より再開した。B737 プログラムについては、B737 MAX-8 が、平成 29 年に米国連邦航空局(FAA)の型式証明を取得し、同年商業運航を開始した。しかしながら、2 度の墜落事故を起こしたことで、FAA は平成 31 年、同型機の飛行停止を指示した。その後、ボーイング社は飛行再開に向け作業を行っていたが、FAA が令和元年に同型機の年内の飛行再開を承認しない方針を表明し、生産を続けることが困難になったことから、令和 2 年 1 月より同型機の製造を一時的に停止した。サプライチェーンの混乱だけでなく、エアラインの運航や同型機の販売への影響が懸念されたが、同年 5 月、同機の生産を再開した。飛行再開については、EASA は同年 10 月、同機が安全基準を満たしている旨の見解を発表し、運航再開に前向きな姿勢を見せ、令和 3 年 1 月、ソフトウェアのアップグレード等、一連のアップデートを前提に EU 内での運行再開を承認した。FAA は令和 2 年 11 月、運航停止命令を取り消した。B737MAX-9 は、平成 29 年に初飛行を行い、平成 30 年に初号機が納入された。平成 29 年には、B737MAX-10 のローンチが発表され、令和元年にロールアウトした。

またボーイング社は、令和 4 年 8 月 1 日に研究開発センターを日本に開設することを発表した。研究開発センターでは、持続可能な航空燃料 (SAF)、電動化及び水素による推進力技術、ロボティクス、デジタル化、自動化、そして炭素繊維複合材分野での研究開発に注力するとしている。

一方、エアバス社は、平成 28 年に A320 ファミリーのエンジンを換装し経済的な運航を企画した A321neo の初飛行に成功し、同年に欧州航空安全庁(EASA)および FAA の型式証明を取得し、平成 29 年に商業運航を開始した。平成 30 年には長距離型の A321LR が EASA と FAA の型式証明を取得した。令和元年、A321 の最新派生型として航続距離を延長した A321XLR の開発を発表した。平成 30 年、A319neo が EASA 及び FAA の型式証明を取得した。また、A330-900 は、平成 29 年に初飛行、平成 30 年に EASA の型式証明を取得し、同年に初号機を納入した。A330-800 は、平成 30 年に初飛行、令和 2 年 2 月に EASA 及び FAA の型式証明を取得し、同年 10 月に初号機を納入した。A350-1000 は、平成 29 年に EASA および FAA の型式証明を取得し、平成 30 年に初号機を納入した。エアバス社は平成 31 年、エミレーツ航空と A380 の発注機数の変更で合意した結果、令和 3 年に同型機の納入を終了すると発表した。COVID-19 の世界的流行の影響で、エアバス社にお

いても令和 2 年上半期の航空機生産数が前年度比で 40%減少したが、月別生産数は徐々に増加に転じ、単通路機である A320 シリーズは令和 2 年に 446 機、令和 3 年は 483 機を納入している。一方で双通路機である A350 は令和 2 年には 59 機、令和 3 年は 55 機と納入数の回復がやや遅れている。

小型機市場では、ボンバルディア社の C シリーズについで、中国の COMAC 社(Commercial Aircraft Corporation of China)が C919 を、ロシアの UAC 社(United Aircraft Corporation)も MS-21 の開発を続けている。ボンバルディア社の CS100（現 エアバス A220-100)は平成 27 年にカナダ運輸省から型式証明を取得、平成 28 年に商業運航を開始し、CS300(現 A220-300)は平成 28 年にカナダ運輸省の型式証明を取得し、同年に商業運航を開始した。エアバス社とボンバルディア社は平成 29 年に、C シリーズプログラムにおけるパートナーシップ締結の同意書を交わし、エアバス社は C シリーズの製造および販売を行う CSALP 社(C Series Aircraft Limited Partnership)の株式の 50.01%を取得すると発表した。その後、令和 2 年にボンバルディア社は保有株式をすべてエアバス社に売却し、C シリーズプログラムから撤退している。また、平成 30 年、Q シリーズをカナダのロングビュー・アビエーション・キャピタル・コーポレーションに 3 億ドルで売却することを発表し、令和元年に売却が完了した。(現在はデハビランドカナダのブランドで Q400 を販売している。) 中国の C919 は、平成 27 年にロールアウト、平成 29 年に初飛行し、令和 4 年に中国航空当局の型式証明を取得、同年 12 月 9 日に中国東方航空に初号機が納入された。中国は、エアバス社、ボーイング社に次ぐ第三のメーカーの地位を獲得すべく、積極的に航空機産業の育成に取り組んでいる。また、平成 28 年には COMAC 社と UAC 社は、広胴機開発のジョイント・ベンチャーを設立し CR929 の開発を開始、平成 30 年 11 月開催の渤海エアショーで実物大胴体モックアップを公開した。ロシアの MS-21 は、平成 29 年に初飛行し、令和 3 年ロシア航空当局の型式証明を取得した。

リージョナル機市場では、ボンバルディア社とエンブラエル社が中心であったが、ロシア、中国に続き、平成 20 年に設立された三菱航空機は、リージョナルジェット機 Mitsubishi SpaceJet の設計、販売等の活動を開始し、平成 26 年にロールアウト式典、平成 27 年に初飛行を行い、平成 28 年に飛行試験を行う米国へ飛行試験機をフェリーした。平成 29 年、Mitsubishi SpaceJet に搭載される PW1200G エン

ジンが FAA の型式承認を米国プラット・アンド・ホイットニー社が取得した。平成 30 年に開催されたファンボロー航空ショーでは初めて飛行展示を行い、FAA による型式証明飛行試験開始に向けて、平成 31 年 3 月に FAA から LOA (Letter of Authorization)を取得したが、開発状況と COVID-19 の影響を含めた市場環境の変化を踏まえ、令和 2 年 10 月に開発活動は一旦立ち止まったあと、令和 5 年 2 月開発を中止した。三菱重工業は令和元年 6 月、ボンバルディア社と CRJ 事業にかかわる事業譲渡契約を締結した。その後、令和 2 年 6 月に譲渡契約がクロージングを迎え、MHI(三菱重工業)グループとして事業を開始した。エンブラエル社は、E190-E2 を平成 28 年にロールアウト、同年初飛行を行い、平成 30 年にブラジル航空局、EASA 及び FAA の型式証明を取得し、同年に初号機を納入した。E195-E2 は平成 29 年にロールアウト、同年初飛行を行い、平成 31 年にブラジル航空局、EASA 及び FAA の型式証明を取得し、同年に初号機を納入した。両機ともに商業運航を開始している。E175-E2 は令和元年、初飛行を行った。しかし開発・認証はその後凍結された。また、同社とボーイング社は、平成 30 年に航空宇宙分野での戦略的提携を確立するための覚書に署名したと発表した。覚書には、令和元年末を目途にエンブラエルの民間機事業を母体とする合弁会社を設立することが含まれており、ボーイング社は合弁会社の 80%の株式を取得することとなり、新会社名はボーイング・ブラジル – コマーシャルと決まったが、令和元年、規制当局の認可の問題から設立は令和 2 年初頭に遅れることが発表され、令和 2 年 4 月、両社の条件が合わず、提携／合併会社の設立に関する交渉は中止となった。中国の COMAC 社が製造する ARJ21 は、平成 27 年に初号機が納入され、平成 28 年に商業飛行を開始した。

エアラインからの機体価格の低減要求は年々厳しさを増しており、これによる大手航空機メーカーによる価格競争の激化と市場獲得競争から、我が国の航空機メーカー各社も、より一層のコスト削減努力を迫られている。

国内のヘリコプター市場は、毎年 40 機弱が販売されているが、その殆どが外国製である。こうした中、SUBARU とベル・ヘリコプター・テキストロン社と共同開発した SUBARU BELL 412EPX は、平成 31 年、国土交通省航空局から型式設計変更承認を取得し、令和 3 年 5 月に警察庁に初号機を納入した。また、川崎重工業は、エアバス社と国際共同開発した BK117 シリーズの最新型 H145/BK117D-3

を平成 31 年より販売開始し、令和 3 年 8 月に国内初号機を民間運航会社に納入した。官公庁の新規需要はほぼ一巡し、消防防災、警察等の既存ヘリの更新需要が中心となっている。また、平成 19 年に「救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法」が施行され、令和 4 年 4 月現在、全国 47 道府県に 56 機のドクターヘリが配備されているが、体制を充実するための更なる需要が期待される。

次世代エアモビリティの国内動向としては、令和 3 年 10 月に SkyDrive 社が国土交通省に日本企業では初めて「空飛ぶクルマ」の型式証明を申請している。

4. 宇宙分野

宇宙の平和的利用、国民生活の向上等、産業の振興、人類社会の発展、国際協力等の推進、環境への配慮を基本理念とした、宇宙基本法が平成 20 年に成立し、同年施行された。この法律に基づき、内閣に宇宙開発戦略本部が設立され、平成 21 年に我が国の宇宙開発利用に関する基本的な計画(宇宙基本計画)が決定され、安全保障の強化が謳われた。平成 26 年、内閣総理大臣から「「国家安全保障戦略」に示された政策を反映するとともに産業基盤を強化するため、10 年間の計画を盛り込んだ新しい「宇宙基本計画」を作成する」旨の指示があり、これを受け平成 27 年に新しい宇宙基本計画(本文と工程表の二部構成)が制定され、平成 30 年に工程表の改訂版が閣議決定された。

一方、平成 28 年には、人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律(以下、宇宙活動法)および衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律(以下、リモセン法)が国会で可決・成立した。平成 29 年から人工衛星等の打上げに係る許可等の申請受付と衛星リモートセンシング装置使用許可及び衛星リモートセンシング記録取扱認定に関する申請の受付を開始した。その後平成 30 年、両法は全面施行された。政府の宇宙に関する組織は、平成 24 年に宇宙開発委員会が廃止され、内閣府に宇宙戦略室と宇宙政策委員会が、内閣官房に宇宙開発戦略本部事務局が設置された。なお、文部科学省は、宇宙開発委員会の廃止に伴い、宇宙開発利用部会を新たに立ち上げ、文部科学省が管轄する宇宙関係の案件を審議して行くこととなった。平成 28 年に内閣府宇宙戦略室と内閣官房宇宙開発戦略本部事務局は、内閣府宇宙開発戦略推進事務局に一元化された。

輸送系分野では、H-IIA ロケットが平成 17 年の 7 号機から令和 5 年 1 月 26 日の 46 号機まで、連続 40 機の打上げに成功した。今後も継続的に成功させ信頼性の向上に努めると共に、安定した打上げ機数の確保が期待される。また、平成 21 年より能力を増強した H-IIB ロケットの打上げを 9 回成功させ搭載された宇宙ステーション補給機(HTV) 「こうのとり」により国際宇宙ステーションへの物資輸送を行った。一方、平成 25 年よりイプシロンロケットの打上げが開始され、令和 3 年には 5 機の連続打上げに成功した。令和 4 年 10 月 12 日の 6 号機打上げに失敗した。JAXA は平成 26 年度から、H-IIA 及び H-IIB の後継となる新型基幹ロケット(H3)の開発に着手し、令和 3 年度中の試験機 1 号機打上げに向けて、開発を進めていたが、令和 3 年 1 月 2 1 日に新型 LE-9 エンジンの試験で発見された問題が解決し、令和 5 年 3 月に打上げたが、2 段エンジンは作動せず打上げは失敗した。

衛星分野では、平成 29 年にみちびき 4 号機が打上げられ、平成 30 年、準天頂衛星システムの 4 機体制によるサービスが開始された。また、温室効果ガス観測技術衛星いぶき 2 号(GOSAT-2)が平成 30 年に打上げられた。

平成 26 年に打上げられた小惑星探査機「はやぶさ 2」は、平成 30 年に C 型小惑星「Ryugu」(リュウグウ)へ到着し、2 度のタッチダウンに成功しサンプル回収した後、令和 2 年 12 月に地球に向けてカプセルを分離させ、新たな目的地に向けて再度出発した。カプセルは南豪州のウーメラ砂漠で回収され、日本へ持ち帰られた。

平成 27 年に政府の宇宙開発戦略本部で決定された宇宙基本計画によれば、これからの ISS 計画への我が国の対応については、平成 28 年以降令和 2 年までの共通運用経費(CSOC: Common System Operations Costs)の負担を、ISS 補給機「こうのとり」2 機分の打上げと、将来への波及性の高い技術(開発の実施)により参加するとしており、また、米国が延長継続を決定している令和 3 年以降令和 6 年までの ISS 計画への我が国の参加の是非等の対応については、平成 27 年に日米両国政府が ISS 運用延長に合意した。

現在 NASA では令和 7 年の有人月面探査再開を目指すアルテミス計画を進めており、日本は令和元年にアルテミス計画に参加することを決定し、令和 2 年 7 月に文部科学大臣は、NASA 長官との間に「月探査協力に関する共同宣言」に署名した。

日本の宇宙産業界は高い技術を誇るものの、諸外国と比べて、国際受注の実績が乏しい状況が続いている。しかし、今後は宇宙分野における商業化・国際化を基調

とする積極的な宇宙利用への流れは進んでいくと思われ、これまで売上の多くを政府宇宙開発プロジェクトに依存してきた我が国の宇宙関連メーカー各社は、さらなる商業化を目指し国際競争力を推進するため官民ベースでの技術開発やコストダウン、海外メーカーとの国際協業など、商業化・国際化を視野に入れた宇宙ビジネスへの積極的な取組みが一層求められている。これらの状況を踏まえ、H-IIA ロケットおよび H3 ロケットにおいて、三菱重工業が商業受注し打上げサービスを行っている。また、イプシロンにおいても IHI エアロスペースは JAXA から打上げ事業の移管を目指している。民間企業独自の衛星打上げロケットの開発も進んでいる。

平成 25 年度には三菱電機が衛星工場の増築を、平成 26 年度には日本電気が衛星工場の新設を行うなど、競争力強化に向けた具体的投資が本格化している。平成 27 年、宇宙開発戦略本部は、これからの我が国の宇宙産業の売上規模として、今後 10 年間で 5 兆円を目指すことを公表し、今後の日本の宇宙産業界の発展が期待されるところである。

宇宙関連 2 法案(宇宙活動法、リモセン法)は、宇宙分野への新規参入を促し業界の裾野を広げる目的があり、日本の民間企業により独自に開発された人工衛星も運用を開始しており、民間ロケットやロケット打上げ場も完成し、令和 5 年度に初打上げが計画されている。また、日本に本社を置く事業者 ispace は、アメリカやヨーロッパの研究所や企業と連携し、民間での月面探査プログラム“HAKUTO-R”を進行している。このプログラムでは、月面探査用着陸機を令和 4 年 12 月 11 日にファルコン 9 にて打上げている。この着陸機は日本で設計され、ドイツ ArianeGroup の IABG にて製造されている。日本の宇宙開発予算総額(6,119 億円 巻末資料 V-1)は、ロシアの Roscosmos 予算(米$3,100M, Space Foundation Space Report, 2021 年)をすでに大きく超過しており、今後も宇宙におけるビジネスを目指す新たな企業が増えていくことが期待される。

第１編　日本の航空機工業

第１章　航空機工業の役割・特質と日本の実態

いずれの先進工業国においても、航空機工業は国の産業高度化を先導する重要産業の一つに位置付けられるとともに、防衛産業基盤の一翼を担い、また主力輸出産業としてその維持・育成が図られている。

日本の航空機工業は他産業に比し小規模であるが、防衛事業では完成機を設計・製造する一方、民間機事業では従来多くは欧米企業との国際共同開発や部品下請として参画し、近年は完成機の設計・製造にも進出している。

昨今の航空機工業では、欧米を中心とした航空機完成機メーカーは激しい競争と同時に企業統合・多国籍化・寡占化が進んでいるが、開発・生産では経営効率化の観点から国際分業が盛んになっている。日本としては、こうした動向を踏まえ、適切なタイミングで国際共同開発に参画し、独自の技術やオープン・イノベーション等を活かしつつ速やかにグローバル化に対応していく必要がある。

そこで本章では、日本の航空機工業の基本的な役割と特質及び実態等につき概要を紹介し、今後の方向を考える際の参考に供する。

第１節　航空機工業の役割

日本の航空機工業の役割は、以下の 4 点に集約出来る。(図 1-1-1 参照)

第 1 は防衛産業の中核としての役割である。防衛産業基盤として防衛装備品の開発・生産・整備等を担い、日本の安全保障の一端を支え、周辺地域の平和と安定に寄与するという役割である。「平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱」に基づく「統合機動防衛力」の基盤ともなるものである。「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱」では、真に実効的な防衛力としての「多次元統合防衛力」の構築に向け、宇宙・サイバー・電磁波といった新たな領域における能力の獲得・強化とともに、「統合機動防衛力」の方向性を深化させると記されている。令和 4 年 12 月 16 日には新たな「国家安全保障戦略」、「国家防衛戦略」及び「防衛力整備計画」が閣議決定された。「国家防衛戦略」では、無人航空機(UAV)等の無人装備に AI や有人装備を組み合わせる「無人アセット防衛能力」、宇宙・サイバー・電磁波の領域を有機的に融合

する「領域横断作戦能力」等が防衛力の抜本的な強化に当たって重視する能力として明記された。一方で「防衛力整備計画」では航空体制の最適化のため、対戦車・戦闘ヘリコプター(AH)、観測ヘリコプター(OH)、多用機(U-36A)、救難捜索機(U-125A)等の用途廃止、固定翼哨戒機(P-1)、哨戒ヘリコプター(SH-60K(能力向上型))の取得数の見直しを進め、無人機(UAV)等に移管していく事が明記された。

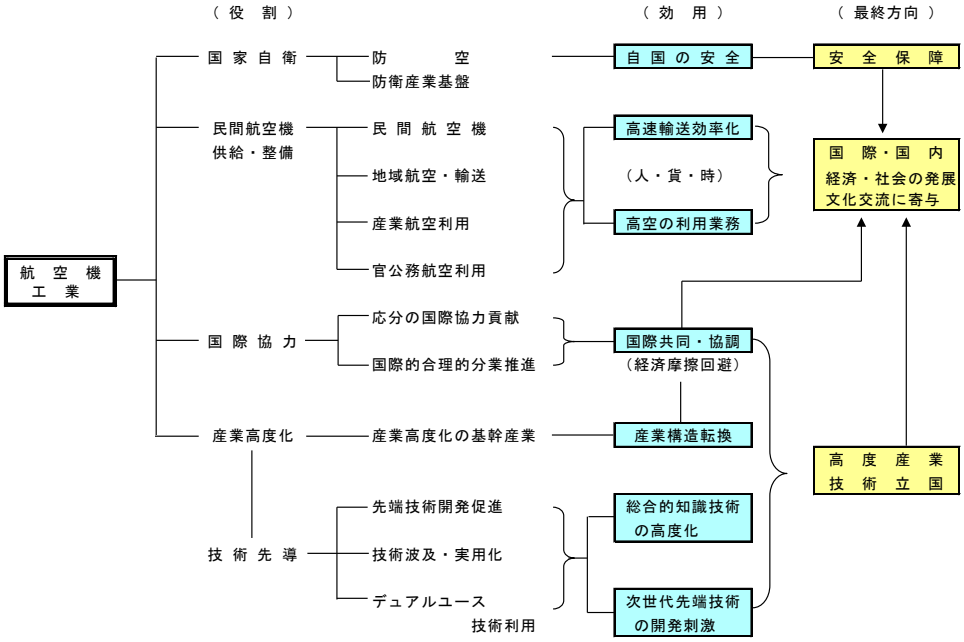
第 2 は民間航空輸送発展への貢献の役割である。民間航空輸送は、長距離・高速輸送システムの中で最も重要な手段の一つである。民間航空機の供給を通じて航空産業発展を担い、結果的に国内外の経済・社会の発展、文化交流に寄与していく。

第 3 は欧米先進工業国等との国際協調・共同・分業を促進する役割である。航空機の開発にあたっては、各国間で技術・市場・資金等を分担しあう国際共同開発や、技術交流が盛んになっており、日本はこれらに参画し、世界の航空機工業の安定的発展に協力・貢献して行くことが重要となる。

第 4 は技術立国としての技術先導産業としての役割である。航空機工業は、技術先導産業の中核として広く関連産業間で相互の技術波及を促し、国内産業構造高度化を促進する役割が期待でき、ひいては技術立国としての日本の発展にも寄与する。

以上の役割から、航空機工業は国家として重要な政治的・戦略的産業と言える。

図 1-1-1　日本の航空機工業の社会経済的役割と方向



現在、他産業に比べ、まだ規模が小さい日本の航空機工業が国際的に貢献していくには、日本の資質を生かした技術力を育成することが非常に有効と考えられ、将来必要となる先進技術の研究開発を積極的に計画・実施することが不可欠である。また、既に一部国際レベルの質の高い技術・生産能力を持つまでに成長した分野も存在しており、今後は国際共同開発等を通してこれら能力を更に育成し、世界の航空機産業の発展に貢献していく必要がある。

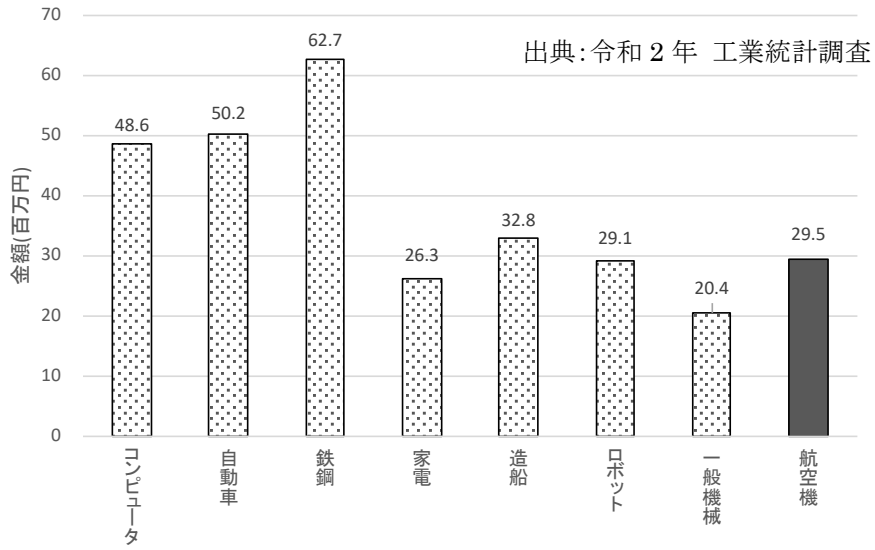
第 2 節　航空機工業の特質

1.　産業・技術的特質

近年日本を取り巻く経済社会環境は大きく変化しており、アジア諸国の経済成長・発展により、日本としては、国の産業構造の一層の高度化及び国際協力等の必要性が求められている。

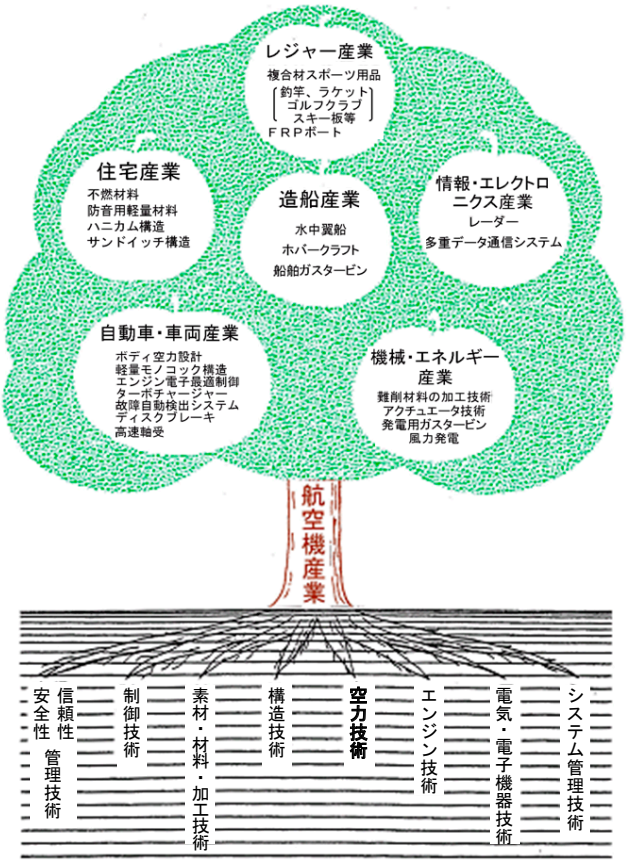
航空機工業は、常に最先端の実用技術が追求される典型的な研究開発集約型の、実証的な経験工学に基づく産業であり、複雑で精密な加工と高度な組立作業及びそれに対応した高い品質管理能力を要する産業である。また多くの特殊技能を有する下請企業が参加しており、逆に 1 人当り原材料使用金額が相対的に少ない省資源型産業であるという特質を持つ。(図 1-1-2 参照) その点で航空機工業は、質の高い人材及び高度な科学技術を基盤に持つ日本にとって最適な産業の一つと言える。

図 1-1-2　日本の産業別 1 人当たり原材料使用額(令和 2 年)



また、航空機工業は、信頼性、安全性、軽量化、高性能化等の点から、数十万点から数百万点に及ぶ構成部品や素材に対して、非常に厳しい技術的要求を行う。そのため関連の機械、電気、電子、部品、素材等広範多岐にわたる産業分野の技術進歩を促すという特質を持っている。逆に他産業分野で開発された先端技術が航空機に採用され、さらに進歩することもあり、航空機工業は、相互の技術波及効果の中核を担っているとも言える。(図 1-1-3 参照)

図 1-1-3　航空機技術の他産業への技術波及例



航空機技術は国防上重要な先端技術を多数含むため、防衛関連の航空機技術の輸出は厳格に管理されている。一方で、防衛関連の技術でも応分の役割分担や、技術のクロスライセンス化などが求められる状況にある。また、民生技術の進歩により、スピンオン(民生技術の防衛利用)が盛んになっており、こうしたキーテクノロジーの蓄積が国のバーゲニングパワーとなる。そのため航空機技術の中で、国際競争力

を確保するためには、長期的視点に立った技術戦略が必要となろう。

このように航空機工業は極めて高度な技術を必要とし、かつ開発・生産に長期間を要するため、専門技術者や技術基盤の長期的育成、計画的設備投資、広い分野での高度な関連企業の維持が不可欠である。

主要欧米先進国の航空機工業は、他産業に比肩出来る程の経済規模に発達し、特に輸出産業として育成が図られ自国経済に大きく貢献するだけでなく、政治的影響力としても重要視されるという側面を持つ。しかし日本の航空機工業においては、他産業に比べ依然規模が小さく、一部の技術等を除きビジネスとしては先進工業国レベルには達しておらず、航空宇宙工業の貿易収支は定常的に大幅な輸入超過の状態が続いている。(図 1-1-10 参照)

また、日本ブランドの素材・部品/機器・部分構造組立の製造会社の一部は、最終製品である航空機の生産地が多く立地する欧米で現地生産し、航空機関連商品の低価格要求に応えるために、納入品の輸送費などを低減させている例や労務費の低い新興国で製品を生産する海外投資が散見されるようになっている。日本に研究開発部門があり日本の知的財産で生産しているものの、国外での製造となり輸出にならない。その上、日本に対しては現地法人からの利益が貿易外収支として計上されるために、日本ブランドの現地生産額の詳細は掴めない。HondaJet、MHI カナダ・エアロスペース社の主翼や胴体の部分構造体、パナソニック・アビオニクス社の客室内映像／情報機材、搭載機器製造企業の海外法人生産、積水化学工業の内装パネル、数社の航空機構造用の炭素繊維などが代表例であり、その生産額は小さくない。

一方、航空機工業には、開発・生産における先進国間の国際的な水平分業や、研究、試験設備等での国際協力を促進するという重要な特質がある。また、航空機工業は技術レベルが高い産業であるため、欧米以外では各国との競合が他産業と比べ比較的少なく、各国との合理的な国際分業(下請等)を可能にする特質のある産業といえるが、新興国各国の国による資本投下、技術力向上に伴って競争も徐々に発生してきている。

航空機は複雑・高度化、大型化、高速化の方向をたどり、また、より短期間での開発を求められることから、その開発費及び事業リスクはますます巨大化している。技術力に加え強力なマーケティング能力や資金力を持つ米国でさえ、最近は単独での事業化が非常に困難な状況になって来ており、航空機開発の巨大な事業リスクを

一国では負担することが出来ず、また共同開発する各国あるいは新興国の政府支援によって投資資金を軽減させる国際共同開発・生産が世界的な趨勢となっている。

日本の航空機工業は、欧州のような周辺国との地理的、歴史的なつながりを持たず、事業規模も小さいが、国際共同開発に参画し、応分の協力が出来るように、国際競争力を持つ高度な独自技術及び得意な分野、生産技術能力、及びマーケティング能力、資金力等を持つことが必要であり、国家の施策面でも防衛も含めた、国際化に対応した新しい枠組み作りが求められている。

2. 需要面の特質

航空機工業は、その経緯から軍用機としての航空機の発達に伴い産業基盤を確立したため、冷戦終結まで軍需比率が高い状況が国によらず続いてきた。

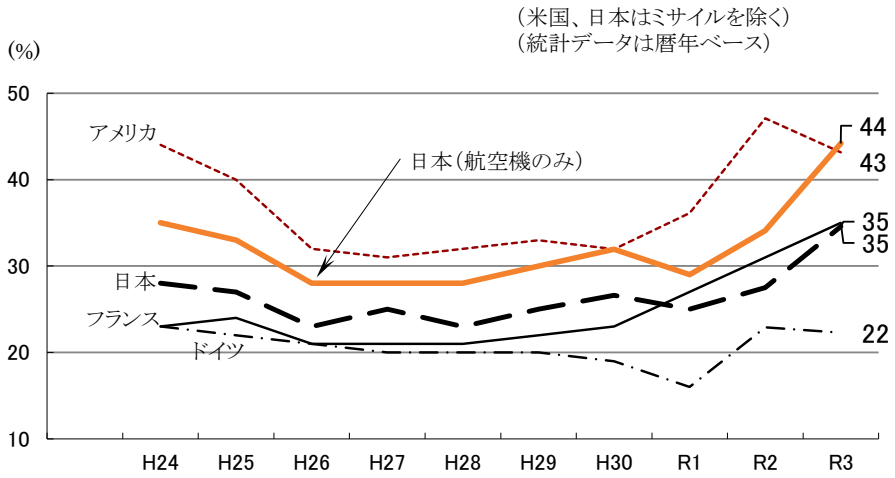
航空機は、空を飛ぶという機動性から兵器として大量に装備され、過去二つの世界大戦を経て性能面で長足の進歩を遂げ、航空機工業の産業基盤、技術基盤が確立された。戦後、国際社会・経済の発展により大量・高速輸送手段である航空機の有用性が高まり、民間航空機市場が急速に形成・拡大し、航空機工業は一層の発展を遂げた。但し、近年はミサイルを代表とする無人システムが防衛航空機の機能を分担するようになり、その優劣や機体に搭載する電気・電子装置の性能が攻撃力や防衛力を大きく左右し、技術進展の速度も速い。このため技術成熟が進んだ戦闘機、爆撃機、哨戒機などは無人誘導システム発射機の役割となって、機体の世代更新期間が伸びている。これらの電子機器・誘導システムの開発・生産の高度化、航空機の更新周期が伸びていることが、各国の軍事予算で航空機の比率が低下した一因でもある。(日本の統計でミサイルは武器・弾薬に分類され、アメリカと同様に航空機産業に含まれない。一方で英、仏、独の統計ではミサイルは航空宇宙生産額に含んでおり、その他の国でも含まれる場合は多い。)

さらに宇宙開発は、1960 年代冷戦下のアメリカ及び旧ソ連を中心に核戦力の技術補助的な競争の側面から国家事業として展開され、各国もその後を追ったが、航空機工業が宇宙開発の推進母体となったため、航空機工業は航空宇宙工業とも称されるようになり、長距離通信など社会の利便性向上によって発展を確実にした。

このような発展の経緯から、先進工業国の航空宇宙需要は一定の割合を官需に負ってきた。特に日本は戦後一時期の空白により欧米航空機技術の急速な進歩に遅れ

を取ったこともあり、防衛関係の開発・生産を中心に事業を展開しつつ追随を図った。東西冷戦の終結により世界的に軍備が縮小されたここ数十年の流れを反映して、防衛装備の需要は減退し安定していたため、COVID-19 の影響を除くと、近年の防需依存度は横ばいが続いていた。(図 1-1-4、1-1-5 参照) 一方、令和 4 年 12 月 16 日に閣議決定された「国家安全保障戦略」では、国際社会における力による現状変更、周辺国の急速な軍備増強に対応して防衛力の抜本的な強化のため、予算水準が国内総生産(GDP)の 2%に達するよう措置を講ずるとしており、同時に決定された「次期防衛力整備計画」では、令和 5 年度から令和 9 年度までの 5 年間の防衛力整備の水準を 43 兆円程度とするとされた。これは平成 30 年に策定された中期防衛力整備計画の 27 兆 4700 億円の約 1.6 倍であり、航空宇宙産業への生産増加が予想される。

図 1-1-4　各国航空宇宙工業防需依存度



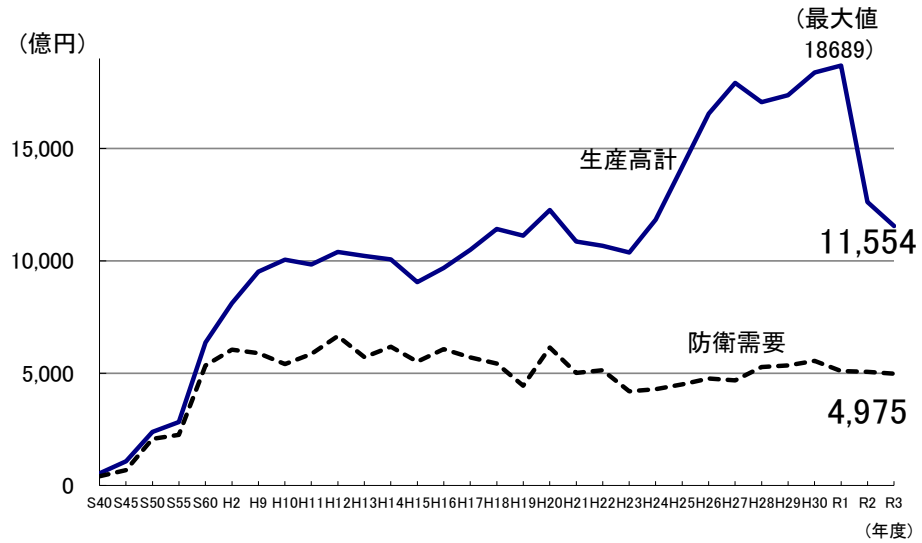
出典：(一社) 日本航空宇宙工業会

戦後の日本における航空機工業は技術的遅れ、地理的不利、武器輸出三原則による市場の限定等により、当初は産業として十分に成長できず民需市場で十分な成果を上げるに至らなかったが、海外旅行の一般大衆化、国際化の拡大に沿って昭和 50 年代以降は、ボーイング社向け民間機(B767、B777、B787、B777X)、民間機用エンジン(V2500、CF34、Trent 1000、GEnx、PW1100G-JM、GE9X)等の国際共同

開発に参画し、民需を拡大し、日本の航空機需要は民需が官需を大幅に上回る状況が続いている。

また防衛関係でも、F-2 戦闘機の国際共同開発が日米間の初めての国際共同開発プロジェクトとして各種の困難を克服しながら実施された。令和 2 年度から開始された次期戦闘機の開発においては、2035(令和 17) 年までに次世代戦闘機を共同開発するという事業である「グローバル戦闘航空プログラム(Global Combat Air Programme (GCAP))」に関する共同首脳声明が日本・イギリス・イタリアの三か国首脳により令和 4 年 12 月 9 日に発出され、開発の成功が期待される。

図 1-1-5　日本の航空宇宙工業生産高



出典：(一社) 日本航空宇宙工業会

このように民需は勿論、軍用機においても国際共同開発が主流となっており、こうした中で、平成 26 年に「防衛装備移転三原則」を閣議決定し、この中で防衛装備の移転にかかる具体的な基準や手続きや歯止めを明らかにした。今後の国際協調は政府の方針に従って進めていくこととなり、国際的な防衛装備・技術協力や装備品の効果的かつ効率的な調達等を行うための実施機関として平成 27 年に防衛装備庁(防衛省の外局)が新設された。この方針策定から数年が経過し、共同開発は進展がみられる。その一方で防衛用の日本の新造航空機は海外移転の受注に至ってはいない。

3. 社会・経済・文化的特質

第二次世界大戦後、欧米の航空機工業は、民間航空輸送需要の増大という社会的要求に応えて多様な民間航空機、とりわけ効率よく大量に旅客輸送できる機体を供給し、その結果航空輸送量は急速に増加した。

この増加の背景の一つは、他の輸送手段に対する航空機の相対的優位性が認識・確立したためで、それは戦後世界の特色である高度技術産業社会に欠かせない「スピード」と「効率」に最も良く適合したためであろう。これを具体的に示すと、

① 航空機の大型化、高速化、経済性向上による輸送価格の相対的な低下

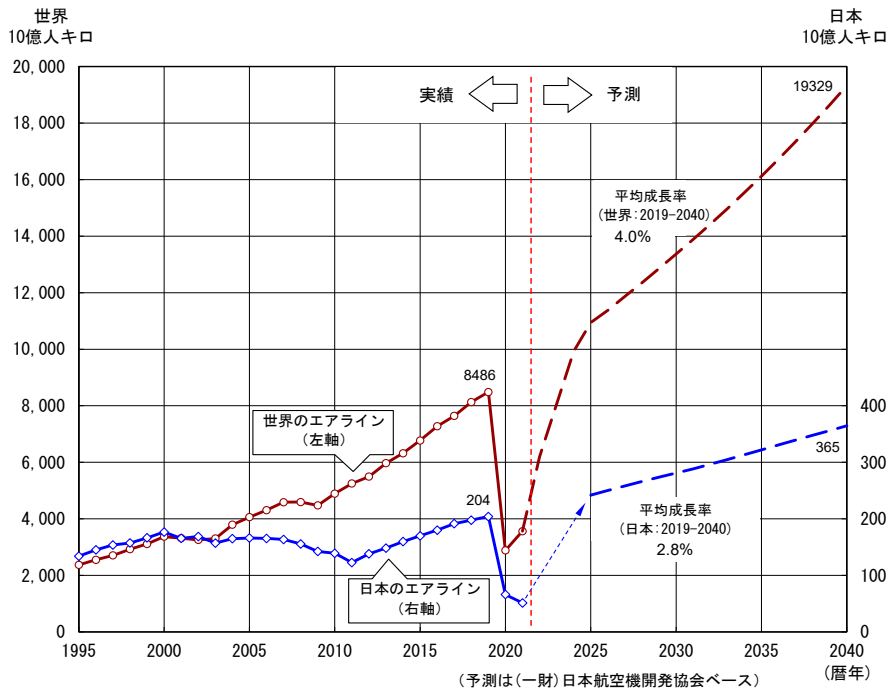
② 各国での所得水準上昇に伴う、移動時間短縮へのニーズの高まり技術

③ 進歩に伴う航空機の信頼性の高まりによる安全性の向上

等であり、更には世界各国間で政治、経済、文化、科学、観光などあらゆる分野の交流が活発化し、航空機がそのニーズに最も合致していたためである。

こうした結果、世界の定期旅客輸送量は過去10年間で年平均6%程度の高い成長率を達成してきた。(図1-1-6参照) COVID-19の影響による航空旅客需要は一時的に激減しているが、数年の内に本来の需要成長に復帰することが期待される。

図1-1-6　航空旅客輸送量(2022年末時点の予測)



日本も、米国 ボーイング社、カナダ ボンバルディア社、ブラジル エンブラエル社等との民間機の国際共同開発に参画し、主翼や胴体等主要構造部位を始めとした部品・装備品等の供給を行ってきた。

また、経済、産業活動の世界的規模での広域化や活発化に伴う旅客需要増大に対応するため、大都市間を長距離大型機で結び、出発地と到着地を隣接する大都市と短距離中小型機で結ぶ、いわゆるハブ・アンド・スポークによる輸送システムのほか、レジャー化等航空機の使用用途の多様化によってリージョナル機、ビジネス機、ヘリコプター等、国民生活により密着した航空機の需要が著しく広がった。一方、便数増加による大空港の混雑やテロ対策としてのセキュリティ強化による手続き回避のため、待ち時間の長いハブ空港を避け、ポイント・ツー・ポイントで中小規模の出発地と到着地の空港を結ぶ長距離中型機の需要も拡大した。こうした便数の増加による環境負荷低減に対する社会的要求も強まっており、ICAO(国際民間航空機関)主導で騒音規制や二酸化炭素排出量削減への取組みなどが進められている。

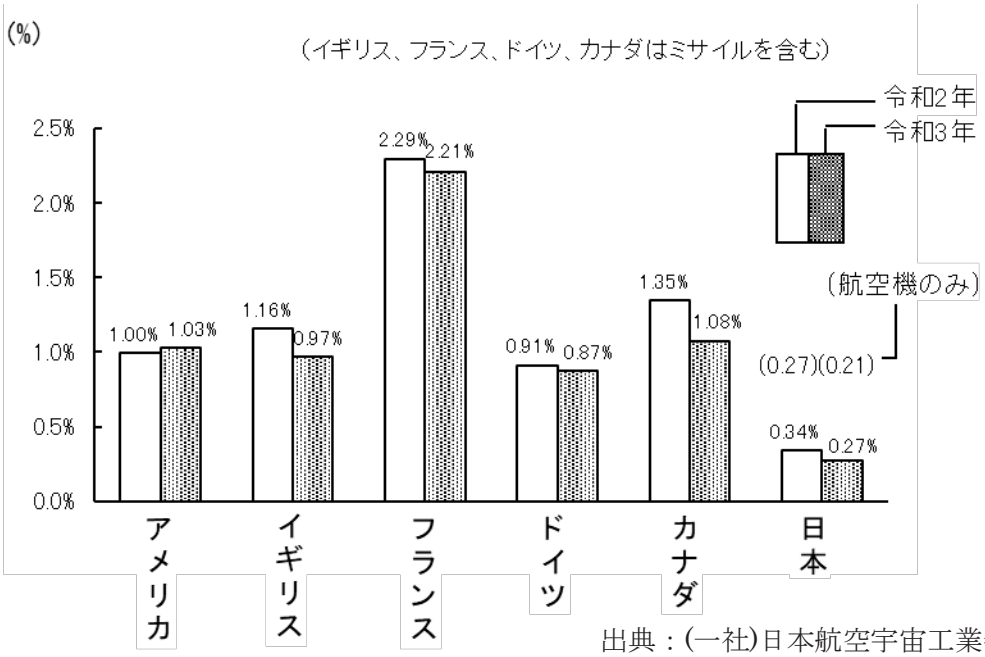
このように航空輸送は、将来にわたり、発展が期待される有望な産業分野であり、今後ますます各国間、各国内での社会経済の発展、文化的交流の活発化、航空輸送需要の拡大と多用途化により発展が期待出来る。

第 3 節　日本の航空機工業の実態

1.　日本の航空機工業の対外比較(各国公表データの関係上、数値は宇宙も含め比較)

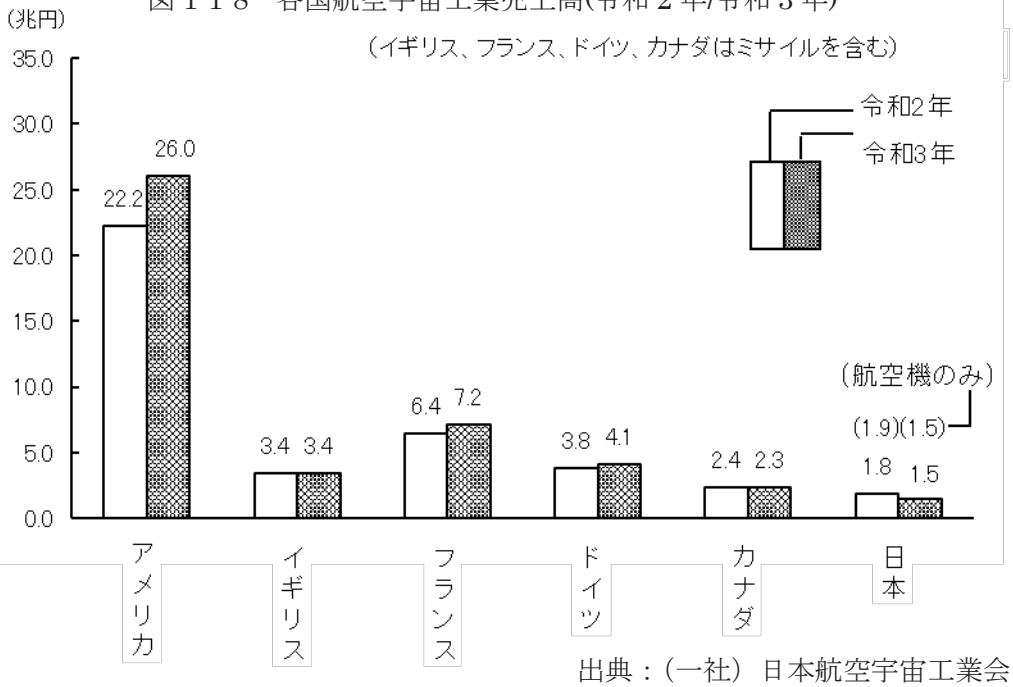
欧米の主要先進国においては、令和2年以降民間航空機の需要がCOVID-19の影響で著しく落ち込んでいるものの、航空宇宙工業が自国のGDPの約1%を超えている国が多く、質・量両面で自国の産業・経済に大きく寄与している。他方で、日本は0.3%と小さく、国内の他産業と比べ小規模である。各国の航空宇宙工業の規模を令和3年の売上高でみると、米国が約26兆円と圧倒的に大きく、英、仏、独の合計額の約1.8倍に相当する。日本との比較では約18倍の規模である。(図1-1-7、図1-1-8参照)

図 1-1-7　各国航空宇宙工業売上高の対 GDP 比率(令和 2 年/令和 3 年)



出典：(一社)日本航空宇宙工業会

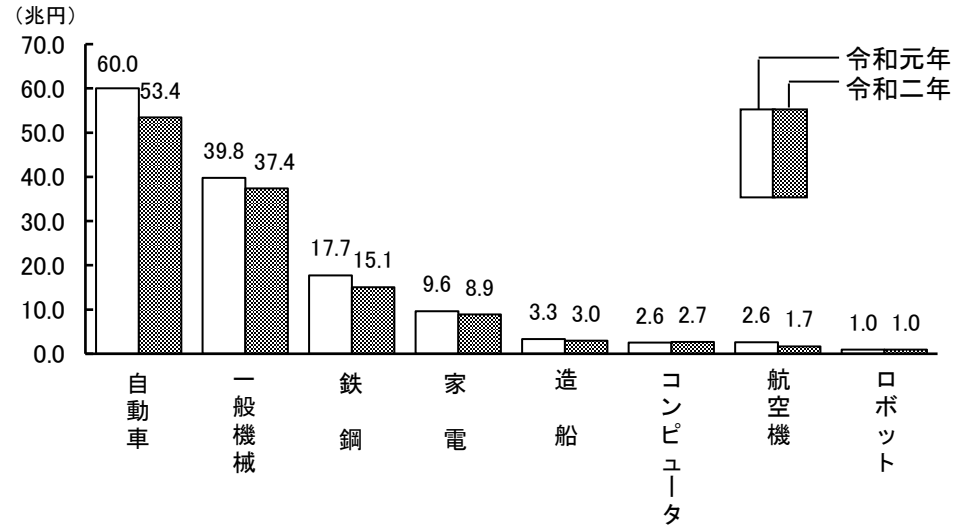
図 1-1-8　各国航空宇宙工業売上高(令和 2 年/令和 3 年)



出典：（一社）日本航空宇宙工業会

我が国の航空機工業と他産業を令和元年の産業別出荷額で比較すると、自動車は航空機工業の約32倍、一般機械は約22倍、鉄鋼は約9倍、家電は約5倍であり、航空機工業よりはるかに大きい。(図1-1-9参照)

図 1-1-9　日本の産業別出荷額(令和元年/令和 2 年)



出典：令和 2 年 工業統計調査

また、欧米先進国の航空宇宙工業は、他国の追随を許さない強力な輸出競争力を備えており、自国の経済、政治面への貢献度が高い。令和3年の各国航空宇宙工業の輸出入差額をみると、米国が515億ドル、仏が232億ドルの輸出超過となっているのに対し、日本は64億ドル(約7,038億円)の輸入超過となっている。

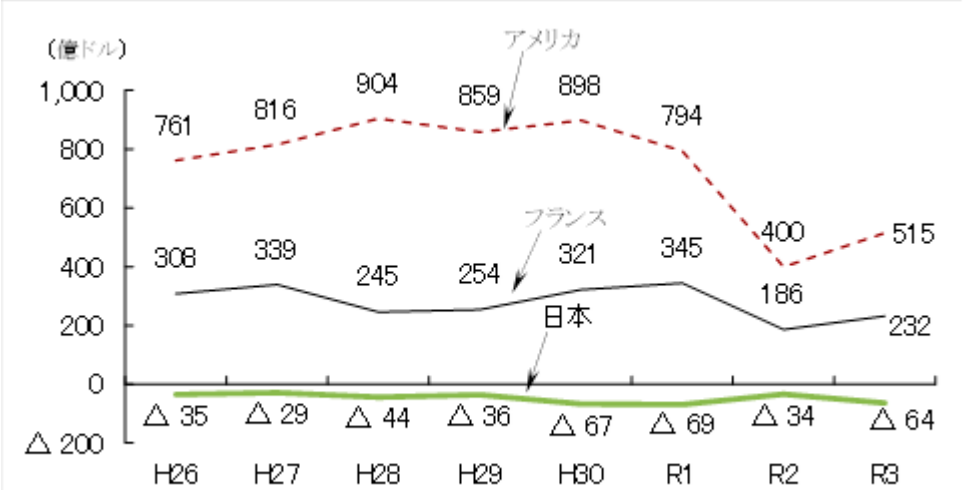
米国は、令和3年の総貿易収支が約10,914億ドル(輸出：17,617億ドル、輸入：28,531億ドル)の輸入超過の中にあって、航空宇宙工業(含むミサイル)の輸出額は約1,004億ドルで総輸出の約6%を占め、輸入は約649億ドルで約2%と、その産業・貿易上の価値は非常に高いと言えよう。

これに対し、日本の航空機の輸出入差額は恒常的輸入超過が続いており、令和2年の日本の航空機の輸出入差額は、前述のとおり64億ドルの輸入超過となっている。この原因は、輸入は、日本のエアラインで使用される航空機のほとんどが欧米製の航空機であること、日本企業が生産する機体やエンジンの構成品等で使用する素材や部品には欧米規格やライセンス権が適用されること、輸出は、民間航空機市場への参入遅れ、自国での安全認証取得が困難で利幅の大きいアフターマーケットへの

参入が困難、過去の武器輸出三原則による制約等の原因により、輸出が輸入を大きく下回っているためである。(図1-1-10参照)

また部分構造体や大きな装備品は軽量・大容積であり、生産量が大きくなると主要市場や納入会社に近接した海外工場で生産することで輸送費が低減でき、結果として国内の生産額・輸出を圧縮する活動が経済合理性を持つため、日本ブランドで世界シェアを持ちながら、量産工場は海外展開されている例は少なくない。HondaJetが研究・開発の一部は国内で実施されるも、量産は米国であり国内の工業生産額には寄与しない。なお、上記数値には日米間FMSによる防衛航空機の有償援助拠出額は含まれず、航空機工業生産の輸入超過の実態は貿易収支額よりさらに大きい。さらに日本の通信事業者が利用する通信衛星の26機はすべて外国ロケットで打上げられ、衛星も日本製は2機のみ(表2-2-4 参照)と国産率は8%で、これらも輸入とならない。直接海外で衛星を受領し、海外から宇宙に輸送されるサービスであるため、貿易外収支に計上される。これら商業宇宙の国内活動の大きな部分に国内産業の遺失分があり、その合計値も不明である。この状況は昭和末期、日本のロケット・衛星産業に国際競争力が不足していた状況下で、米国に対して自動車・半導体などの産業の大きな貿易黒字を軽減するため、民間機の大量輸入と同時に、実用衛星の内外無差別調達を決めたいわゆる「スーパー301条」による市場開放によって市場を失った後に、国内製造企業が競争力を獲得できていない経緯の禍根と考えられる。

図 1-1-10　各国航空宇宙工業の貿易収支



(貿易収支 ＝ 輸出－輸入)　　出典：(一社)日本航空宇宙工業会

2. 経営面の実態

航空機事業は、民間企業がこれを独自に推進する場合、新規に機体やエンジンを開発するには巨額の資金負担が必要となるため、経営上のリスクが非常に大きくなるという特質がある。軍用機の場合は、需要面から見れば、量産されれば比較的安定してはいるものの、その規模は年度の政府予算に依存するところが大きく、企業の経営上、予算変動リスクを補完する必要がある。さらに採用国が少ないと量産効果は小さく、国際比較すれば取得価格は高額となる。

一方、民間航空機の開発には膨大な初期投資を要し、その後も長期にわたる経済変動・為替変動等の外部環境変化に耐えつつ、その間他の製品で経営を維持しながら、さらに派生型機等に対し追加投資をする必要がある等、その資金回収には、順調に行っても少なくとも十年以上要するため、大成功すると利益が長期にわたり大きく着実に得られるものの、参入障壁が高いと共にリスクも高い事業といえる。

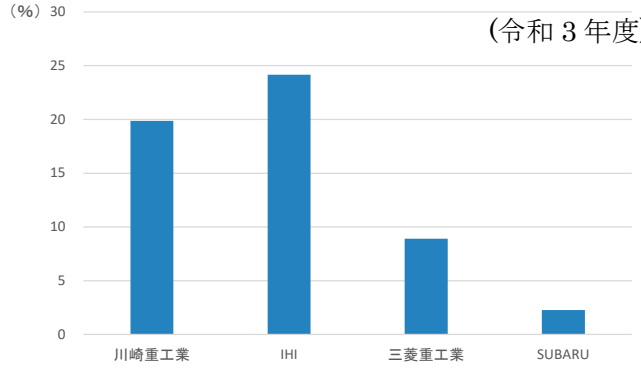
従って、民間航空機の事業展開を図る場合、企業経営は大きな事業リスクを負うことになるため、各国とも軍需が経営基盤となり、経営の下支えの役割を果たす例が多かったといえる。過去、欧米の有力企業でも、民需部門の収益変動に対応するため、防衛部門の収益により企業として経営維持を図って来た例がある。

これらの状況は日本でも同様であるが、日本の場合は他国と異なり、更に防衛需要規模や武器輸出に対する制約等の事情があった。しかも防衛予算は平成 25 年度で増加傾向に転じたものの、高額な海外装備品の短期的な導入や漸増する運用経費の影響により、今後も装備品のコストダウン要求などによる厳しい経営環境が予想され、企業は次のような影響を被ると予想されている。即ち、①操業度の減少による技術者、生産設備、人員の離散、②固定費負担増等を原因とした工場レート上昇による事業経営の圧迫、③優れた固有技術を持つ中小下請企業の撤退等による下請企業維持の困難化、④計画縮小及び不透明化による人材、設備投資等の抑制、などが懸念される。その結果、取得数量の減少に伴う装備品の価格上昇、企業投資意欲の低下、緊急生産への対応力低下等により、防衛生産・技術基盤の弱体化をきたすことが予想されるため、企業の自主努力とともに、国として防衛生産・技術基盤の維持・強化のため、官民のパートナーシップの構築や関係省庁の連携による産業支援等の各種施策検討が必要となり、我が国の防衛生産・技術基盤全体の将来ビジョンを示す戦略が求められてきた。

欧米の航空宇宙企業は、航空宇宙の比率が大半を占め、ほとんどが航空宇宙の専業メーカーであり、特に欧州には国が株式を保有する国営的な経営手法をとる一方、日本の航空宇宙工業は、市場資本の母体企業の事業主体が産業機械、自動車等であるという兼業体制が大部分で、その比率も航空宇宙は過半を下回ることが特色である。(図 1-1-11 参照)この特色は、航空機部門の資本効率の低さを他の部門の経営で支えることができるといった利点はあるが、その反面、母体企業の影響を受けるため、航空機部門独自の経営理念と国が経営に直接関与する長期的な視野に立った事業展開を図ることが難しいといった面もある。この特徴は組立の川下企業に限らず、素材やボルトナットのような規格部品を製造する川上企業では、自動車、電気製品や産業機械など他産業への製品比率が高く、航空宇宙用は数%程度の生産でラインの隙間で生産する企業が多い。これら川上産業で航空宇宙製品の出荷比率が欧米と比較すると著しく小さいのは日本の産業の特徴の一つであり、航空宇宙産業の統計捕捉が低くなる一因でもある。

図 1-1-11　日本主要企業の航空宇宙部門売上比率

(令和 3 年度)



出典：(一社)日本航空宇宙工業会

3.　発展の遅れ・反省と今後の方向

日本の航空機工業は、戦後約70年を経た現在も、なお欧米先進国から立ち遅れている。日本は航空機の開発・製造・修理を戦後7年間禁じられていたが、この影響は単にその期間内に止まらず、同様の環境で航空機の国際市場に戻っているイタリア、戦後10年間禁止のドイツとは異なり後々まで長く尾を引いた。

民間機市場は、一般的に世界を一つの市場とする供給過剰状況の中で厳しい国際競争が繰り広げられており、機体の開発のみならず、その販売、サービス体制の確立には膨大な先行投資とノウハウを必要とする。戦後いち早く市場を開拓した米国先進企業の市場占拠率は極めて高く、顧客の固定化も進んでおり、販売やサービス網の投資償還も進んでおり、後発の企業の新規参入は難しく競争上も不利であった。

戦後初の国産輸送機YS-11は、事業性の問題により、計182機で製造を打ち切り、またその他企業が 3～4 種類の小型の民間機を自主開発・販売したが、結局、市場シェアは確保できなかった。その後、民間機事業は国際共同開発を指向し、日本の航空機工業は米国の完成機メーカーへの主要構造部材等の供給に踏み切った。そしてB767では15%、B777では21%、B787では35%の機体構造を開発・製造と着実に参画比率を上げ量的拡大を遂げるとともに、質的にも胴体パネル・中央翼を中心とする金属構造体から、主翼を含む複合材構造体へ拡大するとともに、構造体のみならず材料・一部装備品の供給へ分野を拡大してきている。

一般的に、航空機産業が成長するためには、防衛需要の基盤及び民間機市場シェアの確保が必要である。巨大な市場を持つ米国を除き、各国はこのハンディを克服するため航空機企業の国営化、企業統合等、政府が強力な支援・指導を行い、また開発・生産に対する施策を講じてきた。

ところが日本では、防衛需要についても防衛予算規模の制約や武器輸出三原則等による市場の限定があったため需要に限りがあった。一方で民間機事業は、世界の主要市場は欧米に押さえられており、後発のため日本の航空機工業は、地理的、実力的、技術力でも欧州のように国際共同開発を主導的に計画出来ず、また国内市場は世界市場の数%と限られるため国内の独自展開も困難であった。

これまで欧米主導の国際共同開発への参画による民間航空機の事業規模は着実に発展してきたが、更なる航空機産業の拡大のためには、将来の国際共同開発への参画に当たり従来の主要構造部材の供給に止まらず、我が国企業の主体性の発揮に繋がるような参画レベルの向上が必要である。

また、近年完成機事業へのアプローチも始まっていた。これら完成機事業はYS-11の反省からも分かるように継続・拡大を図ることが重要であることは言うまでもない。さらに、民間機分野においても装備品・システム・内装品の国際認証を持つ国内サプライチェーンの自立・育成が必要である。しかしHondaJetは開発・製造を国際認証の点で障壁の低い米国主体で展開し、国内での事業展開は研究・開発の一部に限られている。三菱航空機SpaceJetも令和5年2月に開発中止を決めた。

防衛事業については、近年の欧米先進諸国の防衛産業は、最先端防衛技術の流出

について抑制的であると同時に、部品・サブシステムレベルでは国境の枠を超えたグローバル化が進展している。日本はこの流れに取り残されつつあり、特に次の二点が問題点として挙げられる。第 1 点は、最先端の装備品取得が出来ない点である。防衛装備品は技術高度化と高価格化並びに調達数の減少により国際共同開発が増加しているが、日本は国際共同開発に従来参加できなかったことから、円滑な装備品取得に障害が出ている。第 2 点は、技術鎖国的状況による孤立化で技術力が低下する点である。国際共同開発を通じた技術力向上が出来ず、さらに民間レベルでの研究も規制されるため、国際的に孤立しかねない。

こうした中、政府は平成 16 年末に「米国と共同で開発・生産を行う弾道ミサイル防衛システムについては武器輸出三原則によらない」、「米国との共同開発・生産案件やテロ・海賊対策支援等に資する案件については個別の案件毎に検討する」とし、武器輸出三原則等の個別例外化措置を行った。

さらに平成 23 年には、政府は「防衛装備品等の海外移転に関する基準」を発表した。これは、装備品の国際共同開発・生産と国連平和維持活動(PKO)などの平和貢献・国際協力に関わる装備品の移転を武器輸出三原則等の例外とする新たな基準を設定したものであり、これらは武器輸出三原則等の「包括的例外化」として扱われることになった。引き続き、前述のとおり政府は平成 26 年に「防衛装備移転三原則」を閣議決定した。この中で防衛装備の移転にかかる具体的な基準や手続き、歯止めが明らかにされた。

また、緊迫する安全保障環境の中、防衛産業基盤の役割としてもその重要性がますます高まっている。防衛産業基盤の確立は、国家としての自立・自存の大前提であり、①装備品の開発・生産・提供(我が国独自の仕様・要求実現)　②自衛隊の運用支援(補用品提供、修理、改善)のために欠くべからざるものである。これらに加え、防衛産業基盤は国際共同開発やライセンス国産における優位な参画条件の獲得や交渉面でのバーゲニングパワー、防衛先端技術の波及効果などの役割も担っている。しかしながら、我が国の防衛装備品は、これまで市場が国内の防衛需要に限定されてきたため量産効果が期待できない上に、厳しい財政事情による調達数量減少が装備品単価の上昇を招き、その結果として、更なる調達数量の減少が起きるという悪循環により、我が国の防衛産業が担う防衛技術・生産基盤の弱体化が懸念され

てきた。

その一方で、装備品の高い可動率(必要な時に正常に動く時間の割合)等、部隊の運用を底辺で支えているのは民間企業による防衛産業基盤であり、これら民間企業による防衛技術・生産基盤の喪失は、部隊の運営にも深刻な影響を与える恐れがあることから、次のような包括的・長期的な防衛産業政策が必要と考えられた。

① 装備品の国内生産維持のための重要分野の明確化

② 適正な予算確保(含む計画的な研究開発推進)

③ グローバル化への対応としての輸出管理政策見直し

④ 安定的な生産によるコストダウンのための長期契約、官民の公平なリスク負担、適正な利益の確保などの契約面の改善

こうした中、防衛省では、防衛力を支える重要かつ不可欠な要素である防衛生産・技術基盤を維持・強化するため、従来の「国産化方針」に代わり、平成 26 年、「防衛生産・技術基盤戦略」が決定され、契約制度の改善、研究開発ビジョンの策定、防衛装備・技術移転といった各種の施策や、航空機分野の現状と今後の方向性が示された。

防衛装備・技術移転については、防衛装備移転三原則に従って、平和貢献・国際協力の積極的な推進に資する場合又は我が国の安全保障に資する場合に移転が認められるものとされた。防衛装備・技術協力の類型としては、①国際共同開発、②装備品の移転、共同生産、③途上国への国際協力、④米国の維持整備に対する国内での支援、が考えられ、それぞれの類型ごとに政府で課題が検討されている。

また、平成 23 年、次期戦闘機(F-4 後継機)として、米国ロッキード・マーチン社製の最新鋭機 F-35A を採用することを決定し、平成 25 年には「国内企業が製造若しくは保管を行う F-35 の部品等又は国内企業が提供する F-35 に係る役務の提供については、米国政府の一元的な管理の下で、F-35 ユーザー国以外への移転を厳しく制限すること、及び移転は国連憲章の目的と原則に従う F-35 ユーザー国に対するもののみに限定されること等により厳格な管理が行われることを前提として、武器輸出三原則等によらないこととする」との官房長官談話が発表された。

F-35 整備拠点に関しては、米国政府は、平成 26 年に、アジア太平洋地域における F-35 の整備拠点(リージョナル・デポ)について、

・機体の整備拠点については、平成 30 年初期までに日本及びオーストラリアに

設置すること

・エンジンの整備拠点については、平成 30 年初期までにオーストラリアに設置し、追加的な所要に対応するため 3～5 年後に日本にも設置すること

を決定した旨を公表した。

機体の整備拠点については、拠点設置が進められ、令和 2 年 7 月から航空自衛隊の F-35A 戦闘機の整備を開始した。また、平成 31 年、米国政府は、F-35 構成品のうち、一部のアビオニクス部品の太平洋地域における整備拠点を、整備所要に応じて令和 7 年以降に日本に設置することを決定した旨を公表した。機体及びエンジンなどの整備拠点を国内に設置し、アジア太平洋地域での維持整備に貢献することは、我が国の F-35A 戦闘機の運用支援体制を確保するとともに、国内の防衛産業基盤の維持の観点から有意義である。

令和 4 年 12 月 16 日に閣議決定された「国家安全保障戦略」及び「国家防衛戦略」では、安全保障上意義が高い防衛装備移転や国際共同開発を幅広い分野で円滑に行うため、防衛装備移転三原則や運用指針を始めとする制度の見直しについて検討し、官民一体となって防衛装備移転を進めることが明記された。

また、防衛省は民間転用として、捜索・救難飛行艇の取得を検討しているインドとの間で、US-2 にかかる二国間協力に向けた合同作業部会(Joint Working Group)の設置を決定した。これまでに計 3 回の同部会が開催されると共に平成 27 年の両国首脳会談において防衛装備品・技術移転協定が署名された。平成 28 年にはフィリピンとの間でも防衛装備品・技術移転協定に署名がされ、平成 30 年に 5 機の海自練習機 TC-90 がフィリピン海軍へ無償譲渡された他、パイロット教育や維持整備分野における支援も行われている。平成 29 年には、 F-15 及び F-16 に搭載されているターボファン・エンジンであり、我が国がライセンス生産を行っている F100-PW-220 エンジンの部品(プレート等)について米国への輸出を決定した。平成 30 年には、陸上自衛隊の多用途ヘリコプターUH-1H の部品及び器材などのフィリピン空軍への移転を決定した。これらも同様に生産・技術基盤の維持・強化に向けた取り組みとして今後が期待されている。

第２章　日本の航空機工業の歴史と現状

第１節　日本の航空機工業の歴史

1.　揺籃期から終戦まで

我が国における最初の飛行が明治 43 年の徳川好敏大尉によるものであることはよく知られているが、当初は機材も輸入された物が主体であり、航空機工業はまだ存在しない。その後、第一次世界大戦(大正 3 年～大正 7 年：1914～1918)における軍用機の使用を契機として大正中期以降、三菱、中島、川崎などによる事業化が始まった。さらに、ライセンス生産や招聘外国人技師による指導のもとでの開発・生産の時期を経て、昭和初期に陸海軍が我が国独自の航空機の開発と生産を目的として各社に競争試作を行わせ、且つ、大量に調達したことで日本の航空機工業は産業としての形態を整えるようになった。航空機工業は軍の強力な援助と育成によって発達し、最盛期の太平洋戦争中には月間約 3,000 機、年間約 2 万 5,000 機(昭和 19 年)の航空機と 4 万台のエンジンを生産し、終戦までに累計約 10 万機を生産した。航空機に携わる企業は機体メーカー12 社、エンジン・メーカー7 社を数え、従業員は約 60 万人、終戦時には約 100 万人であり、その規模は世界有数の水準にあった。また、性能においても、神風号(陸軍九七式司令部偵察機の民間転用機)によるアジア欧州連絡飛行(昭和 12 年)、航研機による長距離飛行の世界記録(昭和 13 年)、ニッポン号(海軍九六式陸上攻撃機の民間転用機)による世界一周親善飛行(昭和 14 年)などの快挙を相次いで達成し、機体技術は此の頃世界水準に到達していた。

航空技術はその後も発展を続け、零式艦上戦闘機(昭和 15 年)、二式大型飛行艇(昭和 17 年)、艦上偵察機「彩雲」(昭和 19 年)などの傑作機を始め、周回飛行距離の未公認世界記録を樹立(昭和 19 年)した A-26 長距離機(キ-77)などが開発された。更に終戦時にはロケット戦闘機「秋水」、ターボジェット機「橘花」、無線誘導弾「イ号」などの最新技術を盛り込んだ航空機が開発途上にあり、また「橘花」には日本で開発されたターボジェットエンジンである「ネ 20」が搭載されるなど、我が国の航空技術は当時の世界水準に達していた。

2.　終戦による航空機工業の解体

規模、水準ともに世界に伍した我が国の航空機工業であったが、終戦に伴い連合

国軍総司令部(GHQ)から航空機の生産も研究も全面的に禁止されたことで解体された。なお、四散した航空技術者は他の産業に広く浸透し、戦前に高度に発達した航空技術を他の産業界にもたらし、復興期における我が国の産業の発展に貢献した。

3. 航空機工業の再開と復活

(1) 米軍機のオーバーホール

講和条約の発効間近の昭和 27 年、政府の許可を条件として航空機の生産と研究が再開された。戦災を被ったままの建物と賠償指定を解除された老朽設備しか持たない我が国航空機工業は、まず、在日米軍機のオーバーホールから活動を再開した。戦後、世界が超音速ジェット機を生み出すなど長足の進歩を遂げていたのに対し、7 年の遅れをとっての零からの再出発であった。

米軍機の修理は、昭和 27 年から昭和飛行機工業で開始され、同年末には川崎航空機(現 川崎重工業)、昭和 28 年からは三菱重工業と日本飛行機、さらに昭和 30 年には新明和工業が相次いで参入した。

米軍機の機器や装備品の修理も、昭和 27 年に日本無線、神鋼電機(現 シンフォニアテクノロジー)、藤産業(現 藤倉航装)、昭和 28 年に東京計器製造所(現 東京計器)、東京航空計器、昭和 29 年に萱場工業(現 KYB)、日本飛行機、富士精密工業(現 IHI エアロスペース)、日本航空電子工業、新中央工業(現 ミネベアミツミ)、日本エアキャリアーサービス(現 関東航空計器)で開始された。また、昭和飛行機工業と川崎重工業で、それぞれ米軍機のピストンエンジンとジェットエンジンの修理が行われた。

(2) 防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産

昭和 29 年に防衛庁が設置されると、防衛庁機のライセンス生産が国内において開始されることとなった。昭和 29 年にビーチクラフト T-34 初等練習機のライセンス生産が始められ、翌 30 年にはノースアメリカン F-86F 戦闘機とロッキード T-33A 練習機、続いてロッキード P2V-7 哨戒機(昭和 34 年)、F-104J 戦闘機(昭和 36 年)、F-4EJ 戦闘機(昭和 44 年)が、相次いでライセンス生産された。また、ヘリコプター分野では、ベル 47(昭和 28 年) を皮切りに現在においてもボーイング CH-47、シコルスキーSH/UH-60 等の生産が継続している。(表 1-2-1 参照)

表 1-2-1　我が国でライセンス生産された主な航空機

令和4年12月末現在

納入開始年度	機種	機別	用途	技術提携先		製造会社	生産機数
昭和28	Bell 47	小型ヘリコプター	汎用	Bell	(米)	川崎重工業	236
29	B-45(T-34)	単発プロペラ機	初等練習機	Beech Aircraft	(米)	富士重工業	162
31	F-86F	ジェット機	戦闘機	North American	(米)	三菱重工業	300
31	T-33A	ジェット機	ジェット練習機	Lockheed	(米)	川崎重工業	210
32	L-19	単発プロペラ機	連絡機	Cessna	(米)	富士重工業	22
33	S-55(H-19)	大型ヘリコプター	汎用	Sikorsky	(米)	三菱重工業	46
34	P2V-7	大型ピストン機	対潜哨戒機	Lockheed	(米)	川崎重工業	48
37	F-104J/DJ	ジェット機	戦闘機	Lockheed	(米)	三菱重工業	230
37	V-107	大型ヘリコプター	汎用	Boeing Helicopters	(米)	川崎重工業	160
37	S-62	大型ヘリコプター	汎用	Sikorsky	(米)	三菱重工業	27
38	Bell 204B(HU-1B)	中型ヘリコプター	汎用	Bell	(米)	富士重工業	127
39	S-61(HSS-2)	大型ヘリコプター	汎用	Sikorsky	(米)	三菱重工業	184
43	Hughes 369(OH-6)	小型ヘリコプター	汎用	McDonnel Douglas	(米)	川崎重工業	387
46	F-4EJ	ジェット機	戦闘機	McDonnel Douglas	(米)	三菱重工業	140
48	UH-1H	中型ヘリコプター	汎用	Bell	(米)	富士重工業	133
56	F-15J/DJ	ジェット機	戦闘機	McDonnel Douglas	(米)	三菱重工業	199
57	P-3C	大型ターボプロップ機	対潜哨戒機	Lockheed	(米)	川崎重工業	98
58	AH-1S	中型ヘリコプター	対戦車用	Bell	(米)	富士重工業	89
61	CH-47J/JA	大型ヘリコプター	汎用	Boeing Helicopters	(米)	川崎重工業	101
平成 3	SH-60J/K/L UH-60J/JA	中型ヘリコプター	汎用	Sikorsky	(米)	三菱重工業	301
5	UH-1J	中型ヘリコプター	汎用	Bell	(米)	富士重工業	130
18	MCH/CH-101	中型ヘリコプター	汎用	Agusta Westland	(伊)	川崎重工業	13
18	AH-64D	中型ヘリコプター	戦闘用	Boeing	(米)	富士重工業	13

富士重工業(現 SUBARU)

(3) 国内開発と民間機への進出

防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産を基盤として発展してきた我が国航空機工業は、次第に国内開発機の生産へと進み、主要航空機メーカーの開発、生産体制は徐々に整備されていった。(表 1-2-3 参照)

T-1：　航空機工業の再開後、日本が独自に開発し量産化した最初の航空機は、富士重工業(現 SUBARU)が開発して航空自衛隊の中間練習機として採用された T-1 である。

T-1 は航空自衛隊発足当初から使用されていた T-6 中級練習機(レシプロ)の後継機として開発された。

T-1は昭和30年に提案要求が出され、

T-1A ジェット練習機



翌 31 年に富士重工業(現 SUBARU)が選定されて試作 3 機が発注された。初飛行は昭和 33 年で、昭和 36 年から T-1A の引き渡しが開始され、昭和 38 年までに生産を完了した。T-1A は総計 46 機(試作機含む)、T-1B/B-10 は総計 20 機が生産された。T-1 は平成 18 年に全機が退役した。

YS-11 中型輸送機



YS-11： T-1 に続いて開発されたのが戦後初の民間輸送機である YS-11 である。

YS-11 は昭和 32 年に設立された財団法人輸送機設計研究協会で基礎研究と基本設計が行なわれた。続いて昭和 34 年に航空機工業振興法に基づく半官半民の特殊法人として日本航空機製造が設立されると YS-11 の開発業務は同社に引き継がれた。同社には政府のほか航空機関連メーカー、商社、金融機関など約 200 社の民間企業が出資し、官民総掛かりで取り組む体制ができ上がった。

YS-11 の基本型開発には約 58 億円の開発資金が投入され、細部設計と試作機の製造は、三菱重工業が前部と中部各胴体及び総組立、川崎重工業が主翼とナセル、富士重工業(現 SUBARU)が尾翼、新明和工業が後部胴体、日本飛行機が補助翼とフラップ、昭和飛行機工業がハニカム構造をそれぞれ分担し、この作業分担はその後の量産にも引き継がれた。

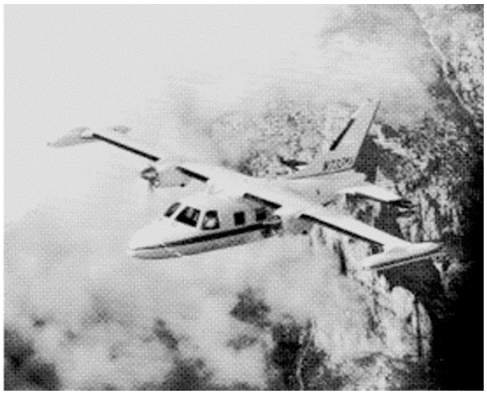
YS-11 は昭和 37 年に初飛行し、昭和 39 年には運輸省(現 国土交通省)航空局(JCAB)の型式証明を取得し昭和 40 年からユーザーへの引き渡しを開始した。また、昭和 40 年には米国連邦航空局(FAA)の型式証明も取得し、76 機が海外に輸出されたが、HS748 など競合機種の存在に加え、急激な円高の進行によって事業経営が困難な状況となったため、昭和 47 年に 182 機で生産を終了した。

一方、この時期には民間小型機の分野でも開発ブームが起きた。

MU-2： 民間小型機開発の先駆けは三菱重工業が開発したビジネスターボプロップ機の MU-2 である。

MU-2 は昭和 38 年に初飛行し、量産に入ると昭和 62 年までの 24 年間に 17 モデル総計 762 機を販売する成功作となり、使用国は 27 か国に達した。同機は国外需要に対しては構造部分までを完成した状態で米国に輸出し、現地でエンジンや計器類を取り付けて完成する方式を採っていた。

MU-2 双発ビジネス機



FA-200 : 昭和 40 年には富士重工業(現 SUBARU)が開発した FA-200 Aero Subaru が初飛行した。

FA-200 は単発レシプロエンジン機であるが、往年の戦闘機メーカーの設計による機体であり、総計 299 機が生産された。航空宇宙技術研究所(現 JAXA)でも、FA-200 の STOL 性に着目してこれを STOL 研究機 FA-200XS に改造し学術的研究を行い関係各方面の注目を集めた。この時期は、量産化された機体の他にも、N-58/N-62(伊藤忠航空整備(現 ジャムコ)と日本大学工学部(現 理工学部)の共同製作)など活発な開発が行なわれていたのが特徴である。

FA-200 軽飛行機



こうした民間機開発ブームも昭和 40 年代半ばに入ると下火になったが、防衛庁(現 防衛省)機の開発は継続して行われた。

US-1A 救難飛行艇



PS-1/US-1 : その一つは対潜飛行艇 PS-1 であり、戦時中の傑作飛行艇として知られる二式大型飛行艇を開発した川西航空機の後身である新明和工

業が防衛庁(現 防衛省)の発注を受けて開発し、昭和 42 年に初飛行に成功した。同機は波高 3mの条件下でも運用可能な世界的にも類例のない飛行艇となった。

PS-1 は、新明和工業が艇体と全体組立を担当し、富士重工業(現 SUBARU)が主翼の外翼部と尾翼を、日本飛行機が主翼の基準翼と動翼部を分担して、総計 23 機が生産された。続いて昭和 47 年には、PS-1 に水陸両用の降着機能を付加するとともに燃料タンク増設による航続距離延長を実現して初の水陸両用救難飛行艇 US-1 とする改造開発の実施が防衛庁(現 防衛省)により決定された。

US-1 は昭和 49 年の初飛行を経て昭和 50 年には新明和工業から海上自衛隊に対し初号機が納入された。さらに 7 号機以降はエンジンの換装によって性能を向上させた US-1A となり、US-1/1A 全体で総計 20 機が生産された。

C-1: C-1 は戦術輸送機としては異色のターボファンエンジン搭載機であり、ターボファンエンジンの特性を生かした高速巡航によって二地点間を短時間で飛行し、限られた時間内に多数回の反復輸送を行うことで中型の機体である。

C-1 輸送機



C-1 は昭和 45 年に初飛行の後、昭和 56 年までに総計 31 機が生産され、それまで自衛隊で使用されていた戦中型レシプロ機である C-46 輸送機と交替して自衛隊の後方支援能力の近代化に貢献した。

C-1 の基本設計は YS-11 を開発した日本航空機製造が担当し、製造は川崎重工業が前胴、中央翼及び最終組立、三菱重工業が中胴、後胴、尾胴及び尾翼、富士重工業(現 SUBARU)が外翼、日本飛行機がエンジン・ポッド、パイロン、動翼、新明和工業がローディング・システムと尾翼の動翼を分担した。また、昭和 57 年に日本航空機製造が解散した後は、川崎重工業が主契約社の任を引き継いだ。

T-2: T-2 は、戦闘機の高性能・超音速化に対応して超音速高等練習機として開発された我が国初の超音速機であり、我が国が世界で 7 番目の超音速機開発国となった記念すべき機体でもある。

T-2 高等練習機



T-2 では三菱重工業が前胴、中胴、最終組立及び飛行試験を担当、富士重工業(現 SUBARU)が主翼、後胴及び尾翼、日本飛行機と新明和工業がその他の部分を分担した。

T-2 の初飛行は昭和 46 年で、昭和 63 年までに合計 96 機を生産し、また T-2 を発展させた支援戦闘機 F-1 も 77 機が生産され、老朽化が進んでいた F-86F から任務を引き継いだが、T-2 と F-1 は平成 18 年に退役した。

このほかに、米国からの技術導入機をベースに性能を向上させた改造機も数多く作られた。富士重工業(現 SUBARU)ではビーチクラフト T-34 を改造した LM-1 連絡機や KM-2 及び T-5 (KM-2 改)練習機を製作した。川崎重工業ではベル 47 ヘリコプターを 4 人乗りに改造した KH-4 ヘリコプターを製造し 200 機以上を納入している。

P-2J： P-2J は昭和 41 年に試作第 1 号が初飛行し、昭和 54 年度までに合計 83 機が納入され、昭和 40 年代後半～昭和 50 年代にかけての我が国の対潜哨戒任務を担った。昭和 50 年代後半から UP-2J(電子情報収集機)、UP-2J(電子妨害機)、UP-2J(可変特性実験機)などが生まれ、P-3C の派生型機の先駆役となった。

FA-300 双発ビジネス機



昭和 50 年代に入ると再び民間小型機分野での開発が活発になった。

FA-300/FUJI-700： 富士重工業(現 SUBARU)は、FA-200 の実績を基盤として 340 馬力級で与圧客室を持つビジネス機仕様の 6 人乗りレシプロ双発機 FA-300 の開発に着手した。

