

令和 6 年 版

日本の航空宇宙工業

令和 6 年 2 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 6 年版 日本の航空宇宙工業 目次

令和 5 年度の航空宇宙工業の概況	1
第 1 編 日本の航空機工業	10
第 1 章 航空機工業の役割・特質と日本の実態	10
第 1 節 航空機工業の役割	10
第 2 節 航空機工業の特質	11
1 産業・技術的特質	11
2 需要面の特質	13
3 社会・経済・文化的特質	15
第 3 節 日本の航空機工業の実態	16
1 日本の航空機工業の対外比較	16
2 経営面の実態	18
3 保守と修理・改造・改良	19
4 発展の遅れ・反省と今後の方向	20
第 2 章 日本の航空機工業の歴史と現状	24
第 1 節 日本の航空機工業の歴史	24
1 揺籃期から終戦まで	24
2 終戦による航空機工業の解体	24
3 航空機工業の再開と復活	24
(1) 米軍機のオーバーホール	24
(2) 防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産	25
(3) 国内開発と民間機への進出	26
(4) エンジン	30
4 航空機工業の発展	32
(1) 防衛庁(現 防衛省)機の開発と生産	32
(2) 民間機の国内開発	37
(3) エンジン	38
5 国際共同開発の進展	40
(1) 中・大型民間輸送機	40
(2) リージョナル機	42
(3) ビジネス機	42
(4) ティルトローター	43
(5) ヘリコプター	43
(6) エンジン	44

第2節 日本の航空機工業の現状	57
1 生産規模	57
2 需要構造と輸出動向	59
3 輸入動向	62
4 技術開発動向	62
第3章 日本の航空機工業の課題と展望	65
第1節 航空機工業の産業基盤の確立	65
1 課題と展望	65
2 防衛需要の動向	65
3 民間航空機の需要拡大	67
第2節 開発プロジェクトの推進	68
1 国際共同開発	68
(1)ボーイング 777X	68
2 国内開発	69
(1) 無人航空機	69
(2) 空飛ぶクルマ	73
3 将来開発プロジェクト	74
(1) 次期戦闘機・次期戦闘機用エンジン	74
(2) 小型民間輸送機	75
(3) 中小型民間輸送機	75
(4) 大型民間輸送機	75
(5) 超高速輸送機	75
(6) 航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム	76
第4章 航空機工業に対する政府助成	77
第1節 航空機開発に対する助成	77
1 (一財)日本航空機開発協会	77
2 (一財)日本航空機エンジン協会	78
第2節 研究開発政策	78
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	78
第5章 航空機工業に対する周辺要素	80
第1節 空港の整備・拡充	80
第2節 航空保安システム	80
1 航空保安業務	80
2 航空保安システムの動向	81
第3節 航空宇宙関連規格、CALSの動向	82

1 航空宇宙工業の規格整備	82
2 航空機業界の CALS/EDI	88
3 後方支援分野における国際規格	89
 第2編 日本の宇宙工業	91
第1章 宇宙工業の役割・特質と日本の実態	91
第1節 宇宙工業の役割・特質	91
第2節 宇宙工業の実態	92
第3節 宇宙基本法・宇宙基本計画	92
1 宇宙基本法	92
2 宇宙基本計画	93
3 宇宙活動法	97
4 安全保障	97
第2章 日本の宇宙工業の歴史と現状	99
第1節 日本の宇宙工業の歴史	99
1 概況	99
2 輸送系	101
(1) 観測用ロケット	101
(2) 人工衛星打上げ用ロケット	101
(3) 宇宙ステーション補給機(HTV)	105
3 人工衛星	106
(1) 科学衛星	106
(2) 実用・技術試験衛星等	109
(3) 商用衛星	115
(4) 情報収集衛星	117
(5) 小型衛星	117
(6) その他衛星	121
(7) 宇宙環境利用と国際宇宙ステーション	121
4 地上設備	125
第2節 宇宙開発利用及び宇宙工業の現状	127
1 宇宙開発利用の現状	127
(1) 宇宙開発利用体制	127
(2) 予算	128
(3) 開発方式	129
2 経営動向	131

第3章 日本の宇宙工業の課題と展望	132
第1節 産業基盤の確立	132
第2節 開発プロジェクトの推進	133
1 輸送系	133
(1) 大型ロケット	133
(2) 中・小型ロケット	134
2 人工衛星	135
(1) 科学衛星	135
(2) 実用・技術試験衛星	136
(3) 商用衛星	137
3 ゲートウェイ	137
4 宇宙状況把握等の防衛分野	139
第3節 我が国の宇宙開発の将来計画と宇宙工業の展望	139
1 宇宙開発の将来計画	139
2 宇宙工業の展望	141
第3編 日本の航空宇宙用機器・素材産業	143
第1章 航空機用機器・素材産業の特質	143
第1節 産業としての特質	143
第2節 企業の特質	143
第3節 市場の特質	143
第2章 航空機用機器工業の現状	144
第1節 航空機用機器工業界の現状	144
第2節 航空機用機器のシステム別現状	146
1 油圧システム	146
2 与圧・空調システム	147
3 燃料システム	148
4 推進システム	148
5 アビオニクスシステム	150
(1) 飛行制御システム	150
(2) 航法システム	151
(3) 飛行／任務支援システム	153
(4) システム開発保証(認証)	154
6 電源システム	155
7 降着システム	156

8 客室機内システム	157
9 その他	157
(1) シミュレータ	157
(2) 整備用器材・装置	158
第3章 航空機素材産業の現状	159
第1節 航空機素材産業の概況	159
第2節 各素材の現状	162
1 金属系素材	162
(1) アルミニウム合金	162
(2) チタン合金	162
(3) 特殊鋼(含超合金)	164
(4) マグネシウム合金	165
2 複合材料	165
(1) 現状	165
(2) 強化繊維	166
(3) 母材(マトリックス)	167
(4) 金属、炭素、セラミックス	168
(5) 今後の課題と展望	169
3 ファインセラミックス	170
第4章 航空機用機器・素材産業の課題と展望	172
第1節 産業基盤の確立	172
1 防衛需要の安定と国産化	172
2 国内需要の創出	172
3 輸出の促進	173
(1) 開発技術力の強化	175
(2) 国際共同開発プログラムへの積極的参画	175
(3) 製品価格競争力の強化	175
(4) プロダクトサポート体制の強化	175
(5) 国際交流の促進	176
第2節 研究開発	176
第5章 宇宙用機器・部品材料の現状と展望	180
第1節 宇宙用機器・部品材料の特質	180
第2節 宇宙用部品の現状と課題	180
1 ロケット用機器・コンポーネント	180
2 衛星用機器・コンポーネント	181
3 宇宙用部品	183

第3節 宇宙用素材の現状と展望	185
1 ロケット用素材	185
(1) 現状	185
(2) 将来動向	186
2 衛星・宇宙構造用素材	186
(1) 現状	186
(2) 将来動向	187
巻末資料	189
略語一覧	201
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	11
	図 1-1-2	日本の産業別 1 人当たり原材料使用額	11
	図 1-1-3	航空機技術の他産業への技術波及例	12
	図 1-1-4	各国航空宇宙工業防需依存度	14
	図 1-1-5	日本の航空宇宙工業生産高	14
	図 1-1-6	航空旅客輸送量	15
	図 1-1-7	各国航空宇宙工業売上高の対 GDP 比率	16
	図 1-1-8	各国航空宇宙工業売上高	17
	図 1-1-9	日本の産業別出荷額	17
	図 1-1-10	各国航空宇宙工業の貿易収支	17
	図 1-1-11	日本主要企業の航空宇宙部門売上比率	19

第 2 章	図 1-2-1	B787 日本担当部位	41
	図 1-2-2	V2500 参画各社分担部位	45
	図 1-2-3	CF34-8 日本担当部位	45
	図 1-2-4	GEnx-1B 日本担当部位	47
	図 1-2-5	Trent 1000 日本担当部位	47
	図 1-2-6	PW1100G-JM 日本担当部位	48
	図 1-2-7	航空機工業の品種別生産額の推移	57
	図 1-2-8	航空機工業の作業別生産額	57
	図 1-2-9	日本の航空機工業生産規模の現段階	58
	図 1-2-10	1 人当たりの製造品出荷額の推移	58
	図 1-2-11	産業分野別従業員数の推移	58
	図 1-2-12	需要別生産額構成比	59
	図 1-2-13	防衛省正面装備品新規契約総額の推移	60
	図 1-2-14	品種別輸出額の推移	61
	図 1-2-15	日本の航空機工業の輸出比率の推移	61
	図 1-2-16	航空機関連輸出入の推移	62
	図 1-2-17	品種別輸入額の推移	62
	図 1-2-18	品種別輸入額の構成比	63

	表 1-2-1	我が国でライセンス生産された主な航空機	25
	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	30
	表 1-2-3	国産機開発・生産状況	32
	表 1-2-4	国産エンジン開発・生産状況	38
	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	52
	表 1-2-6	航空機工業の年度別生産実績	59

第 5 章	図 1-5-1	空港周辺における航空保安業務の例	81
	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	81
	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	85
	図 1-5-4	JAQG 中長期戦略ロードマップ	85
	図 1-5-5	ISO/TC20 国際標準化活動組織図	87
	図 1-5-6	複合材普及促進活動の事業実施体制	87

図 1-5-7	航空機業界標準 EDI システム	88
図 1-5-8	S シリーズの全体構成	90
表 1-5-1	IAQG 会員リスト	83
表 1-5-2	9100 関連規格	84

第 2 編

第 2 章	図 2-2-1	科学衛星打上げ用ロケット	102
	図 2-2-2	H-IIA 及び H-IIB ロケット全体図と諸元	104
	図 2-2-3	実用衛星打上げ用ロケット	105
	図 2-2-4	HTV 技術実証機運用シーケンス	106
	図 2-2-5	USERS 運用シナリオ	121
	図 2-2-6	ISS の日本実験棟「きぼう」	122
	図 2-2-7	主な地上設備の所在地	125
	図 2-2-8	日本の宇宙開発体制	128
	図 2-2-9	宇宙開発関係予算の推移	129
	図 2-2-10	宇宙工業の売上高の推移	131
	図 2-2-11	宇宙工業の輸出高の推移	131
	図 2-2-12	宇宙工業の輸入高の推移	132
	表 2-2-1	H-IIA 標準型ロケット諸元表	103
	表 2-2-2	運用中の科学衛星	109
	表 2-2-3	運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画)	114
	表 2-2-4	運用中の商用通信・放送衛星	116
	表 2-2-5	搭載した相乗り小型衛星	117
	表 2-2-6	「RAISE-3」と相乗り超小型衛星・キューブサット	118
	表 2-2-7	「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	118
	表 2-2-8	令和 4 年「きぼう」から放出された小型衛星と開発機関	119
	表 2-2-9	宇宙船オリオンとの相乗り超小型探査機	119
	表 2-2-10	日本人宇宙飛行士の活動	124
	表 2-2-11	主な宇宙関連地上設備	126
	表 2-2-12	主な宇宙開発研究機関	127
	表 2-2-13	宇宙開発・利用法人	127

第 3 章	図 2-3-1	国際宇宙探査への JAXA の取り組み方針	138
-------	---------	-----------------------	-----

	表 2-3-1	イプシロンロケット諸元表(強化型)	134
	表 2-3-2	計画中の科学衛星	136
	表 2-3-3	計画中の実用・技術試験衛星	137

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)	145
	図 3-2-2	電気式与圧・空調システムの例	147
	図 3-2-3	エンジン周辺機器の構成例	149
	図 3-2-4	開発保証の関係性	155
	図 3-2-5	降着システムの例	156

第3章	図 3-3-1	航空機材料の変遷	159
	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	159
	図 3-3-3	航空機用タービン・ブレード材料の変遷	164
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	174
	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	179
第5章	図 3-5-1	ロケット用機器・コンポーネント分類	181
	図 3-5-2	衛星機器・コンポーネント分類	182

令和 5 年度の航空宇宙工業の概況

1 全般

新型コロナウイルス(以下「COVID-19」と記す)の世界的流行により、世界経済は大きな打撃を受けた。その後、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、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、イスラエル情勢の悪化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、経済回復に向かっている。しかしながら日米の金利政策の違いにより、円安ドル高が継続している。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、ボーイング 787 の品質問題により減産され、その影響が表れている。また令和 5 年 7 月 25 日にエアバスの主力小型機「A320neo シリーズ」に搭載される PW1100G-JM エンジンに関して、RTX 社が製造した同エンジンの粉末冶金部品の製造不具合を RTX 社が公表した。同エンジンの国際共同開発には、国内企業から IHI、三菱重工業、川崎重工業が参画している。本製造不具合において発生する顧客への補償や整備等費用を、開発参画会社は RTX 社と分担して負担することから、各社の業績への影響がある。また PW1100G 系列エンジンには、エアバス A220 に搭載される PW1500G、エンブラエル 190/195-E2 に搭載される PW1900G もあり、今後の世界の民間旅客需要が回復する中でのエアラインの業績への影響がある。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 年カーボンニュートラル達成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 5 年 11 月 30 日から開催された日本政府として COP 28 では、GX(グリーン・トランスフォーメーション)推進法に基づき、成長志向型カーボンプライシング構想を実行していく意思が示された。航空機産業に係る施策として、「グリーンイノベーション基金事業」の一環として、「次世代航空機の開発」に係る技術開発事業や持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進の動きがある。

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 年度に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 月に公表している。令和 5 年 3 月の第 9 回官民協議会では、空飛ぶクルマの運用概念(ConOps)についてとりまとめられている。