試作は順調に進み、昭和 50 年に

FUJI-700 型として初飛行に成功し、昭和 52 年に JCAB および米国連邦航空局(FAA)の型式証明を取得した。FUJI-700 型は昭和 54 年迄に 42 機が生産されて米国に送られた。

続いて馬力を強化した 710 型が試作されたが、円レートの高騰とロックウェル社の方針変更(ゼネラルアビエーション部門の売却)等により本事業は中断されることになった。昭和 54 年に生産を終了し、FUJI-700/710 型の総生産機数は 47 機である。

MU-300： 次いで三菱重工業が我が国最初のビジネスジェット機 MU-300 を開発した。MU-300 は昭和 53 年に初飛行に成功、昭和 56 年に FAA の型式証明を取得した。昭和 54 年から量産に入り、昭和 59 年には JCAB の型式証明も取得した。更に、出力強化型 MU-300 -10 を開発し、昭和 60 年に FAA の型式証明、また昭和 61 年には JCAB の型式証明をそれぞれ取得した。

三菱重工業は MU-300 の販売開始当初は MU-2 の場合と同様に、機体部品と日本製部品を米国の MAI 社(三菱アメリカ社)に送り、米国で最終組立を行う方式を採っていたが、昭和 63 年までに、MAI 社の持つ製造権と販売権をビーチクラフト社に譲渡した。

譲渡後 MU-300 は、ホーカー・ビーチクラフト社の Hawker 400 及び米空軍の訓練機 T-1A Jayhawk として現在は運用中であり、これまでに総計約 800 機が生産されている。また平成 4 年以降、航空自衛隊でも輸送・救難機用練習機 T-400 として輸入調達している。

MU-300 / Hawker 400 として 900 機以上を製造したのち、ネクスタント・エアロスペースがエンジンを FJ44 に、アビオニクスをロックウェルコリンズのプロライン又はガーミンに換装する Nextant 400XT として再製造を現在も継続している。

T-400 練習機



これらの実用機の他に、実験機の開発も行われている。

飛鳥： 昭和 42 年度より科学技術庁(現 文部科学省)が行った STOL 機輸送シス

テムに関する総合研究・調査に引き続き、昭和 52 年度から航空宇宙技術研究所(現 JAXA)によって低騒音 STOL 実験機「飛鳥」の開発が行なわれた。

低騒音 STOL 実験機「飛鳥」



昭和 60 年の初飛行の後、飛鳥の飛行試験は昭和 63 年度末まで行われ、平成元年に分析・評価された。飛鳥は国産の C-1 輸送機を原型とする機体に、国産の FJR 710 型ターボファンエンジン 4 基を搭載しており、我が国の自主技術による初の大型ジェット実験機でもあった。この研究開発が基盤となって民間機用のターボファンエンジン V2500 の 5 ヵ国共同開発が進められた。

(4) エンジン

戦後 7 年間の空白は航空機用エンジン業界にとっても大きな打撃であった。この間に欧米はレシプロエンジンからジェットエンジンへの移行を完了し、超音速飛行を実現するための高性能エンジンの開発にも成功するなど飛躍的な発展をみせていた。

一方、我が国の航空機用エンジン業界は、まずオーバーホールと修理用部品の製造をスタートするのが精一杯であったが、欧米諸国との大きな技術格差を少しでも縮めるべく、独自のジェットエンジンの開発に着手することになった。(表 1-2-2 参照)

表 1-2-2　我が国でライセンス生産された主な航空機用エンジン

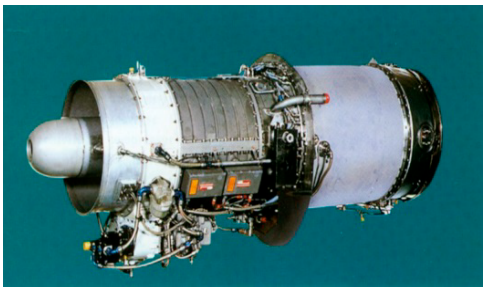
令和4年12月末現在

	名称	種類	技術提携先	出力	搭載航空機名	生産台数
IHI	J79-11	ターボジェット	GE	15,800lb(*)	F-104J/DJ	610
	J79-17			17,900lb(*)	F-4EJ	
	T58-10	ターボシャフト	GE	1,250shp	S-62	800
	T58-140			1,400shp	KV-107A	
	T64-10	ターボプロップ	GE	3,493eshp	US-1A	391
	TF40 (Adour)	ターボファン	RR-Turbomeca	7,300lb(*)	T-2 F-1	426
	F100-100/-220E	ターボファン	P&W（UTC)	23,830lb	F-15J/DJ	447
	T56-14	ターボプロップ	Allison C/T:OPER (GM)	4,910eshp	P-3C	483
	T700-401C	ターボシャフト	GE	1,890shp	SH-60J/K UH-60J/JA	775
	T700-701C/D			1,994shp	AH-64D	
	F110-129	ターボファン	GE	29,000lb(*)	F-2	111
三菱重工業	T63	ターボシャフト	Allison C/T:OPER (GM)	317shp	Hughes 369 OH-6	217
	JT8D-9	ターボファン	P&W（UTC)	14,500lb	C-1	72
川崎重工業	KT53-11A	ターボシャフト	Honeywell	1,100shp	Bell 204B (HU-1B)	634
	T53-5-13B			1,400shp	Bell 204B-2 (HU-1H)	
	T53-K-703			1,485shp	AH-1S/UH-1J	
	T55-K-712	ターボシャフト	Honeywell	4,300shp	CH-47J	208
	RTM322	ターボシャフト	Safran Helicopter Engines	2,100shp	MCH-101	47

(*)アフターバーナー時

J3：　昭和 28 年に関係 4 社(後に 5 社)の出資により日本ジェットエンジンが設立され、昭和 29 年から推力 1 トンのジェットエンジン JO-1 が自主的に試作された。引き続き昭和 30 年から推力 1.2 トンのエンジン XJ3 の設計に入り、昭和 31 年には社用試作エンジンを完成し、次いで防衛庁(現 防衛省)からの受注で 7 台を試作した。

J3 ターボジェットエンジン



その間、富士重工業(現 SUBARU)で試作が進められていた防衛庁(現防衛省)向け中間練習機 T-1 の生産計画が具体化してきたため、これに搭載する J3 の量産体制を早急に整える必要が生じてきたことから、日本ジェットエンジンに参加していた石川島重工業(現 IHI)が製造権の譲渡を受けて量産を担当し、他の出資会社が製造に協力することになり、昭和 34 年以降量産先行型である YJ3 の生産は

石川島播磨重工業(現 IHI)で行なわれた。その後 XJ3 の改造を含めた 5 台の YJ3 が生産された後、昭和 37 年から量産型の生産が開始された。これが我が国最初の実用ジェットエンジン J3-IHI-3 である。

J3-IHI-3 エンジンは 31 台が生産され、我が国初のジェット練習機 T-1B 20 機に搭載された。さらに最初の量産型 J3-IHI-3 の完成後も引き続き能力向上型の開発を進め、推力 1.5 トンの J3-IHI-7 を完成した。J3-IHI-7 は P-2J 哨戒機の補助エンジンとして使用された。また T-1B の J3-IHI-3 も後に J3-IHI-7 に換装された。

このように、我が国の航空エンジン業界にとっての本格的な生産は、J3 エンジンと、昭和 35 年に始まった F-104J ジェット戦闘機用の J79 エンジン(米国ゼネラル・エレクトリック社との技術提携)によって開始された。これ以降、防衛庁(現 防衛省)用航空エンジンのライセンス生産が中心となり、これらは機体と同様に我が国ジェットエンジン工業の発展に大いに貢献した。

ジェットエンジンの国内開発としては、J3 エンジンの後、石川島播磨重工業(現 IHI)が昭和 38 年に JR100 の設計を開始し、昭和 39 年に推力重量比 10 の垂直離陸用エンジン JR100 を科学技術庁 航空宇宙技術研究所(現 JAXA)に納入した。また、昭和 45 年には並行して開発を進めていた JR200/JR220 エンジンが完成したが、経済性などの観点から試作段階で終了した。

FJR710： 航空エンジン工業振興の観点から、通産省工業技術院(現 (国研)産業技術総合研究所)の大型プロジェクト制度のテーマとして「民間機用ターボファンエンジン」が取り上げられることになり、昭和 46 年度から 10 年間の予定で FJR エンジンの研究開発がスタートした。この研究開発は昭和 46 年度に着手され、昭和 50 年度までの第 1 期と昭和 51 年度から昭和 56 年度(一部昭和 57 年度繰越し)までの第 2 期とに分かれており、第 1 期は航空宇宙技術研究所(現 JAXA)の指導の下に石川島播磨重工業(現 IHI)、川崎重工業、三菱重工業の 3 社が協力して推進し、第2期からは同じ3社で研究組合を結成して実施された。

第 2 期計画は第 1 期計画の成果を基に地上耐久試験を積み重ねると同時に、性能安定性、信頼性、環境適応性などあらゆる試験が実施され、さらに実用化の基礎を固めるため、FJR710/600(推力 5.1 トン)3 基が試作された。約 4,100 時間に及ぶ運転試験や高空性能試験が実施され、昭和 57 年までに所期の目標を

達成してすべての試験が終了した。

この FJR710 エンジンは航空宇宙技術研究所(現 JAXA)が開発を進めていた STOL 実験機「飛鳥」への搭載が決まり、昭和 60 年に初飛行が行われた。また、この研究開発が基盤となって後述する民間輸送機用のターボファンエンジン V2500 の 5 ヵ国共同開発が進められるなど、その成果は内外から高く評価されている。

4. 航空機工業の発展

(1) 防衛庁(現 防衛省)機の開発と生産

昭和 50 年代に入ると、我が国航空機工業は防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産によって生産基盤を維持しながら、国内開発によって技術基盤の向上を目指す新たな発展期を迎えることとなった。以下、固定翼から経緯を辿っていく。(表 1-2-1 および表 1-2-3 参照)

表 1-2-3　国産機開発・生産状況

令和4年12月末現在

納入開始年度	機種	機別	用途	開発/製造	生産機数(台数)	備考
昭55	B767	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	1,271	ボーイング社との共同開発
57	BK117	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	川崎重工業	1,939	MBB社との共同開発
60	T-4	ジェット機	中等練習機	川崎重工業	212	
63	T-5	ターボプロップ機	初等練習機	富士重工業	66	
平 6	B777	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	1,701	ボーイング社との共同開発
7	XF-2	ジェット機	支援戦闘機	三菱重工業	4	
7	205B	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	富士重工業	2	ベル社との共同開発
8	US-2	ターボプロップ機	救難飛行艇	新明和工業	5	US-1Aの改造開発
9	OH-1	ヘリコプター	観測ヘリコプター	川崎重工業	38	
11	MH2000	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	三菱重工業	7	
12	F-2	ジェット機	支援戦闘機	三菱重工業	94	
14	T-7	ターボプロップ機	初等練習機	富士重工業	49	T-3後継機
20	XP-1	ジェット機	固定翼哨戒機	川崎重工業	2	
21	XC-2	ジェット機	輸送機	川崎重工業	2	
23	B787	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	1,037	ボーイング社との共同開発
24	P-1	ジェット機	固定翼哨戒機	川崎重工業	33	
28	C-2	ジェット機	輸送機	川崎重工業	14	
31	UH-X/2, 412EPX	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	SUBARU	3	ベル社との共同開発
31	X-2	ジェット機	技術実証機	三菱重工業	1	

NAMC：日本航空機製造株式会社
JADC：日本航空機開発協会
CAC：民間航空機株式会社
MBB：ﾒｯｻｰｼｭﾐｯﾄ・ﾍﾞﾙｺｳ・ﾌﾞﾛｰﾑ社(現 ｴｱﾊﾞｽ・ﾍﾘｺﾌﾟﾀｰｽﾞ・ﾄﾞｲﾂ社)
富士重工業(現 SUBARU)

F-15J： F-15J は、マクドネル・ダグラス社 (現 ボーイング社)のライセンスで生産された制空戦闘機で、F-104J の後継機として昭和 53 年度から取得が開始された。主契約社に指名された三菱重工業が前胴、中胴、最終組立、川崎重

工業が主翼、後胴、尾翼、富士重工業(現 SUBARU)が前脚、主脚ドアなどを担当し、平成 11 年までに 199 機を製造した。なお、F-15J は近代化改修が行われており、現在も改修作業を継続中である。

P-3C： P-3C は、日本では P-2J の後継機として昭和 53 年度から取得が開始された大型哨戒機で、ロッキード社が P2V の後継機として、ターボプロップ 4 発旅客機の Electra を母体に発展させた機体である。ライセンス生産では、主契約社に指名された川崎重工業が中央翼、前後レドーム、最終組立、三菱重工業が前胴、中胴、富士重工業(現 SUBARU)が主翼、新明和工業が機首、後胴、尾翼等、日本飛行機がナセルを担当し、平成 9 年までに 98 機が製造された。国内アビオメーカーと共同で各種電子システムの近代化が継続して行われたほか、P-3C の広くゆとりあるキャビンスペースを活用して、EP-3 電子戦データ収集機、UP-3C 試験評価機、UP-3D 電子訓練支援機、OP-3C 画像情報収集機などの派生機が開発・製造され、P-1 の開発に生かされた。

T-4： T-4 は、T-33 及び T-1 練習機の後継機として昭和 56 年度から開発された純国産の中等練習機である。川崎重工業を主契約社として開発された T-4 は、戦後初めてエンジン(F3)を含め国内同時開発した量産機である。

T-4 中等練習機



生産は平成 14 年に 212 機で完了したが、T-4 は今後も航空自衛隊の搭乗員訓練体系の中核となる機体であり、その設計にも、損傷許容設計や ASIP (Aircraft Structural Integrity Program：航空機構造保全プログラム)方式を採用するなど、新時代の技術や考え方を積極的に適用し長期にわたる運用に耐える機体となっている。

T-7 初等練習機



T-7： T-7 初等練習機は、航空自衛隊の T-3 の後継機として、平成 12 年度から富士重工業(現 SUBARU)に

より開発が開始され、平成 14 年に初号機が納入された。T-7 は T-3 の高い安全性と初級操縦課程教育への適合性を継承し、海上自衛隊の初等練習機 T-5 の技術も活用されている。

平成 20 年、富士重工業(現 SUBARU)は T-7 最終号機を航空自衛隊に納入し、49 機の計画機数を全機納入完了した。

F-2 戦闘機



F-2： F-2 戦闘機は、F-1 支援戦闘機の後継機として F-16 をもとにした改造開発が決まり昭和 63 年度以降予算が計上され、日米で共同開発が行われた。

平成 2 年、三菱重工業及び開発協力会社による共同設計チームが結成されて本格的開発作業に着手し、平成 6 年に試作初号機の組み立てが完了した。平成 7 年 10 月、初飛行を行い、同年 12 月に支援戦闘機(F-2)と命名された。飛行試験用試作機は平成 8 年に初号機を納入し、その後 3 機を順次防衛庁(現 防衛省)に納入した。地上における強度試験及び飛行試験等所要の試験は平成 12 年に完了した。

平成 8 年には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社として三菱重工業が、協力会社に米国ロッキード・マーチン社、川崎重工業及び富士重工業(現 SUBARU)が指名された。

平成 9 年、量産第 1 次契約(11 機)が締結され、平成 12 年量産初号機が防衛庁(現 防衛省)に納入された。平成 23 年に最終号機が納入され、総生産機数 98 機を以って生産を完了した。

US-2 救難飛行艇



US-2(US-1A 改)： US-1A の後継機として開発された水陸両用の救難飛行艇であり、US-1A の艇体上部の居住区の与圧化、エンジンの強化及び操縦系統のフライ・バイ・ワイヤ化等により、大幅に近代化し能力を向上させた。開発は、新明和工業を主契約社として平成 8 年度に開始され、平成 15 年に試作 1 号機が初飛行し平成 19 年に海上自衛隊に正式配備され運用試験に移行し、平

成 21 年には US-2 量産初号機が防衛省に納入された。また、新明和工業は US-2 を民間転用することを平成 22 年に表明し、消防飛行艇や多目的飛行艇などの形で海外市場への展開を検討している。

ヘリコプター分野でも防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産による生産基盤を基に、我が国初の純国産ヘリコプターOH-1 を開発した。

AH-1S： 陸上自衛隊は昭和 54、55 年から輸入機による運用研究を行っていた AH-1S 対戦車ヘリコプターを正式採用することを決め、富士重工業(現 SUBARU)が主契約社に選定され、昭和 57 年度からライセンス生産が開始された。AH-1S は米国ベル社が開発した世界初の本格的対戦車ヘリコプターAH-1 系の改良型で、武装として TOW 対戦車ミサイル、70mm ロケット弾、20mm 機関砲を装備しており、平成 12 年までに 89 機が製造された。

AH-64D： 平成 14 年度から AH-1S の後継機として富士重工業(現 SUBARU)において AH-64D のライセンス生産が開始された。AH-64D は 30mm 機関砲や空対空ミサイル搭載能力等を付与された戦闘ヘリコプターであり、AN/APG-78 ロングボウ・ミリ波レーダーを装備している。

AH-64D ヘリコプター



CH-47J/JA： CH-47J は、ボーイング社で開発されたタンデムローターの大型輸送ヘリコプターCH-47D と同等の機体で、日本では KV-107A の後継機として昭和 59 年から機体、エンジンとも川崎重工業でライセンス国産され、陸空両自衛隊で運用されている。陸上自衛隊には平成 7 年から大型燃料タンクを装備した輸送能力向上型の CH-47JA が納入されている。また、本機は近年国内で発生している地震等の災害の際の被災者救出活動などでの活躍から災害救助用としても評価されている。

SH-60J/K/L／UH-60J/JA： 防衛庁(現 防衛省)は艦載ヘリコプターHSS-2B の後継機として、新哨戒ヘリコプターSH-60J の開発に昭和 58 年度から着手し、三菱重工業が主契約社となって開発を担当した。

SH-60K 哨戒ヘリコプター



SH-60J は米海軍の SH-60B の機体を改造し我が国の運用に適合した電子機器等を搭載しているものである。さらに後継機として SH-60K 哨戒ヘリコプター(艦載型)が開発された。SH-60K はヘリコプター搭載護衛艦に搭載し艦艇と一体になって対潜戦や対水上戦を含む任務を遂行するため、SH-60J をベースに能力向上を図ったものである。平成 9 年より開発試作が進められ、平成 14 年に試作機 2 機が納入された。平成 14 年度には C-1 契約が締結され、平成 17 年に量産初号機が納入された。SH-60K 哨戒ヘリコプターの発展・改良型として、防衛省と三菱重工業により SH-60L の開発が進められている。令和 3 年 5 月に XSH- 60L 飛行試験機が初飛行し、同年 9 月に同飛行試験機 2 機が防衛装備庁に納入された。令和 5 年度までの性能確認試験を経て、同年度末に SH-60L として部隊使用承認を受ける予定となっている。

また、救難ヘリコプターとして UH-60J が平成 2 年度から航空自衛隊、平成 3 年度からは海上自衛隊に導入され、多用途ヘリコプターとして UH-60JA が平成 9 年度から陸上自衛隊に導入されている。平成 22 年には、航空自衛隊の UH-60J 救難ヘリコプターの後継機として三菱重工業が提案した「UH-60J(近代化)」が防衛省により「次期救難救助機」として選定され、生産を開始した。

OH-1 観測ヘリコプター



OH-1： OH-1 は陸上自衛隊の観測ヘリコプターであり、川崎重工業を主契約社として平成 4 年に開発に着手された。その後、平成 9 年に試作初号機が防衛庁(現 防衛省)に納入され、平成 12 年には量産初号機が陸上自衛隊に納入された。OH-1 は我が国初の純国産ヘリコプターでもある。また、搭載する TS1エンジンは三菱重工業を主契約社として機体開発と併行して開発されたエンジンである。平成 25 年に最終号機が納入され、生産が完了した。

MCH-101/CH-101： MCH-101 は、英国のウェストランド社(当時)とイタリアのアグスタ社(当時)の合弁会社 EHI 社(ヨーロッパ・ヘリコプター・インダストリー)が対潜ヘリコプターEH101 をもとに開発した機体である。海上自衛隊は、従来の MH-53E 及び S-61A の後継機として掃海・輸送(MCH-101)、南極観測支援(CH-101)などの任務に使用している。

CH-101 ヘリコプター



本機は総出力 6,300shp の大型タービンヘリコプターであり、大容積キャビンによる搭載能力のほか、3 発機であるため洋上での長距離飛行や全天候性にも優れている。機体、エンジンとも川崎重工業が主契約社に指名され、平成 18 年に初号機が納入された。平成 18 年度からは 2 号機以降のライセンス国産が開始され、平成 28 年度までに計 13 機が調達された。

P-1： P-1 は、現用の P-3C の後継機として、平成 13 年度に開発が開始された。大型機の国産開発としては約 30 年ぶりのプロジェクトで、主契約社は川崎重工業である。P-1 と C-2 は機体及び装備の一部を共用化して同時開発されている。

P-1 固定翼機



出典：海上自衛隊ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ

平成 19 年には、XP-1 のロールアウト式典および XF7-10 エンジンを搭載した XP-1 の試作 1 号機の初飛行が行われた。また、防衛省は強度試験機及び飛行試験機による各種試験を実施し、平成 24 年度に開発が完了し、量産機 P-1 の配備が始まっている。なお、防衛省は平成 30 年に開催されたベルリン国際航空宇宙ショー、令和元年 6 月に開催されたパリ航空ショーに派遣、展示した。

C-2 輸送機



出典：航空自衛隊ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ

C-2： C-2 は、現用の C-1 の後継機として、平成 13 年度に川崎重工業を主契約社として P-1 と同時に開発が開始された。

平成 19 年には、XC-2 のロールアウト

式典が XP-1 と同時に行なわれ、XC-2 は平成 22 年に試作 1 号機が初飛行に成功し、強度試験機及び飛行試験機による各種試験が防衛省により実施され平成 28 年度に開発が完了し、量産機 C-2 の配備が始まっている。なお、防衛省は平成 30 年イギリスで開催されたロイヤル・インターナショナル・エア・タトゥー、令和元年 6 月に開催されたパリ航空ショー、令和 3 年 11 月に開催されたドバイ航空ショーに派遣、展示した。

先進技術実証機（X-2）



出典：防衛装備庁

X-2：　防衛省技術研究本部(現 防衛装備庁)は、平成 21 年度より次世代戦闘機に関する周辺国の研究・開発状況を睨んで先進技術実証機(X-2)の試作を開始した。

先進技術実証機は、ステルス性や高運動性など先進技術を備えた航空機で、飛行実験することで、我が国周辺に配備されるステルス戦闘機に対抗して先進技術の実証研究と防空システムの構築に活用することを狙いとした。我が国では F-2 戦闘機以来の国産の超音速小型機開発プロジェクトであり、機体の主契約会社は三菱重工業である。平成 28 年に初飛行を実施、同年に防衛装備庁に納入され、同年に型式名称として X-2 が付与された。

その後防衛装備庁 岐阜試験場において、平成 29 年まで合計 34 回飛行試験し、システム・インテグレーション技術、低被観測性技術および高運動性技術の成立性、有効性に関する確認及び各種データを蓄積した。蓄積したデータ及び経験は、先進技術実証のみならず、我が国の航空機業界の技術基盤及び生産基盤の更なる発展に貢献した。

UH-2 ヘリコプター



UH-2：　多用途ヘリコプターUH-2 は陸上自衛隊で約 60 年間運用されている UH-1 の後継ヘリコプターとして、平成27年度に富士重工業(現 SUBARU)を主契約者として開発が開始された。UH-2 は、同社が米国ベル・テキストロン社と国際共同開発した民間向け

最新型ヘリコプターSUBARU BELL 412EPX を共通プラットフォームとしており、エンジンの双発化やグラスコックピットの採用、最大全備重量の増加など、信頼性や操用性を向上させた機体となっている。平成 30 年度に試作機が納入され令和 3 年度に開発完了し、令和 4 年度より量産機の納入が開始され、離島防衛や災害救助における活躍が期待される。

(2) 民間機の国内開発

MH2000： 昭和 60 年代以降、民間機分野での国内開発はしばらく下火となり国際共同開発が中心となっていたが、平成 7 年に三菱重工業が自主開発に着手した MH2000 ヘリコプターは試作機として、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。

搭載する MG5 型エンジンも三菱重工業の開発であり、同一メーカーで機体・エンジン両方の開発に成功したのは、世界初であった。平成 9 年に JCAB より TB 級型式証明を平成 10 年には同級の耐空証明を取得した。その後、出力強化型の MG5-110 エンジンを搭載した MH2000A 型の TA 級型式証明を平成 11 年に取得し、量産機を航空宇宙技術研究所(現 JAXA)に納入したが、7 機で生産を終え、運航も終了している。

HondaJet： 平成 15 年、本田技研工業は米国で小型ビジネスジェット機型の試作機 HondaJet を初飛行させた。同社は昭和 60 年代から航空機分野への進出を目指して独自の研究開発を行っており、HondaJet は機体、エンジン(HF118)ともに自社開発の機体として姿を現した。平成 18 年、本田技研工業は同機を量産し航空市場に新規参入すると発表、同年には航空機の機体開発や製造、販売を行う全額出資子会社「ホンダエアクラフトカンパニー(Honda Aircraft Company)」を米国に設立した。

量産型初号機 HondaJet は平成 22 年、米国ノースカロライナ州で飛行に成功、平成 24 年には量産 1 号機の生産を開始し、平成 26 年に量産 1 号機の初飛行に成功した。平成 27 年には FAA から型式証明を取得、米国の顧客に機体引渡しが開始された。欧州では、平成 28 年に EASA から型式証明を取得、欧州の顧客に機体引渡しが開始され、日本では平成 30 年に JCAB から型式証明を取得、同年日本の顧客に機体が引渡しされた。

HondaJet は 6~7 人乗りで、胴体はカーボン複合材の一体成形構造とサンドイッチ構造を組み合わせたものとなっており、主翼はアルミ構造であるが超臨界層流翼型と見られる独自開発の翼型 SHM-1 を使用し、操縦席はグラスコックピット型の設計が特徴である。エンジンは GE ホンダ・エアロ・エンジンズ社製の HF120 ターボファンエンジンが搭載される。改良型の Elite、Elite S、令和 4 年には Elite II と改良が進み販売も伸ばしている。

Mitsubishi SpaceJet： 平成 19 年、三菱重工業は「三菱リージョナルジェット(MRJ)」の正式客先提案を決定し、販売活動を開始した。平成 20 年、三菱重工業は、全日本空輸から受注するなど、MRJ の事業化を決定。設計、型式証明取得、販売、カスタマーサポートなどを担当する事業会社「三菱航空機株式会社」を、三菱重工業、トヨタ自動車、三菱商事、住友商事、三井物産他数社の出資により立ち上げ、開発を開始した。(資材調達、機体の製造は三菱重工業が実施)

また、令和元年には、市場に対してポジティブなイメージを持たせるため、MRJ という名称を Mitsubishi SpaceJet へ改称した。Mitsubishi SpaceJet は世界最高レベルの運航経済性と客室快適性を兼ね備えた 70～90 席クラスのリージョナルジェット機で、世界最先端の空力設計技術、騒音解析技術などの適用と、新鋭エンジンの採用により、大幅な燃費低減を実現するとともに、騒音、排出ガスも大幅に削減し、エアラインの競争力と収益力の向上に大きく貢献することを目指した。

パリエアショーでの Mitsubishi SpaceJet (三菱航空機(株)提供)



Mitsubishi SpaceJet には、新鋭高効率エンジン「Pratt & Whitney GTF™ PW1200G engine」を供給するプラット・アンド・ホイットニー(現レイセオン・テクノロジーズ社)をはじめ、パーカー・エアロスペース社(油圧システム)、レイセオン・テクノロジーズ社(電源、空調などの各システム、フライト・コントロール・コンピューター、アビオニクス)、ナブテスコ(フライト・コントロール・

アクチュエーター・システム)、住友精密工業(降着システム)、スピリット・エアロシステムズ社(パイロン)、AIDC 社(スラット、フラップなどの 5 部位)、エアバス・ヘリコプターズ社(ドア)、サフラン・キャビン社(内装品)などが主要パートナーとして参加した。また、顧客向け WebPortal 開発を含むカスタマーサポート支援についてボーイング社と、訓練プログラムの開発・実施について CAE 社と契約を締結している。

Mitsubishi SpaceJet は、平成 22 年に部品製造を、平成 25 年に飛行試験初号機の最終組立を開始した。平成 26 年には地上機能試験および全機の静強度試験を開始した。同年、三菱重工業の小牧南工場にてロールアウトした。さらに引き続き 4 機の飛行試験機を製造した。平成 27 年に初飛行を実施し、飛行試験機を追加投入した。疲労強度試験機も平成 28 年に試験場に搬入され、米国ワシントン州モーゼスレイクを拠点に米国の飛行試験を開始した。平成 29 年パリ、平成 30 年ファンボローのエアショー、令和元年には、パリエアショーにて Mitsubishi SpaceJet を展示した。令和 2 年、開発状況と COVID-19 を含めた市場環境の変化を踏まえ、開発活動を一旦立ち止まったあと、令和 5 年 2 月に開発を中止した。

(3) エンジン

戦後我が国で開発されたエンジンには、表 1-2-4 に示すものがある。

表 1-2-4　国産エンジン開発・生産状況

令和4年12月末現在

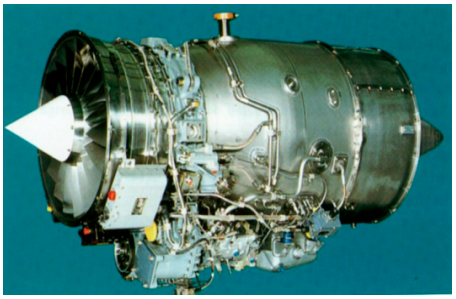
納入開始年度	機種	機別	用途	開発/製造	生産機数（台数）	備考
昭37	J3	ターボジェット	T-1B用 P-2J用	日本ジェットエンジン 石川島播磨重工業	247	
40	JR100 JR200/JR220	リフトエンジン	研究開発用(NAL)	石川島播磨重工業	6	
48	FJR710	ターボファン	研究開発用 STOL用(NAL)	石川島播磨重工業 川崎重工業 三菱重工業	15	
51	XF3	ターボファン	XT-4用(TRDI)	石川島播磨重工業	30	
57	XJB/RJ500	ターボファン	研究開発用 STOL用(NAL)	石川島播磨重工業 川崎重工業 三菱重工業	2	ロールス・ロイス社との共同開発
62	F3	ターボファン	T-4用	石川島播磨重工業	559	
平元	V2500	ターボファン	輸送機用	JAEC	7,772	日・英・米・独・伊5ヶ国の共同開発
4	XTS1	ターボシャフト	XOH-1用	三菱重工業	30	
10	XF5-1	ターボファン	X-2用(TRDI)	石川島播磨重工業	4	アフターバーナ付 推力5トン級
11	MG5-100	ターボシャフト	MH2000用	三菱重工業	14	
11	TS1	ターボシャフト	OH-1用	三菱重工業	98	
11	CF34	ターボファン	輸送機用	JAEC	6,053	GE社との共同開発
12	XF7	ターボファン	XP-1用(TRDI)	IHI	22	
22	F7	ターボファン	P-1用	IHI	139	
	F7	ターボファン	JAXA用	IHI	1	
	HF118/HF120	ターボファン	ﾋﾞｼﾞﾈｽｼﾞｪｯﾄ機用	GE ホンダ・エアロ・エンジンズ社		GE社とのJV
27	PW1100G-JM	ターボファン	**民間航空機用**	JAEC	3,031	P&W社、MTU社との共同開発
30	XF9-1	ターボファン	**研究開発用(TRDI)**	IHI	1	アフターバーナ付 推力15トン級

NAL: 航空宇宙技術研究所 (現 JAXA)　　JAEC: 日本航空機エンジン協会

TRDI: 防衛省技術研究本部(現 防衛装備庁)

F3：　エンジン分野では、昭和 50 年度から防衛庁(現 防衛省)が中・小型のジェット機に搭載する小型ターボファンエンジンの研究に着手し、石川島播磨重工業(現 IHI)に委託して昭和 50 年度末に研究試作エンジン XF3-1 を完成した。さらに昭和 53 年度末に推力を向上した XF3-20 を完成、所期の目標性能を達成した。この成果を基に昭和 55 年度からは中等練習機搭載用候補エンジンの研究として 9 台の XF3-30 エンジンが試作され、

F3 ターボファンエンジン



昭和 57 年 XT-4 搭載エンジンとして選定された。

その後 19 台のエンジンが試作され、昭和 60 年度に認定試験が終了したのち、昭和 62 年度から石川島播磨重工業(現 IHI)で量産が開始された。初号機は昭和 62 年に防衛庁(現 防衛省)に納入され、中等練習機 T-4 の量産にあわせて量産が行われた。

XF5： 防衛庁(現 防衛省)が、アフターバーナー付きのターボファンとして国内開発し、先進技術実証機 X-2 に搭載された推力 5 トン級のエンジンである。平成 7 年から平成 20 年までかけて開発した。初号機が平成 10 年に納入され、4 基が製造された。推力重量比 7.8、タービン入口温度 1,600 度を目指し、推力偏向パドルも合わせて開発され、地上試験、飛行試験に供された。

TS1： 防衛庁(現 防衛省)では、ターボシャフトエンジンの国内開発として小型ヘリコプター搭載用の小型ガスタービン主要構成要素の研究試作に平成 3 年度から着手し、三菱重工業に委託して平成 4 年末にターボシャフトエンジン XTS1 を完成した。さらに、平成 4 年度からは各種試験用に XTS1-10 が製作され、平成 10 年度末に量産エンジン形態を決定するための認定試験を完了した。平成 9 年には量産に移行し、これを搭載した観測ヘリコプター(OH-1)の初号機が平成 12 年に納入された。

トヨタ： トヨタ自動車は、平成 8 年、ユナイテッド・テクノロジーズ／ハミルトン・スタンダード社と共同開発していたゼネラルアビエーション機用レシプロエンジンの製造証明を FAA より得ている。

F7： 防衛庁(現 防衛省)が平成 13 年度から大型ターボファンエンジンとして石川島播磨重工業(現 IHI)を主契約企業として研究試作を開始し、平成 16 年に正式採用が決定された国産開発エンジンである。推力は 6 トンクラスで一般的な 50 席から 100 席クラスの旅客機用エンジンと同水準で、バイパス比は 8.2、省燃費・低騒音を特徴としている。P-1 に搭載され、現在量産している。

HF118： 平成 15 年、本田技研工業は HF118 小型ターボファンエンジンを発表した。HF118 は本田技研工業の自社開発エンジンで、平成 11 年から研究開発が始まり、約 1,400 時間の燃焼試験を経て平成 15 年に HondaJet に搭載されて初飛行し、公開された。HF118 は離昇推力 1,670 ポンドの、小型ビジネスジェット機などへの搭載を想定した 2 軸式小型ターボファンエンジンである。

平成 16 年、本田技研工業はゼネラル・エレクトリック社と HF118 エンジンの共同事業化のための合弁会社「GE ホンダ・エアロ・エンジンズ」を設立し、受注活動を開始した。

HF120： 平成 18 年、GE ホンダ・エアロ・エンジンズ社は、同社が新規開発した HF120 ターボファンエンジンが HondaJet に搭載されることを発表した。HF120 は HF118 を改良したエンジンで、2000 ポンド級の推力を有しており、GE ホンダ・エアロ・エンジンズ社の最初の製品である。HF120 エンジンは、平成 19 年より実証試験を開始し、平成 25 年に FAA の型式承認を取得、平成 26 年に納入を開始した。また、欧州においては、平成 28 年に EASA から型式承認を取得、欧州での引き渡しが開始されている。

XF9-1： 防衛省技術研究本部(現 防衛装備庁)が、国産戦闘機を目指しアフターバーナー付きの推力 15 トン級ターボファンとして開発したエンジンである。平成 22 年から研究開始し、初号機が平成 30 年に納入された。タービン入口温度 1,800 度を目指し、推力偏向ノズル、セラミック基複合材料など将来の戦闘機に必要な新技術、高性能を目標に開発された。

5. 国際共同開発の進展

航空機及びエンジンの開発には長い年月と多額の資金を必要とし、特に民間機についてはその大型化と高性能化に伴うリスクの増大と相まって、もはや単独民間企業の負担能力を超えるものとなっている。そのため開発リスクの分散、市場の確保、拡大等を狙って、民間機の国際共同開発は世界的な趨勢となっている。後述するように各メーカー単独でもリスク・シェアリング・パートナーやサブコントラクターとして種々のプログラムに参画している。

現在の機器・素材メーカー等を含めた我が国メーカーによる海外プロジェクトへの参画状況を表 1-2-5 に纏めた。また、これまでの我が国の主要な国際共同開発への参画状況は、以下の通りである。

(1) 中・大型民間輸送機

YX/B767： YX は当初 YS-11 後継機の独自開発を目指したが、開発費が膨大となり次第に国際共同開発へとなった。昭和 48 年には YX の開発母体として(財)民間輸送機開発協会(CTDC)が発足し、ボーイング社との間に覚書を結び共同

開発のための調査作業を開始した。昭和 53 年に最終事業契約が調印され、日本は機体構造の開発・生産の約 15%を分担(分担部位は胴体部分、翼胴フェアリング部、主翼リブ、扉等)することになった。

昭和 59 年以降、量産事業の管理は、民間航空機株式会社(CAC)が引き継いだ。また B767 は、早期警戒管制機 E-767 や空中給油機能を持つ輸送機 KC-767 及び KC-46A に改造するベース機材である。

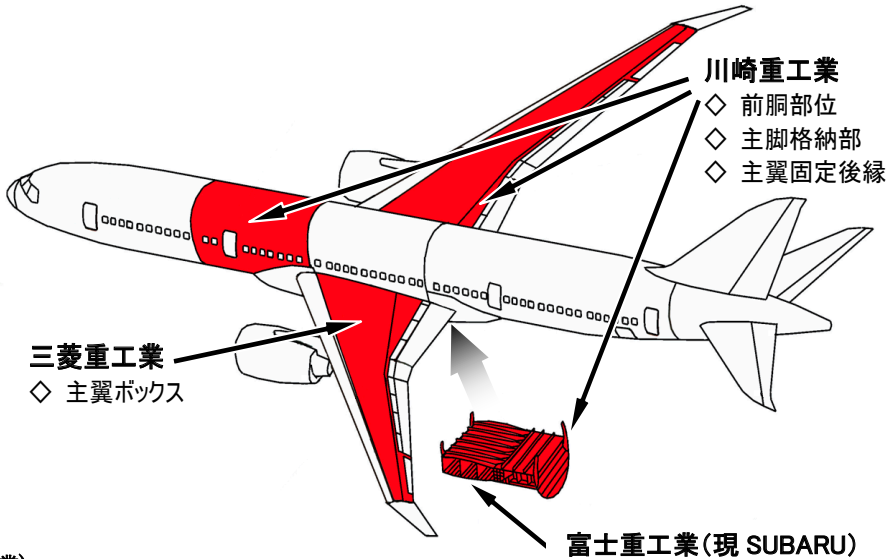
B777： B777 は平成 2 年にボーイング社が開発開始した大型双発旅客機で、日本は(財)日本航空機開発協会(JADC)を開発母体として開発・生産の約 21%を分担(胴体部分、中央翼、翼胴フェアリング部、主翼リブ、扉等)、プログラム・パートナーとして参画することで平成 3 年にボーイング社と正式契約を交わした。平成 10 年、量産事業への移管に伴い(財)日本航空機開発協会の権利義務は民間航空機株式会社に移管された。

日本国政府は、平成 3 年に政府専用機として B747-400 を 2 機受領し航空自衛隊が運用してきたが、平成 26 年に後継機として B777-300ER を導入することを決定した。航空自衛隊は平成 30 年に B777-300ER を 2 機受領し、平成 31 年から政府専用機としての運用を開始した。B777 -300ER の維持整備は ANA ホールディングスに委託されている。

B787： 平成 14 年末にボーイング社は、約 15～20%燃料効率がよい「Super Efficient ; 高効率」機の開発を発表した。Dreamliner と命名された B787 の基本型 B787-8 は、7,000～8,000nm (13,000～14,800km) の航続距離を持つ 210～250 席機である。胴体や主翼に炭素繊維複合材料を多用し、高バイパス比エンジン、先進システム等の新技術を採用して、高効率で環境適合性が高く、快適な乗り心地の機体を目指した。平成 15 年末に航空会社への提示開始が承認され、平成 16 年、全日本空輸が初発注し、ボーイング社は開発を決定した。

ボーイング社は、日本側((財)日本航空機開発協会、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業(現 SUBARU))に共同開発への参画を要請し、平成 16 年ボーイング社と主要な契約条件についての合意覚書に調印し参画を決定、平成 17 年には正式契約を締結した。日本側は、主翼ボックス、前胴部位、主脚格納部、主翼固定後縁、中央翼並びに中央翼と主脚格納部のインテグレーションを担当し、分担比率は機体構造部分の 35%となった。(図 1-2-1 参照)

図 1-2-1　B787 日本担当部位



（部品供給企業）

◇**ジーエス・ユアサ／(仏)タレス社**（リチウムイオン電池システム）
◇**関東航空計器**（リチウムイオンバッテリー監視装置）
◇**ジャムコ**（ラバトリー、ギャレー、操縦室ドア及び周辺隔壁、操縦室内装パネル及び収納ボックス等）
◇**住友精密工業**（APU オイルクーラー）
◇**多摩川精機**（角度検出センサー、小型 DC ブラシレスモーター等）
◇**東レ**（TORAYCA® プリプレグ複合材）
◇**ナブテスコ／(米)UTC エアロスペース システムズ社**（配電装置）
◇**パナソニック・アビオニクス**（客室サービスシステム、機内娯楽装置）
◇**ブリヂストン**（タイヤ）
◇**島津製作所**（水平安定板作動アクチュエータ）
◇**KYB**（主脚作動用機器、テールスキッド・アクチュエータ、前脚固定用アクチュエータ、前脚及び前脚扉非常時作動用アクチュエータ等）
◇**日機装／(米)スピリット社**(主翼前縁部の複合材部品(J-Panel)）

基本型の B787-8(210-250 席)は、平成 19 年にロールアウト、平成 21 年に初飛行、平成 23 年に型式証明を取得し、平成 23 年に初号機が全日本空輸へ納入された。なお、量産事業への移管に伴い、 (財)日本航空機開発協会の権利義務は平成 23 年より民間航空機株式会社に移管された。

B717-200：　米マクドネル・ダグラス社(現 ボーイング社)が平成 7 年に開発に着手した 90 席の B717-200(旧 MD-95)は、平成 11 年に型式証明を取得した。新明和工業はリスク・シェアリング・パートナーとして水平尾翼とエンジンパイロンの設計・製造を担当していた。

(2) リージョナル機

Q400： Q400 は、平成 7 年にカナダのボンバルディア社が開発に着手した 70 席クラスのリージョナルターボプロップ機で、平成 11 年にカナダ運輸省の型式証明を取得、平成 12 年から納入が開始された。三菱重工業は、リスク・シェアリング・パートナーとして平成 7 年に参画、中胴、後胴、水平／垂直尾翼の設計・製造・プロダクトサポートを担当していたが、平成 21 年度に、担当部位の生産をボンバルディア社へ移管した。

CRJ700/900： CRJ700 は、平成 9 年にカナダのボンバルディア社が開発に着手した 70 席クラスのリージョナルジェット機で、平成 12 年にカナダ運輸省の型式証明を取得、平成 13 年に欧 JAA の型式証明を取得し初納入された。三菱重工業は、リスク・シェアリング・パートナーとして平成 9 年に参画、尾胴部の設計・製造・プロダクトサポートを担当していたが、平成 21 年度に担当部位の生産をボンバルディア社へ移管した。

胴体延長型 90 席クラスの CRJ900 は、平成 12 年に本格開発に着手、平成 14 年にカナダ運輸省と米国 FAA の型式証明を取得し、平成 15 年に初納入された。三菱重工業は、CRJ700 と同じ部位を担当していたが、平成 21 年度に担当部位の生産をボンバルディア社へ移管した。

EMBRAER 170/175 / 190/195： EMBRAER 170 は、ブラジルのエンブラエル社が平成 11 年初め頃から開発を進めた 70 席クラスのリージョナルジェット機で、川崎重工業はリスク・シェアリング・パートナーとして参画し、主翼コンポーネントの開発及び製造を担当していた。また、川崎重工業は平成 13 年に、EMBRAER 190(98 席)／195(108 席)の主翼全体の設計への参画合意を発表したが、平成 19 年同社担当分の一部をエンブラエル社に移管した。EMBRAER 170 は平成 16 年に型式証明を取得し初納入された。EMBRAER 175(78 席)、EMBRAER 190 は平成 17 年に初納入された。EMBRAER 195 は平成 18 年に型式証明を取得し初納入された。

(3) ビジネス機

Global Express(現 Global 6000)： カナダのボンバルディア社の Global Express は東京－ニューヨーク間を無着陸で飛行出来る 8 人乗りの超長距離ビジネスジェット機で、平成 10 年にカナダ運輸省の型式証明と米 FAA の型式証

明を取得し、平成 11 年に量産初号機が客先に納入された。三菱重工業は、リスク・シェアリング・パートナーとして平成 5 年に参画し、MHI カナダ・エロスペース社がオンタリオ州で令和 3 年から主翼及び中胴を生産している。

G500/G550： 新明和工業は、米ボート社(現 トライアンフ･エアロストラクチャーズ社ボートエアクラフト部門)と組み、米ガルフストリーム社のビジネスジェット機にリスク・シェアリング・パートナー方式で主翼の一部を担当している。

Challenger 300/350： Challenger 300 は、カナダのボンバルディア社が発表した米大陸横断可能な 8 人乗りの中型ビジネスジェット機で、平成 15 年にカナダ運輸省と米 FAA の型式証明を取得した。三菱重工業（MHI カナダ・エアロスペース社）がオンタリオ州で、主翼を生産している。現在生産しているのは改良型の Challenger 350 で、三菱重工業は Challenger 300 と同じ部位を担当している。

Global 5000： ボンバルディアの Global Express の派生型で平成 16 年にカナダ運輸省と FAA の型式証明を取得した。Global 6000 と同じく MHI カナダ・エアロスペース社が、主翼及び中胴を生産している。

(4) ティルトローター

AW609(旧称 BA609)： AW609 は、当初 BA609 としてベル・アグスタ・エアロスペース社(米/伊)が開発を進めていた世界初の民間用ティルトローター機(6～9 席)である。当初は平成 14 年に型式証明を取得する予定であったが、先行開発の軍用ティルトローター機 V-22 オスプレイの相次ぐ事故の影響で開発が遅れた。平成 18 年にプロトタイプ 2 号機が初飛行したが、平成 23 年に当該プログラムの所有権はすべてアグスタ・ウエストランド社(現 レオナルド社)に移管され、プログラム名も AW609 に改められた。現在拠点を米国フィラデルフィアに移し、プロトタイプ 3 号機を使って型式証明取得試験を行っている。川崎重工業は、平成 11 年に同機の開発・製造に参画し、キャビンドア及び胴体尾部テールコーンを担当している。

(5) ヘリコプター

BK117： BK117 ヘリコプターは、川崎重工業が独 MBB 社(現 エアバスヘリコプター社)と昭和 52 年共同開発契約に調印、昭和 57 年に型式証明を取得、その優れた運動性と多用途性を生かし、幅広い分野で活躍している。

最新型である BK117-D3 は、令和 3 年 5 月に型式証明を取得し販売が開始された。メインローターブレードが 5 枚となり、BK117-D2 に比べホバリング能力、パイロットのワークロード、搭載重量 150kg 増などが改善されている。

BK117-D3 ヘリコプター



なお、ユーロコプター社(現 エアバスヘリコプター社)は、BK117-C2 を EC145 の名称で販売しており、アメリカ陸軍が LUH(軽多用途ヘリコプター)として採用している。

AW139： AW139 は、ベル･アグスタ･エアロスペース社 6 トン･クラスの双発多用途ヘリコプターである。平成 15 年に先ずイタリアの型式証明、平成 16 年末には米 FAA の型式証明を取得した。しかし、平成 17 年にベル社が撤退し、アグスタ・ウエストランド社(現 レオナルド社)がプログラムを引継ぎ AW139 に改名した。川崎重工業が高速ギアボックスを担当している。

S-92： S-92 ヘリコプターは、米シコルスキー社が三菱重工業ほかスペイン、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た 19～22 席の多用途ヘリコプターで、平成 14 年に型式証明を取得した。三菱重工業は、リスク・シェアリング・パートナーとして平成 7 年に参画し、平成 26 年まで胴体客室部の設計・製造を担当していた。

412EPX： SUBARU BELL 412EPX ヘリコプターは、捜索救難等で活躍中の 412EPI ヘリコプターの発展型機で、富士重工業(現 SUBARU) と米国ベル･ヘリコプター･テキストロン社で共同開発を行い、平成 30 年に FAA から型式証明を取得した。令和 3 年 5 月に警察庁に初号機が納入された。また、412EPX をプラットフォームとした陸上自衛隊向け新多用途ヘリコプター(UH-2)の量産機も納入開始された。

SUBARU BELL 412 EPX
ヘリコプター



(6) エンジン

1) V2500

V2500 プロジェクトは、中小型民間航空機搭載用ターボファンエンジンの国際共同開発事業である。

このプロジェクトは、昭和 54 年、我が国最初の民間航空機用エンジン開発事業としてスタートした、XJB エンジン開発計画に着手したことに始まる。これは日本のジェットエンジンメーカー3 社(石川島播磨重工業(現 IHI)、川崎重工業、三菱重工業(現 三菱重工航空エンジン)が政府の資金援助を得て、日本と英国ロールス・ロイス社間で 50 : 50 の対等条件の下で、120～130 席クラス民間航空機用の RJ500 ターボファンエンジン(当初計画・推力 20,000 ポンドクラス)を国際共同開発しようとするものであった。

その後、昭和 57 年中頃から米国エンジンメーカーからも本共同開発への参画希望が表明され、日・英は開発費負担の軽減、市場の拡大・確保等の利点からこれが望ましいと判断し、協議を開始した。その結果、昭和 58 年、米国プラット・アンド・ホイットニー社とそのグループである西独エムティーユー社、伊フィアット社の 3 社を加えた 5 ヵ国による共同開発事業に拡大発展する基本的合意が成立し、昭和 59 年に関係各国政府の承認取得を完了し、V2500 プロジェクトとして正式にスタートした。

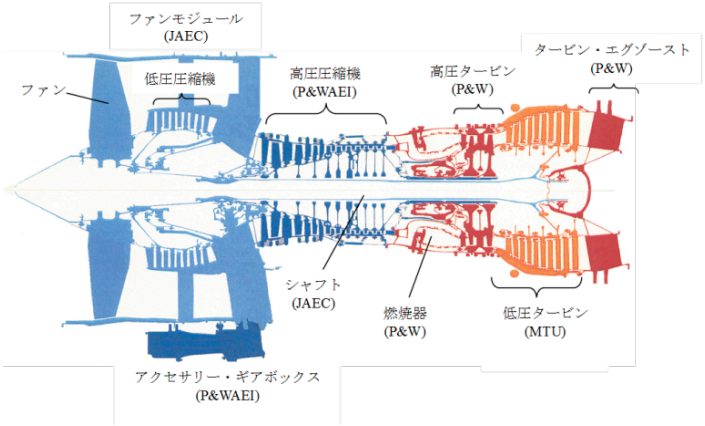
本プロジェクトの日本側事業は、日本の航空機エンジン開発の中核体として設立された(財)日本航空機エンジン協会 (JAEC : 上記日本の 3 エンジンメーカーの協力を得て昭和 56 年設立)が推進母体としてこれらに当り、5 ヵ国共同開発事業は、合弁会社「IAE・インターナショナル・エアロ・エンジンズ・AG」(スイス法人 : 昭和 58 年設立、以下「IAE」)を母体に運営管理されている。

その後、平成 8 年に伊フィアット社(現 ゼネラル・エレクトリック社のイタリア子会社アビオ・アエロ社)が IAE を離脱、また平成 24 年には英国ロールス・ロイス社が米国プラット・アンド・ホイットニー社の子会社であるプラット・アンド・ホイットニー・エアロ・エンジンズ・インターナショナル社(P&WAEI)にシェアを譲渡し、IAE を離脱した。

本エンジンの現在の参画各社分担部位並びにそれぞれのプログラム・シェアは、図 1-2-2 に示すとおりであり、参画各社は、最新技術を結集した高性能の

最新鋭エンジンを開発するため、各社の最も得意とするセクションを担当しており、日本はファン部、低圧圧縮機部・シャフト等の開発(組立および運転試験等を含む)およびその量産を担当している。

図 1-2-2　V2500 参画各社分担部位



プログラム・シェア	スイス	P&WAEI	33.5%	日	JAEC	23%
	米	P&W	32.5%	独	MTU	11%

A320 に搭載の当初型エンジン V2500-A1（推力 25,000 ポンド)は昭和 63 年に、A320 シリーズ及び MD-90 に搭載の派生型エンジン-A5/-D5(推力 22,000~33,000 ポンド)は平成 4 年に、それぞれ米国連邦航空局(FAA)の型式承認を取得した。

また IAE は市場競争力の維持を目的としたエンジンアップグレード形態である「V2500SelectOne」の型式承認を平成 19 年に取得し、平成 20 年に商業運航を開始した。さらに燃費を向上させた「V2500SelectTwo」を平成 26 年に導入した。また、同年に KC-390 型機搭載の派生型エンジン-E5（推力 31,000 ポンド)の型式承認を取得し、KC-390 型機の初号機は令和元年に納入された。

2) CF34 エンジンファミリー

① CF34-8

CF34-8 エンジン



CF34-8 小型民間輸送機用エンジンは、地域航空網向けの 70～100 席クラス機用ターボファンエンジンである。

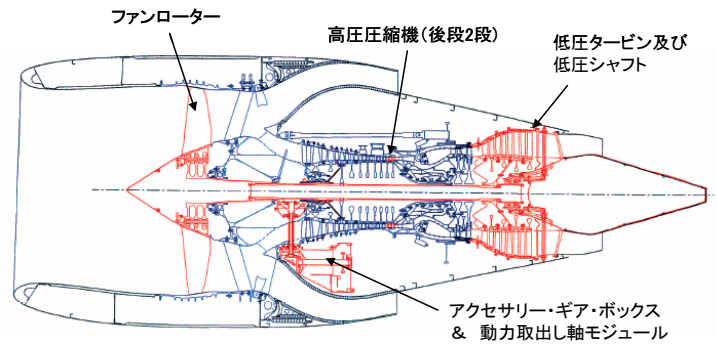
平成になり、我が国が次に取り組むべきエンジンの検討が行われ、100 席以下クラスのジェ

ットエンジンが未開発であり、市場規模も大きく、また日本に参入機会があると判明した。平成 3 年度から平成 7 年度にかけて 75 席クラス(推力 12,000 ポンド)機用エンジンの本格的な調査が行われた。

その結果、我が国の技術力の向上、計画の熟成等から米国ゼネラル・エレクトリック社で開発計画中の CF34-8C(推力 14,000 ポンドクラス)を日米間で国際共同開発する基本合意に至り、平成 8 年に石川島播磨重工業(現 IHI)および川崎重工業と共に JAEC とゼネラル・エレクトリック社間で共同開発事業に関する協定書を締結した。

我が国はこの共同開発事業に約 30%の分担比率で参画し、担当部位はファンローター、V2500 開発で担当できなかった高圧圧縮機の後段部、低圧タービン、低圧シャフト、アクセサリー・ギアボックス等となっている。(図 1-2-3 参照)

図 1-2-3　CF34-8 日本担当部位



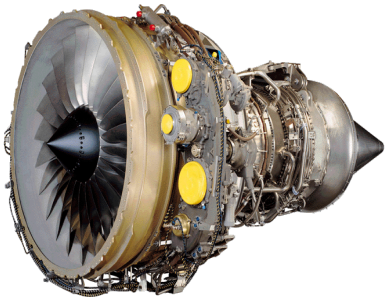
最初に開発を行った CF34-8C1(推力 13,800 ポンド)は、ボンバルディア社の CRJ700(70 席クラス)用エンジンとして選定され、平成 8 年度より開発を開始し、平成 11 年に FAA より型式承認を取得した。CRJ700 は平成 13 年に商業運航を開始した。

一方、平成 11 年、ブラジルのエンブラエル社が EMBRAER 170 (70 席クラス)の開発を発表し、その搭載エンジンとして CF34-8E(推力 14,500 ポンド)を選定した。続いて、同年にボンバルディア社が CRJ700 の胴体を延長した CRJ900 (86 席クラス)の開発計画を発表、搭載エンジンとして CF34-8E の開発成果を CF34-8C1 に折り込んだ CF34-8C5(推力 14,500 ポンド)が選定され、平成 14 年に FAA より CF34-8E/8C5 両エンジンの型式承認を取得した。CRJ900 は平成 15 年に、EMBRAER 170 は平成 16 年に、続いて EMBRAER

175(78 席クラス)は平成 17 年に運航を開始した。

② CF34-10

CF34-10 エンジン



運航の効率化を図るために 120 席クラスからダウンサイズした 90 席クラス機を運航会社が求めるようになり、エンブラエル社は平成 11 年に EMBRAER 190 (98 席クラス)の開発を発表、その搭載用エンジンとして推力 18,500 ポンドクラスの CF34-10 が選定された。

このエンジンについても、JAEC は石川島播磨重工業(現 IHI)および川崎重工業と共に CF34-8 と同様の枠組みでゼネラル・エレクトリック社と共同開発事業に関する協定書を締結し、平成 12 年度から CF34-10E の開発に着手、平成 16 年に FAA より型式承認を取得した。EMBRAER 190 は、平成 17 年に、同じく EMBRAER 195 (108 席クラス)は平成 18 年に商業運航を開始した。

一方、中国の ACAC 社(現 COMAC 社)が平成 14 年に開発を開始した ARJ21-700(78 席クラス)に搭載されるエンジンとして CF34-10E の派生型である CF34-10A(推力 18,500 ポンド)が選定され、平成 16 年より開発に着手、平成 22 年に FAA より型式承認を取得した。

なお、ARJ21-700 は平成 26 年に中国民用航空局(CAAC)の型式証明を取得し、平成 28 年に商業運航を開始した。

3) B787 用エンジン

ボーイング社が開発した中型民間輸送機 B787 に搭載されるエンジンとして、平成 16 年に米国ゼネラル・エレクトリック社提案の GEnx-1B と英国ロールス・ロイス社提案の Trent 1000 が選定された。

エンジン取りまとめ会社のゼネラル・エレクトリック社とロールス・ロイス社はV2500やCF34に代表される国際共同開発において重要なパートナーである日本のエンジンメーカーに対し、これまでの実績に対する信頼や保有する最新技術に対する期待から、それぞれの開発事業への参画を要請してきた。これを受け、日本のエンジンメーカーは各開発プログラムへ参画することを決定し、平成 17 年に、JAEC はゼネラル・エレクトリック社およびロールス・ロイス社

とそれぞれ共同事業契約を締結した。なお、国内的には GEnx-1B プログラムには IHI と三菱重工航空エンジンの 2 社が、Trent 1000 プログラムには川崎重工業と三菱重工航空エンジンの 2 社が参画している。

我が国はこの共同事業にそれぞれ約 15%の分担比率で参画、担当部位は GEnx-1B では、低圧タービンモジュール、低圧タービンシャフト、燃焼器ケース、高圧圧縮機後段部のブレード及びベーンであり、また Trent 1000 では、燃焼器モジュール、中圧圧縮機モジュール、低圧タービンブレードとなっている。(図 1-2-4、図 1-2-5 参照)

図 1-2-4　GEnx-1B 日本担当部位

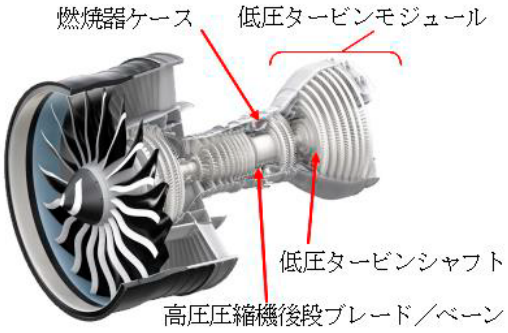
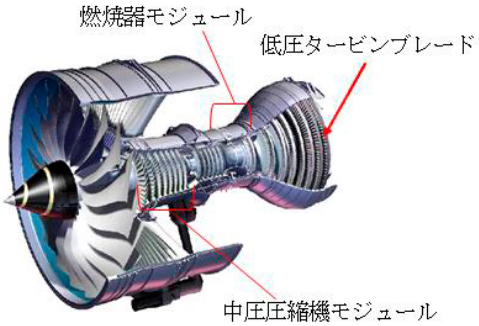


図 1-2-5　Trent 1000 日本担当部位



これらのエンジンは、平成 17 年度より開発を開始し、Trent 1000 は平成 19 年に、GEnx-1B は平成 20 年に、それぞれ型式承認を取得した。

平成 23 年より Trent 1000 を搭載した B787 が商業運航を開始、GEnx-1B を搭載した B787 は、平成 24 年より商業運航を開始した。

Trent1000 は推力・燃費向上を目的とした改良エンジン(Package C)の型式承認を平成 25 年に取得し、同型エンジンを搭載した B787-9 は平成 26 年に商業運航を開始した。またロールス・ロイス社は、さらなる推力・燃費向上を目的とした改良型エンジン(Trent 1000 TEN)を開発し、平成 28 年に型式承認を取得し、平成 29 年に商業運航を開始した。平成 30 年には本エンジンを搭載した B787-10 も商業運航を開始した。

GEnx は推力・性能向上型の GEnx-1B PIP1 の開発が進められ、平成 24 年に型式承認を取得し、続いて更なる推力性能向上型の GEnx-1B PIP2 の開発を進め、平成 25 年に型式承認を取得した。これらの改良により燃料消費率を改善するとともに推力を約 78,000 ポンドに増強した。PIP2 エンジン搭載の

B787-9 は、平成 26 年に商業運航を開始した。平成 30 年には本エンジンを搭載した B787-10 も商業運航を開始した。

またボーイング社が開発した B747-8 に独占供給されるエンジンである GEnx-1B の派生型 GEnx-2B は平成 22 年に型式承認を取得し、同年商業運航を開始した。

4) PW1100G-JM

民間航空機市場の中で最大の需要を占める中小型民間輸送機は、就航開始後 20 年以上経過した機体の代替需要と市場拡大に伴い、更に経済性および環境適合性に優れた航空機が求められている。

このような市場の要求を受けてエアバス社は、平成 22 年、従来の機体に比べ燃料消費量 15%削減を目標に A320 シリーズ機のエンジンを換装する A320neo (New Engine Option)プログラムを正式に決定した。

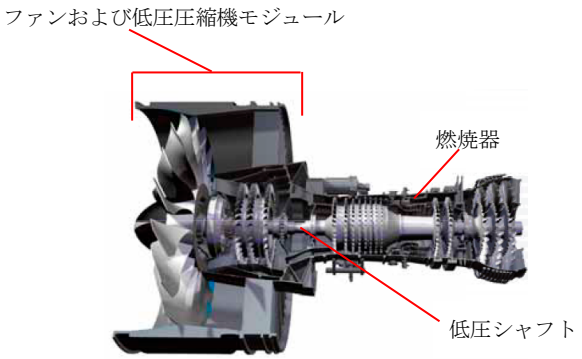
機体側では主翼にシャークレット追加等の改善が導入されるが、燃料消費量削減の殆どはエンジンの性能改善が貢献するものであり、推力約 33,000 ポンドクラスの換装エンジンとしてプラット・アンド・ホイットニー社のギアードターボファン(GTF)形態を採用した PW1100G-JM と CFMI 社が提案した従来のターボファン形態である LEAP-1A が選定された。

JAEC は、PW1100G-JM 開発プログラムへの参画を決定、平成 23 年に V2500 プログラムのパートナーである米国プラット・アンド・ホイットニー社、独国エムティーユー社の 2 社と国際共同開発に基本合意した。JAEC はこの国際共同開発事業に 23%の分担比率で参画し、ファンおよび低圧圧縮機モジュール、低圧シャフト、燃焼器の一部を担当している。

日本は、JAEC を事業主体として IHI、川崎重工業および三菱重工航空エンジンの 3 社が参画している。(図 1-2-6 参照)

PW1100G-JM は、先進ギアシステムを適用した GTF

図 1-2-6　PW1100G-JM 日本担当部位



形態の採用により、バイパス比を約 12 まで増加させて高い推進効率を実現しつつ、ファンと低圧圧縮機の間に減速ギアを組み込むことにより、ファンを最適な速度(低速)にする一方、低圧圧縮機と低圧タービンを高速化して高要素効率を維持、かつ先進複合材技術や最新の要素技術との組み合わせで 2 桁の燃料消費率・排気ガス・騒音レベルの改善を図っている。

平成 23 年度より開発を開始し、平成 26 年に型式承認を取得した。PW1100G-JM を搭載した A320neo は平成 28 年に商業運航を開始した。

令和 3 年 12 月にプラット・アンド・ホイットニー社は、既存の PW1100G-JM から燃料消費量を 1%改善し、最大推力を 34,000 ポンドへ増強し、かつ 100%の SAF で運航可能とする GTF Advantage を発表した。令和 5 年にエンジン型式承認取得、令和 6 年に商業運航開始を予定している。

また、ロシアのイルクート社が開発中の MS-21 に搭載する PW1100G-JM の派生型である PW1400G-JM も平成 28 年に型式承認を取得した。

5) Passport 20

Passport 20



定員が数人から 20 人程度のビジネスジェット機の市場は、欧米の企業や富裕層を主な顧客として成長しており、今後も経済成長の進むアジアや中東の顧客を中心としたさらなる市場拡大が見込まれている。

このような市場背景を受けて、ボンバルディア社は平成 22 年に超長距離クラスにおいて、最大級の客室広さを誇るビジネスジェット機である Global 7000 及び Global 8000 のローンチを発表した。また同時に、当該機体に独占搭載されるエンジンとして Passport 20 が選定されたことがゼネラル・エレクトリック社より発表された。なお、Global 7000 は航続距離の見直しが行われ、平成 30 年に名称が Global 7500 に変更となった。

Passport 20 は離陸推力 16,500 ポンド、ファン径は 52 インチで、複合材ファンケース、ファンブリスク、最先端コアなどの最新技術を適用することで、同クラスのエンジンと比較して燃料消費 8 %改善、ICAO の CAEP/6 排出ガス基準や Stage 4 騒音基準を満足する性能を持つ。

JAEC は、平成 24 年に Passport 20 プログラムの国際共同契約をゼネラル・

エレクトリック社と締結、この国際共同開発事業に 30%の分担比率で参画し、ファンシャフト、ファン静止部及び関連部品、高圧圧縮機の後段部、低圧タービンモジュール、アクセサリー・ギアボックス等を担当している。国内では JAEC を事業主体として IHI 及び川崎重工業が参画している。平成 25 年に開発エンジン初号機の運転試験が開始され、平成 28 年に型式承認を取得した。なお、Passport 20 を搭載する Global 7500 は平成 30 年にカナダの型式証明を取得し、同年初号機を納入した。

6) その他

① GE90

ゼネラル・エレクトリック社のターボファンエンジン GE90 は、平成 7 年に型式承認を取得し、B777 に搭載されている。IHI はリスク＆レベニュー・シェアリング・パートナー(RSP)として、10%(低圧タービン部)のシェアで参画している。

② PW4000

プラット・アンド・ホイットニー社のターボファンエンジン PW4000 は、昭和 61 年に型式承認を取得した。A300、A310、A330、B747、B767、B777 及び MD-11 に搭載されている。RSP として三菱重工航空エンジンが 10%のシェア(低圧タービン部、燃焼器)、川崎重工業が 1%のシェア(低圧タービン部)で参画している。

③ PW6000

プラット・アンド・ホイットニー社のターボファンエンジン PW6000 は、平成 16 年に型式承認を取得し、A318 に搭載されている。三菱重工業が平成 13 年に RSP として 7.5%のシェア(燃焼器モジュール)で参画した。現在はサブコントラクターとして部品を供給している。

④ Trent 700 / 800

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent 700 は、平成 6 年に型式承認を取得し、A330 に搭載されている。Trent 800 は、平成 7 年に型式承認を取得し、B777 に搭載されている。両エンジンには川崎重工業が RSP として、3%のシェア(低圧タービン部)で参画している。

⑤ Trent 500

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent 500 は、平成 12 年に型式承認を取得し A340 に搭載されている。川崎重工業が RSP として、5%のシェアで参画し、タービン及びコンプレッサーディスクやケースを分担している。

⑥ Trent XWB

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent XWB は、平成 25 年に型式承認を取得し、A350 に搭載されている。川崎重工業が中圧圧縮機モジュール、三菱重工航空エンジンが燃焼器部品及び低圧タービンブレードに、RSP として参画している。また住友精密工業もエンジン熱制御システムに RSP として参画している。

⑦ PW1200G

プラット・アンド・ホイットニー社のギアードターボファン(GTF)エンジン PW1200G は、平成 29 年に型式承認を取得し、Mitsubishi SpaceJet に搭載されている。三菱重工航空エンジンはプリファードサプライヤとして、燃焼器、高圧タービンディスクおよびケースの開発・製造、同エンジンの最終組立・領収運転試験に参画していた。生産は中止された。

⑧ PW1500G

プラット・アンド・ホイットニー社の GTF エンジン PW1500G は、平成 25 年に型式承認を取得し、A220-100/300 に搭載されている。川崎重工業が、GTF エンジンの主要部位であるファンドライブギアシステム(メインギア)及び燃焼器の開発と製造に、RSP として参画している。

⑨ PW1900G

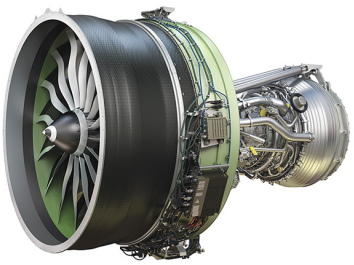
プラット・アンド・ホイットニー社の GTF エンジン PW1900G は、平成 29 年に型式承認を取得し、E190-E2 及び E195-E2 に搭載されている。川崎重工業が、GTF エンジンの主要部位であるファンドライブギアシステム(メインギア)及び燃焼器の開発と製造に、RSP として参画している。

⑩ Trent 7000

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent 7000 は、平成 30 年に型式承認を取得し、A330neo に搭載されている。川崎重工業が中圧圧縮機モジュールの設計・製造・組立、三菱重工航空エンジンが燃焼器部品と低圧タービンブレードの設計・製造に、RSP として参画している。

⑩ GE9X

GE9X



ボーイング社が開発を進めている次世代大型民間輸送機 B777X シリーズは、先進空力設計の複合材製主翼、最新型のエンジン等を採用することにより、効率性、環境適合性、経済性を既存の B777 シリーズ機から大幅に向上させるもので、これに搭載するエンジンとして、平成 25 年ゼネラル・エレクトリック社の GE9X が独占搭載エンジンとして選定された。

この新エンジンの実現には、安全性の確保を前提として厳しい要求に応える最新技術の適用が必要であり、ゼネラル・エレクトリック社は、CF34 や GEnx に代表される国際共同開発において重要なパートナーである日本のエンジンメーカーに対し、これまでの実績に対する信頼や保有する最新技術に対する期待から、開発事業への参画を要請した。これを受け、日本のエンジンメーカーはゼネラル・エレクトリック社と詳細にわたる協議を行い、同事業へ参画することを決定し、平成 26 年に IHI と共に JAEC とゼネラル・エレクトリック社間で国際共同開発契約を締結した。

日本は、JAEC を事業主体として、IHI と大同特殊鋼と共に、この国際共同開発事業に 10.5%の分担比率で参画し、低圧タービン部品、低圧シャフトを担当している。

平成 24 年に、三井物産が主要な戦略パートナーとして参画することで同社とゼネラル・エレクトリック社が合意し、平成 26 年より日本政策投資銀行も戦略パートナーとして参画している。

GE9X は、革新的な材料の採用による軽量化と、バイパス比の拡大による推進効率の向上に加えて、高温高圧力比等による熱効率の向上により、B777 搭載の GE90-115B に比べ 10%の燃費向上を目指している。離陸推力 100,000 ポンド、ファン径 134 インチ、複合材製ファンブレード・ファンケース、圧力比 27 の高圧圧縮機、セラミック基複合材料(CMC)を適用した燃焼器とタービン、3D プリンタで製造するタービンブレード等の特長を持つ。また、高効率・低排出物の燃焼器を適用することで、ICAO の CAEP / 8 NOx 排出基準に対して、

30%のマージンを目指している。

平成 28 年に初号機の運転試験を開始し、令和 2 年 9 月に FAA より型式承認を取得した。GE9X を搭載した B777X は令和 5 年の顧客引渡しを目指している。

表 1-2-5　日本メーカーの海外プロジェクトへの参画状況(その 1)

機体関係 （固定翼機）

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ボーイング	B737	KYB	逆噴射装置制御弁		
(米)	(110～204席)	川崎重工業	主翼リブ(B737-300～900)　－2006年4月生産終了		
		KIホールディングス	座席　－ 新規生産は中断		
		小糸製作所	照明機器、客室用表示装置、操縦席窓の防氷ヒーター制御装置		
		神戸製鋼所	チタン鍛造部品		
		島津製作所	エアステアドア用機器、昇降舵ﾌｨｰﾙｱｸﾁｭｴｰﾀ、他		
			APUドア作動用機器(B737MAX)、スポイラ作動用機器(B737MAX)		
		ジャムコ	ギャレー		
		ナブテスコ	主脚作動用機器(B737-300～900ER)、ブレーキ用制御弁(B737-300～500)	サブコン又は	
			フライトコントロールシステム制御用機器(B737MAX)	サプライヤー	
		天龍工業	座席　－生産終了		
		東京航空計器	水平儀		
		日本航空電子	加速度計		
		富士重工業(現 SUBARU)	昇降舵(B737-600/700/800/900/MAX)		
		多摩川精機	飛行制御装置用センサユニット(B737MAX)		
		ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ	機内娯楽装置		
		三菱重工業	内側フラップ(B737-600/700/800/900/900ER/MAX)		
		横浜ゴム	化粧室、飲料水タンク(B737従来型およびMAX)		
	B747従来型	川崎重工業	外舷フラップ		
	(416～565席)	小糸工業	座席		
	B747従来型は	島津製作所	フラップ駆動用部品、スポイラ作動用機器、APUドア作動用機器、主脚作動用機器、他		
	生産終了。	ジャムコ	ギャレー、ラバトリー		
		ナブテスコ	補助翼作動用機器、ﾌﾗｯﾌﾟ作動用機器、前脚ｽﾃｱﾘﾝｸﾞ機器		
		天龍工業	座席		
		日本飛行機	外舷フラップ, 主脚扉、胴体フレーム	サブコン又は	
		富士重工業(現 SUBARU)	補助翼、スポイラ	サプライヤー	
		ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ	機内娯楽装置		
		三菱重工業	内側フラップ、中央翼		
		三菱電機	各種制御弁		
		ｼﾝﾌｫﾆｱ ﾃｸﾉﾛｼﾞｰ	フラップ荷重低減用電動モーター		
		ミネベアミツミ	各種ベアリング		
		横浜ゴム	飲料水タンク、ハニカム材		
	B747-400BCF	三菱重工業	メインデッキ貨物扉及び同扉開口部胴体パネル　－ 生産終了	サブコン又は	
	(改造貨物機)	昭和飛行機工業	ギャレー	サプライヤー	
		ジャムコ	ラバトリー		
	B747-8	島津製作所	後縁ﾌﾗｯﾌﾟ駆動ｼｽﾃﾑ構成品群、昇降舵ﾌｨｰﾙｱｸﾁｭｴｰﾀ、他		
	(410席)	ナブテスコ	補助翼、スポイラー飛行制御用構成品		
		日本飛行機	外舷フラップ、主脚扉、胴体フレーム		
		KYB	前脚用ステアリングアクチュエータ	サブコン又は	
		ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ	キャビンサービスシステム	サプライヤー	
		横浜ゴム	機内用階段		
		ジャムコ	ギャレー、ラバトリー		
		三菱重工業	中央翼		
		昭和飛行機工業	ギャレー(747-8F用)		
	B757	KYB	前脚ステアリング機器		
	(188～280席)	小糸工業	座席		
	B757は2004年に	小糸製作所	照明機器		
	に生産終了。	神戸製鋼所	チタン鍛造品		
		島津製作所	貨物室扉作動用機器、APUドア作動用機器、主脚作動用機器、他		
		ジャムコ	ギャレー		
		ｼﾝﾌｫﾆｱ ﾃｸﾉﾛｼﾞｰ	貨物扉用モーター		
		新明和工業	胴体圧力隔壁、水平尾翼後縁		
		ナブテスコ	補助翼作動用機器	サブコン又は	
		東京航空計器	予備高度計	サプライヤー	
		日本航空電子	加速度計		
		日本飛行機	昇降舵		
		富士重工業(現 SUBARU)	外側フラップ		
		古河アルミ(現UACJ)	アルミ鍛造品		
		ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ	客室用スピーカー		
		三菱重工業	胴体縦通材(B757-300)		
		三菱電機	各種制御弁		
		横浜ゴム	化粧室、飲料水タンク		
	B767	三菱重工業	後部胴体、胴体扉		
	(181～375席)	川崎重工業	前胴パネル、中胴パネル、貨物扉、メインデッキ貨物扉(767-300F)	プログラム	15%
		富士重工業(現 SUBARU)	翼胴フェアリング、主脚扉	パートナー	(日本)
		日本飛行機	主翼リブ		
		新明和工業	胴体構造部品、水平尾翼後縁		
		KYB	脚作動用油圧部品		
		KIホールディングス	座席　－ 新規生産は中断	サブコン又は	
		小糸製作所	照明機器	サプライヤー	
		神戸製鋼所	チタン鍛造品、アルミ鍛造窓枠		
		島津製作所	フラップ駆動用部品、主脚作動用機器、昇降舵フィールアクチュエータ、他		

出典：(一財)日本航空機開発協会

表 1-2-5　日本メーカーの海外プロジェクトへの参画状況(その 2)

機体関係(固定翼機)(続き)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ボーイング	B767続き	ジャムコ	ギャレー、ラバトリー		
(米)	(181～375席)	シンフォニアテクノロジー	貨物扉アクチュエータ作動用電動モーター、バルブアクチュエータ作動用電動モーター		
		ソニー	機内ビデオ装置		
		大同特殊鋼	鋼板		
		ナブテスコ	スポイラー飛行制御用機器		
		天龍工業	座席		
		東京航空計器	予備高度計	サブコン又は	
		東芝	計器表示ブラウン管	サプライヤー	
		日本航空電子	加速度計		
		古河アルミ(現 UACJ)	アルミ鍛造品		
		パナソニック・アビオニクス	機内娯楽装置		
		三菱電機	各種制御弁、計器表示ブラウン管		
		ミネベアミツミ	ベアリング、小型モーター		
		横浜ゴム	複合材、飲料水タンク		
	B767BCF	川崎重工業	メインデッキ貨物扉及び同扉開口部胴体パネル		
	(改造貨物機)				
	B777	三菱重工業	後部胴体、尾胴、乗降扉		
	(312～550席)	川崎重工業	前胴パネル、中胴パネル、貨物扉、中胴下部構造、後部圧力隔壁	プログラム	21%
		富士重工業(現 SUBARU)	中央翼、翼胴フェアリング、主脚扉	パートナー	(日本)
		日本飛行機	主翼桁間リブ、スタブビーム		
		新明和工業	翼胴フェアリング		
		KYB	脚作動用装置、アキュムレーター		
		島津製作所	主脚作動用機器、貨物扉作動用機器、APUドア作動用機器、他		
		小糸製作所	照明機器、客室用表示装置		
		ジャムコ	ラバトリー、ギャレー、客室座席、客室床板		
		ソニー	客室オーディオシステム		
		ナブテスコ	フライトコントロールシステム作動用機器	サブコン又は	
		東レ	PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ	サプライヤー	
		日本飛行機	前脚扉		
		ブリヂストン	脚用タイヤ		
		シンフォニアテクノロジー	貨物扉アクチュエータ作動用電動モーター		
		ホシデン	液晶表示装置 (LCD)		
		横浜ゴム	飲料水タンク		
		昭和飛行機工業	ギャレー(777F用)		
		日機装	逆噴射装置用部品(カスケード、ブロッカードア)	スピリット(米)へ納入	
	B777X	三菱重工業	後部胴体、尾胴、乗降扉		
	(350～425席)	川崎重工業	前部・中部胴体、主脚格納部、貨物扉、圧力隔壁	プログラム	21%
		富士重工業(現 SUBARU)	中央翼、中央翼・主脚格納部結合、主脚扉、翼胴フェアリング(前部)	パートナー	(日本)
		日本飛行機	スタブビーム		
		新明和工業	翼胴フェアリング(中・後部)		
		東レ	PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ		
		ジャムコ	ラバトリー		
		ナブテスコ	フライトコントロールシステム作動用機器		
		多摩川精機	角度センサー	サプライヤー	
		パナソニック・アビオニクス	キャビンサービスシステム		
		日本飛行機	前脚扉		
		KYB	主脚扉アクチュエータ		
	B787	三菱重工業	主翼ボックス		
	(242～330席)	川崎重工業	前胴部位、中胴下部構造、主翼固定後縁	プログラム	35%
		富士重工業(現 SUBARU)	中央翼 及び 中央翼と主脚脚室とのインテグレーション	パートナー	(日本)
		新明和工業	主翼前後桁		
		ブリヂストン	脚用タイヤ		
		パナソニック・アビオニクス	キャビンサービスシステム、機内娯楽装置		
		東レ	PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ		
		島津製作所	水平安定板作動アクチュエータ、他	サブコン又は	
		ジャムコ	ラバトリー、ギャレー、操縦室ドア及び周辺隔壁、	サプライヤー	
			操縦室内装パネル及び収納ボックス、バーカウンター、プレミアムシート		
		多摩川精機	角度検出センサー(5種類)、小型DCブラシレスモーター、直角変位検出センサー		
		KYB	主脚作動用機器(B787-10)、テールスキッド・アクチュエータ(B787-10)、		
			前脚固定用アクチュエータ(B787-8/9)、前脚扉非常時解放用アクチュエータ	トライアンフ(米)へ納入	
			(B787-8/9)、主脚作動機構固定用アクチュエータ(B787-8/9)		
		日機装	主翼前縁部の炭素繊維強化複合材部品(J-Panel)	スピリット(米)へ納入	
		住友精密工業	APUオイルクーラー	(*1)へ納入	
		ジーエス・ユアサ	リチウムイオン電池	タレス(仏)へ納入	
		関東航空計器	リチウムイオンバッテリー監視装置	ジーエス・ユアサへ納入	
		ナブテスコ	配電装置	(*1)と共同	
	B717-200(117席)	ジャムコ	ギャレー、ラバトリー	サプライヤー	
		新明和工業	水平安定板、エンジンパイロン	RSP	
	DC-10(239席)	三菱重工業	テールコーン	サブコン又は	
	MD-11(298席)	三菱重工業	テールコーン	サプライヤー	
		ナブテスコ	昇降舵作動用機器、スラット作動用機器		

(*1)UTCエアロスペース・システムズ(現コリンズ・エアロスペース)(米)

出典 :(一財)日本航空機開発協会

表 1-2-5　日本メーカーの海外プロジェクトへの参画状況(その 3)

機体関係（固定翼機）(続き)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
エアバス	A300/A310	ジャムコ	ギャレー、垂直尾翼用構造材（A300のみ）		
(英・仏・独・	(260/210席)	東レ	内装部品用材料	サブコン又は	
スペイン)	A300/A310は	ハネダイナミクス・アビオニクス	機内娯楽装置、内装部品用材料	サプライヤー	
	生産終了	住友精密工業	脚部品（A300向け）	(*2)へ納入	
	A319	三菱重工業	シュラウド・ボックス(主翼構成品)　－生産終了	サブコン又は	
	(124～156席)	ジャムコ	ギャレー、垂直尾翼用構造材	サプライヤー	
	A320	ブリヂストン	脚用タイヤ		
	(150～189席)	三菱重工業	シュラウド・ボックス(主翼構成品)　－生産終了	サブコン又は	
		東邦テナックス	炭素繊維	サプライヤー	
		ジャムコ	ギャレー、垂直尾翼用構造材		
		日機装	「シャークレット」の複合材製の桁とパネル	大韓航空へ納入	
	A321	川崎重工業	後部延長胴体スキンパネル　－2007年3月生産終了	サブコン又は	
	(185～240席)	ジャムコ	ギャレー、垂直尾翼用構造材	サプライヤー	
	A330/A340	神戸製鋼所	窓枠材		
	(246～440席)	住友精密工業	脚部品		
	A340は生産終了	三菱重工業	後部貨物扉　－生産終了		
		横河電機	液晶表示装置（LCD）	サブコン又は	
		ブリヂストン	脚用タイヤ　（A340-500/600）	サプライヤー	
		日機装	逆噴射装置用部品（カスケード）(A340-500/600)		
		古河スカイ	超塑性アルミニウム合金		
		東レ	PAN（ポリアクリルニトリル）系炭素繊維（A330neo）		
		新明和工業	翼胴フィレット・フェアリング		
		ジャムコ	ギャレー、垂直尾翼用構造材		
	A350	ジャムコ	プレミアムシート、客室後方ギャレー（ラバトリーと一体化様式）		
			貨物室床下構造材(カーゴストラット)		
	(276～440席)	多摩川精機	角度検出センサー、電動アクチュエータ、		
			直角変位検出センサー、ステップモーター	サブコン又は	
		横河電機	液晶表示装置（LCD）	サプライヤー	
		ブリヂストン	脚用タイヤ		
		東邦テナックス	炭素繊維強化熱可塑性樹脂積層板		
		神戸製鋼所	着陸装置用チタン大型鍛造品	(*2)へ納入	
	A380	ジャムコ	二階席用フロアクロスビーム、垂直尾翼用構造部材、		
	(525～853席)		ギャレー、後部電子機器収納棚		
		新明和工業	翼胴フィレット・フェアリング、複合材製主翼ランプサーフェス		
		東邦テナックス	PAN（ポリアクリルニトリル）系炭素繊維	サブコン又は	
		東レ	PAN（ポリアクリルニトリル）系炭素繊維、PAN系炭素繊維プリプレグ	サプライヤー	
		日機装	逆噴射装置用部品（カスケード）		
		日本飛行機	水平尾翼端		
		富士重工業(現 SUBARU)	垂直尾翼前縁・後縁、垂直尾翼端及びフェアリング		
		三菱重工業	前部貨物扉、後部貨物扉		
		横浜ゴム	貯水タンク、浄化槽タンク、プリプレグ		
		横河電機	液晶表示装置（LCD）	タレス・アビオニックへ納入	
		オルタス テクノロジー	LCDシステムの液晶とガラス部分　－ 生産終了	タレス・アビオニックへ納入	
		牧野フライス	マシニングセンタ、主翼精密部品		
		ブリヂストン	脚用タイヤ		
		住友精密工業	脚部品		
		三菱レイヨン	炭素繊維材料	サブコン又は	
		ハネダイナミクス・アビオニクス	機内娯楽装置	サプライヤー	
		KIホールディングス	座席　－ 新規生産は中断中		
		昭和飛行機工業	アラミド・ハニカム		
		コミー	手荷物棚ミラー		
	機種共通	ミネベアミツミ	各種ベアリング及びブッシング	サプライヤー	
		新日鐵住金	純チタンシート		
ATR	ATR42/72	住友精密工業	前脚　－生産終了	(*2)へ納入	
(仏・伊)	(45/70席)	横河電機	液晶表示装置（LCD）	サプライヤー	
ボンバルディア	Global Express	三菱重工業	主翼、中胴、中央翼	RSP	
(カナダ)	(8～19席)				
	Dash8-Q400	三菱重工業	中胴、後胴、水平尾翼、垂直尾翼、尾翼舵面　－生産終了	RSP	
	(70席)	ナブテスコ	スポイラー作動用機器	サプライヤー	
	CRJ700/900	三菱重工業	尾胴　－生産終了	RSP	
	(70/86席)	住友精密工業	前脚及び主脚及び脚揚降、テイル・バンパー	(*1)へ納入	
	CRJ1000	住友精密工業	前脚及び主脚及び脚揚降、テイル・バンパー	(*1)へ納入	
	(104席)				
	Challenger300/350	三菱重工業	主翼	RSP	
	(8席)	住友精密工業	主脚構成品	(*2)へ納入	
	Challenger605	住友精密工業	主脚構成品	(*2)へ納入	
	(10席)				
	Global 5000	三菱重工業	主翼、中胴、中央翼	RSP	
	(8～19席)				
	Global 7500/8000	新明和工業	動翼(スラット、外側フラップ、スポイラー)	トライアンフへ納入	
	(8～19席)				

(*1)UTCエアロスペース・システムズ(現 コリンズ・エアロスペース)(米)、 (*2) サフラン・ランディング・システムズ（仏)

出典：(一財)日本航空機開発協会

表 1-2-5　日本メーカーの海外プロジェクトへの参画状況(その 4)

機体関係(固定翼機)(続き)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ﾎﾞﾝﾊﾞﾙﾃﾞｨｱ (ｶﾅﾀﾞ)	Learjet 85 (8～10席)	多摩川精機	小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー	サプライヤー	
エアバス	A220(旧CS100/300) (110～130席)	多摩川精機 東邦テナックス	電動レバー類、角度検出センサー、直角変位検出センサー 炭素繊維	サプライヤー	
エンブラエル (ブラジル)	E170/E175 (70/78席)	川崎重工業 住友精密工業	動翼(フラップ、補助翼等)、中央翼、 主翼固定前後縁、パイロンは2002年よりｴﾝﾌﾞﾗｴﾙ社に順次移管 空調装置	 RSP	
		多摩川精機 ブリヂストン ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ ナブテスコ	小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー 脚用タイヤ(E175-E2) 機内エンターテインメント・コネクティビティ(E175-E2) スポイラー作動用機器	サプライヤー ﾊﾟｰｶｰ・ﾊﾈﾌｨﾝ(米)へ納入	
	E190/E195 (98/108席)	川崎重工業 住友精密工業	動翼(フラップ、補助翼等)、 主翼ボックス、主翼固定前後縁、中央翼、ｳｲﾝｸﾞﾚｯﾄは2006年よりｴﾝﾌﾞﾗｴﾙ社に順次移管 空調装置	 RSP	
		多摩川精機 ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ・ｱﾋﾞｵﾆｸｽ ナブテスコ	小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー(E190) 機内エンターテインメント・コネクティビティ(E190-E2、E195-E2) スポイラー作動用機器	サプライヤー ﾊﾟｰｶｰ・ﾊﾈﾌｨﾝ(米)へ納入	
	Leagcy 450/500 (2+9/8～12席)	多摩川精機	直角変位検出センサー	サプライヤー	
ｶﾞﾙﾌｽﾄﾘｰﾑ (米)	G250 (8～10席)	多摩川精機 KYB	角度検出センサー、直角変位検出センサー スポイラー作動用機器	サプライヤー ﾑｰｸﾞ(米)へ納入	
	G300/400/450 (14席)	新明和工業 多摩川精機 住友精密工業	レドーム部品 小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー(G450) 脚作動用装置	サプコン又は サプライヤー	
	G500/550 (15席)	新明和工業 住友精密工業 多摩川精機	フラップ他 脚作動用装置 小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー(G550)	RSP サプコン又は	
	G650 (11～18席)	多摩川精機	角度検出センサー、直角変位検出センサー	サプライヤー	
ﾎｰｶｰﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ (米)	Hawker 4000(*1) (8席)	富士重工業(現 SUBARU)	主翼構造システム　　－生産終了	RSP	
	PremierI (6席)	新明和工業	動翼　　－生産終了	サプライヤー	
エクリプス (米)	Eclipse 500(*1) Eclipse E550	富士重工業(現 SUBARU) 多摩川精機	主翼　　－生産終了 電動アクチュエータ	 サプライヤー	
ﾎﾝﾀﾞｼﾞｪｯﾄ (米)	HA-420 (2+4席)	住友精密工業	前脚及び主脚システム	サプライヤー	
ドルニエ (独)	Seastar CD2 (2+12席)	住友精密工業	降着装置	サプライヤー	
セスナ (米)	Citation Sovereign Citation XLS	ナブテスコ	スポイラー作動用機器 フラップ作動用機器、スピードブレーキ作動用機器、脚作動用機器	サプライヤー	

(*1)Hawker 4000は生産中断、Eclipse 500は生産終了

機体関係(ティルトローター)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ﾍﾞﾙ・ｱｸﾞｽﾀ (米/伊)	AW609 (6～9席)	富士重工業(現 SUBARU) 川崎重工業 ナブテスコ	全胴体構造 / システム取付　　－ 終了 客室ドア、胴体尾部テールコーン 主脚扉作動用機器	RSP サプコン又は サプライヤー	

機体関係(ヘリコプター共同開発)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ﾕｰﾛｺﾌﾟﾀｰ (仏/独)	BK117	川崎重工業	全機組立、胴体、主減速歯車装置	プログラム パートナー	
SUBARU （日） ベル （米）	412EPX	SUBARU	全機組立	共同開発	

機体関係(ヘリコプター)

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ｱｸﾞｽﾀ (米/伊)	AW139 (12～15席)	川崎重工業	高速ギアボックス	RSP	
MDHI (米)	MD Explorer (6席)	川崎重工業 住友精密工業	主減速歯車装置 環境制御部品	サプコン又は サプライヤー	
ｼｺﾙｽｷｰ (米)	S-92 Helibus (19～22席)	三菱重工業 ナブテスコ	胴体客室部　　－生産終了 ブレーキ作動用部品	RSP サプライヤー	

（注）プログラムパートナー(機体関係)：持分権を持つフルパートナーとプログラムパーティシパントの中間に位置づけられる方式。
RSP：リスク・アンド・レベニュー・シェアリング・パートナー。開発費を分担し、シェアに応じて収益を分配する方式。

出典：(一財)日本航空機開発協会

第２節　日本の航空機工業の現状

1.　生産規模

日本の航空機工業生産額は、平成 10 年度に初めて 1 兆円の大台を突破し、平成 15 年度～平成 16 年度は 9,000 億円台に下がったものの、以降 1 兆円台を維持し、平成 30 年度には 1 兆 8 千億円を超えた。一方、平成 30 年度における日本の自動車産業の生産規模は部品産業も含めると 62 兆円強となっており、それと比較すると航空機工業の規模はまだ小さい。

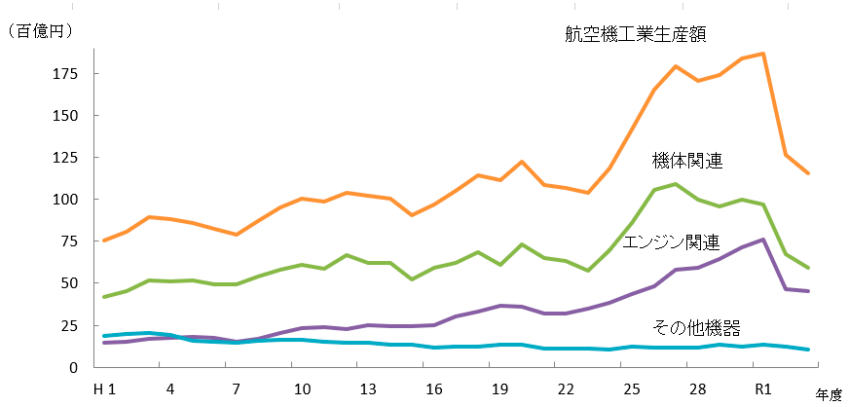
令和 3 年度は、前年度より約 9%減の 1 兆 1,554 億円となった。COVID-19 による落ち込みから回復していない。（図 1-1-5 参照）

航空機工業の生産品種は、「機体とその部品・付属品（機体）」「エンジン関連」「プロペラローター、補機、航空計器などを含む関連機器」の 3 つに大別される。品種別生産の内訳では図 1-2-7 に示すように、令和 3 年度は機体関連が 5,930 億円(全体の 51%）で前年比約 39%の減少、エンジン関連が 4,549 億円(同 39%)で前年比約 40%の減少、その他機器が 1,075 億円(9%）で前年比約 22%の減少となっている。また、平成 12 年度～令和元年度までの 20 年間で見ると航空機工業全体で 80%、機体関連は 45%、エンジン関連は 238%の増加傾向であるが、その他の機器については 5%の減少となっている。このことから、その他の機器の受注についても伸ばして行くことが望まれる。

一方、図 1-2-8 及び表 1-2-6 に示すように作業別生産内訳では、令和 3 年度の製造額は 9,457 億円で前年比約 12%の減少、修理額 2,097 億円で前年比約 11%の増加であった。平成 7 年度～平成 11 年度と平成 27 年度～令和元年度の各 5 年間の生産額合計を比較すると、製造が 134%、修理が 65%それぞれ増加している。ローコストキャリア(LCC)の拡大とともに、整備・修理事業の拡大が見込まれており、整備・修理事業は今後の航空機工業における有力分野の一つと言える。

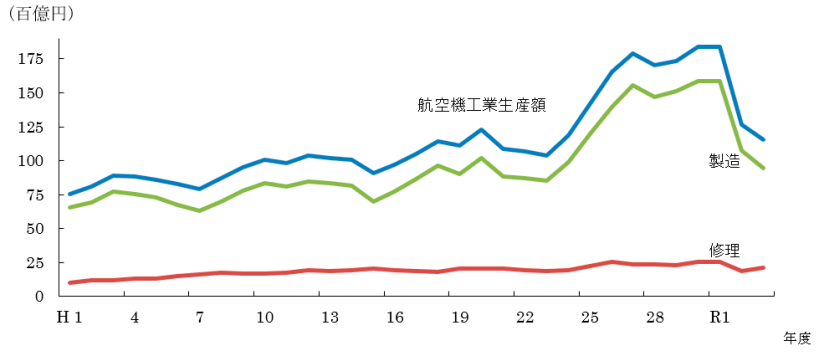
日本の航空機工業は昨今、民需部門を中心として着実に売上高を伸ばしているがその生産規模(暦年)を海外と比較して見ると、図 1-2-9 に示すようにフランスは日本の約 4 倍、米国は約 14 倍大きく、まだまだ欧米の生産規模には及んでいない。

図 1-2-7 航空機工業の品種別生産額の推移



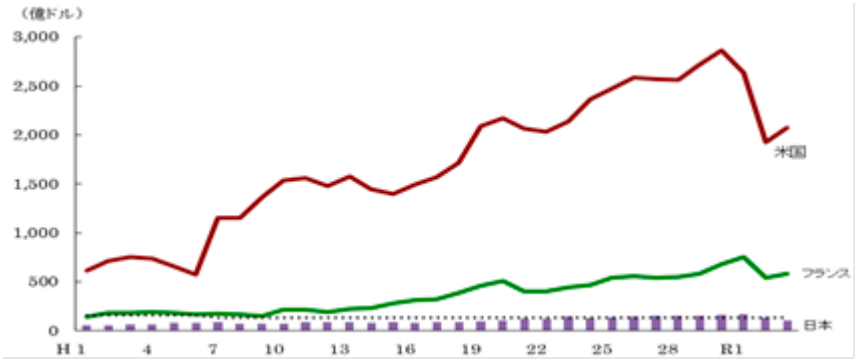
出典：(一社) 日本航空宇宙工業会

図 1-2-8　航空機工業の作業別生産額



出典：(一社) 日本航空宇宙工業会

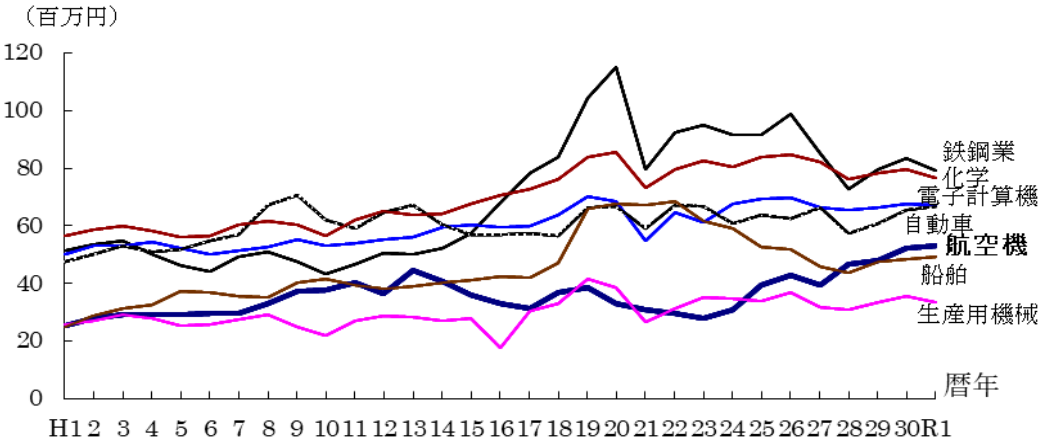
図 1-2-9　日本の航空機工業生産規模の現段階



出典：(一社) 日本航空宇宙工業会

航空機工業の 1 人当たりの製造品出荷額は、図 1-2-10 に示すように平成 13 年以降の漸減傾向から増加傾向に転じつつあるが、世界的に競争力のある自動車工業の 7 割程度であり、船舶工業とほぼ等しいレベルにある。

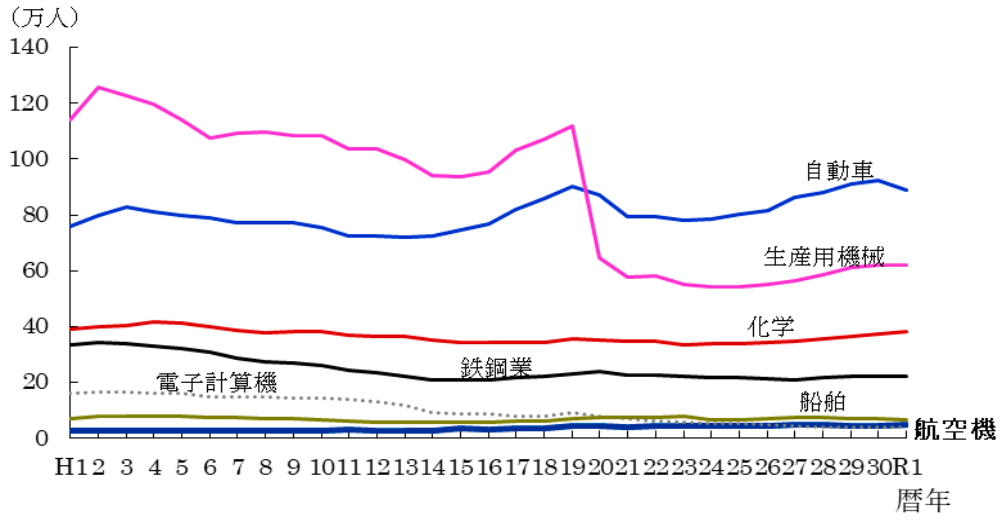
図 1-2-10　1 人当たりの製造品出荷額の推移



出典：工業統計表

また、航空機工業の産業分野別従業員数は令和元年度から 20%以上落ち込み、図 1-2-11 に示すように、国内産業規模の大きな自動車工業の 5%以下である。

図 1-2-11　産業分野別従業員数の推移



出典：工業統計表

表 1-2-6　航空機工業の年度別生産実績

年度	生産額の作業別内訳　（単位：億円）											
	製　造						修　理					総合計
	航空機		同部品	ｴﾝｼﾞﾝ	その他	合計	航空機	同部品	ｴﾝｼﾞﾝ	その他	合計	
	機数											
H13	67	1,688.0	3,422.3	2,080.4	1,130.6	8,321.3	750.5	359.8	458.0	329.4	1,897.7	10,219.0
14	98	1,653.2	3,422.0	1,981.2	1,072.4	8,128.8	774.1	389.1	465.2	307.6	1,936.0	10,064.8
15	110	1,253.5	2,745.2	1,935.2	1,060.7	6,994.6	848.2	404.2	517.6	287.5	2,057.5	9,052.1
16	96	1,819.3	2,925.2	2,072.3	920.8	7,737.6	808.7	394.7	465.6	281.5	1,950.5	9,688.1
17	68	1,331.5	3,792.9	2,545.1	955.4	8,624.9	718.8	360.0	511.8	280.2	1,870.8	10,495.7
18	74	1,159.6	4,685.9	2,784.4	984.9	9,614.8	642.1	366.5	521.1	278.7	1,808.4	11,423.2
19	63	676.6	4,314.0	3,004.5	1,051.9	9,047.0	694.9	428.4	674.9	278.7	2,076.9	11,123.9
20	87	2,307.0	3,807.7	3,012.6	1,089.8	10,217.1	748.4	442.4	594.3	255.5	2,040.6	12,257.7
21	78	1,308.6	4,018.7	2,622.6	873.9	8,823.8	671.0	491.7	599.8	267.6	2,030.1	10,853.9
22	54	1,576.3	3,591.0	2,677.0	876.1	8,720.4	776.6	406.2	514.0	246.4	1,943.2	10,663.6
23	66	596.0	4,100.8	2,952.6	871.9	8,521.3	648.7	428.7	523.0	249.2	1,849.6	10,370.8
24	48	583.7	5,153.8	3,338.7	806.4	9,882.5	706.6	507.0	512.0	230.1	1,955.6	11,838.1
25	32	562.6	6,610.2	3,791.2	987.0	11,951.0	739.3	650.7	599.6	229.4	2,218.9	14,169.9
26	40	769.1	8,136.8	4,113.5	956.6	13,976.1	968.0	690.3	697.4	215.5	2,571.2	16,547.3
27	22	658.4	8,908.0	5,000.6	978.5	15,545.5	738.8	585.5	831.8	219.0	2,375.1	17,920.6
28	31	1,145.4	7,326.5	5,228.8	999.4	14,700.1	843.7	637.2	690.0	187.5	2,358.3	17,058.4
29	26	1,351.9	7,015.0	5,589.5	1,141.0	15,097.4	686.3	541.3	830.9	212.7	2,271.3	17,368.7
30	35	1,441.9	7,057.9	6,308.3	1,053.4	15,861.5	920.2	559.7	835.5	206.3	2,521.8	18,383.3
R1	23	1,053.4	7,414.9	7,182.7	1,181.0	16,832.1	736.0	500.9	424.8	195.4	1,857.2	18,689.3
R2	19	1,214.8	4,200.3	4,254.9	1,075.7	10,745.6	844.7	459.1	409.1	171.3	1,884.2	12,629.8
R3	25	1,439.2	3,120.5	3,989.9	907.1	9,456.7	805.1	565.1	558.9	167.8	2,096.9	11,553.6

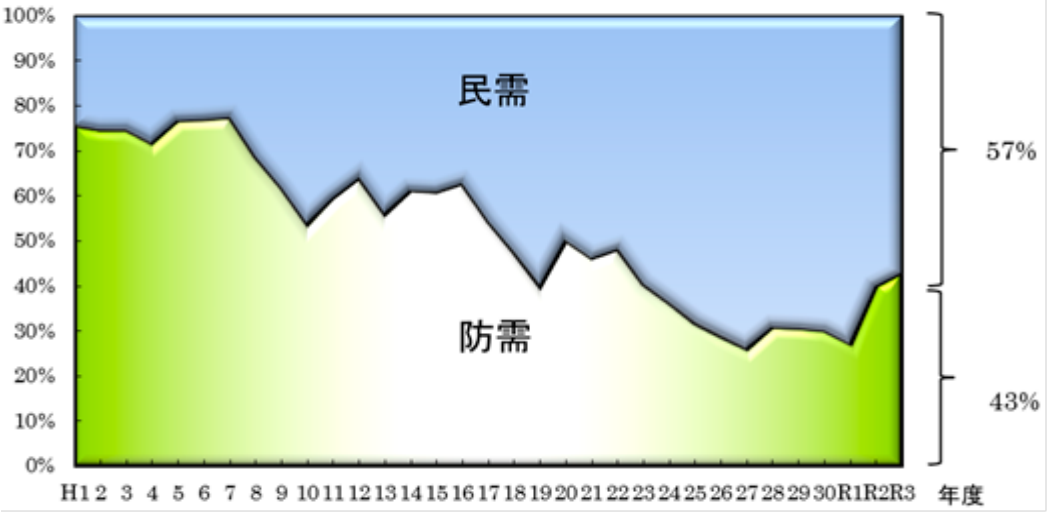
出典：(一社)日本航空宇宙工業会

2. 需要構造と輸出動向

航空機工業は国防産業の中核的役割を担うため、いずれの国においても程度の差こそあれ、基盤防衛力確保の面から政府需要または防衛需要の比率は小さくない。航空先進国の令和 3 年の防需比率は米国 43%、仏国 35%となっている。(図 1-1-4 参照)

令和 3 年度の日本の航空機工業全体に占める防需の割合は 43%で、前年の 40%と同程度であり COVID-19 の影響を受けている。平成 18 年以降、民需と防需の比率が逆転した要因としては、民間航空機の生産額が国際共同開発の順調な進展に伴い増加したこと、防衛航空機の生産額が防衛予算の漸減に加え維持整備費用の増加の影響から新製機の取得数量減により減少したことが考えられる。これまで防衛需要が高かった理由としては、戦後の航空機工業再開当初は米国から防衛庁(現 防衛省)への供与機修理事業からスタートし、その後防衛庁機のライセンス生産や自主開発のプロセスを経て今日に至っていることが挙げられる。(図 1-2-12 参照)

図 1-2-12　需要別生産額構成比

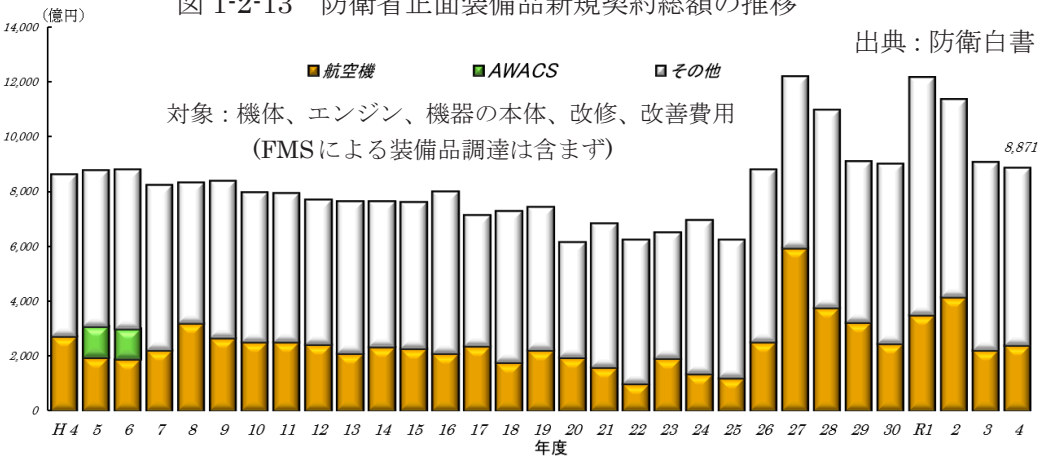


出典　：経済産業省 機械統計、財務省 貿易統計

一部の例外国はあるが、東西冷戦の終結以降、世界的に防衛費は顕著な削減傾向にあった。我が国においても図 1-2-13 に示すように、平成 3 年度以降防衛庁正面装備品の新規契約総額が削減され、航空機(機体、エンジン、機器)の契約総額も減額されてきた。平成 10 年度～平成 20 年度はほぼ 2,000 億円台の規模で推移していたが、平成 20 年度以降は漸減傾向が続いた。しかし平成 26 年度～平成 27 年度は連続して増加し、平成 27 年度は P-1 固定翼哨戒機の一括調達契約等により、平成 4 年以降で最高となっている。その後山谷はあるが、9,000 億円以上の規模を保っている。

図 1-2-13　防衛省正面装備品新規契約総額の推移

出典：防衛白書



我が国の防衛需要(米軍特需は含まず)への依存率は、航空機工業再開初期に当たる昭和 32 年～昭和 35 年までは平均 80%近い高率で推移し、同期間の米軍特需を合わせると航空機工業の 90%を占めていた。防衛需要はその後昭和 30 年代後半も平均 77%の高水準であったが、YS-11 などの民間機の出現で昭和 43 年には 52%にまで比率を下げた。YS-11 の生産終了後これに代わるべき民間輸送機の生産がなかったために、再び防衛需要への依存度は高くなった。

平成 9 年からの世界的縮減傾向を背景とした財政構造改革の影響で、平成 18 年度に防衛需要依存度は 48%となり、防需が民需を初めて下回り、しばらくは減少傾向が続いた。令和元年までの数年は約 30%で横ばい傾向にあったが、令和 3 年度は COVID-19 の影響を受けて 43%まで増加した。令和 4 年度 12 月に安保 3 文書が改訂され、防衛費拡大につれて今後の比率は、直近の世界各国と同様に増加の可能性がある。

平成 30 年 12 月、「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱」(新大綱)と「中期防衛整備計画(平成 31 年度～平成 35 年度)」(新中期防)が閣議決定された。新大綱には、従来の陸・海・空に加え宇宙・サイバー領域での対応強化が明記され、新しい防衛力の概念として「多次元統合防衛力」が打ち出された。新中期防では、今後 5 年間の予算総額が過去最大となったが、装備体系、技術基盤および装備調達に係る各種施策に加え、国内防衛産業への競争原理の導入や、契約制度の見直しによるコスト削減努力も加えられた。こうした背景の下に一部近代化に適さない F-15 戦闘機に代わって F-35A/B の導入、近代化改修を行った戦闘機(F-15)の電子戦能力等の能力向上、戦闘機(F-2)のネットワーク機能等の能力向上、空中給油・輸送機(KC-46A)及び救難ヘリコプター(UH-60J)の整備等が織り込まれた。また、初等練習機(T-7)の後継となる新たな初等練習機の整備、F-2 後継機の「国際協力を視野に、わが国主導の開発に早期に着手」の取組みも明記された。

《民間需要》

国内需要は YS-11 の生産を終了した昭和 48 年以後需要がもっぱら国内エアライン、民間航空サービス向けの部品・修理に限られるようになったが、国内保有機数の増大に比例して増えてきた。

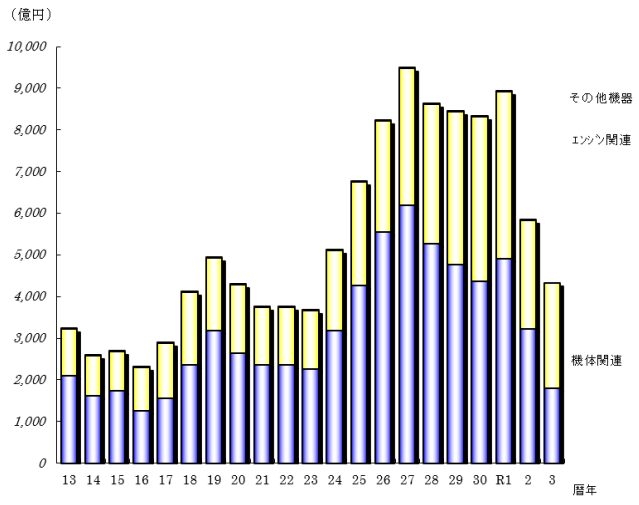
また、我が国の輸出(対生産額)は、日本貿易年表によると、輸出比率が 10%に満たない状態が長く続いたが、平成 8 年頃から航空機部品の輸出が増加し、平成 17

年以降は 30%以上が続いた。平成 30 年度は過去最大となった平成 27 年度から低下し、46%となった。

令和 3 年(暦年)の輸出額は 4,317 億円で前年比 26%の減少となった。特に機体関連輸出が令和元年の 63%減少と回復しない。(図 1-2-14、図 1-2-15 参照)

公表された諸外国の航空機工業の売上高に占める輸出比率(令和 3 年)は、米国 67%、仏国 62%(仏は宇宙を含む)と高く、航空機工業が国を支える有力な輸出産業となっている。これは軍用機／大型旅客機の輸出が大きい。当初は軍用開発でも民間に転用され輸出できることなどの背景による。我が国では、平成 23 年に防衛省が「防衛省開発航空機の民間転用に係る技術資料の利用に関する手続」を通達し防衛航空技術の幅広い活用が検討されている。また、政府は同年「防衛装備品等の海外移転に関する基準」を発表した後、平成 26 年に防衛装備移転三原則を発表し、防衛装備の海外移転について原則を定めた。令和 4 年 12 月制定の「防衛力整備計画」に移転の推進を政府が主導するとされ、基金の創設や企業支援も示された。今後も我が国が抱える課題を一つ一つ解決しながら対処していくことが必要とされる。

図 1-2-14　品種別輸出額の推移

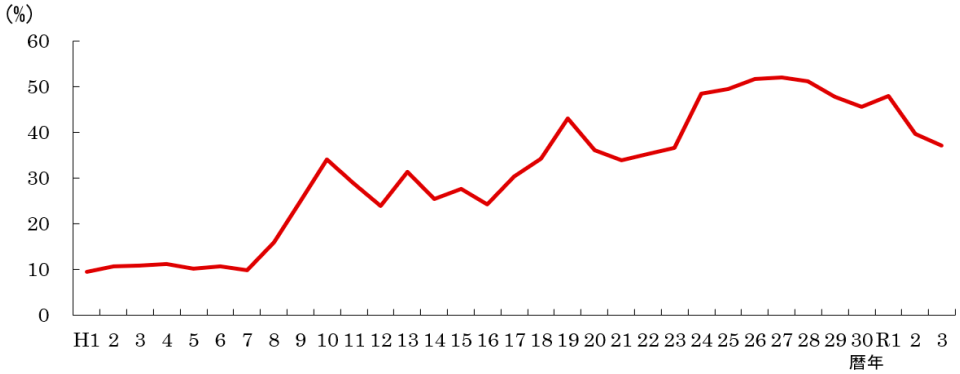


(億円)

暦年	機体関連	ｴﾝｼﾞﾝ関連	その他機器	合計
13	2,093.9	1,130.4	2.0	3,226.2
14	1,614.1	957.7	0.3	2,572.1
15	1,730.7	949.9	0.3	2,680.8
16	1,264.6	1,032.5	0.2	2,297.2
17	1,556.2	1,326.0	0.6	2,882.8
18	2,363.9	1,734.7	0.6	4,099.2
19	3,177.9	1,753.2	0.2	4,931.4
20	2,648.2	1,637.6	0.4	4,286.2
21	2,362.3	1,384.0	1.7	3,748.0
22	2,362.3	1,384.0	1.7	3,748.0
23	2,267.7	1,398.9	1.5	3,668.1
24	3,180.9	1,920.4	0.2	5,101.5
25	4,266.5	2,489.6	0.4	6,756.5
26	5,540.1	2,685.1	0.6	8,225.8
27	6,194.8	3,293.0	11.4	9,499.2
28	5,271.0	3,337.3	4.4	8,612.7
29	4,759.4	3,667.8	0.3	8,427.6
30	4,368.9	3,954.8	0.1	8,323.8
R1	4,915.0	3,993.6	0.1	8,908.7
2	3,223.4	2,606.9	0.4	5,830.6
3	1,789.2	2,526.8	0.5	4,316.6

出典：財務省　貿易統計

図 1-2-15　日本の航空機工業の輸出比率の推移



出典：（一社）日本航空宇宙工業会

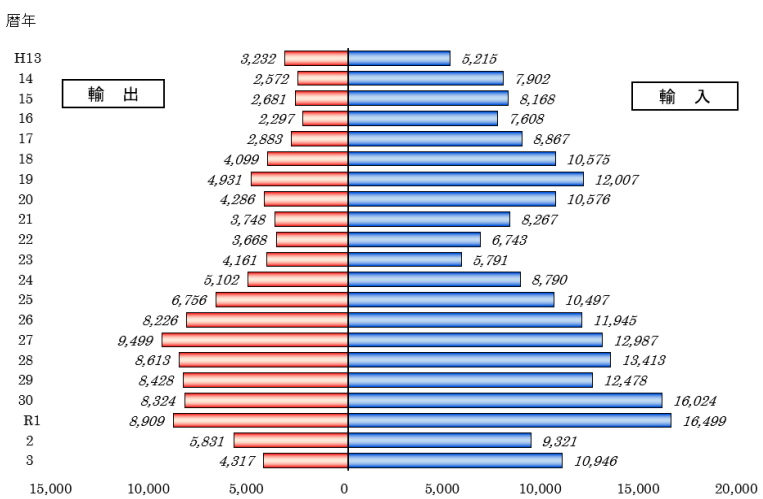
一方、世界的軍需の低下から平成 9 年のボーイング社とマクドネル・ダグラス社との合併のように、各国メーカーは生き残りを賭けた業界再編成を展開しており、世界の民需市場での競争は一段と激化している。リージョナル旅客機やピストンエンジン機の事業撤退や事業転売、合併・統合志向など収益性が低く動きが激しい民間機事業やビジネス機の高収益決算に見られる多様性は、民需環境は複雑であることを示している。日本の航空機工業を取り巻く現環境は決して平坦なものではない。しかし、日本は 21%分担生産を担当している B777X、分担比率を 35%にまで引き上げた B787、国際共同開発プロジェクトの各種エンジンで得た技術開発などのノウハウを生かし、国際共同開発のシェアの拡大や海外からの下請部品の積極的取り込みなど、民間輸出の増加を図ってきている。

3.　輸入動向

財務省貿易統計によれば、平成 14 年～令和 3 年までの 20 年間の我が国の航空機工業の輸出累計額(暦年)は 10 兆 9,331 億円で、これは同期間の航空機工業の生産額(暦年)26 兆 2,501 億円(機械統計年報)の 42%となる。これに対して、平成 14 年～令和 3 年までの航空機工業の輸入累計額は 20 兆 9,404 億円であり、同期間の輸出累計額の約 2 倍、同じく航空機工業の生産累計額の 80%に相当し、さらに F-35 戦闘機、V-22、KC-46 のように輸入に加算されない政府支出(有償援助) もあり、我が国の航空機関連は外国の寄与が多く、輸入額もいかに大きいかが理解できる。なお、輸出入バランスは、航空機工業再開以来恒常的に入超となっている。(図 1-2-16 参照)

令和 3 年の航空機工業輸入額は前年比 17%増の 1 兆 946 億円であった。その内訳は航空機と部品・付属品が 53%、エンジンとその部品が 45%、関連機器が 2%である。(図 1-2-17、図 1-2-18 参照)

図 1-2-16　航空機関連輸出入の推移(単位：億円)

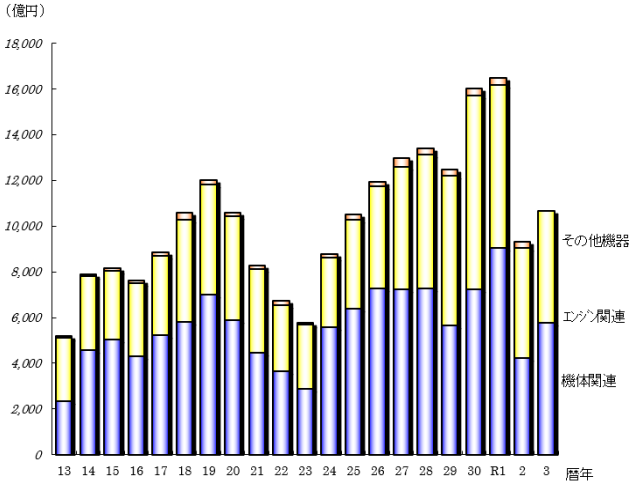


(億円)

暦年	輸出	輸入
H13	3,232	5,215
14	2,572	7,902
15	2,681	8,168
16	2,297	7,608
17	2,883	8,867
18	4,099	10,575
19	4,931	12,007
20	4,286	10,576
21	3,748	8,267
22	3,668	6,743
23	4,161	5,791
24	5,102	8,790
25	6,756	10,497
26	8,226	11,945
27	9,499	12,987
28	8,613	13,413
29	8,428	12,478
30	8,324	16,024
R1	8,909	16,499
2	5,831	9,321
3	4,317	10,946

出典：財務省　貿易統計

図 1-2-17　品種別輸入額の推移



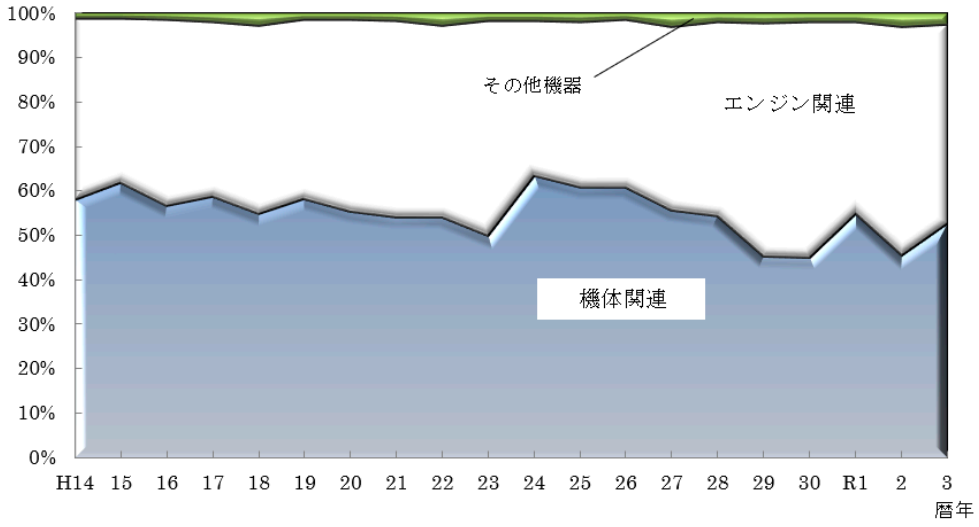
(億円)

暦年	機体関連	ｴﾝｼﾞﾝ関連	その他機器	合計
13	2,354.0	2,746.7	105.0	5,206
14	4,589.8	3,218.9	93.5	7,902
15	5,051.1	3,010.0	106.8	8,168
16	4,318.9	3,188.8	100.4	7,608
17	5,222.2	3,481.5	163.2	8,867
18	5,811.7	4,478.7	285.1	10,575
19	6,993.4	4,830.8	183.1	12,007
20	5,869.6	4,549.0	157.3	10,576
21	4,476.8	3,640.7	150.2	8,268
22	3,646.2	2,907.4	189.4	6,743
23	2,895.4	2,799.6	96.0	5,791
24	5,578.5	3,059.5	152.3	8,790
25	6,382.5	3,917.6	197.1	10,497
26	7,264.5	4,495.4	185.4	11,945
27	7,229.6	5,359.9	397.1	12,987
28	7,283.3	5,868.8	260.5	13,413
29	5,656.5	6,541.4	280.0	12,478
30	7,218.3	8,488.8	316.5	16,024
R1	9,049.7	7,118.5	330.4	16,499
2	4,243.1	4,788.1	289.9	9,321
3	5,777.0	4,901.1	267.6	10,946

出典：財務省 貿易統計

出典：財務省　貿易統計

図 1-2-18　品種別輸入額の構成比



出典：(一社)日本航空宇宙工業会

4.　技術開発動向

航空機工業は素材、工作機械、電子部品、ソフトウェアなどの幅広い分野に渡る最先端の産業力を結集した裾野の広い産業であり、それぞれの分野で最先端の技術力が要求され、製造業全体の技術を牽引するという役割を果たしてきた。中でも防衛航空機部門は各国で国防予算を投入した超最先端技術の実証の場としての側面も有する。このため、世界各国においては、民間機主導により航空機工業全体の発展を図りつつ、特殊な技術基盤が要求される防衛航空機の開発を民生技術も活用しながら進めることで、防衛産業基盤を維持すると同時に、民生分野への技術のスピンオフが進められている。

また、航空機やエンジンの開発は近年では初期投資が非常に大きく投資回収期間が超長期に及ぶことから、投資・生産上のリスクを最小化するために国をまたがる産業再編、寡占化が進み、同時にビジネスモデルとしても米・欧企業を核とする国際共同開発が趨勢となっている。このため、B787 の開発プロジェクトに見られるようにコアの技術は押さえつつ、モジュール単位で開発、設計、製造を外注する国際分業の中､内外の優れた技術や生産基盤を自陣営に取り込む競争が激化している。さらに、機体、エンジン、装備品の開発では、安全性と共に、環境適合性や燃費向上が技術課題の焦点となっており､複合材等の最先端の素材技術や製造技術に関し、

産官学の連携を含めた戦略的な研究開発を加速させつつある。

我が国でも技術開発や航空機開発に対して積極的な政府の支援措置が行われており、財政的支援のみならず、1 メーカーだけで保持するには稼動率が低く効率の悪い大型・高額の研究開発設備を国が建設・所有し、複数のメーカーが利用できる道も開けている。防衛関係では、北海道東千歳に空力推進研究施設として高空試験設備などが建設され、将来戦闘機用 XF9-1 エンジンなどの開発試験に利用された。

また、平成 28 年には防衛装備庁から防衛技術戦略が公表され、技術政策の目標や具体的施策が明らかにされた。

一方、業界においても将来航空機の研究・開発のために自主開発技術の確立に努め、防衛航空機のみならず民間航空機の開発に対応できる能力を備えつつある。

平成 5 年に基盤技術研究促進センター出資のもとに「先進材料利用ガスジェネレータ研究所」が設立され、航空機エンジンも対象とした革新的ガスタービンの基盤技術の確立を目指して研究を行ってきた。

超音速輸送機について通産省(現 経済産業省)は、要素技術や材料技術など日本全体の技術レベルの底上げを図り、平成元年度より「超音速輸送機推進システムの研究開発」(HYPR プロジェクト)を開始し平成 10 年度まで継続した。本プロジェクトは国内エンジンメーカー3 社(石川島播磨重工業(現 IHI)、川崎重工業、三菱重工業(現 三菱重工航空エンジン))で構成される HYPR 組合と国立研究所 4 機関(航空宇宙技術研究所(現 JAXA)、機械技術研究所、計量研究所、大阪工業技術研究所(現 大阪公立大学工学部))及び海外エンジンメーカー4 社(ユナイテッド・テクノロジーズ社、ゼネラル・エレクトリック社、ロールス・ロイス社、SNECMA 社(現 SAFRAN 社))が研究を実施し、産業科学技術研究開発制度によって進められた初の国際共同プロジェクトであった。

また平成 11 年度からは 5 年間にわたり次世代超音速輸送機のエンジンの高性能化と環境適合性を同時に改善して社会的受容性を高めるため、低騒音化技術や窒素酸化物排出抑制技術等の開発を行った。この「環境適合型次世代超音速推進システム研究開発」(ESPR プロジェクト)では HYPR プロジェクトと同じ国内エンジンメーカー3 社で構成される ESPR 組合と海外エンジンメーカー4 社および国立研究所 2 機関(JAXA、産業技術総合研究所)により研究を実施した。コンコルド以降超音速の民間機は途絶えていたが、近年小型機の分野で新たな開発が行われるようになっ

てきている。JAXA ではソニックブームと燃料消費量を低減する技術開発プロジェクト D-SEND を実施しており、ソニックブームが小さくなる機体設計技術コンセプトを実証した。

経済産業省は、平成 15 年度から民間航空機基盤技術プログラムに係る事業として、「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」プロジェクトを開始し、平成 20 年度～平成 24 年度にかけて航空機・宇宙産業イノベーションプログラムの一環として、次世代小型航空機用エンジンの実用化に向けた技術開発が国内エンジンメーカー3 社、JAEC、ESPR 組合で行われた。本研究開発は、3 期 10 年の計画で、第 1 期(平成 15 年度)はフィージビリティースタディーを、第 2 期(平成 16 年度～平成 18 年度)は実用化要素技術の確立を、そして第 3 期(平成 19 年度～平成 24 年度)では石油価格の急変動や経済危機、CO_2 削減要求の高まり等の環境変化に対応しつつ、エンジン要素技術の実証開発が行われ、直接運航費用 15%低減、低 NOx 性能(国際規制値 -50%)、低騒音性能(国際規制値 -20dB)を満足させる各種技術とともに、低コスト製造技術の開発など、広く実用化に向けた技術の開発を行った。

小型民間輸送機エンジン開発プロジェクトについては、平成 8 年に JAEC とゼネラル・エレクトリック社との間で CF34-8C エンジン(14,000lb)の共同開発協定が締結され、日本は高圧圧縮機の後段部分、低圧タービンやアクセサリー・ギアボックスなど 30%のシェアが確定した。また、平成 12 年に中小型民間輸送機用エンジンとして推力を増大させた CF34-10 についても同様の枠組みでゼネラル・エレクトリック社との共同開発協定が締結された。

平成 13 年度からは P-3C や C-1 の後継機として、次期固定翼哨戒機(P-X)および次期輸送機(C-X)の同時開発が計画され、共通化を図りながら国産開発が進められた。また、P-X では XF7-10 ターボファンエンジンの開発も行われ、試験飛行を完了し、これをもとに量産型機 P-1 の生産が開始された。P-1 に搭載される F7-10 エンジンは、平成 28 年に防衛装備庁と IHI の間で JAXA への販売に向けた民間転用契約が締結され、平成 29 年 3 月には JAXA と IHI で販売契約が結ばれた。JAXA は、航空エンジンの基礎研究の成果を実際の開発に反映させるために必要な実証設備として、F7 エンジンを使用することを計画している。

さらに、救難飛行艇 US-2 の民間への転用検討や、超音速輸送機の動向も大いに注目される。平成 24 年には「防衛省開発航空機の民間転用に係る技術資料の利用

に関する手続き」の通達に基づいてUS-2の情報開示が承認された。平成28年には、国産のXF5-IHI-10ターボファンエンジンを搭載したX-2先進技術実証機が、県営名古屋空港から離陸し初飛行に成功した。

B787 の共同開発には(一財)日本航空機開発協会(JADC)、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業(現 SUBARU)が参画し、主翼ボックス、前胴部位、主脚格納部、主翼固定後縁、中央翼並びに中央翼と主脚格納部のインテグレーションを担当した。開発当初の分担比率は機体構造部分の約 35%となっていた。その全構造材料の約50%に用いられた炭素繊維複合材料については東レが共同開発を行った。このエンジンプログラムには、IHI と三菱重工航空エンジンがゼネラル・エレクトリック社の GEnx プログラムに、川崎重工業及び三菱重工航空エンジンがロールス・ロイス社の Trent 1000 プログラムにそれぞれ参画している。

本田技研工業は平成 15 年の試作機の初飛行から 7 年後の平成 22 年に量産型 HondaJet の初飛行に成功した。その後、量産型機 5 機による試験を開始し、平成27 年には FAA から型式証明を取得した。試作機には自社独自開発の HF118 ターボファンエンジンが搭載されていたが、量産型にはゼネラル・エレクトリック社との合弁会社「GE ホンダ エアロ エンジンズ」が開発した HF120 ターボファンエンジンが搭載されている。

三菱重工業は昭和 48 年の YS-11 の生産終了以来、ほぼ半世紀振りに国産初のジェット旅客機(Mitsubishi SpaceJet)を平成 20 年に開発を開始したが、令和 5 年 2 月に中止に至った。

平成 26 年に初飛行した A320neo(New Engine Option)に換装エンジンのひとつとして採用された PW1100G-JM エンジンの開発プログラムには、JAEC を事業主体として国内エンジンメーカー3 社が参画しており、同エンジンは平成 26 年に型式承認を取得した。また、搭載機である A320neo は、平成 27 年に FAA 及び EASA の型式証明を取得し、平成 28 年に初就航を行った。

平成 26 年には、ボーイング社が B777 の後継機として開発する B777X プログラムに日本企業 5 社が主要パートナーとして約 21%の比率で参画することになった。また、同年 B777X に搭載される GE9X エンジンプログラムに IHI が参画することになり、令和 2 年 1 月には初飛行を実施し、同エンジンは 9 月に FAA の型式承認を取得した。

これらの動きの中で、世界的な需要増加に対応しつつ、投資が行われており、航空機産業の裾野拡大が期待される。

第３章　日本の航空機工業の課題と展望

第１節　航空機工業の産業基盤の確立

1.　課題と展望

航空機工業は付加価値が高く、技術波及効果も大きい典型的な知識集約産業であり、我が国が技術立国を目指す上で不可欠な産業である。しかし、欧米先進国に比べて事業規模、技術力、販売力のいずれにおいてもいまだに隔たりがあることは認めざるを得ない。

その格差をなくすには、現在の防衛需要に依存しがちな状態から脱却し、海外メーカーとの民間航空機共同事業をさらに促進し、民需部門の拡充を図る必要がある。民間航空機の国際共同開発には、開発費の負担軽減や海外市場の確保というメリットがあり、世界の航空機工業の大きな流れとなっている。日本の航空機メーカーにとっては、将来の国産旅客機開発のための技術力やノウハウの蓄積という効果も期待できるものの、COVID-19の影響による世界的な民間航空機需要の落込みにより、日本の民間の航空機工業は非常に厳しい事業環境下におかれている。

日本の航空機工業のあり方として望まれる将来像は、第１に、機体・エンジン・機器部品・材料等の全分野を網羅してシステムとしてまとめる機能と、基礎技術研究から開発・生産・販売・サービスという一連の総合的機能・能力を備えることである。第２は、市場開拓力を含めた広範な開発能力と、国土・国情に適合した防衛用航空機の開発能力を向上させることである。第３は、民需部門において、商品の国際的価値の向上と、国際共同開発の拡大のための競争力を備えることである。近年は競争の激化により、コストの削減、開発・生産リードタイムの短縮等が競争力強化の大きな鍵となってきている。そして、第４は、防衛需要に依存しがちな現在の状況から脱却し、民需分野へ積極的に進出することによって事業構造のバランスを確保し、安定した産業基盤を構築することである。

2. 防衛需要の動向

航空機工業は、いずれの国においても防衛力の中核の一つとして重視されており、軍用航空機の研究開発や生産のために多額の国費が投入されている。我が国もその例外ではない。

我が国の航空機工業には、防衛省機の研究開発・生産を充実させることによって航空防衛力の基盤を支え、強化するという態勢の維持が求められている。航空機の開発や生産には多額の設備投資と高度の技術水準を必要とし、関連産業も広範囲にわたるため、生産能力を整えるには長い期間が必要である。一朝一夕に整備し得ない航空機の技術基盤や生産基盤を維持するためには、可能な限り中断や変動のない安定した開発・生産が続けられるような状況が望まれる。航空機工業全体の発展を図るためにも、防衛調達の安定が必要である。

しかしながら、平成 23 年には F-2 戦闘機の生産が完了し、昭和 30 年以来続いてきた戦闘機の国内生産が途切れた。これに対し、防衛省は同年に次期戦闘機として米国政府提案の F-35A の採用を決定し、製造及び修理に参画する主たる国内製造企業として機体に三菱重工業を、エンジンに IHI を、そしてミッション系アビオニクスに三菱電機を選定した。また、同年政府は「防衛装備品等の海外移転に関する基準」を、平成 25 年には「F-35 の製造等に係る国内企業の参画についての内閣官房長官談話」を発表し、武器輸出三原則等の例外となる場合の基準を決定するとともに、我が国の企業が F-35 の製造に参画することを決定した。しかしながら、平成 30 年、政府は F-35A の取得数 42 機を 147 機とし、平成 31 年度以降の取得は完成機輸入によることとし、取得方法については、今後の F-35A の製造状況を踏まえ、より安価な手段がある場合には、これを適切に見直すとしたが、令和元年 12 月の閣議で「令和元年度及び令和 2 年度の F-35A の取得は、より安価な手段であることが確認された国内企業が参画した製造による」ことが決められた。

平成 26 年には「防衛装備移転三原則」が閣議決定され、同年防衛力を支える重要かつ不可欠な要素である防衛生産・技術基盤を維持・強化するため、従来の「国産化方針」に代わり「防衛生産・技術基盤戦略」を決定した。本戦略では防衛生産・技術基盤の維持・強化の目標・意義などに加え、国内開発、国際共同開発、生産、輸入といった防衛装備品の取得方法についての基本的な考え方、契約制度の改善、研究開発にかかる施策、防衛装備・技術協力といった防衛生産・技術基盤戦略の維

持・強化のための諸施策、各防衛装備品分野の現状と今後の方向性などについて示している。

平成 30 年、「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱」と「中期防衛整備計画(平成 31 年度～平成 35 年度)」(新中期防)が閣議決定された。この新中期防では、5 年間の予算総額が 27 兆 4,700 億円(平成 30 年度価格)と過去最高となったが、装備体系、技術基盤および装備調達に係る各種施策に加え、国内防衛産業への競争原理の導入や、契約制度の見直しによるコスト削減努力により、前中期防に対し 3.4%増の 25 兆 5,000 億円程度に抑えるとの方針も明記された。

また、令和 10 年代に退役時期を迎える F-2 戦闘機の後継機「次期戦闘機」については、日本主導で開発を行い令和 17 年度の配備を目指すことになった。令和 2 年度から開発に着手するため、令和 2 年度予算案に初めて「次期戦闘機」の開発費 111 億円を確保し、関連予算を含めると約 300 億円規模となった。令和 3 年度の防衛省予算は、機体の構想設計及びエンジンの設計等の開発費用として 576 億円、関連予算を含め約 731 億円、令和 4 年度予算案では開発費 858 億円、無人機等関連研究を含め 1,001 億円が計上された。防衛省は令和 2 年 10 月に機体開発の主体企業として三菱重工業と正式に契約したと発表し、同年 12 月にはロッキード・マーチン社をインテグレーション支援の候補企業として選定したと発表し、国内企業では IHI、SUBARU、川崎重工業、三菱電機、東芝、富士通、NEC も共同設計に参加予定とされていた。

その後、防衛省は令和 4 年 12 月 9 日に次期戦闘機共同開発協力に関して、「グローバル戦闘航空プログラムに関する共同首脳声明」を発表した。また同日、「次期戦闘機に係る協力に関する防衛省と米国防省による共同発表」を発表した。

さらに令和 4 年 12 月 16 日に政府は、国家安全保障会議及び閣議において国家安全保障会議及び閣議において国家安全保障に関する基本方針である「国家安全保障戦略」並びに、「国家防衛戦略」、「防衛力整備計画」を新たに策定した。国家安全保障戦略の中で防衛力の抜本的な強化の方針の大きな注目点として、これまで政策判断として保有することをしてこなかった反撃能力を保有することが明記され、防衛予算規模を現在の GDP の 2%に引上げる方針が示された。防衛力の抜本的な強化の方針の枠組みとして 7 つの主要事業（1.スタンド・オフ防衛能力、2. 統合防空ミサイル防衛能力、3. 無人アセット防衛能力、4. 領域横断作戦能力、5. 指揮統制・情

報関連機能、6. 機動展開能力・国民保護、7. 持続性・強靭性）が示された。また今後の戦闘様相の変化を踏まえて、偵察用無人機、攻撃用 UAV を導入し OH-1、AH-1S、AH-64D 等の旧式装備品の廃止や、省人化、民間委託等の部外力の活用といった各種最適化により、救難捜索機 U-125A、多用途機 U-36A を順次廃止する方針も示された。さらに防衛生産基盤強化への対応として製造等設備の高度化、サイバーセキュリティ強化、サプライチェーン強靭化、事業承継といった企業の取組に対し、適切な財政措置、金融支援等を行う方針が示された。防衛技術基盤の強化への対応では、将来の戦い方に直結する技術分野へ集中的に投資、早期装備化の実現を追求することになった。防衛力整備計画の中で示された計画の実現に向けては、令和 5 年度から令和 9 年度までの 5 年間に係る防衛費を約 43 兆円とし、防衛費の大幅な増額の方針が示された。

3. 民間航空機の需要拡大

民間航空機市場は競争が極めて厳しく、景気の動向に影響されるところも大きいが、長期的にみた場合にはさらなる需要の拡大が十分期待できること、また先述のとおり、技術力やノウハウの蓄積といった効果が見込めるため、我が国の航空機工業産業の発展にはその市場の新規開拓・参入は欠くことのできないものである。

我が国の航空機工業は、米国ボーイング社を中心とした B767 旅客機の共同開発・量産事業、日･英･米･独･伊の 5 ヵ国による V2500 ターボファンエンジンの共同開発、B777 旅客機の共同開発・量産事業、B787 旅客機及び搭載エンジンの共同開発などのプロジェクトに参画することにより、着実に技術力を身につけている。平成 27 年には(一財)日本航空機開発協会(JADC)および日本メーカー5 社は B777X 旅客機の共同開発・量産事業に関する基本契約に調印した。さらに、小型の航空機やヘリコプターの国産開発及び海外市場への参入、外国航空機メーカーの量産事業への参加等もあって、現在、技術面においては国際的に高い評価を受けている。今後も国際共同事業を促進し、研究開発段階から参画するなど、果たす役割を大きくすることが望まれる。

一方、民間航空機はその購入資金規模が著しく大きく、購入者のファイナンスも含めて考慮されなくてはならないこと、購入者であるエアライン間の競争も激烈であること、航空機が安全性・信頼性を最優先させる商品であること等から、その販

売には特有のノウハウを要し、一朝一夕に成るものではない。長期的視野に立った航空機やエンジン等の販売促進策(販売部門でのプロフェッショナルの育成・強化、セールス・サポート体制の整備、リース等の販売形態の多様化及び多様な取引条件への対応、プロダクトサポート等アフターサービス体制の充実等)を確立し、着実に実行していくことがこれからの重要課題となろう。

しかしながら、航空機工業は他の産業と異なり、民需事業におけるリスクが桁違いに大きいことから、各国とも直接・間接の助成を行っている。私企業である以上、リスクは自己負担とするべきであろうが、その規模にまで企業のレベルが達していないのが我が国の航空機工業の現状である。

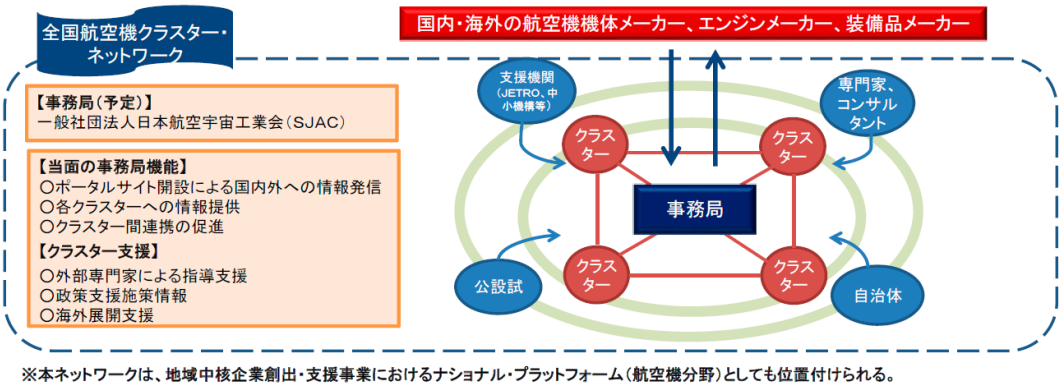
平成 23 年に国は航空宇宙産業による「技術立国・日本」の成長・発展を牽引することを目指して、愛知・岐阜地域を「アジア No.1 航空宇宙産業クラスター形成特区」に指定した。本特区は平成 26 年にはエリアを愛知、岐阜、三重、長野、静岡の 5 県へと広げ、令和 4 年 3 月現在でクラスター特区数は 10、参加企業・団体数は 391 となった。

世界の航空機需要の成長を踏まえ、我が国の航空機産業が自動車産業に比肩する成長産業として発展するため、文部科学省は航空科学技術としての今後の取組方針について平成 26 年より「次世代航空科学技術タスクフォース」にて議論を行い、同年「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン」を公表した。本ビジョンでは今後 20 年で約 2 倍の成長が見込まれる世界の航空機産業において、日本はこれを上回る 10 倍の成長(世界シェア 20%)を目指し、政府として関係機関が一丸となって積極的に取り組むことが必要とされ、「民間航空機国産化研究開発プログラム」、「超音速機研究開発プログラム」や「大型試験設備の整備」等の横断的施策が示されている。

全国各地には航空機部品を一括受注・一貫生産するグループや航空機産業への参入を目指す研究会など、40を超える航空機産業クラスターが活動している。経済産業省は平成29年、全国各地で航空機部品を生産する航空機産業クラスターの横の連携を強化し、海外メーカーや国内川下企業等への統一窓口の設置や現在出来上がっている航空機産業クラスターの枠を超えたクラスター間連携(特殊工程を担う事業者の補完等)による一貫生産体制の構築等の実現を支援するため、「全国航空機クラスター・ネットワーク」の構築を発表した。事務局は、(一社)日本航空宇宙工業会内に設置されている。(図1-3-1参照) COVID-19の難局を乗り越えるとともに、民間

航空機需要回復後の将来成長に向け、業界横断的な支援の取組みが望まれる。

図1-3-1 全国航空機クラスター・ネットワーク



出典：経済産業省

第 2 節　開発プロジェクトの推進

1. 国際共同開発

(1) ボーイング777X

ボーイング社は、B777 の後継機である B777-8 (350-375 席)と B777-9 (400-425 席)を平成 25 年にローンチした。 (一財)日本航空機開発協会と機体メーカー5 社(三菱重工業、川崎重工業、富士重工業(現 SUBARU)、新明和工業及び日本飛行機)は、ボーイング社との間で平成 27 年には B777X の開発・製造に関する正式契約に調印した。上記 5 社の B777X の機体構造分担は、B777 各社担当の踏襲を基本とし、日本の分担比率は構造部位の 21%である。B777-9 は、平成 29 年に製造を開始し、令和 2 年の初納入を目指していた。令和元年、ボーイング社は市場環境を考慮し、B777-8 の開発を 2 年延期することを決定した。しかし、GE9X エンジンの開発遅れがあり、令和 4 年 4 月、B777X 初号機の顧客引渡しを令和 7 年(2025 年)に延期することが発表された。B777-9 は令和 2 年に初飛行し、令和 4 年 11 月エンジン地上テスト中に、タービンエリアの温度警告によりエンジン運転を停止した。ボアスコープ検査で異常が発見され、原因調査のため全ての試験飛行を一時中断した。その後安全対策を施し 12 月 17 日に試験飛行が再開された。また、令和 4 年 1 月カタール航空が発注者となり貨物機 B777-8F ローンチが発表された。

2. 国内開発

(1) 無人航空機

防衛庁技術研究本部(現 防衛装備庁)では、平成 13 年度より国内で初めてのISR(情報収集・監視・偵察)の任務を行う無人航空機システムである遠隔操縦観測システムの開発を開始した。

遠隔操縦観測システムは、野戦特科部隊における、目標標定、弾着偏差計算、及び射撃の効果確認等を行う無人航空機による観測システムであり、主契約社は富士重工業(現 SUBARU)である。平成 8 年に開発完了し、平成 13 年度から量産を開始した。

陸上自衛隊では、平成 15 年より遠隔操縦観測システムに所要の改善を加え、長距離の画像情報の収集を行う無人航空機システムである新無人偵察機システムについて参考器材としての調達を行った。主契約者は富士重工業(現 SUBARU)である。平成 17 年度には調達を完了し、陸上自衛隊での研究を経て平成 19 年度には無人偵察機システムとして量産を開始、平成 22 年より各方面情報隊での運用が開始された。なお、平成 24 年度には、無人偵察機システム向けの外装型センサポッド(線量率計、合成開口レーダ等を含む)が納入され、大規模災害等への対応が可能となった。

防衛省技術研究本部(現 防衛装備庁)では、無人で自律飛行しながら搭載センサにより情報を収集、リアルタイム伝送し、任務終了後に飛行場へ自動着陸する無人航空機システムである無人機研究システムの開発を、主契約者を富士重工業(現SUBARU)として平成 16 年度より開始している。平成 19 年から 23 年度まで技術実用試験を実施し、無人航空機の効果的な運用方法及び装備化に必要なデータを得た。また、平成 21 年には硫黄島航空基地において初の自律飛行を実施し、自動着陸に成功した。

遠隔操縦観測システム



無人機研究システム



さらに、防衛省技術研究本部(現

防衛装備庁)では、航空機搭載型小型赤外線センサシステムインテグレーションの研究試作を、主契約者を富士重工業(現 SUBARU) として平成 25 年度より開始した。これは、小型軽量の赤外線センサを搭載した弾道ミサイル警戒監視システムを無人航空機で実現するために、実飛行環境下での研究を実施して技術データを取得し、将来の装備品等に反映するものであり、令和元年 10 月～11 月に北海道大樹町の多目的航空公園及び同周辺空域において飛行試験が実施された。

民間分野では、様々な分野で活用が期待されているマルチコプターの開発が盛んに行われており、安全に運用する技術だけでなく、航空法、電波法等の課題についても同時に研究が進められている。

PROPDRONE は平成 30 年、艦船への自動離発着を可能にした監視ドローンを活用し、不審船や遭難者の捜索機能など一連のオペレーションを効率化する監視システムの共同で開発を三菱重工業と取り組んだ。監視ドローンとして新規開発されたシングルロータ型のガソリンヘリを活用し、長距離物流実証実験や離島間でのフライト実証実験も実施している。

川崎重工業は令和 2 年、北海道大樹町多目的航空公園において、無人コンパウンド・ヘリコプター「K-RACER」の飛行試験に成功し、従来型のヘリコプターでは技術的に限界がある高速化を目指した無人試験機による技術実証を行い、今回の試験では自律制御による安定した飛行を確認した。

PROPDRONE



出典：PROPDRONE ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ

無人コンパウンド・ヘリコプター「K-RACER」



出典：川崎重工業ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ

防衛省は、平成 28 年「将来無人装備に関する研究開発ビジョン(航空無人機を中心に)」を発行し、防衛省・自衛隊での運用に合致した各種無人装備について、海外や民生分野から導入可能な技術も考慮の上、防衛省として解決に取り組むべ

き技術的課題を整理し、我が国が技術的優越を着実に確保するための実行可能なロードマップを導出した。今後はこのビジョンに基づいて、研究開発される。防衛省は、SUBARU を主契約社とし、将来の各種有人任務の支援を行う遠隔操作型支援機の実現に必要となる高運動飛行技術と遠隔操作技術の確立に向けた研究を令和 2 年 3 月より開始した。

このように、無人航空機が注目された背景もあり、国土交通省航空局は、平成 27 年および令和 4 年に航空法の一部を改正し、無人航空機の飛行ルールを新たに導入した。改正航空法により対象となる無人航空機は、「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの(100 グラム未満の重量(機体本体の重量とバッテリーの重量の合計)のものを除く)」である。また、平成 27 年の改正航空法で導入された無人航空機の飛行ルールは、無人航空機の飛行の許可が必要となる空域及び無人航空機の飛行の方法である。

a. 航空法における無人航空機：

- 「人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」と定義されており、いわゆるドローン(マルチコプター)、ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター等が該当する。
- マルチコプターやラジコン機等であっても、重量(機体本体の重量とバッテリーの重量の合計)100 グラム未満のものは、無人航空機ではなく「模型航空機」に分類される。
- 航空機から改造されたもの等、無人機であっても航空機に近い構造、性能・能力を有している場合、航空法上の航空機に該当する。

b. 航空法における模型航空機：

- ゴム動力模型機、重量(機体本体の重量とバッテリーの重量の合計)100 グラム未満のマルチコプター・ラジコン機等は航空法上「模型航空機」として扱われ、無人航空機の飛行に関するルールは適用されず、空港周辺や一定の高度以上の飛行について国土交通大臣の許可等を必要とする規定(第 134 条の 3)のみが適用される。

c. 飛行の禁止空域：　有人の航空機の衝突するおそれや、落下した場合に地上

の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域として、以下の空域で無人航空機を飛行させることは、原則として禁止されている。これらの空域で無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。(屋内で飛行させる場合は不要である。) なお、自身の私有地であっても、以下の空域に該当する場合には、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。

・地表又は水面から 150m 以上の高さの空域
・空港周辺の空域（空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域、新千歳空港、成田国際空港、東京国際空港、中部国際空港、大阪国際空港、関西国際空港、福岡空港、那覇空港の進入表面若しくは転移表面の下の空域又は空港の敷地の上空の空域)
・緊急用務空域
・人口集中地区の上空

d. 飛行の方法： 飛行させる場所に関わらず、無人航空機を飛行させる場合には、以下のルールを守ることが必要である。尚、以下のルールによらずに無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の承認を受ける必要がある。

・アルコール等を摂取した状態では飛行させないこと
・飛行に必要な準備が整っていることを確認した後に飛行させること
・航空機や他の無人機と衝突しそうな場合には、地上に降下等させること
・不必要に騒音を発するなど他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
・日中(日出から日没まで)に飛行させること
・目視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること(目視外飛行の例：FPV (First Person's View)、モニター監視)
・第三者又は第三者の建物、第三者の車両などの物件との間に距離(30m)を保って飛行させること
・祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
・爆発物など危険物を輸送しないこと

・無人航空機から物を投下しないこと

なお、上記航空法の他にも、令和元年に公布後令和 2 年に改正された小型無人機飛行禁止法では、重要施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空で、重さや大きさにかかわらず、小型無人機等を飛行させることを禁止している。

このような法改正を行ったにもかかわらず、無人航空機の飛行に関わる法令遵守の徹底されていない事案が多数発生していることから、国土交通省航空局は、平成 29 年、関係団体、管理団体及び講習団体を通じ無人航空機の操縦者に対し、無人航空機の飛行に関し法令遵守及び安全確保の徹底について広く周知するよう依頼した。また、平成 29 年度に国土交通省と経済産業省が主催した「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会」の検討内容を踏まえ、国土交通省は、平成 30 年より、無人航空機の目視外補助者無し飛行に係る審査要領を改正した。これに基づき日本郵便は、同年に国内で初めて福島県で目視外補助者無しでの郵便物の配送を開始した。

令和 3 年 3 月には、無人航空機の第三者上空での飛行実現に向けた制度整備として、機体の安全性に関する認証制度(機体認証)及び操縦者の技能に関する証明制度(操縦ライセンス)を創設し、これまで許可・承認を必要としていた飛行の手続きを合理化する航空法の一部改正案(機体認証を受けた機体を操縦ライセンス所有者が操縦し、国土交通大臣の許可・承認を受けた場合に実施可能)が閣議決定された。また、令和 3 年 9 月航空法施行規則の一部改正により、十分な強度を有する紐等(30m 以下)で係留し、飛行可能な範囲内への第三者の立入管理等の措置を講じてドローン等を飛行させる場合の飛行に係る許可・承認の見直し、および煙突や鉄塔などの高層の構造物から 30m 以内の空域は地表又は水面から 150m 以上の空域でも無人航空機の飛行禁止空域から除外するという飛行規制の一部緩和があり、ドローンの更なる利活用を推進する動きとなっている。

一方、令和 4 年からは、無人航空機の登録が義務化され、登録されていない無人航空機を飛行させることができなくなった。登録手続き後に発行される登録記号を機体に表示することが必要になった。更に、機体にはリモート ID 機能を搭載し、リモート ID 機器から電波で機体の製造番号や登録記号、位置、速度、高度などの識別情報を発信することにより、飛行中であっても登録されている機体かを判別可能にし、空の安全を確保する策が講じられた。

日本の各無人航空機メーカーは、このような航空法への対応だけでなく、より一層の安全確保のため、無人航空機の研究・開発・設計を進めている。

(2) 空飛ぶクルマ

「空飛ぶクルマ」に明確な定義はないが、そのイメージとして「電動」「自動」「垂直離着陸」の 3 点が挙げられており、海外では eVTOL（Electric Vertical Take Off Landing aircraft）や UAM（Urban Air Mobility）とも呼ばれる。現在、ユースケースや環境整備、技術開発などあらゆる側面から実現に向けた検討が進められている。国土交通省や経済産業省を中心に空飛ぶクルマの実現に向けた官民協議会が平成 30 年 8 月に設置され、令和 2 年 8 月には官民の議論を活発化させるための実務者会合が設置された。実務者会合の下では「機体の安全性確保 WG」「操縦者の技能証明 WG」「運航安全基準 WG」「事業制度 WG」の 4 つの WG で専門家による知見共有や議論が行われている。また 令和 7 年に開催される大阪・関西万博で空飛ぶクルマを世界に発信するため、経済産業 省、国土交通省および博覧会協会が連携して「大阪・関西万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」が設置され、ポートの整備や運航ルールの設定等の検討を進めている。

官民協議会が令和 4 年 3 月にまとめた「空の移動革命に向けたロードマップ 改訂案」では、2020 年代後半の商用運航の拡大を目指しており、その中でメーカーによる機体開発が進められている。

SkyDrive 式 SD-05 型機
出典：SKYDRIVE



SKYDRIVE は令和 2 年 8 月、有人飛行試験に成功した。令和 3 年 10 月には型式証明申請が国土交通省に受理されて型式証明活動を開始した。さらに令和 4 年 3 月「SkyDrive 式 SD-　05 型機」の型式証明審査の適用基準を耐空性審査要領 第Ⅱ部とすることで合意した。

Mk-5
出典： TETRA AVIATION



TETRA AVIATION は、令和 2 年 2 月「Mk 3」に日本企業初となる米国での飛行許可を取得し、ボーイング社が後援する 1 人 乗りエアモビリティの開発コンテスト

「GoFly」で Disrupter Prize を受賞した。さらに令和 3 年 7 月には「Mk 5」を公開および予約販売を開始。令和 4 年度中の引き渡しを予定している。

本田技研は令和 3 年 9 月、電動化技術を生かしたガスタービンとのハイブリッドによる「Honda eVTOL」の開発に着手することを発表した。



Honda eVTOL

出典： HONDA

3. 将来開発プロジェクト

(1) 次期戦闘機・次期戦闘機用エンジン

令和 10 年代に退役時期を迎える F2 戦闘機の後継機「次期戦闘機」について、日本主導で開発を行い令和 17 年度の配備を目指すことになった。令和 2 年度から開発に着手するため、令和 2 年度予算案に初めて「次期戦闘機」の開発費 111 億円を確保し、関連予算を含めると約 300 億円規模となった。令和 3 年度の防衛省予算は、機体の構想設計及びエンジンの設計等の開発費用として 576 億円、関連予算を含め約 731 億円、令和 4 年度予算案は開発費 858 億円、無人機等関連研究を含め 1,001 億円が計上された。

防衛省は令和 2 年 10 月に機体開発の主体企業として三菱重工業と正式に契約したと発表し、同年 12 月にはロッキード・マーチン社をインテグレーション支援の候補企業として選定したと発表した。国内企業では IHI、SUBARU、川崎重工業、三菱電機、東芝、富士通、 NEC も共同設計に参加している。

国際協力については日英間での協力の深化が検討され、防衛省は令和 3 年 12 月に、エンジンの共同実証事業の開始、及び、更なるサブシステムレベルでの協力の実現可能性も検討するとし、このため、共通化の程度に係る共同分析を実施すると発表した。

令和 4 年 12 月 9 日に日英伊の 3 か国の共同首脳声明として、次世代戦闘

次期戦闘機 (GCAP)のイメージ図



出典：防衛省

機を 3 か国が共同開発する「グローバル戦闘航空プログラム(Global Combat Air Programme (GCAP))」が発表された。また同日、「次期戦闘機に係る協力に関する防衛省と米国防省による共同発表」を発表した。GCAP には、日本の三菱重工業、三菱電機、IHI、イギリスの BAE Systems、Rolls-Royce、Leonardo UK、イタリアの Leonardo、Avio Aero などが参加する。

(2) 小型民間輸送機

航空機産業の自立的発展基盤の確保及び一層の高度化推進の観点から、我が国主導の航空機開発の実現を図ることを目的とし経済産業省からの委託・補助事業として「小型民間輸送機等開発調査事業」を平成元年度から行ってきた。100～150 席クラスの小型民間輸送機は大きな需要が見込まれたほか、輸送利便の向上による地域活性化、国際協力の推進等の観点からも大きな意義を有し、開発可能性の調査検討を実施してきた。

平成 14 年度からは、防衛省の次期固定翼哨戒機(P-X)及び次期輸送機(C-X)の開発機会を最大限に活用した官需機活用民間航空機（民間転用）を目指した開発調査を実施した。平成 18 年度からは救難飛行艇(US-2)も活用対象に加えた。大きな需要が見込まれる 100～150 席クラス旅客機、高翼低床ランプ扉付きの貨物機、多用途飛行艇・消防飛行艇等について、市場動向調査や全機開発・改造開発に必要な調査検討を行い、我が国主導の民間機開発を実現することを目指した。平成 24 年度には民間転用開発において型式証明取得等のために必要な最適な適合基準性プロセス等についての調査を実施した。