2050 年カーボンニュートラル達成の目標合意、デジタル技術活用の進展、サプライチェーンリスクの顕在化、スタートアップによる新たな市場創出に向けた動きの加速といった国際的な環境の大きな変化を踏まえて、経済産業省は、令和 5 年 6 月産業構造審議会 製造産業分科会 航空機宇宙産業小委員会を開催し、今後の日本の航空機産業の更なる成長に向けた方針の議論が開始された。令和 5 年 8 月に示された中間報告では、日本の航空機産業の今後の取組の方向性として、①大規模先行投資、長期回収を国際協業で支え合うビジネスモデルにおける資金面での支援、②研究開発や MRO 等の大規模な試験・実証インフラの産学官で連携した戦略的な整備、③航空機開発、製造を飛躍的に効率化し、今後の航空機産業への参画の前提となるデジタル開発基盤の整備、④航空機産業における人材面での課題の把握、実証機プロジェクト等を通じた人材の育成、獲得等が挙げられている。

宇宙分野では、昨年度 H-IIA ロケット 46 号機が情報収集衛星レーダ 7 号機を搭載し打上げに成功したが、イプシロンロケット 6 号機、H3 ロケット初号機の打上げには失敗した。一方、H-IIA ロケットは、令和 5 年 9 月 7 日には 47 号機で JAXA の X 線分光撮像衛星(XRISM)及び小型月着陸実証機(SLIM)を打上げ、令和 6 年 1 月 12 日に 48 号機で情報収集衛星光学 8 号機を打上げ、42 回連続成功している。XRISM 衛星は予定の観測を開始し、令和 6 年 1 月 20 日に SLIM は月に軟着陸して月面を観測し、2 機の超小型月面探査ローバ(LEV-1, LEV-2(SORA-Q))の展開、活動に成功した。令和 6 年 2 月 17 日に H3 ロケット 2 号機で衛星の軌道投入に初成功した。

政策面においては、宇宙基本計画が令和 5 年 6 月 13 日に改訂された。宇宙空間の防衛利用が世界的に活発となっており、日本においても特に宇宙安全保障において、「国家安全保障戦略」に基づき「宇宙安全保障構想」が同日に策定されている。当該分野の動向として、既に航空自衛隊は、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 年に宇宙状況監視(SSA)システムを稼働させた。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 4 年度の生産額は 1 兆 4,087 億円(機械統計速報値)で前年度比 2,532 億円(18 %)の増加となった。その内訳は、防需が 4,511 億円(10 %減)、民需が 9,576 億円(45 %増)である。生産額に占める防衛需要の比率は 34 %であった。なお生産額には防衛装備の研究、設計、開発試験等の生産によらない売上は含まれない。また民需の自社研究、自社開発の設計・試験等も生産額には含まれない。生産額は過去最大の 75%まで回復した。近年の防衛予算増加は令和 6 年度以降の生産額に影響を及ぼすと考えられる。

また、宇宙工業分野では、令和 4 年度の売上高は 3,980 億円で、前年度比 540 億円(16 %)の増加となる。売上高は生産額にシステム開発の設計や試験など製品納入を伴わない役務による売上を加えた額である。30 年あまり年間 3 千億円程度の宇宙関連であった政府予算は、令和 4 年度補正と令和 5 年度当初案の合計が倍増の 6 千億円、令和 5 年度補正と令和 6 年度当初案の合計が 3 倍増の約 9 千億円とここ 2 年間は急増しており、宇宙関連のシステム導入の計画が目白押しで、産業界は数年を経て活況へ移行すると考えられる。

以下では、令和 5 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 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）」を閣議決定した。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。さらに令和 2 年には、安全保障環境の変化に柔軟かつ効果的に対応していくための方策の一環として、新たなミサイル防衛システムとしてイージス・システム搭載艦を整備、さらにスタンド・オフ防衛能力の強化について閣議決定した。

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。

さらに令和 4 年 12 月に政府は、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靱化、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。

上記方針を実現するための法律として防衛省が調達する装備品等の開発及び生産のための基盤の強化に関する法律(防衛生産基盤強化法)が令和 5 年 10 月 1 日に施行された。また次期戦闘機開発に関して、令和 4 年 12 月に日英伊の 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、令和 5 年 12 月 14 日には、「グローバル戦闘航空プログラム(GCAP)政府間機関の設立に関する条約(略称：GIGO 設立条約)」への署名が行われた。GIGO は、次期戦闘機共同開発協力を実施するに当たり必須となる効率的な協業体制を確立するための国際機関である。

なお、令和 5 年度の防衛関係費総額は 6 兆 6,001 億円で前年度に対し 1 兆 4,213 億円(27.4 %)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、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、報復関税を課すことを決定したが、令和 3 年、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、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。航空輸送需要は、欧米、自国内路線を中心に回復が順調に進んでおり、令和 6 年には全面回復する見通しである。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、日本企業は平成30年に初号機用担当部位を納入した。令和2年に初飛行したが、COVID-19の世界的流行の影響を受け、同年、顧客引渡しは令和5年に延期と発表された。その後令和4年4月に顧客引渡しは令和7年に再延期すると発表した。この引き渡し開始の遅れでB777の減産とB777Xの生産開始に操業低下の谷間が発生し、日本のパートナー企業でもB777/B777Xの生産は低迷し、B777貨物機の生産による底上げを図っている。

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、月産数を徐々に増やしている。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、2度の墜落事故により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、令和2年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、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、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、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。令和6年初でもB737MAX-7の型式も未取得なうえに、B737MAX-9のドアが飛行中に脱落しMAX-9も運航が停止された。

またボーイング社は、令和4年8月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、令和 4 年は 516 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、令和 4 年は 60 機と納入数の回復がやや遅れている。

小型機市場では、エアバス社の A220(旧ボンバルディア社 C シリーズ)、中国の COMAC 社(Commercial Aircraft Corporation of China)が C919 について、ロシアのヤコブレフ社は 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、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%を取得し、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た。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・コーポレーション社に 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。(現在は新しくデハビランドカナダ社を設立して、Q400 を販売し、製造を近く再開する。)中国の C919 は、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、中国東方航空に初号機が納入され商業運航を開始した。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 COMAC 社が獲得すべく、航空機産業の育成に積極的に取り組んでいる。また、令和 5 年には COMAC 社は、広胴機開発のロシアとのジョイント・ベンチャーを解消し、単独で C929 の開発を続行している。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が、西側のエンジンなど装備品の輸出規制を受けて、ロシア産の装備に換装する派生型の開発を急いでいる。

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、中国の参入が続いた。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、運航機数と飛行時間を順調に積み重ねている。日本では、平成 20 年に三菱航空機が設立され、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 27 年に初飛行した。しかし開発状況と COVID-19 の影響を含めた市場環境の変化を踏まえ、令和 5 年 2 月開発を中止した。また三菱重工業は令和元年、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、令和 2 年に MHI(三菱重工業)グループとしてカナダの MHI RJ アビエーション社が事業を開始した。エンブラエル社は、E190-E2 を平成 28 年に初飛行を行い、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、初飛行を行ったが、開発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

を目途にエンブラー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・コマースと決まったが、令和 2 年、両社の条件が合わず、提携／合併会社の設立に関する交渉を中止した。

航空運航会社の機体価格低減要求は年々厳しさを増して、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。その一方で購入価格の低減要求が品質低下や労働力不足を誘発したとの分析もあり、一部には納入価格の上昇を認める動きも引き起している。

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、その殆どは輸入機である。その中、SUBARU とベル・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。SkyDrive 社は自動車メーカーであるスズキの協力を得て、スズキの工場を活用して機体を製造する子会社を令和 5 年 9 月 1 日に設立したことを公表している。「空飛ぶクルマ」事業に関しては、自動車等の他産業からの事業への参画の動きが見られている。

国内の民間航空機分野の新たな動向の 1 つとして、令和 4 年 10 月より海上保安庁はジェネラル・アトミックス社のウェットリースによる無人機シーガーディアンを 3 機用いた海洋監視任務の運用委託を行っている。海上保安庁が機体を所有し運用する従来の形態とは異なり、運用の指示とデータ解析を海上保安庁は担当する形で任務が実行され、運航機を追加する計画も始まった。

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が決定され、安全保障の強化が謳われた。以降定期的に宇宙基本計画(本文と工程表の二部構成)が見直しされ、最新の計画は令和 5 年 6 月 13 日の宇宙基本計画と同年 12 月 22 日の工程表が最新版である。

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、宇宙開発利用部会を新たに立ち上げ、文部科学省が管轄する案件を審議するとなった。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 6 年 1 月 12 日の 48 号機まで、連続 42 機の打上げに成功した。残り 2 機も打上げ成功が期待される。一方、平成 25 年より JAXA はイプシロンロケットの打上げを開始し、令和 3 年まで 5 機の連続打上げに成功した。令和 4 年 6 号機打上げに失敗し、初代イプシロン運用を終えた。令和 5 年 7 月に後継のイプシロン S ロケット 2 段の地上燃焼試験で爆発が発生し、改良型の開発は遅れている。JAXA と三菱重工業は平成 26 年度から、H-IIA/B の後継となる新型基幹ロケット(H3)の共同開発に着手し、令和 5 年 3 月に初号機を打上げたが、2 段エンジンは作動せず打上げに失敗し、だいち 3 号(ALOS-3)衛星を喪失した。失敗に対する処置を完了し、令和 6 年 2 月 17 日に 2 号機の打上げに成功した。

衛星分野では、令和 5 年に、JAXA は X 線分光撮像衛星(XRISM)及び小型月着陸実証機(SLIM)を、令和 6 年政府は情報収集衛星光学 8 号機を打上げた。XRISM 衛星は予定の観測を開始し、SLIM は令和 6 年 1 月 20 日に月軟着陸し、2 機の超小型月面探査ローバ(LEV-1, LEV-2(SORA-Q))の展開、活動に成功した。但し、SLIM の月への降下時にスラスタが脱落、着月姿勢が異常となって、着陸直後 7 日間は観測を中断したが、その後観測に復帰した。

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安全保障分野の政府開発に加えて、商業化・国際化を基調とする宇宙利用への流れは進むとみられ、これまで売上の多くを JAXA 宇宙開発プロジェクトに依存した我が国の宇宙関連メーカー各社は、多様な用途に向けて、官民連携する技術開発やコストダウン、海外メーカーとの国際協業、新旧の宇宙事業者の連携など、防衛分野、商業化・国際化を視野に入れた宇宙ビジネスへの先進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、航空自衛隊には領域横断を進める状況把握の新しい SSA システムや設備、施設の導入が進んでいる。また一方 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 S 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。カイロス(令和 6 年 3 月に 1 号機打上げ予定)、ZERO などの民間企業独自の衛星打上げロケット開発

も進んでいる。

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場所である。但し、宇宙機器の令和3年度生産額は経済産業省の統計によれば 2,069 億円と、航空機工業の生産額の約 1 割程度であり、宇宙産業売上げ増加の大部分はサービス業の第 3 次産業分野あるいは宇宙(衛星)を利用するスマートフォンや BS/CS テレビ放送受信装置のような地上の機器の製品の売上であって、宇宙で作動する機械類の売上はここ 20 年あまり増加していない。

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る。日本の民間スタートアップ企業により独自に開発された人工衛星も運用を開始し、データ販売やソリューション提供を開始している。民間ロケットやロケット打上げ場も完成し、令和 5 年度に初打上げが予定されている。

また、日本に本社を置く事業者 ispace 社は、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 月にファルコン 9 にて打上げ、軟着陸に挑んだが令和 5 年 4 月 23 日に降下中に月面に衝突した。この着陸機は日本で設計され、ドイツにあるアリアングループの IABG 社で製造されている。現在 2 号機を準備している。

日本の宇宙開発予算総額(8,955 億円 巻末資料 V-1)は、ESA 2022 予算の 4,865 億円(Space Foundation Space Report, 2023 年)の 2 倍弱、ロシアの Roscosmos 予算(米\$3,100M, Space Foundation Space Report, 2021 年)の 2 倍程度である。令和 4 年度までの 30 年間は毎年 3 千億円程度が続いたが、令和 5 年度に 6 千億円、令和 6 年度は約 9 千億円と急増した。さらに、令和 5 年度に政府は 10 年間で 1 兆円規模の宇宙戦略基金を設置し企業、大学を支援するとして、関連法案を国会に提出、成立させており、今後も宇宙に関わっていた企業の売上増と、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

先進工業国において、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あるいは修理・改造／整備として参画し、近年は完成機の設計・製造・販売・アフターサービス(MRO)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一般化している。日本として、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ものである。令和4年12月に「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-60L)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輸送・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、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、国内産業構造の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。

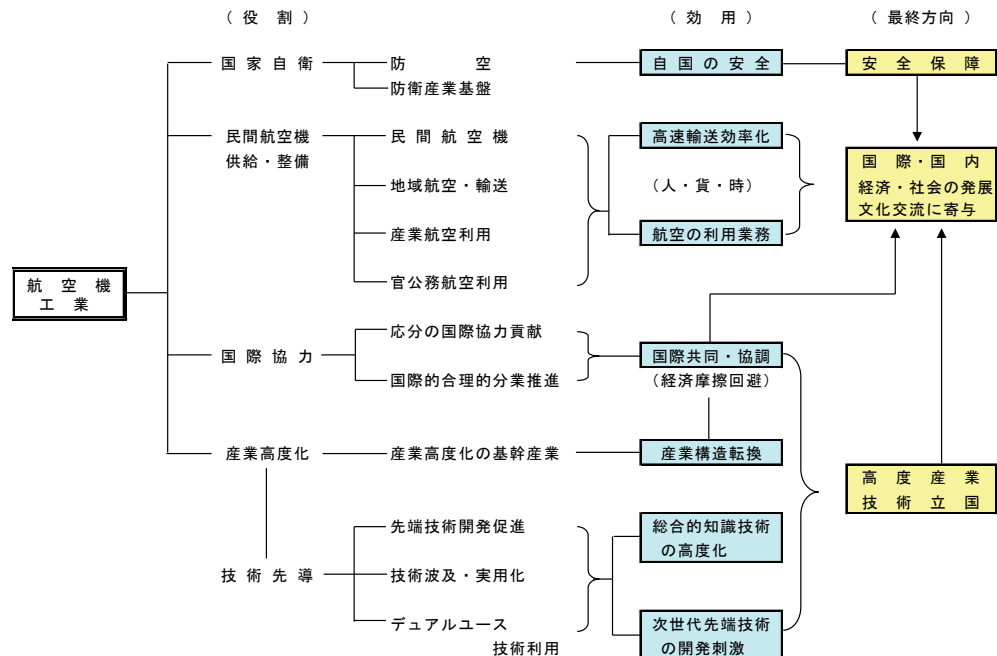
以上の役割から、航空機工業は国家として重要な政治的・戦略的産業と言える。

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するには、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、既に一部世界を主導する質の高い技術・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。

図 1-1-1 日本の航空機工業の社会経済的役割と方向



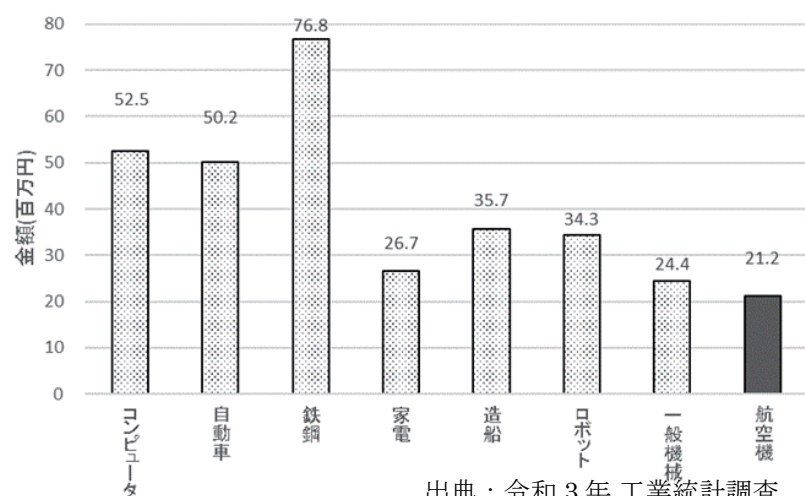
第 2 節 航空機工業の特質

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を図る必要がある。

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総合産業である。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 人当た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堅持すべき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



出典：令和 3 年 工業統計調査

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うことができると言える。(図 1-1-3 参照)

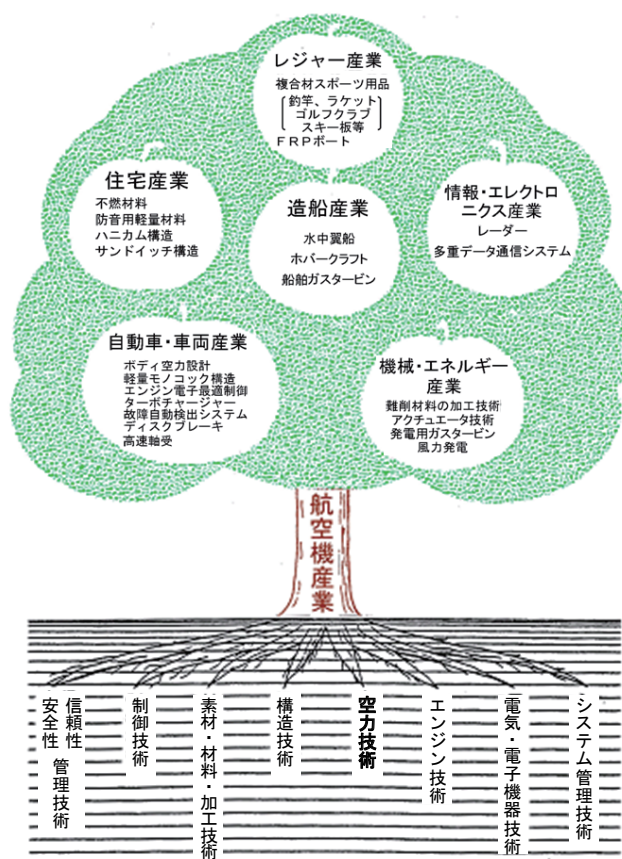
航空機技術は国防上重要な先端技術を多数含むため、防衛関連の航空機技術の輸出は厳格に管理されている。一方で、防衛関連の技術でも応分の役割分担や、技術のクロスライセンス化などが求められる状況にある。また、民生技術の進歩により、スピンオン(民生技術の防衛利用)やデュアルユース(軍民共用の技術や製品)が盛んになっており、こうしたキーテクノロジーの蓄積が国のバグディングパワーとなる。そのため航空機技術の中で、国際競争力を確保するためには、長期的視点に立った技術戦略が必要である。

このように航空機工業は高度技術を必要とし、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を図り、自国の防衛基盤の強化や自国経済に大きく貢献するだけでなく、他国や地域・友好陣営への政治的影響力としても重要視される。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先進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、航空機関連商品の低価格要求に応えるために、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を増やし、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。Honda エアクラフト社の製品、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

図 1-1-3 航空機技術の他産業への技術波及例



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っており、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、歴史的な深く太いつながりを持たず、事業規模も小さいが、国際共同開発に参画し、各種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、衛星を利用する長距離通信、位置情報提供を実現させる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従を図った。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、各国ともに軍需は長く横ばいが続いていた。(図 1-1-4、1-1-5 参照)

ロシアによるウクライナ侵攻以降、欧米は軍備近代化・強靱化へ移行し、国内においても令和 4

年 12 月に閣議決定された「国家安全保障戦略」で、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

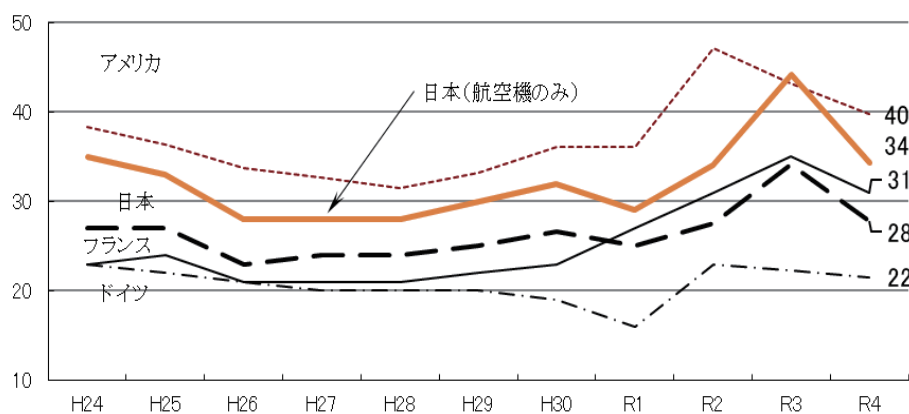
としており、同時に決定された「防衛力整備計画」では、令和 5 年度から令和 9 年度までの 5 年間の防衛力整備の水準を 43 兆円程度とするとされた。これは平成 30 年に策定された中期防衛力整備計画の 27 兆 4700 億円の約 1.6 倍であり、航空宇宙産業の生産増加が予想される。(図 1-2-13 参照)

戦後の日本における航空機工業は出遅れ、当初は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、GE9x、PW1100G-JM、GE9X)等の主に米国との国際共同開発に参画し、特に最近の 30 年間に民需生産額を 3 倍増にするなど大きく拡大させ、日本の航空機需要は民需が防需を大幅に上回っている。

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は、

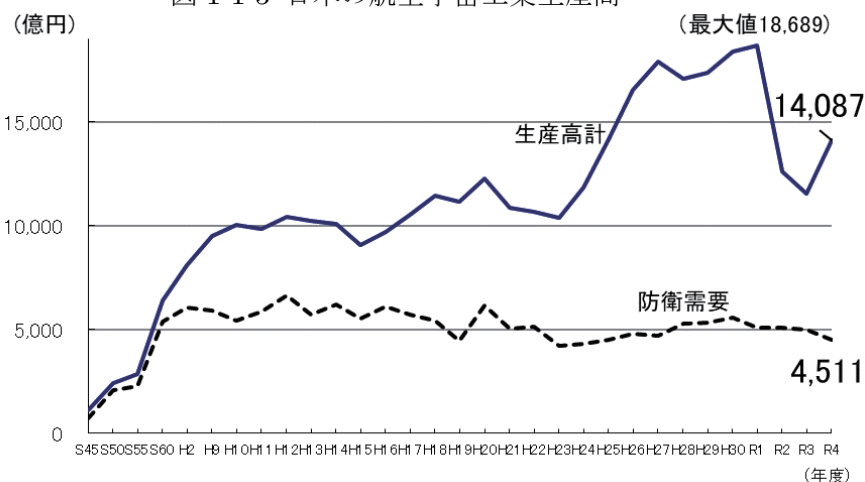
図 1-1-4 各国航空宇宙工業防需依存度 (%)

(米国、日本はミサイルを除く)
(統計データは暦年ベース)



出典：SJAC

図 1-1-5 日本の航空宇宙工業生産高



出典：SJAC

2035(令和 17)年までに次世代戦闘機を共同開発する事業である「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 月に発出され、開発の成功が期待される。

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じて多様な民間航空機、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と考えられる。

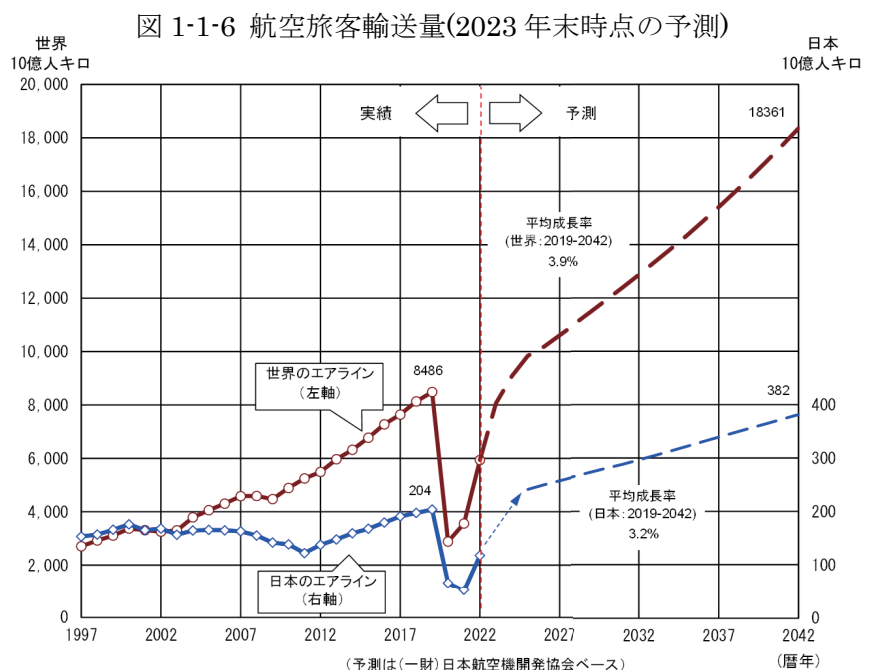
- ① 航空機の大型化、高速化、経済性向上による輸送価格の相対的な低下
- ② 各国での所得水準上昇に伴う、移動時間短縮へのニーズの高まり
- ③ 技術進歩に伴う航空機の信頼性の高まりによる安全性の向上

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 により航空旅客需要は一時的に激減したが、令和 6 年の内に本来の需要成長に復帰することが期待される。

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



効率的に結び、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、直行便で中小規模の出発地と到着地の空港を結ぶ小中型機の長距離機需要も拡大した。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。

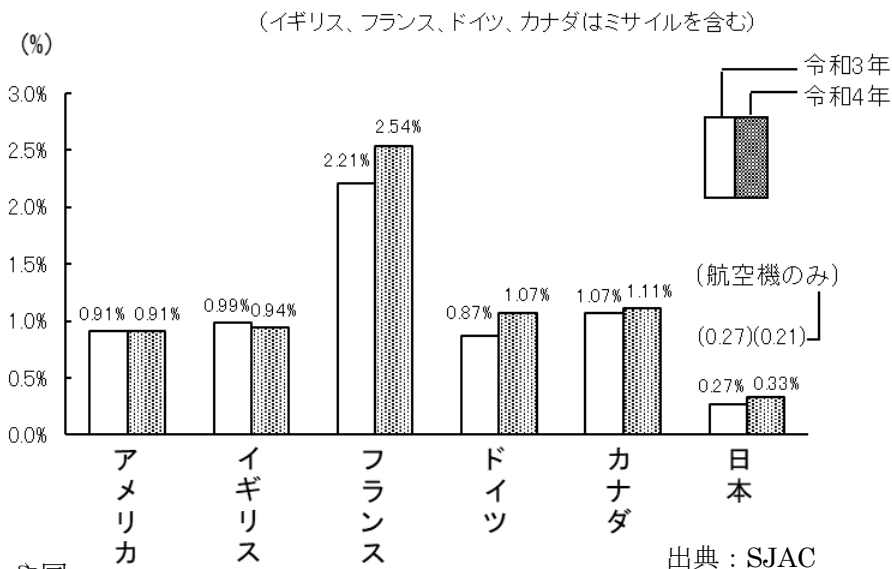
第3節 日本の航空機工業の実態

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COVID-19の影響で民間航空機の需要が著しく落ち込んでいたものの、航空宇宙工業が自国のGDPの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4年の売上高でみると、米国が約31兆円と圧倒的に大きく、英、仏、独の合計額の約1.7倍に相当する。日本との比較では約19倍の規模である。(図1-1-7、図1-1-8参照)