(3) 中小型民間輸送機

平成 25 年度から「次世代中小型民間輸送機用発電システム関連技術開発事業」として、次世代中小型民間輸送機の電動化に対応する発電システムについてボーイング社と共同で技術開発を実施している。平成 26 年度からは「中小型民間輸送機関連技術開発事業」として、発電システムに加え、電動化による電力変動を効率的に解決するシステム、電動化に対応した低電力･小型･高効率アクチュエーションシステムについて、ボーイング社と共同で技術開発を実施している。

(4) 大型民間輸送機

平成 25 年度から「大型民間輸送機関連技術開発事業」として、次世代の大型機の軽量化、低コスト化及び省エネルギー化を実現する候補技術についてボーイ

ング社と共同で技術開発を実施、試験用供試験体及び関連する補助用具を設計製作するとともに、各種の評価確認試験を実施した。

平成 26 年度から「次期大型民間輸送機(B777X)開発準備事業」として、開発事業参画する条件等についてボーイング社と協議し、その後「大型民間輸送機(777X)開発事業」として、政府の助成を受けて基本設計及び各種の試験に関する作業を行った。平成 27 年度以降も引き続き政府の助成を受けて B777X の共同開発事業を進めており、分担部位の機体構造の設計、治工具等の設計･製作、試験機の製造、および製造技術に関する確認試験等業を実施している。

(5) 超高速輸送機

超音速輸送機(SST：Super-Sonic Transport)は、旧ソ連の Tu-144 と英仏共同のコンコルドの 2 機種が開発されたが、いずれも環境性と経済性を満足できず少数の製造に終わった。その後、世界各国で次世代機の研究開発が進められたが、膨大な開発費の負担や需要の面から、国際共同開発が世界的なコンセンサスであった。昭和 62 年度以降、(一社)日本航空宇宙工業会の調査・研究を行ない、平成 14 年度から(財)日本航空機開発協会が「超高速輸送機実用化開発調査」を開始し、低騒音、軽量化、低コスト化が可能な巡航マッハ数 0.9～2.0 の機体の仕様検討、要素技術の研究を行った。

平成 17 年に(社)日本航空宇宙工業会とフランス航空宇宙工業会との間で超音速技術に関する技術協力についての枠組みが合意されたのを契機に、日本側は宇宙航空研究開発機構(JAXA)、超音速輸送機用推進システム技術研究(ESPR)組合及び(財)日本航空機開発協会、仏側は ONERA、スネクマ社(現 サフラン社)、エアバス社、EADS 社(現 エアバス社)が参加して共同研究が開始された。この中でエンジン騒音低減手法、ジェット騒音伝播解析、複合材成形法、耐熱複合材の耐久性、機体･エンジン仕様等の検討が行われた。日仏共同研究はその成果を受け平成 23 年に延長された後、平成 27 年に終了した。

また、航空宇宙技術研究所(現 JAXA)は、平成 14 年からオーストラリアのウーメラ実験場で小型超音速実験機(ロケット実験機)の飛行実験を行い、ソニックブームを半減する「静粛超音速研究機の開発・飛行実験」に注力している。平成 22 年には「低ソニックブーム設計概念実証」のための D-SEND (Drop test for Simplified Evaluation of Non-symmetrically Distributed sonic boom)プロジ

ェクトを立ち上げ、軸対称供試体を落下させる実験(D-SEND#1)に続き、航空機形状の 3 次元揚力体(超音速試験機)を、高度 30km から落下及び滑空させる実験(D-SEND#2)をスウェーデンのエスレンジ実験場で行った。解析結果により、全機低ソニックブーム設計技術の実現性が実証された。

JAXA は令和 3 年 3 月 (一財)日本航空機開発協会、三菱重工業、(一社)日本航空宇宙工業会、川崎重工業、SUBARU 及び IHI と、超音速機技術の研究開発を連携し進める協定を締結し、令和 12 年頃に想定される超音速機の国際共同開発の参画を目指し、技術ロードマップの策定や協力体制実現に向けた活動を協議する JSR (Japan Supersonic Research)協議会を立ち上げた。

(6) 航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム

航空機から排出される CO_2 の削減のため、航空機の電動化による環境負荷低減が注目を集めている。2000 年代後半頃からハイブリッドカーの普及により、バッテリー、インバーター、モータなど電動要素の性能が飛躍的に向上した。これらの技術は、小型の電動航空機に適用が可能なレベルとなっており、海外では電動航空機の実用化に向けた開発が進んでいる。すでに各国では、エアタクシーなどの試作機の試験飛行が実施されており、令和 7 年頃のサービス実現を目指している。スウェーデンのハート・エアロスペース社が開発中の電気ハイブリッドリージョナル航空機 ES-30 は、令和 10 年の就航を目指しており、世界各国から受注を得ている。

平成 30 年、JAXA の次世代航空イノベーションハブが中核となり、「航空機電動化(ECLAIR: Electrification ChaLlenge for AIRcraft)コンソーシアム」を発足させた。このコンソーシアムの目的は、航空機電動化技術の開発と、国内産業界のイニシャティブ醸成のための産学官連携推進基盤の構築である。コンソーシアムには、IHI、JAXA、川崎重工業、経済産業省、SUBARU、(一財)日本航空機開発協会、日立製作所、三菱重工航空エンジン及び三菱電機がステアリングメンバーとして参加し、国土交通省、NEDO、(一社)全日本航空事業連合会、東京大学、(一社)日本航空宇宙工業会、防衛装備庁の航空装備研究所及び文部科学省がオブザーバーとなっている。

第４章　航空機工業に対する政府助成

第１節　航空機開発に対する助成

航空機工業は技術波及効果の大きい技術先端産業で、高付加価値の知識集約型産業であり、その発展はハイテク産業基盤の強化にも資するものであることから、世界各国は積極的に振興するための助成を行っている。但し、WTO では世界市場で競争する民間製品に直接政府が助成することは、日本を含む先進国に対して禁止されており、米国・欧州では業界支援が民間製品の直接支援にあたるのか、軍事を含む産業の環境整備であって個別民間製品の支援ではないとする係争は日常的である。その一方、先進的な航空宇宙製品を製造できるロシアや中国、ブラジルは WTO では途上国扱いであり、政府が直接助成する民間機も世界市場で販売できる待遇にある。

我が国では､｢航空機等の国産化を促進するための措置を講ずることにより航空機工業の振興を図り、あわせて産業技術の向上及び国際収支の改善に寄与する」ことを目的に、昭和 33 年に航空機工業振興法が制定された。それに基づいて設立された日本航空機製造株式会社(NAMC)により中型輸送機 YS-11 の開発、生産、販売、プロダクトサポートが行なわれた。その開発等に対し政府は NAMC 資本金の 54%(42 億円)を出資したが、生産・販売段階では融資や社債発行時の政府保証以外、直接の助成は行なっていない。

YS-11 に続く民間輸送機 YX プロジェクトも当初は日本航空機製造株式会社が調査研究に着手したが、昭和 48 年に設立された(財)民間輸送機開発協会(CTDC)に引き継がれ、最終的にはボーイング社の B767 プログラムに参加する形となった。このプロジェクトでは調査研究段階で 75%、開発段階で 52%、総額 160 億円の政府助成が行なわた。YX 開発事業の補助金は、量産事業収益の一部を納付することにより助成の全額が返納された。V2500 エンジン 5 ヵ国共同開発も YX 同様に収益納付されている。航空機やエンジンの開発には莫大な資金を要するため、それまでの補助金制度での限られた国家予算では対処し得ない事態が予測されるようになったため、昭和 61 年に航空機工業振興法が改正され、国際共同開発を対象とした助成制度が発足し(財)航空機国際共同開発促進基金(IADF)が設立された。この制度は、一部は従来の補助金に相当する助成部分を残しながら、事業に必要な資金の一部に対し

政府系金融機関から融資を受け、その利子補給を IADF から受けるというスキームである。

次世代の航空機開発に向けたシステム統合技術力の確立・強化を目指して、平成 11 年度から平成 13 年度まで、モジュールレベルの革新技術開発をも助成対象とする新政策がスタートし、「次世代航空機用機器の国際共同開発事業」が対象となった。

1. (一財) 日本航空機開発協会

(JADC: Japan Aircraft Development Corporation)

YX プロジェクトの中核体として昭和 48 年に設立された(財)民間輸送機開発協会(CTDC)は、昭和 57 年に YX/B767 事業が量産体制に移行し民間航空機株式会社(CAC)に移管されたことを機に、同年に(財)日本航空機開発協会に名称変更された。

YX/B767 に次ぐ「次期中型輸送機(YXX)開発事業」は、YXX / 7J7 プログラムとしてボーイング社とフル・パートナーの契約を結び開発費の助成を得て共同開発が進められた。平成 3 年度～平成 10 年度までは「次期大型民間輸送機(B777)国際共同開発事業」、平成 16 年度～平成 23 年度までは「次期中型民間輸送機(B787)開発事業」への助成が行われ、平成 26 年度から「大型民間輸送機(777X)開発事業」への助成が行われている。

一方、助成スキームとは別に、「小型民間輸送機(YSX)開発調査事業」に対しては平成元年度から国の委託事業としての助成がスタートし、平成 3 年度からは補助事業に切り替わって開発調査が進められた。また、「超音速輸送機(SST)開発調査」については、昭和 62 年度から(社)日本航空宇宙工業会が調査委託を受け、平成 3 年度～平成 13 年度にかけてその一部を(財)日本航空機開発協会が再委託を受けて実施した。

2. (一財) 日本航空機エンジン協会

(JAEC: Japanese Aero Engines Corporation)

(財)日本航空機エンジン協会(JAEC)は、民間航空機エンジン開発を推進するための中核体として昭和 56 年に設立された。当初は英国ロールス・ロイス社と日本共同の RJ500 の開発にあたってきたが、同プロジェクトはその後 5 ヵ国共同開発事業の V2500 プロジェクトに拡大・発展した。開発費の一部の助成は RJ500 から行わ

れてきたが、昭和 61 年度からは前述のスキームによる助成が行われている。

この助成スキームの対象であるエンジン開発事業は以下の通りである。

① 米国ゼネラル・エレクトリック社との共同開発である「小型民間輸送機用エンジン(CF34-8)開発事業」(平成 8 年度～平成 22 年度)

② ゼネラル・エレクトリック社との共同開発である「中小型民間輸送機用エンジン(CF34-10)開発事業」(平成 12 年度～平成 26 年度)

③ ゼネラル・エレクトリック社およびロールス・ロイス社との共同開発である「次期中型民間輸送機(B787)開発事業(エンジン)」(平成 17 年度～)

④ 米国プラット・アンド・ホイットニー社および独国エムティーユー社との共同開発である「次世代中小型民間輸送機用エンジン(PW1100G-JM)開発事業」(平成 23 年度～)

⑤ ゼネラル・エレクトリック社との共同開発である「次世代大型民間輸送機用エンジン(GE9X)開発事業」(平成 26 年度～)

上記の他に技術開発事業においても前述のスキームによる助成を受けている。

一方、上記とは別に、国の委託事業として「次世代航空機等開発調査(低損失ギアボックスシステム)及びエネルギー使用合理化技術開発等(次世代航空機エンジン用構造部材創製・加工技術開発)」(平成 19 年度～平成 21 年度)を行った。

第 2 節　研究開発政策

航空機工業の研究開発に利用し得る研究開発制度としては次のようなものがある。

1. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

(NEDO : New Energy and Industrial Technology Development Organization)

'70 年代の 2 度のオイルショックをきっかけに、新たなエネルギー開発の先導役として「新エネルギー総合開発機構」が昭和 55 年に設立された。持続可能な社会の実現に必要な技術開発の推進を通じて、イノベーションを創出する国立研究開発法人として、リスクが高い革新的な技術の開発や実証を行い、成果の社会実装を促進する「イノベーション・アクセラレーター」として、社会課題の解決を目指している。

平成 5 年度からは、産業科学技術の研究開発を効率的に推進するべく、次世代、

大プロ、医療福祉の 3 制度を統合して、産業科学技術研究開発制度がスタートした。

平成 15 年に NEDO は独立行政法人となり、「エネルギー・地球環境問題の解決」「産業技術の国際競争力の強化」「京都メカニズム業務」などの分野を総合的かつ国際的に推進する政策実施機関となった。

平成 27 年、国立研究開発法人となり、NEDO ロボット・AI 部は、日本製の航空機装備品が令和 7 年以降に市場投入予定の次世代航空機に搭載されることを目指して、軽量・低コストかつ安全性の高い装備品の開発に乗り出した。

また、NEDO 材料・ナノテクノロジー部は、平成 27 年度から航空機の燃費改善、環境適合性向上、整備性向上、安全性向上といった要請に応えるため、複合材料及び軽金属材料等の関連技術開発を両輪として、航空機に必要な信頼性・コスト等の課題を解決するための要素技術を開発してきた。

NEDO のミッションとして、エネルギー地球環境問題の解決、産業技術力の強化を柱として、令和元年から第 4 期中長期計画に基づく 3 つの取り組みを実施している。

・技術開発マネジメントによる成果の社会実装
・研究開発型のベンチャーの育成
・中長期技術開発の方向性提示

令和 2 年、グリーンイノベーション基金事業が創設され「2050 年カーボンニュートラル」を宣言し、令和 32 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする目標を掲げた。目標達成のため、エネルギー・産業部門の構造転換や、大胆な投資によるイノベーションといった現行の取組を大幅に加速することが必要なため、2 兆円の基金が創設された。官民で目標を共有し、研究開発・実証から社会実装まで、積極的に取り組む企業等に対し 10 年間継続して支援される。令和 12 年目標を目指す野心的プロジェクト計画であり、自動車、原子力、航空機産業を始めとした 14 の重点分野のグリーン成長戦略実行計画が策定された。

2. RIMCOF 技術研究組合

(R&D Institute of Metals and Composites for Future Industries)

旧(財)次世代金属・複合材料研究開発協会 RIMCOF (R&D Institute of Metals and Composites for Future Industries)は、昭和 56 年度に創設された次世代産業基

盤技術研究開発制度により設立され、将来、航空機機体･エンジンの素材として重要な地位を占めると期待される単結晶合金、超塑性合金、粒子分散強化合金、FRP(樹脂系複合材)及び FRM(金属系複合材)等の革新的な金属・複合材の研究開発を行ってきた。

平成 28 年度からの 4 年間は、次世代構造部材創製･加工技術(次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術)(第二期）についての研究開発を行っている。なお、RIMCOF は平成 22 年に「(財)素形材センター」と合併したが、旧協会組織は次世代材料技術動向研究会(現会員 17 社)として存続し、さらに、平成 28 年に素形材センター、三菱重工業、川崎重工業及び富士重工業(現 SUBARU)により「RIMCOF 技術研究組合」を設立し、また平成 30 年度に組合員として新たに不二ライトメタルが加わったが、令和 2 年に解散した。

第５章　航空機工業に対する周辺要素

第１節　空港の整備・拡充

航空輸送は、世界的に高速交通の必要性の高まりを反映し、急速な発展をしている。しかし、令和2年初めからCOVID-19が世界中に拡大したことから、それらの対応のために国土交通省は、航空旅客需要の回復状況や将来の航空需要予測等を踏まえつつ、①コロナ禍からの回復に向けた安全・安心な航空輸送と需要回復・増大への的確な対応、②航空分野のグリーン施策の推進、③航空イノベーションの推進、を基本方針として、航空行政を展開している。

安全・安心な航空輸送と需要回復・増大への的確な対応としては、訪日客の受け入れ再開を見据えた空港における感染リスク最小化のための設備整備、「訪日誘客支援空港」に対する運航支援、航空需要の回復・増大に向けた受け入れ環境整備を推進しつつある。具体的には、羽田空港では人工地盤の整備や滑走路等の耐震性の強化等を、成田空港では庁舎耐震対策、第3ターミナル増築、B滑走路の延伸等を、各々実施中である。主要な地方空港では、関西地区では関西空港と伊丹空港において平成28年から運営権の設定(コンセッション)による空港運営、航空保安施設の更新等を実施中で、中部空港でも航空保安施設の更新等が行われている。その他、那覇空

港や福岡空港において滑走路の増設やターミナル地域の機能強化など、航空施設の安全・安心を確保しつつ、空港能力の向上に向けた取組みが進められている。

また、航空分野のグリーン施策の推進としては、機材・装備品等への新技術導入、管制の高度化による運航方式の改善、持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進により、運航分野及び空港分野における脱炭素化を推進しつつある。

航空イノベーションの推進としては、ドローン・次世代航空モビリティの安全対策やこれらに対する安全性審査・実用化の促進、小型航空機に係る総合的な安全対策の強化などが推進されている。

第 2 節　航空保安システム

1. 航空保安業務

航空機は、空港を飛び立った後に空港に着陸・停止に至るまで、乗客や貨物を安全に輸送することを目的としている。他の陸上交通や海上交通と比較した場合、次のような特徴があり、数多くのシステムが必要である。

a. 前後左右に加え、上下の空間（三次元）を飛行する。

b. 一般的なジェット旅客機では時速 800km 前後、低速度といわれるヘリプターであっても時速 200km 前後という速度で飛行しており、パイロットの目視による視界確保には限界がある。

c. 安全確保のための速度の極端な増減あるいは空中での停止ができない。

d. 大気中を飛行することから、雲、降水、風あるいは気圧の変動といった気象現象の影響を受けやすい。

e. 滑走路施設や地上の障害物(山や人工構造物)の関係から、離着陸できる場所が限定される。

我が国では国土交通省航空局がシステムを運用し、航空機が安全に飛行するための支援サービスを行っている。この支援サービスは「航空保安業務」と総称され、その内容は次のように分けられており、国際民間航空機関(ICAO)ではこれらの業務を航空交通業務(ATS)と呼称している。

(1) 航空機相互間の安全間隔を設定するために航空交通の指示等を行う管制業務

(2) 航空機の捜索救難及び航空機の安全運航に必要な情報の収集・提供等を行う管制運航情報業務

(3) 洋上を航海する国際航空に従事する航空機に対し安全運航に必要な通信及び情報提供を行う管制通信業務

(4) 各種航空保安無線施設等の整備及び管理・運用を行う管制技術業務

(5) 各種航空灯火その他の電気施設等の整備、維持及び監督を行う航空灯火・電気業務

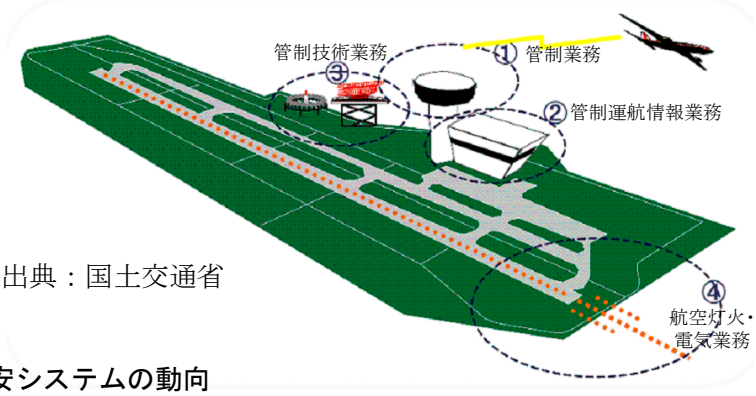
(6) 航空保安施設の性能確認、航空機の航行の安全に関する検査等を行う飛行検査業務

(7) 航空機と通信、航空機の航法及び監視等に使用する運輸多目的衛星(MTSAT)システムを運用する衛星運用業務

これら航空保安業務は将来の航空運送需要の増加にも対応していく必要がある。そのために、例えば、航空路空域を上下に分離することや航空路空域及びターミナル空域を抜本的に再編し効率性向上と航空保安業務負荷の軽減を図るなど、管制処理能力の向上を進めている。

空港周辺における航空保安業務の例を図 1-5-1 に示す。

図 1-5-1　空港周辺における航空保安業務の例



出典：国土交通省

2. 航空保安システムの動向

我が国の航空保安システムは、空港整備計画に基づいて順次整備されてきており、航空保安設備は世界の第一級レベルに達している。

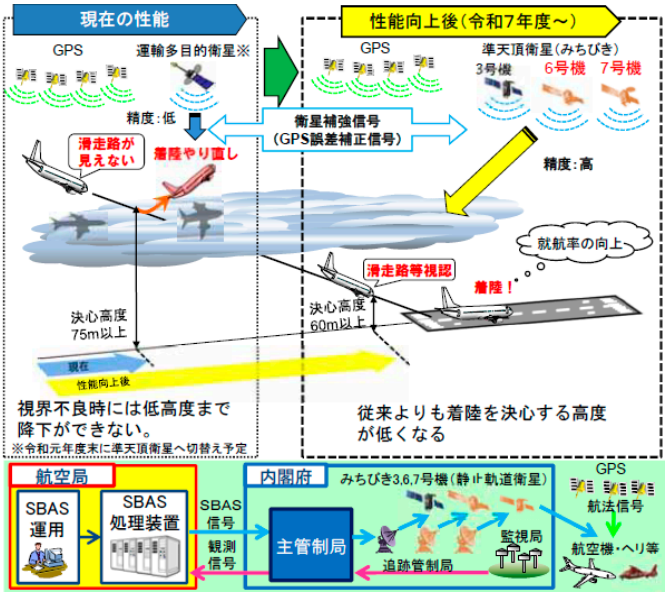
昨今、航空輸送量の増大は日本のみならず、世界的に急速な伸びを示しており、新しい国際的な航空保安システムの構築が必要となった。このため、ICAOが策定した新CNS/ ATM(Communication Navigation Surveillance 通信・航法・監視／Air Traffic Management 航空交通管理)構想の実現に向け取り組みがなされている。

我が国においても、平成6年6月の運輸省(現 国土交通省)航空審議会の答申「次世

代の航空保安システムのあり方」に基づき、信頼性の高い次世代の航空保安システム構築の早期実現を目指すこととなった。この一環として、中核となる運輸多目的衛星(MTSAT: Multi-functional Transport Satellite)2機を打上げ、衛星航法システム(SBAS: Satellite Based Augmentation System)及び衛星通信サービス(AMSS: Aircraft Maintenance Support Services)を提供していた。平成29年には準天頂システム「みちびき3号機」が打上げられ、MTSATにより提供していたSBASによる測位サービスは、令和2年度から「みちびき3号機」を利用したサービス提供に置き換わり、さらなる性能向上が図られる予定である。(図1-5-2 参照)

また、国土交通省は平成22年度に「将来の航空交通システムに関する推進協議会」を立ち上げ「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」を取りまとめた。本協議会では、ATM、PBN (Perfprmance Based Navigation)、情報管理及び航空気象の分野で検討が進められており、平成29年度から重点的に取組む施策として、①軌道の時間管理、②気象予測の高度化等、③航空機動態情報の管理機関における活用、④SBAS性能の検討、⑤地上型衛星航法補強システム(GBAS: Ground Based Augmentation System)を活用した精密進入の検討、⑥新たな通信システム(AeroMACS: Aeronautical Mobile Airport Communication System)による空港における高速大容量通信の実現、⑦SWIM (System Wide Information Management)の実現に向けた取組強化、を決定し、これらの実現に向け検討継続中である。

図 1-5-2「みちびき」を利用した航空用の衛星航法システム



出典：国土交通省

第 3 節 航空宇宙関連規格、CALS の動向

1. 航空宇宙工業の規格整備

日本の航空宇宙工業で適用されている規格は、長い間米国防総省のMIL規格が使われてきたが、品質システム規格については「品質プログラム要求事項」(MIL-9858A)が廃止され、ISO9001が使われるようになった。航空宇宙業界、特に航空業界ではボーイング社、エアバス社等メーカーもISO9001をベースにするも、それぞれ固有の要求事項を追加する形で運用し、業界としての品質マネジメントシステム規格の標準化までには至っていなかったため、平成10年に世界の主要航空宇宙関係企業がIAQG (International Aerospace Quality Group:国際航空宇宙品質グループ)を設立し、品質の改善とコスト削減を目的とする航空宇宙品質マネジメントシステム(9100AQMS ; Aerospace Quality Management System)規格を開発した。

9100AQMSは、航空、宇宙及び防衛分野の品質マネジメントシステム規格のデファクトスタンダードとなっており、その認証制度も確立・運用されている。また、認証に関する情報は世界共通データベース(*)にて登録・公開されている。表1-5-1 にIAQG会員リストを示す。 (*) IAQG－OASIS(Online Aerospace Supplier Information System) (https://www.iaqg.org/oasis)

表 1-5-1　IAQG 会員リスト



；資格停止

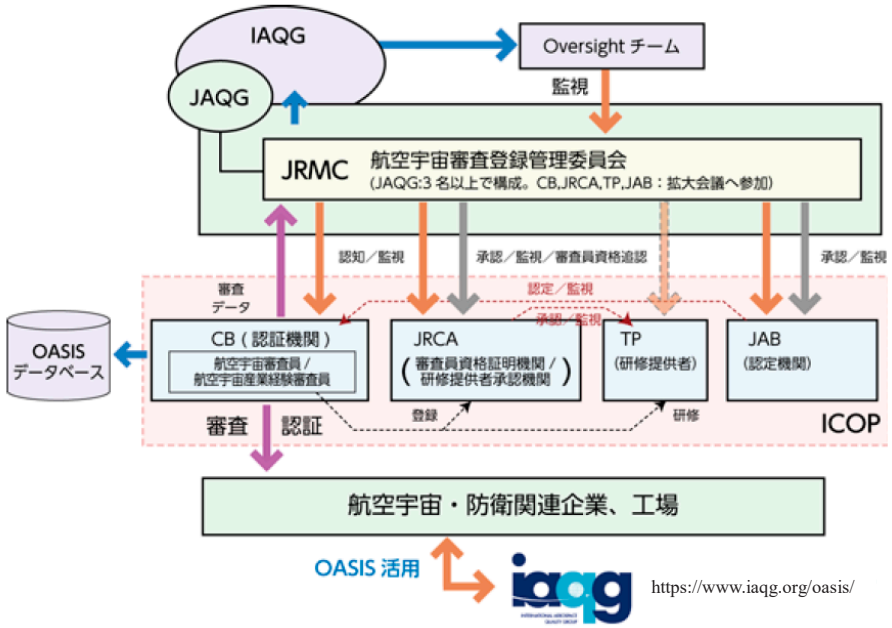
我が国も、(社)日本航空宇宙工業会が平成13年に航空宇宙品質センター(JAQG；Japanese Aerospace Quality Group)を発足し、我が国の9100認証制度を確立するとともに、現在に至るまでその制度を維持している。

表1-5-2 に我が国で制定した9100関連規格、図1-5-3に我が国の航空宇宙品質マネジメントシステムの認証システム、JAQG戦略検討委員会で策定したJAQG中長期戦略ロードマップを図1-5-4に示す。

表1-5-2　9100関連規格

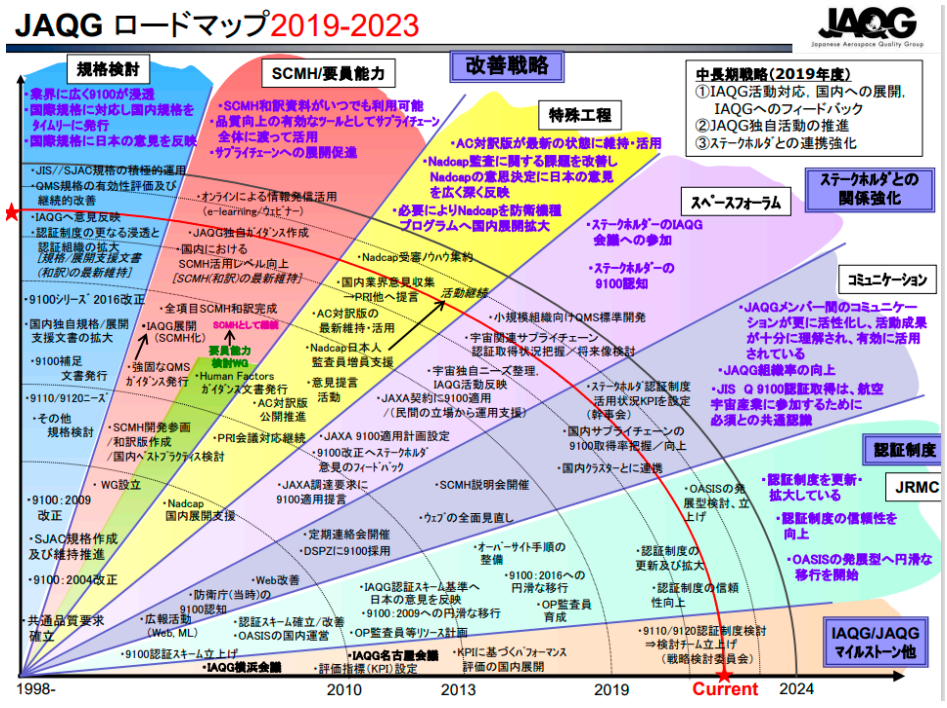
規格番号	表　　題
JIS Q 9100	品質マネジメントシステム －航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項
SJAC 9068	品質マネジメントシステム　－航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項－　強固な QMS 構築のための JIS Q 9100 補足事項
SJAC 9101	品質マネジメントシステム －航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する審査要求事項
SJAC 9102	航空宇宙　初回製品検査要求事項
SJAC 9103	航空宇宙　キー特性管理
SJAC 9104-1	航空,宇宙及び防衛分野の品質マネジメントシステム 認証プログラムに対する要求事項
SJAC 9104-2	航空宇宙　品質マネジメントシステム 登録／認証プログラムのオーバーサイトに対する要求事項
SJAC 9104-3	航空宇宙審査員の力量及び研修コースに関する要求事項
SJAC 9107	航空宇宙組織におけるダイレクトデリバリ権限に関する手引き
SJAC 9110	品質マネジメントシステム　－航空分野の整備組織に対する要求事項
SJAC 9114	航空宇宙組織におけるダイレクトシップに関する手引き
SJAC 9115	品質マネジメントシステム　－航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する審査要求事項　－納入ソフトウェア(JIS Q 9100：2016 の補足)
SJAC 9116	航空宇宙　変更通知（NOC）の要求事項
SJAC 9117	製品リリースにおける検証の委譲
SJAC 9120	品質マネジメントシステム　－航空,宇宙及び防衛分野の販売業者に対する要求事項
SJAC 9131	航空宇宙－品質マネジメントシステムー 不適合データの定義及び文書
SJAC 9132	航空宇宙　部品マーキングに対するデータマトッリクス(2D)品質要求事項
SJAC 9134	サプライチェーン リスクマネジメント ガイドライン
SJAC 9136	航空宇宙　根本原因分析及び問題解決（9S 方法論）
SJAC 9138	統計的な製品合否判定に関する要求事項
SJAC 9145	航空宇宙　先行製品品質計画(APQP）及び生産部品承認プロセス(PPAP)に関する要求事項
SJAC 9146	異物損傷(FOD)防止プログラムー航空、宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項
SJAC　9147	救済困難な物品の管理－航空, 宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項
SJAC 9162	航空宇宙作業者による自主確認プログラム

図 1-5-3　航空宇宙品質マネジメントシステムの認証システム



1

図 1-5-4　JAQG 中長期戦略ロードマップ



JAQGの活動状況はウェブサイトで公開されており、JAQGメンバー専用ページでJAQG／IAQG活動の最新動向、PRI-Nadcap審査基準書の日英対訳版、IAQG規格展開支援文書和訳版、SCMH和訳版などの活動成果を公開している。

JAQG パブリックウェブサイト　：https://jaqg.sjac.or.jp/

JAQGメンバー専用ウェブサイト：https://jaqg.sjac.or.jp/member/

現在 JAQG は、JIS Q 9100 規格の制定、JIS Q 9100 認証制度の運用と監視を行うとともに、以下に示す４つの分野での改善戦略を展開している。

・規格検討：IAQG規格の制定/改正活動への参画、IAQG規格に対応する国内規格(SJAC規格)の制定/改正及びIAQGで作成される規格の展開支援文書の日本語版資料の作成・維持
・特殊工程：特殊工程の国際認定制度(Nadcap)の日本国内への展開を図るため、JAQGメンバーの認証取得及び維持活動の支援
・スペースフォーラム；宇宙産業界へJIS Q 9100及び関連規格を展開し、品質改善とコスト低減を目指した活動の展開
・SCMH (Supply Chain Management Handbook)：サプライチェーンの管理の支援のための指針 IAQG SCMH 文書を和訳、それらの公開・維持活動、日本が提唱した「強固な品質マネジメントシステム」の IAQG への展開として 6 つのガイダンス文書を IAQG SCMH 文書として発行

(一社)日本航空宇宙工業会は、航空宇宙の技術規格に関し、ISO「国際標準化機構」および IEC「国際電気標準会議」の国内審議団体として活動を行っている。また、航空分野については「航空規格戦略検討委員会」を設置し、中長期的な国際規格戦略の検討を行っており、宇宙分野はこれらから独立した活動となっている。

以下に、ISO「国際標準化機構」の中で航空宇宙規格を取り扱っている「ISO/TC20(航空機および宇宙機)国際規格専門委員会」について述べる。

(一社)日本航空宇宙工業会は日本の審議団体として TC20 に参画すると共に、傘下の分科委員会で SC1(航空宇宙電気系統)、SC10(航空宇宙流体系統)、SC13(宇宙データ・情報転送システム)、SC14(宇宙システム・運用)及び SC16(無人航空機システム)に参画し活動している。

SC1 では、傘下の WG3(半導体遠隔電力制御器)及び WG15(LED パワーライト)

において我が国の委員会メンバーが議長を担当し、WG3 ではハイパワーSSPC (Solid State Power Conrtroller)について規格化を推進中、WG15 では LED タキシーライトの一般要求事項について国際規格を制定した。

SC13 は、スペースデータシステム諮問委員会(CCSDS)が検討し、勧告された文書の中から ISO 標準として国際的に広く採用されることが適当と判断されたものを選定し、国際規格とすべく活動している。当該標準は、実用に供されているものが多く、内容審議に重点を置いて活動している。

SC14 では、我が国の委員会メンバーが、傘下の WG1(設計エンジニアリング) 及び WG6(材料と工程)で議長を担当するなど、WG1 から WG8 まで提案・審議活動を継続している。現在審議中の日本提案規格(共同提案を含む)は 9 件で、全審議案件の約 2 割を占めている。平成 30 年度に新規提案した「機構系設計標準」及び「測位補強センターの要件」が発行された。昨年度 NP3 (New Work Item Proposal 3) を通過した「熱真空試験サイクル数決定方法」は規格案作成中である。令和 2 年度に再提案した「受信機クラスコード」は FDIS (Final Draft International Standard) 投票用原稿を提出し、中央事務局の投票開始を待っている。令和 4 年度は「キューブサットインタフェース」、「位置情報交換のための衛星利用サービス」及び「衛星測位サービス」が NP 投票を通過し、CDC (Committee Draft Consulting)を開始した。令和 4 年度に新規提案した「衛星搭載光学センシングのポインティング管理」は NP 投票を通過できなかったため、投票時のコメントを反映して再投票を開始した。近年話題のスペースデブリ(宇宙ゴミ)削減規格については、約半数の規格にプロジェクトリーダ又は共同リーダとして貢献している。

日本は、TC20 以下 SC1、4、10、13、14、16、17 の各サブコミッティで投票権のある P メンバー国として参加しており、SC4 は日本ねじ研究協会が、SC17 は経済産業省産業技術環境局国際標準課が、それぞれ国内審議団体を担当している。

ISO / TC20 の組織図を図 1-5-5 に示す。

航空機用電気装備品関係については、平成 12 年 6 月に IEC「国際電気標準会議」の TC107「航空機用電子部品のプロセスマネジメント」に参画し、「IEC / TC107(航空機用電子部品のプロセスマネジメント)国際規格専門委員会」として活動を継続中である。平成 25 年には我が国より空中 2 次放射線(中性子の衝突等により発生する素粒子など)による集積回路への影響を言及した規格の策定を提案、我が国はプロジ

図 1-5-5　ISO／TC20 国際標準化活動組織図

ISO		議長国	幹事国	日本の参加地位
TC 20 航空機および宇宙機		アメリカ	アメリカ	P
	SC 1 航空宇宙電気系統の要求事項	中国	中国	P
	SC 4 航空宇宙ボルト、ナット	ドイツ	ドイツ	P
	SC 6 標準大気	ロシア	ロシア	不参加
	SC 8 航空宇宙用語	ロシア	ロシア	不参加
	SC 9 航空貨物及び地上機材	フランス	フランス	O
	SC10 航空宇宙用流体系統及び構成部分	ドイツ	ドイツ	P
	SC13 宇宙データ及び情報転送システム	中国	アメリカ	P
	SC14 宇宙システム及び運用	アメリカ	アメリカ	P
	SC16 無人航空機システム	アメリカ	アメリカ	P
	SC17 空港インフラ	アメリカ	アメリカ	P
	SC18 材料	中国	フランス	O

P;投票権あり
O;オブザーバー

ェクトリーダとして本案件を取りまとめ、令和 2 年 4 月に IEC TR 62396-8「航空電子機器における陽子、電子、パイオン、ミューオン、アルファ線フラックスとシングルイベント効果 - 認識ガイドライン」が発行された。航空機用 JIS については、JISW として 97 件が制定されていたが、用語の JISW 以外は他規格と重複することから、平成 27 年に 86 件の一括廃止が承認された。

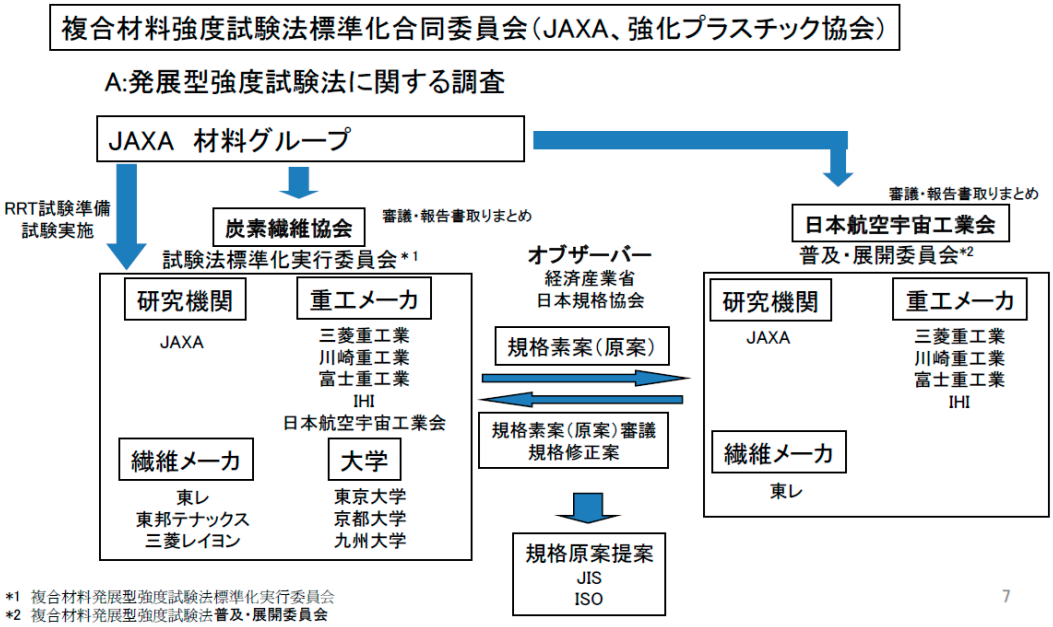
航空機材料として本格利用が開始された炭素繊維強化複合材については、JAXA の委託調査をうけて、先進複合材新試験法及び発展型試験法に関する JIS 規格並びに ISO 規格の航空機分野への普及促進活動を進めた JIS 規格に対し、航空機分野の意見を具申すると同時に、平成 15～17 年度には新試験法ハウツーガイドを策定した。平成 18 年度には、更に新たな発展型試験法について実態調査の実施と JIS 規格に航空機分野の意見を具申し、平成 19 年度には、規格選択のガイドラインを策定し、平成 20 年度及び 21 年度は JIS 規格素案に対し航空機分野の意見を具申しハウツーガイドを策定した。策定時の事業実施体制を図 1-5-6 に示す。

相互認証については、産業界の要求を基に「国土交通省への働き掛けは航空規格の戦略の一環である」と位置付け、「航空規格戦略検討委員会」のもと、「相互認証推進専門委員会」を設立し、活動を推進している。

2. 航空機業界の CALS /EDI

(一社)日本航空宇宙工業会では、平成 8、9 年度の「航空機 CALS プロジェクト」及び平成 10 年度の「防衛庁 CALS 共通基盤システムの設計」に引き続き、平成 11、

図 1-5-6　複合材普及促進活動の事業実施体制（出典：JAXA）

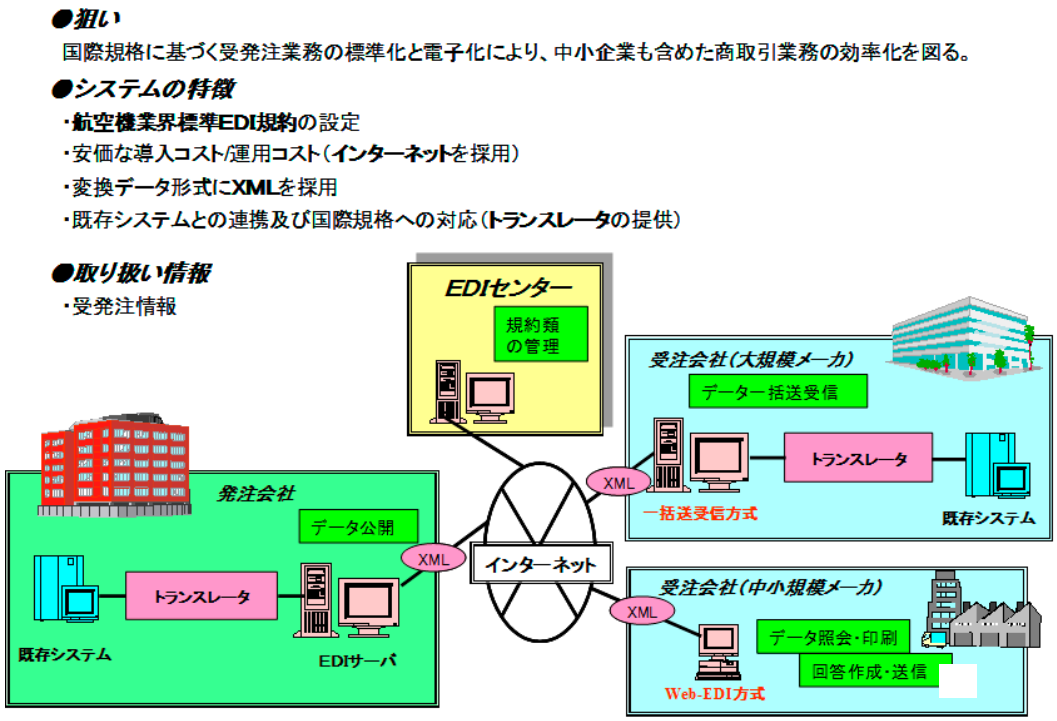


12 年度に「防衛庁 CALS 共通基盤システム」に対応した民側のシステム「防衛調達 CALS」の開発を、(財)情報処理開発協会(現 (一財)日本情報経済社会推進機構)から受注し、平成 12 年 11 月に納入した。開発された資産は、(一社)日本航空宇宙工業会と独立行政法人情報処理振興事業協会(現 独立行政法人情報処理推進機構)が共同所有し、この成果を必要とする企業に広く提供し普及活動を進めている。

「防衛調達 CALS」の開発成果のうち、航空機産業の企業間における受発注などに係る電子データ交換(EDI：Electronic Data Interchange)システムについては、平成 13 年 5 月より一部企業の資材部門や取引会社で、実運用あるいは試行運用が実施されている。航空機業界共通の運用のための規約、プログラム及びマニュアル等の公開及び管理を実施する組織として、平成 13 年 4 月に(社)日本航空宇宙工業会が「航空機業界 EDI センター」を設置し活動しており、令和 3 年 12 月現在で、294 社(うち(一社)日本航空宇宙工業会の会員企業 58 社)が参加し、これら取組みは、我が国では先進的なものとして評価されている。

「航空機業界 EDI システム」の概要及び「航空機業界 EDI センター」の位置付けを図 1-5-7 に示す。また、航空機業界 EDI センターはhttps://edicenter.sjac.or.jp/に公開されている。

図 1-5-7　航空機業界標準 EDI システム



EDI センターのシステムは運用開始以来 20 年以上を経過し、次世代システムの実現に向けて検討を継続している。EDI については、航空機業界の国際化を見据え、関連規格の調査を進めるとともに、諸外国の動向に歩調を合わせセキュアネットワーク上に EDI を設置する等の検討・試験を行い、より安全なシステムを構築するとともに、利用者の増加を目指して活動を継続している。

業界全体のランニングコストの低減、NIST-SP800-171 相当等の新セキュリティ・ルールへの対応を含め、将来に向けたセキュアなクラウドシステムへの移行等を検討している。現在、受注会社が二次的な発注を行える機能の整備が求められているが、同機能を備えた次期システムの稼働までには時間を要するため、G-EDI(松阪クラスターモデル)を用いた機能提供を令和元年 10 月より開始し、これまでは順調に運用されており、他のサプライヤーからも参加の希望が寄せられている。また、「防衛調達 CALS」の一環として開発された航空機業界 EDI システムは、将来的に防衛省と連携運用する部分については、サイバーセキュリティ対策も含め防衛省の取組みに対応していく必要がある。

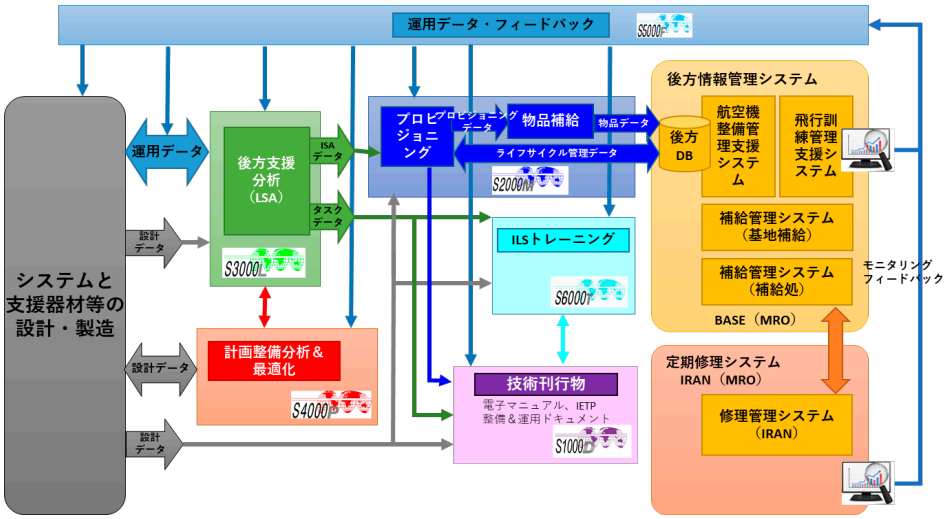
これら官民のシステムの連携により装備品のライフサイクルコスト低減も期待されている。

(一社)日本航空宇宙工業会は、装備品のライフサイクル管理という観点から、プロダクトサポートに関しても活動を展開している。平成 20 年度以降、国内外の航空機関連企業や機関におけるプロダクトサポートの現状と将来動向調査を行い、我が国業界が目指すべきプロダクトサポートのあり方やそれらを実現するための手段・ツール等の検討を実施してきた。

令和 2 年度からは、(一社)日本航空宇宙工業会会員の参加希望企業と防衛省が参画するプロダクトサポート研究会で、情報セキュリティ、海外の後方支援実態、ICT 技術などの情報交換を定期的に実施している。これと並行して、装備品ライフサイクルデータの有効活用を目指して世界的に採用が検討されている、S シリーズなどの規格内容や今後の展開可能性に関する調査を進めている。

図 1-5-8 に S シリーズの全体構成を示す。

図 1-5-8　S シリーズの全体構成



- S1000D ― 共通ソースデータベースを活用した技術出版物のための国際仕様
- S2000M ― 資材管理のための国際仕様
- S3000L ― 後方支援（ロジスティックサポート）分析(LSA)のための国際仕様
- S4000P ― 予防保全の策定・継続的改善のための国際仕様
- S5000F ― 運用・保全データフィードバックのための国際仕様
- S6000T ― 統合後方支援訓練への反映のための国際仕様

第２編　日本の宇宙工業

第１章　宇宙工業の役割・特質と日本の実態

第１節　宇宙工業の役割・特質

宇宙工業は、航空機工業と同様に付加価値が高く、典型的な創造的知識集約型の産業であり、また発達の経緯からも、研究開発的な要素を強く有する技術指向の産業でもある。従来からの電気、光学、計測、機械、化学などの技術を宇宙と結合し複合化させることにより成立、発展してきた。また、科学研究、通信、放送、地球観測等宇宙空間の利用が進んだことにより、従来からのロケットや人工衛星などのいわゆるハードウェアの開発、製造を主とした産業に加え、各種衛星ミッションで得られた情報やデータを処理活用するソフトウェアや、地上設備の分野が発展してきた。

さらに、宇宙空間のもつ微小重力の特質を利用する宇宙環境利用技術も、第１次及び第２次の国際微小重力実験(IML)や、平成７年に打上げ翌年スペースシャトルが回収に成功した、宇宙実験・観測フリーフライヤー(SFU)を経て、平成20年に国際宇宙ステーション(ISS)で日本実験モジュール(きぼう)の運用が開始され、将来特殊材料や医薬品、小型衛星の「きぼう」からの放出、並びにライフサイエンスに関連する、宇宙産業の一分野として成長していくことが期待される。

日本はこれまで、約 50 年にわたり固有の宇宙関連技術を蓄積してきた。経験や実績が浅い分野では、宇宙先進国、特に米国の技術を導入するとともに、その技術を効率よく消化、吸収する一方、我が国独自の技術を付加していき、ロケットの分野では H-II の発展型である H-IIA の開発により、また、衛星の分野でも各種の技術試験衛星や科学衛星により、それぞれ国際水準に達するまでに至った。しかし、平成15年の H-IIA 6号機の打上げ失敗、及び「のぞみ」、「みどり」、「みどり II」などの大型衛星が軌道上において運用不能となったことなどから、設計をはじめとする技術の信頼性を一層高めて行くことが必須の課題となり、具体的に取組が行われた。この成果として、H-IIA は、平成17年の打上げ再開以降連続40機打上げに成功し、H-IIA の能力を増強した H-IIB が、平成21年に初号機である試験機の打上げに成功し、連続９機の打上げに成功した。H-IIB は国際宇宙ステーション(ISS)

に物資を補給する宇宙ステーション補給機(HTV)を打上げた。HTV は米国 NASA の物資を ISS に補給する役割も担っており、ISS への物資輸送の主力補給機として活躍した。H-IIA/B 後継機となる H3 ロケットは令和 5 年の初打上げに失敗した。

我が国では、宇宙工業製品は部品やコンポーネントの種類が多いにもかかわらず生産は極めて少量で、特異な環境下で動作しかつ厳しい重量制限や高信頼性・高技術先進性が要求されるため、低コスト化を図っているものの、価格は高くなる傾向になりがちである。コスト競争力の面で豊富な経験と実績を有する欧米に今後どのように対抗していくかが大きな課題となっている。売上の大部分を国家予算に依存している体質上､産業界の発展のためには予算の増加や国の助成が不可欠であるが、新規分野の開拓やコスト低減などで、産業界の格段の工夫と努力が必要である。

第 2 節　宇宙工業の実態

従来、我が国の宇宙開発の指針として「宇宙開発政策大綱」があり、それに従い宇宙政策が実施されてきた。現行の大綱(第 4 次)は平成 8 年に制定されたものである。平成 13 年の省庁再編に伴い、宇宙開発委員会の位置付けが変更になるため、大綱の見直しに相当する「我が国の宇宙開発の中長期戦略について」と題する宇宙開発委員会基本戦略部会報告書が平成 12 年に発表された。

その後の見直しとして、総合科学技術会議宇宙開発利用専門調査会、宇宙開発委員会から平成 14 年に相次いで「今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本について」､「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」が発表された。

続いて、平成 19 年に宇宙基本法案が与党(自由民主党、公明党)の議員法案として国会に提出された。翌年民主党の意向を踏まえて修正した法案が改めて共同提案され、平成 20 年に成立した。これらの文書には、今後の宇宙開発利用が知の創造、経済社会の発展、安全の確保、国民生活の質の向上を目的とし、今後 10 年程度を見通して宇宙開発のメリハリの効いた重点化と宇宙利用の戦略的拡大を図り、宇宙産業が将来の我が国の基幹産業に発展するよう宇宙開発利用の産業化を促進する方針が示された。さらに、宇宙基本法の成立に伴い平成 21 年に宇宙基本計画が決定されたことを受け、平成 24 年に文部科学省の宇宙開発委員会が廃止されて内閣府に宇宙戦略室と宇宙政策委員会が、内閣官房に宇宙開発戦略本部事務局が設置され

た。文部科学省には新たに宇宙開発利用部会が設置された。その後平成 28 年、内閣府宇宙戦略室と内閣官房宇宙開発戦略本部事務局は、内閣府宇宙開発戦略推進事務局に一元化された。また、安全保障に対する宇宙への期待も大きく、令和 4 年の安保 3 文書中でも、宇宙空間と安全保障について、宇宙状況監視、領域横断作戦能力向上、アメリカとの連携等、具体的に記述されている。

一方、民間事業者による宇宙開発利用の促進の考えも示されており、適切な官民の役割分担の下に宇宙開発に係る予算の「選択と集中」による効率化と、民間資金を含めた我が国全体としての所要資金の拡大も必要である。従って日本の企業は引き続き、コスト低減、信頼性・品質の向上などの自助努力の継続により、企業基盤の確立を図らねばならない状況に大きな変化はないと考えられる。

第 3 節　宇宙基本法・宇宙基本計画

1.　宇宙基本法

宇宙基本法は、「研究開発主導型」から「利用ニーズ主導型」の宇宙開発への転換の必要性、専守防衛の範囲内における我が国の安全保障に資する宇宙開発利用の必要性、並びに我が国の宇宙産業の国際競争力の強化等による産業振興の必要性を背景として、平成 20 年に成立、施行された。

宇宙基本法では、宇宙開発利用に関する基本理念、宇宙開発利用の司令塔、基本的施策、及び体制の見直しに係る検討等が掲げられている。宇宙開発利用に関する基本理念として、宇宙の平和的利用、国民生活の向上等、産業の振興、人類社会の発展、国際協力等の推進、環境への配慮があげられ、宇宙開発利用の司令塔として、宇宙開発戦略本部が設立され宇宙基本計画が策定されている。基本的施策として以下に示す項目をあげている。

宇宙基本法の基本的施策(骨子)

・ 国民生活の向上等に資する人工衛星等の利用 ・ 国際社会の平和・安全の確保、我が国の安全保障に資する宇宙開発利用の推進 ・ 人工衛星等の自立的な打上げ等 ・ 民間事業業者による宇宙開発利用の促進 ・ 宇宙開発利用に関する技術の信頼性の維持及び向上 ・ 宇宙の探査等の先端的な宇宙開発利用、宇宙科学に関する学術研究等の推進 ・ 宇宙開発利用の分野における国際協力の推進等 ・ 環境と調和した宇宙開発利用の推進及び宇宙の環境保全のための国際的な連携の確保 ・ 宇宙開発利用に係る人材の確保、養成及び資質の向上 ・ 宇宙開発利用に関する教育・学習の振興等 ・ 宇宙開発利用に関する情報の管理

2. 宇宙基本計画

宇宙基本法に基づき、内閣総理大臣を本部長とする宇宙開発戦略本部が設立され、我が国で初めて、宇宙政策全般に亘る計画として、平成 21 年に宇宙基本計画が決定された。この計画は今後 10 年間程度を見通し、5 年間の基本的な方針と実施すべき施策を取りまとめたものであり、国民生活の向上と国際貢献を目指して、以下に示す 6 つの目指すべき方向性を掲げている。

宇宙開発利用に関する基本的な 6 つの方向性

① 宇宙を活用した安心・安全で豊かな社会の実現 ② 宇宙を活用した安全保障の強化 ③ 宇宙外交の推進 ④ 先端的な研究開発の推進による活力ある未来の創造 ⑤ 21 世紀の戦略的産業の育成 ⑥ 環境への配慮

平成 24 年に内閣府に宇宙戦略室及び宇宙政策委員会が設置されたことに伴い、平成 25 年に宇宙基本計画の内容が変更された。変更された宇宙基本計画は、平成 25 年度からの 5 ヵ年の計画であり、内閣府が宇宙政策の司令塔を担うとともに、宇宙航空研究開発機構(JAXA)は中核的な実施機関と位置付けられている。本計画では、以下に示す基本的な方針・重点課題が掲げられている。

宇宙開発利用の推進に関する 2 つの基本的な方針・3 つの重点課題

・2 つの基本的な方針
(1) 宇宙利用の拡大
(2) 自律性の確保
・3 つの重点課題
(1) 安全保障・防災
(2) 産業振興
(3) 宇宙科学等のフロンティア

その後、平成 26 年に、内閣総理大臣から「平成 25 年 12 月に閣議決定された国家安全保障戦略に示された新たな安全保障政策を反映するとともに、産業界の投資の予見可能性を高め、産業基盤を強化するため、今後 20 年間程度を見据えた 10 年間の計画を盛り込んだ、新しい宇宙基本計画の作成を行う」旨の指示があり、平成 27 年宇宙開発戦略本部において、工程表を含む、新しい宇宙基本計画が制定された。新しい宇宙基本計画では、以下に示す宇宙政策の目標・基本的なスタンスが掲げられている。宇宙基本計画は平成 28 年の内閣府への宇宙組織の一元化を受け、宇宙基本法に基づき閣議決定された。工程表は実態に合わせて毎年改訂されており、最新の宇宙基本計画工程表(令和 4 年度改訂)は、令和 4 年 12 月 23 日に宇宙開発戦略本部で決定されている。我が国の宇宙活動を支える総合的な基盤の強化として、以下の施策が示された。

宇宙基本計画工程表（令和 4 年度改訂）のポイント

(1) 宇宙安全保障の確保
(2) 災害対策・国土強靭化や地球規模課題の解決への貢献
(3) 宇宙科学・探査による新たな知の創造
(4) 宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現
(5) 産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化

3. 宇宙活動法

平成 28 年、宇宙活動法及びリモセン法の 2 法案が国会で可決成立した。内閣府は平成 29 年から宇宙活動法が一部施行し、平成 30 年に全面施行した。この法律により、人工衛星等の打上げに係る許可、打上げ用ロケットの型式認定、打上げ施設の適合認定、人工衛星の管理に係る許可に関する申請受付を開始した。またリモセン法は、平成 29 年から全面施行され、衛星リモセン装置許可、衛星リモセン記録

取扱認定等を実施している。宇宙活動法では、民間の打上げ事業に許可制を導入し事業者には打上げ失敗による被害に備えて損害賠償保険への加入を義務付けることを定め、リモセン法では、高精度な衛星画像の配布先を、国の認定を受けた事業者と行政機関に限定することを定めている。これらの法律により、日本における宇宙産業の健全な発達、及び国際社会における国益と整合した宇宙活動の推進のための環境がさらに整備された。

4. 安全保障

平成 25 年に制定された「国家安全保障会議決定および閣議決定」により、中期防衛力整備計画が閣議決定され、宇宙状況把握に係る取組を積極的に推進することが謳われた。平成 30 年に航空自衛隊内に宇宙領域専門部隊が新編され、宇宙施設型光学望遠鏡および Space Situational Awareness レーザー測距装置の導入が開始された。令和 4 年には、宇宙作戦群が新編され、2 個隊が編成され、安全保障戦略は、令和 4 年 12 月 16 日に「国家安全保障戦略について」が制定されている。また同日に制定された「防衛力整備計画」に宇宙領域での情報収集、通信等の能力向上がうたわれ、米国との連携、衛星の利用促進、超音速滑空兵器の探知・追尾など宇宙領域での具体的な能力整備や組織体制さらに人的基盤の強化が示された。

「国家安全保障戦略」においては、我が国を全方位でシームレスに守るための取組の強化として、宇宙の安全保障に関する総合的な取組の強化が次のように挙げられている。経済・社会活動にとって不可欠な宇宙空間の安全かつ安定した利用等を確保するため、宇宙の安全保障の分野での対応能力を強化する。具体的には、自衛隊、海上保安庁等による宇宙空間の利用を強化しつつ、JAXA 等と自衛隊の連携の強化等、我が国全体の宇宙に関する能力を安全保障分野で活用するための施策を進める。また、不測の事態における政府の意思決定に関する体制の構築、宇宙領域の把握のための体制の強化、スペースデブリへの対応の推進、相手方の指揮統制・情報通信等を妨げる能力の整備の拡充、国際的な行動の規範策定を含む同盟国・同志国等との連携の強化を進める。さらに、我が国の宇宙産業を支援・育成することで、衛星コンステレーションの構築を含め、我が国の民間の宇宙技術を我が国の防衛に活用する。そして、それが更に我が国の宇宙産業の発展を促すという好循環を実現する。このような宇宙の安全保障の分野の課題と政策を具体化させる政府の構想を

取りまとめた上で、それを宇宙基本計画等に反映させる。(「国家安全保障戦略」抜粋)

「国家防衛戦略」においては、防衛力の抜本的強化に当たって重視する能力として、領域横断作戦能力が次のとおり挙げられている。宇宙・サイバー・電磁波の領域及び陸・海・空の領域における能力を有機的に融合し、相乗効果によって全体の能力を増幅させる領域横断作戦により、個別の領域が劣勢である場合にもこれを克服し、我が国の防衛を全うすることがますます重要になっている。宇宙領域においては、衛星コンステレーションを含む新たな宇宙利用の形態を積極的に取り入れ、情報収集、通信、測位等の機能を宇宙空間から提供されることにより、陸・海・空の領域における作戦能力を向上させる。同時に、宇宙空間の安定的利用に対する脅威に対応するため、地表及び衛星からの監視能力を整備し、宇宙領域把握(SDA)体制を確立するとともに、様々な状況に対応して任務を継続できるように宇宙アセットの抗たん性強化に取り組む。このため、令和 9 年度までに、宇宙を利用して部隊行動に必要不可欠な基盤を整備するとともに、SDA 能力を強化する。今後、おおむね 10 年後までに、宇宙利用の多層化・冗長化や新たな能力の獲得等により、宇宙作戦能力を更に強化する。(「国家防衛戦略」抜粋)

「防衛力整備計画」においては、自衛隊の能力等に関する主要事業として、領域横断作戦能力が次のように挙げられている。宇宙領域における能力について、スタンド・オフ・ミサイルの運用を始めとする領域横断作戦能力を向上させるため、宇宙領域を活用した情報収集、通信等の各種能力を一層向上させる。具体的には、米国との連携を強化し民間衛星の利用等を始めとする各種取組によって補完しつつ、目標の探知・追尾能力の獲得を目的とした衛星コンステレーションを構築する。また、衛星を活用した極超音速滑空兵器(HGV)の探知・追尾等の対処能力の向上について、米国との連携可能性を踏まえつつ必要な技術実証を行う。さらに、増大する衛星通信の需要に対応するため、X バンド通信に加え、より抗たん性の高い通信帯域を複層化する取組を進める。宇宙領域の安定的利用に対する脅威が増大する中、宇宙領域への対応として、相手方の指揮統制・情報通信等を妨げる能力を更に強化する。また、平素からの宇宙領域把握(SDA)に関する能力を強化するため、令和 8 年度に打ち上げ予定の宇宙領域把握(SDA)衛星の整備に加え、更なる複数機での運用についての検討を含めた各種取組を推進する。さらに、我が国の衛星を含む宇宙

システムの抗たん性を強化するため、準天頂衛星を含む複数の測位信号の受信や民間衛星等の利用を推進しつつ、衛星通信の抗たん性技術の開発実証に着手する。諸外国との協力について、米国等と宇宙領域把握(SDA)に係る情報共有を推進するほか、高い抗たん性を有する通信波を多国間で共同使用するなどの連携強化を推進する。宇宙領域に係る組織体制・人的基盤を強化するため、JAXA 等の関係機関や米国等の同盟国・同志国との交流による人材育成を始めとした連携強化を図るほか、関係省庁間で蓄積された宇宙分野の知見等を有効に活用する仕組みを構築するなど、宇宙領域に係る人材の確保に取り組む。(「防衛力整備計画」抜粋)

第２章　日本の宇宙工業の歴史と現状

第１節　日本の宇宙工業の歴史

1　概況

昭和 29 年に始まった東京大学 生産技術研究所(現 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)のペンシルロケットの研究は、日本の宇宙開発起点であり、産業界にとっても宇宙ビジネス誕生のスタート点となった。

昭和 32 年(1957 年)にソ連が世界初の人工衛星スプートニクを、翌昭和 33 年にはアメリカがエクスプローラをそれぞれ打上げ、米ソの宇宙開発競争が始まった。

昭和 41 年ラムダ 3H(L-3H)型ロケットで宇宙観測の高度記録を樹立した飛翔体の分野では、東京大学 宇宙航空研究所(現 宇宙科学研究所)が、ラムダロケットをベースとして人工衛星打上げ用の L-4S の開発に着手した。このころ国の宇宙開発体制が科学研究と実用の 2 本立てで進められることが決定したことにより、科学技術庁 宇宙開発推進本部を経て宇宙開発事業団(現 宇宙航空研究開発機構)が成立し、N ロケット計画が始動した。

L-4S ロケット



出典：JAXA

昭和 45 年に日の丸衛星 1 号となった「おおすみ」の打上げ成功で、日本も宇宙先進国の仲間入りを果たし、昭和 46 年には M-4S が開発された。しかし実利用の分野では、宇宙開発事業団の N ロケットをはじめ、昭和 44 年の日米交換公文に基づく米国からの技術導入によって進められることになった。なお米

国から衛星ロケットに関する多くの技術・運用方法がパッケージで移転されたのは世界でも日本のみである。またその後も現在に至るまで、希望する国があるにも関わらず衛星打上げのロケット技術を移転することはなく、日本に対する米国の扱いは例外的で、M-4S までの自主技術は評価されていたと考えられる。

ロケット分野では国際的に商業化が進行する中、自主技術で開発された H-II ロケットの後継機である H-IIA を中心に開発を行ってきた。

一方、平成元年の日米通商交渉において、日本は衛星分野の市場開放に同意し、国内のメーカーに発注する政府調達衛星は技術開発衛星に限られ、通信衛星や放送衛星といった実用衛星は国内に限定せず国際的に市場から公平に調達するとなった。これにより、我が国の宇宙開発利用体制は大きな変更を余儀なくされた。この政策変更以降は日本の実用衛星は米国製が大半となり、欧州諸国とは異なり国内衛星市場は利益を創出し易い量産シェアを国内企業は失った。

文部科学省・宇宙開発委員会の政策により、大型ロケットについては H-IIA の信頼性を上げると共に、13 号機から打上げ以外の責任を JAXA から三菱重工業に移管・民営化した。更に打上げ能力を増強した H-IIB の開発を行い、平成 21 年に試験機の打上げに成功し、H-IIB についても平成 25 年に打上げた 4 号機から三菱重工業に移管・民営化した。また、中型ロケットの M-V を平成 18 年度の打上げで廃止し、後継として低価格の小型固体ロケットシステムを開発することとなり、H-IIA の固体補助ロケットと M-V の上段ロケットを組み合わせたイプシロンロケットを M-V の後継として開発することとなった。これを受けて開発されたイプシロンロケットは、平成 25 年に試験機の打上げに成功した。新基幹ロケット H3 は令和 5 年 3 月に初打上げに臨んだが、2 段エンジンは作動せず衛星の軌道投入に失敗した。

産業界においては、宇宙活動法の施行により、ロケット打上げも JAXA のみとしない、国の許可を事業者が受けて打上げる体制に移行し、商業化に適合した H-IIA、H-IIB ロケット及びイプシロンロケットの運用拡大、海外市場への売り込み、日本電気や三菱電機等の国際衛星ビジネス市場への参入等将来に向けた新しい事業展開が行われている。なお、GX ロケット構想に基づき、民間出資による中小型衛星の商業打上げを目的とするギャラクシーエクスプレス社が平成 13 年に設立されたが、政府による GX の開発中止決定に伴い、平成 22 年に会社を解散した。

JAXA には商業化後、事業者の競争力強化／基盤維持の目的で予算化する役割は

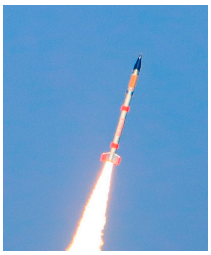
なく、先進諸国の宇宙政府機関が自国の産業振興をも視野に入れ活動するのに比較すると、実用・商用に達した宇宙活動に対しては政府支援が手薄い。我が国の宇宙機器産業はJAXAプロジェクトから独り立ち後に市場での価格競争力を失い、市場占有率を落としたり、得意市場から撤退した例は、かつて世界市場を占有していた衛星搭載用トランスポンダを始めとして、ここ20年余りで数百億円弱の売上になり、世界の宇宙産業が隆盛にあって日本企業の技術力が評価されているにも関わらず、市場では存在感がかつてよりむしろ低下している。(図2-2-11参照。)

2　輸送系

(1) 観測用ロケット

ペンシルロケットで始まった我が国のロケットの研究開発は、まず観測ロケットへの応用に結び付いた。ペンシルロケット、ベイビーロケットに続いて昭和33年の国際地球観測年にカッパー6(K-6)型が開発され、以後2段式のK-8、K-9M、K-10型と改良され、大型化された。一方、推進薬の性能を向上させた1段式の観測用ロケットとして、S-160、S-210、S-310及びS-520など、2段式ロケットとしてSS-520などが順次開発され、この内S-310、S-520及びSS-520は現在でも実用に供されている。また、これらSシリーズの観測用ロケットは、昭和45年から南極の昭和基地でも打上げられ、オーロラの観測に大きな成果を上げた。高度60kmまでの気象観測専用機としてのMT-135は昭和39年に開発され、平成13年の運用終了までに1,000機以上が打上げられた。

SS-520ロケット



出典：JAXA

一部のカッパー観測ロケットはインドネシア、ユーゴスラビアに輸出され、技術の軍事転用が懸念され国際問題となり、「武器輸出三原則」を昭和42年に日本政府が表明する決着に至った。

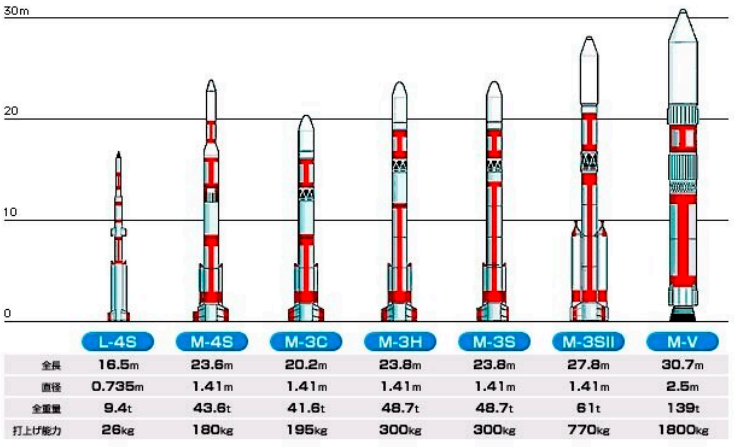
(2) 人工衛星打上げ用ロケット

人工衛星打上げ用ロケットでは、創世期には宇宙科学研究所による科学衛星打上げを目的としたロケットと、宇宙開発事業団による実用衛星打上げを行うロケットの2種類が開発された。また、これらのロケットの開発の過程で、各種のシステム、サブシステム、部品等の開発、評価、実証等を目的とした、JCRやLS-C

等の試験用ロケットが開発された。

科学衛星打上げ用ロケットの分野では昭和45年L-4S-5号機により日本最初の人工衛星が打上げられた。昭和46年には直径1.41mのM(ミュー)-4Sが開発され、さらに第2段、第3段を新規開発し、推力方向制御装置を第2段に取り付けて、軌道投入精度の向上を図ったM-3C、第1段のモータの長さを伸ばして衛星打上げ能力を大幅に増大したM-3Hが開発された。続いて第1段にも推力方向制御装置と固体モータロール制御装置を装着したM-3Sへと発展、更に、このM-3Sの第2段、第3段モータ及び補助ロケットを大型化するとともに性能を向上し、打上げ能力を一層増大したM-3SIIが開発され、平成7年のEXPRESSを含め合計8機打上げられた。また、さらに打上げ能力を大幅に増大したM-Vに発展した。M-Vは、平成2年度より開発が始まった科学ミッション用3段式大型固体推進ロケットで、低軌道に約1.8トンの衛星を打上げる能力を持っており、平成9年に1号機により電波天文衛星「はるか」を打上げ、平成18年の太陽観測衛星「ひので」の打上げで終了となった。M-Vは、合計7機打上げられ、6機の打上げに成功した。（図2-2-1参照）

図2-2-1　科学衛星打上げ用ロケット(出典：JAXA)



実用衛星打上げ用ロケットの分野では、宇宙開発事業団(現 JAXA)が、当初は電離層観測衛星用のQロケット(固体・固体・液体・固体の4段式ロケット)と実験用静止通信衛星用のN-Iロケットの開発を進めていたが、昭和45年に入ってQロケットの開発を中止し、米国のデルタ液体ロケットをベースに技術導

入した N-I ロケットの開発に一本化した。本格開発に先立ち、N-I ロケット第 2 段の液体ロケット試験のために LS-C ロケットを打上げて、開発の目途をつけた。N-I ロケットは、合計 7 機が打上げられ、人工衛星打上げ技術の習得、静止衛星投入技術の習得に大きな成果を挙げた。

N-I ロケットの性能を向上した N-II ロケットの開発は昭和 49 年から始まり、昭和 56 年に初号機による性能確認、宇宙機器搭載実験を目的とした技術試験衛星の打上げを含め 8 機が打上げられた。

昭和 56 年から H-I ロケットの開発が始まった。第 1 段液体ロケットと 9 本の固体補助ロケットは、N-II ロケットに引き続きライセンス生産されたが、第 2 段として液体酸素／液体水素を推進薬とする高性能 LE-5 エンジンを、第 3 段として球形固体モータを、誘導装置として慣性誘導装置を、それぞれ日本の自主技術で開発した。さらに衛星に組み込まれる静止衛星軌道投入用アポジモータも自主開発された。H-I ロケットは平成 4 年の地球資源衛星の打上げを最後に、合計 9 機でフェーズアウトとなった。

H-I ロケット



出典：JAXA

H-II ロケットは、宇宙開発事業団が開発した 2 段式の大型実用衛星打上げ用ロケットで、重量約 2 トンの静止衛星を打上げる能力を持っている。第 1 段、第 2 段は、ともに液体酸素／液体水素を推進剤とする高性能 LE-7 エンジンが自主開発され、また、推力増強のための大型の固体ロケットブースターも新規に開発された。誘導装置は、H-I ロケットに採用された慣性誘導装置がさらに高性能化された。

H-II ロケット



出典：JAXA

H-II ロケットの試験機 1 号機は平成 6 年に打上げられた。以後、平成 9 年まで、5 機(1～4 号機、6 号機)の打上げに成功した。しかし、平成 10 年、5 号機で打上げた通信放送技術衛星(COMETS)は、2 段エンジンの不調で目標軌道への投入に失敗した。さらに、平成 11 年には運輸多目的衛星(MTSAT)を 8 号機で打上げたが、1 段エンジンが推力を失い失敗した。これらの失敗を受けて、宇宙開発事業団は開発に人材や時間を集中することにした。

J-I ロケットは、小型衛星打上げの需要に応えるために計画された 3 段式固体ロケットである。第 1 段に宇宙開発事業団(現 JAXA)が開発した H-II の固体ロ

ケットブースタ、第 2・第 3 段には宇宙科学研究所(現 宇宙航空研究開発機構)の M-3SII ロケット用固体モータを用いて、短期間、低コストの開発を目指したが、既存システムの統合結果は低価格ではなかった。1 号機は平成 8 年、極超音速飛行実験機(HYFLEX)を搭載して打上げられた。2 号機は、平成 13 年度冬期の打上げに向け開発を進めていたが、宇宙開発委員会の宇宙開発計画見直しに伴い、開発が凍結された。

H-II ロケットの発展型である H-IIA は、大型化する衛星の打上げに対応するため、モジュラーを組合せ多様にファミリー化(202, 2022, 2024, 204 を開発、検討段階では 1024, 212, 222 も構想)して、最も能力の大きいバージョンでは低軌道に約 20 トン、静止軌道に約 4 トンのペイロード打上げ能力を持つ増強型まで幅広く構想・開発された。H-IIA ロケット試験機 1 号機は平成 13 年に打上げられた。以後、平成 15 年の 5 号機までの 5 機連続打上げに成功した。しかし、平成 15 年の 6 号機打上げに失敗したため、固体ロケットブースターのノズルの設計を一部変更する等の打上げ失敗の原因究明と万全の対策を行い、1 年 3 ヶ月のブランクを経て平成 17 年に打上げを再開し 7 号機の打上げに成功した。なお、H-IIA 及び H-IIB は、総合科学技術会議の第 3 期科学技術基本計画において国家基幹技術に指定された「宇宙輸送システム」の対象プロジェクトとなり、国として重点的に取り組むべきものとされた。H-IIA 及び H-IIB ロケットは、我が国の「基幹ロケット」に位置付けられた。

H-IIA ロケット



出典：JAXA

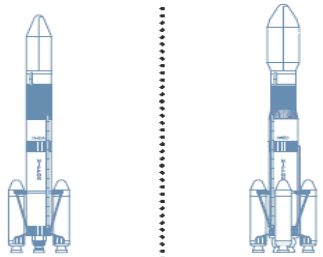
表 2-2-1　H-IIA 標準型ロケット諸元表

諸　　元		第 1 段	固体ロケットブースター	第 2 段
寸法	長さ(m)	37.2	15.1	9.2
	全長(m)	53.0		
	外径(m)	4.0	2.5	4.0
重量	各段質重量(t)	114.0	154.0	20.0
	全段質量(t)	(289.0 衛星を除く)		
エンジン	推進薬種類	液化酸素／液化水素	ポリブタジェン系 コンポジット固体推進薬	液化酸素／液化水素
	推進薬質量(t)	101.1	132.0	16.9
	推力(kN)	1,098	4,490	137
制御方式	ピッチ・ヨー	エンジンジンバル	可動ノズル	エンジンジンバル

図 2-2-2　H-IIA 及び H-IIB ロケット全体図と諸元

H-ⅡAロケットと
H-ⅡBロケットの比較

Comparison
of H-ⅡA and H-ⅡB



		H-ⅡAロケット H2A202 Standard	H-ⅡBロケット HⅡB Heavy Lift
諸元 Specifications	全長 Length (m)	53	56
	質量 Mass (ton)	289	551
	SRB-A	2	4
最大打ち上げ能力 Maximum Launch Capacity (ton)	GTO	6	8
	HTV軌道 Orbit for HTV	—	16.5

出典：JAXA

その後、2 段目ロケットの長秒時コースト化、第 2 段エンジン再々着火達成等によるシステム性能の大幅な向上を目指して、さらなる高度化の研究・開発を進められた。平成 27 年打上げの 29 号機から高度化を適用し、成功を収めた。(表 2-2-1、図 2-2-2 参照)令和 5 年 1 月 26 日には 46 機目を打上げ、連続 40 機の打上げに成功している。

H-IIA は当初の設計・開発・運用段階より、日本衛星の打上げのみでなく、国際市場参入により、海外の実用衛星を商業打上げすることを念頭に計画され、H-IIA 等の販売及び打上げ支援会社としてロケットシステム社(RSC：平成 18 年解散) が設立された。RSC は米国衛星メーカー2 社から 20 機分を受注し、商業衛星打上げの国際市場に平成 12 年から参入する計画であったが、H-II ロケット 5 号機及び 8 号機の失敗から、注文は徐々に解除され市場参入遅延を余儀なくされた。

このため、政府は平成 14 年、H-IIA の商業化促進、コスト意識の徹底、明確な責任体制の確保等を目指し、平成 19 年度から H-IIA 事業を三菱重工業に移管・民営化することを決定した。平成 15 年に H-IIA 6 号機の打上げ失敗があったが、7 号機から 12 号機まで連続打上げの成功に伴い、平成 19 年度の 13 号機打上げからは、製造・販売・打上げサービス業務が三菱重工業に移管された。H-IIA 事業の民営化後、平成 19 年の H-IIA 13 号機から、令和 5 年の 46 号機ま

で 34 機の打上げを行っている。平成 24 年に打上げた H-IIA 21 号機は、韓国航空宇宙研究院(KARI)の多目的実用衛星 3 号機(KOMPSAT-3)を商業ベースの打上げサービスで受注し、JAXA の水循環変動観測衛星(GCOM-W1)と相乗りで打ち上げに成功し、これは海外衛星の初の商業打上げとなり、市場へ参入した。その後、商業ベースで下表の衛星を打上げたが、本邦衛星の商業打上げはない。H-IIB 8 号機、H-IIA 42 号機から、宇宙活動法の下で国の許可を得た三菱重工業のロケット打上げに移行している。

H-IIA ロケットによる商業衛星打上げサービス

打上げ年	号 機	衛　星	備 考
平成 24 年	21 号機	韓国航空宇宙研究院(KARI) 多目的実用衛星 3 号機(KOMPSAT-3)	初商業打上げ
平成 27 年	29 号機	カナダテレサット社　通信放送衛星 Telstar 12 (VANTAGE)	
平成 30 年	40 号機	UAE MBRSC　観測衛星 KhalifaSat	
令和 2 年	41 号機	UAE MBRSC　火星探査機 al-Amal	
令和 3 年	45 号機	英国インマルサット社　通信衛星 Inmarsat-6 F1	スーパー・シンクロナス軌道への初投入

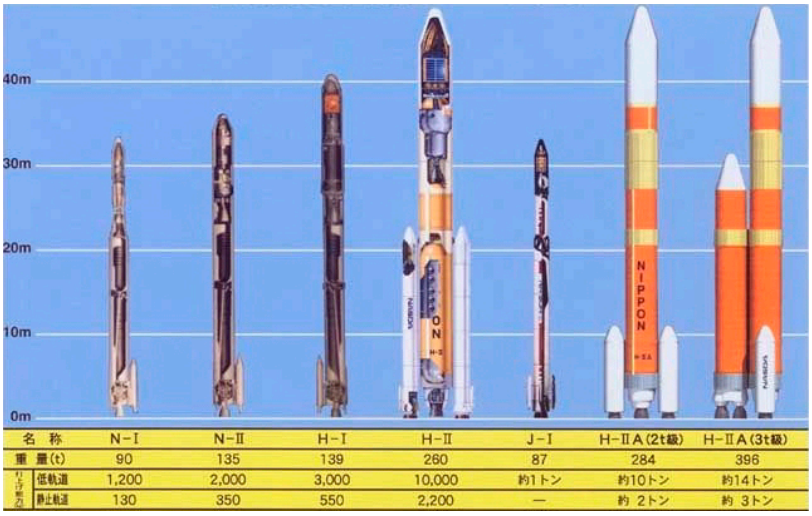
UAE：アラブ首長国連邦

MBRSC：ドバイ王立のムハンマド・ビン・ラシード宇宙センター

今後は、引き続き信頼性・品質を一層高め、残り 4 機の打上げ予定の成功が期待される。H-II, H-IIA ロケットともに、プロジェクト目標価格は円建てで達成していても、構想検討時から円高は進展し、開発の 5～10 年を経過した商談時に米ドル建て価格では市場競争力を失っており、商業受注は伸びない過程を繰り返した。

ISS へ物資を輸送するため打上げ能力を増強した H-IIB ロケットが開発され(プログラムの最初は H2A212 形態で計画されてロケットが、コストを下げる形態として H2A204 の能力を増強して、H-IIB と名称を変更した)、平成 21 年に試験機打上げに成功し、平成 25 年の 4 号機打上げから三菱重工業に移管され、令和 2 年に 9 号機を打上げ、連続 9 機の打上げに成功し完了した。

図 2-2-3　実用衛星打上げ用ロケット



名　称		N-I	N-II	H-I	H-II	J-I	H-IIA(2t級)	H-IIA(3t級)
重　量(t)		90	135	139	260	87	284	396
打上げ能力	低軌道	1,200	2,000	3,000	10,000	約1トン	約10トン	約14トン
	静止軌道	130	350	550	2,200	—	約 2トン	約 3トン

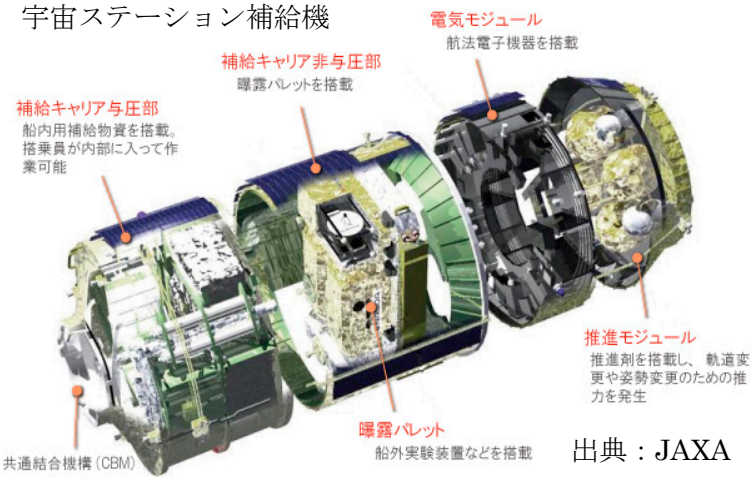
出典：JAXA

(3) 宇宙ステーション補給機(HTV)

国際宇宙ステーション(ISS)に物資を運ぶための軌道間輸送機として、宇宙ステーション補給機(HTV：H-II Transfer Vehicle)が JAXA により開発された。製作メーカーは三菱重工業と三菱電機である。HTV は補給物資や各種装置などの ISS への輸送、用途を終えた実験機器や使用後の衣類等の廃棄等を目的としている。

HTV は H-IIB ロケットによって打上げられ、分離後は地上管制に基づくオンボード自動航法で ISS に接近飛行するが、最終段階では ISS のクルーが操作するマニピュレータ(SSRMS)によって掴まれ、ISS に結合される。技術実証機が平成 15 年度に打上げられたのち、平成 15 年に起こった米国スペースシャトル「コロンビア」の空中分解事故によ

宇宙ステーション補給機



出典：JAXA

り、ISS 建設、運用計画は遅れ、HTV 開発にも遅れが生じた。HTV 初号機の技術実証機は平成 21 年に H-IIB ロケットにより打上げられ、ISS 補給物資の輸送及び運用検証に係る試験を行い、同年大気圏に突入し、図 2-3-2 に示すミッションを計画通りに実施した。

HTVは、H-IIA及びH-IIBロケットと共に、総合科学技術会議の第3期科学技術基本計画において国家基幹技術に指定された「宇宙輸送システム」の対象プロジェクトとなり、国として重点的に取り組むべきものとされた。ISSに物資補給後のHTVは、大気圏再突入時に燃え尽き、HTV内部に収容した物資は回収しないが、平成30年、7号機に搭載した小型カプセルでは実験で作成した試料を収納し、洋上回収に成功した。

図 2-2-4　HTV 技術実証機運用シーケンス



平成 27 年、HTV に改良を加え将来の波及性を持たせた新たな宇宙機 HTV-X を開発する方針が示され平成 28 年から開発に着手し、令和 6 年度の H3 ロケットによる HTV-X 技術実証機の打上げを計画している。なお、令和 4 年 12 月 23 日に改訂された宇宙基本計画工程表によると、HTV-X は月を周回する Gateway への物資・燃料輸送も検討されている。

3. 人工衛星

おおすみ(出典：JAXA)



(1) 科学衛星

日本で最初の人工衛星は「おおすみ」で、昭和 45 年に打上げられた。これによって日本は、ソ連、アメリカ、フランスに次いで、自力で人工衛星を打上げた 4 番目の国になった。以来、この分野では令和 4 年 12 月までに約 40 機の科学衛星が打上げられてきた。

昭和 60 年に打上げの「さきがけ」(MS-T5)は、我が国初の人工惑星となり、同年打上げの「すいせい」(PLANET-A)とともに、国際ハレー彗星共同観測計画(IHW)に参加し、各国の探査機とともに同彗星の観測を行った。また、「ひてん」(MUSES-A)は、我が国で初めて月の重力を利用して軌道変換や加減速を行うスイングバイ実験を米ソに次いで世界で 3 番目に行った。また、第 1 回のスイングバイ直前に小型衛星の月軌道への放出にも成功し、我が国初の月周回衛星「はごろも」となった。平成 4 年打上げの GEOTAIL は日米欧共同の計画で、科学衛星では米国ロケットによる初めての打上げであった。

「ようこう」(SOLAR-A)は長期間にわたる太陽フレアの観測、「あすか」(ASTRO-D)は天体の X 線観測、「はるか」(MUSES-B)は VLBI 実験、「あかり」(ASTRO-F)は全天の赤外線地図作成の成果を上げた。平成 10 年打上げの火星探査機「のぞみ」(PLANET-B)は火星近傍に到達したが、周回軌道への投入には失敗した。

すざく外観図(出典:JAXA)



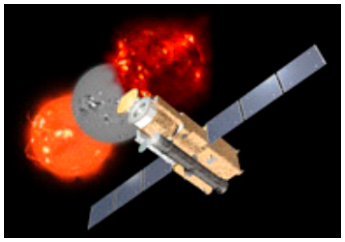
平成 17 年に打上げた X 線天文衛星「すざく」(ASTRO-EII)は、目標寿命である約 2 年を超える約 10 年にわたり、X 線天文学に関する多くの成果を上げてきたが、平成 27 年に機器の不調が発生し、その後の状況から JAXA では今後の科学観測が困難と判断し、運用終了に向けた作業を実施していくことを決定した。その後の研究で、銀河団の外縁部の観測にはじめて成功、宇宙初期の塵やガスに埋もれたブラックホールを発見するなどの成果が発表された。

「ひので」(SOLAR-B)は「ようこう」の後継機として平成 18 年に打上げられた太陽観測衛星で、太陽の磁場、コロナ等の観測においてデータを取得し、世界

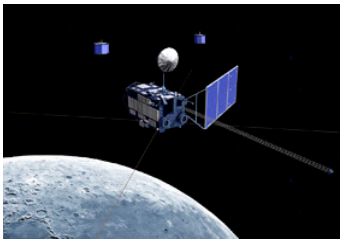
中で利用されている。

「かぐや」(SELENE)は、平成 19 年に打上げられた世界最大級の無人月探査ミッションで、月の誕生と進化の研究を目的に、主衛星、2 機の小型衛星、15 種類のミッション機器により、月の元素組成、鉱物組成、地形、表面付近の地下構造、磁気、重力場など、さまざまな分野で月全球観測を世界で初めて行なった。平成 21 年の主衛星の月面への制御落下により全ミッション運用を終了したが、1 年 9 ヶ月間の観測で得られたデータは、現在も解析が進められている。

ひので外観図(出典：JAXA)



かぐや外観図(出典：JAXA)



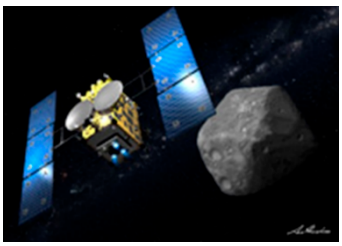
「はやぶさ」(MUSES-C)は、平成 15 年に打上げられた後、小惑星「イトカワ」に着陸し、燃料漏洩等の故障もあったが、平成 22 年に地球へ帰還し、搭載カプセルをオーストラリアのウーメラに落下させた。回収された搭載カプセルからは、「イトカワ」由来の微粒子が採集されており、微粒子表面に 40 億年以上前から現在に至るまでの歴史が刻まれているといった成果が発表されている。「はやぶさ」プロジェクトチームは、米国航空宇宙工学連盟(AIAA)や米国宇宙協会(NSS)から表彰され、「世界で初めて小惑星から物質を持ち帰った探査機」として「はやぶさ」がギネス認定を受けるなど、その成果は注目を浴びている。また、「はやぶさ」の試料に対する研究を国際的に募り、世界の惑星科学の発展に貢献している。

はやぶさの搭載カプセル
(出典：JAXA)



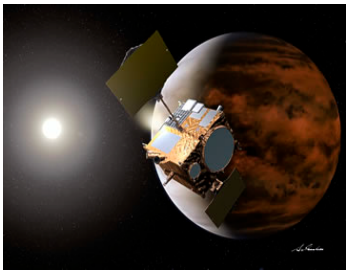
また、「はやぶさ」の後継機となる小惑星探査機「はやぶさ 2」は平成 26 年に打上げられ、平成 27 年に地球に接近し、地球の引力を利用した軌道制御(地球スイングバイ)を成功させた。平成 30 年に C 型小惑星「Ryugu」(リュウグウ)へ到着し、2 台のローバ(イブー:HIBOU / アウル：OWL)を着陸させ表面探査を開始した。平成 31 年 2 月には最初のタッチダウンに成功し、

はやぶさ 2 (出典：JAXA)



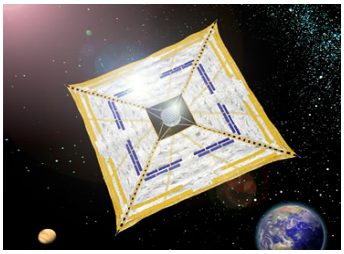
令和元年 7 月に 2 度目のタッチダウンに成功した。人工クレータ生成にともない噴出した小惑星内部の物質を採取した。同年 11 月、「Ryugu」の観測を終え地球帰還に向けて出発し、令和 2 年 12 月 5 日に地球に向けてカプセルを分離した後、新たな目的地「小惑星 1998 KY26」に向けて再度出発した。同年 12 月 6 日、「Ryugu」のサンプルを搭載した「はやぶさ 2」のカプセルは南豪州のウーメラ砂漠で回収された。現在、回収されたサンプルの分析作業が進められている。なお、サンプルコンテナから採取したガスが、「Ryugu」からのものであることが確認された。

あかつき（出典：JAXA）



「あかつき」(PLANET-C)は、金星の大気の謎を解明するため 7 つのミッション機器を搭載した衛星である。「あかつき」は、金星周回軌道投入に一度は失敗したものの、太陽を周回し平成 27 年に再度実施し成功させた。その後、金星大気に未知のジェット流を発見するなどの成果が出ている。

IKAROS（出典：JAXA）



「IKAROS」(小型ソーラー電力セイル実証機)は、超薄膜の帆を広げ太陽光圧を受けて金星へ進む宇宙船である。打上げられ、世界で初めて、帆だけでの宇宙空間航行や薄膜太陽電池での発電を実証し、平成 23 年に定常運用を終了した。現在、後期運用を継続中である。

JAXA は中型・大型科学衛星を補完し、特徴ある宇宙科学ミッションを迅速かつ高い頻度で実現するため、小型科学衛星(SPRINT)シリーズを立ち上げた。衛星バスをモジュール化し、その仕様をカタログ化して、多様な科学ミッションの要求に対応できる標準バスを開発し、「ひさき」(SPRINT-A)は、地球を回る人工衛星軌道から金星や火星、木星などを遠隔観測する世界で最初の惑星観測用の宇宙望遠鏡である。平成 25 年にイプシロンロケットの試験機で打上げた。現在は、後期運用へ移行している。

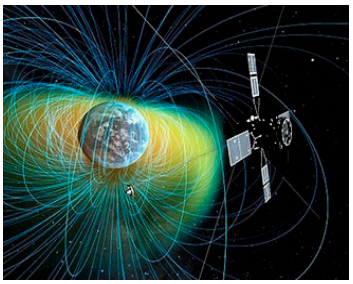
ひさき（出典：JAXA）



ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)は、高エネルギー粒子が充満した放射線帯領域(ヴァン・アレ

ン帯）の中心部にて世界で初めて観測する衛星であり、高エネルギー粒子の生成要因や宇宙嵐の発達メカニズム等の解明を担う。平成 28 年にイプシロンロケット 2 号機で打上げられた。平成 29 年に発生した大規模な太陽フレアによって、太陽から放出されたプラズマの塊による宇宙嵐の発生から終息までの一連の科学データ取得に貢献している。平成 31 年に後期運用計画が発表された。

あらせ（出典：JAXA）



水星磁気圏探査機「みお」(MMO)は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)とヨーロッパ宇宙機関(ESA)が協力し進める国際水星探査計画(BepiColombo)においてJAXA が開発したスピン衛星で、平成 30 年に ESA の水星表面探査機「MPO」と共に打上げられ、令和 7 年に水星周回軌道へ投入される計画である。「みお」は、磁場やプラズマ、希薄大気など水星周辺の環境を詳細に観測することを目的としている。

運用中の科学衛星を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2　運用中の科学衛星

衛星	主要ミッション	メーカー	質量 (kg)	軌道			打上げロケット	打上げ年月日
				形	高度 (km)	傾斜角 (度)		
「ひので」 (SOLAR-B)	太陽の磁場、コロナ、プラズマ等に関する研究	三菱電機	約900	円	680	太陽同期極軌道	M-V #7	H18.9.23
「あかつき」 (PLANET-C)	金星の気象現象大気環境の探査	NEC	約500	楕円	近金点約400 遠金点約44万	3	H-IIA	H22.5.21
小型セーラー電力セイル実証機 (IKAROS)	超薄膜の帆を広げ太陽光圧を受けて宇宙空間を航行できることの実証実証 薄膜太陽電池で発電できることの実証	NEC	310	金星直行軌道			H-IIA	H22.5.21
「ひさき」 (SPRINT-A)	世界初の惑星観測用宇宙望遠鏡 地球型惑星からの大気流出メカニズム解明 木星プラズマ環境のエネルギー供給の調査	NEC	348	楕円	近地点950 遠地点1150	31	イプシロン	H25.9.14
「はやぶさ2」	C型小惑星に接近し科学観測・試料の摂取を行い、地球に帰還 拡張ミッション移行し、小惑星1998 KY26で観測予定	NEC	約609	惑星間軌道			H-IIA	H26.12.3
「あらせ」 (ERG)	ヴァン・アレン帯に存在する高エネルギー電子の生成要因の解明 宇宙嵐の発達メカニズムの解明	NEC	約350	楕円	近地点300 遠地点33,200	31	イプシロン	H28.12.20
「みお」 (MIO)	磁場やプラズマ、希薄大気、ダストなど水星周辺の環境観測	NEC	255	水星周回軌道			アリアン5	H30.10.20

(2) 実用・技術試験衛星等

最初の技術試験衛星は昭和 50 年に打上げの「きく」(ETS-I)で、以来、令和 4

年 12 月までに打上げられた実用衛星と技術試験衛星等の数は、米国、フランス、ロシア、インド等に依頼して打上げた衛星も含め合計 89 機である。この間、実用衛星打上げ時の質量は N-I ロケットの 130 キログラムから、H-IIA の約 5.8 トンまで大型化し、長寿命化も進んだ。

平成 23 年度には、かつての実用衛星や技術試験衛星が世界から表彰を受けた。まず、昭和 59 年に営業放送を開始した「ゆり 2 号 a」(BS-2a：昭和 59 年打上げ、平成元年運用終了)による世界初の直接衛星放送サービスが、今日の世界の衛星放送の基礎となったという理由で、IEEE マイルストーンに認定された。また、「きく 7 号」(ETS-VII：平成 9 年打上げ／平成 14 年運用終了)での地上からの遠隔操作によるロボット精密作業が、打上げから 14 年経過しても、その成果を超える宇宙ロボットが実現されていないという理由で、AIAA の Automation and Robotics Award を受賞した。平成 9 年の STS-85 で行われた MFD(マニピュレータ飛行実証試験)も、同時に同賞を受賞した。

地球観測衛星：　小型科学衛星(INDEX)は、オーロラ観測を目的として、「きらり」と同時に打上げられ「れいめい」と命名された。オーロラの微細観測、オーロラ電子の観測を行なうと同時に、70 キログラム級の 3 軸姿勢制御小型衛星では世界で数例しかない制御精度を達成している。

だいち外観図(出典：JAXA)



陸域観測技術衛星「だいち」 (ALOS)は、ADEOS 等による陸域観測技術をさらに高度化したもので、パンクロマチック立体視センサー、フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダーと高性能可視近赤外放射計 2 型を搭載し、平成 18 年に打上げられ、定常運用を開始した。地形図作成のためのデータ取得、災害監視、地域環境保全等のデータを取得しており、被災国からのデータ提供要請もあり活用されていた。平成 21 年に、「だいち」は定常運用を終了し、後期利用段階に移行していたが、平成 23 年の東日本大震災発生を受け、緊急観測を行った。その解析画像は災害対応機関で活用され、同年運用を終了した。

陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」(ALOS-2)は、「だいち」の後継機とし

て平成 26 年に打上げられた。L バンド合成開口レーダー「PALSAR -2」を搭載し、「だいち」のミッションを発展的に引き継いだ。

だいち 2 号外観図(出典：JAXA)



平成 21 年に打上げられた、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」は、打上げ一年半後に、温室効果ガスの全球濃度分布の測定、CO_2 吸収排出量の推定誤差の低減、温室効果ガス測定技術基盤の確立など、評価項目をほぼ達成した。

いぶき外観図(出典：JAXA)



平成 30 年には、「いぶき」ミッションを引継ぎ、より高性能な観測センサーを搭載して更なる温室効果ガスの観測精度向上を目指した温室効果ガス観測技術衛星「いぶき 2 号」(GOSAT-2)が打上げられた。

「地球環境変動観測ミッション(GCOM：Globarl Change Observation Mission)」は、地球規模での気候変動、水循環メカニズムを解明するため、全球規模で長期間の観測を継続して行えるシステムを構築し、そのデータを気候変動の研究や気象予測、漁業などに利用して有効性を実証することをミッションとしている。GCOM には水循環変動観測衛星(GCOM-W)と気候変動観測衛星(GCOM-C)という 2 つのシリーズがあり、GCOM-W シリーズの第 1 期の人工衛星「しずく」(GCOM-W)が平成 24 年に打上げられ、現在は後期運用中である。GCOM-C(気候変動観測衛星「しきさい」)は、平成 29 年に打上げられ、ADEOS-II 搭載の GLI の後継センサーである多波長放射計(SGLI)を搭載し GCOM-W の AMSR2 と共に先進性があり、国際的な貢献が期待される。

先進光学衛星「だいち 3 号(ALOS-3)」は陸域観測技術衛星「だいち」の光学ミッションを引き継ぐ地球観測衛星で、「だいち」と比較して大型化・高性能化したセンサーを搭載することで、「だいち」の広い観測幅を維持しつつ、高い地上分解能を保有している。全地球規模の陸域を継続的に観測し、蓄積した平時の画像や災害発生時の画像を防災・災害対策等の安全保障方面に活用予定で、令和 5 年 3 月 7 日に打上げたが、打上げロケットが失敗し喪失した。

「WNI 衛星 1 号機：WNISAT-1」は、質量 10 キログラムの超小型衛星で北

極海域の海氷の観測を行い、海運会社の運行を支援することをミッションに、平成 25 年にドニエプルロケットで打上げられたが、一部機器の故障により、現在は磁気センサーによる磁気嵐の発生を監視している。また、WNISAT-1 のリカバリー機として、平成 29 年には質量 43 キログラムの「WNISAT-1R」が打上げられた。民間の気象情報会社ウェザーニューズ社、超小型人工衛星でのビジネスを展開しているベンチャー企業アクセルスペースとの共同開発である。

全球降水観測計画(GPM 計画):国際的な協力体制の下で進められたプロジェクトで、日本は米国の主衛星に搭載される二周波降水レーダー(DPR:熱帯降雨観測衛星(TRMM)の後継・拡張ミッション)の開発を担当した。平成 26 年に打上げられた。

データ中継技術衛星:　データ中継技術衛星(DRTS)は、地球観測衛星や宇宙ステーションからのデータを中継する衛星で、平成 14 年に打上げられ、「こだま」と命名された。「だいち」観測データの伝送や、国際宇宙ステーション「きぼう」の筑波宇宙センターからの運用で利用されていたが、平成 29 年に経年劣化のため 15 年間近くの運用を終了した。

光衛星間通信実験衛星(OICETS)は、レーザー光を使った光通信実験を行うための技術試験衛星で、平成 17 年にドニエプルロケットにより打上げられ「きらり」と命名された。ESA の先端型データ中継技術衛星「ARTEMIS」との世界初の双方向光通信実験や光地上局との光通信実験にも成功し平成 21 年に運用を終了した。

きらり外観図 (出典:JAXA)



令和 2 年、光衛星間通信機器を小型化･軽量化し通信容量も向上した「光衛星通信システム(LUCAS : Laser Utilizing Communication System)」が H-IIA ロケット 43 号機で打上げられた。

防衛通信衛星:　X バンド防衛通信衛星「きらめき 2 号」が、平成 29 年に種子島宇宙センターから打上げられた。同年打上げ予定であった「きらめき 1 号」も平成 30 年に打上げられた。

通信技術試験衛星:　超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)はインター

ネットを「いつでも、どこでも、誰でも」使えるようにするため「突然の災害時に(いつでも)対応できる丈夫な通信」「現在通信が不便な地域に(どこでも)通じる快適な通信」の実現のための超高速・大容量の通信技術開発・実証を行い、新たな衛星利用の開拓・実証を行うことを目的として、平成 20 年に打上げられた。同年に利用実験を開始したが、平成 23 年の東日本大震災発生後、岩手県に通信回線を提供し、県災害対策本部と現地対策本部間のテレビ会議や被災者の安否メールなどで活用された後、平成 31 年に運用を終了した。

きずな外観図(出典：JAXA)



測位衛星：　準天頂衛星初号機「みちびき」は、GPS 補完・補強、及び次世代衛星測位システムの基盤技術の開発と軌道実証を行うことが目的の衛星で、平成 22 年に打上げられ、同年中に定常運用に移行した。平成 23 年から、測位信号の提供が開始され、運用及び技術実証・利用実証が順調に実施された。

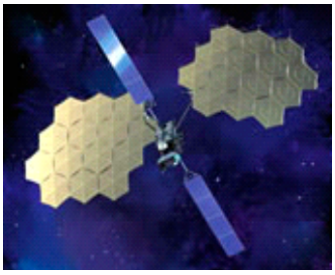
みちびき外観図(出典：JAXA)



平成 29 年には、3 機のみちびきが打上げられ、平成 30 年に準天頂衛星システムの 4 機体制によるサービスが開始された。みちびき 3 号機は、ひまわり 7 号機が担っている航空用の衛星航法システム(SBAS)による測位補強サービスを提供している。また、準天頂衛星初号機「みちびき」の後継機となる準天頂衛星「みちびき初号機後継機」は令和 3 年 10 月に打上げた。

技術試験衛星：　技術試験衛星(ETS)に関しては、「きく 8 号」(ETS-VIII)が、大型展開アンテナ技術、移動体衛星通信システム/デジタルマルチメディア同報通信システム技術等の宇宙開発における基盤技術の修得等を目的として、平成 18 年に打上げられ、大型展開アンテナの展開が行われた他、移動体通信実験、測位実験、防災訓練等における超小型携帯通信端末通信実験等を実施した。平成 22 年に定常段階

きく 8 号外観図(出典:JAXA)



を終了し、後期利用段階に移行していたが、平成 23 年の東日本大震災発生後、被災地（岩手県大船渡市および大槌町）にインターネット回線を提供し、災害対策本部や避難者がインターネットによる情報収集、IP 電話などで利用した。平成 29 年に運用を終了した。

「つばさ」(MDS-1)は、民生部品の軌道上評価とコンポーネントの小型軽量化技術を確認する目的で、平成 14 年に打上げられ、平成 15 年に運用を終了した。

JAXA では機器・部品などの新規技術を事前に宇宙で実証し、成熟度の高い技術を実用衛星や科学衛星に提供することを目的として小型実証衛星(SDS：Small Demonstration Satellite)プログラムを進めている。小型実証衛星 1 型(SDS-1)は、平成 21 年に打上げられ、マルチモード統合トランスポンダ、スペースワイヤ実証モジュール、先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置などの軌道上実証を行い、平成 22 年に運用を終了した。小型実証衛星 4 型(SDS-4)は、「しずく」の相乗り衛星として、平成 24 年に打上げられ、船舶自動識別装置、ヒートパイプ、熱制御材、水晶発振式天秤などの実験を行なう定常フェーズを終了して、同年中に後期利用フェーズに移行した。

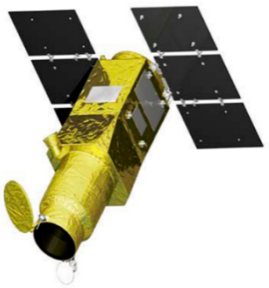
民生部品実証衛星：　次世代型無人宇宙実験システム(USERS)の後継として民生部品技術の宇宙利用を実証する実証衛星 1 号機(SERVIS-1)の開発が進められ、平成 15 年、1 号機の打上げに成功し、平成 17 年に運用を終了した。また、実証衛星 2 号機(SERVIS-2) は、平成 22 年に打上げに成功し、平成 23 年に予定実験を完了して、運用を終了した。

平成 31 年には、宇宙基本計画上の「宇宙システムの基幹的部品等の安定供給に向けた環境整備」の一環で、宇宙実証機会の提供プログラムとなる「革新的衛星技術実証 1 号機」により、小型実証衛星 1 号機(RAPIS-1)ほか 3 機の超小型衛星および 3 機のキューブサットがイプシロンロケット 4 号機によって打上げられた。令和 2 年、搭載した 7 つの部品・機器の軌道上実証を終えて運用終了となった。

「革新的衛星技術実証 2 号機」は、「小型実証衛星 2 号機（RAISE-2)」と 8 機の超小型衛星およびキューブサットの計 9 機の衛星で構成され、令和 3 年 11 月にイプシロンロケット 5 号機で打上げられた。RAISE-2 は、令和 4 年 2 月 3 日に初期運用を終え、定常運用フーズに移行した。

「革新的衛星技術実証 3 号機」は、「小型実証衛星 3 号機」と 8 機の超小型衛星・キューブサットの計 9 機の衛星で構成されていたが、令和 4 年 11 月 12 日にイプシロンロケット 6 号機での打上げに失敗した。

ASNARO-1 外観図
(出典：経済産業省)



技術実証衛星：　我が国の宇宙産業競争力の強化に資するために研究開発が進められてきた「ASNARO-1 (Advanced Satellite with New system Architecture for Observation)」は、平成 26 年に打上げに成功した。「ASNARO-1」は、短納期、高性能、小型かつ低価格での開発推進を目指し開発された地球観測衛星である。また、平成 30 年には技術実証用に開発された高性能小型レーダー衛星「ASNARO-2」がイプシロン 3 号機によって、内之浦宇宙センターから打上げられた。ASNARO-2 は、高分解能な X バンドの合成開口レーダー(SAR:Synthetic Aperture Radar)の小型化、低コスト化を実現する高性能小型衛星(レーダー衛星)の研究開発プロジェクトである。ASNARO-2 と同型機となる「LOTUSat-1」は、ベトナム向け地球観測衛星で、現在、開発が進められている。

GCOM-C と同時に打上げられた超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS)は、これまでの人工衛星に未開拓な高度 300km 以下の超低高度軌道を利用する衛星で、将来の地球観測などで利用する最初の地球観測衛星である。超低高度では、長時間動作することが必要なため、燃料の使用効率の高いイオンエンジンを採用している。「つばめ」は、令和元年に、軌道保持運用を成功裏に終了し、運用終了となった。

ひまわり 7 号 外観図
(出典：気象庁)



気象・航空管制衛星：　運輸多目的衛星(MTSAT)は、気象観測の継続性の確保及び航空交通の安全性と効率の向上を目的とした衛星で、平成 11 年 打上げ失敗後、代替機(MTSAT-1R)を平成 17 年に打上げ、「ひまわり 6 号」と命名された。また、2 号(MTSAT-2)は、平成 18 年に H-IIA 9 号機により打上げられ「ひまわり 7 号」と命名された。「ひまわり 8 号」は平成 26 年に打上げられ、平

成 27 年に正式に運用を開始した。「ひまわり 8 号」では、次世代気象観測センサー(可視赤外放射計)を搭載し、解像度の向上・チャンネル数の増加などを実現している。また、平成 28 年には「ひまわり 9 号」が打上げられ、観測性能は、「ひまわり 6 / 7 号」から大幅に向上した。

運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画)を表 2-2-3 に示す。

ひまわり 8 号・9 号
外観図(出典：気象庁)



表 2-2-3 運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画)

衛星		主要ミッション	メーカー等	質量 (kg)	軌道 (高)：高度 (傾)：傾斜角	打上げ ロケット	打上げ 年月日
地球観測衛星	GEOTAIL	地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスの研究	NEC	1,009	楕円軌道 近地点57,000km／ 遠地点約20万km (傾)29°	Delta II	H4.7.24
	れいめい (INDEX)	最先端の衛星技術の軌道上実証を短期間に行い、小型衛星に適した理学観測機器を搭載して世界最先端の科学成果を得る	JAXA	約72	略円軌道 近地点610km／ 遠地点654km (傾)約97.8°	ドニエプル	H17.8.24
	いぶき (GOSAT)	地球温暖化をもたらす地上の二酸化炭素の高頻度かつグローバルな濃度分布測定、メタンガスの観測	三菱電機	約1,750	太陽同期準回帰軌道 (高) 約666km	H-IIA	H21. 1.23
	いぶき2号 (GOSAT-2)	温室効果ガスの濃度分布を観測し、温室効果ガス吸収排出状況の把握など、温暖化防止の国際的な取り組みに貢献する	三菱電機	約1,800	太陽同期準回帰軌道 (高)約613km	H-IIA	H30.10.29
	しずく (GCOM-W)	マイクロ波放射計を搭載し、全地球規模での降水量、水蒸気量、海洋上の風速や水温、陸域の水分量、積雪深度などを観測	NEC	約2,000	太陽同期準回帰軌動 (高) 約700km	H-IIA	H24.5.18
	全球降水観測計画主衛星(GPM主衛星)	降雨量観測を、TRMMより高緯度、高精度、高頻度で行う	NASA JAXA	約3,850	太陽非同期軌道 (高)407km (傾)65°	H-IIA	H26.2.28
	だいち2号 (ALOS-2)	国内外の大規模自然災害に対して、高分解能かつ広域の観測データを迅速に取得・処理・配信 国土管理／資源管理のための多様なデータ取得	三菱電機	約2,000	太陽同期準回帰軌道 (高)628km	H-IIA	H26.5.24
	WNISAT-1R	北極海域の海氷の観測	アクセルスペース	43	太陽同期 (高)600km	ソユーズ	H29.7.14
	しきさい (GCOM-C)	気候変動観測全球規模での放射収支と炭素循環に関わる地表と大気、沿岸、雪氷の広い範囲での長期継続変動観測	NEC	約2,000	太陽同期準回帰軌道 (高)約800km	H-IIA	H29.12.23
技術試験衛星	小型実証衛星4型 (SDS-4)	定常的に三軸姿勢制御を行う50kg級の小型衛星の標準バスの確立および、船舶自動識別実験、ヒートパイプや熱制御材、水晶発振式天秤の軌道上実証	JAXA	約48	(高)677km	H-IIA	H24.5.18
	技術実証衛星 ASNARO-1	各種の技術実証・評価	NEC	約450	太陽同期軌道 (高)504km	ドニエプル	H26.11.6
	高性能小型レーダ衛星 ASNARO-2	国際競争力を持った高性能小型SAR衛星システムの研究開発	NEC	570	太陽同期準回帰軌道 (高)約505km	イプシロン	H30.1.18
防衛通信衛星	きらめき1号	Xバンド衛星通信中継機能等の整備・運営事業	NEC		静止衛星軌道 (高)36,000km	アリアン5	H30.4.6
	きらめき2号		NEC		静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H27.1.24
データ中継技術衛星	光衛星通信システム （LUCUS）	低軌道の地球観測衛星と静止軌道の光データ中継衛星間のデータ中継を光通信で実現するシステム	JAXA		静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	R2.11.29
測地実験衛星	あじさい (EGS)	H-1ロケットの打上げ性能の確認、国内測地三角網の規制、島位置の決定、日本観測原点の確立	川崎重工業	約685	円軌道 (高)約1,500km (傾)約50°	H-I	S61. 8.13
測位衛星	準天頂衛星初号機みちびき	米国が運用するGPSと組み合わせて、これまで受信できる衛星数が少なく、測位ができなかった場所での衛星測位の利用効率を改善する	三菱電機	約4,000	準天頂軌道 (高)32,000～40,000km	H-IIA	H22.9.11
	準天頂衛星2号機みちびき		三菱電機	約4,000	準天頂軌道 (高)32,000～40,000km	H-IIA	H29.6.1
	準天頂衛星3号機みちびき		三菱電機	約4,700	静止軌道 (高)36,000km	H-IIA	H29.8.19
	準天頂衛星4号機みちびき		三菱電機	約4,000	準天頂軌道 (高)32,000～40,000km	H-IIA	H29.10.10
	準天頂衛星みちびき初号機 後継機		三菱電機	約4,000	準天頂軌道 (高)32,000～40,000km	H-IIA	R3.10.26
気象衛星	ひまわり8号	気象予報の高精度化	三菱電機	約3,500	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H26.10.7
	ひまわり9号		三菱電機	約3,500	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H28.11.2

(3) 商用衛星

平成元年、人工衛星調達に関して日米間で、研究開発衛星以外の衛星はオープン透明かつ内外無差別の手続きによるものという合意が成立し、日本は CS-4 の計画を変更するとともに NTT は 2 機の NStar をスペース・システムズ・ロラール(現 マクサー・テクノロジーズ)社に発注し、平成 7、8 年に打上げた。また NStar-1C をロッキード・マーチン／オービタル(現 ノースロップ・グラマン)社に発注し、平成 14 年に打上げた。

伊藤忠商事、三井物産を中心に設立された日本通信衛星は米国ヒューズ(現 ボーイング)社 HS-393 型による衛星 JCSAT12 号機を平成元年に打上げ、事業を開始した。

日商岩井(現 双日)、住友商事が中心となって昭和 60 年に設立されたサテライトジャパンが新たに通信事業に参入したが、平成 5 年に日本通信衛星と合併し、日本サテライトシステムズ(後に JSAT)となった。三菱系企業によって設立された宇宙通信はフォード・エアロスペース(現 マクサー・テクノロジーズ)社に衛星を発注し事業を開始した。

平成 20 年には、宇宙通信、JSAT 及びスカイパーフェクト・コミュニケーションズが合併しスカパーJSAT が誕生し、衛星事業及び有料多チャンネル事業を展開している。JSAT と宇宙通信は、共同利用を目的に通信衛星 JCSAT-110/スーパーバード D をロッキード･マーチン社へ共同発注し､平成 12 年に打上げた。また、平成 24 年に JCSAT-13、平成 28 年には JCSAT-15 が打上げられ、さらに平成 30 年には、スカパーJSAT が初めて導入した High Throughput Satellite システムを搭載した Horizons 3e が打上げられた｡令和元年には通信衛星 JCSAT -1C (JCSAT-18)がファルコン 9 ロケットで、令和 2 年、JCSAT -17 がアリアン 5 ECA ロケットで打上げられた。

放送衛星の分野では、NHK をはじめ主な放送会社で構成する放送衛星システムを平成 5 年に設立し、BSAT 1a、b をヒューズ(現 ボーイング)社に発注し、事業を開始した。平成 23 年には、BSAT 3c も打上げた。またモバイル放送(株)が平成 16 年、モバイル向け衛星デジタル放送用 MBSAT を打上げ、日本及び韓国でサービスを開始したが、平成 21 年に日本で、平成 24 年に韓国でのモバイル放送事業を終了した。平成 29 年に打上げられた新 4K8K 放送を担う BSAT-4a の

バックアップ衛星として、令和 2 年に BSAT-4b が打上げられ、より安定的な BS 放送が配信される体制となった。最近の運用状況を表 2-2-4 に示す。

製造メーカでは、三菱電機もスペース・システムズ・ロラール(現 マクサー・テクノロジーズ)社と組み、オーストラリアの通信事業会社オプタス社の通信衛星 Optus-C1 を平成 15 年に打上げた。同社は、宇宙通信から SuperbirdC2(平成 20 年打上げ)、シンガポールのシンガポール・テレコム社と台湾の中華電信社から商用通信衛星 ST-2(平成 23 年打上げ)、トルコの国営衛星通信会社トルコサット社から Turksat-4A および Turksat-4B、カタールのエスヘイルサット社から Es’hail 2 を受注している。Es’hail 2 は、日本の衛星メーカーがアラブ諸国から受注した初めての人工衛星で、平成 30 年に打上げられた。三菱電機は平成 21 年、宇宙ステーションへの貨物を運ぶ宇宙貨物輸送機「シグナス」に搭載される近傍接近システムを開発し、オービタルサイエンス(現 ノースロップ・グラマン)社から受注した。

(4) その他衛星

平成 7 年に H-II ロケットの 3 号機で打上げられた宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)は、平成 8 年スペースシャトル・エンデバー号に搭乗した若田宇宙飛行士により成功裏に回収された。SFU の利用目的は、理工学実験、天体観測など各種の科学研究のほか、エレクトロニクス、バイオテクノロジー、新材料など先端技術開発に資する各種実験、及び宇宙ステーションの日本実験モジュール(JEM)の曝露部や、搭載共通実験装置の信頼性向上等など多岐にわたっている。

SFU に続くプロジェクトとして次世代型無人宇宙実験システム(USERS)が開発され平成 14 年に本システムが打上げられ、平成 15 年に無事回収された。(図 2-2-5 参照)

図 2-2-5　USERS 運用シナリオ

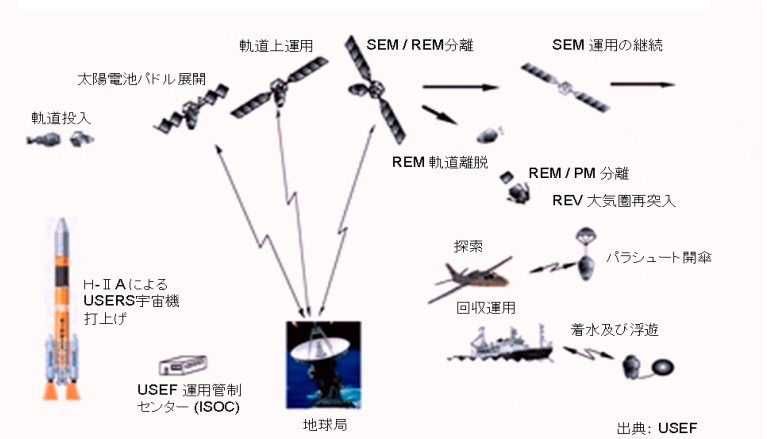


表 2-2-4　運用中の商用通信・放送衛星

衛星	発注者	ミッション	質量 (kg)	衛星製造 主契約者	軌道位置	打上げ ロケット	打上げ 年月日
Superbird-A3	スカパーJSAT(株)	テレビ放送、データ通信	3,130	ヒューズ	静止衛星軌道 158(°E)	アトラス2AS	H 9.7.28
JCSAT-1B	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	1,820	ヒューズ	静止衛星軌道 150(°E)	アリアン4	H 9.12.3
JCSAT-4A (JCSAT-6)	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送、 CSデジタル多チャンネル放送の各サービス	1,820	ヒューズ	静止衛星軌道 124(°E)	アトラス2AS	H11. 2.16
Superbird-B2	宇宙通信(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	2,460	ボーイング	静止衛星軌道 162(°E)	アリアン4	H12. 2.18
N-SAT-110 (JCSAT-110 /Superbird-D)	スカパーJSAT(株) 宇宙通信(株)	CSデジタル多チャンネル放送サービス	2,100	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン4	H12.10. 7
JCSAT-2A (JCSAT-8)	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	1,600	ヒューズ	静止衛星軌道 154(°E)	アリアン4	H14. 3.29
N-STAR c	スカパーJSAT(株) (株)NTTドコモ	移動体衛星通信サービス	1,645	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 136(°E)	アリアン5	H14. 7. 5
Horizons-1	スカパーJSAT(株)	画像伝送、データ伝送の各サービス	4,060	ボーイング	静止衛星軌道 127(°W)	ゼニット3SL	H15.10.1
JCSAT-5A (N-STAR d)	スカパーJSAT(株) (株)NTTドコモ	画像伝送、音声送信、データ伝送、 移動体衛星通信サービス	2,000	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 132(°E)	ゼニット3SL	H18. 4.13
JCSAT-3A	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送、 CSデジタル多チャンネル放送、 移動体衛星通信サービス	1,860	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 128(°E)	アリアン5	H18. 8.12
BSAT-3a	(株)放送衛星システム	衛星デジタル放送サービス	1,230	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	H19. 8.15
Horizons-2	スカパーJSAT(株)	データ通信、ハイビジョン伝送	2,304	オービタル	静止衛星軌道 74(°W)	アリアン5	H19.12.22
Superbird-C2	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	4,820	三菱電機	静止衛星軌道 149(°E)	アリアン5	H20.8.14
JCSAT-RA	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス 他のJCSATの軌道上予備機	不明	ロッキード・マーチン	不明	アリアン5	H21.8.21
JCSAT-85	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	オービタル	静止衛星軌道 85(°E)	ゼニット3SL	H21.12.1
BSAT-3b	(株)放送衛星システム	衛星デジタル放送サービス	2,060	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	H22.10.29
BSAT-3c (JCSAT-110R)	(株)放送衛星システム	衛星デジタル放送サービス	2,910	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	H23.8.7
JCSAT-4B (JCSAT-13)	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス JCSAT-4Aの後継機	4,528	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 124(°E)	アリアン5	H24.5.16
JCSAT-2B	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	スペース・システムズ・ ロラール	静止衛星軌道 154(°E)	ファルコン9	H28. 5. 6
JCSAT-16	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	スペース・システムズ・ ロラール	静止衛星軌道 124(°E)	ファルコン9	H28.8.14
JCSAT-110A (JCSAT-15)	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	H28.12.22
BSAT-4a	(株)放送衛星システム	衛星デジタル放送サービス	3,500	マクサー	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	H29.9.30
Superbird B3	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	5,348	三菱電機	静止衛星軌道 162(°E)	アリアン5	H30.4.8
Horizons 3e	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	ボーイング	静止衛星軌道 169(°E)	アリアン5	H30.9.26
JCSAT-1C (JCSAT-18)	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	不明	ボーイング	静止衛星軌道 150(°E)	ファルコン9	R1.12.16
JCSAT-17	スカパーJSAT(株)	画像伝送、音声送信、データ伝送の各サービス	5,857	ロッキード・マーチン	静止衛星軌道 136(°E)	アリアン5	R2.2.19
BSAT-4b	(株)放送衛星システム	衛星デジタル放送サービス	3,500	マクサー	静止衛星軌道 110(°E)	アリアン5	R2.8.16

さらに、その後継として民生部品技術の宇宙利用を実証する実証衛星(SERVIS)プロジェクトが進められ、平成 15 年に SERVIS-1、平成 22 年に SERVIS-2 が打上げられた。

朝鮮民主主義人民共和国が発射したテポドンを機に、我が国政府は、我が国周辺を中心に情報収集力を強化するために情報収集衛星の打上げが閣議決定された。情報収集衛星初号機は平成 14 年度に打上げられ、その後は順次、計画に従って打上げられている。光学機器搭載を 10 機、レーダ機器搭載を 9 機が打上げられたが、2 機は H-IIA ロケット 6 号機失敗により喪失した。また情報収集衛星用のデータ中継衛星 1 機を合わせ、政府の実用衛星が定期的に調達され、我が国の衛星産業の重要な基盤となっている。

平成 21 年の地球観測衛星「いぶき」の打上げには、6 機の小型衛星が相乗りで打上げられたが、これは JAXA 産学官連携部が企業、大学等の民間団体が開発した小型衛星に宇宙実証機会を提供する事業として実現したものである。表 2-2-5～表 2-2-7 に平成 21 年以降に打上げられた相乗り小型衛星を示す。

表 2-2-5　搭載した相乗り小型衛星

打上年	主衛星名	相乗衛星数	打上げロケット
H21.1.23	いぶき	6機	H-IIA(15号機)
H22.5.21	あかつき	4機	H-IIA(17号機)
H24.5.18	しずく	1機	H-IIA(21号機)
H26.2.28	全球降水観測計画(GPM計画)	7機	H-IIA(23号機)
H26.5.24	だいち2号	4機	H-IIA(24号機)
H26.11.6	ASNARO-1	4機	ドニエプル
H26.12.3	はやぶさ2	3機	H-IIA(26号機)
H28.2.27	ひとみ	3機	H-IIA(30号機)
H30.10.29	いぶき2号	5機	H-IIA(40号機)
H31.1.18	RAPIS 1号	6機	イプシロン(4号機)
R3.11.9	RAISE-2	8機	イプシロン(5号機)
R4.10.12	RAISE-3	7機	イプシロン(6号機)

表 2-2-6「RAISE-3」と相乗り超小型衛星・キューブサット

衛星名	開発機関	ミッション
小型実証衛星3号機 RAISE-3	三菱重工業	公募により選定された7つの部品・機器の実証テーマを軌道上で実証するための衛星
X線突発天体監視速報衛星 こよう	金沢大学	理工学が融合した超小型衛星システムの開発と重力波天体のX線観測
陸海域分光ビジネス実証衛星 うみつばめ(PETREL)	東京工業大学	超低コスト高精度姿勢制御バスによるマルチスペクトル海洋観測技術の実証
宇宙テザー利用技術実験衛星 STARS-X	静岡大学	宇宙テザー技術を用いたデブリ捕獲の技術実証
編隊飛行技術試験衛星 MAGNARO	名古屋大学	回転分離を用いた超小型衛星のコンステレーション形成
民生用デバイス利用実証衛星 MITSUBA	九州工業大学	民生用半導体と汎用機器の宇宙利用拡大を目的とした軌道上実証
海洋観測データ収集IoT技術実証衛星 KOSEN-2	米子工業高等専門学校	超高精度姿勢制御による指向性アンテナを搭載した海洋観測データ収集衛星の技術実証・持続可能な宇宙工学技術者育成とネットワーク型衛星開発スキームの実証
一体成型技術実証衛星 WASEDA-SAT-ZERO	早稲田大学	衛星筐体の一体成型技術の実証
CubeSat搭載用超小型マルチスペクトルカメラ実証衛星　FSI-SAT	一般財団法人未来科学研究所	CubeSat搭載用マルチスペクトルカメラの技術実証

表 2-2-7　宇宙船「ORION」との相乗超小型探査機

探査機名	開発機関	ミッション
超小型探査機「OMOTENASHI」	JAXA	世界最小の探査機による日本初の月面着陸 地球磁気圏外での放射線環境測定等
超小型探査機「EQUULEUS」	東京大学、JAXA、日本大学	地球-月系の第2ラグランジュ点(EML2)へ向かうため軌道変換技術の開発・実証。 月・地球周辺の磁気圏プラズマ、微小隕石・ダスト環境の観測

(5) 宇宙環境利用と国際宇宙ステーション

宇宙で長時間実現できる微小重力環境や真空などを利用した宇宙環境利用分野も、宇宙産業として新事業を展開する機会を提供すると期待されていた。

宇宙環境を利用した本格的な研究は、スペースシャトルに搭載されたスペースラブを利用して行う第一次材料実験(FMPT：ふわっと'92) が日本初である。さらに平成 6 年にはスペースシャトル・コロンビア号の IML-2 で、微小重力科学とライフサイエンスの分野から 82 のテーマが選ばれ、このうち 16 テーマを日本が分担した。

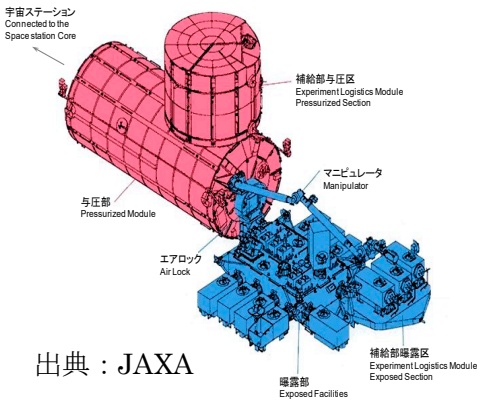
我が国は、国際社会への貢献、高度宇宙技術の修得、産業活動の宇宙への拡大の促進などの観点から、平成元年に宇宙ステーション計画への参加を決定した。その内容は、日本実験棟「きぼう」による参加とし、「きぼう」での材料実験、ライフサイエンス実験、理工学実験、科学観測などを実施するとした。宇宙開発事業団(現 JAXA)は、昭和 60 年から実験モジュールの予備設計を進め、昭和 63 年

の日・米・欧・加の宇宙ステーション協定調印を受けて、平成元年度より「きぼう」の基本設計・全体システムの詳細設計に入った。この協定は、ステーションの管轄権、利用権などの協定に加え、ISSへの輸送手段として各国に運用の負担を課している。

国際宇宙ステーション(ISS)



図 2-2-6　ISS の日本実験棟「きぼう」



出典：JAXA

日本実験棟「きぼう」は、与圧部、曝露部、補給部与圧区、補給部曝露区及びマニピュレータから構成され、電力、水、情報などのサービスはステーション本体から受ける。与圧部は材料実験などを実施する実験室で、実験装置の交換修理なども行う。曝露部は宇宙空間にさらされた取付台で、科学観測、通信実験などを主として遠隔操作で行う。補給部与圧区及び補給部曝露区は実験用材料、消耗品などの貯蔵及び補給に用いられる。マニピュレータは曝露部上の実験装置の交換などに使用される。

ISS の予算規模は、当初 80 億ドルとされていたが、計画実現には約 2 倍程度の予算が必要とわかり、NASA は米議会筋から規模の縮小をせまられて再三見直しが行われた。平成 3 年初頭の時点では ISS 規模は当初計画の約 2/3 に縮小され、さらに平成 5 年には設計見直しとロシアの参加によりコンフィギュレーションが変更された。平成 12 年には ISS 構成要素の打上げが開始された。

しかし、平成 15 年に起こった米国スペースシャトル「コロンビア」の空中分解事故以降、ISS の建設、運用計画のスケジュール見直しが行われ、日本実験棟「きぼう」のみならず、ISS への補給品を輸送する H-IIB／宇宙ステーション補給機(HTV)の開発にも影響が生じた。米国航空宇宙局(NASA)は、平成 17 年にスペースシャトルの飛行を再開し、この再開 1 号機には野口宇宙飛行士が搭乗し、船外活動(EVA)等を担当した。次号機は同年に予定されていたが、平成 18 年に延

期された後に、同年に相次いで飛行し、平成 22 年の ISS 完成に向けて順調に動き出した。平成 20 年に補給部与圧区が打上げられ、「きぼう」の組立てが開始した。次いで、平成 20 年に与圧部及びマニピュレータが打上げられた。

平成 20 年から、各企業や大学、研究機関が抱えている課題の解決や世界最先端の研究において、科学利用分野／応用利用分野／宇宙医学・有人宇宙技術開発分野／教育・文化利用分野などで、世界トップクラスの実験や研究成果を挙げている。

平成 21 年に曝露部及び補給部曝露区が打上げられ、これをもって「きぼう」は完成した。平成 21 年夏以降は、「こうのとり」（HTV）による補給を受けながら運用を行っている。

重力のある地上で製造が極めて困難な、高品質結晶、医薬品、機能材料などが微小重力等の宇宙空間で製造できる可能性が高く、その技術的波及効果が極めて大きいと予測されたため､宇宙空間の環境利用が昭和 60 年代以降注目を集めた。米国、ロシア、ドイツ、フランス、中国等が、スペースシャトル、ミール、ペイロード回収型小型ロケット、回収カプセル、ISS で、宇宙環境の利用実験を行って来たが、これらの実験は環境利用効果の検証、各種の現象解明などが主であり、実験、開発を 40 年以上継続しているものの商業ベースの高付加価値製品を創製するには至っていない。

航空機の利用：航空機を利用した微小重力実験は、1 回当たりの微小重力継続時間が 10～30 秒と弾道軌道のロケットに及ばないが、装置の重量制限が緩い、実験者が直接操作できる、繰り返し実験が容易であるなどの利点がある。我が国でもダイヤモンドエアーサービス社が MU-300 を利用した無重量実験飛行サービスを行っている。

ISS の利用：ISS では、無重量環境を利用した、様々な実験が実施されている。特に、日本実験棟「きぼう」は、ステーション唯一の曝露実験に対して電力供給、データ伝送、冷媒(フロリナート)を使った冷却機能を提供できる曝露部を有しており、材料曝露実験などを実施した。

さらに、「きぼう」で軌道上実証を計画した経済産業省が開発した宇宙実証用ハイパースペクトルセンサ(HISUI)が、令和元年に打上げられ、令和 2 年にオ

ーストラリア ニューサウスウェールズ州を撮影した画像が公開された。HISUI は石油等の資源の遠隔探査を主要目的として開発され、令和 3 年から定常運用観測、利用実証を開始した。

また、平成 2 年に日本人初の宇宙飛行士として、秋山宇宙飛行士が旧ソ連の宇宙ステーションミールに滞在した以降、表 2-2-8 に示す多くの日本人が宇宙飛行士として、微小重力や高真空という宇宙環境利用の実験や ISS の運用で活動している。

表 2-2-8　日本人宇宙飛行士の活動

出発日、帰還日	氏名	搭乗機	ミッション名	特記事項
平成 2年12月 2日 平成 2年12月10日	秋山 豊寛	ソユーズM-11(往路) ソユーズTM-10(復路)	TBS宇宙プロジェクト	日本人初の宇宙飛行 旧ソ連の宇宙ステーションミールに滞在
平成 4年 9月12日 平成 4年 9月20日	毛利 衛	エンデバー	STS-47、ふわっと92	日本人初のスペースシャトル搭乗
平成 6年 7月 8日 平成 6年 7月23日	向井 千秋	コロンビア	STS-65, IML-2	日本人女性初の宇宙飛行
平成 8年 1月11日 平成 8年 1月20日	若田 光一	エンデバー	STS-72	SFU捕獲
平成 9年11月19日 平成 9年12月 5日	土井 隆雄	コロンビア	STS-87	日本人初の船外活動
平成10年10月29日 平成10年11月 7日	向井 千秋	ディスカバリー	STS-95	日本人初の2回目の宇宙飛行
平成12年 2月11日 平成12年 2月22日	毛利 衛	エンデバー	STS-99, STRM	地球全体の標高測量
平成12年10月11日 平成12年10月24日	若田 光一	ディスカバリー	STS-92, 3A	日本人初のISS組立ミッション
平成17年 7月26日 平成17年 8月 9日	野口 聡一	ディスカバリー	STS-114	船外活動3回
平成20年 3月11日 平成20年 3月27日	土井 隆雄	エンデバー	STS-123, 1J/A	きぼう船内保管室打上げ
平成20年 5月31日 平成20年 6月14日	星出 彰彦	ディスカバリー	STS-124, 1J	きぼう船内実験室、ロボットアーム打上げ
平成21年 3月15日 平成21年 7月15日	若田 光一	ディスカバリー(往路) エンデバー(復路)	STS-119(往路) STS-127(2 J/A)(復路)	第18次長期滞在、第19次長期滞在 第20次長期滞在、きぼう完成
平成21年12月20日 平成22年 6月 2日	野口 聡一	ソユーズ	TMA-17	第22次長期滞在 第23次長期滞在
平成22年 4月 5日 平成22年 4月20日	山崎 直子	ディスカバリー	STS-131, 19A	初の日本人2名同時飛行
平成23年 6月 7日 平成23年11月22日	古川 聡	ソユーズ	TMA-02M	第28次長期滞在、第29次長期滞在、帰還時点で日本人の宇宙滞在時間が米露に次ぐ3位となった。
平成24年 7月15日 平成24年11月19日	星出 彰彦	ソユーズ	TMA-05M	第32次長期滞在、第33次長期滞在、船外活動終了時点で、ISSでの日本人の船外活動時間が米露に続く3位となる。初のCube Sat放出
平成25年11月 7日 平成26年 5月14日	若田 光一	ソユーズ	TMA-11M	第38次長期滞在、第39次長期滞在 アジア人初のISSコマンダー、Cube Sat放出
平成27年 7月23日 平成27年12月11日	油井 亀美也	ソユーズ	TMA-17M	第44次長期滞在 第45次長期滞在
平成28年 7月 7日 平成28年10月30日	大西 卓哉	ソユーズ	MS-01	第48次長期滞在 第49次長期滞在
平成29年12月17日 平成30年 6月 3日	金井 宣茂	ソユーズ	MS-07	第54次長期滞在 第55次長期滞在
令和 2年11月16日 令和 3年 5月 2日	野口 聡一	クルードラゴン宇宙船	Crew-1	第64次長期滞在 第65次長期滞在
令和 3年 4月23日 令和 3年11月 9日	星出 彰彦	クルードラゴン宇宙船	Crew-2	第65次長期滞在 第66次長期滞在
令和 4年 10月 6日 約半年間長期滞在予定	若田 光一	クルードラゴン宇宙船	Crew-5	第68次長期滞在

また、平成 24 年の星出宇宙飛行士の滞在中に小型衛星放出技術実証ミッションが開始され、これまでに小型衛星放出技術実証ミッションで「きぼう」から放出された小型衛星は、表 2-2-9 及び表 2-2-10 の通りとなっている。

表 2-2-9 「きぼう」小型衛星放出技術実証ミッションで放出された小型衛星

放出時期	衛星名	放出数
平成24年10月	RAIKO, FITSAT-1, WE WISH, F-1, TechEdSat	5
平成25年11月	PicoDragon, ArduSat-1, ArduSat-X, TechEdSat-3	4
平成27年 2月	AESP-14	1
平成27年 9月	SERPENS, S-CUBE	2
平成28年 4月	DIWATA-1	1
平成28年12月	STARS-C	1
平成29年 1月	ITF-2, WASEDA-SAT3, FREEDOM, EGG AOBA-VELOX-III, TuPOD	5
平成29年 7月	TOKI, Mazaalai, GhanaSat1, Nigeria Edusat1,BRAC Onnesha	5
平成30年 5月	Irazu, 1KUNS-PF, UBAKUSAT	3
平成30年 8月	BHUTAN-1, MAYA-1, UiTMSAT-1	3
平成30年10月	SPATIUM-I, RSP-00, STARS-Me	3
令和元年 6月	NepaliSat-1, Raavana-1, Uguisu,SpooQy-1	4
令和元年11月	RWASAT-1, NARSSCube-1, AQT-D	3
令和 2年 4月	G-SATELLITE, Quetzal-1	2

表 2-2-10 令和 4 年「きぼう」から放出された小型衛星と開発機関

放出時期	衛星名	開発機関
令和4年 2月	Light-1	UAE宇宙庁／バーレーン国家宇宙科学庁／ハリファ大学／ ニューヨーク大学アブダビ校
	GT-1	三井物産エアロスペース株式会社／ジョージア工科大学（米国）
令和4年 3月	IHI-SAT	Space BD株式会社 / 株式会社IHI
	KITSUNE	三井物産エアロスペース株式会社 / HAKコンソーシアム(原田精機株式会社、株式会社アドニクス、九州工業大学)
令和4年 8月	TUMnanoSAT	モルドバ工科大学
	FUTABA	九州工業大学、敬愛高等学校
	HSU-SAT1	Space BD株式会社／ 一般財団法人 未来科学研究所／ハッピー・サイエンス・ユニバーシティ／北海道衛星株式会社

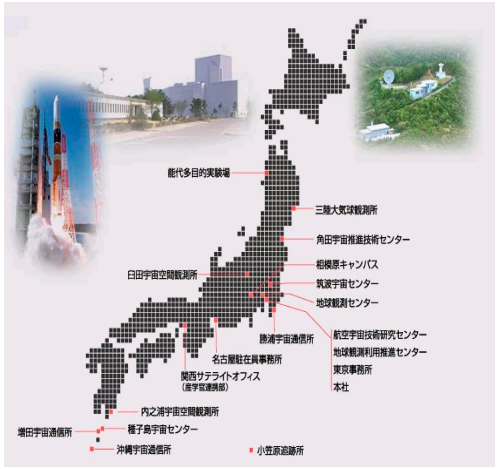
4 地上設備

宇宙関連の主要な地上設備としては、ロケット発射設備、ロケット並びに衛星の追跡・管制設備、通信・放送衛星や地球観測衛星を運用するための運用設備、各種開発試験設備、現地試験・組立設備、などがある。

JAXA の種子島宇宙センターでは、H-IIA ロケット用の第 1 射点が完成し、平成 13 年に試験機 1 号機が打上げられた。その後 H-IIB ロケット用の第 2 射点が完成し、平成 21 年に試験機が打上げられた。H3 ロケット初号機用の射点は H-IIB 用射点を改修した。

JAXA の筑波宇宙センターでは、国際宇宙ステーションの時代を迎えるに当たり、宇宙ステーション総合推進センター(SSIPC)の施設が整備され、宇宙実験棟(SEL)、宇宙ステーション試験棟(SST)、宇宙飛行士養成棟(ATF)、無重量環境試験棟(WET)、宇宙ステーション運用棟(SSOF)が建設された。

図 2-2-7　主な地上設備の所在地



出典：JAXA

民間の宇宙港として、北海道の大樹町に MOMO ロケット用の射場、和歌山県の串本町にスペースワン社が整備したロケット射場さらに大分空港、下地島空港など数か所の空港が航空機とロケットを組合せた打上げシステム向けに関連地上設備を計画している。

民間事業者の通信衛星用の地上局は、本州の東岸、西岸の茨城県、山口県などにクラスターしている。

防衛用の宇宙関連地上設備として、航空自衛隊は宇宙状況監視(Space Situational Awareness)体制の構築のため、東京都府中市の基地内に監視システムを、山口県山陽小野田市追跡用のレーダ基地を整備している。

主な宇宙関連地上設備の所在地と概要を図 2-2-7 と表 2-2-11 に示す。

表 2-2-11 主な宇宙関連地上設備

センター名称	管　轄	主　な　設　備
相模原キャンパス	JAXA	環境、構造、電波、風洞試験装置
内之浦宇宙空間観測所	JAXA	イプシロンロケット、観測ロケット発射設備、追跡・管制設備、テレメータ受信設備
能代ロケット実験場	JAXA	液酸液水エンジン、固体ロケットモータ燃焼試験設備
臼田宇宙空間観測所	JAXA	深宇宙送受信設備
大樹航空宇宙実験所	JAXA	気象観測装置、飛行実験棟
調布航空宇宙センター	JAXA	風洞試験装置、構造材料試験設備
角田宇宙センター	JAXA	高圧液酸ターボポンプ試験設備、高空燃焼試験設備、ラムジェット試験設備、供給系試験設備、ガス処理施設、高空燃焼試験設備、タンク熱特性試験設備
種子島宇宙センター	JAXA	H-IIA、H-IIB、小型ロケット発射設備、追跡・管制設備、テレメータ受信設備、液体、固体ロケット地上燃焼試験設備、衛星試験設備、非破壊検査設備、気象観測、レーダ装置、光学観測設備、燃料貯蔵設備
筑波宇宙センター	JAXA	スペースチャンバー、イオンエンジンチャンバー、振動、音響試験設備、質量特性試験、アライメント測定、衝撃試験、加速度試験、静荷重試験、電波試験、電磁適合性試験、磁気試験装置、衛星追跡管制装置、誘導制御試験設備、宇宙飛行士養成関連施設
地球観測センター	JAXA	受信装置、データ処理設備、写真処理システム
増田宇宙通信所、勝浦宇宙通信所、小笠原追跡所、沖縄宇宙通信所、ｸﾘｽﾏｽ移動追跡所、ｷﾙﾅ局、ﾏｽﾊﾟﾛﾏｽ局、ｻﾝﾁｱｺﾞ局、ﾊﾟｰｽ局	JAXA	コマンド送信装置、テレメータ受信装置、レーダ装置、光学観測装置
名古屋空港飛行研究拠点	JAXA	格納庫、飛行実験統制室、試験準備室
西日本衛星防災利用研究センター	JAXA	西日本における衛星データの防災利用等に係る施設
上斎原スペースガードセンター	JAXA	宇宙デブリ観測用レーダサブシステム(空中線装置等)
美星スペースガードセンター	JAXA	宇宙デブリ観測用望遠鏡(口径1m、50cm(CCDカメラ方式)等)
神戸航空衛星センター	国土交通省	準天頂衛星システム「みちびき」の主管制施設
常陸太田航空衛星センター	国土交通省	準天頂衛星システム「みちびき」の主管制施設
気象衛星センター	気象庁	気象画像受信、解析装置
鹿島宇宙技術センター	情報通信研究機構	通信施設
平磯太陽観測センター	情報通信研究機構	地球周辺環境測定装置
電磁波伝搬研究センター	情報通信研究機構	宇宙環境現況監視、予測技術の高度化、宇宙天気予報等設備
川口衛星管制センター	(株)放送衛星システム	BSAT放送衛星追跡管制設備
君津衛星管制所	(株)放送衛星システム	BSAT放送衛星追跡管制設備
アップリンクセンター	(株)放送衛星システム	BSAT衛星への番組信号アップリンク
KDDI山口衛星通信センター	KDDI(株)	通信衛星追跡管制及び通信地球局設備
茨城ネットワーク管制センター	スカパーJSAT(株)	通信衛星追跡管制用設備(スーパーバード用)
山口ネットワーク管制センター	スカパーJSAT(株)	通信衛星追跡管制用設備(スーパーバード用)
横浜衛星管制センター	スカパーJSAT(株)	通信衛星追跡管制用設備(JCSAT用)
群馬衛星管制センター	スカパーJSAT(株)	通信衛星追跡管制用設備(JCSAT用)
超高温材料研究センター	(株)超高温材料研究センター	材料製造装置、試験装置
量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所	量子科学技術研究開発機構	コバルト60ガンマ線照射装置
超小型衛星試験センター	九州工業大学	真空熱衝撃試験装置、熱真空試験装置、電波試験装置、熱サイクル試験装置(±150℃)、アウトガス試験装置

第 2 節　宇宙開発利用及び宇宙工業の現状

1.　宇宙開発利用の現状

(1) 宇宙開発利用体制

我が国の宇宙開発は平成 15 年、宇宙 3 機関(宇宙開発事業団、宇宙科学研究所、航空宇宙技術研究所)が統合され、独立行政法人(現 国立研究開発法人)宇宙航空研究開発機構(JAXA)が発足し、宇宙環境利用関連など、いくつかの宇宙開発、推進機関も国の主導により設立され活動している。(表 2-2-12、表 2-2-13 参照)

表 2-2-12　主な宇宙開発研究機関

宇宙開発研究機関	主 な 開 発 研 究 項 目
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (内閣府、文部科学省、総務省、経済産業省)	・ロケット・宇宙輸送機の開発 ・人工衛星･探査機の開発 ・有人宇宙開発、・宇宙科学研究、・宇宙機技術研究
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 電力エネルギー研究部門 宇宙技術グループ (経済産業省)	・宇宙エネルギー技術の研究 ・エネルギー資源探査や環境モニタリングのための地球観測技術の研究 ・ロボットを利用した宇宙産業インフラストラクチャーの軌道上構築・保全技術の研究
国立研究開発法人 海上･港湾・航空技術研究所 電子航法研究所(国土交通省)	・航行援助技術の研究開発及び衛星データリンクの研究
気象研究所(国土交通省 気象庁)	・気象衛星に関する研究
国立研究開発法人 情報通信研究機構(総務省)	・高速衛星ネットワークの研究 ・光宇宙通信の研究、・先進衛星技術の研究 ・モバイル衛星通信の研究

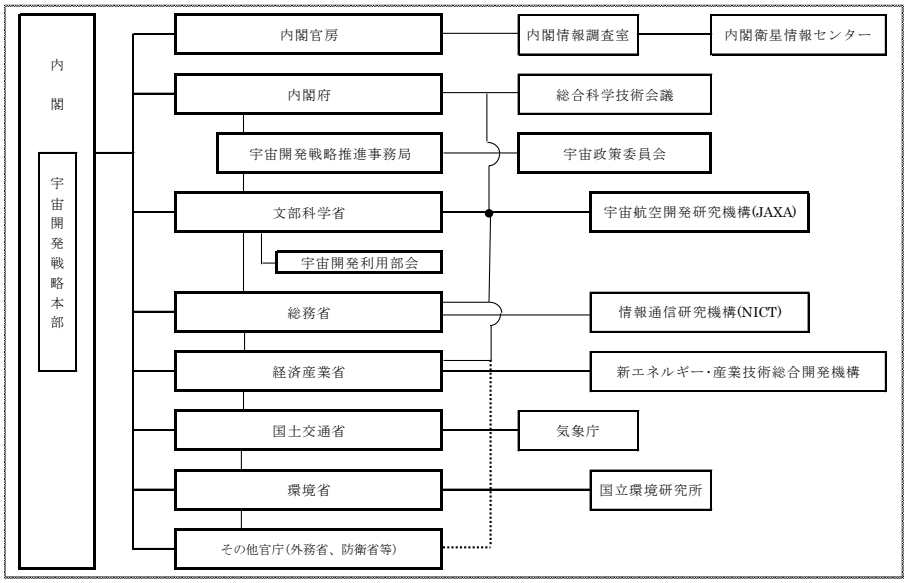
表 2-2-13　宇宙開発・利用法人

	区　分	名　称	関係官庁	設立年月	主な事業内容
人工衛星利用	一般財団法人	リモートセンシング技術センター(RESTEC)	文部科学省	昭和 50 年 7 月	地球観測衛星のデータ処理、販売
	一般財団法人	宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems)	総務省 経済産業省 文部科学省 内閣府	平成 24 年 4 月 (USEF,JAROS, ERSDAC の 3 機関が統合) (令和 3 年 4 月 SPAC が統合)	資源探査用・温室効果気体観測システム及び資源探査用観測システムに係る研究開発 衛星測位システムの構築と利用の推進
宇宙環境利用	一般財団法人 同上	宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems) 日本宇宙フォーラム(JSF)	同上 文部科学省	同上 平成 6 年 2 月	宇宙実験・観測フリーフライヤ及び回収型カプセルの開発 国際宇宙ステーションの利用
管理運用	株式会社	有人宇宙システム (JAMSS)	－	平成 2 年 5 月	ＪＥＭに関するエンジニアリング業務及び運用
無重力実験	株式会社	日本無重量総合研究所 (MGLAB)	文部科学省	平成 2 年 4 月 (平成 22 年解散)	無重力実験の実施(落下塔)
部品材料	株式会社	HIREC	－	昭和 63 年 10 月	ロケット、衛星関連の電子部品の調達
	株式会社	超高温材料研究センター (JUTEM)	経済産業省	平成 2 年 1 月	高温耐熱材料開発と環境実験の実施

平成 20 年の宇宙基本法の施行に伴い、宇宙開発利用に関する施策の総合的・計画的な推進を行うため、内閣総理大臣を本部長、内閣官房長官と宇宙開発担当大臣を副本部長とする、宇宙開発戦略本部が内閣に設立された。

宇宙基本法のもとで体制の見直しに係る検討等が行なわれ、宇宙活動に関する法制の整備、宇宙開発戦略本部に関する事務の処理を内閣府に行わせるための法制の整備が進められ、JAXA 等の在り方の見直し、及び宇宙開発利用に関する施策の総合的・一体的な推進のための行政組織の在り方が検討され、平成 24 年に宇宙開発委員会が廃止され、新たに、内閣府に宇宙戦略室と宇宙政策委員会が、内閣官房に宇宙開発戦略本部事務局が設立され、JAXA は、内閣府、内閣官房、文部科学省、経済産業省、総務省、その他の省庁の管轄化に置かれることとなり、宇宙開発戦略本部の宇宙開発専門調査会は廃止された。文部科学省は宇宙開発委員会の廃止に伴い宇宙開発利用部会を新たに立ち上げ、文部科学省が管轄する宇宙関係の案件を審議していくこととなった。また、新体制発足に伴い宇宙基本計画が見直され、平成 25 年に改訂された宇宙基本計画が制定された。その後、平成 27 年には宇宙開発戦略本部で新しい宇宙基本計画(本文と工程表の二部構成)が制定された。平成 28 年、内閣府宇宙戦略室と内閣官房宇宙開発戦略本部事務局は、内閣府宇宙開発戦略推進事務局に一元化された。(図 2-2-8 参照)

図 2-2-8　日本の宇宙開発体制

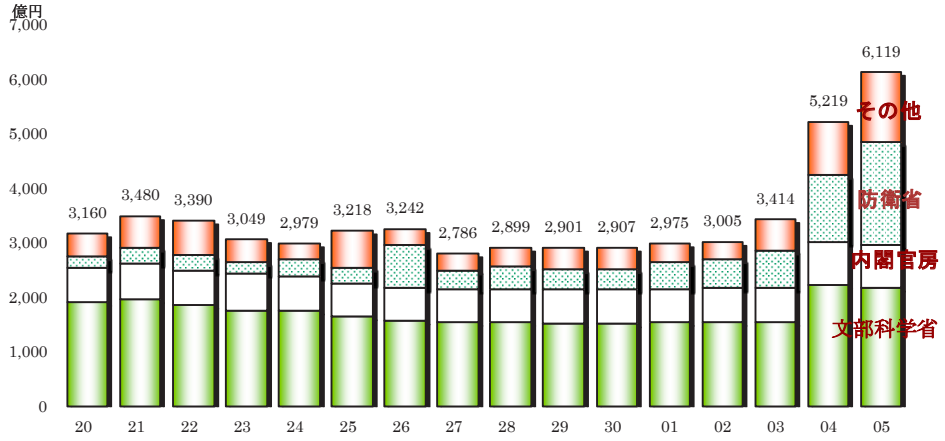


(2) 予算

我が国の宇宙開発予算は、昭和 42 年度までは東京大学を中心とした科学分野の予算が主体であった。また、昭和後半には石油特別会計の資源探査に関する予算から衛星等の開発・製造に充当された時期もある。

新宇宙開発政策大綱や、経団連の要望書等で提言されている、長期的宇宙開発計画を体系的に推進していくためには、長期間にわたって毎年着実な予算の伸びが必要とされ、ここ数年度は急増している。令和 5 年は補正予算を含めた一般会計予算は 6 千億円を超え、防衛航空機の令和 5 年新規調達予算 6 千億円強と同程度ある。(巻末資料 IV-1、V-2)しかし、主要国の宇宙開発予算と比較してみると、まだ差があり、国防予算を除くと米国の 7 分の 1、欧州の 3 分の 1 程度である。(図 2-2-9 参照)

図 2-2-9　宇宙開発関係予算の推移



(億円)

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05
文部科学省	1,906	1,966	1,854	1,746	1,739	1,643	1,562	1,524	1,524	1,513	1,516	1,527	1,544	1,544	2,212	2,166
内閣官房	638	643	636	672	630	609	610	614	619	620	620	621	625	625	800	800
防衛省	423	580	609	413	288	677	276	296	340	387	411	348	311	553	969	1,278
その他	193	291	291	218	322	289	794	352	416	381	360	479	525	692	1,238	1,875
合計	3,160	3,480	3,390	3,049	2,979	3,218	3,242	2,786	2,899	2,901	2,907	2,975	3,005	3,414	5,219	6,119

(注) その他：内閣府、警察庁、総務省、外務省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省
四捨五入の関係で合計は必ずしも一致しない。

出典：令和4年度補正及び令和5年度当初予算案における宇宙関係予算について

さらに国際協力を積極的に進め、実効のある国際貢献を果たして行くには、国力に相応した資金負担が要請される。これらの膨大な予算を確保していくため、中期戦略で民間資金の活用が提言されているが、企業にはリスクが大きいのが現状である。新し

い宇宙基本計画に盛り込まれた施策の積極的な推進と実現が望まれる。また商業宇宙システムの売上高、商業宇宙機器の需要は、世界でも頭打ちあるいは漸減しており、商業的な投資は限定される点も事実である。その一方で世界では、投機的な商業資金拠出や公的な基金や軍による積極的な宇宙を利用するサービスへの資金投入が新しい宇宙機器の開発資金の部分を大きく担っている。

(3) 開発方式

我が国のロケット、人工衛星及び宇宙インフラストラクチャの開発方式は、個々の開発の背景が異なることから、それぞれ特徴がある。

ロケットにおいては、観測ロケットを始め、ラムダ(L)及びミュー(M)等の科学衛星打上げロケットは、これまで我が国独自の技術により自主開発されて来た。一方、実用衛星打上げ用ロケットは、米国からの導入技術で開発がスタートしたが、H-II に至って完全に国産化が達成された。

衛星においては、科学衛星では、宇宙 3 機関の統合まで打上げロケットの制約から小型軽量化を極限まで追求しながら、性能を世界的レベルに到達・維持することがはかられた。これは、科学衛星の計画が主に宇宙科学研究所(現 JAXA)において、打上げロケットの開発と併行して進められたため、自主技術の連続的な技術の積み重ねが可能であること、また、開発者と大部分の利用者が同一機関に所属するか、あるいは一体となって開発を進めることが行われたため、技術的可能性を見極めながら性能向上と設計・製作とのかね合いに充分配慮されたことによっている。さらに、既存技術から飛躍的に向上を図る場合は、試験衛星を打上げてその性能を確認し経験を積むことが行われた。

近年、科学衛星の観測対象は次第に惑星空間にまで拡がり、ミッション要求が高度化や多様化し、衛星は大型化かつ高性能化してきている。平成 4 年に打上げられた GEOTAIL では、文部科学省宇宙科学研究所(現 JAXA)が衛星を担当し、NASA がロケットを分担するなど、国際的な開発協力が一般化してきている。

実用衛星の分野は、初期は各メーカーとも実用衛星の経験が浅く、三菱電機はフォード・エアロスペース(現 マクサー・テクノロジーズ)社、東芝(NEC 東芝スペースシステムを経て現在は日本電気)はゼネラル・エレクトリック社(現 ロッキードマーチン社)、日本電気はヒューズ社(現 ボーイング社)および RCA 社(現 ロッキー

ドマーチン社)とそれぞれ提携し、その技術を導入して主に宇宙開発事業団(現JAXA)において実用衛星を開発した。3 社とも衛星システムメーカーとして全体の取りまとめや総合組立試験などを担当するとともにバス機器及びミッション機器の設計、製作も行ってきた。このような開発方式によって技術の吸収や習熟を早めるとともに、技術開発衛星による技術と経験の蓄積が加わって、最近各企業の開発力も向上してきており、得意分野で海外へ進出し、商業衛星の売り込みをはかる企業も出てきた。

官との契約形態にも種々の方式がある。これまでの契約は通常主契約者を決め他社がサブシステム、コンポーネントを請負分担する方式が多かったが、最近は、宇宙システムの大型化・複雑化にともない、幹事会社方式を採用する例もある。例えば、技術試験衛星 ETS-VI は宇宙開発事業団(現 宇宙航空研究開発機構)が全体の取りまとめを行い、幹事会社(東芝)がこれを補佐し、同社を含む各社がサブシステム、コンポーネントを分担する形態が採用された。

新型基幹ロケット(H3)は、打上げコストを H-IIA ロケットの約半分にし、海外市場にも売り込める製品を目指すものである。JAXA は、H3 ロケットの開発を始めるにあたって、プライムコントラクタに三菱重工業を選定した。また、キー技術担当事業者として、固体ロケットモータ、2 段ガスジェット装置担当事業者に IHI エアロスペースを、エンジンシステム担当事業者に三菱重工業を、ターボポンプ担当事業者に IHI を、慣性センサ担当事業者に日本航空電子工業を、慣性ソフトウェア担当事業者に三菱スペース・ソフトウェア(現 三菱電機ソフトウエア)を選定した。H3 ロケットの開発では新たな取組みとして、フロントローディング手法の導入とプロジェクトの進捗状況を定量的に把握するための EVM 手法の導入を図ることとした。

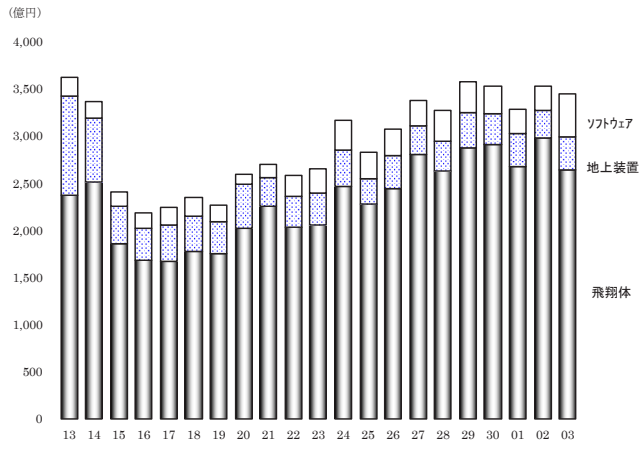
宇宙ステーションの日本モジュール(JEM)の開発では、JAXA が全体のとりまとめを行い、4 社を主契約者とする方式が取られている。すなわち、JEM の主要構成システムを、システム与圧部(三菱重工業)、曝露部(石川島播磨重工業：現 IHI)、補給部曝露区(日産自動車：現 IHI エアロスペース)、マニピュレータ(東芝：NEC 東芝スペースシステムを経て現在は日本電気)の 4 つに分け、各主要構成システムを 4 社に分担させている。他に、川崎重工業、日本電気、三菱電機、日立製作所の各社は主契約者との契約で参加している。