我が国の航空機工業と他産業を令和3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31倍、一般機械は約21倍、鉄鋼は約10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)他産業は近年になって日本資本は海外生産を大きく伸ばしている点を加味すると、日本ブランドとしての産業の売上や国際市場での存在感は更に大きな差となる。

図 1-1-7 各国航空宇宙工業売上高の対 GDP 比率 (令和 3 / 4 年)



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・外交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773億ドル、仏が239億ドルの輸出超過となっているのに対し、日本は47億ドル(約6,241億

円)の輸入超過となっている。

米国は、令和4年の総貿易収支が約11,830億ドル(輸出：20,899億ドル、輸入：32,729億ドル)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1,048億ドルで総輸出の約5 %を占め、輸入は約275億ドルで約1 %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4年の日本の航空機の輸出入差額は、前述のとおり47億ドルの輸入超過となっている。

この原因は、輸入は、日本の航空会社が使用する航空機のほとんどが輸入機であること、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) さらに自衛隊の新規装備機

に、輸入とまらない米国

からの有償FMS導入の

数量、金額が増え、民間機

数量、金額が増え、民間機

数量、金額が増え、民間機

数量、金額が増え、民間機

図 1-1-8 各国航空宇宙工業売上高 (令和 3 / 4 年)

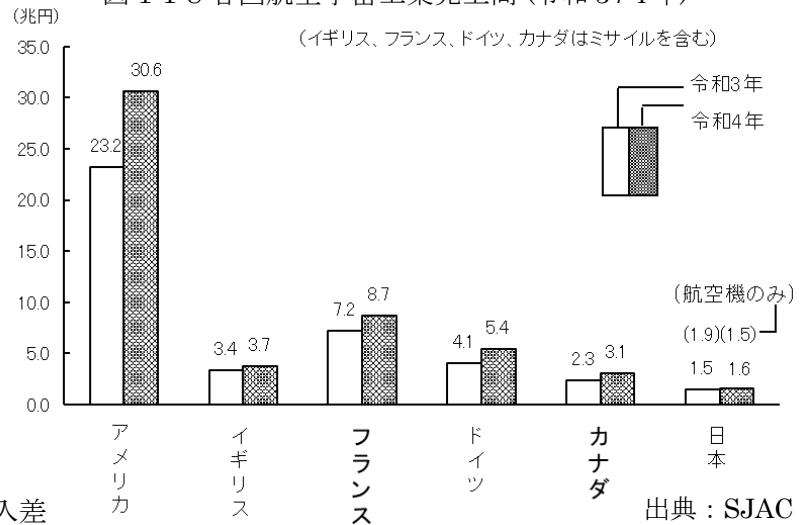


図 1-1-9 日本の産業別出荷額 (令和 3 / 4 年)

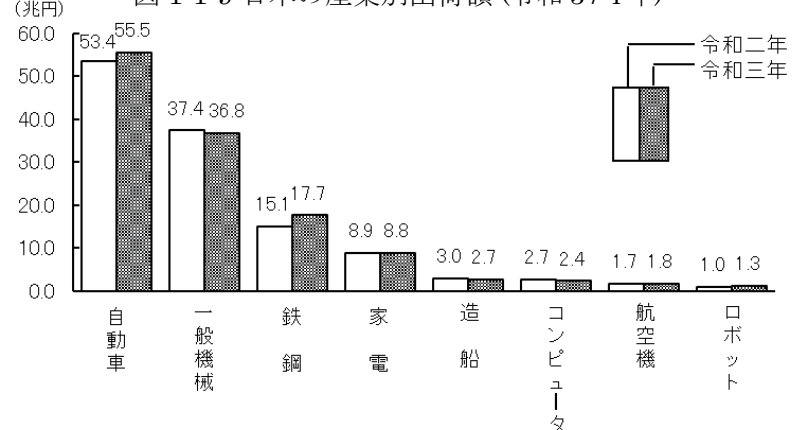
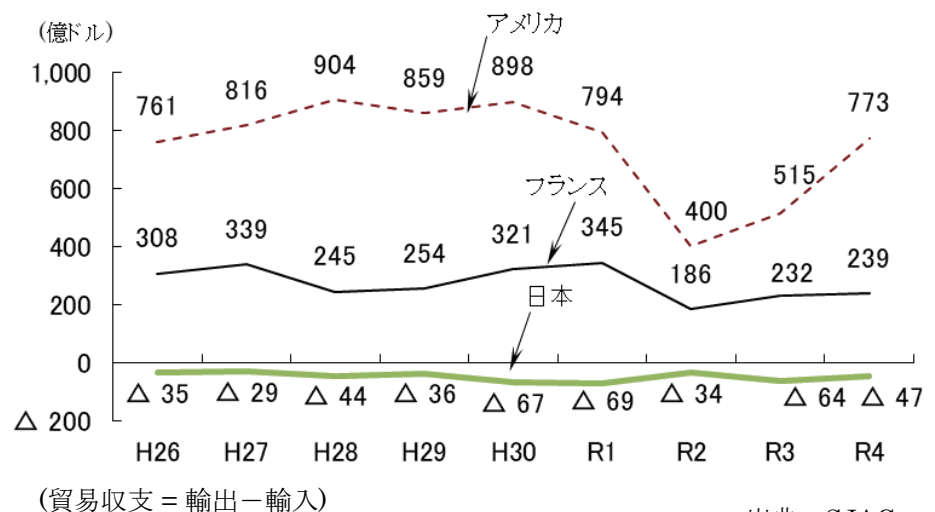


図 1-1-10 各国航空宇宙工業の貿易収支



においても海外会社からのリース機があるなど、貿易外でのサービス導入など海外航空機が国内の実務に大きな貢献をしているなど、欧米依存は輸入超過額面以上の実態がある。

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い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商業通信衛星の 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、宇宙開発事業団のロケット、衛星技術の開発費を捻出していた財政投融资の郵政特別会計からの予算は、日本郵便への米国の構造改革要求で財源が消滅し、一般会計予算に移って総額が漸減し、当時高度化や大型化が進んでいた宇宙技術で国際競争力の原資となる研究開発の活力を削がれたことに加えて、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。

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。

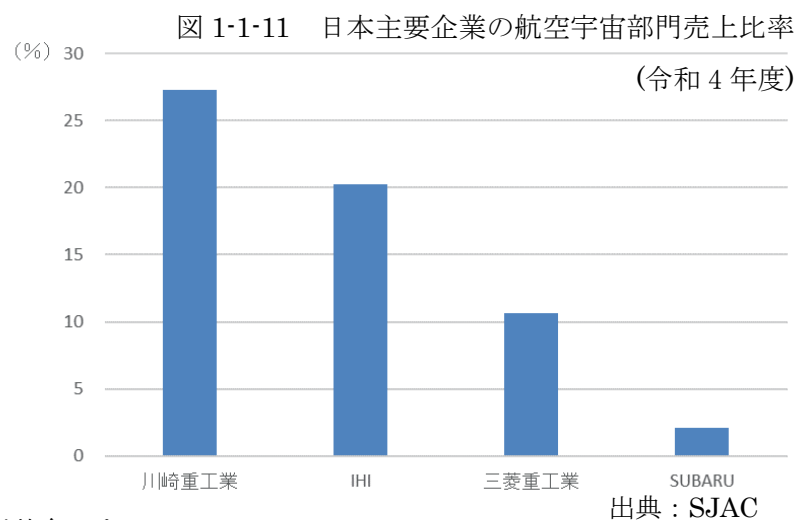
一方、民間航空機の開発には膨大な初期投資を要し、その後も長期にわたる経済変動・為替変動等の外部環境変化に耐えつつ、その間他の製品で経営を維持しながら、さらに派生型機等に対し追加投資をする必要がある等、その資金回収には、順調に行っても少なくとも十年以上要するため、大成功すると利益が長期にわたり大きく着実に得られるものの、参入障壁が高いと共にリスクも高い事業といえる。

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。しかも防衛予算は令和 5 年度まではほぼ一定で、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ていた。企業は次のような影響を被ると予想されていた。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・技術基盤を維持・強化し、防衛産業による安定的な製造等を確保すべく、令和 5 年 10 月に防衛生産基盤法が施行された。令和 5 年度以降、防衛予算は大幅に増額されている。

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門メーカーであり、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。

3 保守と修理・改造・改良

MRO (Maintenance Repair Overhaul) 事業の国内の規模は、経済産業省の統計にて平成 22 年に 1,734 億円、令和 4 年に 2,049 億円と増加傾向にあり、世界の航空輸送需要増に沿って発展が見込まれる。

防衛航空機の MRO 事業において、日本は、航空機開発技術及び生産基盤を保有していることを強みとする。

防衛航空機の機体は、各メーカー企業が主契約会社として、欧米メーカー機種の国際共同開発か

らライセンス生産、独自国産、修理改良及び保守、などを手掛けている。防衛省機のみならず在日米軍機についても整備、修理を手掛ける企業が存在する。

防衛航空機用エンジンについては、防衛省から交換用部品の支給を受け、国外エンジン開発元企業との MRO ライセンス契約に基づく MRO 役務が一般的であるが、昨今ではメーカー側が部品も調達する MRO 役務も伸長している。

日本国内の民間航空機の整備では、特に重整備において近隣諸国の中国、シンガポール、台湾などの MRO 事業者への依存は高い。MRO は航空会社自身の整備部門ないし子会社にて担わる部分があり、特にエンジンは開発・製造元企業と航空会社が整備の包括契約を締結してきた。しかし航空自由化以降、整備部門を持たない LCC の需要も取り込み、世界的に MRO ビジネスが航空輸送需要に比例して、着実に拡大・定着している。昨今は国内航空輸送各社も労働集約的な MRO の特徴を考慮して、国内機材の重整備を一部廉価な海外 MRO 会社に委託している。国内メーカーも海外エンジン開発元企業の MRO ネットワークに参画することで、事業の確実な拡大を目指している。

MRO 事業は、格納庫や付帯設備などを大規模空港に隣接して広大な土地を確保する、すなわち整備機数に応じた人材、施設・設備等の大きな初期投資と潤沢な事業運営費が必要なビックビジネスの特徴を持つ。よって従来の国内航空会社の整備子会社は、必要最小限に系列外の他社機の整備を受け入れていなかった。この状況下、平成 27 年に MRO Japan は、大阪の伊丹空港にて航空機整備事業を開始、平成 31 年に沖縄の那覇空港に事業を展開した。同社は国内の航空各社を主要な取引先とする一方、官公庁や近郊アジア諸国の航空会社へも事業領域を拡げている。

4 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、現在まで長く尾を引いている。

民間機市場は、長く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た。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、構造体のみならず装備品、配管、ワイヤーハーネス等を構造に艤装した部分システム、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、中国を除き、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、国策会社(大きな影響力を持つ特別な株主に自国政府を置く)、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。さらにブラジル、中国、ロシアは新興国扱いで国家予算を民間機開発に直接投入して、市場に参入することが WTO で認められているが、日本は国が民間機開発の大部分を負担する産業育成を行った場合は、国内販売に限られ世界に流通させられない欧米諸国と同じ先進国に扱われる。このため日本にとって航空機での国際市場参入には後発故のキャッチアップ障壁がある。(欧米の産業界はこの WTO 規制が制定される以前に、政府の支援を得て開発経験と市場シェアを獲得した。)

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、また国内民間機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、円滑な高度防衛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、F-4 後継の戦闘機として、米国ロッキード・マーチン社製の 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も有意義である。

令和 4 年 12 月に閣議決定された「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。

令和 5 年 12 月 22 日に防衛装備三原則の運用指針の一部を変更する閣議決定があり、ライセンス生産品の輸出や国際共同の開発や生産について変更され、今後の輸出促進に期待が高まっている。

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ことはよく知られているが、当初は機材も輸入品が主体で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：1914～8)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 千機、年間約 2 万 5 千機(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、機体技術はこの頃世界水準に到達した。

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並んでいた。

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) 最近では 10 年以上にわたりライセンス生産が始まった新機種はない。

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5年11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	McDonnell Douglas (米)	川崎重工業	387
46	F-4EJ	ジェット機	戦闘機	McDonnell 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	McDonnell 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 (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	Lockheed Martin (Sikorsky) (米)	三菱重工業	303
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	Leonardo (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 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、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 の引き渡しを開始され、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。

T-1A ジェット練習機



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 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 中型輸送機



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 など競合機種が存在に加え、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。

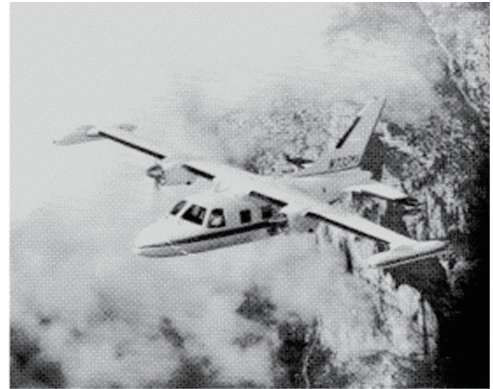
MU-2： 民間小型機開発の先駆けは三菱重工業が開発したビジネスターボプロップ機の MU-2 である。

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。

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、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。

MU-2 双発ビジネス機



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、防衛庁機の開発は継続して行われた。

PS-1/US-1： その一つは対潜飛行艇 PS-1 であり、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 3 m 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り航続距離を延長して初の水陸両用救難飛行艇 US-1 とする改造開発が防衛庁(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 号機以降は高出力エンジンへ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。

US-1A 救難飛行艇



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、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。

C-1 輸送機



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 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 高等練習機



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、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。

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、
340 馬力級で与圧客室を持つビジネス機仕様の 6 人乗

FA-300 双発ビジネス機



りレシプロ双発機 FA-300 の開発に着手した。

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 850 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 950 機以上を製造したのち、平成 23 年にネクスタント・エアロスペース社がエンジンを FJ44 に、アビオニクスをコリンズエアロスペース社のプロライン又はガーミン社の機器に換装する Nextant 400XT の FAA 認証を取得、新造やアップグレード改修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 カ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

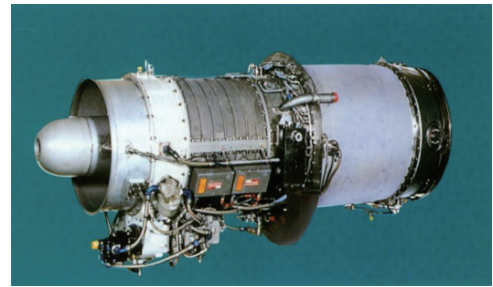
令和5年11月末現在

生産会社	名称	種類	技術提携先	出力	搭載航空機名	生産台数
I H I	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 (RTX)	23,830lb	F-15J/DJ	447
	T56-14	ターボプロップ	RR North America (GM)	4,910eshp	P-3C	483
	T700-401C	ターボシャフト	GE Aerospace	1,890shp	SH-60J/K/L UH-60J/JA	782
	T700-701C/D			1,994shp	AH-64D	
	F110-129	ターボファン	GE Aerospace	29,000lb(*)	F-2	111
三菱重工業	T63	ターボシャフト	RR North America (GM)	317shp	Hughes 369 OH-6	217
	JT8D-9	ターボファン	P&W (RTX)	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たため、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(現 三菱重工航空エンジン, MHIAEL)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 ヶ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5年11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28	KAL-1/-2	ピストン機	連絡練習機	川崎重工業	4	
29	KAT	ピストン機	連絡練習機	川崎重工業	2	
31	LM-1	ピストン機	連絡練習機	富士重工業	27	
33	KM-2	ピストン機	連絡練習機	富士重工業	66	TL-1 2機含む
35	T-1	ジェット機	練習機	富士重工業	66	
37	KH-4	ヘリコプター	汎用機	川崎重工業	203	
39	YS-11	ターボプロップ機	旅客機	NAMC	182	
41	MU-2	ターボプロップ機	ビジネス機	三菱重工業	764	試験機を含む
42	FA-200	ピストン機	軽飛行機	富士重工業	299	
43	PS-1	ターボプロップ機	対潜飛行艇	新明和工業	23	
44	P-2J	ターボプロップ機	対潜哨戒機	川崎重工業	83	
45	C-1	ジェット機	輸送機	NAMC/川崎重工業	31	
46	T-2	ジェット機	高等練習機	三菱重工業	96	
49	US-1/1A	ターボプロップ機	救難飛行艇	新明和工業	20	
50	FA-300	ピストン機	ビジネス機	富士重工業	47	FUJI-700/710型
52	F-1	ジェット機	支援戦闘機	三菱重工業	77	
52	T-3	ピストン機	初等練習機	富士重工業	50	
55	MU-300	ジェット機	ビジネス機	三菱重工業	101	
55	B767	ジェット機	旅客機	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	1,919	MBB社との共同開発 (機数は令和5年9月末時点)
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	旅客機	JADC/CAC	1,723	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	旅客機	JADC/CAC	1,099	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	34	
(27)	MRJ / SpaceJet	ジェット機	旅客機	三菱航空機 / 三菱重工業	5	飛行試験機のみ 年度は初飛行年
28	C-2	ジェット機	輸送機	川崎重工業	15	
31	X-2	ジェット機	技術実証機	三菱重工業	1	
31	UH-2	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	SUBARU	6	ベル社との共同開発
(令2)	B777X	ジェット機	旅客機	JADC/CAC	4	現在は飛行試験機のみ

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・ベルコウ・ブローム社(現 エアバス・ヘリコプターズ・ドイツ社)
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 P-2V 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。

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： 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： 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。

T-4 中等練習機



T-7 初等練習機



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 年初飛行を行い、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。

F-2 戦闘機



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(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。

US-2 救難飛行艇



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、70 mm ロケット弾、20 mm 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 30 mm 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-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 の開発が進められた。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 12 月 22 日に開発が完了したと防衛省より発表され、SH-60L として部隊での正式使用を開始した。

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： 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とイタリアのアグスタ社の合併

SH-60K 哨戒ヘリコプター



OH-1 観測ヘリコプター



会社 EHI 社(ヨーロッパ・ヘリコプター・インダストリー：現 レオナルド)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。

本機は総出力 6,300 shp 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。

CH-101 ヘリコプター



P-1： P-1 は、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。

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 が初飛行した。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 P-1 配備が始まった。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、令和元年に開催されたパリ航空ショーに派遣、展示した。

P-1 固定翼機



出典：海上自衛隊ホームページ

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 C-2 配備が始まった。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、令和元年に開催されたパリ航空ショー、令和 3 年に開催されたドバイ航空ショーに派遣、展示した。

C-2 輸送機



出典：航空自衛隊ホームページ

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

先進技術実証機 (X-2)



出典：防衛装備庁

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： 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cock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。

UH-2 ヘリコプター



(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、欧州では、平成28年にEASAから、平成30年にJCABから型式証明を取得した。それぞれの顧客に型式証明取得以降、機体が引渡された。

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、平成20年、MRJを事業化した。設計、型式証明取得、販売などを担当する事業会社「三菱航空機株式会社」を立ち上げ、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)平成27年に初飛行し、令和元年にMRJの名称をMitsubishi SpaceJetへ改称した。令和5年2月に開発中止している。5機が日米で飛行試験に供された。

(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5年11月末現在

納入開始 年度	機種	機別	用途(搭載機種)	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	
平成	V2500	ターボファン	旅客機用	JAEC	7,781	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	
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	旅客機用	JAEC	6,158	GE Aerospace社との 共同開発
12	XF-7	ターボファン	XP-1用	IHI	22	
22	F7	ターボファン	P-1用	IHI	148	
	F7	ターボファン	JAXA用	IHI	1	
	HF118/HF120	ターボファン	ビジネスジェット機用	GE ホンダ・エアロ・エンジンズ社	—	GE Aerospace社とのJV
27	PW1100G-JM	ターボファン	旅客機用	JAEC	3,507	P&W社、MTU社との 共同開発

NAL: 航空宇宙技術研究所(現 JAXA)

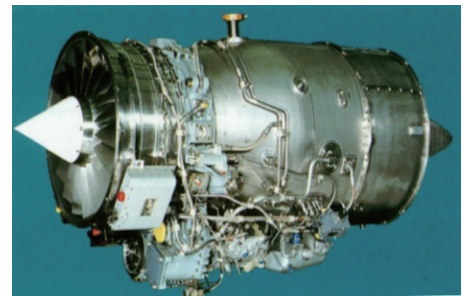
JAEC: 日本航空機エンジン協会

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、昭和 57 年 XT-4 搭載エンジンとして選定された。

F3 ターボファンエンジン



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。

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、欧州での引き渡しを開始されている。

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変わった。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。

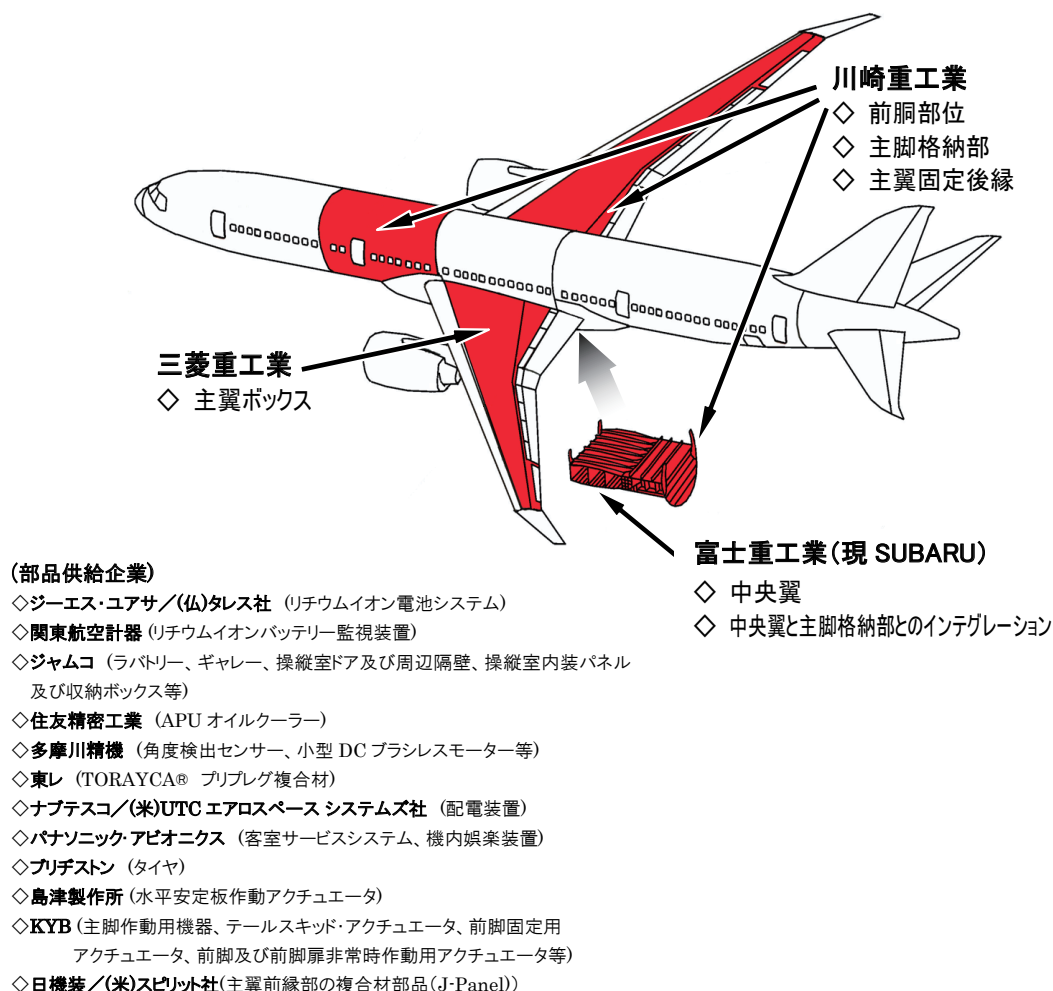
B777： B777 は平成 2 年にボーイング社が開発開始した大型双発旅客機で、日本は(財)日本航空機開発協会(JADC)を開発母体として開発・生産の約 21%を分担(胴体部分、中央翼、翼胴フェアリング部、主翼リブ、扉等)、プログラム・パートナーとして参画することで平成 3 年にボーイング社と正式契約を交わした。平成 10 年、量産事業への移管に伴い(財)日本航空機開発協会の権利義務は民間航空機株式会社に移管された。

政府は、政府専用機の後継機として平成 30 年に B777-300ER を 2 機受領し、平成 31 年から航空自衛隊は運用を開始した。政府専用機の維持整備は 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、7,000～8,000 nm (13,000～14,800 km) 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 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



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・エア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・グループ社ボート航空機部門)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開発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・ウェストランド社(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 150 kg 増などが改善されている。

なお、エアバスヘリコプター社は、BK117-C2 を H145 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)UH-72 として採用している。

AW139 : AW139 は、レオナルド社 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・ウェストランド社(現 レオナルド社)がプログラムを引き継ぎ 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(現 ロッキード・マーチン)社が三菱重工業ほか

BK117-D3 ヘリコプター



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、
搜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・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
量産機も令和 4 年から納入開始された。

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、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 MTU 社、伊 FIAT 社の 3 社を加えた 5 カ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 カ国共同開発事業は、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 FIAT 社(現 GE エアロスペース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&WAED)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、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。

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 プログラム・シェア スイス P&WAEI 33.5 % 日 JAEC 23 %
リーズ及び MD-90 に搭載の 米 P&W 32.5 % 独 MTU 11 %

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

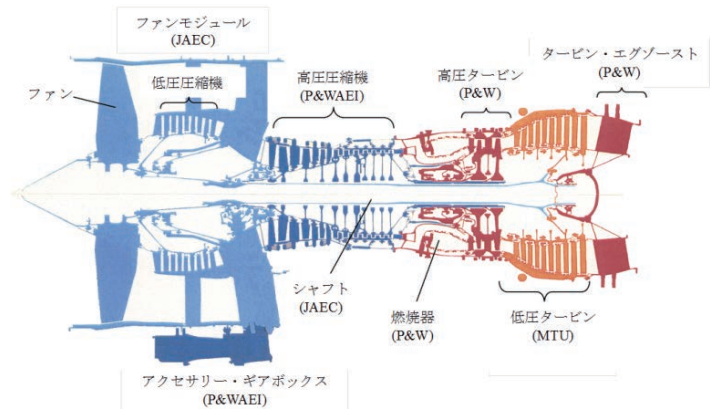
① CF34-8

CF34-8 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、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。