なお、民間によるロケットおよびサブオービタル宇宙機の開発は、インターステラテクノロジズ社、スペースワン(SPACE ONE)社、PD エアロスペース社が着手している。衛星コンステレーションは、アクセルスペース社、Synspective 社、QPS 研究所などが手掛けている、

2. 経営動向

宇宙工業には宇宙空間にアクセスする手段を提供する産業、そのための機器やソフトウェアを提供する産業、宇宙空間を利用する産業などが含まれる。宇宙工業は、長期的かつ莫大な投資と設備を必要とするため、国の政策により育成される面は強い。従って、国家予算との相関が高く、売上高の変動は小さく、他産業と比べても規模は小さい。しかし、最近の予算増に反して令和 3 年度の売上高は前年比約 2%減の 3,440 億円となった。その内訳はロケット及び人工衛星を主とする飛翔体が 77%、地上施設が 10%、誘導管制、運用管理などに必要なソフトウェアの開発やデータ処理・解析サービス等が 13%である。(図 2-2-10 参照)

図 2-2-10　宇宙工業の売上高の推移



(億円)

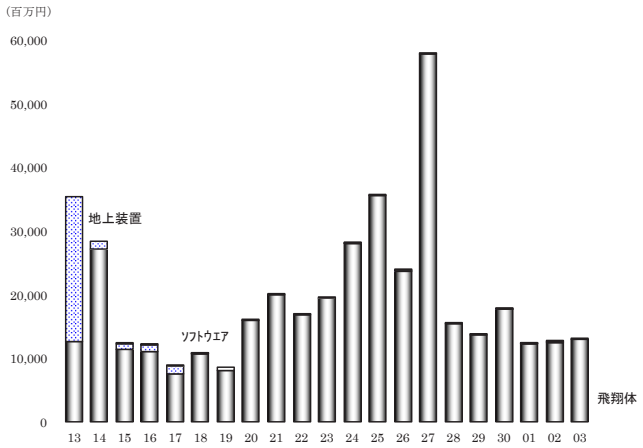
年度	飛翔体	地上装置	ソフトウェア	合計
13	2,369	1,056	192	3,617
14	2,510	676	176	3,362
15	1,852	407	148	2,407
16	1,685	341	163	2,189
17	1,674	376	187	2,237
18	1,772	378	198	2,348
19	1,756	332	176	2,264
20	2,025	464	102	2,591
21	2,256	296	145	2,697
22	2,038	324	222	2,584
23	2,053	344	253	2,650
24	2,470	377	314	3,161
25	2,272	280	274	2,825
26	2,446	340	282	3,068
27	2,797	306	275	3,378
28	2,627	322	321	3,270
29	2,871	371	330	3,572
30	2,903	332	296	3,532
01	2,676	348	261	3,285
02	2,981	285	255	3,521
03	2,644	342	454	3,440

出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

輸出高は昭和 50 年度の 107 億円から序々に増加し、平成 8 年度に 800 億円を超えたが、それ以降は減少傾向であった。令和 3 年度の輸出高は対前年度比 4%増の 130 億円で、人工衛星が 8 割弱を占めている。我が国の宇宙工業関連の輸出は技術の高さにも関わらず少ない。これは、遅れて出発した我が国の宇宙工業が、技術を主に米国からの導入技術を吸収・消化することにより構築する戦略をとったためで

ある。また、基本的に、実績が少なく、製品価格が割高で世界市場における競争力が劣っていることによる。(図 2-2-11 参照)

図 2-2-11 宇宙工業の輸出高の推移



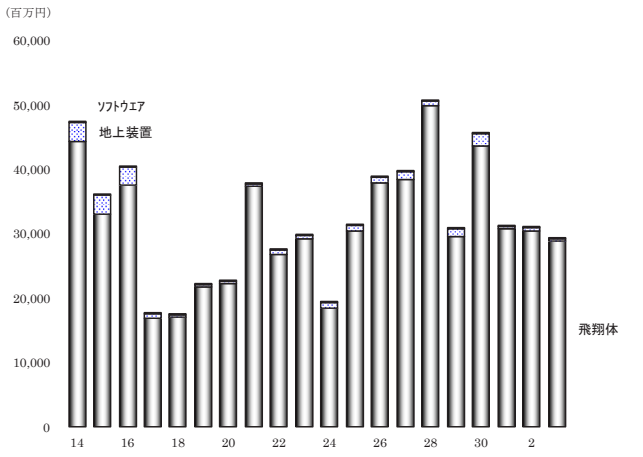
(百万円)

年度	飛翔体	地上装置	ソフトウェア	合計
13	12,684	22,824	0	35,508
14	27,249	1,251	0	28,500
15	11,470	935	5	12,410
16	11,026	1,169	19	12,214
17	7,618	1,130	82	8,830
18	10,672	51	92	10,815
19	8,164	0	537	8,701
20	15,947	0	82	16,029
21	20,039	0	1	20,040
22	16,970	0	18	16,988
23	19,438	0	8	19,446
24	28,154	6	30	28,190
25	35,580	0	36	35,616
26	23,753	160	52	23,965
27	57,937	0	54	57,991
28	15,412	0	31	15,443
29	13,675	0	6	13,681
30	17,727	3	53	17,783
01	12,378	8	8	12,394
02	12,583	8	20	12,611
03	13,009	9	45	13,063

出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

我が国宇宙工業の輸入は対前年比の増減変動が大きく、令和 3 年度の輸入高は対前年比 6%減の 292 億円で減少した。(図 2-2-12 参照)

図 2-2-12　宇宙工業の輸入高の推移



(百万円)

年度	飛翔体	地上装置	ソフトウェア	合計
14	44,396	2,877	265	47,538
15	32,973	3,121	58	36,152
16	37,558	2,822	36	40,416
17	16,846	808	100	17,754
18	17,098	335	94	17,527
19	21,772	315	71	22,158
20	22,249	362	1	22,612
21	37,427	309	2	37,738
22	26,879	604	193	27,676
23	29,312	483	81	29,876
24	18,436	834	28	19,298
25	30,505	895	47	31,447
26	37,992	772	7	38,771
27	38,370	1,213	7	39,590
28	49,994	640	2	50,636
29	29,505	1,288	15	30,808
30	43,746	1,778	54	45,578
1	30,844	336	28	31,208
2	30,529	387	35	30,951
3	28,839	356	36	29,231

出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

しかし、前述のように日本の民間通信事業者が利用している通信衛星 26 機はすべて国外ロケットで打上げられ、国産衛星は 2 機のみ(表 2-2-4 参照)と国産率は 8%である。これらは直接海外で衛星を受領し、海外から宇宙に輸送されるため、輸入とならない。これらの国内商業宇宙活動の大部分に国内工業の遺失部分があり、統

計上の額も不明である。この状況は昭和の末期、日本のロケット・衛星産業に国際競争力が不足していた状況下で、貿易黒字を圧縮するため実用衛星の内外無差別調達を決めたいわゆる「スーパー301 条」による市場開放によって米国企業が市場を獲得した後に、国内企業は実績を積めず国内の市場を取り戻せない現状がある。

第３章　日本の宇宙工業の課題と展望

第１節　産業基盤の確立

我が国の宇宙工業は、国の宇宙開発の進展とともに、これまでの 40 数年の間、着実に基礎固めを行い、多くの分野で成果をあげてきた。しかし、累積資金投入額は米、旧ソ連はもとより西欧諸国、中国と比べても少なく、比較すると産業基盤が弱い。

ロケット分野では H-II の成功により、海外技術から離脱し、その発展型である H-IIA の 6 号機が打上げに失敗する挫折を経ながらも、平成 19 年度には三菱重工業に民営移管を行った。また、平成 24 年には、韓国の多目的実用衛星 KOMPSAT-3 を搭載した H-IIA の打上げに成功し、商業衛星打上げの国際市場に参入することができた。さらに平成 27 年には、平成 25 年に受注したカナダの通信衛星で、国産ロケットによる初の商業衛星打上げに成功したが、価格面などで苦戦している。

また、三菱電機は、平成 20 年に、シンガポールと台湾の通信会社が合同で開発する通信衛星 ST-2 を、平成 23 年にトルコの国営衛星通信会社から Turksat-4A 及び Turksat-4B を、平成 26 年には、カタールの国営衛星通信会社から Es'hail 2 を受注した。さらに、NEC も令和 2 年にベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1」を受注し、国際市場へ参入している。

しかし、国産の宇宙機器のコストは海外製品に比べ大幅に高く、技術的には国際レベルに達し、さらには、それを超えるような機器もあるものの、利便性や価格の面で外国製品と差がある。

我が国における宇宙工業の自立化は、先端技術産業の国際競争力を大幅に引き上げることになる。また、宇宙機器製造分野で自主技術開発能力を持つことにより、我が国独自の宇宙開発プロジェクトを推進することも可能となる。これらの状況を

踏まえ、官・民力を合わせて“技術的に自立した”、“自給力のある”宇宙工業の基盤の確立を図るため、平成 20 年に設立した宇宙開発戦略本部により、宇宙基本法が施行され、平成 21 年に宇宙基本計画が決定された。

その中で、ISS などの国際プロジェクトに、積極的に協力することは、国際社会への応分の貢献を図る意味からも、我が国の果たすべき責務と述べられている。その実効ある協力のためには、我が国独自の優秀な技術を保有し、かつ国力に見合った資金を負担し、自在性を保つことが必要である。

また、商業化が進んでいる通信・放送衛星を中心とする実利用の分野では、我が国の企業はかなり高度な技術を有しているが、納期／コスト面での一層の競争力の強化が必要である。部品やコンポーネントは先進国向け輸出が十分可能な技術レベルに達しており、既に一部では太陽電池パドル・RF 機器・地球センサー・バッテリ等のコンポーネントやマイクロ波用半導体デバイス等の部品を開発し、輸出するプログラムが進行している。衛星も、我が国衛星関連企業の規模は米企業に比して規模は小さいものの、技術レベルでは見劣りするものではなく、衛星システムの製造については欧米に対抗可能である。

さらに、平成 22 年に宇宙開発戦略本部から「宇宙分野における重点施策について」が発表された。これは、平成 21 年に閣議決定された「新成長戦略（基本方針）」を踏まえたもので、10 年後に我が国の宇宙利用を含めた宇宙産業規模が 2 倍の 14～15 兆円になることを目指して、特に重点的に進めるべき施策を取り纏めた。

続いて、平成 22 年に宇宙開発戦略本部から「当面の宇宙政策の推進について」が発表された。この中で、①小型衛星・小型ロケットの開発の推進、②地球観測衛星、衛星データ利用促進、③準天頂衛星の 2 機目以降の整備方針の検討着手等の方針が打ち出された。

また、平成 21 年に制定された宇宙基本計画において、月探査については 1 年程度をかけてより具体的に検討を行うこととされていた。これを受けて宇宙開発戦略本部が検討を開始し、平成 22 年に検討した結果を「我が国の月探査戦略」と題して発表した。これによると、我が国として、令和 2 年に月の南極域にロボットにより探査基地を構築し、月の内部構造探査・ロボットによる周辺探査・岩石の採取とサンプルリターンを行うこと、及び令和 2 年頃までに有人往還システムについて鍵となる要素技術等の基礎段階の研究開発に取り組むこと等を推進すべきことが提言

されていた。

我が国がロケットを打上げる射場について、従来、問題点として漁業者への配慮のため、年間を通じてある特定の期間(190 日間)しか打上げができないという制約があった。しかし、平成 22 年に政府と漁業者との間で合意が成立し、通年の打上げが可能となった。これにより、商用衛星の打上げで顧客の要請に応じ易くなるとともに、目的の天体の軌道に合わせて探査機を打上げることができるなど、宇宙科学分野でも利点が大きくなった。

宇宙開発戦略本部での議論を経て、従来の宇宙開発を推進していた組織に替わる宇宙政策委員会を内閣総理大臣が所掌する内閣府に設置することが望ましいこと、並びに宇宙政策委員会の設置をもって宇宙開発戦略専門調査会と宇宙開発委員会を廃止することが望ましいこと、が結論付けられた。

これを受けて、平成 24 年に宇宙開発委員会が廃止され、宇宙政策委員会と宇宙戦略室が設置され、同時に「独立行政法人宇宙航空研究開発機構法(JAXA 法)」が改正され、宇宙基本法の宇宙の平和利用に関する条文との整合性が図られた。また平成 28 年には、内閣府宇宙戦略室と内閣官房宇宙開発戦略本部事務局は、内閣府宇宙開発戦略推進事務局に一元化された。

平成 25 年および平成 27 年に宇宙基本計画が改訂され、宇宙基本計画工程表の改訂版が制定された。その後、宇宙安全保障の確保、民生分野における宇宙利用促進、産業・科学技術基盤の維持・強化を図り、施策内容をさらに充実・具体化すべく、平成 27 年に基本計画のさらなる内容の見直しが行われ、平成 28 年に新しい宇宙基本計画が制定された。

平成 28 年には、新しい宇宙基本計画に基づいた 2 法案(宇宙活動法およびリモセン法)が国会にて可決成立した。宇宙活動法では、民間の打上げ事業に許可制を導入し、事業者には打上げ失敗による被害に備えて、損害賠償保険への加入を義務付けることを定める。リモセン法では、高精度な衛星画像の配布先を、国の認定を受けた事業者と行政機関に限定することを定める。これらの法律により、日本における宇宙産業の健全な発達、および国際社会における、国益と整合した宇宙活動の推進のための環境がさらに整備された。

令和 2 年 6 月には、第 5 期となる新たな宇宙基本計画が閣議決定された。本計画には、我が国の政策目標として「多様な国益への貢献」や「産業・科学技術基盤を

始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化」が盛り込まれている。前者は、宇宙安全保障に加え、近年の災害対策・国土強靭化や地球規模の課題解決への貢献、宇宙科学など、後者は基幹ロケットの開発・運用、スペースデブリ対策、国際宇宙協力の強化等が挙げられている。

第 2 節　開発プロジェクトの推進

1　輸送系

(1) 大型ロケット

内閣府の宇宙政策委員会での審議において、H-IIA/B はコストが高く、将来の市場において競争力がない等の理由から、柔軟性、高信頼性、低価格を徹底した新型基幹ロケット(H3)の開発が JAXA と三菱重工業が共同で、平成 26 年から約 2,100 億円の開発費で進められている。H-IIA 半額の約 50 億円での打上げを目指している。1 段エンジンに LE-9 (エキスパンダーブリードサイクル)を新規に開発した。固体ブースタ(SRB-3)を 2 または 4 本取り付けることが可能な 2 段式の液体水素／液体酸素を推進薬とするロケットである。令和 2 年に 1 段エンジンの燃焼試験で問題が見つかり、令和 2 年度の当初の打上げ予定から遅延していたが、令和 5 年 3 月 7 日に試験機 1 号機(22S 型)を打上げた。初飛行では 2 段エンジンは作動せず指令破壊された。

H3 ロケット



出典：JAXA

H3 開発では打上げ数の増加、即応性／準備期間の改善・短縮、価格競争力の獲得、技術基盤／産業基盤の維持、老朽施設・設備の更新などを目指している。コア機体の外径は 5.2m、全長は 57 / 63m、総質量 575Mg (24L 型)で、静止遷移軌道に 6.5Mg(衛星増速量 1.5km/sec)の打上げ能力を備えている。衛星フェアリング、1 段エンジンの装備数、SRB-3 の有無等で 6 種類の形態がある。試験機 2 号機は 30S 形態でだいち 4 号(ALOS-4)が計画されており、3 号機から実用に移行の予定である。H-IIA/B の SRB-A・イプシロン 1 段ではノースロップグラマン社ライセンスの下での製造であったが、SRB-3 は IHI エアロスペース社の技術で設計・製造が行われて、低価格化されている。

(2) 中・小型ロケット

イプシロンロケット



出典：JAXA

イプシロンロケットは M-V ロケットの後継で、低コストで需要が見込まれる小型衛星を効率良く打上げる輸送手段として開発された小型固体ロケットで、我が国の基幹ロケットの一つとして位置付けられることとなった。1 段目のロケットには、H-IIA ロケットに使用している固体ロケットブースターを、2 段目・上段のロケットには M-V ロケットに使用していた固体ロケットをベースに設計したものを組合せて使用するもので、新規開発に比べ開発費用を大幅に抑えている。H3 ロケットの開発成果を生かし、コストを下げ即応性を改善する強化型に続く第 2 弾となるイプシロン S を現在開発中である。

イプシロンロケットの特徴は、ロケット打上げ時の射場作業の大幅な期間の短縮、打上げ準備作業人員の省人化、打上げ費用の低廉化等で、小型衛星を H-IIA などの大型ロケットで複数個打上げる場合に比べ、コスト、打上げ時期の選択等の面で有利となる。平成 25 年に内之浦宇宙空間観測所から試験機を打上げ成功した。2 号機は高度化開発(推進薬量増による能力向上、衛星包絡域拡大等)を進め、平成 28 年に強化型イプシロンの打上げが成功し、平成 31 年には始めて宇宙活動法下の国の許可に基づき 4 号機を打上げた。(表 2-3-1 参照) 令和 4 年 10 月の 6 号機打上げには失敗した。

表 2-3-1　イプシロンロケット(強化型) 諸元表

諸　元		第 1 段	第 2 段	第 3 段
寸法	全長(m)	26.0		
	外径(m)	2.6		
重量	各段質量(t)	74.5	17.2	2.9
	全備質量(t)	95.4(衛星を除く)		
エンジン	モータ	SRB-A	M-35	KM-V2c
	推進薬種類	ポリブタジェン系 コンポジット固体推進薬	同左	同左
	姿勢制御	TVC[*1]+SMSJ[*2]	TVC+RCS[*3]	スピン安定

*1 Thrust Vector Control, *2 Solid Motor Side Jet, *3 Reaction Control System

近年、小型ロケット開発が世界中で進んでいる。日本でも JAXA が SS-520 4

号機を平成 29 年、インターステラテクノロジズ(IST)社による MOMO 初号機を令和元年 7 月に打上げたが、いずれも失敗した。その後 JAXA は SS-520 5 号機を平成 30 年に打上げ、超小型衛星「たすき」(TRICOM-1R)の打上げに成功した。

IST 社は平成 30 年に MOMO2 号機の打上げを試みたが、再び失敗した。その後、令和元年 5 月に MOMO3 号機を打上げ、日本の民間ロケットとして初めて宇宙空間に到達した。令和元年 7 月にも MOMO4 号機を打上げたが、失敗となった。令和 2 年 6 月 14 日に MOMO5 号機を打上げたが、36 秒後にノズルが破損、70 秒後には安全のためエンジン停止信号が送られ、目標高度 100km には到達しなかった。IST 社は、更に小型衛星打上げ用の ZERO ロケットを開発している。同時に製造工場に近い北海道大樹町の射点を令和 4 年 9 月に着工した。この ZERO ロケットのエンジンは、MOMO ロケットのエンジンで使用されたメタノールでなく、メタンを燃料としている

一方、平成 30 年に IHI エアロスペースほか 4 社によって設立されたスペースワン(SPACE ONE)は、専用の小型ロケット「カイロス」と射場「スペースポート紀伊」を用意することで、世界最短の契約から打上げまでの期間と、世界最高頻度の打上げを目指している。平成 31 年 3 月に和歌山県串本町を射場に選定し、令和 4 年 12 月に完成した設備を報道公開した。令和 5 年度のロケット運用開始を目指している。

2. 人工衛星

(1) 科学衛星

次期小型科学衛星の選考として、「イプシロン搭載宇宙科学ミッション」の公募型小型計画の 1 号機には小型月着陸実証機(SLIM: Smart Lander for Investagation Moon)が選定された。SLIM は、月への高精度着陸技術の実証と、月惑星探査の高頻度化への貢献を目的としている。

また、公募型小型計画の 2 号機は深宇宙探査技術実証機(DESTIN+: Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage with Phaethon fLyby and dUst Science)を開発中である。将来の低コスト・高頻度な深宇宙探査を実現する工学技術実証と、地球への主要な有機物供給源と考えられる宇宙塵(ダスト)の科学観測を行うミッションである。ふたご座流

星群母天体である小惑星 3200 Phaethon(フェートン)をフライバイ探査する。

公募型小型計画 3 号機は、日本初の位置天文観測衛星「JASMINE」を打上げ、約 2 万 6 千光年かたなにある星々までの距離を三角測量の原理を使って測定すること（位置天文観測）を目指している。公募型小型計画の 4 号機として次期太陽観測衛星「Solar-C（EUVST)」が選定され、平成 18 年に打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」の後継機にあたる観測衛星で、紫外線の分光観測により太陽コロナの加熱問題とフレアの発生メカニズムに迫ることを目的としている。

X 線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)は、ブラックホールや超新星爆発などの観測を行い、宇宙の構造やその進化の解明を目指した衛星で、平成 17 年に打上げられた X 線天文衛星「すざく」(ASTRO-EII)の後継であったが、通信異常のため運用停止に至った。ASTRO-H の代替機である X 線分光撮像衛星(XRISM: X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)を、令和 4 年度の打上げを目標に開発されている。

平成 29 年には、JAXA とフランス国立宇宙研究センター(CNES)が、火星衛星のサンプルリターンミッションの検討に関する実施取り決めを締結したことを発表した。さらに、JAXA は CNES およびドイツ航空宇宙センター(DLR)と、火星衛星探査計画(MMX)における協力に関する共同声明ならびに、MMX 探査機に搭載する小型着陸機を CNES と DLR で共同開発することの合意が得られたことを発表した。MMX は戦略的中型計画として選定され、令和 6 年度の打上げを目指し、開発中である。戦略的中型計画 2 の候補としてについて、「次世代赤外線天文衛星(SPICA)」「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星(LiteBIRD)」が選定され、令和 10 年の打上げを目指している。

木星氷衛星探査計画(JUICE：JUpiter ICy moons Explorer)は、欧州宇宙機関(ESA)が主導し日本やアメリカも参加する国際協力による木星氷衛星の探査計画で、木星や衛星(ガニメデ、カリスト、エウロパ、イオ)を観測し、太陽系と地球の起源を解明する。また、欧州宇宙機関(ESA)が実施する二重小惑星探査計画(Hera)は、S 型小惑星ディディモスとその衛星ディモルフォスにランデブする探査計画で、日本は熱赤外カメラの提供や科学研究で参加する。

今後の科学衛星の打上げ予定を、表 2-3-2 に示す。

表 2-3-2　計画中の科学衛星

衛星	主要ミッション	質量(kg)	軌道	打上げロケット	打上げ年度	開発機関
小型月着陸実証機(SLIM)	月への高精度着陸技術の実証と月惑星探査の高頻度化への貢献	約520	月周回軌道、その後、月面着陸	令和4年	令和4年	JAXA
X線分光撮像衛星(XRISM)	極限宇宙の探査・銀河団の観測を行い、宇宙の構造や進化を解明	2,300	円軌道	H-IIA	上記相乗り	JAXA
深宇宙探査技術実証機(DESTINY+)	深宇宙探査探査機技術の獲得や惑星間ダストのその場分析など	約480	長楕円軌道	イプシロンSロケット（キックステージ付き）	令和6年	JAXA
火星衛星探査(MMX)	火星衛星観測・サンプルを採取し、火星衛星の起源や火星圏の進化の過程を解明		火星周回軌道、その後着陸		令和6年	JAXA
木星氷衛星探査計画ガニメデ周回衛星（JUICE）	木星と衛星（エウロパ、ガニメデ、カリスト等）を観測し、太陽系の起源を解明。欧州宇宙機関が主導し日本も参加。	2,900		アリアン5	令和4年	ESA
二重小惑星探査計画(Hera)	欧州宇宙機関が実施する地球近傍の二重小惑星の探査計画。日本は熱赤外カメラの提供や科学研究で参加。				令和6年	ESA

(2) 実用・技術試験衛星

雲エアロゾル放射ミッション EarthCARE：　GPM 計画と同様の国際協力体制で日欧が協力し開発を進めており、雲、エアロゾルの全地球的な観測を行い、気象変動予測の精度向上への貢献を目指している。日本は、雲プロファイリングレーダー(CPR)の開発を担当している。令和 5 年度に打上げ予定である。

先進レーダー衛星「だいち 4 号(ALOS-4)」：　陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」の後継機で、L バンド合成開口レーダーを搭載する。新技術のデジタル・ビーム・フォーミングにより、高い空間分解能を維持、観測幅を 4 倍(200km)に拡大し、平時における地殻・地盤変動などの観測頻度を向上させる。また、船舶自動識別装置(AIS)も搭載し、海洋監視を強化する計画で、令和 5 年度に打上げ予定である。

温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)　：環境省と国立環境研究所が担当する温室効果ガス観測ミッションおよびJAXAが担当する水循環変動観測ミッションを担う地球観測衛星で、令和 6 年度に打上げ予定である。

X バンド防衛通信衛星：　防衛省は、従来、民間の通信衛星を利用して指揮統制を行っていたが、これらの衛星が寿命を迎えるに当たり後継衛星として、次期 X バンド衛星通信網を整備することに着手した。この通信衛星の製造・打上げ・システムの整備から運用に至る一連の事業は、国内初の衛星 PFI 事業として実施された。3 号機が令和 5 年度に打上げ予定である。

測位衛星：　準天頂衛星は GPS 補完・補強を行う目的で開発され、初号機「みちびき」が平成 22 年に打上げられている。また、初号機は平成 29 年に JAXA から内閣府に移管され、「準天頂衛星システムの運用等事業」の受託者である準天頂衛星システムサービス(株)によって運用が開始されている。さらに平成 29 年度中に 2 号機から 4 号機までの打上げが成功し、これにより、平成 30 年からの準天頂衛星システムの 4 機体制によるサービスが開始された。令和 3 年 10 月 26 日に「みちびき」初号機後継機の打上げが成功し、令和 5 年度から 7 機体制に向けた 3 機の打上げを予定している。令和 7 年度以降には、既存の 3 号機に加え、6 号機、7 号機を利用した衛星航法システム(SBAS)の強化を計画している。

この分野の今後の打上げ予定の衛星を表 2-3-3 に示す。

表 2-3-3　計画中の実用・技術試験衛星

衛星	主要ミッション	打上げ年度	開発機関
雲エアロゾル放射ミッション/雲プロファイリングレーダー　地球観測衛星(Earth CARE/CPR)	雲、エアロゾルの全地球的な観測を行い、気候変動予測の精度向上を目指す	令和5年	文部科学省 総務省 JAXA
先進光学衛星「だいち3号」	全地球規模の陸域を継続的に観測し、 防災・災害対策等の安全保障に活用する。	令和4年	文部科学省
先進レーダー衛星「だいち4号」	だいち2号後継機	令和5年	文部科学省
温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)	温室効果ガスの観測、水循環変動の観測	令和6年	文部科学省 環境省
Xバンド防衛通信衛星3号機	通信、放送	令和5年以降	防衛省
技術試験衛星9号機	通信、放送	令和7年	文部科学省 総務省 JAXA
準天頂衛星　「みちびき」5～7号機	準天頂衛星システム事業	令和5年以降	内閣府

(3) 商用衛星

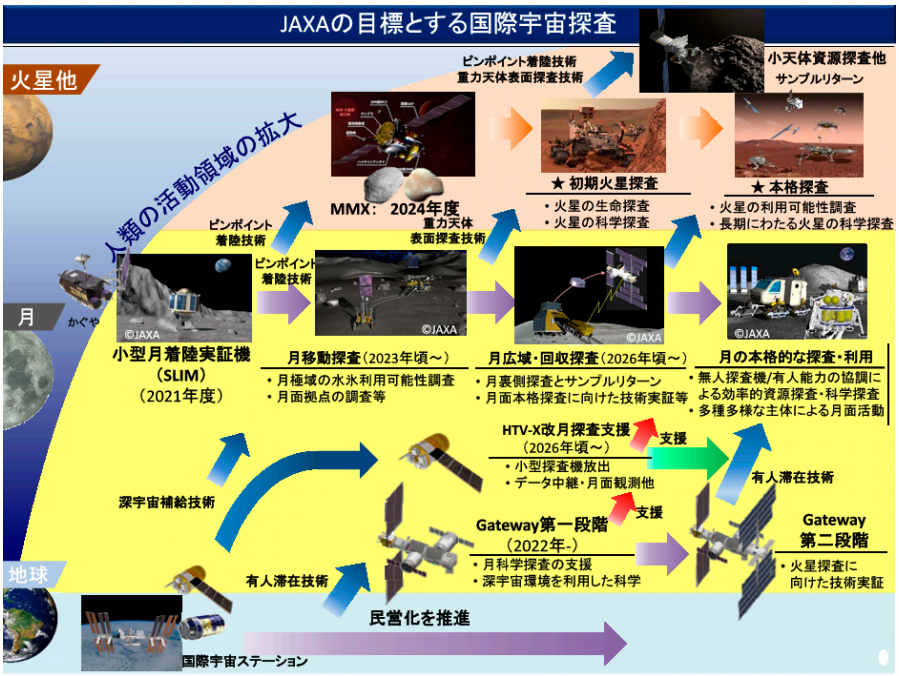
高度情報社会では、高速情報網を世界規模で構築することが要求され、その中で多層の衛星通信が、地域間あるいは大陸間を結ぶ安全・安心なネットワーク構築の重要な要素として役割を果たすことが期待される。

3　ゲートウェイ

令和 12 年までの ISS 運用延長に日本政府として参加表明し、月周回有人拠点「ゲートウェイ」のため、日米間の協力に関する実施取決めについて NASA と署名した。こうした国際協力は、今後の日本人宇宙飛行士の「ゲートウェイ」滞在、さらに月

面活動の実現に向けた一歩となる。ISS 後のビッグプロジェクトが月探査で、平成 18 年に NASA が「月探査計画」を発表した。これによると月探査の目的として 188 項目がリストアップ、優先順位付けされており、米国・NASA が各国に参加を呼びかけアルテミス計画として進めている。平成 25 年に発表された GER(国際宇宙探査ロードマップ)では、ISS から月周回軌道、さらに月面へと活動範囲を広げながら、火星に到達するための技術を獲得していくというシナリオが示された。平成 26 年に米国において、宇宙探査における国際協力への支持を確立するための初の閣僚級会合である ISEF(国際宇宙探査フォーラム)が開催された。米国、日本、ロシア、中国、韓国など 35 カ国の代表者が出席し協議が行われ、米国からは少なくとも令和 6 年まで ISS の運用を継続する旨の意向が示された。また、GER を作成した ISECG(国際宇宙探査協働グループ)に参加している宇宙機関の活動への支持が謳われた。ISEF 2 (第 2 回国際宇宙探査フォーラム)は、平成 30 年に日本で開催、今後の宇宙探査について議論され、共同声明、運営目的、国際宇宙探査に関する東京原則が取りまとめられた。同年に示された国際宇宙探査への JAXA の取組み方針を図 2-3-1 に示す。

図 2-3-1　国際宇宙探査への JAXA の取り組み方針



令和元年に、Lunar Orbital platform-Gateway:通称” ゲートウェイ”月軌道ゲートウェイ開発に向け、国際宇宙ステーション(ISS)多数者間調整会合(Multilateral Coordination Board: MCB)が開催された。本会は、ISS 計画の上級国際調整会合であり、ISS の運用や利用等に関する重要な事項について議論するものである。この会合では、米国、カナダ、欧州、ロシア、日本の代表が、ISS の運用状況および新たな利用機会の増加が地球低軌道活動の発展に貢献していることを確認するとともに、月周回の有人拠点であるゲートウェイについて、各極の技術的検討状況を確認したもので、今後の協力の意思について共同声明が出された。

さらに、令和元年には宇宙開発戦略本部が、米国が提案する「火星探査を視野に入れつつ、ゲートウェイの整備を含む月探査を国際協力のもと実施する計画」に日本も参加することを表明した。また有人与圧月面車(ルナクルーザー)の研究をトヨタと JAXA が進めるなど、計画に参画するための要素研究が始まっている。

第 3 節　我が国の宇宙開発の将来計画と宇宙工業の展望

1　宇宙開発の将来計画

平成 20 年に成立した宇宙基本法では、「研究開発主導型」から「利用ニーズ主導型」の宇宙開発への転換の必要性、専守防衛の範囲内における我が国の安全保障に資する宇宙開発利用の必要性をあげている。

輸送系の分野では、H-IIA/B の後継として、さらに運用の柔軟性を向上させ、低価格を目指して新型基幹 H3 ロケットを開発し、令和 5 年 3 月に初号機を打上げたが失敗した。H3 開発には、新たにフロントローディング手法の導入と、プロジェクト進捗状況を定量的に把握する EVM 手法の導入している。今後 20 年間を見据え、毎年 6 機程度を安定して打上げ、産業基盤を維持することを目指す。

また、イプシロンロケットが開発され、平成 25 年には試験機の打上げが成功し、4 号機では、衛星の軌道投入精度を高めるため、小型液体推進系を搭載した。今後、多数の需要が見込まれる小型衛星を、事業を民間に移転して低コストで効率良く打上げる輸送手段を目指すものである。さらに H3 の成果を利用し、即応性を向上し低価格のイプシロン S ロケットの開発を進めている。

一方、将来の再使用型輸送機の技術基盤育成を目的とし、下段ロケットを再利用する新型基幹ロケット等の次の宇宙輸送技術の確立を目指して、再使用型宇宙輸送

システムの研究開発を進めている。

また、宇宙ステーション補給機の後継として、機能を拡張し、月惑星も視野に入れた HTV-X の開発が現在進行している。

平成 26 年、JAXA は、米国 SNC(Sierra Nevada Corporation)社と有人宇宙船 Dream Chaser の開発で協力する旨の了解覚書を締結したと発表した。JAXA の米国有人宇宙船の開発への関与による我が国の宇宙技術の発展が期待される。

宇宙基本計画によれば、「即応型の小型衛星」開発の必要性が謳われており、小型衛星の軌道への打上げ方式として、「空中発射方式」が選択肢の一つとして提案されている。今後の研究・開発が期待される。

衛星の分野では、今後を見通して、予算・人材等の資源が、①安全の確保(安全保障・危機管理)、②情報通信・測位、③地球環境監視、の 3 つの利用分野に重点配分される。

測位については、我が国独自の方式として、準天頂衛星システム(QZSS；Quasi Zenith Satellite System)がある。準天頂衛星システムは、静止軌道に対して約 45 度傾けた同期軌道に衛星を 3 機程度配置し、常に我が国上空に 1 機が滞留するようにしたシステムである。準天頂衛星から米国が開発を進めている GPS システムと同等の測位信号を送信することで、GPS を利用できない時間・場所でも、正しい位置情報や時間を知ることができる。(GPS 補完) また、準天頂衛星から、GPS の精度を向上させる精密な補正信号を送信することで、より正確な位置情報を知ることができ、日本全国どこでも高精度な測位が実現した。(GPS 補強)　準天頂衛星システムは平成 29 年に「みちびき」4 号機が打上げられ、平成 30 年から準天頂衛星システムの 4 機体制によるサービスが開始されている。また、平成 22 年に 7 機体制にすることが閣議決定され、令和 5 年度から衛星の追加が開始予定である。

地球環境把握については、情報収集衛星、陸域観測技術衛星「だいち」、気象衛星「ひまわり」、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」などが政府主体で開発・運用されてきているが、PFI(Private Finance Initiative)によって衛星を運用する取組みも拡大しつつある。また、各府省が整備した衛星データの利用拡大を図るため、政府は平成 24 年度から「衛星データ利用促進プラットフォーム」の整備に着手し、平成 26 年度から正式に運用している。衛星データの利用を拡大するためには、デー

タの継続性や撮像頻度の向上などニーズに基づいた枠組み作りや、衛星及びセンサーの仕様を設定する必要がある。

一方で、衛星の官民による運用・利用を促進していくためには、衛星データ販売事業者等に求める画像データの取扱いに関するルール作りが必要とされていた。そこで、平成 28 年に制定された新しい宇宙基本計画では、地理空間情報を活用した新事業・新サービスの創出支援を含む、宇宙利用促進を法制度で整備する取り組みが、強化策として追加された。これらに基づいた施策として、平成 28 年にリモセン法が国会で可決成立した。

2　宇宙工業の展望

我が国の宇宙開発は、国際水準の技術基盤を磨く段階である。世界のロケット打上げ市場での競争力を確保すべく H-IIA ロケットは、商業衛星打上げ用ロケットとして国際市場への参入を果たした。商業衛星打上げは、ロケットシステムが、米国の企業から平成 12 年から合計 20 機打上げる契約を結んだが、平成 10 年及び平成 11 年の打上げ失敗により、商業化が数年遅れることになり、その間に衛星打上げロケットの世界的な供給不足が解消され、打上げ契約は解除された。

政府は、H-IIA 事業の商業化促進、コスト意識の徹底、明確な責任体制の確保等を目指し、平成 19 年度から H-IIA 事業を三菱重工業に移管・民営化した。民営化後、三菱重工業は H-IIA13 号機から 46 号機の打上げに成功した。

H-IIA/B の後継については、新型基幹ロケット(H3)の開発が平成 26 年に総開発費 1,900 億円で JAXA/三菱重工業の共同で開始された。H3 ロケットは、打上げコストを H-IIA の約半分に低減し、価格競争力強化を目指すものである。そのため、商品化に対して民間の関与をより強める必要があるとの見地から、従来の JAXA の製品開発への関与のあり方を変え、開発初期からのプライムコントラクタ制の採用が決定された。

また、平成 25 年度に試験機の打上げに成功したイプシロンロケットは、5 号機の打上げ成功により連続 5 機の打上げに成功し、将来、多数の需要が見込まれる小型衛星を低コストで効率よく打上げる輸送手段として、今後は海外にも売り込む予定である。また、令和 2 年 6 月、NEC が開発・製造するベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1」をイプシロンロケットで打上げる受託契約を JAXA と NEC の間で

締結した。当該衛星は令和 5 年の打上げを予定している。

平成 28 年に閣議決定された宇宙基本計画によれば、政府及び民間関係者で構成する「宇宙システム海外展開タスクフォース」を平成 27 年に立ち上げた。我が国が強みを有する宇宙システムの輸出等に、官民一体となって商業宇宙市場の開拓に取り組むとしており、課題別・国別に複数の作業部会を設置している。

企業側の商業市場開拓の近年の具体的な動きとしては、次のような経緯を辿ってきた。

IHI エアロスペースは、平成 22 年に米国ロッキード・マーチン社から衛星用エンジンを 4 台受注し、通信衛星等に搭載された。これにより IHI エアロスペースの海外からの受注数は累計で 100 台となった。令和 3 年 12 月現在の累計受注数は、222 台を超えている。

また、近年は米国を中心に、新たな宇宙関連事業にチャレンジするベンチャー企業が数多く設立されている。日本においても宇宙ベンチャー企業の動きは活発化しており、国際競争を意識して、最初から多国籍化した海外拠点・外国人幹部を置くベンチャーも複数存在している。

平成 20 年に東京大学発の衛星ベンチャーとして設立したアクセルスペース社は、超小型衛星の設計・開発・データ利用サービス事業を展開している。設立して間もなく、世界初の民間商用超小型衛星WNISAT-1 の製作に係る契約を JAXA と締結し、平成 25 年に打上げた。平成 26 年にはビジネス実証用超小型衛星「ほどよし」1 号機を打上げ、平成 27 年には超小型衛星群による地球観測画像データ事業への参入を表明した。また、WNISAT-1R は WNISAT-1 の後継機として、北極海域の海氷観測を目的に、平成 29 年に打上げられている。さらに、1 日 1 回、地球上の全陸地の約半分を撮影することを目的として、数十機の GRUS 衛星からなる地球観測網 AxelGlobe の構築を令和 4 年までに完成させる計画である。平成 30 年に初号機の GRUS-1A を打上げ、令和元年には AxelGlobe サービスを開始し、令和 3 年 3 月 22 日に GRUS-1B/1C/1D/1E の同型衛星 4 機の打上げに成功し、5 機体制による高い観測頻度を目指している。

平成 22 年に月面探査を目標に設立された ispace 社は、東北大学等の研究機関と共に月面開発を目的とした「HAKUTO」プロジェクトを設立した。

平成 25 年に設立したインターステラテクノロジズ社は、同年に国内初の民間開

発ロケットを打上げた。令和元年の MOMO3 号機の打上げ実験は、民間企業単独で開発・製造したロケットにより高度 100km 以上の宇宙空間まで打上げた国内初の事例となった。

平成 27 年に設立したアストロスケール社は、持続性のある宇宙開発のためにスペースデブリ問題に取り組む宇宙ベンチャー企業である。本社はシンガポールにあり、日本に研究拠点を置いている。平成 29 年にソユーズで打上げられた同社初の人工衛星「IDEA OSG1」は、人工衛星の破片などのスペースデブリの分布を観測する計画であったが、ロケット側の問題で予定の軌道に乗ることができず打上げは失敗に終わった。令和 3 年 3 月 23 日にスペースデブリ除去実証実験衛星「ELSA-d (End-of-Life Services by Astroscale-Demonstration)」の打上げに成功し、令和 3 年 8 月 26 日には、模擬デブリの捕獲実証に成功した。

スカパーJSAT は、令和 2 年 6 月に、理化学研究所、JAXA、名古屋大学および九州大学の 5 者連携により、レーザー方式によるスペースデブリを除去する衛星の設計開発に着手し令和 8 年のサービス開始を目指すことを発表した。

地球観測用小型高分解能 SAR 衛星の開発に取り組む QPS 研究所では、令和元年に初号機となる小型 SAR 衛星『イザナギ』を令和 2 年には 2 号機の『イザナミ』の打上げに成功し、令和 3 年 3 月 3 日に 2 号機の最初の撮影画像(ファーストライト)を公開した。衛星としては日本初となるアジマス分解能 1.8m、レンジ分解能 0.7m を実現した。令和 4 年にはロケット失敗により 3/4 号機を失ったが、令和 5 年には 5/6 号機の打上げを予定している。これは、36 機からなる SAR 衛星体制の構築を目指すもので、世界中のほぼどこでも約 10 分で地球を撮影する計画となっている。

人工流れ星の実現に取り組んでいるエール(ALE)では、人工流れ星の源となる流星源放出装置を開発し、搭載した人工衛星の初号機を平成 31 年に打上げた。令和元年に打上げた 2 号機は軌道投入に成功したが、装置の不具合により人工流れ星は動作しなかったため、開発中の 3 号機は令和 5 年打上げを目指している。

衛星データ解析によるソリューション提供および小型 SAR 衛星の開発・運用を行う Synspective 社は、令和 2 年に自社初の実証衛星である小型 SAR 衛星「StriX-α」の打上げに成功した。今後、30 機のコンステレーション(衛星群)構築を目指している。

このように、我が国の宇宙産業も国際市場での存在域を増やしつつ、日本での宇宙ベンチャー企業の活動により、我が国が方針として掲げている宇宙産業の健全な発展が、今後も益々期待される。 その一方でコロナ禍後の金融引き締めによって世界の投資資金総額が激減した影響を受け、日本の宇宙ベンチャー企業の調達資金が最近急減している。多くの新興企業が開発段階からシステム展開やサービス開始への移行を控え、資金需要が大きくなる段階を前にした金融状況の変化は、これからの発展に影響を及ぼさないか懸念されている。

第３編　日本の航空宇宙用機器・素材産業

第１章　航空機用機器・素材産業の特質

第 1 節　産業としての特質

第１編で述べたように航空機工業は、知識集約性、高付加価値性、技術先導性といった特質を有しており、技術立国を目指す我が国にとって発展が期待される産業の一つである。

機器・素材も、高い信頼性、安全性、耐久性、小型・軽量化、低ライフサイクルコストが要求される知識集約的産業であり、メーカーには当然、技術・品質管理面で高い能力が必要とされる。

航空機用機器・素材産業は、航空機本体と同様に、当初はライセンス生産であったが、国内開発、改造等を機に逐次技術力の向上が図られてきた。世界で新しく開発あるいは改造されている航空機には、旧来とは異なった材料や斬新な機能を持った機器が数多く用いられるようになっている。我が国においても先端技術を取り入れた新しい技術研究、開発が盛んに行われており、数多くの国産技術が海外民間機に採用されるようになってきた。

第 2 節　企業の特質

航空機の構成要素は広範囲であり、1 機当たりの機器等は大型機で数百万点に及ぶと言われ、機器・素材の生産に携わる企業の数は多く、幅広い分野にまたがっている。一方、後述のとおり、航空機用機器・素材の市場は決して大きくはなく、多品種少量生産であるため、各生産部門は大企業の一部門または中小企業となっている。

第 3 節　市場の特質

航空機用機器の国内市場は機体やエンジンと異なり大部分が防需である。防衛装備の海外移転は、平成 25 年に閣議決定された「国家安全保障戦略」に基づき、これまでの方針が果たしてきた役割に十分配慮した上で、平成 26 年に「防衛装備移転三原則」が閣議決定された。なお、三原則はこれまでの武器輸出三原則等を整理

しつつ新しく定められた原則であることから、今後の防衛装備の海外移転は新三原則を踏まえて外為法に基づく審査を行うものとしている。

民需については、国内各メーカーは、市場では強力な欧米メーカーとの熾烈な競争に晒されながら、それぞれが得意とする製品の輸出に懸命であり、特に日米共同開発等を機にボーイング社をはじめ欧米航空機メーカーへの輸出が活発になり、また、開発へ参画するまでに力を付けており、一部の企業では輸出が国内向けを上回るまでになっている。高品質の新しい機能を有する部品が安く生産できるようになれば、市場拡大のチャンスも増えるものと思われ、欧米先進国のみでなく、南米やアジア諸国への輸出の拡大も望まれる。

素材に関しては、既に我が国は一般産業用素材を世界に供給する立場にあると言える。航空機用素材に関しても国内需要を支える能力は充足されつつあり、更に国際競争力を向上させ、独立の輸出産業として発展することが期待される。A380 及び B787 には、炭素繊維強化プラスチック(CFRP) 、チタン合金など、多数の素材が採用された。

民間航空機需要の見通しは航空会社側からの新型機体への代替需要に加え、低ライフサイクルコストへの関心の高まりを背景に、軽量化やエンジン改良などで燃費性能を高めた機体に需要が見込まれる。このため機器に関する世界的な競争はますます厳しくなっており、今まで以上に技術力強化、低コスト化の努力が必要となってきている。また新規開発に参画する日本のメーカーには、リスク・シェア方式での参画を求められるケースが増えている。これは我が国メーカーの技術力が認められたことの証でもあるが、同時に初期投資の負担増にもつながっている。さらに、従来は機体メーカーが担当していたサブシステムの取り纏め作業が機器メーカーに求められる傾向にあるため、各機器に対する固有の技術に加え、システムインテグレータとしての技術力やプログラムマネジメント能力が必要となってきている。

近年、装備品分野における企業買収や合併によって、企業規模を大きくする流れがあり業界マップに変化が生じてきていることは特筆すべき事象である。特に、ユナイテッド・テクノロジーズ社によるグッドリッチ社買収(平成 24 年)、および平成 30 年のロックウェル・コリンズ社買収は、業界最大級の企業買収となった。さらに令和元年 6 月、ユナイテッド・テクノロジーズ社はレイセオン社との合併合意を発表し、新社名はレイセオン・テクノロジーズ社となった。ユナイテッド・テクノロ

ジーズ社はオーチス社、およびキヤリア社の分離独立を実行した後、令和２年４月に事業統合を完了した。

第２章　航空機用機器工業の現状

第１節　航空機用機器工業界の現状

機体、エンジン工業と同様、戦後の我が国航空機用機器工業も、米軍機用機器の修理から始まり、その後、当時の防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産により本格化し、国内開発も行われるようになってきた。

航空機用機器工業を一つの産業として見た時、次のような特徴がある。

第１に、戦後の我が国の生産形態が米国の有力メーカーからのライセンスによる生産で始まり、構成部品の一部を輸入に依存していたことである。この結果、各メーカーの技術はライセンスによるものが多く、また独自技術による場合でも、提携先の米国メーカーとの関係の深さが海外進出への制約となっている。また、欧米、特に米国において圧倒的に巨額な国防予算を背景に、長年にわたって蓄積されてきた軍用機向け技術及び世界市場に送り出されてきた民間機向け技術のレベルはいまだ高く、世界市場の大半は欧米メーカーに押さえられてきた。しかしながら、いまや機体はライセンス国産であっても、多くの国産機器が搭載されている。

また､国内の空港に設けられている各種の航空保安無線システム､航法支援装置、航空管制装置などは、そのほとんどが国産品に代わっており、更に、システムとして輸出も行っている。

最近ではこれら技術力の向上を背景として、海外民間機プロジェクトへの独自技術での参画や、出資比率に応じてリスクと収入を分け合うリスク・シェア方式による国際共同開発への参加も増えている。

第２には、国内市場が、防衛需要に強く依存しており、民需の割合が小さいことである。

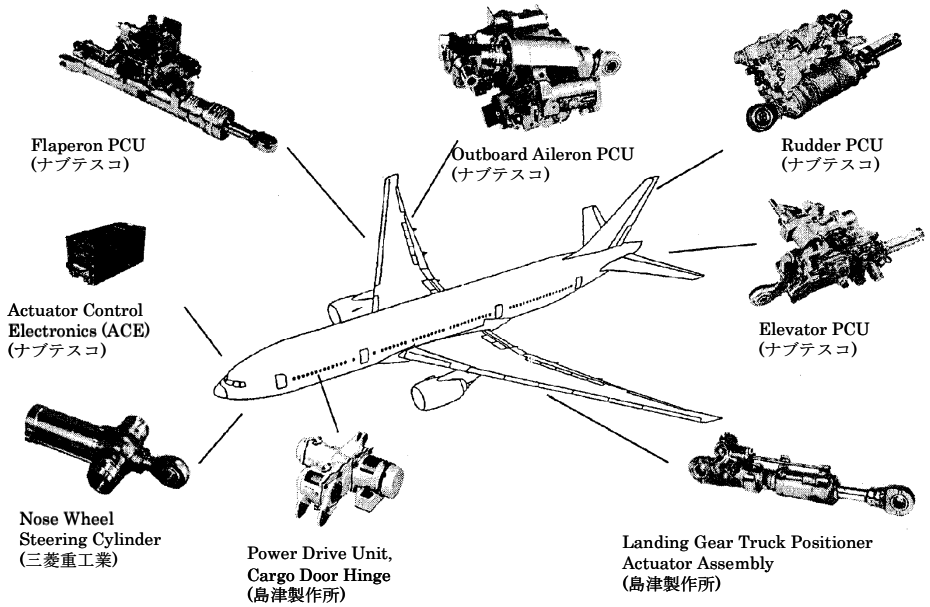
民需は国内市場が小さいため、市場を海外に求める必要があるが、先に述べたライセンス関係に起因する制約､資金面や生産量の面の格差による価格競争力の格差、世界規模のプロダクトサポート体制などの海外市場への進出に必要な条件の不備な

どから、輸出は限られたものとなっていたが、固有技術力の向上、海外輸出に必要な諸条件も徐々に整備されつつあり、今後の海外輸出市場への参入拡大が期待される。また、防衛市場に対しても、「防衛生産・技術基盤戦略」により国際共同開発も含めたグローバルな参入の道も開けてきている。

国内防衛需要に強く依存を続けてきた業界であるが、B767 への参入を機に海外民需志向が高まり、またエアバス社その他の欧米民間航空機会社からの引き合い、受注も増えている。その後、B777 や A380、B787、A350 でも多数のメーカーが、電子機器、部品を含めて広範囲の製品を受注している。

海外プロジェクトへの参画状況は表 1-2-5 の通りであるが、B777 の主要機器の例を図 3-2-1 に示す。

図 3-2-1　B777 主要機器への参画状況（開発当初）



また、V2500 および CF34-8/-10 エンジン国際共同開発では、幾つかの重要アイテムを我が国のメーカーが受注した。これらの影響もあり、機体、エンジンの部品を含めて、機器の輸出額は、国内防衛用途を上回っている。

第 3 には、各メーカーにおける航空機器生産の専業度が低く、また多品種少量生産であることである。

現在の機器工業界全体の生産規模では、個々のメーカーの生産規模は小さくなら

ざるを得ない。このため、航空機器メーカーと呼ばれる企業においても、航空機器部門は母体企業の一部に過ぎず､社内における生産高比率は低いのが一般的である。

また、各メーカーは、小さな生産規模でありながら、多種類の製品群を抱えており、超多品種や少量生産によりスケールメリットを受けることが難しい。また価格競争力の向上および為替変動によるリスクを抑制するため、各企業は、グローバル展開を推し進め、購入品の海外調達やコンポーネントの海外生産、海外拠点での組立などを行うことで、価格競争力を高める努力をしている。

一方、欧米では、軍用、民間用の世界的な需要を背景に大規模な機器専業メーカーが育っている。熾烈な航空機の開発競争の中で、機器メーカーは機体、エンジンの開発、生産に歩調を合わせて、機器やシステムの独自新方式の開発を行い、市場の拡大に努力してきた。また、システム別にそれぞれ得意な製品群を有する機器メーカーが、買収合併などにより巨大化・寡占化している。

我が国には、エレクトロニクス技術を始めとして、世界のトップレベルの先端技術が民生分野では存在し、欧米の大規模メーカーに伍する技術的ポテンシャルがある。機器工業界及びその構成各社が研究開発に積極的に取り組み、技術革新とより一層の価格低減を実現できれば、国際的に注目を浴び、国内のみならず国際市場においても、強固な基盤を築く可能性はある。既に、海外メーカーからハード、ソフト両面での提携の引き合いや日本における部品調達の増加が見られ、国内メーカーから技術供与するケースも出ている。また、ライセンス契約で関係を深めた米国有力メーカーとの共同開発作業なども行われている。

第 2 節　航空機用機器のシステム別現状

1　油圧システム

航空機における油圧機器・システムは機能部品を遠隔駆動する方法として、操縦系統、高揚力装置、降着装置等に使用されているが、航空機の高性能化、複合材の多用、経済性、安全性の追求等によって、軽量化、コンパクト化及び信頼性向上のニーズが高まり、機種によっては油圧の高圧化、高応答化、機械・電気の統合化等システムの改良研究が急速に進んでいる。

一方、高エネルギー密度磁石の性能向上に伴う小型・高出力の電動モータを使用した電動アクチュエーターの研究開発も進んでおり、今後の機体ニーズの動向によ

っては油圧から電動に置換わる部分が次第に多くなるものと考えられる。

航空機用油圧機器・システムの主要供給メーカーとして、米国のパーカー・ハネフィン社、ムーグ社、レイセオン・テクノロジーズ社、及びドイツのリープヘル社等があり、これらが世界市場の大きな部分を占有していることに加えて、世界的な軍需の減少により各メーカー間の競争は激しくなっている。我が国のメーカーもライセンス生産と国内開発を行ってきており、高い技術力を蓄積してきている。また、我が国の防衛需要の趨勢を考えると、国内各社の動向は次第に民需志向にウェイトが増加している。例えば、近年は油圧サーボ・アクチュエーター、油圧バルブ等も欧米メーカーとの競争に伍して受注の成約を見ることが多くなってきており、世界市場への参入が進みつつある。B747-8 ではフラップ駆動システムを島津製作所が受注したのに加えて、ナブテスコが同機の主翼アクチュエーション・システム受注に続いて、平成 25 年には B737MAX 用スポイラーアクチュエーターを受注し、量産製品を納入している。また、同社は平成 27 年に B777X フライトコントロールシステムを受注し、開発を完了して現在は機体認証取得に向けた飛行試験をサポート中である。

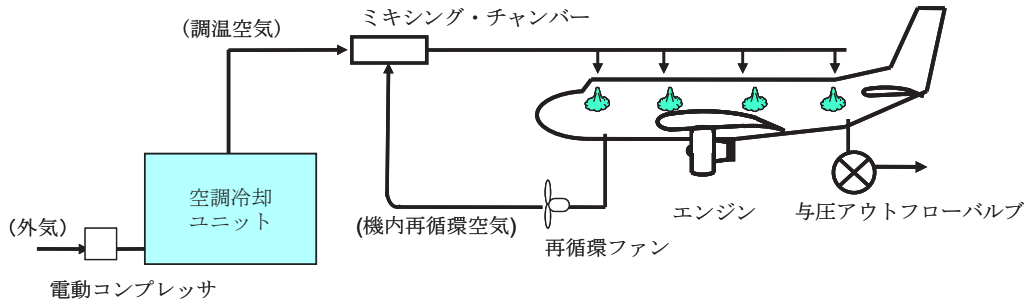
今後、業界としては国内での航空機開発、あるいはライセンス生産においても、機器単体のみならず制御装置を含めた油圧システムとしての国産化を図ることはもとより、国際市場では種々の国際共同開発プロジェクトにシステムレベルで積極的に参画して行くことが重要視される。技術面では燃費向上を狙った軽量化により、高圧油圧システム(4,000～5,000psi)の開発が推進されており、A380 や B787 では 5000psi が採用された。また、前述の電動アクチュエーターについても開発が盛んであり、A380 や B787 では電気油圧式アクチュエーター(EHA/EBHA)、あるいは電気機械式アクチュエーター(EMA)が一部の舵面に採用されている。さらに、残存性向上を狙った分散制御が主流となってきており、コントローラーを一体化したスマートアクチュエーターも最新鋭機種のトレンドとなりつつある。その他、新素材を用いたアクチュエーター、自己診断機能(ヘルスモニタリング機能)組込機器などを開発すること等が重要課題となっており、統合制御技術(システムインテグレーション)を高めるため、エレクトロニクスメーカーと協力して民需を志向するケースがしばしば見られる。

2　与圧・空調システム

与圧・空調システムは、乗客と乗員、搭載機器を気圧と温度の変化から守り、安全性と快適性を確保するためのシステムである。また、最近では与圧・空調システムの他に、この上流のエンジンにおいて取り入れたブリード・エアの圧力と温度を制御する抽気システムや、ブリード・エアを使った翼の防除氷システム等までを含めた「統合化エア・システム」という概念も導入されている。

これまで空調システムは、機体の運用効率の向上に向け、エンジン負荷を軽減するために使用するエンジン・ブリード・エアの空気量を低減するシステムの開発が行われてきた。一方、近年は地球環境保護を目的とした CO_2 排出削減が世界的に議論されており、エンジンへの負荷を極力抑制するための更なる効率向上がこのシステムにも求められている。これを実現する効率的なシステムとして、エンジン・ブリード・エアを使用しない電気式与圧・空調システムが B787 に採用され注目を浴びている。尚、与圧機能としては上空での機内高度をこれまでの 8,000ft から 6,000ft とし、機内圧力を上げることで機内快適性の向上を図っている。日本及び欧州においても航空機システムの更なる電動化に向けた研究開発が行われており、関連技術の進展に伴い電気式統合化エア・システムの適用に向けた動きが進むと予想される。図 3-2-2 に電気式与圧・空調システムの例を示す。

図 3-2-2　電気式与圧・空調システムの例



航空機用与圧・空調システムの世界的な主要メーカーは、米国のハネウェル社、レイセオン・テクノロジーズ社、及びドイツのリープヘル社の 3 社である。我が国では、島津製作所がハネウェル社と、住友精密工業がレイセオン・テクノロジーズ社と提携し、国産機用の開発等を通じて開発能力を高めている。海外市場での実績を有しないこれら日本のメーカーが、独自に民間機市場に新規参入するのは非常に困難な状況にあるが、膨大な開発リスクを回避したいという風潮は機体メーカーの

みではなく、空調のような大規模システムのメーカーでも同様であり、日米のメーカーが共同開発した空調システムが､エンブラエル社のリージョナル機 EMBRAER 170/190 シリーズに、さらに Mitsubishi SpaceJet に採用されたという例もある。

また、与圧・空調とは別のシステムであるが、燃料タンクの防爆を目的とする機上不活性ガス発生装置(OBIGGS)を搭載する機体が近年増加しており、機器構成の一部を空調システムに組み込むなど、空調システムメーカーが中心となって開発が進められている。

3　燃料システム

航空機は燃料の消費に応じて機体の重心が移動するため、これを制御する必要があるが、近年の計測技術とエレクトロニクスの進歩により、ブーストポンプやバルブ類を統括した燃料移送と重心制御が自動化されるようになってきた。

また、エンジンは全デジタル電子式エンジン制御装置(FADEC)と呼ばれるエンジン制御システムにより、エンジン制御だけではなく、エンジンの健全性、整備用諸データの記録／発信などの働きも付加されるようになってきている。このため、これらの制御装置に適合する電子式、超音波式並びに光方式の燃料(重量)計測装置、及びブーストポンプやアクチュエーター等の小型軽量化、信頼性向上とともに、それらに内蔵される圧力、温度や位置センサー、さらに光電インターフェース等のコンポーネントのデジタル化技術が重要になってきた。

供給メーカーを見ると、燃料計測装置、燃料制御装置、機体用ブーストポンプ、ガスタービンエンジン用燃料ポンプ等、米国や英国が世界をリードしている。

我が国のメーカーは、システムの構成機器を防衛需要主体に生産しているが、新開発エンジンはすべて FADEC 化の方向にあることから、将来の民間需要の進展に期待をかけて IHI や川崎重工業などで研究開発が積極的に行われるようになり、海外から技術提携についての引き合いも出ている。一方、開発リスク分散のため、制御機器についても開発費を機器メーカーが負担するリスク・シェア方式が求められており、一部のメーカーが参加する等その対応に一層の工夫が必要となっている。

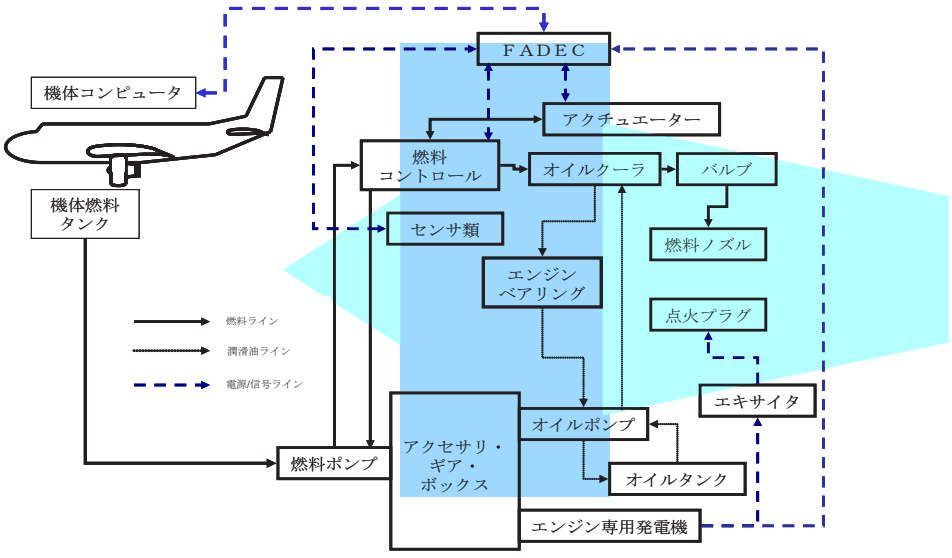
近年、燃料システムの安全性という観点から燃料タンクの防爆技術が大きく取り上げられている。過去には、B747(TWA800 便)空中爆発や、B737 マンチェスタ墜落事故、DC-10 墜落事故などのようにタンクの爆発による大事故が発生し、大きな

被害が報告されている。そこで、米国の軍用機を中心として燃料タンク内の不活性化による燃料タンク防爆システムが開発され、大型軍用機において燃料タンク不活性化対策が図られてきた。また、民間航空機において米国連邦航空局(FAA)は、B787など新型航空機搭載の燃料タンクに関して防爆システムを考慮した設計証明基準を設定すると共に、新型航空機や運航中の機体への遡及措置も検討しており、日本国内においてもシステム検討・開発が行われつつある。

4　推進システム

推進システムはエンジンやプロペラ及びそれらの周辺機器より構成されるが、エンジンについては第 1 編で述べたので、ここではエンジン周辺の機器について述べる。ガスタービンを例にとると、推進システムの構成部品には、前項で述べた燃料系統の他、制御系統、潤滑油系統と点火系統がある。これらに対する主な市場要求は、燃費の向上と騒音レベルの低減であり、いくつかの新技術が提案され研究されている。燃費の改善には、エンジンやプロペラはもちろんのこと、周辺機器の果たす役割も大きい。エンジン周辺機器の構成例を図 3-2-3 に示す。

図 3-2-3　エンジン周辺機器の構成例



推進システムの主要構成機器はエンジンとの係わりが深く、ノウハウの秘匿のためもあり、日本の機器メーカーが参入する機会は少なかったが、近年は、住友精密工業が推進システム全体の熱制御用熱交換器をエンジンメーカーに供給している。

さらに機器のみならず、エンジンの高速回転部分を支える軸受にセラミックを用いたセラミックベアリングや、新素材を利用した高温ガスシールなどの子部品についても我が国メーカーの技術力向上を受け、新しい設計や加工技術の開発が進められており、エンジンの高温化、高効率化の要求に応えている。

プロペラでは、ブレードの複合材化、デジタル制御の適用等がリージョナル機のATR72、ボンバルディア Q400 や軍用輸送機の C-130J、E-2C/D 等で実用化されている。日本では US-2 にゼネラル・エレクトリック社(平成 19 年に英国スミス社を買収)製の複合材ブレードが採用されている。プロペラ機も高速化しており、軍用輸送機A400Mは、ターボファン機と比べても遜色のない420ktという高速機である。

プロペラは低燃費と STOL 性に優位があり、比較的小型のリージョナル機、哨戒機、輸送機、飛行艇等に用いられており、まだ多くの需要がある。また、次世代エンジンの鍵となることが期待されるオープンローターは、ジェットエンジンだが、外に置いた二重反転可変ピッチプロペラ回転により機体に推進力をもたらし、燃料消費量、CO_2排出量、そして低騒音化に対する改善が図られる可能性を有しているためエンジンメーカーを中心として研究されている。

世界の大型機用プロペラ市場は、レイセオン・テクノロジーズ社とゼネラル・エレクトリック社が独占している。国内では、住友精密工業が唯一の製造メーカーとなっており、P-3C 等の大型プロペラのライセンス生産及び US-2、C-130H 等のプロペラの修理、オーバーホールも行っている。

また、川崎重工業が、ハネウェル社と共同で小型民間航空機用ならびに中型民間輸送機(B737、A320 ファミリー)用補助動力装置(APU)を開発、生産している。

5 アビオニクスシステム

アビオニクスとは、航空機に搭載され飛行や任務のために供される電子機器のことを指し、アビエーション(Aviation)とエレクトロニクス(Electronics)を組み合わせた造語である。

今までのアビオニクスは、装置毎に専用の制御器で処理しているため非効率であり、近代化のために現装置にて機能向上を実施しようとする場合、装置および制御器の大型化は避けられない状況である。

また、コストの面においても非効率的であったため、アビオニクスの統合化が必

須の時代となっている。さらに、航空機産業は長期的には機数の大幅増加が予想され、この事態が経験およびスキルが不足したパイロットを増加させるのではないかという安全上の懸念も指摘されている。このような状況において、航空機の安全性向上は喫緊の課題であり、ヒューマンエラー低減を命題としたアビオニクス開発への取り組みは重要なテーマの一つと考えられている。

近年のアビオニクスの大きな特徴は、軽量・コンパクト、操作が簡単、大画面、拡張性、および冗長性確保である。また、コア・テクノロジーとしては、統合表示技術、データ管理技術、冗長度管理および機器故障時の再構成技術、およびマルチタスク処理技術があげられている。各メーカーは、これらのコンセプトおよびテクノロジーを具現化するために、トレンド分析、ミッション分析、ユーザー・ニーズから、将来航空機に求められる機能・性能を調査・検討し、システム基本仕様、ディスプレイ表示仕様、インターフェース要求仕様、ソフトウェア要求仕様を策定し、開発を進める時代となっている。

アビオニクス・メーカーは、多岐にわたる分野で多数存在し、お互いにしのぎを削って競争しているが、欧米メーカーが強い状況にある。日本では開発機体が少なく、欧米に比して大幅に遅れているため、日本のアビオニクス・メーカーの市場を広げるには、内外航空機メーカーやエアライン会社との共同研究開発あるいは内外装備品メーカーとの連携等を通じて技術革新を図るとともに、最適なサプライチェーンを構築するなど、コスト的および技術的競争力を大幅に向上させていくことが必要である。

このような状況の中、内閣府は平成 27 年に、政府として航空産業の将来像を共有しつつ、複数の関係省庁に跨がる課題について、統一的な方針をもって政府が一丸となり取り組むため、航空産業ビジョンを発行した。そのビジョンの中には、装備品に関して、参入機会創出、技術転用、実用化開発、インフラ整備および認証に関して注力する旨が記載されている。さらに、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、2020 年代半ば以降に市場投入予定の次世代航空機への搭載に向けて、軽量・低コストかつ安全性の高い装備品の開発に着手し、日本の装備品メーカーが持つ技術力を生かし、装備品市場への新規参入拡大による飛躍的な成長の実現を目指している。

(1) 飛行制御システム

飛行制御システムとは、パイロットに代わって操縦の一部を実行し、高度センサー、速度センサー、ジャイロなどの各種センサーから情報を得て、飛行制御装置が処理し適切な操縦を実施する、機械が操縦または操縦の一部を行うシステムのことをいう。最近の航空機における飛行制御は、急速に発展を遂げたエレクトロニクス技術を軸として生まれた飛行管理システム(FMS)と能動制御技術(ACT)を 2 本柱として飛行・運用の両面で効率向上を図っており、その傾向は強くなってきている。FMS は航空機を効率よく運用するための総合的飛行管理技術、ACT は制御効率のよい飛行機を作り出す技術と考えることができ、お互いに相互補完関係にあるものといえる。両者はフライ・バイ・ワイヤ(FBW)と呼ばれる電気を信号伝達手段とした飛行制御システムにより実現されている。また、こうした飛行制御システムにおいては、システムの機能増大、複雑化に対する信頼性の向上、電磁環境による影響の低減等が主要課題であり、解決策の一つとしてフライ・バイ・ライト(FBL)とよばれる光を信号伝達手段としたシステムの研究が行われ、国内においても FBL システムを採用した XP-1/P-1 に搭載されている。

飛行制御関連機器・システムの分野では、軍用機、民間機共に欧米有力メーカーが競争状態にあり、特に米国が一歩進んでいる。日本では、日本航空電子工業が F-2 戦闘機の最重要装備品である飛行制御コンピュータ・システムの開発を米国と共同で実施し、また、同社による飛行制御システム用高信頼性搭載コンピュータの独自国産化などの例にみられるように、技術力の向上は著しいものがある。民間機の分野においては、ナブテスコが B777 のプライマリー・フライトコントロール・アクチュエーションシステムを米国の会社と共同開発した後、B737MAX、B777X、 Mitsubishi SpaceJet のフライトコントロール・アクチュエーション・システムの開発に順次参画している。

民間航空機の規格等では冗長性の要求が提唱されており、2 チームがシステム設計や回路設計等を別々の思想で行い、同等の機能を有する機器を 2 種類製作することで冗長性を確保する、またはバックアップシステムを用いて冗長性を確保する試みがなされている。本テーマでは、対気速度の計測に使用されるピト一管、エア・データ・コンピュータ、アクチュエータ・コントロール・コンピュータ、光通信および電動アクチュエータ用のモータコントローラから構成される、操縦

バックアップシステムの開発を行っている。近年においては、次世代空モビリティ等の電動航空機の開発が活発になり、電動機制御システムの開発が進んでいる。我が国でも経済産業省および NEDO による航空機用先進システム実用化プロジェクトの下、電動ハイブリッドシステムおよび推進用電動機制御システムの開発が進められている。また、小型無人航空機という器材が身近になってきたこともあり、日本でも、各大学、研究機関、団体、企業により、飛行制御系の設計および実証試験が盛んに行われている。

(2) 航法システム

航法システムとは、飛行中の航空機の自己位置を把握し、安全、迅速、確実に目的地に到着させるためのシステムであり、機体に装備した機器のみで航法データを取得できる自立航法システム、地上航法援助施設や人工衛星からの電波を利用した無線航法システム、衛星航法システムおよび着陸誘導システム等多岐にわたっている。

特に、国際民間航空機関(ICAO)が令和 7 年を目指したグローバル ATM (Air Ttaffic Management)運用構想に関する指針を策定し、新しい技術による運航システムへの変革に向け検討が進められている。欧米だけでなく日本でもこの指針に基づき長期計画を策定し各種検討が進められている。この背景には、現状、空港及び空域も混雑してきており、今後も増大する航空交通に対し、空港の容量拡大、航空管制の高度化により、国内航空の多頻度・高密度なネットワークの実現が急務となっていることがある。そのため、各国の航空局は共同研究やトライアルを通して、次世代運航システムの構築を目指し、高効率、利便性、飛行安全をもとに、航空交通管制のインフラ整備を開始している。内容としては、全世界衛星航法システム GNSS (Global Navigation Satellite System)の本格運用、PBN (Performance- Based Navigation)による広域航法 RNAV (aRea NAVigation)、環境に優しい運航を実現する CDA (Continuous Decent Approach)、低高度までの曲線進入方式を可能とする RNP-AR (Required Navigation Performance with Authorization Required)進入、軌道ベース運航 4DT (4 Dimentional Trajectory)等である。

日本での環境整備としては、RNAV 運航環境の整備が促進されている中、ヘリコプター専用の低高度 RNAV 経路を設定するなど、悪天候下における消防防災

活動等を円滑に実施するために、小型航空機の飛行特性に合わせた計器飛行方式(IFR)飛行の実現に向けた環境整備も行なわれている。また、日本での研究は、電子航法研究所が主体となり、GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究と、カテゴリⅢ着陸に対応した GBAS (GAST-D (GBASS Approach Service Type-D))の安全性設計及び検証技術の開発、の 2 点に重点を置き研究が進められている。GAST-D は、GPS の L1 信号(1.57542GHz)を用いてカテゴリⅢ精密進入を実現する GBAS である。GNSS による衛星航法で全ての飛行フェーズをサポートする GNSS 運航が望まれており、一部の国ではカテゴリⅠに対応した GBAS(GAST-C)の運用が開始されている中で、GAST-D は最終段階のカテゴリⅢを実現すると期待されているものである。

GNSS に関しては、準天頂衛星システム(QZSS)の事業が平成 22 年より開始されている。QZSS は、GPS と同じ衛星測位システムであるが、GPS に対抗するものではなく、GPS と相互運用性のある信号を送信することにより、お互いの衛星だけでは行き届かない地域や受信しにくい場所などをサポートし、情報を補い合うことによる高精度な位置情報のサービスが提供される。また、衛星航法補強システム(SBAS)に関しては、これまで SBAS 信号が国土交通省の運輸多目的衛星(MTSAT)から配信されていたが、令和 2 年より国土交通省の作成した SBAS 信号が QZSS から配信されている。また、QZSS の航空機での有効活用として、QZSS 対応 FMS (QZSS-INS 複合システムを含む)検討されている。日本では開発機体が少なく、全体的に欧米に比して遅れていると言えるが、慣性航法システムや、GPS 受信機で輸出に成功したメーカーもでてきている。慣性航法システムにおいて、慣性航法装置／慣性基準装置用では、高精度リング・レーザー・ジャイロ(RLG)が主流であり、日本航空電子工業がジャイロと共に各種慣性航法装置／慣性基準装置を国産している。また、ヘリコプター用姿勢方位基準装置用として、東京計器が初めて光ファイバージャイロ(FOG)の実用化に成功し、東京航空計器もリング共振方式 FOG の開発に成功している。

今後は、これらの技術と共に従来のオートパイロットや FMS を包含し、スラスト制御や飛行形態最適制御も含めた飛行制御システムとのインテグレーション技術の確立が重要である。さらに軍用機のみならず、とりわけ民間機の分野では低価格要求が厳しく高度な技術を低価格で実現することが大きな課題である。

(3) 飛行／任務支援システム

航空機の安全性、経済性、信頼性、快適性向上に対するニーズの高まりと、航空輸送量の増大に対応するために航空機搭載システムおよび整備システムの近代化が図られ、また、新しいシステムの開発が行われている。

航法を援助する諸システム、すなわち航空補助システム、データ記録システムおよびセンサーシステム等についても、近代化や新機軸を打ち出した機器の実現が待たれている。最近では優れた民生用エレクトロニクス技術を利用して航空機のコックピットに設置する立体地図情報装置や空中衝突防止装置が開発され、飛行の安全性向上が期待されている。航空管制システム関連では、多数の航空機の管制を効率化するため、1090 with Mode S ES (Extended Squitter)と呼ばれるADS-B 対応のトランスポンダが導入されつつある。これにより航空交通管制システムが航空機上のコンピュータと直接交信することが可能になり、さまざまな改善が期待できる。

航法補助システム関連では、悪天候領域を探知し、カラー表示するシステムが実用化され、現在では晴天乱流探知システムおよびウィンドシェア探知システムの開発が課題となっている。

運航支援及び動態管理では、災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)および災害救援航空機統合運用システム(D-NET2)の研究開発において、JAXA とナビコムアビエーション社が航空機から発見した災害情報を地上の運航拠点や災害対策本部等にデータ化して送信する機能を共同開発した。平成 30 年度からは自然災害だけでなく、国家的イベントの警備・警戒にも対応可能な「災害・危機管理対応統合運用システム(D-NET3)」の研究開発に発展している。JAXA D-NET のコア技術は、ナビコムアビエーション、ウェザーニューズおよび三菱スペース・ソフトウエア(現 三菱電機ソフトウェア)が開発する航空機運用統合調整システムで用いられ製品化された。

航空機運用統合調整システムは、動態情報等データを送受して共有する IMS-WEB+、EFB 等の機内タブレット型端末に航空機の動態情報や気象配信情報を表示する FOSTER-CoPilot、災害情報や災害救援ヘリコプター等の情報を共有するDiGMaps®で構成されており、D-NET での運用が期待される。

パイロット視覚支援システム関連では、夜間や悪天候時にも安全に飛行できる

ようにするため、パイロットに飛行情報等を効果的に見せるシステムの研究が各国で進められている。日本では JAXA が主体となり、状況認識支援システム SAVERH-PRO-2 (Situational Awareness and Visual Enhancer for Rescue Helicopter)と呼ばれるシステムを構築し、夜間に山岳地のヘリポートに着陸することを最終目的として研究している。これは、赤外線画像と地形高度データベースから生成した三次元地形表示、そして精密な飛行誘導を行うトンネル型誘導表示を組み合わせて表示する技術である。

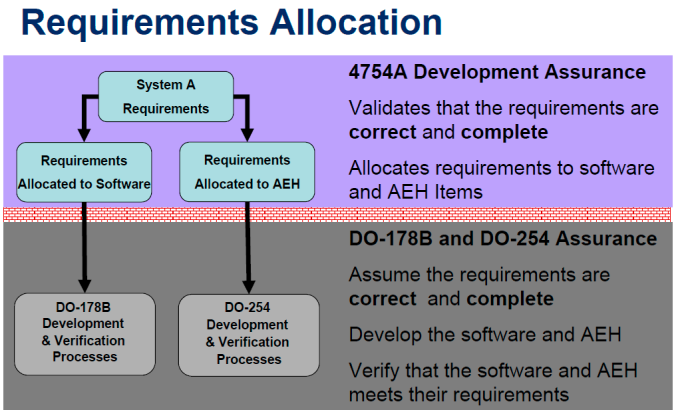
センサーシステム関連では、周辺システムのデジタル化に合わせて、温度、圧力等のセンサーがデジタル化およびデータバス化されてきた。更にセンサーおよび電子回路の小型化に伴い、センサー部、変換部、演算部および通信部を一体化し、データバスまたはワイヤレスで接続するスマート・センサーの開発が進められている。これらのシステムメーカーとしては、全分野にわたって米国のメーカーが有力であるが、日本でも数社が参入している。日本として、各分野での将来システムについて先行開発、実用化が図れれば、ハイブリット IC、多層基板その他多くの小部品レベルで成功しているように、国際市場への参入は大いに期待できる。

近年、ビッグデータを使用した運航支援システムが採用され始めている。各社から AnalytX(ボーイング社)、Skywise(エアバス社)、EngineWise(プラット・アンド・ホイットニー社)および TrueChoice(ゼネラル・エレクトリック社)等のデータ・プラットフォームが提供され、我が国の運航会社でも運用が開始されている。運航支援システムの例としては、機能不良が発生する前に部品交換を促すことを可能とする健全性管理 Integrated Vehicle Health Management(IVHM)があり、我が国でも経済産業省、NEDO および素形材センターにて開発され、国際標準に向けて活動中である。運航支援システムは機体稼働率の向上、メンテナンス費用の軽減を実現することができる。今後、この分野での市場拡大が予想される。また NEDO の IoT を活用した新産業モデル創出基盤整備事業で、ビッグデータを用いて雷雲および乱気流の等の影響空域を AI にて推定し、運航の安全と効率化を目指すシステムが JAXA、三菱重工業および SUBARU 等で開発されている。現在、JAXA は社会実装化に向けて開発推進中である。

(4)システム開発保証（認証）

FAA および EASA は平成 4 年から、航空機システムの開発保証(認証)の中で、全ての装備品の設計要求を管理することを要求している。民間機開発においては、機体システム全般の開発保証として ARP4754A があるが、搭載装備品のハードウェアの開発保証としては RTCA DO-254/EUROCAE ED-80、搭載装備品のソフトウェアの開発保証としてはRTCA DO-178C/EUROCAE ED-12C というガイドラインが設定されている。民間機開発における DO-254/ED-80/DO-178C/ED-12C に従ったアビオニクス開発はサプライヤーの責任範囲であり、日本の各装備品メーカーが世界市場に進出する場合は、本認証プロセスに対応した開発体制構築が必須となり日本でも数社が本格的取り組みを開始している。(図 3-2-4 参照)