図 1-2-2 V2500 参画各社分担部位



CF34-8 エンジン

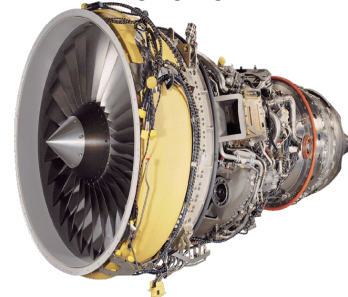
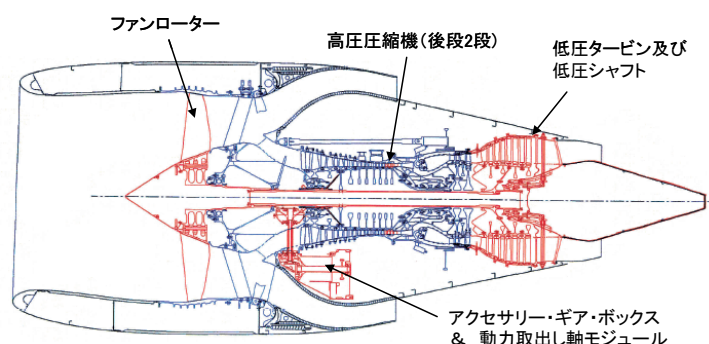


図 1-2-3 CF34-8 日本担当部位



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)

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。

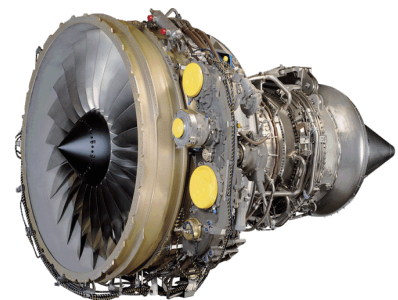
一方、平成 11 年、ブラジルのエンブラエル社が E170 (70 席クラス)の開発を発表し、その搭載エンジンとして CF34-8E(推力 14,500 ポンド)を選定した。続いて、同年にボンバルディア社が CRJ700 の胴体を延長した CRJ900 (86 席クラス)の開発計画を発表、搭載エンジンとして CF34-8E の開発成果を CF34-8C1 に折り込んだ CF34-8C5(推力 14,500 ポンド)が選定され、平成 14 年に FAA より CF34-8E/8C5 両エンジンの型式承認を取得した。CRJ900 は平成 15 年に、E170 は平成 16 年に、続いて E175(78 席クラス)は平成 17 年に運航を開始した。

② CF34-10

エンブラエル社は平成 11 年に E190 (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 IHD)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。E190 は、平成 17 年に、同じく E195 (108 席クラス)は平成 18 年に商業運航を開始した。

CF34-10 エンジン



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。

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、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

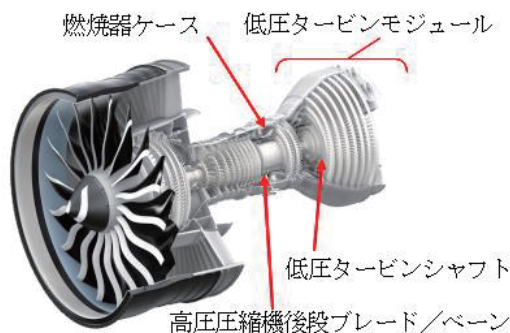
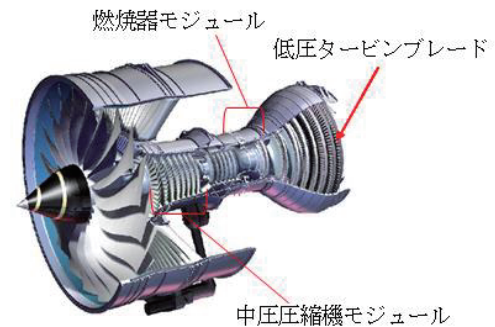


図 1-2-5 Trent 1000 日本担当部位



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

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 MTU 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 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は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。なおプラット・アンド・ホイットニー社は令和 5 年 7 月に粉末冶金を材料とする特定の部品に製造時の不具合が発生している可能性があるとして、エンジンを機体から取り下ろしての点検が必要と発表した。その影響により今後数年間で整備台数が増加し、令和 6 年から令和 8 年までの期間に平均 350 機の地上駐機が見込まれている。

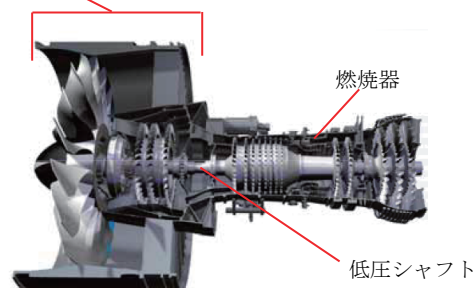
令和 3 年にプラット・アンド・ホイットニー社は、既存の PW1100G-JM から燃料消費量を 1 %改善し、最大推力を 34,000 ポンドへ増強し、かつ 100 %の SAF で運航可能とする GTF Advantage を発表した。令和 5 年にエンジン型式承認取得、令和 6 年に商業運航開始を予定している。

また、ロシアのイルクート(現 ヤコブレフ)社が開発した 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

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

図 1-2-6 PW1100G-JM 日本担当部位
ファンおよび低圧圧縮機モジュール



Passport 20



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。

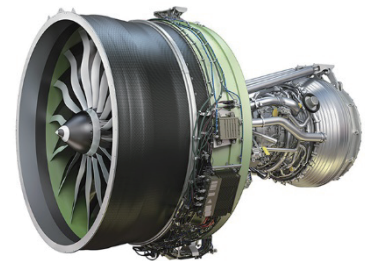
Passport 20 は離陸推力 16,500 ポンド、ファン径は 52 インチで、複合材ファンケース、ファンブリス、最先端コアなどの最新技術を適用することで、同クラスのエンジンと比較して燃料消費 8 %改善、ICAO の CAEP/6 排出ガス基準や Stage 4 騒音基準を満足する性能を持つ。

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・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) 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。

GE9X



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 NO_x 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 年に FAA より型式承認を取得した。
GE9X を搭載した B777X は令和 7 年の顧客引渡しを目指している。

7) 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 に搭載された。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プレードの設計・製造に、RSP として参画している。

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

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 (米)	B767続き (181～375席)	ジャムコ シンフォニアテクノロジー ソニー 大同特殊鋼 ナブテスコ 天龍工業 東京航空計器 東芝 日本航空電子 古河アルミ(現 UACJ) パナソニック・アビオニクス 三菱電機 ミネベアミツミ 横浜ゴム	ギャレー、ラバトリー 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 機内ビデオ装置 銅板 スボイラー飛行制御用機器 座席 予備高度計 計器表示ブラウン管 加速度計 アルミ鍛造品 機内娛樂装置 各種制御弁、計器表示ブラウン管 ベアリング、小型モーター 複合材、飲料水タンク	サブコン又は サプライヤー	
		B767BCF (改造貨物機)	川崎重工業		
	B777 (312～550席)	三菱重工業 川崎重工業 富士重工業(現 SUBARU) 日本飛行機 新明和工業	後部胴体、尾胴、乗降扉 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 中央翼、翼胴フェアリング、主脚扉 主翼桁間リブ、スタブビーム 翼胴フェアリング	プログラム パートナー	21% (日本)
		KYB 島津製作所 小糸製作所 ジャムコ ソニー ナブテスコ 東レ 日本飛行機 ブリヂストン シンフォニアテクノロジー ホンデン 横浜ゴム 昭和飛行機工業 日機装	脚作動用装置、アクチュエーター 主脚作動用機器、貨物扉作動用機器、APUドア作動用機器、他 照明機器、客室用表示装置 ラバトリー、ギャレー、客室座席、客室床板 客室オーディオシステム フライトコントロールシステム作動用機器 PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ 前脚扉 脚用タイヤ 貨物扉アクチュエータ作動用電動モーター 液晶表示装置 (LCD) 飲料水タンク ギャレー(777F用) 逆噴射装置用部品(カスケード、ブロックドア)	サブコン又は サプライヤー	
	B777X (350～425席)	三菱重工業 川崎重工業 富士重工業(現 SUBARU) 日本飛行機 新明和工業	後部胴体、尾胴、乗降扉 前部・中部胴体、主脚格納部、貨物扉、圧力隔壁 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) スタブビーム 翼胴フェアリング(中・後部)	プログラム パートナー	21% (日本)
		東レ ジャムコ ナブテスコ 多摩川精機 パナソニック・アビオニクス 日本飛行機 KYB	PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ ラバトリー フライトコントロールシステム作動用機器 角度センサー キャビンサービスシステム 前脚扉 主脚扉アクチュエータ	サプライヤー	
	B787 (242～330席)	三菱重工業 川崎重工業 富士重工業(現 SUBARU) 新明和工業	主翼ボックス 前胴部位、中胴下部構造、主翼固定後縁 中央翼 及び 中央翼と主脚脚室とのインテグレーション 主翼前後桁	プログラム パートナー	35% (日本)
		ブリヂストン パナソニック・アビオニクス 東レ 島津製作所 ジャムコ 多摩川精機 KYB 日機装 住友精密工業 ジーエス・ユアサ 関東航空計器 ナブテスコ	脚用タイヤ キャビンサービスシステム、機内娛樂装置 PAN(ポリアクリルニトリル)系炭素繊維プリプレグ 水平安定板作動アクチュエータ、他 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、バーカウンター、プレミアムシート 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 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 (B787-8/9)、主脚作動機構固定用アクチュエータ(B787-8/9) 主翼前縁部の炭素繊維強化複合材部品(J-Panel) APUオイルクーラー リチウムイオン電池 リチウムイオンバッテリー監視装置 配電装置	サブコン又は サプライヤー	
	B717-200(117席)	ジャムコ	ギャレー、ラバトリー	サプライヤー	
	DC-10(239席)	三菱重工業	テールコーン	RSP	
	MD-11(298席)	三菱重工業 ナブテスコ	テールコーン 昇降舵作動用機器、スラット作動用機器	サブコン又は サプライヤー	

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

(*1)UTCエアバスヘース・システムズ(現 コリンズ・エアロスペース)(米)、(*2) サフラン・デザイン・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
ボンバード・レイ (カナダ)	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 東邦デナックス	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	
エアバス (フランス)	E170/E175 (70/78席)	川崎重工業 住友精密工業 多摩川精機 ブリヂストン パナソニック・アビオニクス ナブテスコ	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年よりエアバス社に順次移管 空調装置 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 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	RSP サプライヤー	
	E190/E195 (98/108席)	川崎重工業 住友精密工業 多摩川精機 パナソニック・アビオニクス ナブテスコ	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、ウイングレットは2006年よりエアバス社に順次移管 空調装置 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(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	RSP サプライヤー	
	Legacy 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	
エアバス (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 ムーグ(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	サブコン又は 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 サブコン又は サプライヤー	
	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		
ボーイング・チーフ (米)	Hawker 4000(*1) (8席)	富士重工業(現 SUBARU)	主翼構造システム	一生産終了	RSP
	Premier I (6席)	新明和工業	動翼	一生産終了	サプライヤー
エアバス (米)	Eclipse 500(*1) (10席)	富士重工業(現 SUBARU)	主翼	一生産終了	
	Eclipse E550 (10席)	多摩川精機	電動アクチュエータ	サプライヤー	
エアバス (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
ベル・アグスタ (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 客室ドア、胴体尾部テールコーン 主脚作動用機器	RSP サブコン又は 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
ユーロコプター (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
アグスタ (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	サブコン又は 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 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

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 5)