図 3-2-4　開発保証の関係性



出典：FAA

また、JAXA は「航空機装備品ソフトウェア認証技術イニシアティブ」を構築し、公的研究機関として技術開発を先導する JAXA が、認証の基盤となる技術を蓄積する活動を推進するとともに、メーカー各社が認証基盤を活用できる連携体制を構築している。この取組みは、メーカー主体による民間団体の設立につながると期待され、また将来的には認証基盤を活かして製品開発を支援する活動も期待されており、製品化に直結した活動として認証基盤をオールジャパンで活用する民間団体としてコンソーシアムの設立が構想されている。本イニシアティブの事業概要は次のとおりとなっている。

・ソフトウェア認証に必要なデータや情報の整備・提供

・トレーニングの提供

・各種支援ツールの整備と試用サービスの提供
・ソフトウェア認証規格の技術テーマに関するワーキンググループの開催
・海外機関との提携
・シンポジウムの開催
・会員間の連携強化の方策検討

令和 3 年 4 月 1 日に本イニシヤティブを引き継ぐ形で、航空イノベーション推進協議会の委員会の中に「航空機装備品認証技術コンソーシアム(CerTCAS)」が新たに設立された。

6 電源システム

航空機の電源システムは、要求の多様化及び技術の進展に伴い、発電方式の多様化、配電システムの高機能化(オンデマンド化)が進んでいる。また、電子機器の増加による消費電力の増加に加え、全電気式航空機(All Electric Aircraft)へ向けての具体的な動きが見られるようになっている。

電源システムは、油圧制御による定速駆動装置(CSD)による交流定周波数電源が主流である。既存機では定速駆動装置一体型発電機(IDG)が主流であるが、P-1 と C-2 では CSD 方式に代わる新方式として Traction 方式が採用された。ソリッド・ステート回路を使った可変速度定周波(VSCF)も、小容量(40kVA 以下)／短時間使用(バックアップ等)を中心に採用されている。

また、最近の民間機では、電源構成機器に多重データバス・インターフェイスを持たせ、上位システムである操縦系統等とリンクさせ故障検出診断(BIT)情報や負荷情報等による電力の分配電を自動的に行い、パイロットの作業量を軽減させる自動電力管理システム(APMS)が導入されてきている。

さらに、配電系統への電力の分配には、従来のメカニカル式サーキット・ブレーカーから半導体式の電力制御器(SSPC)等の採用により統合、集積化が進んでいる。

米国では、アビオニクスやレーダー等の電力増加に伴い、270 VDC 電源が開発され F-22 や F-35 に採用されている中、Global Express や Hawker 4000 などのビジネスジェット機及び A380、A350、B787 等の中・大型機では、CSD を使用しない可変周波数制御(VF)方式の電源が採用され、今後は、VF 方式の電源が主流になっていく可能性が高いと考えられている。

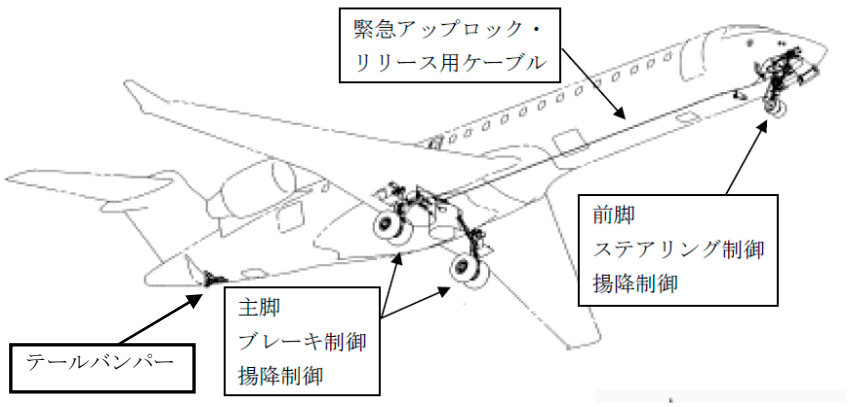
一方、高電圧電源利用システムとしてのアクチュエーション・システムにおいては、航空機の重量軽減、設計の自由度向上及び最適化等を図る狙いで、全電気式航空機(AEA)、油圧配管を著しく減少させて軽量化を狙った電気油圧式アクチュエーター(EHA)、および油圧そのものを不要とする電気機械式アクチュエーター(EMA)等による航空機の実現を目指す研究が進められている。B787 においては、ブリード・エアを使用しない電気式空調システムやモーター駆動式油圧ポンプの採用等により、大幅な電気化が図られている。同機の主発電機の総発電容量は B777 の 4 倍超で、電動機としてメインエンジンの起動にも使用されている。なお、B787 にはナブテスコがコリンズ・エアロスペース社(現 レイセオン・テクノロジーズ社)と共同開発した高電圧分配電装置の一部が供給され、我が国の電源分野参入に繋がっている。

航空機用電源システムメーカーは世界に 10 社程度存在するが、そのシェアは米国に集中しており、中でもレイセオン・テクノロジーズ社のシェアが拡大してきている。我が国のメーカーは、米国メーカーとの技術提携により CSD や発電機等単体機器を国産化してきた。技術力の向上は著しいものの、その供給は国内に限定されており、現在のところは国際市場での競争力は強くない。

7　降着システム

降着システムは、着陸時及び地上走行時の衝撃の吸収、ブレーキ、地上走行時のステアリングを行うシステムであり、緩衝装置、ブレーキ、ホイール及びタイヤ等の機器から成り、図 3-2-5 にその例を示す。

図 3-2-5　降着システムの例



飛行中は機能を発揮しない搭載品であるため、常に一層の軽量化、コンパクト化が要求され、新材料の研究が進められている。緩衝装置の主要部材には超高抗張力鋼が通常使用されるが、近年は、耐食性向上及び軽量化の見地からチタン合金や高強度ステンレス鋼の使用が増え、補助のブレス材等では炭素繊維複合材も採用となっている。また、消耗品であるブレーキ及びタイヤの長寿命化や、ブレーキ及びステアリングのデジタル制御装置、カーボンブレーキ、ブレーキ温度モニタ、タイヤ圧力モニタ、ラジアルタイヤ、B787 で採用された電気式ブレーキ等、技術向上が著しい。環境適合性の観点からは、緩衝装置の摺動面に施工していた硬質クロムメッキが高速フレーム溶射(HVOF)に置き換わりつつあり、またカドミメッキに対する亜鉛ニッケルメッキ技術も開発された。

降着システムは、従来は構成機器単位で機体メーカーが調達していたが、近年は緩衝装置メーカーがシステムインテグレータとなって全構成機器を含んだ降着システムとして受注開発するのがリージョナル機等の小型機では一般的になった。

世界の大型機用降着システムは 2 社、レイセオン・テクノロジーズ社とサフラン・ランディングシステムズ社がほぼ独占しており、その他のメーカーが単独でこの市場に参入することは難しい状況にあったが、近年ドイツのリープヘル社が A350 前脚を受注し、カナダのエルー社が 777X の主脚、前脚の受注に成功する等、市場が変動し始めている。

我が国では住友精密工業が降着システムを独自に設計・製造しており、防衛省向け機体に加え、コリンズ・エアロスペース社(現 レイセオン・テクノロジーズ社)と共同でボンバルディア社の CRJ700/900/1000 型機用降着システムを開発・製造しており、また、Mitsubishi SpaceJet 及びドルニエ・シースターCD2 の降着システムの開発にも参画している。またブリヂストンの軽量ラジアルタイヤは B777 を皮切りに A380、B787 に採用され、Mitsubishi SpaceJet にも採用されている。

8　客室機内システム

客室機内システムには、座席、ラバトリー(化粧室)、ギャレー(厨房)、照明、カーペット、シーリングパネル(天板)、サイドパネル(壁板)、オーバーヘッドビン(手荷物収納庫)、インフライトエンターテインメント・システム(機内娯楽装置)等がある。座席については、航空機重量の約 3%を占めることから複合材の利用等による軽量

化、長時間飛行に対処するための快適性向上などが検討されている。近年はビジネスクラスのフル・フラット化、ファーストクラスでは、引戸式扉が付いた個室感覚で使用できるコンソールなどの艤装を備えたデザインが取り入れられ、各航空会社間で快適な旅客サービスで差別化競争をしている。また、A380 の機内にシャワールームを完備し新たなサービスを提供している航空会社もある。ギャレー関連では、ヒーティングカートに替わって、スチーム・オーブンや電子レンジが主流となってきており、開発において軽量化・規格化の取組みが進んでいる。照明については、小糸製作所が全日本空輸向けに初めて白色 LED を用いた読書灯、表示灯を製造し、既存の B777 での置き換えを行っている。LED の長寿命、低消費電力の特徴に加え、白色光がより読書に良いと好評である。ボーイング社では、B787 からは LED 方式の読書灯を標準装備しており、機内照明だけでなく種々の照明が LED 方式に変更されている。ジャムコ製ラバトリーでは、B787 において旅客機で初めての温水洗浄便座が装備されたことに加え、衛生面に配慮された同社製のタッチレス流水センサーが標準装備されている。なお、ジャムコは B777X 向けのラバトリーについても新規受注した。パナソニック・アビオニクスは、長時間の旅行を快適に過ごすため、音楽、ビデオ、ゲームに加え機内携帯電話や機内 Wi-Fi インターネット等のサービスを提供する機内娯楽装置を供給している。

また快適性向上・疲労軽減のため、アクティブに機内騒音を低減する技術の研究がヘリコプターやプロペラ機を対象に行われており、一部は実用化されている。

9 その他

(1) シミュレータ

航空機を構成する機器ではないが、その開発・導入がとみに活発化しているのが、操縦シミュレーション、整備・訓練シミュレーション等、各種シミュレータである。特に操縦シミュレータは最近のコンピューター・グラフィックス及びメカトロニクス技術を応用し、多様な条件のもとで航空機の飛行状況を実機同様に模擬できることから、パイロットの教育・訓練、操縦技術向上に不可欠なものとなっており、認定されたシミュレータでの訓練は、法令に定めるところによりパイロット国家試験受験のための経験時間に算入可能となっている。

当初は防需向けのライセンス生産であった操縦シミュレータはその後、国内民

需で市場を拡大し、新たにヘリコプター・シミュレータが開発されるなど、我が国のメーカーは世界トップレベルの技術を誇るまでに成長している。なかでも三菱プレシジョンが大きな実績をあげている他、機体メーカーが自社開発機体の操縦シミュレータの開発を行っている。現在では航空宇宙分野のみならず、武器、車両、艦船などの各種訓練用シミュレータにもこの技術が応用され、鉄道分野において、運転手、車掌の訓練のみならず駅係員と連携した列車運行訓練がシミュレータを活用して行われるなど、交通、輸送の安全にも貢献している。

さらに、自動車の研究開発にも利用され、また博物館などに設置してある比較的安価な操縦シミュレータ、娯楽用シミュレータが開発されるなど、その技術的波及効果は大きく、今後一層発展すると思われる。

(2) 整備用器材・装置

航空機やその各種システム、機器などの整備には格納庫、試運転場、整備工場などの施設や付帯設備のほかに、多くの整備用器材・装置が必要とされる。これらの器材は、ハンドツール、可搬型計測器、検査器具から自走動力器材(電力、油圧、空圧などの動力源を供給するもの)、精密検査装置、大型据付試験器材(機器等の性能確認、故障診断用)に至るまで多岐に渡り、その種類は数千にも達し、我が国でも多数のメーカーが手掛けている。技術的には、コンピュータとロボットを組み合わせたエンジン内部の自動溶接装置に見られるように欧米製品を凌駕するものもあり、ジュピター コーポレーションが開発したエンジン検査装置(ターニングツール)などの器材は、海外のエンジンメーカーにも輸出されている。ただ、整備マニュアルに指定されている整備用機材・装置の多くは海外製であり、いまだ国内メーカーの市場参入は厳しい状況にある。

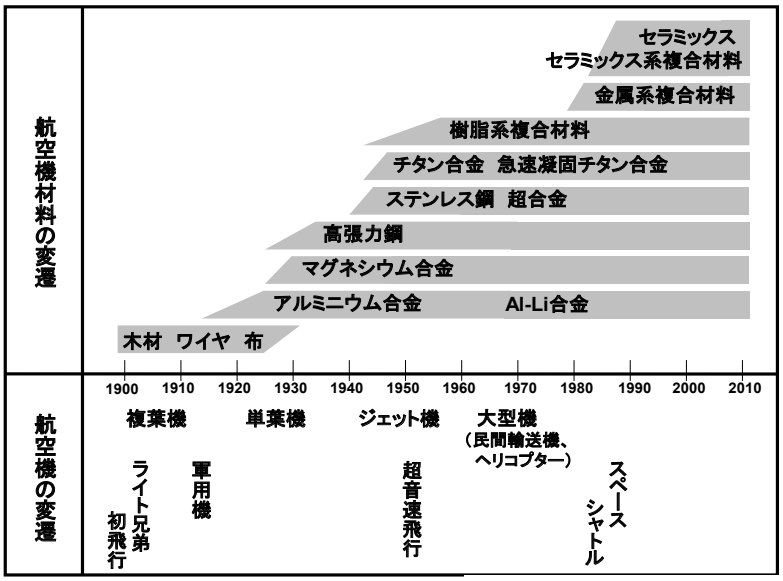
近年の航空機技術の進歩に伴い、整備技術や整備方法にも進歩が見られる。例えば、機体での活用が飛躍的に増加した炭素繊維複合材に関する修理や検査技術の開発や、さらには機体やエンジンの運航状況を常時監視し、無線によって地上の製造企業や航空会社に送ることで不具合の早期発見、点検・整備の効率化に大きく貢献する外部監視技術(健全性監視)などが挙げられる。これら器材・装置は海外のエンジンメーカーや機体メーカーが開発しており、国内メーカーの参入は今後に期待するところである。

第３章　航空機素材産業の現状

第１節　航空機素材産業の概況

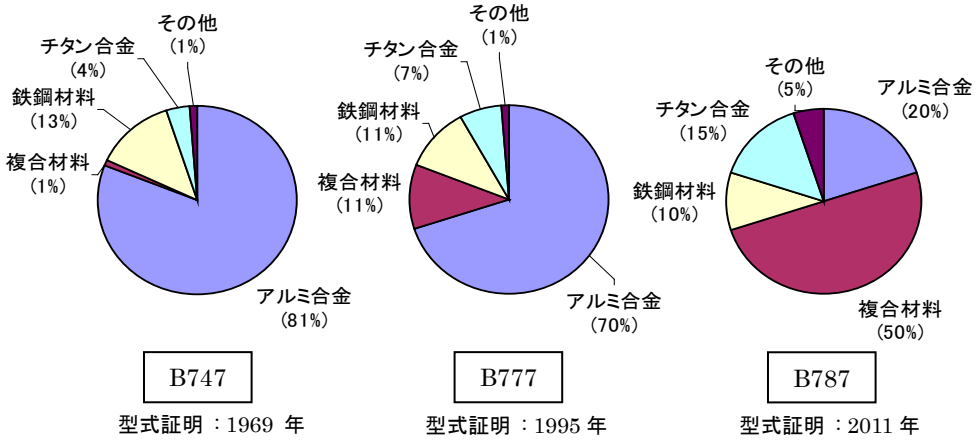
航空機の機体材料は、木材と布に始まり、アルミニウム合金や高張力鋼へと発展し、さらに機体の大型化や速度の向上に伴い、チタン合金や炭素繊維を中心とする複合材料が開発、実用化されてきた。その変遷を図 3-3-1 に示す。

図 3-3-1　航空機材料の変遷



出典：（一社)日本航空宇宙工業会

図 3-3-2　ボーイング社旅客機における機体構造材料構成の変遷



出典：（一社)日本航空宇宙工業会

図3-3-2は、ボーイング社旅客機における機体構造材料構成の変遷を示したものである。アルミニウム合金の比率はB747の81%からB777の70%に減少し、平成23年に就航を開始したB787では20%にまで低くなる。一方、複合材料(CFRP)の比率は、B777で11%、B787では主翼・胴体・尾翼に使用され、50%にも達する。

また、エアバス社はA320で15%、A380では22%の複合材料を使用し、平成27年就航のA350では53%に増加する。アルミニウム合金は厚肉部材などにまだ使用されるが、その割合は明らかに小さくなっている。ただ小型ジェット機では、開発・製造・加工・修理等コスト面からアルミニウム合金の構成比率が80%を超える機種もある。なお、A350では主翼ボックスのリブや中央ビーム等にAl-Li合金が採用されている。

チタン合金は CFRP との共存性が良い(熱膨張率が近い、電位差腐食が起こらないなど)ことから、ボーイング社、エアバス社ともにその使用割合が徐々に増加しており、B787 では 15%に、A380 では 9%に、A350 では 14%に達する。

軍用機では複合材料使用比率はさらに高くなっており、77%が複合材料で作られている機種もある。

航空機用エンジン材料は、耐熱化、高強度化、軽量化等の要求により、鉄鋼材料中心の構成からチタン合金や Ni-Co 超合金の構成に変わってきた。今後、これらの材料の高性能化とともに、各種複合材料や金属間化合物の実用化も期待されている。

さらに近年では、欧米のエンジンメーカーや部品サプライヤーは、金属粉末をレーザーや電子ビームで溶融して積層する Additive Manufacturing(AM、日本では“付加製造”や“3D プリンティング”と呼ばれる)技術に注力している。同技術は複雑な形状を製造することが可能なため、通常、複数の子部品からなる部品を一体化構造にでき、部品点数の削減による重量軽減等を可能とする。

具体的な AM 導入事例として、CFM インターナショナル社が製造する LEAP エンジンの Ni 合金製の燃料ノズルに適用している。A350 ではエンジンパイロンに Ti 製のブラケットを適用している。GE アビエーション社の小型ターボプロップエンジン「Catalyst」では 855 個の部品を 12 個のコンポーネントに集約し、部品点数を削減した。F110 エンジンのサンプカバー製造も米空軍の ECP (Engineering Change Proposal)の承認を受けた。また、ロールス・ロイス社においても Pearl 10X エンジン用の Ni 合金製燃焼器タイルを製造している。同社と提携している ITP ア

エロ社では次世代の低燃費・低騒音エンジン技術「UltraFan」の実証機エンジンのテールベアリングハウジング(TBH)を設計・製造した。このほか、ボーイング社は積層造形用の金属材料について、カナダのテクナ社のチタン及びアルミニウム粉末に対し、初めて BMS の認証を行った。

日本における AM への取組みは欧米にやや遅れをとったが、平成 26 年に設立された技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)を中心に、次世代型産業用 3D プリンタ及び超精密三次元造形システムの技術開発を進めてきた。TRAFAM の組合員である三菱重工工作機械(現 日本電産マシンツール)や多田電機(三菱電機の子会社)が開発した金属 3D プリンタ機も平成 31 年より市場投入した。昨今、我が国の部品サプライヤーでも金属積層造形による航空機・宇宙機部品の試作開発が続いている。

航空機用素材は、その用途の性格上、極めて高度の生産技術や品質管理技術が要求され、設備の大型化も必要とされている。現在それらの開発や実用化は欧米が牽引しており、今後も機体構造やエンジンの軽量化が引き続き進展、それに伴って航空機構造用各材料の使用割合も変化していくと考えられる。

我が国の金属系素材の生産規模は、アルミニウム圧延製品(はくを除く)が 188 万トン(令和 3 年)、特殊鋼製品(熱間圧延鋼材)が 1,855 万トン(令和 3 年)、チタン製品(展伸材)の出荷量は 11,811 トン(令和 3 年)であり、先進国の中でも主要な地位を占めている。複合材料についても、CFRP に用いる PAN 系炭素繊維の世界生産量の過半を欧米にも工場立地する日系メーカーで占めている。

しかし、航空機用素材の製造においては、我が国の金属系素材は、当初需要規模が非常に小さかったこともあり、生産体制面での整備が全般的に遅れていた。しかも、航空機機体やエンジンはライセンス生産が主体であったことも影響し、各素材とも鍛造品を除いて国産化率が低く、大型品や小ロット品はほとんどが輸入に依存していた。企業努力により、大型の板や鍛造品の製造設備も整備され、ユーザーニーズに対応できるようになってきたが、さらなる大型化への対応が要求されている。

平成 23 年に、航空機メーカーと素材メーカーによる共同で、航空機の機体・エンジンに使うチタン及びニッケル鍛造材を製造する新会社、日本エアロフォージが発足した。5 万トンの大型鍛造プレス機を備えた工場が建設され、平成 25 年に操業が開始された。これまで海外調達に頼らざるを得なかった大型部材の完全国内生

産化が可能になり、平成 26 年にはメシエ・ブガッティ・ダウティ社(現 サフラン社)から A350 の主脚降着装置用大型チタン鍛造部品の加工を受注し、平成 28 年から量産供給を開始した。

炭素繊維については、令和 3 年の出荷量が前年比 15.9%増の 23,928 トンと増加した。分野別では航空宇宙用が減少し、国内出荷が全体で前年比 4.9%減であったが、輸出が 20.6%増となった。輸出比率は 84.8%と前年から 3.3 ポイント上昇した。

航空機の降着装置構造部材は、高強度チタン合金の適用が大型民間機では進んでいるが、さらなる軽量化を目指して複合材料の適用も検討されている。サフラン・ランディング・システムズ社は、B787-8 の降着装置のサイドステイ部分に CFRP 構造を実用化している。一方で肉厚部材の損傷に対する取扱が極めて困難なため、現在の技術では降着装置への適用は限定的とみられる。

787-8 用 CFRP 製複合材 降着装置 部品類 (参考)





出典：(公財) 航空機国際共同開発促進基金

第 2 節　各素材の現状

1　金属系素材

(1) アルミニウム合金

アルミニウム合金(超および超々ジュラルミン)は、軽量性、信頼性、経済性等を満足する機体材料として使用され、航空機産業の発展に貢献してきた。

航空機用アルミニウム合金の主な供給国は、米、仏、英、独、露および日本であるが、このうち米国が約 70%のシェアを占めている。

かつては用途による制約を理由に、高度な技術力や大型専用設備が要求されたためにメーカーが限定されることもあって、国産化率は低かった。その後、アルミニウム業界などの航空機素材に対する積極的な取組みにより、製造能力として

需要対応が概ね可能となってきた。また、最近は国産航空機の開発、製造に向けて、国内航空機メーカー各社が動き始めている。航空機の性能や経済性向上のため、機体構造材料のより一層の軽量化、高強度化、高剛性化等が引き続き要求されている。このため、軽量複合材料(樹脂系)の開発とともに、既存のアルミニウム合金の改良も積極的に行われている。近年、高強度･高耐久性(高靭性、高耐疲労特性、高耐食性など)アルミニウム合金、Al 基複合材料、超塑性アルミニウム合金などが開発されている。これら材料の製造、加工、成形技術において、大幅な構造重量低減、部品点数低減を可能にする摩擦攪拌接合(FSW)技術、薄肉大型精密鋳造技術などの研究開発も進み、ニーズに対応しようとしている。

特に、Al-Li 合金は高い比強度特性が得られるので、航空機の軽量化に大きく寄与できると期待されている。米国アルコニック(Arconic)社の報告では、10%の強度増加を利用した機体設計を行えば、18%程度の総重量軽減が可能であるという。加えて、圧延材や型材の素材製造、機械加工および組立作業においても、既存の設備が使用可能であり、航空機材料としてより魅力的である。従来は素材コストが高く、靭性や耐食性、常温時効(経時変化)などの特性に課題があり、旅客機の床補強材、ロケット補助タンクなどへの採用に限られていたが、平成 16 年になり、欧米で 2099 合金などのリチウム含有量が 2%以下で、熱処理、加工工程の改善で課題を改善した第三世代 Al-Li 新合金が規格化され､A380 の客室床構造、主翼構造材、胴体の一部や B787 の一部胴体などに採用された。また、A350 の主翼ボックスのリブや中央ビーム等に 2050 合金が、主脚格納部の部品に 2198 合金が使用されている。ボンバルディア社の C シリーズ機では、主翼構造材や胴体に適用されており、中国の中小型旅客機 C919 の胴体部にも Al-Li 合金の採用が報じられている。

(2) チタン合金

チタン合金は、比強度と耐食性に優れ、特にエンジンのファンや圧縮機用材料として注目され、その性能向上や軽量化に寄与してきた。最近の採用例では、日米欧共同開発のジェットエンジン V2500 のファン部、ロールス・ロイス社の Trent900 エンジン(A380 用)、Trent1000 エンジン(B787 用)の中圧圧縮機(IPC)ケースなどに使用されている。

チタン合金の原料であるスポンジチタンは米、露および日本が、航空機用チ

タン合金材(展伸材)は米、仏、英、独、露および日本が供給している。COVID-19の感染拡大による航空機需要低迷の影響で、チタンの需要も低迷していたが、令和 4 年に入り航空機需要が回復傾向にある。スポンジチタンの生産量は、ロシア、ウクライナが世界第 3 位、5 位であり、ウクライナ情勢に伴いスポンジチタンの供給不安が高まっている。航空機メーカーにおいても、ボーイングはロシアからのチタン購入を停止するなど、日本からの安定供給が期待されている。

航空機用チタン合金は、エンジン部分では約 5～20%、機体関係では最近の民間機で 5～15%、軍用機で 10～40%程度使用されている。特に民間航空機では機体の軽量化による燃費低減ニーズが強くなっており、炭素繊維複合材の多用化と、それに伴うチタン合金材料の使用比率が高くなる傾向にある。民間航空機の油圧系統配管材料にも、チタンチューブを適用する例が多くなっている。

航空機用チタン合金は、鍛造品、板材、押出品および鋳造品として利用されるが、これまで防衛庁関連機種向け部品を中心に国産化が進められてきた。このうち、鍛造品については早くから J79、TF40 等のエンジン部品を中心に国産化が進められ、現在の F100 エンジン部品では、加工が難しいファンディスクやコンプレッサーディスクを含め約 90%が国産化されている。また、板材と棒材については、国内メーカーの努力が実を結び、P-1、C-2 等に使用されている。一方、押出品や鋳造品は、需要が多品種少量であること、技術力や設備能力上の問題もあり、国産化が遅れた。現在、管材、型材および精密鋳造の部品の国産化が鋭意進められており、実機への本格的適用も間近なものと考えられている。

最も多く用いられるのは Ti-6Al-4V 合金であるが、純チタンや他の合金も使用されている。また高強度ニア β 合金の Ti-10V-2Fe-3Al 合金も B777 や A380 の降着装置構造部材等に採用されるなど実用化が進んでいる。最近では、ロシアで開発された Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe 合金(T-5553 合金)が、高強度高靭性特性により B787 の降着装置用大型鍛造品に採用され、また、主翼と胴体結合部にチタン合金鍛造品が採用されたほか、CFRP の締結部材として大量の Ti-6Al-4V 合金製ボルトが適用され、機体用では新合金の開発、適用も進められている。一方、チタン材に対して最も求められているのはコスト低減であり、Ti-6Al-4V 合金と同等の特性を持ちつつ成形加工性の良好なチタン合金の開発が米国や日本でも行われており、将来それらの航空機への適用が期待される。純チタンの分野では、

鉄鋼圧延設備を利用し、高品位で安価な薄板材の製造が可能であり、日本から輸出も行っている。

Ti-Al 系金属間化合物(Ti-Al 合金)は、比重が約 3.8 で、Ni 基耐熱合金の約 1/2 と軽く、Ni 基耐熱合金と同レベルの高温比強度をもつことから、航空機エンジンの軽量化に大きく寄与すると期待されている。B787 および B747-8 向けに開発された GEnx エンジンの低圧タービン翼に初めて採用された。

欧米ではチタンは戦略素材とみなされ、輸入関税(スポンジチタン、展伸材)は日本の 3%に対して、米国では 15%、EU では 5%(スポンジチタン)、7%(展伸材)の高率で保護されてきたが、日本と欧州間の輸入関税は、平成 31 年に発効した日・EU 経済連携協定によって日本は即時撤廃、EU も 6 年目に撤廃されることが決定した。需要に恵まれた欧米先進国は大型鍛造設備を含め、技術水準は高く、量産技術も確立されている。

我が国の航空機用チタン展伸材は、国内市場対応の少量生産では輸入品とのコスト競争において厳しい状況にある。防需が減少し、民間進出が重要となる今日、コスト低減は国内メーカーにとって大きな課題である。また、航空機分野では材料認定の問題もあり、日本の素材メーカーにとっては参入障壁が非常に高い。

(3) 特殊鋼(含超合金)

航空機素材としての特殊鋼の用途は、機体、搭載機器及びエンジンの主要部材である。材質は、合金鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼、超合金などで、主に板材、鍛造品、溶接リング、精密鋳造・鍛造品等で、いずれも多品種少量生産である。

我が国の特殊鋼メーカーは、高度の技術力を有し、特殊溶解炉、鋳鍛造設備、圧延設備などの新鋭設備を整備しており、十分な生産体制が確立している。さらに、主要特殊鋼製品について、海外主要航空機メーカーやエンジン・メーカーの認定も取得しており、一部輸出も行われている。しかし、使用される航空機がライセンス生産である関係上、欧米で開発された指定材料を製造・加工しなければならないなど、欧米メーカーを相手として、厳しい市場競争を強いられている。日本は、生産技術や品質管理技術においては一流であり、技術開発の能力も国際水準に達しているものの、航空機産業の自立化が不十分で、新材料・新プロセスの開発や大型設備を必要とする製品の製造技術の面で立ち遅れの状況にある。

現在、単結晶精密鋳造超合金製や粉末超合金製の部材によるエンジン中枢の高

度技術製品について、国産化に向けた技術開発が進められている。「新世紀耐熱材料プロジェクト」(平成 11 年度～平成 22 年度)において開発された Ni 基超合金の実用化を目指す開発が進められている。(国研)物質・材料研究機構(NIMS)がロールス・ロイス社用に開発した単結晶超合金のタービン翼がボーイング社の B787 に採用された。海外の開発材料が使用されてきたタービン翼に国産材料が使用されたことになり、我が国にとって初めての快挙となった。また NIMS と日立金属は、平成 28 年に「NIMS-日立金属次世代材料開発センター」を設立し、航空機エンジンやガスタービン向けに次世代超耐熱合金の実用化研究を進めているほか、平成 31 年には、IHI も「NIMS-IHI 次世代構造材料センター」の設立に関する覚書を調印し、航空機エンジン部品用の超高温材料開発を中心とした共同研究を行っている。

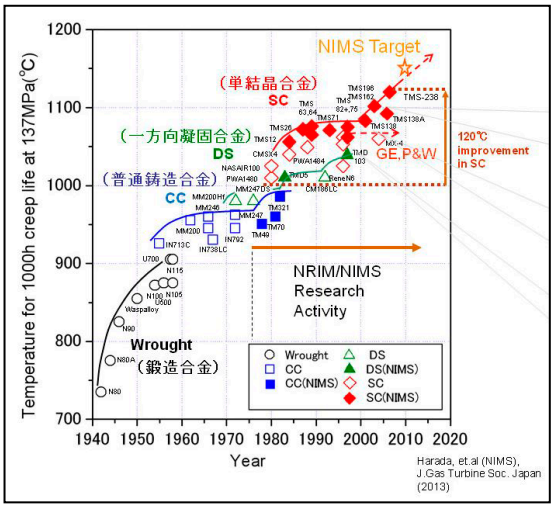
図 3-3-3 はエンジンのエネルギー効率と推進力向上を目的とする、タービン入口温度上昇を図るためのタービン・ブレード材料の変遷を示している。年代とともに耐用温度向上の要求に応えるため、通常の鋳造合金から結晶組織を制御した合金へ、さらに将来は複合材料やセラミックスの実用化が期待される。

(4) マグネシウム合金

マグネシウムは、比重がアルミニウムの約2/3と実用合金中で最も軽量かつチタン合金に次ぐ高比強度を有しており、地球温暖化対策につながる省エネルギーの観点から、輸送機器分野用の軽量素材として再認識され、耐熱性、耐食性などの従来の弱点を克服するための研究開発が行われている。

図 3-3-3　航空機用タービン・ブレード材料の変遷

（ニッケルベース超合金の耐用温度向上の歴史）



出典：（国研）物質・材料研究機構「超合金」

熊本大学で開発された KUMADAI マグネシウム合金は、軽量というマグネシウムの特長を残しつつ、発火しやすいという課題を克服し、さらに強度が従来のアルミニウム合金を超える素材として有望な材料となっている。FAA は、発火温度が低いという理由で、マグネシウム合金の航空機内装品への使用を禁止していたが、平成 26 年にはマグネシウム燃焼試験法を策定して、マグネシウムの使用禁止令を解除した。同年、熊本大学とボーイング社は次世代航空機への実装化を目指した共同研究を行った。また、日本で開発した材料であるため、国内でサプライチェーンを構築することで日本の航空機材料の競争力強化を実現できる可能性があり、その実現に向け経済産業省や内閣府の研究開発プロジェクト等で国内航空機関連メーカーや素材メーカーと共に、材料開発(合金開発)・加工技術開発、量産化技術開発等を行っている。令和 2 年 6 月、同大学は KUMADAI マグネシウム合金について、破壊靭性と最大 15%程度の軽量化実現を発表した。

令和3年の我が国のマグネシウム需要は32,910トンである。ダイカスト、鋳物、射出成形等のマグネシウム合金を使用する構造材向けの需要は7,300トンであり、このうち展伸材は800トンである。航空機用マグネシウム合金の需要は極めて少量であるが、耐食性が改善されたマグネシウム合金の鋳造材がジェットエンジン部品やヘリコプターのギアボックスなどの材料として継続的に使用されている。

2. 複合材料

(1) 現状

複合材料とは、広義には「2 種類以上の材料を組合せ合成することにより得られる、単体では持ち合わせなかった優れた性質を有する材料」と定義される。ただし、今日的な意味では、強化材として繊維を用い、母材(マトリックス)として樹脂、炭素、金属、セラミックなどを用いる繊維強化複合材料を指すことが多い。航空宇宙用途としては、炭素繊維(CF)と熱硬化性樹脂(主にエポキシ樹脂)からなる炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を中心とした、いわゆる樹脂系複合材料(PMC)の使用が主流であり、その優れた力学的特性(比強度・比弾性率)により機体構造の軽量化を達成している。また、耐久性に対する運用実績も集積されつつある。一方、耐熱性、耐衝撃性及び耐湿熱性(ホット・ウェット)の点で不十分な点も多く、その改良研究が行われると共に、より耐熱レベルの高いビスマレイミド(BMI)樹脂及びポリイミド(PI)等について精力的な検討が進められてきた。

航空宇宙分野への複合材料の適用は、米国を中心に昭和 45 年から開始され、当初の二次構造材（舵面等)から準一次構造材(尾翼等)を経て、一次構造材(主翼や胴体構造等)にまで拡大されている。その採用は先ず軍用機から始まり、次第に民間機にも応用が進められた結果、機体の全構造重量に占める比率は A320 で 15 %、B777 で 11%、スターシップ I では 72 %、F-22 で 26 %、A380 では 22%にまで達している。さらに、B787 で 50%、 A350 で 53%となっており主翼・胴体まで大幅に適用されている。それ以外にも、近年では F-35 で 40%、A220-100 で 42%の複合材適用比率となっている。

宇宙分野では、人工衛星に於いては既に主要構造材料として定着しており、H-IIA・IIB ロケットの段間部・気蓄器・フェアリング・固体ロケットブースターなどにも適用されている。

我が国においては、昭和 47 年に開始された防衛庁(現 防衛省)の『CFRP の航空機への適用化研究』を契機として適用化研究が精力的に進められ、T-2 高等練習機(補助翼等)、C-1 輸送機(グランドスポイラー等)、PS-1 飛行艇(スラットレール等)や、航空宇宙技術研究所(現 JAXA)の短距離離着陸実験機(STOL)「飛鳥」（水平安定板、フラップ等)に適用され、国産機である中等練習機(T-4)や国際共同開発機である B767 の生産にも応用されている。また、米国と共同開発した F-2 支援

戦闘機には、日本が開発した一体成形複合材一次構造技術が主翼に適用されている。B777 では、CFRP が初めて民間航空機の一次構造材料用と認定され尾翼他に適用され生産が行われており、B787 では主翼、胴体にも適用されている。さらには、SH-60K 哨戒ヘリコプター、OH-1 小型観測ヘリコプターにも多くの複合材料が適用されている。エンジンでは、ファンブレード、ファンケース等に適用されている。

このように、我が国の複合材料関連技術(材料開発および成形加工技術等)は世界のトップレベルに達している。

(2) 強化繊維

a. 炭素繊維(CF)

CF は前駆体の種類によりポリアクリロニトリル(PAN)系及びピッチ系に大別されるが、現在使用されているのは PAN 系が殆どである。CF は比強度／比弾性に優れており、またその性能の多様性の面からも複合材料用強化繊維の主流となっている。

CF に関する技術力及び生産能力は、ともに日本企業が世界のリーダー的役割を果たしており、原料を含む製造技術を核とした日本－米国－欧州間に国際的な連携が組まれている。複合材料の力学的特性は主として繊維性能に依存するため、繊維の高性能化研究が精力的に進められている。特に、引張特性に関しては著しい向上が図られ、PAN 系で引張強さ : 7 GPa、引張弾性率 : 324 GPa の高強度・高弾性率品や引張強さ : 3.8 GPa、引張弾性率 : 588 GPa の高弾性率品等が市販されている。また、航空機の構造設計で重視される圧縮特性及び低コスト品に関しては改良研究が継続されているため、今後、更に高性能・低コスト化された CF の開発が期待される。

b. アラミド繊維

アラミド繊維は最も軽量で優れた比強度、耐衝撃性を有しており、CF に次ぐ重要な強化繊維として多くの実績を積んできている。本繊維は化学構造の違いからパラ配向型とメタ配向型の二種に大別され、前者は高弾性品として構造材用途に、後者は軽量芯材であるハニカムの強化材用途にそれぞれ重用されている。

c. ガラス繊維

強化繊維としての歴史は最も古く、その応用が今日の繊維強化複合材料適用化へのきっかけとなったと言われている。以来、物性(比強度、比弾性)においてはCFやアラミド繊維に劣るものの、安価のためにそれらを補完する材料として、単独或いはハイブリッド材がヘリコプターの回転翼や大型民間機のフロアー等の部材に、又、電波透過性を利用したレドームにも適用され現在も多くの量が使用されている。

(3) 母材(マトリックス)

a. 熱硬化性樹脂

現在、樹脂としては各特性で最もバランスの取れたエポキシ樹脂が主流である。しかし、エポキシ樹脂は構造用途での耐熱レベルが82℃程度であり、靭性及び耐湿熱性の向上を目指した改良研究が進められている。具体的には衝撃後圧縮特性(CAI)、ホットウェット時の圧縮特性等の向上である。これらの特性は相反する性質であるため両立は困難であるが、精力的な検討がなされた結果、耐熱性は従来系より若干低下するものの、熱可塑性樹脂CFRPと同等の耐衝撃性を有する樹脂系CFRP(ガラス転移温度：190℃以上、CAI：350 MPa)が開発されており、亜音速機一次構造材へ適用されている。さらに靭性、耐湿熱性を高めたエポキシ樹脂も鋭意開発されている。

一方、超音速機(SST)及び極超音速機(HST)等の更に耐熱性を要求される構造部位に対しては、ビスマレイミド(BMI)樹脂及びポリイミド(PI)樹脂の検討が進められている。BMIは耐熱性が比較的良好(ガラス転移温度：250～300℃)であり、成形性もエポキシ樹脂と同等であるなどの優れた特性を有している。既に数種が商品化され、軍用機では実用化されている。硬化時の収縮が大きく、靭性が不十分である欠点も有していたため、その改良研究が進められた結果、CAIが300 MPa以上の高靭性樹脂も開発されている。さらにBMIは高温暴露時の加熱重量減少・劣化の欠点もあり、この点についても改良研究されている。PIは更に優れた耐熱性(ガラス転移温度：250～360℃)を有しており、NASAで開発されたPMR-15などが代表的である。成形性の改良や耐衝撃性の向上(高靭性化)研究が、米国を中心に精力的に行われ、CAIが300 MPa程度のPETI-5、R1-16などの開発材をSST構造用途へ適用するための評価が行われた。これらのPIは、エポキシ樹脂と比較して成形条件が高温高圧（300℃以上、1.0 MPa

以上)、成形時にガスが発生する等の課題があるため、耐熱性の高いバッグ用副資材、バッグ構成、及び熱収縮による変形の予測等、成形に工夫が必要である。

また、フェノール樹脂は耐熱性が高いことから、航空機のエンジンの周辺部や排気ダクトの周辺部に使用されてきた。近年、航空機内装用材料に対する火災時の安全性要求が厳しくなってきたことから、低発煙性、難燃性材料として注目されている。電波特性の観点から、アンテナカバー用としてシアネートエステル樹脂を用いた複合材も適用が進められている。

b. 熱可塑性樹脂

強度、弾性率、靭性に優れたスーパーエンプラ(PEEK、PEI 等)や、より耐熱性の高い熱可塑性ポリイミド(PIXA(三井化学)等)の開発により、熱硬化性樹脂の改良課題である耐衝撃性、耐湿熱性の向上やハイサイクル性も期待され、また、融着可能、冷凍保存不要、リサイクル可能等のメリットも有しているため、PMC 用樹脂として検討されている。従来は、成形時に高温高圧条件が必要なこと、或は作業性が不十分なことなど、成形加工技術の上で課題があったが、A380 では CF あるいは GF を強化繊維とした PEI、PPS(熱可塑性樹脂系プリプレグ)が、プレスにより短時間で曲げ成形したラミネート部品を製造する手法により、エルロン、J-NOSE 等の二次構造材に適用された。また、平成 26 年には CF/PEEK のラミネート部品が A350 に採用されている。

現在、日本では熱可塑複合材のハイサイクル性を活かした低コスト、高レートで製造できる技術の開発、接合を用いた部材一体化構造の製造技術の開発を進めている。

(4) 金属、炭素、セラミックス

繊維強化金属(FRM)は構造性能及び環境性能に優れており、スペースシャトルにボロン繊維／Al複合材料が適用された。その後、Al以外のMg、Cu、Ti、超合金、TiAl金属間化合物をマトリックスとしたFRMの研究が行われたが、現段階では粒子分散型の複合材以外の適用は試験的なものに限られている。エンジン部品への適用を目指したTi基複合材の研究が活発に行われた時期もあり、圧縮機ローター部品やピストンロッドなど試作評価試験が米国・日本を中心に行われた。我が国では基盤技術研究促進センターによる研究(平成5年度～平成13年度：AMG

プロジェクト)及び環境適合型次世代超音速推進システム技術開発研究(平成11年度～平成15年度：ESPRプロジェクト)等で航空機エンジン部品への適用化研究が行われた。近年もAl基複合材（Al2O3連続繊維強化Al合金）を用いたランディンギアの軽量化検討が欧州で行われており、航空機構造の大幅な軽量化を可能とする材料として期待されている。

CFで補強されたカーボンマトリックスはC/C複合材料と呼ばれ、特に高温環境下(～1500℃)の強度特性に優れることから宇宙用耐熱材料(往還機ノーズキャップやロケットノズル等)或いは航空機のブレーキ材に適用されてきている。我が国では、次世代産業基盤技術研究開発制度の下で宇宙往還機等への適用を目指した超耐環境性先進材料の研究(平成元年度～平成8年度)が行われ、耐熱構造部材やエンジン部材への適用が検討された。

C/C複合材料は、酸化環境では使用制限があるため、C/SiC、SiC/SiC等のセラミックス基複合材料(CMC)の実用化研究が進められてきた。CMCも低比重の高耐熱性材料であり、特に連続繊維強化CMCは良好な破壊靭性を有することから、精力的な研究が進められている。

航空機用エンジンの高効率化のためには、軽量かつ耐熱性に優れる材料の適合が求められ、特にSiC/SiCはガスタービン燃焼室や静翼への適用を目指した研究が日米欧を中心に進められている。我が国においては、上述のAMG及びESPRプロジェクトでSiC/SiC燃焼器ライナー等の試作評価研究が行われた。そこで抽出された新たな課題が、高温、水蒸気環境下でのSiC等のケイ素系非酸化物セラミックスのリセッションである。この問題を解決するため、高温、高圧水蒸気に対する耐環境コーティングの研究開発が盛んに行われるようになり、国内ではNEDOの基盤技術研究促進事業(平成14年度~平成18年度)にCFCC計画が実施されてSiC/SiCに対する耐環境コーティング要素技術を研究した。その他、戦略的基礎研究推進事業(CREST：平成9年度～平成14年度)において、京都大学が高温強度・気密性・熱伝導性に優れた画期的なSiC/SiC複合材料を開発した。この材料系は中部経済産業局のサポーティング・インダストリー支援事業(戦略的基盤技術高度化支援事業)での研究開発に引き継がれ、高効率エンジン向けSiC/SiC複合材料製造工法の開発において、繊維界面コーティングを不要とする独創的なSiC/SiC複合材料を開発している。

一方、SiC/SiC より低コストで耐環境性にも優れる酸化物系セラミックス複合材料(Ox/Ox)の研究開発も進められており、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的構造材料」で実施した航空機エンジンの低圧タービンシュラウド向けの、低コストで高靭性な Ox/Ox を開発した。

(5) 今後の課題と展望

複合材料の適用範囲は CFRP を中心に今後も拡大する予測されているが、軽量化のみならず低コストの要求も高まっており、成形加工性の改善など、解決すべき課題がある。

即ち、性能面では耐熱性、耐湿熱性、高圧縮特性及び耐衝撃性(高靭性化)等の相反する特性が同時に求められており、高分子設計や分子配合技術を駆使した樹脂の開発が不可欠である。繊維／樹脂界面の最適化も重要であり、界面挙動の分子論的な理解を確立しなければならない。また、実際の運用において考慮すべき長期耐久性評価についても、短期間で予測・評価する技術開発が望まれる。現在、有限要素法(FEM)と組み合わせた構造材の耐久性解析ツールの検討も行われている。さらに、各種成形加工法に適合した低コスト材料(ファイバープレースメント用トウプリプレグ、真空成形用プリプレグ、厚肉プリプレグ等)の開発が進み、実用化されている。

一方、成形加工性の面では、最近、量産化を対象として従来成形法の自動化が進められており、例えば自動切断機や自動積層機等の採用によって成形加工の均質化、合理化を行ない、成形品品質の向上・安定化、加工費用の低減を図っている。このような動きの中で、対応できる材料の要求が強まっており、加工性の良否が材料特性と共に重要な要素となってきている。また、高度の成形技術の開発も進み、大型構造物の一体成形なども一部に実用化が図られているが、今後は材料性能だけでなく、材料開発技術－設計技術－生産技術－品質保証技術が一体となった体系的な研究が一層必要となってきている。特に成形プロセスの高速化や高速高精度化した非破壊検査法の開発は不可欠であり、経済産業省プロジェクトの中で一部要素技術開発が進められつつある。古くから欧米においては、研究機関、大学、企業(素材メーカー、装置メーカー、部品メーカーなど)が連携したクラスターを形成し、基礎技術開発から実用化までを鋭意進めてきたが、最近、日本においても同様のスキームでの取り組みが始まった。その一例として、戦略的

イノベーション創造プログラム SIP 第 1 期(平成 26 年度～平成 30 年度)にて航空機のエンジンや機体に用いられる部材を主な対象とした「革新的構造材料」の研究開発として、航空機用樹脂・CFRP 材料の開発(「航空エンジン用途国産熱可塑性樹脂・CFRTP 開発(名古屋大学、IHI 等)」、「高生産性・高信頼性脱オートクレーブ CFRP 構造部材の知的生産技術の開発(東レ等)」、「耐熱高分子基複合材(耐熱 PMC)の適用技術研究(JAXA、IHI 等)」、「成形プロセスモニタリング・モデリングと品質評価技術(東京大学、JAXA 等)」、「高生産性・強靭複合材開発(三菱重工業等)」)や、セラミックス基複合材料の開発(「耐環境セラミックスコーティングの構造最適化及び信頼性向上(ファインセラミックスセンター、物質･材料研究機構、JAXA、IHI 等)」、「高速基材製造プロセス技術の開発(東京工科大学、三菱重工航空エンジン等)」、「酸化物系軽量耐熱部材の開発(三菱重工航空エンジン等)」)が行われ、SIP 第 2 期(平成 30 年度～令和 4 年度)では「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」として「多機能 CFRP(東レ、東北大等)」、「AI 自動積層(MHI、JAXA 等)」、「薄層 3D 設計(SUBARU、JAXA 等)」が進められている。一般機械や自動車部品で加工時間が短くプロセスが簡便となる熱可塑性樹脂の実採用は始まっており、航空機適用の研究、検討も進んでいる。また、近年では、複合材の成形加工時に排出される複合材廃材や用途廃棄となった複合材部品の処理が課題となっており、複合材廃材の再利用化のための複合材リサイクル技術も注目されており、再生した炭素繊維の利用も自動車部品での採用、評価・検討が進められている。

国内における航空宇宙用複合材料は、現在も実用化への着実な努力が重ねられており、今後の進展が期待されるところである。

3 ファインセラミックス

ファインセラミックスは、高強度、高耐食、高耐摩耗などの特性を有する構造材料で、また電子機能材料や生体・生活機能材料として注目を集めている。構造材料には、切削工具、ダイス、メカニカルシール等の機械部材としての利用に加え、最近では高温強度と軽量性を生かすものとして、自動車エンジン用ターボチャージャーローターやボールベアリングへの応用が具体化している。

令和 3 年の我が国におけるファインセラミックス部材の生産総額は前年比 16.0%

増の 3.6 兆円であった。COVID-19 感染拡大の影響を受けた自動車向け需要の回復、スマートフォンやノート PC 向けの需要が増加した。令和 4 年は 3.9 兆円規模になる見込み(令和 4 年 12 月時点見込)である。

航空機用エンジンのタービンの高温化には、熱遮蔽コーティング技術が材料技術、冷却技術と共に重要であり、燃焼器やタービン翼等の高温に曝される部品の多くにジルコニア等のセラミックスを主成分とする遮熱コーティング層(TBC)が施されている。今後、ファインセラミックスの航空機への利用が期待されるのは、エンジン部材としての窒化けい素、炭化けい素、セラミックス基複合材料および傾斜機能材料である。セラミックスは高比強度、高比剛性、高耐摩耗性などの優れた特徴をもつが、他の材料に比べて靭性が劣る。そのため、セラミックスの靭性改善を目的とした粒子分散や繊維強化など、複合化の手法の研究開発が行われている。特に SiC 系セラミックス複合材料の適用が期待され、実用化に向けて、酸化劣化を抑制するための耐環境コーティング(EBC)の開発が進められている。GE アビエーション社が航空機エンジン LEAP の高圧タービン 1 段シュラウドに、また GE9X エンジンでは高圧タービン 1 段シュラウドに加え、燃焼器インナー、アウターライナー及び高圧タービン 1 段・2 段ノズルにセラミックマトリックス複合材料(CMC)を採用した。また、日本の航空機関連メーカーも同様にエンジン部品への CMC の採用に向けた開発を進めており、CMC を構成する炭化けい素繊維については、現在、日本カーボン及び UBE の日本企業 2 社で世界のほぼ 100%のシェアを握っている。

また、IHI や UBE、シキボウ等は、経済産業省が平成 27 年度から令和元年度までの 5 ヵ年計画で進めてきた「次世代構造部材・システム技術に関する開発事業」の中で、これまでに CMC を活用した航空機エンジン用高圧タービン翼試作し、評価試験を実施した。令和 2 年度からは同事業の後継となる「次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト」が実施されている。

第４章　航空機用機器・素材産業の課題と展望

第１節　産業基盤の確立

1　防衛需要の安定と国産化

我が国における航空機工業の国内生産高のうち防衛関係は、平成 7 年度から減少傾向にあり、平成 28 年度以降 30%前後で推移し、令和元年度では 27%まで低下した。令和 2 年度以降 COVID-19 による民間航空機需要の大幅な落ち込みにより、40%を超過したものの、全体的に低い水準となっている。これは、厳しい財政事情や軍用機用機器の高度化・複雑化に伴う単価の上昇等を背景に、各種機器の調達数量が減少傾向にある一方、民需関係が飛躍的に増加してきたためである。海外においては、国境を越えた防衛産業の再編が進展し、海外企業の競争力が増しつつあるなど、我が国の防衛産業を取り巻く環境は厳しさを増していた。

防衛省機の生産の特徴は、調達量が多種少量であること、同様の機器でも機種により生産担当メーカーが異なるなどの特色があることから、機器・素材産業にとって需要が不安定と成り易い。そこで、高品質の装備品の一層効率的な取得やコスト管理の徹底を図るため、防衛省内の装備取得に関連する部門を集約・統合し、平成 27 年に防衛省の外局として防衛装備庁が設置された。現在、効果的かつ効率的な運用及び維持を可能とする最適な装備品の取得を実現する為に、P-1 固定翼哨戒機、C-2 輸送機など 36 の装備品がプロジェクト管理重点対象装備品として選定されている。

平成 26 年に「防衛生産・技術基盤戦略」が策定され、国際共同開発・生産の可能性が出てきたとは言え、我が国機器メーカーにとって防衛省機用機器を国産することにより貴重な技術力向上のチャンスが得られるものであり、総調達機数の多い機種については、国内技術を中心とした国産開発機器の搭載と使用が望まれ、今後はそれら国産開発機器の民間航空機への転用も期待される。

防衛需要の安定と防衛省機用機器の国産化推進は、今後も機器・素材産業の基盤確立に極めて重要な役割を果たすものと思われ、機器・素材の国産化は、緊急時の部品の安定供給・運用支援継続のためにも不可欠である。令和 4 年のロシアによるウクライナ侵攻と世界の急激な軍備増強を受け、日本でも安保 3 文書が制定され、大幅な予算増加や装備品の追加開発・調達など抜本的な見直しが始まった。今後具

体的な施策が実行されるにつれて、産業基盤強化や生産額の増加、収益の改善、海外への装備移転進展など積年の課題が解消されることが期待される。

2　国内需要の創出

今後の日本国内の経済発展に伴い、長期的には都市の再開発、近郊・地方都市への経済・文化活動の分散、物流量の増大、観光客、ビシネス旅客の増加など、国内需要を確実に増大させる要因は数多くある。すなわち、地方・都心の空港整備やヘリポートの設置、更には航空輸送に係る諸規制の緩和が積極的に実施されれば、国内の航空輸送需要は着実に伸び、国産小型民間機やヘリコプターの国内市場が拡大し、機器や素材のマーケットも拡大するものと思われる。

他方、先進ターボプロップエンジン(ATP)の例に見られたように各種の研究開発が政府主導、あるいは政府援助を得た民間の開発機関で強力に進められてきた。また、超音速輸送機用推進システム(HYPR)や先進材料利用ガスジェネレーター(AMG)プロジェクト等で、それぞれのメーカーと並んで機器・素材メーカーも参画し貢献してきた。機器・素材メーカーにとっては、このような研究開発プログラム自体が狭い国内市場の中での貴重な市場創出のチャンスである。

さらに、次期戦闘機、無人航空機、次世代超音速輸送機(SST)、小型民間輸送機、空飛ぶクルマ等の将来機用として期待される機器・素材の開発にも積極的に参画し、業界自らも将来の国内市場を拡大していく努力が必要である。

3　輸出の促進

機器・素材の民需拡大策として、国内市場より格段に大きな国外市場に向けて国際化を図る輸出の促進が重要である。欧米系メーカーと我が国の機器メーカーとの間には、会社の生産能力規模の格差もさることながら、欧米系メーカーには世界の大きな軍需・民需市場で長年の競争を闘い抜いてきた経験とそれに注いだ膨大な研究開発投資に裏付けされた技術蓄積があり、開発技術力における彼我の差は大きい。また、エアライン会社の支援に関しても、世界的スケールのプロダクトサポート体制を有する欧米系メーカーとの格差は大きい。

しかし、B767、B777、B787 等の国際共同開発に参画した日本のメーカーが、ボーイング社向け輸出契約に成功したことは、各社の製品・生産技術や品質がその時

点で国際レベルに達していたことを証明するものであり、さらに、受注品を納入する過程で品質管理・納期管理などにおける向上努力は高く評価されている。専門・特化技術や製品を有する我が国機器メーカーが、国際商戦の中で欧米メーカーとの競争に近年は打ち勝って受注している。

B787 における実績として、ブリヂストンがタイヤを納入、パナソニック・アビオニクス社が客室サービスシステム及び機内娯楽装置を納入、ジャムコがラバトリー、ギャレー、操縦室ドア、内装パネル及び収納ボックスを納入、多摩川精機が角度検出センサー及び小型 DC ブラシレスモーターを納入、住友精密工業が APU オイルクーラーを納入、ナブテスコがレイセオン・テクノロジーズ社と共同で高電圧配電装置を納入している。また、B737MAX には同じくナブテスコが FBW 化に対応するスポイラーアクチュエーターを納入、さらには B777X に対してジャムコがラバトリー、ナブテスコがプライマリーのフライト・コントロール・アクチュエーター・システムを受注するなど、日本航空機関連メーカーが大きく貢献している。

日本の航空機関連メーカーは、過去数年連続してボーイング社のサプライヤ・オブ・ザ・イヤーとして「プレジデント・アウォード・フォア・エクセレンス賞」を受賞しており、平成 28 年は、ナブテスコと日本飛行機が受賞する等、特にボーイング社から日本の航空機関連メーカーが高い評価を得ている。(表 3-4-1 参照)

欧州の航空機メーカーへの輸出については、専門・特化技術や製品を有するメーカーが A380 等エアバス機搭載用の素材や機器の受注を果たし漸次増加傾向にある。この背景として、エアバス社が日本市場へより積極的に参入する狙いがあると思われる。欧米メーカーの民需シフトの促進により、メーカー間の競争はますます激化しており、我が国機器メーカーは更なる価格競争力など競争優位性を確立する必要がある。

従来の機体メーカーがシステムを担当し機器メーカーがその構成品を担当する開発形態から、近年は、機器メーカー数社が協力あるいは国際共同開発によるシステム等の独自新方式を開発提案する形態に移行しつつあり、機器メーカーはシステム能力の向上が必要となってきている。これは我が国の機器メーカーにとって、世界の民需市場へ参入し国際化を加速する絶好のチャンスであり、このチャンスを成功に導くためには、次のような諸施策が必要と思われる。

表 3-4-1　外国航空機製造会社等からの受賞状況一覧表（令和 4 年 12 月末時点）

受　　賞　　名		受賞会社名	受 賞 年
PIE(プライド・イン・エクセレンス賞)(ボーイング)		三菱重工業	1975、1984、1985、1988～1990
		ジャムコ	1979～1981、1983～1987
		ナブテスコ	1985
		小糸工業	1996
サプライヤ・オブ・ザ・イヤー賞(プレジデント・アウォード・フォア・エクセレンス(ボーイング社長賞))		横浜ゴム	1989、2000
		小糸工業	1991、1999
		ジャムコ	1992、1994、1998、2002、2015
		東レ	1994
		ナブテスコ	1995、2013、2015、2016
		富士重工業（現 SUBARU）	1996、2003、2011
		川崎重工業	1997、2010
		日本飛行機	1998、2016
		ﾄｰﾚ･ｺﾝﾎﾟｼﾞｯﾄ･ｱﾒﾘｶ社	1999
		三菱重工業	2003
		三菱電機	2003
		ブリヂストン	2009、2010
		新明和工業	2013、2014
ボーイング・パフォーマンス・エクセレンス・アウォード		富士重工業（現 SUBARU）	2010、2012、2013
		ジャムコ	2010、2013、2017
		カヤバ工業（現 KYB）	2010～2012、2015、2016
		新明和工業	2010、2012、2013、2015、2016
		川崎重工業	2011、2012
		昭和飛行機工業	2011、2013～2015、2017
		ナブテスコ	2015～2017
		ブリヂストン	2012、2014
		スカパーJSAT	2013、2017
		新潟ジャムコ	2013
		多摩川トレーディング	2014、2017
		多摩川精機	2017
		日本飛行機	2017
サプライヤ・オブ・ザ・イヤー賞（ロールス・ロイス）		住友精密工業	2009、2010
ダグラス社長賞(旧マクドネル・ダグラス社)		ジャムコ	1995、1998
SPRIT OF EXCELLENCE 賞(旧マクドネル・ダグラス社)		三菱重工業	1994
		ジャムコ	1996
フォン・カルマン賞(ICAS(国際航空学術学会))	国際共同開発 V2500 エンジン	日本航空機エンジン協会	1996
	ボンバルディア社　グローバルエクスプレス	三菱重工業	1998
	HYPR プロジェクト	超音速輸送機用推進システム技術研究組合	2000
ハワード・ヒューズ賞		OH-X 開発技術チーム	1998
ロバート・J・コリアー・トロフィー賞(米国国民航空協会)		新明和工業	1997
		シコルスキー社及び S-92 国際工業チーム(三菱重工業)	2002
エアバス・サプライヤ・サポート・レイティング・アウォード(エアバス社)		ジャムコ	2015、2016
Zero Concession Award（エアバス社）		ジャムコ	2016

(1) 開発技術力の強化

国際市場での競争の決め手は、まずは技術力を基盤に要求される新ハイテク技術の開発力を高めることであると思われる。欧米メーカーが比較的不得手とする分野、あるいは我が国の高度な民生技術が応用できる分野に特定して、技術力の向上を図ることが重要となる。システム機器や最先端材料などの開発には一企業だけの対応は難しく、国内外の機体・エンジンメーカーや同業メーカー、エアラインとの協同を図ることも必要である。特にシステム機器における機器メーカー間の協力が重要と思われる。

(2) 国際共同開発プログラムへの積極的参画

航空機用機器・素材産業も B767、B777、B787、B777X、BK117、V2500、CF34、PW1100G-JM、GE9X などの国際共同開発を契機に海外からの受注が増加し、国際競争に参入している。

また、昭和 58 年以降、航空機用機器・素材を含めた航空機に関する海外貿易会議が開催され、令和 5 年で第 33 回となった。世界の主要都市などで毎年開催されており、年々活発になっている。このように航空機用機器・素材産業も国際協力のチャンスが更に増えつつある。

一方、機器・素材メーカーとしては、今後国際的に組織される機体やエンジンの共同開発プロジェクトに対し、個別あるいはグループを組んで応分のリスクを分担しながら積極的に参画していく戦略が必要と思われる。

航空機用機器・素材産業の今後の大きな発展のためには、「国産化方針」に代わり策定された「防衛生産・技術基盤戦略」によりグローバル防衛ビジネスへの参入チャンスがでてきたものの、民需拡大は不可欠と思われる。機器・素材メーカー各社独自で成果に繋がりつつある民需ビジネスの拡大努力に加えて、国際共同開発の促進が重要な鍵になると言える。従って、(一財)航空機国際共同開発促進基金(IADF)等の支援を得るなど、我が国メーカーでも海外メーカーとの間でリスク・シェア方式による国際共同開発への参画が求められている。

(3) 製品価格競争力の強化

欧米機体メーカー間の競合により、機体価格競争が激化している背景から機器製品の低価格要求が厳しくなりつつある。機器メーカーが国際競争で生き残るためには海外生産を含めた価格競争力の強化が必須条件となってきている。

既にジャムコ、住友精密工業、ナブテスコ、パナソニック・アビオニクス、セキスイ・ポリマー・イノベイションズ(SPI)社は、海外に製造拠点を構える。

(4) プロダクトサポート体制の強化

プロダクトサポートはプログラムの収益性改善に貢献するビジネス分野であり、量産後においては全世界にプロダクトサポート網を整備することが課題である、と同時にサポート体制の世界対応構築に多額の資金を要することから、先行企業は体制構築費を償却済みである場合は価格競争力や参入障壁として利用する。大手の修理専門会社がエアラインとの間で包括メンテナンス契約を結ぶケースが増えており、修理専門会社との競争が激化する傾向にある。これに対応するには一社では負担が大きくなるため、国内業界での個別提携、グループ共同あるいは外国メーカーとの共同等により、効率的に体制の整備や強化を図る必要がある。またメンテナンス事業に関しては、各国の独自性を増した航空局法規への適合が要求され、適切な対応方法について留意する必要がある。

(5) 国際交流の促進

海外航空機関連産業との間の技術交流を確立するために、国内外のエアショーなどで積極的な広報活動を行うことは重要である。そのためには政府、業界、各企業がそれぞれの立場で海外出先機関を活用し、交流促進を図る必要がある。

国内は、昭和 41 年の第 1 回東京航空宇宙ショーを皮切りに、平成 30 年の「2018 年国際航空宇宙展」で第 15 回を数え、次回は令和 6 年に JA2024 が東京において計画されている。また、海外交流では昭和 46 年からのパリエアショー、昭和 53 年からのファンボローエアショーなど各国のエアショー参加を通して積極的な国際交流の促進に努めている。

第 2 節　研究開発

航空機全体では、今後も機体、エンジン、機器部品および素材各分野において先進技術への期待度が高く、実用化に際しては各分野間で、いかに調和・統合を図るかが重要となる。航空機の操作や運航に関する技術の高度化は、高信頼度の電子・情報・通信技術を背景とした機器技術や人工衛星技術の発展に負うところが極めて大きい。また、それらの技術は、素材面の開発や製造・加工技術の向上、機体構造の改良や新エンジンの開発へ展開され、航空機の性能向上に多大の貢献をしている。

航空機産業においては、機体の設計・製作のみならず、航空機を構成する部品や素材分野での技術力の蓄積なくしては真の発展は望み難いと思われる。

経済産業省は平成17年に今後15年程度を見据えた技術戦略マップを発表した。ここでは20の技術分野について、導入シナリオ、技術マップおよびロードマップが示されたが、航空機分野については、我が国の強みを将来にわたり維持・強化していくために、材料・構造分野、システム分野等の要素技術開発を継続的に進めること、自動車や鉄道等他分野への成果の波及を促進すること等が重要としている。

平成18年に実施された改訂では、防衛省機の民間転用による効率的な機体開発、および空力特性や環境適応性などにおいて高い技術が要求される超音速機の開発の必要性が追加された。また重要技術として、材料関連では軽量化技術、低コスト製造技術、エンジン高温化のための耐熱材料技術、装備品(システム)関連では環境適合性技術、低燃費化技術、飛行安全性向上技術などが述べられている。

さらに平成22年には、航空機分野での最先端基盤的技術の研究開発は、長期的なビジョンを持ちつつ、重点的に支援すべき技術について、航空機を対象とした研究開発支援策、及び広く産業技術を対象とした研究開発支援策のうち航空機関連技術にも裨益するものを組み合わせながら支援を行い、上述の方向性を目指すことが重要としている。航空機分野の技術課題は、①材料・構造技術、②空力技術、③装備品(システム)技術、④エンジン要素技術、⑤全機インテグレーション技術、の5つに分類して技術マップを整理している。

令和元年、当時の菅内閣総理大臣は2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。これを踏まえ、令和2年12月、経済産業省は関係省庁と連携し「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。グリーン成長戦略では14の重要分野を設定しており、その中に航空機産業も選定されている。CO2削減に繋がる水素航空機に関わる機器や構造部材の軽量化を目指す研究開発プロジェクトが令和3年度から開始されている。

文部科学省は、我が国の航空部門が10年後にあるべき姿とそれを実現するための「航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ」を平成24年および平成25年に発表している。また、平成26年に「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン」を発表し、先進的な航空科学技術において、国際競争力向上に直結する革新技術の研究開発及び技術実証に取り組むため、民間航空機国産化研究開発プログラム

と超音速機研究開発プログラムの2つのプログラムを提示した。その中で、材料関連では、複合材の適用による超軽量化機体設計やエンジンファン等の軽量化等による燃費半減による画期的な経済性の実現を目指すとしている。

さらに内閣府(総合科学技術・イノベーション会議)では、「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の中で革新的構造材料を取り上げ、軽量で耐熱・耐環境性等に優れた画期的な材料の開発及び航空機等への実機適用を加速し、省エネ、CO_2削減に寄与し、併せて、日本の部素材産業の競争力を維持・強化するため、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントを行うとしている。そして平成30年からは、SIPの第2期として、材料開発コストの大幅削減や開発期間の大幅短縮を目指すプロジェクト「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」を開始した。また平成27年に内閣府が中心となって、航空産業に対する支援体制の構築を関係省庁が連携して行うため、「基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略に関する関係省庁会議」が立ち上げられ、同年に「航空産業ビジョン」が策定された。その中で、素材・加工技術について、金属(チタン・ニッケル等合金、チタンアルミ等金属間化合物)については、リサイクルプロセスを含めた国内サプライチェーンの確立を進めるとともに、複合材(炭素繊維複合材、セラミックス基複合材)については、世界のトップレベルを維持し、さらに強化するため、繊維だけでなく、基盤(樹脂、セラミックス等)に関してもさらなる技術開発を進める。併せて、素材の強みを生かして市場を獲得するためには、加工段階までを包含する技術・サプライチェーンが必要となるため、生産性に優れた金属・複合材加工技術、加工しやすい複合材素材の研究開発を実用化に向けて着実に進めるとしている。

航空機用部品・素材産業の技術基盤確立のための研究開発は、一般に研究段階から製品化までに長い時間と多くの開発費が必要とされる。さらに、実用化のためには材料あるいは部品規格を整備し、航空機メーカーの認定を得るに至るまでの開発戦略が不可欠である。(一社)日本航空宇宙工業会は平成 14 年に「航空機用アルミニウム合金に関する規格・認証体系の調査」、平成 15 年には「航空機用先進材料に関する規格・認証体系の調査」を行っている。

政府は、(国研)産業技術総合研究所(AIST)、(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)、(国研)物質・材料研究機構(NIMS)等において基礎技術の研究開発を実施するとともに、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)や(一財)素形材センターを

通じての委託や補助事業により民間企業の技術開発に対する助成を行ってきた。これに加えて、(一社)日本航空宇宙工業会では革新航空機技術開発センターや先端航空機部品・素材技術調査委員会の委託研究などにより民間企業の研究開発を積極的に進めている。

また東京大学生産技術研究所・先進ものづくりシステム連携研究センター(CMI)の取組みにおいて、チタンや複合材料等の難削材を高効率で切削する等、加工生産性の向上に寄与できる研究開発を行っており、実際に開発された技術をスムーズに実用化へつなげるため、航空機関連メーカー、素材メーカー、東京大学がボーイング社と連携して研究開発を進めている。なお CMI は令和 5 年 3 月末をもって終了予定となっている。

表 3-4-2 に、政府主導あるいは政府助成による民間実施の主な航空機用機器・素材関連研究開発プロジェクトの概要をまとめた。これらの民間機技術を対象とした研究開発に加え、防衛装備庁の研究開発においても、実際の機体やエンジンの高性能化に結びつける役割も担っている。

表 3-4-2　国による航空機用機器・素材関連研究開発プロジェクト

(注) 現在実施中の研究開発プロジェクトのみを掲載

所管省庁	分野	プロジェクト名	実施期間(年度)	概要
経済産業省	材料加工	革新的新構造材料等研究開発	H26 - R4	エネルギー使用量及びCO_2排出量削減を図るため、その効果が大きい輸送機器(航空機等)の抜本的な軽量化に繋がる技術開発を行う。アルミニウム材、チタン材、マグネシウム材、鋼板、CFRP等、輸送機器の主要な構造材料の高強度化等に係る技術開発と、これらの材料に適用可能な革新的接合技術の開発等を一体的に実施する。
		次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト	R2 - R6	本事業では、航空機構造部材および加工技術、並びに軽量耐熱CMCエンジン部材を開発することで、航空機の燃費改善等の課題解決並びに我が国の産業の国際的競争力の強化を目指す。

所管省庁	分野	プロジェクト名	実施期間(年度)	概要
	機器・システム制御	航空機用先進システム実用化プロジェクト	H27 - R5	本事業は、航空機用先進システムの開発を目的とし、平成 27～令和元年度まで、次世代降着システムや次世代コックピットディスプレイ等を開発。地上又は飛行環境下で従来システムよりも優れた性能・機能等を有することを実証。令和元年から新たに航空機電動推進システムを構成する高効率かつ大出力密度モータや線材等に関する各要素の技術開発を実施している
経済産業省（続き）	機器・システム部材・部品等	グリーンイノベーション基金事業：次世代航空機の開発プロジェクト	R3 - R12	本事業は「2050 年カーボンニュートラル」の実現を目指し、①水素航空機向けコア技術開発と、②航空機主要構造部品の複雑形状・飛躍的軽量化開発を行う。①は水素航空機向けのエンジン燃焼器や液化水素燃料貯蔵タンクの開発、機体構造の検討を行い、②は主翼等の重要構造部材の軽量化を図る。
	材料・部品等	航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業	R3 - R7	本事業は、航空機の燃費改善や環境適合性向上の要請に応えるため、①量産化を志向した航空機エンジン部品の設計・製造プロセスの効率化・高度化、②人工知能、マテリアルズ・インフォマティクスを活用した、航空機エンジン向け高機能材料に必要なデータ駆動型の合金探索システムを開発し、国産材料の開発を行う。また③国産材料の競争力強化に向け、関連企業や研究機関などと連携し、航空機用エンジンに関する材料データの蓄積や強度評価、性能評価などに必要なデータベースを構築する。

所管省庁	分野	プロジェクト名	実施期間(年度)	概要
文部科学省	材料	民間航空機国産化研究開発	H27～	民間航空機には 3 つの課題(安全性、環境適合性、経済性)が求められ、エンジン技術として、ファン、低圧タービン、高圧タービン等の研究開発を行う。材料に関係する経済性への対応として、ファンの複合材適用による軽量・高効率化、低圧タービンの複合材適用による軽量・高効率化、機体の空力抵抗低減化を図る。
内閣府	材料	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期： 統合型材料開発システムによるマテリアル革命	H30 - R4	我が国の材料開発分野での強みを維持・発展させるため、材料開発コストの大幅低減、開発期間の大幅短縮を目指し、世界最先端の逆問題に対応したマテリアルズインテグレーション(欲しい性能から最適材料・プロセス・構造を予測)を実現・社会実装し、超高性能材料の開発につなげるとともに信頼性評価技術を確立する。

第５章　宇宙用機器・部品材料の現状と展望

第 1 節　宇宙用機器・部品材料の特質

宇宙産業は各種最先端技術を結集する総合産業であり、高度で複雑な宇宙システムを支える部品・素材に対して高性能化、小型・軽量化、耐環境性、高信頼性、安全性などが要求され、技術的波及効果も大きいのが特徴である。

宇宙利用の分野では、無重量、高真空などの宇宙環境を利用した、新しい材料や薬品、新しい工法による製品が実用化され、今後新しい産業として展開する可能性もある。衛星情報利用分野は、通信や IT、AI 等も合わせ新サービスを生んでいる

宇宙用部品・素材の開発は、巨額の研究開発費が必要なうえ、市場規模も小さいことから、宇宙工業全体と同様、部品・素材産業も国の政策への依存度が高い状況が長年続いた。このため、JAXA は部品の認定制度を設けて、部品の高信頼性化、共通化とともに安定供給を進めている。更に、将来の大型衛星、ロケットなどの開発に有効に対応できるよう、昭和 63 年に我が国の宇宙関連企業 36 社が出資し、高信頼性部品(現 HIREC)を設立した。同社は、信頼性評価、一括購入などを通じ、宇宙用部品の信頼性確保とコスト節減を図ることを目的としてきた。

その後も JAXA 認定部品の安定供給は続き、実用衛星を始めとする、長寿命かつ高信頼性が要求されるプロジェクトに広く使用されている。一方で、世界的な宇宙産業市場規模の急拡大により、民間の宇宙利用ビジネスのために、最先端の半導体部品に信頼性評価をして使用するケースが増えており、宇宙用機器部品の多様性が出始めている。

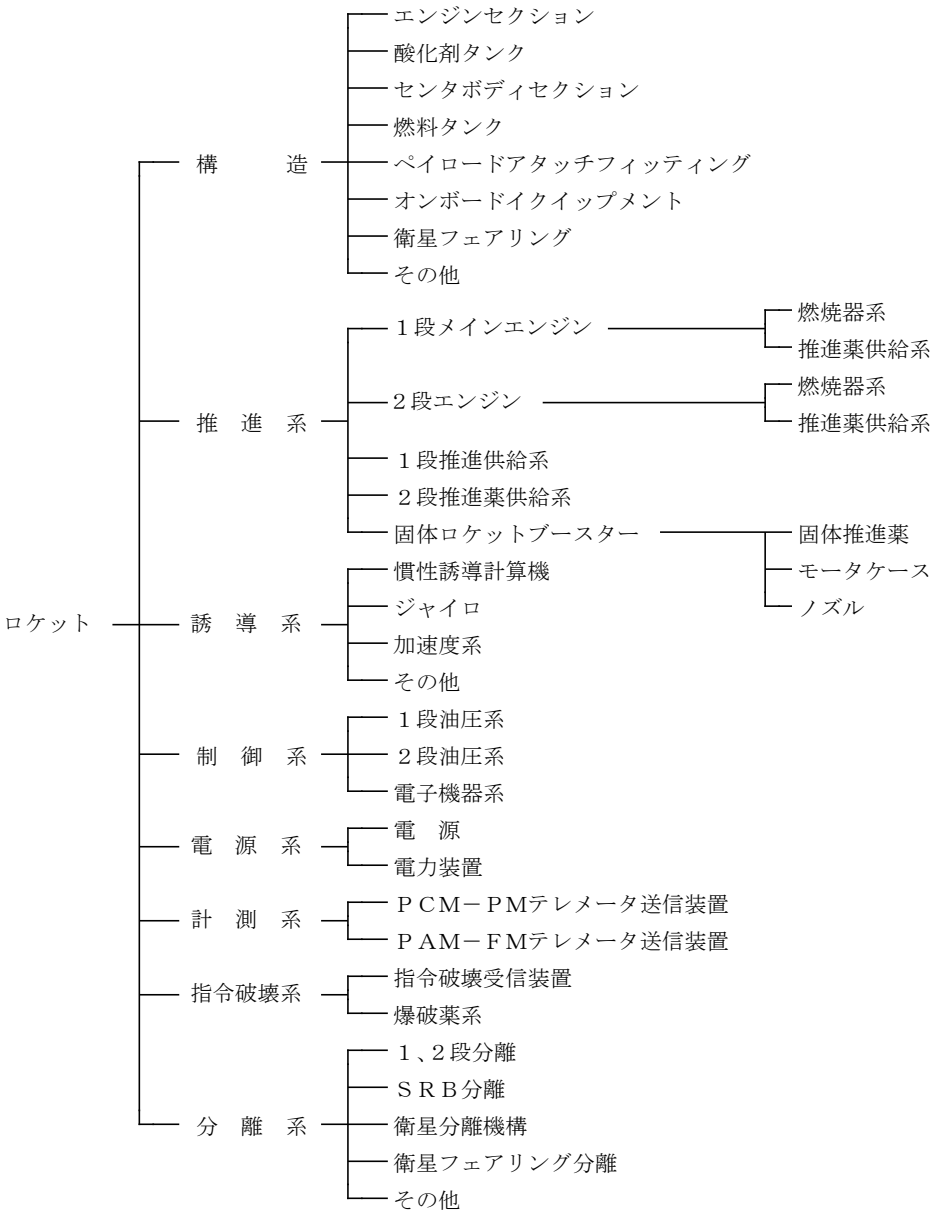
我が国の宇宙用部品や素材については、米国など先進国と比べ生産規模が小さく、まとめ買いや販路の確保が必要である。

第 2 節　宇宙用部品の現状と課題

1　ロケット用機器・コンポーネント

我が国のロケットとしては、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の衛星打上げ用ロケット(H-IIA、H-IIB 及びイプシロン)と科学観測ロケット(S 型)があり、また、H-IIA/B の後継として H3 ロケットが開発中である。それぞれのロケットには、数多くの機器やコンポーネントが使用されている。(図 3-5-1 参照)

図 3-5-1　ロケット用機器・コンポーネント分類



これまでの、これらの機器やコンポーネントの調達ソースを見ると、平成 12 年にフェーズアウトした H-II は国際市場参入を意図し、機器・コンポーネントに至るまで国産部品あるいは用途に制約を受けない輸入品を使用していた。後継の H-IIA も、コスト低減のため、一部は海外からの技術導入や輸入部品を使用しているもの

の、H-II 同様、国際市場参入を意図し、そのユニット機器・コンポーネント等の輸出に大きな制約はない。しかしながら、宇宙関連物品の輸出は法規上の面からの制約が大きく、今後政府の支援を含めた、当該部物品の輸出等促進のための環境整備が待望される。

一方、S 型など JAXA の固体ロケットの機器・コンポーネントには、100%国産品が使用されており、これらを構成する部品も輸入比率は低い。特に固体推進薬の主原材料である末端水酸基化ポリブタジエンゴム(HTPB)、過塩素酸アンモニウムの細粒(AP)等は、ミサイル関連機材にも指定されており、早くから国産品の開発が推進された。現在、H-IIA / B の固体ロケットブースター(SRB-A)、イプシロンロケット及び S 型ロケットの推進薬原材料は、機器・コンポーネント同様、使用量が少ないので、割高にならざるを得ない。推進薬は、安全上の制約から、モータケース内部に装着するまでの工程に多大な工数が掛かることもコスト高の大きな要因となっている。

H-IIA の性能は国際的にも高い水準にあり、また、国際市場での価格競争力は弱いが、今後は打上げの成功率を高め信頼性を確保するとともに、低コストを目指した H3 ロケット等の開発においてコスト低減が図られ、更に発注数量が増えて来れば、十分国際競争力を有してくると期待される。商業ベースによるロケット打上げ国際市場において確固たる地位を築くため、実現しなければならない課題である。