エンジン関係

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
IAE AG (日・米・独・スイス)	V2500	IHI	ファン、ファンケース、低圧圧縮機、低圧シャフト	プログラム パートナー	23% (JAEC)
		川崎重工業	ファンケース、低圧圧縮機		
		三菱重工航空エンジン	高圧タービンケース、低圧タービン部品		
IAE LLC (日・米・独)	PW1100G-JM/ PW1400G-JM	IHI	ファン、ファンケース、低圧圧縮機、低圧シャフト	プログラム パートナー	23% (JAEC)
		川崎重工業	ファンハブ、低圧圧縮機		
		三菱重工航空エンジン	燃焼器		
Engine Alliance (GE・P&W)	GP7200	IHI	低圧カップリングシャフト	サブコン	
CFM International (GE・Safran)	LEAP	エアロエッジ	チタンアルミ製低圧タービンブレード	Safran社へ納入	
		日本カーボン	炭化ケイ素連続繊維	CFMI社へ納入	
GE Aerospace (米)	GE90	IHI	低圧タービンブレード、ディスク、ロングシャフト	RSP	10%
	CF34-8/-10	IHI	ファンブレード、ファンディスク(-8のみ)、高圧圧縮機後段ブレード、ペーン(-10のみ)	RSP	30% (JAEC)
		川崎重工業	低圧タービンモジュール、低圧シャフト		
		住友精密工業	ギアボックス		
	GENx-1B	IHI	低圧タービン、高圧圧縮機後段部ブレード及びペーン、シャフト	RSP	15% (JAEC)
	GENx-2B	三菱重工航空エンジン	燃焼器ケース	RSP	13%
		IHI	低圧タービン、高圧圧縮機後段部ブレード及びペーン、シャフト		
	Passport 20	IHI	ファン静止部、高圧圧縮機後段ブレード及びペーン	RSP	30% (JAEC)
		川崎重工業	低圧タービンモジュール、低圧シャフト		
		住友精密工業	ギアボックス		
P&W (RTX) (米)	GE9X	IHI	熱交換器	サブコン	
	JT8D-200	IHI	低圧タービン部品、低圧シャフト	RSP	10.5% (JAEC)
		三菱重工航空エンジン	タービン、ディスク		
		IHI	ロングシャフト		
	PW2000	IHI	ロングシャフト	サブコン	2.8%
	PW4000	三菱重工航空エンジン	低圧タービンブレード、ディスク、燃焼器、 アクティブ・クリアランス・コントロール	RSP	10%
		川崎重工業	低圧タービンケース、タービンシール、 スタブシャフト、低圧圧縮ペーン		
		IHI	ロングシャフト		
	PW6000	三菱重工航空エンジン	燃焼器モジュール	サブコン	
	PW1200G	三菱重工航空エンジン	燃焼器、高圧タービンディスク、ケース及び最終組立・傾収運転試験	プリファード サプライヤ	15%
		IHI	ファンケース、ファンハブ		
	PW1500G	川崎重工業	ファンドライブギアシステム、燃焼器	RSP	2%
	PW1700G	IHI	ファンケース、ファンハブ、ファンブレード、低圧タービンシャフト	サブコン	
		IHI	ファンハブ		
	PW1900G	川崎重工業	ファンドライブギアシステム、燃焼器	RSP	2%
	PW210	IHI	ファンケース、ファンハブ、ファンブレード、低圧タービンシャフト	サブコン	
		三菱重工航空エンジン	パワータービンモジュール		
P&WC (加) RR (英)	RB211-524	三菱重工航空エンジン	タービンケース、低圧タービンディスク、ノズルガイドペーン	RSP	3%
		川崎重工業	タービン部品		
		IHI	スラストリバーサーカスケード		
	RB211-535	川崎重工業	低圧タービンケース、低圧タービンディスク、	サブコン	
	Trent 500	川崎重工業	中圧圧縮機・ドラム・アッシー、タービンケース	RSP	5%
		IHI	中圧タービンブレード、低圧タービンブレード		
		住友精密工業	潤滑油冷却装置		
	Trent 700/ Trent 800	川崎重工業	低圧タービンディスク、低圧タービンケーシング	RSP	2.7% (700) 4% (800)
		IHI	中圧圧縮ディスク、中圧タービンブレード、低圧タービンブレード、ロングシャフト		
		住友精密工業	潤滑油冷却装置		
	Trent 900	IHI	低圧タービンブレード	サブコン	
	Trent 1000	川崎重工業	中圧圧縮機モジュール	RSP	15.5% (JAEC)
		三菱重工航空エンジン	燃焼器モジュール、低圧タービンブレード		
		住友精密工業	エンジン熱制御システム		
		IHI	中圧タービンブレード		
	Trent XWB	川崎重工業	中圧圧縮機モジュール	RSP	6~7%
		三菱重工航空エンジン	燃焼器部品、低圧タービンブレード、中圧タービンディスク		
		住友精密工業	エンジン熱制御システム		
		IHI	中圧タービンブレード、シャフト		
	Trent 7000	川崎重工業	中圧圧縮機モジュール	RSP	約1%
		三菱重工航空エンジン	燃焼器部品、低圧タービンブレード		
		IHI	中圧タービンブレード		
		住友精密工業	エンジン熱制御システム		
RR Deutschland (独)	BR710/BR715 BR725	住友精密工業	ヒート・マネジメント・システム	サブコン	

(注) プログラムパートナー：開発費を分担し、シェアに応じて収益を分配する方式、かつ事業運営にも参画。

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。

プリファード・サプライヤ：リスクの一部を負担するサプライヤ形態。

出典：(一財)日本航空機エンジン協会

第2節 日本の航空機工業の現状

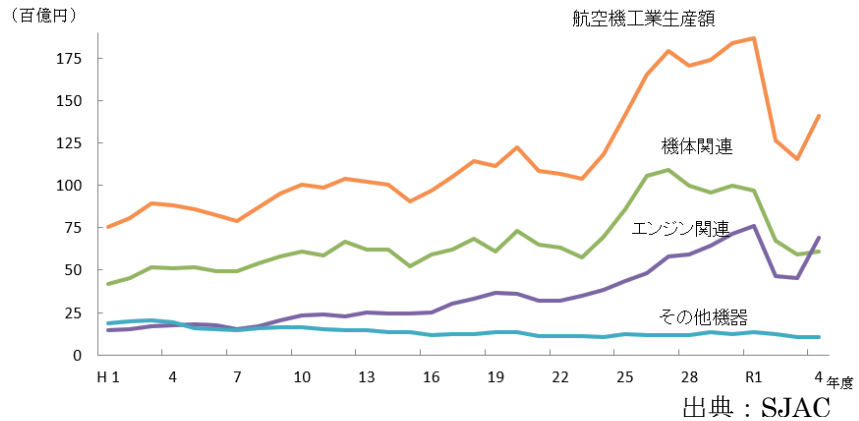
1 生産規模

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 千億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 4 年度の実績は、前年度の約 23 %増の 1 兆 4,107 億円となった。COVID-19 による落ち込みから回復しつつある。(図 1-1-5 参照)

航空機工業の生産品目は、「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。品目別生産の内訳では図 1-2-7 に示すように、令和 4 年

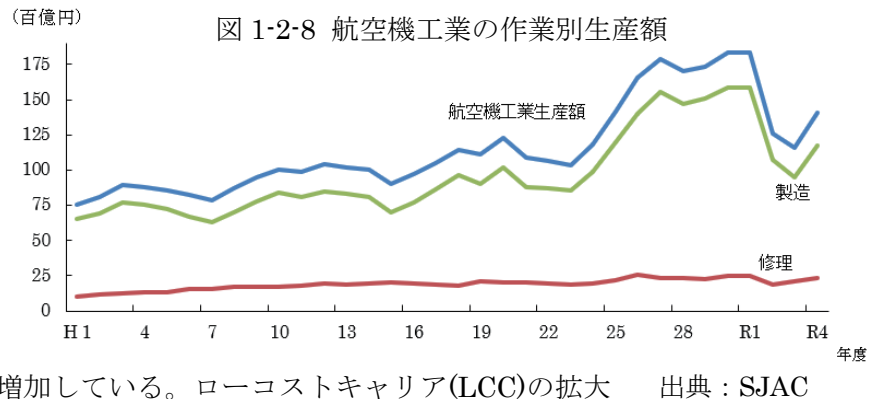
図 1-2-7 航空機工業の品目別生産額の推移



度には機体関連が 6,126 億円(全体の 43 %) で前年比約 3 %の増加、エンジン関連が 6,899 億円(同 49 %)で前年比約 52 %の増加、その他機器が 1,082 億円(同 8 %) で前年比約 12 %の増加となっている。また、平成 15 年度～令和 4 年度までの 20 年間で見ると航空機工業全体で 40 %、機体関連は 25 %の減少、エンジン関連は 182 %の増加傾向であるが、その他の機器については 22 %の減少となっている。このことから、エンジン関連以外の受注について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 4 年度の実績は 1 兆 1,742 億円 で前年比約 24 %

図 1-2-8 航空機工業の作業別生産額



の増加、修理額 2,359 億円 で前年比約 13 %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。

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23年以降は増加しているが、令和2年度時点で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。

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、令和2年度時点で、国内では産業規模の大きな自動車工業の5%以下である。

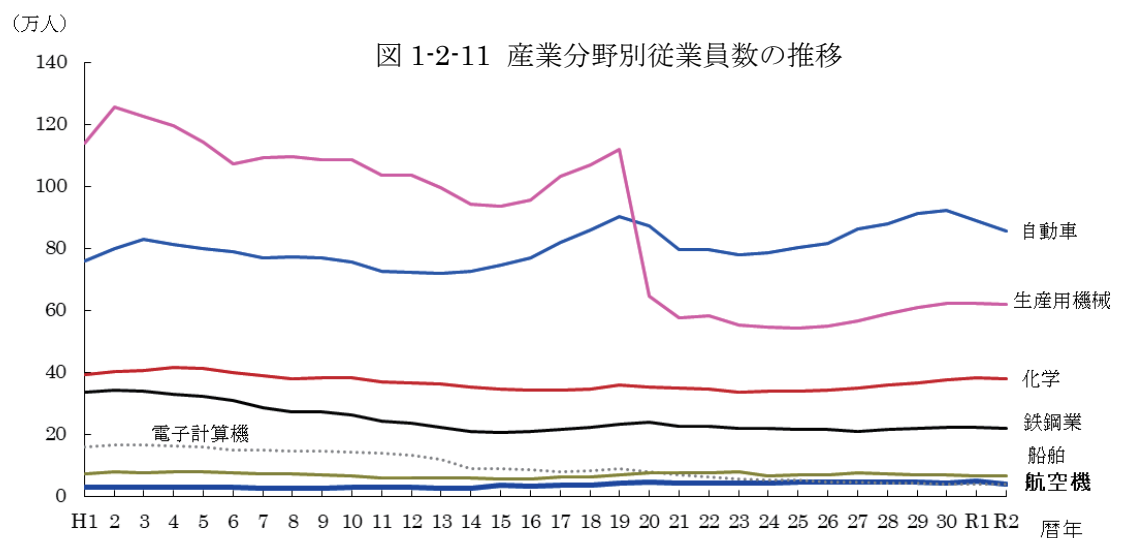
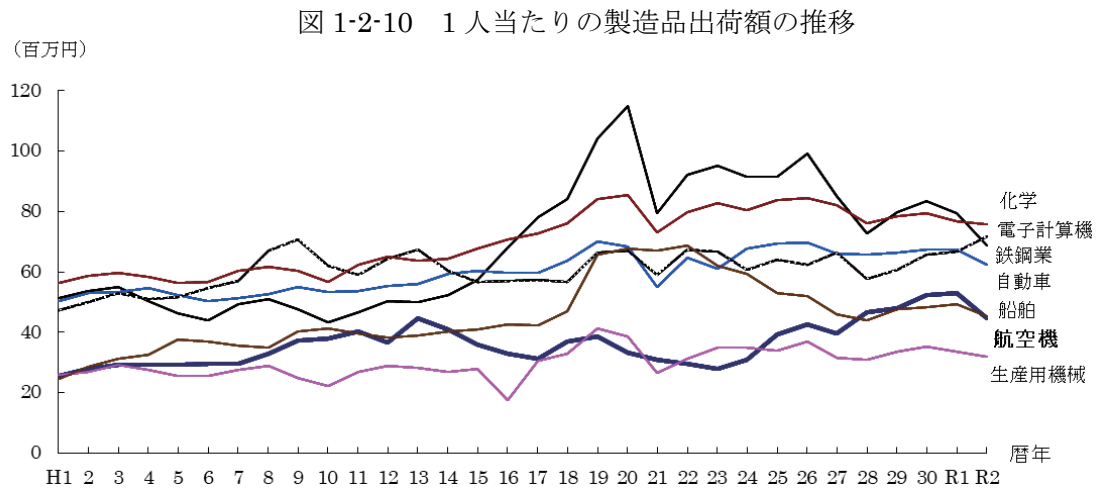
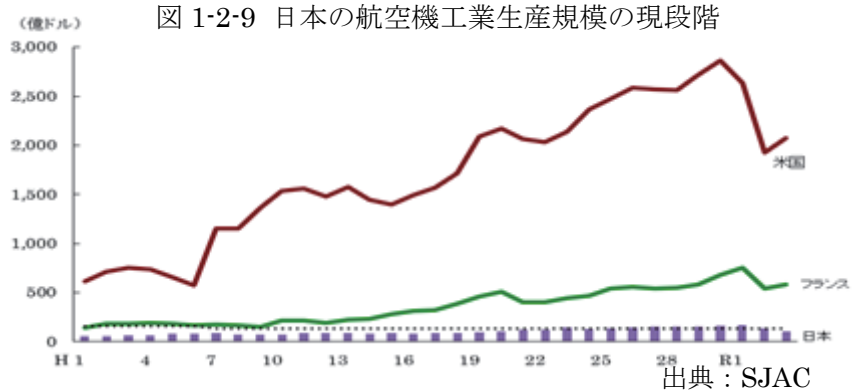


表 1-2-6 航空機工業の年度別生産実績

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	エンジン	その他	合計	航空機	同部品	エンジン	その他	合計	
	機数											
H15	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
2	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
3	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
4	25	905.7	3,838.4	6,101.8	901.3	11,747.2	814.3	567.3	797.0	180.8	2,359.5	14,106.7

出典：SJAC

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。(図 1-1-4 参照)

令和 4 年度の日本の航空機工業全体に占める防衛の割合は 32 %で、前年の 43 %から小さくなり民需は回復しつつある。平成 18 年以降、民需と防衛の比率が逆転した要因は、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、高価な防衛用航空機の新規取得には FMS が多用され、防衛生産額の枠外となって、調達予算の増加が直接国内生産額に結び付かないことが考えられる。(図 1-2-12 参照)

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、令和 4 年度まで最大でも 1 兆 2 千億円規模であったが、昨今の紛争が目立つ世界情勢を反映し令和 5

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

年度は 3 兆 4,804 億円と、令和 4 年度の 8,871 億円の約 4 倍と急増した。航空機(機体、エンジン、機器)の契約総額も、令和 5 年度は 6,169 億円と、過去最大の 5,928 億円(平成 27 年度)をも超過し、令和 4 年度の 2,385 億円の約 2.5 倍となった。令和 6 年度も 7,919 億円で計画されている。なお、本契約額には、

FMS による装備品調達や機能向上改修は含んでいない。

《防衛需要》

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 32～35 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 終了後これに代わるべき民間機の生産がなく再び防衛依存は高くなった。