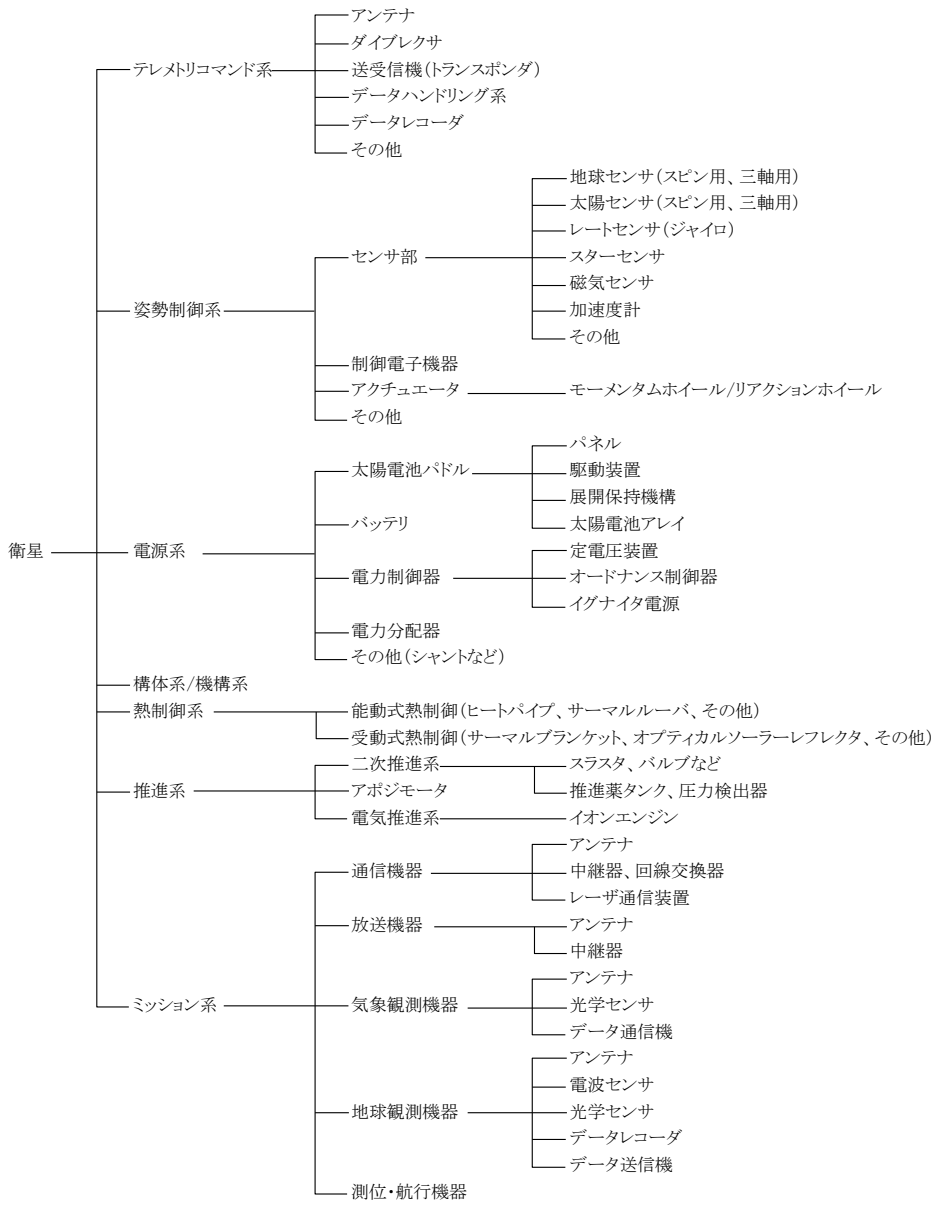
官による輸出環境整備と民間企業による高信頼性確保、コスト低減こそが、我が国のロケット､機器･コンポーネント分野での国際市場進出を左右する鍵と言える。

2　衛星用機器・コンポーネント

衛星用機器・コンポーネントは種類が多く、その開発には電子や精密機械を始め広範な産業分野の企業が携わっている。

衛星用機器・コンポーネントの国産化率は十分高いが、一部に輸入品も使用されている。国産化率は科学衛星や技術試験衛星の方が、実用の衛星より一般に高い状況にある。逆に輸出する機器としては、通信系、太陽電池パドル、機器パネル等を中心に幾つかみられる。(図 3-5-2 参照)

図 3-5-2　衛星機器・コンポーネント分類



衛星の使用コンポーネント別に現状をみると姿勢制御系の低高度用地球センサー、可動アンテナ等の駆動機構等海外で実績の多いものは輸入に頼っているが、その他の多くは国産化している。推進システムは各専門メーカーによりガスジェット、アポジモータなど、液体／固体推進剤を使用する化学式推進装置が順次国産化された。

液体燃料スラスタは米国で一定のシェアを維持している。近年、世界的に、オール電化の推進システムの研究・開発が進みつつあり、我が国でも、イオンエンジンや、より小型で大推力が出せるホールスラスタ等の電気推進装置の研究・開発が進められている。これらの他に、小惑星・火星以遠の宇宙機用の推進システムとして、MPD アークジェット、DC アークジェット電気推進装置が小型軽量な点で有望である。イオンエンジンは、「はやぶさ」、「はやぶさ 2」や超低高度衛星技術試験機(SLATS)にも搭載されている。電化により衛星バス機器の質量が画期的に軽量化されることから、今後、推進システムの電化が急速に進む可能性がある。ミッション機器では、通信・放送衛星用中継器、放送衛星用アンテナ、観測用センサー類などは国産化されている。また、通信用機器は、海外にも輸出されているが、日本企業が平成の初期に持っていた機器の海外シェアを近年は失っている。なお、この中には海外衛星メーカーで製作される、我が国の民間通信・放送衛星用の機器も含まれている。

以上のように、衛星用機器・コンポーネントの国産化率は高くなっているが、開発予算が限られ打上げの機会も少ないなどの制約があるため、その進展度は遅い。今後さらに我が国の技術の特質を生かした分野での、効率的な国産化の推進が望まれる。衛星は今後も複雑化し、高性能化、長寿命化、低コスト化が要求されることから、機器・コンポーネントもこれに対応した、一層の高性能化・高信頼性化等が不可欠である。その際、キーとなる機器・コンポーネントについては最先端技術をもって国産化を継続し、宇宙開発における自在性を確保することが望ましい。また、宇宙での使用実績が尊重され、実証が有効視される宇宙機器の分野では、国産化推進に当たり衛星の製作、宇宙での実験等の機会を極力多くすることが必要である。

3　宇宙用部品

宇宙用部品は長期間非修理系に使用されることと、打上げ時の機械的振動・衝撃及び軌道上における高真空・温度サイクル並びに放射線などの耐環境性を考慮し、高信頼性で、小型、軽量、低消費電力などが求められる。また、信頼性を確保するために設計ルール、構造、使用材料、製造工程並びに製品の試験・検査の項目や条件などの多岐に渡る要求条件が公的機関等によって定められている。

欧米では、宇宙産業が防衛産業、航空機産業を基盤に発展してきたこともあり、特に、米国では当初宇宙用部品の仕様は軍の規格(MIL 仕様書)をベースとして宇宙

環境条件などを加味して決められた。しかし我が国では、宇宙開発の初期にはこうした規格は皆無であり、初期の科学衛星では地上の通信装置に使用された信頼性の高い部品を宇宙用として評価しながら使用する、という方法がとられた。その後、宇宙開発事業団(現 JAXA)で MIL 仕様をベースとした認定部品制度が導入され部品の規格化が進展し、宇宙環境に適した部品の開発が進められた。その結果、抵抗器(ソリッド、金属皮膜等)、コンデンサ(磁器、プラスチックフィルム、マイカ、固体タンタル、湿式タンタル等)、コネクタ(角形、丸形、高周波等)、トランス、コイル、トランジスタ(低周波、高周波、マイクロ波、GaAsFET 等)、ダイオード(汎用、整流、定電圧等)、集積回路(耐放射線 CMOS、LSTTL 等)、混成集積回路、水晶振動子、リレー、ヒータ、サーミスタ、Ni-Cd・Ni-H_2・リチウムイオン蓄電池、太陽電池セル(Si. 多接合)、同軸スイッチ、白金温度センサーといった共通部品の相当数が国産化され、JAXA 認定品に登録された。またプロジェクト特有の非共通部品として、進行波管、バブルメモリ、CCD センサー、赤外線センサー等のセンサー類等が国産化された。日本がいち早く地上用・宇宙用ともに実用化した化合物半導体は、省電力、大電力、高速処理に優れており、衛星用の半導体(太陽電池、電力増幅器など)として利用可能となった。このため 20 世紀末期に大型化、大重量化が長期の傾向として予測されていた実用衛星は、21 世紀に入って大型化は頭打ちとなり、多チャンネル化、高出力化を従来の電力、スペースで実現させた。化合物半導体の宇宙での利用は、衛星大型化を回避し、小型衛星の能力を飛躍的に向上させた。これによりロケット大型化、衛星を多数必要としない技術傾向を発生させ、宇宙の低コスト化に大きく貢献した。また衛星群でのシステム構築費用を大幅に低減した。しかしながら日本の企業はこの宇宙用素子市場の寡占には成功しなかった。

JAXA 認定品は H-II ロケット及び ETS-VI 衛星の国産化政策に伴い増加し、平成 10 年にはおよそ 370 点の部品が認定された。しかしながら、その後 H-II ロケットから H-IIA ロケットへの変更に見られるような、コスト低減を優先した開発が衛星でも進められ、輸入部品に比べ価格の高い JAXA 認定品が敬遠されることになった。また、当初の JAXA 認定は QPL (Qualified Products List)方式であり、工程の維持管理を含め、継続認定のためのメーカー負担が大きかった。この結果、JAXA 認定を辞退するメーカーが増加し、JAXA 認定品は平成 16 年には 156 点まで減少した。

その後、QPL 方式から QML (Qualified Manufacturers List)方式への変更、JAXA

の部品総合対策などの効果により、JAXA 認定品は増加傾向にあり、令和 2 年時点では QPL 品と QML 品を合わせて 186 点の JAXA 認定部品が登録されている。

現在、高機能高集積回路デバイスでは 64 ビット 50MHz 動作の耐放射線性マイクロプロセッサ、36M バースト SRAM 及びコマンドドライバ等が認定されている。パワーデバイスではパワーMOSFET、POL DC/DC コンバータが認定されている。

また、平成 31 年に水晶発振器が新規認定された。受動部品においても、QPL 方式から QML 方式への変更が進むと共に、機器の小型軽量化促進のための表面実装部品の品揃えが進んでいる。さらに、フレキシブルや同軸ケーブルアセンブリ等、輸入に依存している部品について認定化を目指す動きがある。

なお、JAXA は ESA との部品協力協定を結び、日欧の部品認定、及び部品プログラムの相互理解を深化する活動を開始している。これにより日欧それぞれの認定部品の相互利用や部品の共同開発の改善を目指している。

宇宙用部品の国産化のためには、技術レベルの維持向上とともに、海外の部品並みのコストと安定した供給が必要である。さらに、機能、性能、品質、信頼性の向上並びに一層の小型・軽量化と経済性も追求される。先端技術に関わる米国製部品の輸入および再輸出は、米国政府の方針により厳しい制約が課せられることが多くなっている。米国の ITAR や EAR 等の再輸出規制で定義される禁輸国は、米国と他国の緊張状態に応じて変動するため、輸出リスクのない国産部品の開発が急務となってきている。高性能、多機能、長寿命、低消費電力が要求される機器のキーポイントとなる大規模集積回路や小型化、高性能化のためのチップ部品については、国産での開発を積極的に進める必要がある。

しかしながら、宇宙用部品の開発に時間を要し必要時期に間に合わない、という問題も出ている。低コスト、短期間での開発が求められる中、宇宙転用可能な地上部品の活用が注目されている。特に New Space と称される、従来の航空宇宙産業とは異なる業種からの民間資本による宇宙開発では、低コストに対する強い要求が高まっており、今後宇宙転用可能部品の採用が急激に増える可能性がある。現実の宇宙機器設計では、部品選定段階で宇宙用に認定されている部品やフライト実績の部品がない場合、ミッションの重要性により部品の品質レベルを考慮しながら地上用部品を使用する場合がある。JAXA はこういった状況を踏まえ、両極端の意見に走ることなく、宇宙用部品の選定の補完という位置付けで、十分実績のある地上用

部品で宇宙用に転用可能な部品を宇宙機に使用するための手順の整備を開始した。その活動の一つの成果として、平成 25～26 年にかけて「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック」(長寿命衛星編、ロケット編及び科学衛星編)が制定された。

第 3 節　宇宙用素材の現状と展望

1　ロケット用素材

(1) 現状

a. 固体ロケット用素材

モータケース用素材としては、以前は高強度合金鋼、チタン合金(上段ロケット)が主体であったが、現在は炭素繊維やアラミド繊維(商品名ケブラ)とエポキシ樹脂を組み合わせた繊維強化プラスチック(FRP)等が主流である。ノズルの材料として、スロート部にグラファイト又はカーボン／カーボン複合材(C/C 複合材)が、その他の部分には炭素繊維やシリカ繊維とフェノール樹脂を組み合わせた FRP が、ロケットの種類、要求性能などに応じ用いられている。構造材や開頭部には、炭素繊維 FRP、アルミニウム合金などが多用されている。推進剤では、末端水酸基化あるいは末端カルボキシル基化ポリブタジエン(HTPB あるいは CTPB)、アルミニウム粉末を燃料とし、過塩素酸アンモニウムを酸化剤とするコンポジット系推進薬が主流である。

b. 液体ロケット用素材

液体ロケットの機体用素材としては、アルミニウム合金やステンレス鋼、チタン合金などの金属材料の他、アルミニウム合金をベースとした繊維強化型、ハニカム型などの複合材が使用されている。ブースタ、下段、上段の順に衛星近傍になるほど軽量化による打上げ能力向上が可能であるため、機能に対し原価に応じた材料が選択されて、低費用化を指向する。

エンジン用素材ではステンレス鋼、高強度合金鋼、アルミニウム合金、ニッケルベース又はコバルトベーススーパーアロイ、チタン合金などの金属材料が殆どで、またカーボン／カーボン複合材で一体成型したノズルも実用化されている。エンジン性能は燃焼の圧力、温度によって、より高性能となるため、高温部位では耐熱性、高温時の強度特性を配慮し、材料が選択される。

推進剤には、液体水素(LH2)／液体酸素(LOX)系、ケロシン／LOX 系、メタンあるいは液化天然ガス(LNG)／LOX 系、非対称ジメチルヒドラジン(UDMH)／LOX 系などがある他、姿勢制御用の小推力ロケットには、ヒドラジン単体が一液性推進薬として使用されている。

(2) 将来動向

a. 固体ロケット用素材

モータケース用素材に要求される重要特性は軽量性と強度であるが、今後は国際価格競争の面から、製造性も含めたコストが重要なファクターとなると考えられる。その意味で加工性、コスト面から、低コスト高強度合金鋼や、高強度 FRP が使用されていくと思われる。

ノズル材には、スロート部に多次元カーボン／カーボン複合材がさらに使用され、今後、いかに高性能・高品質を確保したうえで低コスト化を図るかがポイントになる。スロート部以外のノズル部には炭素繊維／フェノール樹脂の耐熱 FRP が、今後も引き続き使用されていくと思われる。

推進剤では、末端水酸基化ポリブタジエン(HTPB)、アルミニウム粉末を燃料とし、過塩素酸アンモニウムを酸化剤とする HTPB コンポジット推進薬が引き続き使用されていくと思われる。

b. 液体ロケット用素材

機体用素材としては、低コスト化を図る目的で、ESA がアリアン 4 ロケット／SpaceX Starship ロケットで採用しているように、ステンレス鋼などの使用が増えるかもしれない。 タンク用材には、極低温問題、ガス漏洩に対する安全性に加え、飛行中の圧縮／曲げ荷重に耐える必要性から高比強度・高比剛性でかつ溶接性及び極低温下での靭性に優れた材料が要求される。現用の 2219 アルミニウム合金に代わり、将来はアルミニウムーリチウム合金、FRP 等が有望である。非タンク用の構造材料は航空機の将来材料と同様の動向でアルミ合金、チタン合金、CFRP がコストや所要強度に応じて選択されよう。また 3D プリンターによるタンクやエンジン関連の部品製作も増加する傾向にある。

エンジン用材としては、極低温／高温の両極端の条件で、高強度と靭性が要求される。タービンとポンプ用は、現状インコネルが主流であるが、高温下で高強度を持ち、複雑な形状の成型が可能なセラミックス、超塑性特性をもつニ

ッケル基合金が期待されている。また、ノズル軽量化のために、コロンビウムや前述のカーボン／カーボン複合材の使用も考えられる。また製造費用逓減のために、付加製造と親和的な金属あるいはセラミックが徐々に材料として使用を広げると考えられる。

推進剤としては、高性能達成のため日本では LH2/LOX 系が主流になっているが、コスト、使用環境・温度、安全性の面から世界では主流の炭化水素(メタン、液化天然ガス(LNG)、ケロシン等)／LOX 系が有望である。ヒドラジン系の推進薬は限定された利用に推移するであろう。

2 衛星・宇宙構造用素材

(1) 現状

一般に衛星をはじめとする宇宙構造用素材には、いわゆる地上構造用素材と比較し、より高い比強度、比剛性はもとより、宇宙環境(高真空、原子状酸素、放射線、紫外線、極低温、温度サイクル等)による性能劣化の少ないことが要求されることから、アルミニウム合金を筆頭にマグネシウム合金、チタン合金等の軽合金が主材料として用いられている。更に炭素繊維強化プラスチック(CFRP)をはじめとする PMC (Plastic Matrix Composite : プラスチックベースの複合材料)も多く用いられており、強化材としては炭素繊維のほか、ガラス繊維、アラミド繊維が使用されている。そのほか衛星及び搭載機器からの要求によっては、ベリリウム合金やインバー等も一部に用いられている。さらに熱の処理のため多層断熱材、ヒートパイプ用材料、放熱用の材料なども衛星用の材料として特徴を持つ。

衛星(推進系)の化学方式エンジンのスラスタ用素材には、コバルト基合金、ニオブ合金などの耐熱金属材料に加えて、ファインセラミックも実用化されている。スラスタ用推進剤には、一液性方式ではヒドラジンが、二液性方式では、燃料にヒドラジン又はモノメチルヒドラジン、酸化剤に四酸化二窒素が使用されている例が多い。また、電気系の推進システムの採用も衛星の長寿命指向に沿って採用が増加している。

最近は搭載機器への振動レベルの低減、あるいはより良好な微少重力下での宇宙実験を実現する方法の一つとして「制振材料」が使用されている。

(2) 将来動向

国際宇宙ステーションのように宇宙構造物は大型化し、しかも、そのミッション期間も長くなる傾向にあることから、近年デブリ(宇宙構造物やロケットの破片等)の、宇宙構造物(特に ISS をはじめとする有人システム)に対する影響が問題になっている。従って、宇宙構造物の損傷許容性が課題となり、PEEK(Poly Ether Ether Ketone)に代表される高靭性樹脂を使用した PMC 等が研究開発されている。また、複合材料の繊維レベルの配向から分子レベルでの配向を可能にする液晶ポリマーも高性能材料として期待されている。更に、従来材料の表面処理についても金属コーティング、SiO_2 スパッタリング、耐原子状酸素コーティング等、耐宇宙環境向上を図る試作、試験が行われている。

一方、再使用型宇宙輸送機に関しては、大気圏再突入時の空力加熱に対する熱防護システムの開発が重要課題であり、カーボン／カーボン複合材、セラミックス複合材料、さらには傾斜機能材料等が研究の中心となっている。カーボン／カーボン複合材は耐熱性のみならず、熱伝導率が高いことも特徴であり、熱制御部材としても適用が進んでいる。

また、衛星用のアンテナ機器や光学機器に対する寸法安定性の要求は高まる傾向にあり、スーパーインバーなどの低熱膨張金属材料が用いられるほか、吸湿変形の小さいシアネート樹脂や熱伝導率の高いピッチ系高弾性炭素繊維などを使用した PMC の開発も盛んになってきている。シアネート樹脂は、誘電特性が優れている点においても衛星用アンテナ機器の機能向上に役立っていて、誘電特性に優れたクォーツなどを強化繊維とした PMC としても用いられている。またシアネート樹脂は、PMC のみならず接着剤としての用途も拡がりつつある。さらなる寸法安定性を目指し、ハニカムコアの材料としても PMC が適用されている。

衛星(推進系)の化学方式エンジンのスラスタ用素材には、低毒推進系（グリーンプロペラント）の適用が、電気系の推進剤としてアルゴン、キセノン、クリプトンなど数種類のガスや方式について、研究開発されている。

巻　末　資　料

目　　次

Ⅰ　世界の主要国比較

1　各国の経済、産業状況比較(令和 3 年/2021 年) ……249

Ⅱ　日本の航空宇宙工業生産(売上)実績

1　航空宇宙工業全体実績 ……250

2　航空機工業の年別生産(売上)額内訳と労務実績推移 ……251

Ⅲ　防衛力整備計画（令和 4 年 12 月）

1　別　表 1　抜本的に強化された防衛力の目標と達成時期 ……252

2　別　表 2 ……253

3　別　表 3 (おおむね 10 年後) ……254

Ⅳ　防衛関連予算(航空機)

1　航空機関連令和 5 年度予算案(航空機購入費) ……255

2　防衛航空機調達当初予算の推移 ……256

3　防衛関係費に占める研究開発費予算の推移 ……256

Ⅴ　宇宙開発関連予算

1　宇宙関連 令和 4 年度補正予算及び令和 5 年度予算案（総括) ……257

2　宇宙関連 令和 4 年度補正予算及び令和 5 年度予算案（府省庁別内訳) ‥258

3　宇宙関係費に占める研究開発費の推移 ……259

Ⅰ　世界の主要国比較

Ⅰ－１　各国の経済、産業状況比較　（令和３年/2021年）

		日本	ｱﾒﾘｶ 合衆国	ｲｷﾞﾘｽ 連合王国	ﾄﾞｲﾂ 連邦共和国	ﾌﾗﾝｽ 共和国	ｲﾀﾘｱ 共和国	ｽﾍﾟｲﾝ 王国	ｶﾅﾀﾞ	ﾛｼｱ 連邦	中国 (中華人民共和国)	韓国 (大韓民国)	ｲﾝﾄﾞ 共和国	ﾌﾞﾗｼﾞﾙ 連邦共和国
国内総生産（名目GDP） *1	米億ﾄﾞﾙ	49,326	229,961	31,876	42,628	29,574	21,013	14,262	19,883	17,785	177,446	18,110	31,763	16,081
国防支出費 *2	〃	541	8,007	684	560	567	320	195	265	659	2,934	502	766	192
◇航空宇宙工業生産額 *3	〃	137	2,074	308	371	652	244	137	214	－	－	50	－	64 (2017)
輸出額 *4	〃	7,560	17,546	4,681	16,318	5,850	6,103	3,845	5,034	4,940	33,640	6,444	3,954	2,808
輸入額 *4	〃	7,690	29,371	6,944	14,193	7,143	5,504	4,182	4,992	3,039	26,875	6,151	5,725	2,347
総就業者数 (2020年) *5	千人	68,654	164,492	35,096	44,408	30,151	25,521	22,697	20,351	73,734	808,348	28,163	457,779	96,540
製造業就業者数 (2019年) *5	〃	10,903	17,194	3,305	8,074	3,305	4,351	2,494	1,772	9,986	149,540	4,431	56,772	10,779
◇航空宇宙工業従業員数 *3	〃	35	480	111	100	188	54	50	81	－	－	17	－	20 (2019)
平均（対米ﾄﾞﾙ）為替ﾚｰﾄ *6		109.81 (円：Yen)	1.00 (US $)	0.7269 (£)	0.8457 (€)	0.8457 (€)	0.8457 (€)	0.8457 (€)	1.2535 (CND $)	73.7270 (Ruble)	6.451 (元：Yuan)	1,144.86 (Won)	73.9351 (Rupiah)	5.3973 (Real)

（出 典）*1 IMF Annual Report　　（　　）該当年度データ
*2 SIPRI (Military Expenditure) data base
*3（日本)経済産業省機械統計値 & 宇宙産業ﾃﾞｰﾀﾌﾞｯｸ、(各国)工業会のAnnual Report、Facts & Figures 等
*4 WTO Stat "International Trade Statistics" 2022.6.7閲覧データ
*5 International Labour Organization(ILO) STAT、2021年11月の推定値 (2022.7.5)
*6（参考）IMF International Financial Statistics、PACIFIC Exchange Rate Service

Ⅱ　日本の航空宇宙工業生産(売上)実績

Ⅱ－１　航空宇宙工業全体実績

区分			航空機					宇宙					航空機・宇宙	
			品種別			計	従業員	分野別			計	従業員	合計	従業員
	西暦	和暦	機体	エンジン	その他機器	(百万円)	(人)	飛翔体	地上施設	ソフトウェア	(百万円)	(人)	(百万円)	(人)
年度	1994	6	496,960	177,045	152,456	826,461	27,525	187,511	103,783	18,431	309,725	10,019	1,136,186	37,544
	1995	7	491,625	150,634	148,401	790,660	27,157	230,360	101,078	23,176	354,614	10,400	1,145,274	37,557
	1996	8	539,101	172,755	157,364	869,220	26,386	223,173	95,891	19,597	338,661	8,621	1,207,881	35,007
	1997	9	583,069	202,970	165,635	951,674	26,018	254,079	105,730	18,708	378,517	8,918	1,330,191	34,936
	1998	10	609,701	232,189	162,989	1,004,879	25,694	227,991	135,435	15,470	378,896	8,346	1,383,775	34,040
	1999	11	588,840	240,620	154,768	984,228	24,902	221,104	104,246	21,181	346,531	7,994	1,330,759	32,896
	2000	12	669,381	225,121	145,626	1,040,128	24,866	273,045	78,229	18,670	369,944	7,148	1,410,072	32,014
	2001	13	622,057	253,845	145,995	1,021,897	24,181	236,938	105,637	19,202	361,777	6,871	1,383,674	31,052
	2002	14	623,845	244,643	137,999	1,006,487	23,665	251,036	67,565	17,583	336,184	6,733	1,342,671	30,398
	2003	15	525,110	245,278	134,814	905,202	23,532	185,216	40,678	14,790	240,684	5,840	1,145,886	29,372
	2004	16	594,788	253,792	120,231	968,811	22,926	168,454	34,063	16,332	218,849	6,378	1,187,660	29,304
	2005	17	620,321	305,685	123,563	1,049,569	23,025	167,411	37,547	18,711	223,669	6,740	1,273,238	29,765
	2006	18	685,403	330,556	126,354	1,142,313	24,561	177,216	37,762	19,816	234,794	6,593	1,377,107	31,154
	2007	19	611,392	367,943	133,065	1,112,400	24,719	175,571	33,211	17,642	226,424	6,248	1,338,824	30,967
	2008	20	730,546	360,689	134,525	1,225,760	24,881	202,477	46,375	10,234	259,086	5,188	1,484,846	30,069
	2009	21	649,002	322,247	114,154	1,085,403	25,220	225,566	29,613	14,484	269,663	6,341	1,355,066	31,561
	2010	22	634,995	319,105	112,252	1,066,352	24,547	203,794	32,387	22,181	258,362	6,865	1,324,714	31,412
	2011	23	577,917	347,558	112,101	1,037,576	24,626	205,336	34,419	25,279	265,035	7,377	1,302,611	32,003
	2012	24	695,101	385,068	103,643	1,183,812	27,230	246,959	37,694	31,363	316,016	8,181	1,499,828	35,411
	2013	25	856,283	439,078	121,632	1,416,993	28,284	227,160	27,963	27,401	282,524	7,978	1,699,517	36,262
	2014	26	1,056,418	481,094	117,215	1,654,727	28,474	293,259	33,972	28,210	355,441	8,232	2,010,168	36,706
	2015	27	1,089,070	583,237	119,748	1,792,055	27,910	279,708	30,601	27,484	337,793	8,655	2,129,848	36,565
	2016	28	995,281	591,871	118,687	1,705,839	27,962	262,705	32,154	32,113	326,972	8,980	2,032,811	36,942
	2017	29	959,453	642,042	135,377	1,736,872	27,206	287,149	37,081	32,950	357,180	8,696	2,094,052	35,902
	2018	30	998,023	714,984	125,432	1,838,439	27,134	290,328	33,245	29,595	353,168	8,705	2,191,607	35,839
	2019	1	970,521	760,757	137,647	1,868,925	27,192	267,573	34,774	26,141	328,488	8,725	2,197,413	35,917
	2020	2	670,815	466,396	124,696	1,261,907	26,969	298,120	28,458	25,547	352,125	8,527	1,614,032	35,496
	2021 *	3	592,993	454,880	107,487	1,155,360	25,837	264,436	34,206	45,398	344,040	8,829	1,499,400	34,666

(注) *印：航空機は速報値
四捨五入の関係から、合計は必ずしも一致しない。

出典：　航空：経産省　生産動態統計月報 機械統計編(航空機、航空機用通信機器)
宇宙：(一社)日本航空宇宙工業会　宇宙産業データブック

Ⅱ－2　航空機工業の年別生産(売上)額内訳と労務実績推移

(百万円)

区分			作業別		品種別			需要別				合計	人員(人)
	西暦	和暦	製造	修理	機体	エンジン	その他機器	防衛省	特需	内需	輸出		
暦年	2004	16	734,488	208,494	560,441	260,899	121,642	582,941		360,041		942,982	22,604
	2005	17	764,424	183,629	550,027	274,903	123,123	524,697		423,356		948,053	22,965
	2006	18	1,002,212	191,274	733,846	336,433	123,207	619,308		574,178		1,193,486	24,213
	2007	19	939,271	202,659	642,480	365,302	134,148	477,103		664,827		1,141,930	24,727
	2008	20	979,665	206,664	674,845	376,870	134,614	563,416		622,913		1,186,329	24,856
	2009	21	901,980	201,683	656,562	325,816	121,357	509,751		593,912		1,103,663	25,179
	2010	22	842,142	198,291	615,780	317,254	107,381	484,071		556,344		1,040,433	24,632
	2011	23	945,184	191,560	687,065	338,194	111,485	538,100		598,644		1,136,744	24,694
	2012	24	867,342	185,059	584,692	357,090	110,619	371,711		680,690		1,052,401	26,938
	2013	25	1,140,541	225,127	827,347	429,122	109,199	454,225		911,443		1,365,668	27,876
	2014	26	1,358,415	230,719	1,001,149	468,272	119,713	447,750		1,141,134		1,589,134	28,401
	2015	27	1,562,302	260,082	1,147,792	553,514	121,078	518,832		1,303,552		1,822,384	27,846
	2016	28	1,458,376	222,550	966,753	596,789	117,384	473,145		1,207,781		1,680,926	27,823
	2017	29	1,522,047	238,567	995,433	633,697	131,484	531,734		1,228,880		1,760,614	27,453
	2018	30	1,564,001	258,781	989,807	699,685	133,290	582,328		1,240,454		1,822,782	27,253
	2019	1	1,662,512	194,433	1,013,297	705,125	138,523	539,205		1,317,740		1,856,945	27,112
	2020	2	1,290,429	179,395	757,900	583,551	128,373	501,278		968,546		1,469,824	27,268
年度	2003	15	699,461	205,741	525,110	245,278	134,814	551,648		353,554		905,202	23,532
	2004	16	773,760	195,051	594,788	253,792	120,231	607,598		361,213		968,811	22,926
	2005	17	862,495	187,074	620,321	305,685	123,563	570,520		479,049		1,049,569	23,025
	2006	18	961,475	180,838	685,403	330,556	126,354	542,538		599,775		1,142,313	24,561
	2007	19	904,708	207,692	611,392	367,943	133,065	444,570		667,830		1,112,400	24,719
	2008	20	1,021,706	204,054	730,546	360,689	134,525	614,052		611,708		1,225,760	24,881
	2009	21	882,382	203,021	649,002	322,247	114,154	501,121		584,282		1,085,403	25,220
	2010	22	872,244	194,478	634,996	319,105	112,621	513,982		552,740		1,066,722	24,547
	2011	23	852,617	184,959	577,917	347,558	112,101	419,358		618,218		1,037,576	24,626
	2012	24	988,250	195,562	695,101	385,068	103,643	429,179		754,633		1,183,812	27,230
	2013	25	1,195,101	221,892	856,283	439,078	121,632	450,815		966,178		1,416,993	28,284
	2014	26	1,397,607	257,120	1,056,418	481,094	117,215	476,655		1,178,072		1,654,727	28,474
	2015	27	1,553,922	237,724	1,088,653	583,237	119,756	468,581		1,323,065		1,791,646	27,910
	2016	28	1,470,006	235,833	995,281	591,871	118,687	527,610		1,178,229		1,705,839	27,962
	2017	29	1,509,742	227,130	959,453	642,042	135,377	534,111		1,202,761		1,736,872	27,206
	2018	30	1,586,149	252,177	997,975	714,378	125,973	555,358		1,282,968		1,838,326	27,134
	2019	R1	1,683,205	185,720	970,521	760,757	137,647	509,180		1,359,745		1,868,925	27,192
	2020	2	1,074,926	186,981	670,815	466,396	124,696	505,681		756,226		1,261,907	26,969
	2021 *	3	945,668	209,694	592,993	454,880	107,489	497,493		657,869		1,155,362	25,837

(注) 1 *印は速報値
2 人員数は、暦年については12月末、年度については3月末

出典：　経産省　生産動態統計月報 機械統計編(航空機、航空機用通信機器)

別表1　抜本的に強化された防衛力の目標と達成時期

分　野	2027年度までの5年間（※）	おおむね10年後まで
	我が国への侵攻が生起する場合には、我が国が主たる責任をもって対処し、同盟国等からの支援を受けつつ、これを阻止・排除し得る防衛力を構築	左記防衛構想をより確実にするための更なる努力（より早期・遠方で侵攻を阻止・排除し得る防衛力を構築）
スタンド・オフ防衛能力	●スタンド・オフ・ミサイルを実践的に運用する能力を獲得	●より先進的なスタンド・オフ・ミサイルを運用する能力を獲得
		●必要かつ十分な数量を確保
統合防空ミサイル防衛能力	●極超音速兵器に対処する能力を強化	●広域防空能力を強化
	●小型無人機（ＵＡＶ）に対処する能力を強化	●より効率的・効果的な無人機（ＵＡＶ）対処能力を強化
無人アセット防衛能力	●無人機（ＵＡＶ）の活用を拡大し、実践的に運用する能力を強化	●無人アセットの複数同時制御能力等を強化
領域横断作戦能力	●宇宙領域把握（ＳＤＡ）能力、サイバーセキュリティ能力、電磁波能力等を強化	●宇宙作戦能力を更に強化
	●領域横断作戦の基本となる陸・海・空の領域の能力を強化	●自衛隊以外の組織へのサイバーセキュリティ支援を強化
		●無人機と連携する陸海空能力を強化
指揮統制・情報関連機能	●ネットワークの抗たん性を強化しつつ、人工知能（ＡＩ）等を活用した意思決定を迅速化	●人工知能（ＡＩ）等を活用し、情報収集・分析能力を強化しつつ、常時継続的な情報収集・共有体制を強化
	●認知領域の対応も含め、戦略・戦術の両面で情報を取得・分析する能力を強化	
機動展開能力・国民保護	●自衛隊の輸送アセットの強化、ＰＦＩ船舶の活用等により、輸送・補給能力を強化（部隊展開・国民保護）	●輸送能力を更に強化
		●補給拠点の改善等により、輸送・補給を迅速化
持続性・強靱性	●弾薬・誘導弾の数量を増加	●弾薬・誘導弾の適正在庫を維持・確保
	●整備中以外の装備品が最大限可動する体制を確保	●可動率を維持
	●有事に備え、主要な防衛施設を強靱化	●防衛施設を更に強靱化
	●保管に必要な火薬庫等を確保	●弾薬所要に見合った火薬庫等を更に確保
防衛生産・技術基盤	●サプライチェーンの強靱化対策等により、強力な防衛生産基盤を確立	●革新的な装備品を実現し得る強力な防衛生産基盤を維持
	●将来の戦い方に直結する装備分野に集中投資するとともに、研究開発期間を大幅に短縮し、早期装備化を実現	●将来における技術的優位を確保すべく、技術獲得を追求
人的基盤	●募集能力強化や新たな自衛官制度の構築等により、民間を含む幅広い層から優秀な人材を必要数確保	●募集対象者人口の減少の中でも、専門的な知識・技能を持つ人材を含め、必要な人材を継続的・安定的に確保
	●教育・研究を強化（サイバー等の新領域、統合、衛生）	●教育・研究を更に強化
	●隊舎・宿舎の老朽化や備品不足を解消し、生活・勤務環境及び処遇を改善	●全ての隊員が高い士気を持ちながら個々の能力を発揮できる組織環境を醸成

※　現有装備品を最大限活用するため、弾薬確保や可動率向上、主要な防衛施設の強靱化への投資を加速するとともに、スタンド・オフ防衛能力や無人アセット防衛能力等、将来の防衛力の中核となる分野の抜本的強化に重点。

別表2

区　分	種　類	整備規模
(1) スタンド・オフ防衛能力	12式地対艦誘導弾能力向上型	地上発射型
	(地上発射型、艦艇発射型、航空機発射型)	11個中隊
	島嶼防衛用高速滑空弾	-
	極超音速誘導弾	-
	トマホ-ク	-
(2) 統合防空ミサイル防衛能力	03式中距離地対空誘導弾(改善型)能力向上型	14個中隊
	イ-ジス・システム搭載艦	2隻
	早期警戒機(E-2D)	5機
	弾道ミサイル防衛用迎撃ミサイル	-
	(SM-3ブロックⅡA)	
	能力向上型迎撃ミサイル(PAC-3MSE)	-
	長距離艦対空ミサイルSM-6	-
(3) 無人アセット防衛能力	各種UAV	-
	USV	-
	UGV	-
	UUV	-
(4) 領域横断作戦能力	護衛艦	12隻
	潜水艦	5隻
	哨戒艦	10隻
	固定翼哨戒機(P-1)	19機
	戦闘機(F-35A)	40機
	戦闘機(F-35B)	25機
	戦闘機(F-15)の能力向上	54機
	スタンド・オフ電子戦機	1機
	ネットワ-ク電子戦システム(NEWS)	2式
(5) 指揮統制・情報関連機能	電波情報収集機(RC-2)	3機
(6) 機動展開能力・国民保護	輸送船舶	8隻
	輸送機(C-2)	6機
	空中給油・輸送機(KC-46A等)	13機

Ⅲ－3

別表3（おおむね10年後）

区　分	将来体制		
共同の部隊	サイバー防衛部隊		1個防衛隊
	海上輸送部隊		1個輸送群
陸上自衛隊	常備自衛官定数		149,000人
	基幹部隊	作戦基本部隊	9個師団
			5個旅団
			1個機甲師団
		空挺部隊	1個空挺団
		水陸機動部隊	1個水陸機動団
		空中機動部隊	1個ヘリコプター団
		スタンド・オフ・ミサイル部隊	7個地対艦ミサイル連隊
			2個島嶼防衛用高速滑空弾大隊
			2個長射程誘導弾部隊
		地対空誘導弾部隊	8個高射特科群
		電子戦部隊(うち対空電子戦部隊)	1個電子作戦隊(1個対空電子戦部隊)
		無人機部隊	1個多用途無人航空機部隊
		情報戦部隊	1個部隊
海上自衛隊	基幹部隊	水上艦艇部隊(護衛艦部隊・掃海艦艇部隊)	6個群(21個隊)
		潜水艦部隊	6個潜水隊
		哨戒機部隊(うち固定翼哨戒機部隊)	9個航空隊(4個隊)
		無人機部隊	2個隊
		情報戦部隊	1個部隊
	主要装備	護衛艦(うちｲｰｼﾞｽ・ｼｽﾃﾑ搭載護衛艦)	54隻(10隻)
		ｲｰｼﾞｽ・ｼｽﾃﾑ搭載艦	2隻
		哨戒艦	12隻
		潜水艦	22隻
		作戦用航空機	約170機
航空自衛隊	主要部隊	航空警戒管制部隊	4個航空警戒管制団
			1個警戒航空団(3個飛行隊)
		戦闘機部隊	13個飛行隊
		空中給油・輸送部隊	2個飛行隊
		航空輸送部隊	3個飛行隊
		地対空誘導弾部隊	4個高射群(24個高射隊)
		宇宙領域専門部隊	1個隊
		無人機部隊	1個飛行隊
		作戦情報部隊	1個隊
	主要装備	作戦用航空機(うち戦闘機)	約430機(約320機)

注1：上記、陸上自衛隊の15個師・旅団のうち、14個師・旅団は機動運用を基本とする。
注2：戦闘機部隊及び戦闘機数については、航空戦力の量的強化を更に進めるため、2027年度までに必要な検討を実施し、必要な措置を講じる。この際、無人機(UAV)の活用可能性について調査を行う。

Ⅳ　防衛関連予算（航空機）

Ⅳ－1　航空機関連令和５年度予算案（航空機購入費）

(億円)

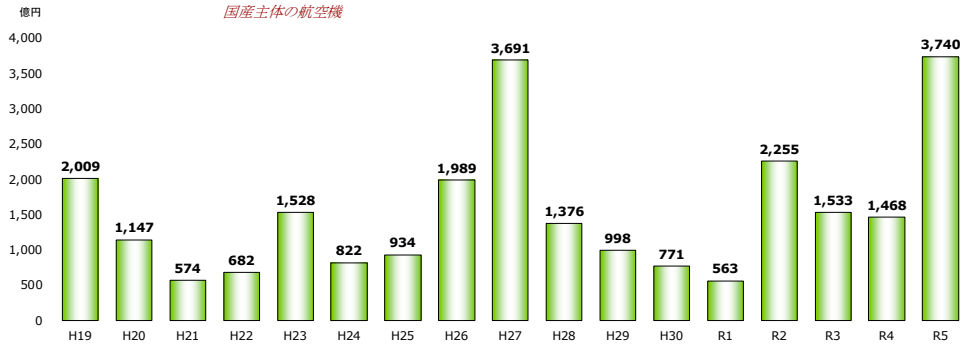
区　　分			令和 3年度 補正予算案		令和 4年度 予算		令和 5年度 予算	
			機数	金　額	機数	金　額	機数	金　額
陸上	新多用途ヘリコプター	UH-2	13	254	－	－	－	－
自衛隊	小　　計		13	254	0	0	0	0
海上	固定翼哨戒機	P-1	3	635	－	141	3	914
自衛隊	救難飛行艇	US-2	－	－	－	55	－	－
	哨戒ヘリコプター	SH-60L	－	－	－	－	6	603
	掃海・輸送ヘリコプター	MCH-101	－	－	1	61	－	－
	改修・能力向上	SH-60K,UP-3D	－	－	－	69	－	125
	小　　計		3	635	1	326	9	1,642
航空	輸送機	C-2	1	221	－	－	－	－
自衛隊	救難ヘリコプター	UH-60J	－	－	－	－	12	946
	能力向上	F-2	－	－	－	32	9	128
	能力向上	F-15	－	－	－	520	18	811
	電波情報収集機	RC-2	－	－	－	－	－	130
	スタンド・オフ電子戦機		－	－	－	－	－	83
	※戦闘機	F-35A	－	－	8	768	8	1,069
	※戦闘機	F-35B	－	－	4	510	8	1,435
	小　　計		1	221	12	1,830	55	4,602
防衛	(参考)次期戦闘機	開発経費	－	－	－	1,001	－	731
装備庁			－	－	－	1,001	－	731
合　計			17	1,110	13	2,156	64	6,244
		（国産主体）	17	1,110	1	358	48	3,740
		（完成機購入）	0	0	12	1,798	16	2,504

(注)　1　国産主体には「国内企業参画」(F-35A/B)を含まない

2　※印：完成機購入を主体とする航空機

3　金額は装備品等の製造等に要する初度費を除く金額を表示し、合計額に次期戦闘機の開発費は含まない。

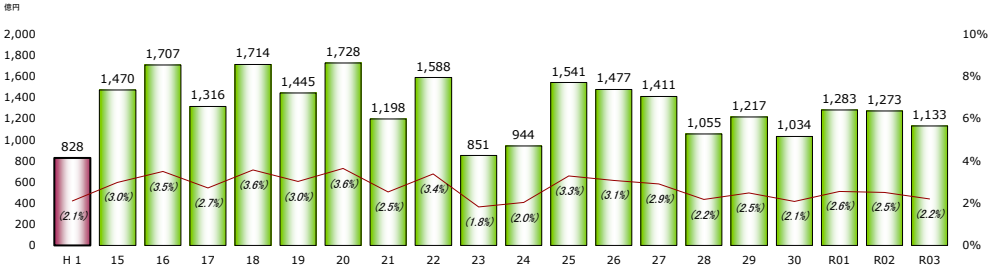
Ⅳ－2　防衛航空機調達当初予算の推移



（億円）

（年度）	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
国産主体の航空機	2,009	1,147	574	682	1,528	822	934	1,989	3,691	1,376	998	771	563	2,255	1,533	1,468	3,740
国産の総機数	41	18	15	17	22	15	10	16	23	25	9	8	21	16	17	18	48

Ⅳ－3　防衛関係費に占める研究開発費予算の推移



（億円）

区分＼年度	H 1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R01	R02	R03
研究開発費	828	1,470	1,707	1,316	1,714	1,445	1,728	1,198	1,588	851	944	1,541	1,477	1,411	1,055	1,217	1,034	1,283	1,273	1,133
防衛関係費	39,198	49,265	48,764	48,301	47,906	47,818	47,426	47,028	46,826	46,625	46,453	46,804	47,838	48,221	48,607	48,996	49,388	50,070	50,688	51,235
（％）	2.1%	3.0%	3.5%	2.7%	3.6%	3.0%	3.6%	2.5%	3.4%	1.8%	2.0%	3.3%	3.1%	2.9%	2.2%	2.5%	2.1%	2.6%	2.5%	2.2%
安全保障技術推進制度(参考)														3	6	110	101	101	109	115

出典：防衛白書 資料編「防衛関係費(当初予算)の性途別構成の推移」
但し、SACO経費は除く
R02：資料8 防衛関係費(当初予算)の性途別構成の推移
安全保障技術推進制度(参考)には「新技術の短期実用化」予算を含む

Ⅴ　宇宙開発関連予算

Ⅴ－1　宇宙関連 令和 4 年度補正予算及び令和 5 年度予算案（総括）

（億円）

府省名	令和 3 年度補正予算案＋令和 4 年度当初予算	令和 4 年度補正予算案＋令和 5 年度当初予算案	対前年度比
内閣官房	800	800	100.0%
内閣府	371	391	105.4%
警察庁	11	9	81.8%
総務省	173	193	111.6%
外務省	3	3	100.0%
文部科学省	2,212	2,166	97.9%
農林水産省	101	102	101.0%
経済産業省	237	211	89.0%
国土交通省	254	878	345.7%
環境省	87	87	100.0%
防衛省	969	1,278	131.9%
合計	5,219	6,119	117.2%

（出典）令和 5 年度当初予算案および令和 4 年度補正予算における宇宙関係予算
（令和 5 年 1 月 内閣府宇宙開発戦略推進事務局）

（注）四捨五入の関係で合計は必ずしも一致しない。

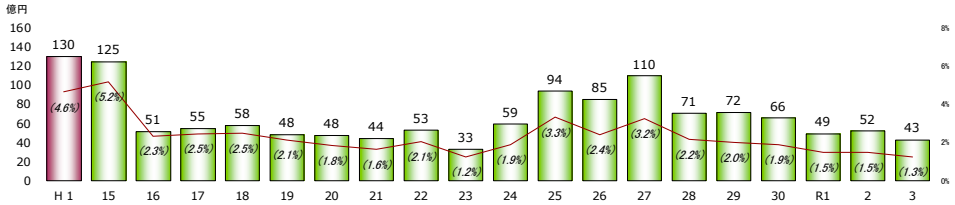
Ⅴ－2　宇宙関連 令和４年度補正予算及び令和５年度予算案（府省庁別内訳）

（億円）

府省庁別の主な事項	令和4年度補正予算及び令和5年度予算案 合計
内閣官房	800
・情報収集衛星の開発・運用	800
内閣府	391
・準天頂衛星システムの開発・整備・運用	250
・小型衛星コンステレーションの構築など宇宙開発利用の促進	131
・中央防災無線網の運用等	1
警察庁	9
・高解像度衛星画像解析システムの運用等	9
総務省	193
・衛星量子暗号通信技術の研究開発	35
・宇宙天気予報の推進・高度化	15
外務省	3
・衛星画像判読分析支援、宇宙分野の外交政策の推進	3
・衛星画像判読分析支援、宇宙分野の外交政策の推進	3
文部科学省	2,166
・H3ロケットの開発・高度化	257
・イプシロンSロケットの開発	60
・将来宇宙輸送システムロードマップ実現に向けた研究開発	54
・技術者試験衛星9号機(ETS-9)の開発	78
・衛星コンステレーション関連技術開発	31
・温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）	110
・アルテミス計画に向けた研究開発等	405
・火星衛星探査計画（MMX）	103
・深宇宙探査実証機（DESTINY+）	59
農林水産省	102
・スマート農業技術の開発・実証・実装プロジェクト	44
・地理情報共通管理システム（eMAFF地図）の開発	28
経済産業省	237
・小型衛星等の競争力強化に向けた研究開発	16
・マイクロ波無線電力伝送による宇宙太陽光発電システムの開発	4
・無人自動運転技術、水素製造等の研究開発	173
※この他、「経済安全保障重要技術育成プログラム」の事業を計上予定	
国土交通省	878
・準天頂衛星システムを利用した衛星航法サービスの高度化	44
・人工衛星の測量分野での利活用の推進	55
・静止気象衛星ひまわりの運用等	25
・次期静止気象衛星の整備等	621
環境省	87
・OSATシリーズによる地球観測事業等	66
防衛省	1,278
・宇宙領域把握（SDA）の強化	286
・Xバンド衛星の通信網の強化等	305
・宇宙作戦指揮統制システム等の整備	342
府省合計	6,119

（注） 各金額は四捨五入によって算出

Ｖ－3　宇宙関係費に占める研究開発費の推移



(億円)

区分＼年度	H 1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R1	2	3
研究開発費	130	125	51	55	58	48	48	44	53	33	59	94	85	110	71	72	66	49	52	43
宇宙売上額	2,801	2,407	2,189	2,237	2,348	2,264	2,591	2,697	2,584	2,650	3,160	2,825	3,554	3,378	3,270	3,572	3,503	3,285	3,521	3,440
（%）	4.6%	5.2%	2.3%	2.5%	2.5%	2.1%	1.8%	1.6%	2.1%	1.2%	1.9%	3.3%	2.4%	3.2%	2.2%	2.0%	1.9%	1.5%	1.5%	1.3%

出典：(一社)日本航空宇宙工業会　宇宙産業データブック

略語一覧

略語	名称	日本語名
A		
ACDMT	Advanced Composite Design and Manufacturing Technology	輸送用先進複合材料設計製造技術
ACT	Active Control Technology	能動制御技術
ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite	環境観測技術衛星
AEA	All Electric Aircraft	全電気式航空機
AI	Artificial Intelligence	人工知能
AIDS	Aircraft Integrated Data System	航空総合データシステム
AIR	Aerospace Information Report	航空宇宙技術情報
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	産業技術総合研究所
ALFLEX	Automatic Landing FLight EXperiment	小型自動着陸実験機
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星
AMG	Advanced Material Gas-generator	先進材料利用ガスジェネレータ (研究所)
APMS	Automated Power Management System	自動電力管理システム
APU	Auxiliary Power Unit	補助動力装置
ARSR	Air Route Serveillance Radar	航空路監視レーダー
ARTEMIS	Advanced Relay and Technology Mission Satellite	先端型データ中継技術衛星 (アルテミス)
ASIP	Aircraft Structural Integrity Program	航空機構造保全プログラム
ASTRO	Astronomy Satellite	天文観測衛星
ASYS	Advanced System	航空機用先進システム基盤技術
ATC	Air Traffic Control	航空交通管制
ATF	Astronaut Training Facility	宇宙飛行士養成所
ATM	Air Traffic Management	航空交通管理
ATP	Advanced Turbo Prop	先進ターボプロップ (エンジン)
ATR	Air Turbo Ramjet	エアターボラムジェット
ATS	Air Traffic Service	航空交通業務
AWACS	Airborne Warning and Control System	早期警戒管制機
B		
BIT	Built In Test	故障検出診断
BLC	Boundary Layer Control	境界層制御装置
BMI	Bismaleimide	ビスマレイミド
BMS	Boeing Material Specification	ボーイング材料スペック
BSAT	Broadcasting Satellite	放送衛星
C		
C/C	Carbon/Carbon Composite	カーボン/カーボン複合材
CAC	Commercial Airplane Co.	民間航空機(株)
CAI	Compression After Impact	衝撃後圧縮特性
CALS	Continuous Acquisition and Life-Cycle support	製品ライフサイクルをつなぎ目のない情報の流れとしてとらえる事
CCD	Charge Coupled Device	電荷結合素子
CCV	Control Configured Vehicle	運動性能向上機
CDU	Control Display Unit	制御表示器
CF	Carbon Fiber	炭素繊維
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastic	炭素繊維強化プラスチック
CMC	Ceramics Matrix Composite	セラミックス基複合材料
CMOS	Complimentary Metal Oxide Semiconductor	相補型金属酸化物半導体
CNS	Communications,Navigation,Surveillance	通信・航法・監視
COMAC	Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd.	中国商用飞机有限责任公司（中国）
COMETS	Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite	通信放送技術衛星
CPR	Cloud Profiling RADAR	雲プロファイリングレーダ
CREST	Core Research for Evolutional Science and Technology	戦略的基礎研究推進事業

略 語	名　　称	日 本 語 名
CRT	Cathode-ray Tube	陰極線管 (ブラウン管)
CSD	Constant Speed Drive	定速駆動装置
CTDC	Civil Transport Development Corp.	(一財)民間輸送機開発協会
CTPB	Carboxy-Terminated Polybutadiene	末端カルボキシル基ポリブタジエン
D		
DARA	Deutche Agentur Raumfahrtangelegenhelten	ドイツ航空宇宙機関
DME	Distance Measuring Equipment	距離情報提供装置
DHS	Department of Homeland Security	国土安全保障省 (米国)
DRTS	Data Relay Test Satellite	データ中継技術衛星 (日本)
DU	Display Unit	表示器
E		
Earth CARE	Earth Clouds Aerosols and Radiation Explore	雲エアロゾル放射ミッション
EASA	European Aviation Safety Agency	欧州航空安全庁
EBC	Environmental Barrier Coating	耐環境コーティング
EGS	Experimental Geodetic Satellite	測地実験衛星
EHA	Electro Hydrostatic Actuator	電気油圧式アクチュエーター
EHI	Euro Helicopter Industries	ユーロ・ヘリコプター・インダストリー社
EMA	Electro Mechanical Actuator	電気機械式アクチュエーター
ERSDAC	Earth Remote Sensing Data Analysis Center	(財)資源・環境観測解析センター
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
ESPR	Research and Development of Environmentally Compatible Propulsion System for Next-Generation Supersonic Transport	環境適合型次世代超音速推進システムの研究開発
ETS	Engineering Test Satellite	技術試験衛星
EVA	Extravehicular Activity	船外活動
EXPRESS	EXPeriment RE-entry Space System	自律帰還型無人宇宙実験システム
F		
FAA	Federal Aviation Administration	米国連邦航空局
FADEC	Full Authority Digital Engine Control	全デジタル電子式エンジン制御装置
FANS	Future Air Navigation System	将来航空航法システム
FARC	Frontier Aircraft Basic Research Center Co., Ltd	(財)次世代航空機基盤技術研究所
FBF	Fly By Fire	エンジン出力制御による飛行
FBL	Fly By Light	光伝送制御による飛行 (ﾌﾗｲ･ﾊﾞｲ･ﾗｲﾄ)
FBW	Fly By Wire	電気信号伝送制御による飛行 (ﾌﾗｲ･ﾊﾞｲ･ﾜｲﾔ)
FIAT	Fiat Avio S.P.A	フィアット社 (イタリア)
FMPT	First Material Processing Test	第一次材料実験
FMS	Flight Management System	飛行管理システム
FMS	Foreign Military Sale	有償軍事援助
FOG	Fiber Optic Gyro	光ファイバージャイロ
FRM	Fiber Reinforced Metal	繊維強化金属
FRP	Fiber Reinforced Plastic	繊維強化プラスチック
FSW	Friction Stir Welding	摩擦攪拌接合
G		
GaAsFET	Gallium-Arsenic field effect transistor	ガリウムヒ素電界効果トランジスタ
GCAP	Global Combat Air Programme	グローバル戦闘航空プログラム
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GE	General Electric Company	ゼネラルエレクトリック社
GEOTAIL	Geophysical Tail	磁気圏尾部観測衛星
GMS	Geostationary Meteorological Satellite	静止気象衛星
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球的航法衛星システム
GOSAT	Greenhouse gases Observing SATellite	温室効果ガス観測技術衛星
GPS	Global Positioning System	全地球的測位システム
GTF	Geared Turbo Fan	ギアードターボファン
H		
HOPE-X	H-II Orbiting Plane Experimental	宇宙往還技術試験機

略語	名称	日本語名
HST	Hyper Sonic Transport	極超音速機
HTPB	Hydroxyl Terminated Polybutadiene	末端水酸基ポリブタジエン
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機
HUD	Head Up Display	前方表示器
HVOF	High Velocity Oxygen Fuel	高速フレーム溶射
HYFLEX	HYpersonic FLight EXperiment	極超音速実験機
HYPR	Super/Hyper-sonic Transport Propulsion System	超音速輸送機用推進ｼｽﾃﾑ(技術研究開発組合)
I		
IADF	International Aircraft Development Fund	(財)航空機国際共同開発促進基金
IAE	IAE International Aero Engines AG	IAE･ｲﾝﾀｰﾅｼｮﾅﾙ･ｴｱﾛ･ｴﾝｼﾞﾝｽﾞ･AG
IAQG	International Aerospace Quality Group	国際航空宇宙品質グループ
ICAO	International Civil Aviation Organization	国際民間航空機関
IDG	Integrated Drive Generator	低速駆動装置一体型発電機
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IHW	International Halley Watch	国際ハレー彗星(共同)観測計画
ILAS	Improved Limb Atmospheric Spectrometer	改良型大気周縁赤外分光計
ILS	Instument Landing System	計器着陸装置
IML	International Microgravity Laboratory	国際微小重力実験室
INDEX	Innovative technology Demonstration EXperiment	小型科学衛星
INTNS	Intelligent Navigation System	ｲﾝﾃﾘｼﾞｪﾝﾄ･ﾅﾋﾞｹﾞｰｼｮﾝ･ｼｽﾃﾑ研究開発
ISAS	Institute of Space and Astronautical Science	文部省宇宙科学研究所
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance	情報収集・監視・偵察
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
ISTR	Innovative STRucture	革新的軽量構造設計製造基盤技術
IT	Information Technology	情報技術
J		
JADC	Japan Aircraft Development Corporation	(一財)日本航空機開発協会
JAEC	Japanese Aero Engines Corporation	(一財)日本航空機エンジン協会
JAMIC	Japan Microgravity Center	(株)地下無重力実験センター
JAMSS	Japan Manned Space Systems Corporation	有人宇宙システム(株)
JAQG	Japan Aerospace Quality Group	航空宇宙品質センター
JAS	Japan Amateur Radio Satellite	日本アマチュア無線通信衛星
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	(国研)宇宙航空研究開発機構
JCAB	Japan Civil Aviation Bureau	国土交通省航空局
JCSAT	Japan Communications Satellite	ジェーシーサット
JEM	Japanese Experiment Module	日本実験モジュール
JISC	Japanese Industrial Standards Committee	日本工業標準調査会
JSUP	Japan Space Utilization Promotion Center	(財)宇宙環境利用推進センター
JUTEM	Japan Ultra-high Temperature Materials	(株)超高温材料研究所
K		
KOMPSAT	Korea Multipurpose Satellites	韓国多目的実用衛星
L		
LCD	Liquid Crystal Display	液晶表示器
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LH_2	Liquid Hydrogen	液体水素
LITVC	Liquid Injection Thrust Vector Control	液体噴射推力方向制御(装置)
LNG	Liquefied Natural Gas	液体天然ガス
LOX	Liquid Oxygen	液体酸素
LSTTL	Low Power Schottky Transistor-Transistor Logic	低電力ショットキー・トランジスタ回路
M		
MBSAT	Mobile Broadcasting Satellite	モバイル放送用衛星
MDS	Mission Demonstration Satellite	民生部品・コンポーネント実証衛星
MFD	Multi Function Display	多機能表示器
MGLAB	Micro-Gravity Laboratory of Japan	(株)日本無重量総合研究所

略語	名称	日本語名
MIL	Military	軍
MMIC	Monolithic Microwave IC	モノリシックマイクロ波集積回路
MMO	Mercury Magnetospheric Orbiter	水星磁気圏探査機
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MPO	Mercury Planetary Orbiter	水星表面探査機
MRJ	Mitsubishi Regional Jet	三菱リージョナルジェット
MTSAT	Multifunctional Transport SATellite	運輸多目的衛星
MTU	Motoren-und Turbinen-Union München Gmbh	MTU社(ドイツ)
MUSES	Mu Space Engineering Satellite	ミュー科学工学衛星
N		
Nadcap	National Aerospace and Defense Accreditation Program	国際特殊工程認証プログラム
NAL	National Aerospace Laboratory	航空宇宙研究所
NAMC	Nihon Aircraft Manufacturing Company	日本航空機製造㈱
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NASDA	National Space Development Agency of Japan	宇宙開発事業団
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構
NF	Nose Fairing	ノーズフェアリング
NHK	Nippon Hoso Kyokai (Japan Broadcasting Corporation)	日本放送協会
Ni-Cd	Nickel Cadmium	ニッケルカドミウム
nm	Nautical Mile	海里(1nm=1.852km)
NICT	National Institute of Information and Communications Technology	(独)情報通信研究機構
NIMS	National Institute for Materials Science	物質・材料研究機構
NTT	Nippon Telegraph and Telephone Corporation	日本電信電話(株)
O		
OASIS	Online Aerospace Supplier Information System	世界統一のデータベースシステム
OICETS	Optical Inter-orbit Communications Engineering Test Satellite	光衛星間通信実験衛星
ORSR	Oceanic Route Surveillance RADAR	洋上航空路監視レーダー
OTV	Orbit Transfer Vehicle	軌道間輸送機
P		
PAN	Polyacrylonitrile	ポリアクリロニトリル
PEEK	Polyetheretherketone	ポリエーテルエーテルケトン
PEI	Polyether imide	ポリエーテルイミド
PI	Polyimide	ポリイミド
PMC	Polymer Matrix Composites	樹脂系複合材料
PMC	Plastic Matrix Composite	プラスチックベースの複合材料
PPS	Polyphenylene sulfide	ポリフェニレンスルフィド
PRI	Performance Review Institute	
psi	Pounds per Square Inch	重量ポンド毎平方インチ
P&W	Pratt & Whitney	プラット・アンド・ホイットニー社(米国)
P&WAEI	Pratt & Whitney Aero Engines International	プラット・アンド・ホイットニー・エアロ・エンジンズ・インターナショナル社(スイス)
Q		
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	準天頂衛星システム
R		
RCA	Radio Corporation of America	RCA社(米国)
REACH	Registraion, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	欧州化学品規制
RF	Radio Frequency	無線周波数
RIMCOF	R&D Institutes of Metals and Composites for Future Industries	(一財)次世代金属・複合材料研究開発協会

略語	名称	日本語名
RLG	Ring Laser Gyro	リング・レーザー・ジャイロ
RR	Rolls-Royce	ロールス・ロイス社(イギリス)
RSC	Rocket System Corporation	(株)ロケットシステム
RSP	Risk and revenue Sharing Partner	リスク・アンド・レベニュー・シェアリング・パートナー
S		
SAE	Society of Automotive Engineers	自動車技術者協会
SAF	Sustainable Alternative Fuel	持続可能な代替航空燃料
SC	Sub-Committee	TC傘下の委員会
SCRAM	Supersonic Combustion Ram	超音速燃焼ラム(ジェットエンジン)
SE	System Engineering	システムエンジニアリング
SEL	Space Experiment Laboratory	宇宙実験棟
SELENE	SELenological and ENgineering Explorer	月周回衛星
SERVIS	Space Environment Reliability Verification Integrated System	宇宙環境信頼性実証システム
SFU	Space Flyer Unit	宇宙実験・観測フリーフライヤー
SID	Society for Information Display	情報ディスプレイ学会
SJAC	the Society of Japanese Aerospace Companies	(一社)日本航空宇宙工業会
SMRC	Solid Motor Roll Control	固体モーターロール制御(装置)
SMS	Safety Management System	安全管理システム
SOLAR	Solar Satellite	太陽観測衛星
SRAM	Static Random Access Memory	フリップフロップ回路を用いた記憶装置
SRB	Solid Rocket Booster	固体ロケットブースター
SSIP	Space Station Integration and Promotion	宇宙ステーション総合センター
SSOF	Space Station Operation Facility	宇宙ステーション運用棟
SSPC	Solid State Power Controller	半導体式の電力制御器
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System	宇宙ｽﾃｰｼｮﾝﾘﾓｰﾄﾏﾆﾋｭﾚｰﾀｼｽﾃﾑ
SST	Super-Sonic Transport	超音速輸送機
SST	Space Station Test Building	宇宙ステーション試験棟
ST-2		シンガポールと台湾の商用通信衛星
STOL	Short Take-off and Landing	短距離離着陸
T		
TBC	Thermal Barrier Coating	遮熱コーティング
TC	Technical committee	技術分野の委員会
TFT-LCD	Thin Film Transistor LCD	薄膜トランジスタ式液晶表示器
TOW	Tube-launched, Optically tracked, Wire-guided	TOWミサイル(対戦車ミサイル)
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission Satellite	熱帯降雨観測衛星
TVC	Thrust Vector Control	推力方向制御(装置)
U		
UDMH	Unsymmetrical Dimethylhydrazine	非対称ジメチルヒドラジン
USB	Upper Surface Blowing	エンジン排気を主翼上面に流す方式
USEF	Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer	(財)無人宇宙実験システム研究開発機構
USERS	Unmanned Space Experiment Recovery System	次世代型無人宇宙実験システム
V		
VF	Variable Frequency	可変周波数制御
VLBI	Very Long Baseline Interferometry	超長基線干渉
VLJ	Very Light Jet	軽ビジネスジェット
VOR	VHF Omni-directional Range	超短波全方向無線標識施設
VSCF	Variable Speed Constant Frequency	可変速度・一定周波数(発生装置)
W		
WET	Weightless Environment Test Building	無重量環境試験棟
WG	Working Group	TC,SCを分岐させ、技術面の詳細審議をする委員会
WINDS	Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite	超高速インターネット衛星

令和 5 年版　日本の航空宇宙工業　編集委員

三菱重工業株式会社	水 野 大 樹
株式会社 ＩＨＩ	飯 塚 清 和
株式会社 ＩＨＩエアロスペース	松 井 直 樹
川崎重工業株式会社	奥 野 崇 啓
住友精密工業株式会社	石 川 麗 子
ナブテスコ株式会社	東　原　　真
一般財団法人日本航空機エンジン協会	幸 田 琢 磨
一般財団法人日本航空機開発協会	吉 澤 博 之
日本電気株式会社	森 崎 克 彦
株式会社 SUBARU	小 野 寺 健 太
三菱電機株式会社	角 田 聡 泰
一般社団法人日本航空宇宙工業会 事務局	櫻 井 浩 己

索引

項目 頁

1

15トン級ターボファン 55

2

270 VDC電源..... 204

3

3Dプリンティング 210

7

737MAXの墜落事故 6
787の品質問題..... 1, 6

A

A220 8
A320 ..... 8, 196
A320neo 66
A321XLR..... 7
A350 ..... 8, 210
A380 ..... 188, 190, 206
A400M..... 196
AH-1S..... 5, 46, 92
AH-64D 5, 46, 92
Al-Li合金 213
ALOS-3..... 145
ALOS-4..... 178
ARJ21..... 9, 64
ATM.....111
ATR72 196
Avio Aero 102
AW139 60
AW609 59

B

B717 57
B737 196
B737MAX..... 7
B747-8.....66
B767 .....19, 55, 92, 106
B777 ..... 19, 56, 92, 106, 190, 206, 207
B777X ... 6, 19, 83, 88, 92, 94, 103, 106
B787 ..... 19, 56, 64, 83, 92, 106, 107, 188, 190, 206, 207, 218, 219
BAE Systems.....102
BK117 59
BMI 218, 220
BS放送 153

C

C-1.....37
C-130H.....196
C-130J.....196
C-2.....48
C919.....8
CAAC 64
CALS.....113
CARATS.....112
CCSDS.....118
CF 218, 219, 220, 222
CF34 .....62, 87, 107
CF34-10 64
CF34-8 62
CFRP 188, 210, 218, 223
CH-47J.....46
Challenger 300 59
CNS..... 111
COVID-19.....1, 6, 21, 76
CPR.....178
CRJ 206
CRJ700 63
CRJ900 63
CTDC 105

D

D-SEND.....103

E

E2 9
EarthCARE..... 178
EC145..... 60
ECLAIR..... 104
EDI..... 120
EMBRAER 170..... 63, 194
EMBRAER 175..... 64
EMBRAER 190..... 64
EMBRAER 195..... 64
EP-3..... 44
ESPR..... 222
eVTOL..... 100

F

F-1 38
F100 31
F-104J 33
F-15J 43
F-2 ..... 20, 45, 218
F-22 218
F3 ..... 44, 54
F-35A..... 90
F-4EJ..... 33
F7 ..... 48, 54, 87
F-86F..... 33
FA-200..... 36
FJR710..... 40, 43
FMS..... 25, 83
FUJI-700..... 39

G

G500/G550 59
GCAP 5, 20, 102
GDPの2% 5, 19, 91
GE ホンダ・エアロ・エンジンズ..... 55
GE90 68
GE9X..... 70, 88, 94, 107
GEnx 88
GEnx-1 64
GEnx-2..... 66
Global 6000..... 58
Global 7500..... 67
GPS補強..... 182
GTF..... 66

H

H145/BK117D-3 10
H3 .....2, 11, 124, 131, 162, 168, 174, 181, 183
HAKUTO-R 12
HF118 54
HF120 ..... 51, 55, 88
HGV 129
H-I..... 134
H-II 134
H-IIA.....11, 123, 131, 135, 183, 218
H-IIA 6号機の打上げ失敗..... 136
H-IIAロケット46号機 2
H-IIB..... 11, 137
HondaJet 50, 88
HTV 124, 138, 158
HTV-X..... 139, 182

I

IADF 105
IAE..... 61
IAQG..... 113
IHI... 4, 41, 61, 63, 66, 68, 91, 101, 168
IHIエアロスペース 33, 168, 174
ISO/TC20..... 117
ispace 12, 184
ISS 123, 157

J

J3 41
J79 42
JADC 106
JAEC..... 63, 64, 66, 67, 106
JAQG 114

JAXA 103, 164, 233
JCSAT 152
JEM 168

K

KC-46A 56
KC-767 56
KH-4 38
KM-2 38
K-RACER 96
KYB 33

L

L-4S 130
LE-5 134
LE-7 134
LE-9エンジン 2, 11, 174
Leonardo 102
Leonardo UK 102
LM-1 38

M

MCH-101 48
MG5 50
MH2000 50
MHIカナダ・エロスペース 59
MOMO 176
MS-21 8
MT-135 132
MTSAT 111
MU-2 35
MU-300 39
M-V 133

N

NEC 101, 167
NEDO 108
New Space 243
N-I 133

O

OH-1 ..... 5, 47, 54, 92, 219
OP-3C 44

P

P-1 ..... 14, 48, 54
P-2J 38
P2V-7 33
P-3C 44, 196
PAN系 219
Passport 20 67
PI 218, 220
PMC 218, 221
PROPDRONE 96
PS-1 36
PW1100G-JM 66, 88, 107
PW1200G 51, 69
PW1500G 69
PW1900G 69
PW4000 68
PW6000 68

Q

QML 242
QPL 242
QPS研究所 169, 185

R

RIMCOF 108
RNAV運航 199
Rolls-Royce 102

S

S-310 132
S-520 132
Saab340 196
SAF 7
SAR 149
SH-60J 46

SH-60K..... 47
SH-60K(能力向上型)..... 14
SH-60L..... 47
SkyDrive 10
SKYDRIVE 100
SpaceJet..... 8, 51
SS-520 132
SSA..... 3, 162
ST-2 171
SUBARU..... 49, 60, 101
SUBARU BELL 412EPX 9, 50, 60
Synspective..... 169, 185
Sシリーズ 122

T

T-1..... 34, 41
T-2..... 38
T-33A..... 33
T-34..... 33
T-4..... 44
T-5..... 38, 45
T-7..... 44
TETRA AVIATION 100
Ti-Al合金 215
Trent 1000..... 64, 88
Trent 500..... 68
Trent 7000..... 69
Trent XWB..... 69
Trnet 700/800..... 68
TS1 ..... 47, 54

U

U-125A 5, 92
U-36A 5, 92
UH-1..... 31
UH-2..... 49, 60
UH-60J..... 47
UH-60JA 47
UP-3C..... 44
UP-3D..... 44
US-1 37
US-2 .....45, 87, 196

V

V2500..... 19, 40, 43, 61, 66, 92, 105, 106, 190
V2500SelectOne 62
V2500SelectTwo 62

W

WTO.....5, 105

X

X-2.....49, 54, 88
XF3.....53
XF5.....54, 88
XF9-1 55
Xバンド通信 129

Y

YS-11.....28, 35, 81, 105
YX 105

Z

ZERO 176

あ

アクセルスペース.....169, 184
飛鳥 40, 43
アストロスケール.....185
アラミド繊維.....219, 220
アルテミス計画 11, 180
アルミニウム合金.....212
安全保障 125, 128

い

石川島播磨重工業.....41, 53, 168
一次構造材 218, 219, 220
イプシロン 11, 131, 175, 183
インターステラテクノロジズ 169

う

ウーメラ実験場..... 103
打上げサービス..... 136
打上げ事業許可..... 128
打上げ施設の適合認定..... 127
打上げに係る許可..... 127
宇宙アセットの抗たん性強化..... 129
宇宙開発研究機関..... 164
宇宙開発政策大綱..... 124
宇宙開発戦略推進事務局..... 165
宇宙開発戦略本部..... 125
宇宙開発戦略本部事務局..... 10
宇宙開発予算..... 166
宇宙開発利用..... 126
宇宙活動法..... 10, 127, 131, 137
宇宙環境利用..... 156
宇宙基本計画..... 10, 124, 125, 126, 165
宇宙基本計画工程表..... 127
宇宙基本法..... 124, 125
宇宙港..... 162
宇宙航空研究開発機構..... 164
宇宙作戦群..... 3
宇宙作戦能力..... 129
宇宙産業振興..... 132
宇宙状況監視..... 3, 125
宇宙状況把握..... 128
宇宙ステーション補給機..... 138
宇宙センター..... 162
宇宙飛行士..... 159
宇宙領域把握..... 129
宇宙領域把握衛星..... 129

え

エアバス..... 190
エアバスヘリコプター社..... 59
エアモビリティ..... 10
衛星画像の配布先..... 128
衛星コンステレーション..... 128
衛星通信の抗たん性..... 130
エール..... 185
エスレンジ実験場..... 104
エポキシ..... 218, 220
遠隔操縦観測システム..... 95

お

大型衛星..... 123
大型ロケット..... 174
おおすみ..... 130
温室効果ガス..... 2

か

海外移転..... 20, 90
海外投資..... 17
改正航空法..... 97
開発中止..... 9, 28, 52, 69, 88, 131
開発凍結..... 135
カイロス..... 176
カッパー観測ロケット..... 132
貨物機..... 94
萱場工業..... 33
ガラス繊維..... 219
川崎重工業..... 33, 38, 44, 46, 47, 48, 60, 61, 63, 66, 68, 96, 101, 196
観測ロケット..... 132
関東航空計器..... 33

き

きく..... 147
気候変動..... 2
技術基盤..... 3, 90
技術試験衛星..... 147
技術波及効果..... 16
技術立国..... 14
気象衛星..... 149
機動展開..... 92
基盤強化..... 5, 92
きぼう..... 123, 156
共同開発..... 91
極超音速滑空兵器..... 129
きらめき..... 146

く

グッドリッチ 206
国が株式を保有 27
雲プロファイリングレーダ 178
グリーン成長戦略 108
グローバル戦闘航空プログラム ... 5, 20, 102

け

ゲートウェイ 179, 181
現地生産 17

こ

小糸製作所 207
高運動性 49
航空宇宙技術研究所 40
航空宇宙工業売上高 23
航空管制衛星 149
航空機クラスター 93
航空機素材 209, 212, 215
航空機電動化 104
航空自衛隊 3, 162
航空保安システム 110
航空旅客需要 21
工程表 10
こうのとり 158
高バイパス比エンジン 56
小型衛星 155
小型民間輸送機 102
国際競争力の強化 125
国際共同開発 14, 29, 89
国際航空宇宙展 231
国際市場 136
国際市場参入 171
こだま 146
国家安全保障 91
国家安全保障戦略 5, 128
国家防衛戦略 5, 129

さ

再使用 181
サイバーセキュリティ 5, 92
サブコントラクター 55
サプライチェーン 5, 92
産業技術総合研究所 233

し

次期戦闘機 4, 90, 91, 101
シグナス 153
次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術 109
持続可能 7
持続性・強靭性 92
島津製作所 193
準天頂衛星 147, 182
商業衛星打上げ 136, 171
商業衛星打上げサービス 137
情報収集衛星 155
情報収集衛星レーダ7号機 2
将来の戦い方 92
昭和飛行機 33
新エネルギー・産業技術総合開発機構 107
新型基幹ロケット 174
人工衛星の管理に係る許可 127
神鋼電機 33
新大綱 4
新中央工業 33
新中期防 4
新明和工業 33, 37, 45, 57, 59

す

水平分業 17
スーパー301条 25, 171
スカパーJSAT 152, 185
スタンド・オフ 91
ステルス 49
スペースデータシステム諮問委員会 118
スペースデブリ 128

スペースポート紀伊 176
スペースワン 169
住友精密工業 193, 196, 206

せ

生産基盤 5, 90
静粛超音速研究機の開発・飛行実験103
ゼネラル・エレクトリック 63, 64, 67, 68, 70, 196
セラミックス 216
先進技術実証機..... 49
先進ものづくりシステム連携研究センター 234
全日本空輸..... 207

そ

測位衛星 147
素形材センター..... 108
空飛ぶクルマ 2, 100
空の移動革命 2, 100
損害賠償保険 128

た

だいち 145
炭素繊維 218, 219
炭素繊維複合材料..... 56

ち

地球観測衛星 144, 149
地上局 162
地上設備 161
チタン 211, 213, 214
チタン合金..... 188, 210
中・小型ロケット 175
中小型民間輸送機用発電システム... 102
超音速滑空兵器の探知・追尾..... 128
超音速技術..... 103
超音速実験機 103
超音速輸送機 86
超合金 210, 215
超高速輸送機.....103
直接支援 105

つ

通信衛星 146, 152
月探査.....180

て

データ中継衛星 146
デハビランドカナダ 8
電動航空機 104

と

東京計器 33
東京航空計器.....33
統合化エア・システム 193
統合防空ミサイル防衛 91
東芝 101, 168
トキメック 33
ドクターヘリ 10
途上国扱い 105
ドローン 97, 99

な

内閣府宇宙開発戦略推進事務局.....125

に

二次構造材 221
ニッケル 211
日本・イギリス・イタリア 20
日本航空宇宙工業会 103, 234
日本航空機エンジン協会.....106
日本航空機開発協会 56, 106
日本航空機製造 35
日本航空電子工業.....33, 168
日本ジェットエンジン 41
日本電気.....167, 168
日本飛行機 33
日本無線 33

ね

熱硬化性 221
熱硬化性樹脂 218, 220

は

ハネウェル..... 193, 196
ハミルトン・サンドストランド..... 206
はやぶさ2 11
反撃能力 5

ひ

ビスマレイミド..... 218, 220
ひまわり 149

ふ

ファインセラミックス..... 224
フィリピン..... 31
フェノール..... 221
武器輸出三原則..... 132
複合材料 210, 211, 213, 216, 218, 219, 220, 221, 222
藤産業..... 33
富士重工業..... 34, 38, 44, 46, 95
富士精密工業 33
富士通 101
物質・材料研究機構 233
フライ・バイ・ワイヤ..... 198
プラット・アンド・ホイットニー..... 68
フランス航空宇宙工業会 103
ブリヂストン 206
プロダクトサポート 122

へ

ベル47..... 33
ペンシルロケット 130

ほ

防衛航空機..... 18
防衛産業基盤 29
防衛装備移転三原則.....3, 20, 29
防衛通信衛星.....146
防衛力整備計画 5, 13, 91, 129
貿易収支 17
放送衛星 152
ボーイング 22, 43, 56, 92, 105, 167, 188, 207, 209
ボーイング777X.....94
ポリイミド 218, 220, 221
ホンダエアクラフトカンパニー.....50
本田技研 101
ボンバルディア 206
ボンバルディアQ400 196

ま

マグネシウム合金.....216, 217
摩擦攪拌接合.....213
マルチコプター 97

み

みちびき 147, 179
みちびき3号機.....112
三菱航空機 51
三菱重工業 4, 33, 38, 39, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 54, 91, 96, 101, 138, 168
三菱重工航空エンジン 61, 66
三菱電機 101, 138, 153, 167
三菱電機ソフトウェア 168
三菱リージョナルジェット 51
ミネベア 33
民営化.....131
民間航空機 26
民間航空機株式会社.....56
民間転用 102
民間輸送機開発協会 106

む

無人アセット防衛.....91
無人機.....5, 14, 92

無人機研究システム 95
無人航空機..... 97, 99
無人偵察機システム 95

め

メシエ・ダウティ 206
メタノール..... 176
メタン 176

も

目視外飛行..... 98

ら

ライフサイクルコスト..... 122

り

リープヘル..... 193
リスク・シェア方式 188, 189
リスク・シェアリング・パートナー..55
リモセン法 127
領域横断作戦.....91, 125

る

ルナクルーザー 181

れ

零式艦上戦闘機 32
レイセオン・テクノロジーズ 193
レオナルド社.....59

ろ

ロールス・ロイス.....4, 64, 68
ロケットシステム.....136
ロケット用機器 237
ロケット用素材 244
ロッキードマーチン 44

日本の航空宇宙工業

令和 5 年 3 月 31 日　印刷
令和 5 年 3 月 31 日　発行

一般社団法人　日本航空宇宙工業会

発行・編集　専務理事　　藤 野 琢 己
〒107-0052
東京都港区赤坂 2 丁目 5 番 8 号
電話 (03) 3585 - 0511 (代)

(免責事項)
(一社)日本航空宇宙工業会は本書の記載内容に関して生じた直接的、間接的、あるいは懲罰的損害および利益の損失に関しては、一切の責任を負いません。これは、たとえ(一社)日本航空宇宙工業会がかかる損害の可能性を知らされていても同様とします。

本書の無断転載と無断翻訳を禁ずる。