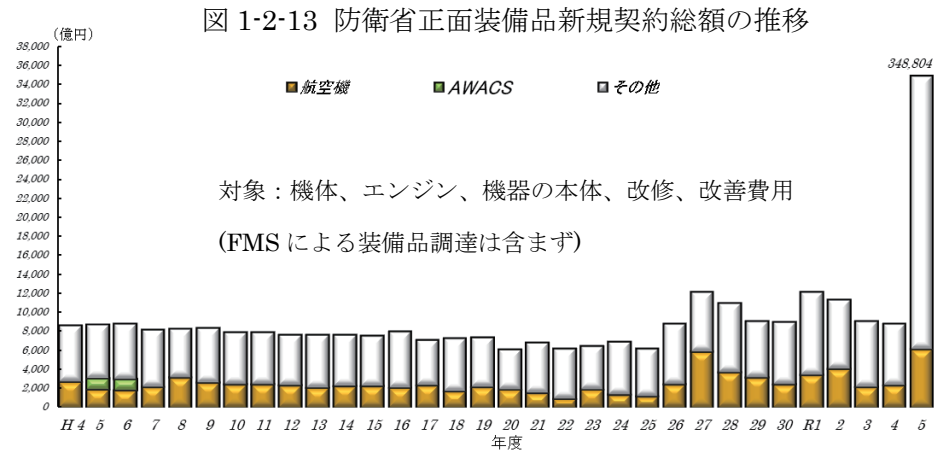
平成 9 年からの世界的軍縮を背景とした財政構造改革の影響で、平成 18 年度に防衛需要依存度は 48 %となり、防需が民需を初めて下回り、しばらくは減少傾向が続いた。令和元年までの数年は約 30 %で横ばい傾向にあったが、令和 3 年度は COVID-19 の影響を受けて 43 %まで増加したものの、令和 4 年度は民需回復により 32 %まで減少した。

令和 4 年度に令和 5 年度から令和 9 年度までの防衛力整備計画が制定された。本計画では、宇宙・サイバー・電磁波領域を含む全ての領域における能力を有機的に融合し、平時から有事までのあらゆる段階における柔軟かつ戦略的な活動の常時継続的な実施を可能とする多次元統合防衛力を抜本的に強化し、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持って対処し、同盟国等の支援を受けつつ、早期かつ遠方で阻止・排除できるように防衛力を強化する。こうした背景の下に、哨戒機の整備および能力向上、既存戦闘機戦の能力向上(電子戦能力、スタンド・オフ・ミサイルの搭載等)、次期戦闘機の開発、無人機(UAV)等のシステム開発の国際協力、空中給油・輸送機・救難機の増強と更新を行う。

《民間需要》

国内需要は YS-11 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。

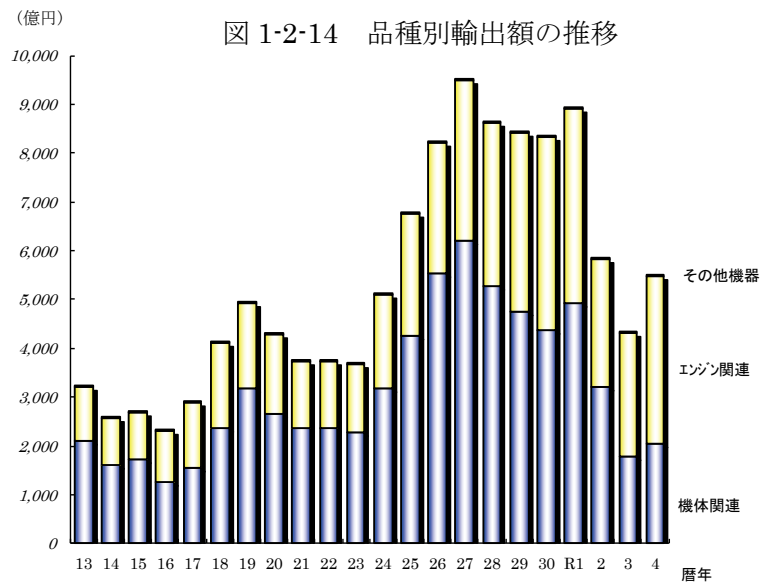
また、我が国の輸出(対生産額)は、日本貿易年表によると、輸出比率が 10 %に満たない状態が長く続いたが、平成 8 年頃から航空機部品の輸出が増加し、平成 17 年以降は 30 %以上が続いた。令和となってから平成 27 年度の最高値 52 %から低下し、4 割程度と機体の部分構造輸出が回復しないため、エンジン関連が輸出好調にもかかわらず伸び悩んでいる。令和 4 年(暦年)の輸出額は



出典：防衛白書

5,480 億円で前年比 27 %の増加となった。(図 1-2-14、図 1-2-15 参照)

図 1-2-14 品種別輸出額の推移



出典：財務省 貿易統計

品年	機体関連	エンジン関連	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
4	2,058.8	3,415.9	5.5	5,480.1

公表された先進諸外国の航空機工業の売上高に占める輸出比率(令和 4 年)は、米国 45 %、仏国 73 %(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。これは旅客機／軍用機の輸出が大きい。我が国では、令和 4

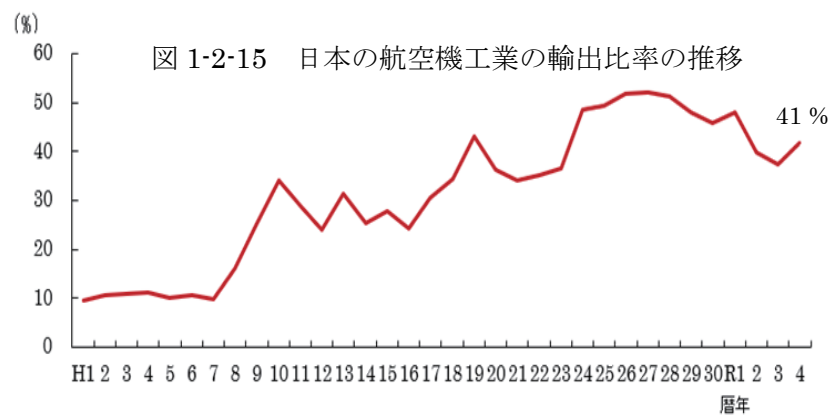


図 1-2-15 日本の航空機工業の輸出比率の推移

出典：SJAC

年 12 月制定された「防衛力整備計画」に防衛産業の成長性確保のために、政府が防衛装備品の海外移転を主導するとともに、基金を創設し、必要に応じた企業支援を行うことが明記された。

一方、数年前まで続いた世界的軍需の低下から各国メーカーは生き残りを賭け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。ヘリコプター、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

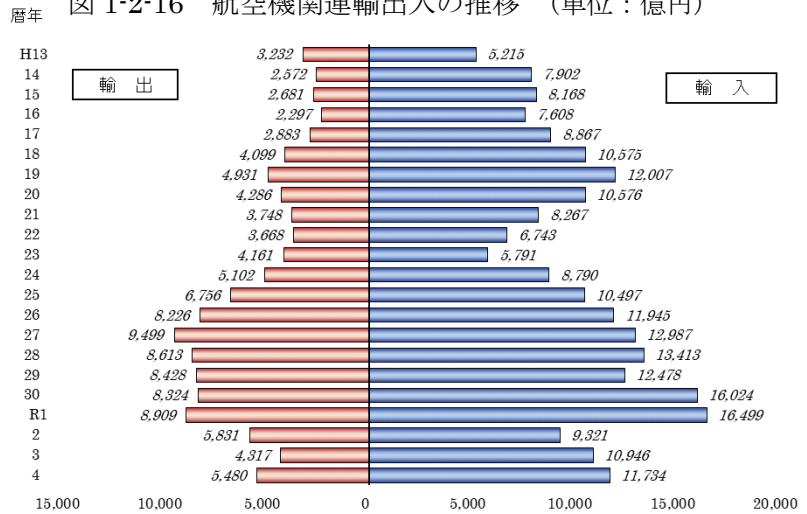
財務省貿易統計によれば、平成 15 年～令和 4 年までの 20 年間の我が国の航空機工業の輸出累計額(暦年)は 11 兆 2,239 億円で、これは同期間の航空機工業の生産額(暦年)26 兆 5,565 億円(機械統計年報)の 42 %となる。これに対して、平成 15 年～令和 4

年までの航空機工業の輸入累計額は 21 兆 3,237 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 輸送機、KC-46 空中給油機のように輸入ではない政府支出(有償援助)もあり、我が国の航空機関連は海外寄与が多く、輸入額もいかに大きいか理解できる。なお、輸出入バランスは、航空機工業再開以来、輸出額は増加していても恒常的に入超となっている。(図 1-2-16 参照)

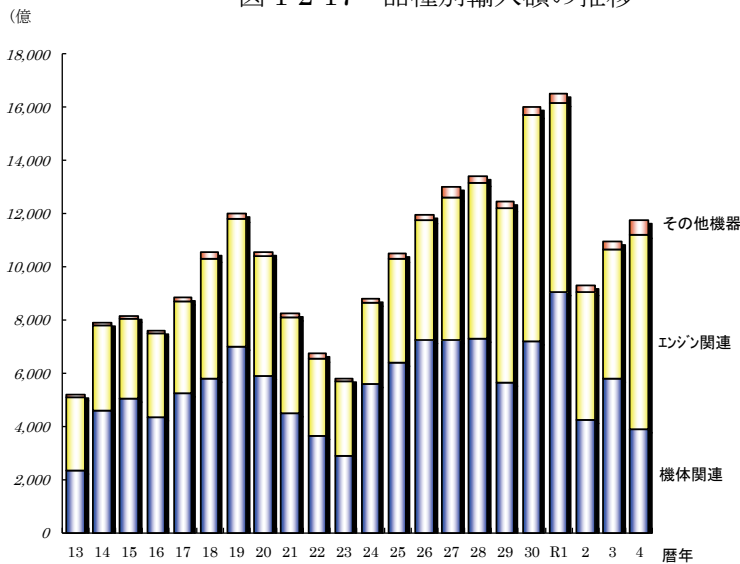
令和 4 年の航空機工業輸入額は前年比 17 %増の 1 兆 1,734 億円であった。その内訳は航空機と部品・付属品が 33 %、エンジンとその部品が 62 %、関連機器が 5 %である。(図 1-2-17、図 1-2-18 参照)

図 1-2-16 航空機関連輸出入の推移 (単位：億円)



出典：財務省 貿易統計

図 1-2-17 品種別輸入額の推移



出典：財務省 貿易統計

(億円)				
暦年	機体関連	エンジン関連	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
4	3,872.6	7,318.3	543.6	11,734

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最先

端技術の実証の場としての側面も有する。このため、先進各国において、民間機的主导により航空機工業全体の発展、拡大を図りつつ、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ノ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核心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ている。ただし OEM は製品の根拠的な競争力を生む先端技術の囲い込み・独占は意図しており、大型旅客機の主翼の大型複合材構造やエンジンの高温部位の内製率を高めるなど、最新機種では国際化と共に新しい種々の取り組みが見られる。

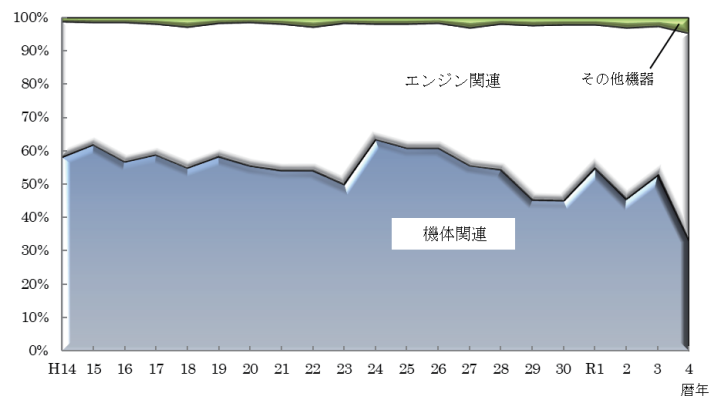
我が国でも GI 基金が創設され、次世代航空機の開発として、水素燃焼器、水素燃料貯蔵タンク、SAF、電動化などの技術開発が始まった。また、航空機の開発製造プロセスを高度化する経済安全保障重要技術育成プログラム(K Program)の一環として、DX 技術を活用した航空機的设计・製造・認証などの開発製造プロセスを高度化する技術の開発・実証にも取り組んでいる。

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ている。超音速旅客機は、産業科学技術研究開発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。

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 20～24 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・スタディーを、第 2 期(平成 16～18 年度)は実用化要素技術の確立を、そして第 3 期(平成 19～24 年度)では石油価格の急変動や経済危機、CO₂ 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 NO_x 性能(国際規制値 - 50 %)、低騒音性能(国際規制値 - 20 dB)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、CF34-8C エンジンや CF34-10 エンジン

図 1-2-18 品種別輸入額の構成比



出典： SJAC

のゼネラル・エレクトリック社と共同開発を実施した。

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、令和 2 年より F7 エンジンを使用している。

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 GE エアロスペース社の 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、15 年後の令和 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、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 年に初就航した。

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。現在は飛行試験を続けている。

これらの動きの中で、世界的な需要増加に対応する投資が行われており、航空機産業の規模拡大、収益改善が期待される。

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。

その差をなくすには、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、自社責のない連携先の問題と連座して業績の浮沈が左右され、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、高度技術、コスト低減、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いる。そして、第4は、民需分野へ積極的に進出し、防衛・民間でバランスのある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、強化が求められている。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と資金が必要である。一朝一夕に獲得し得ない航空機の技術基盤や生産基盤を維持し、高度化するためには、可能な限り中断や変動のない安定した開発・生産が続けられる状況が望ましい。航空機工業全体の発展を図るためにも、防衛調達に安定・継続の寄与は大きい。

しかしながら、平成23年にはF-2戦闘機が生産完了し、昭和30年以来続い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」を公表し、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 31～35 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 億円程度に抑えろ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。令和 5 年 12 月 14 日には、「グローバル戦闘航空プログラム(GCAP)政府間機関の設立に関する条約(略称：GIGO 設立条約)」の署名が行われた。

令和 4 年 12 月に政府は、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し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 NATO 加盟国並みに現在の 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・強靱性）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の強化として、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靱化、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。防衛力整備計画の実現に向けて、政府は令和 5～9 年度 5 年間の防衛費を、約 43 兆円とする大幅な増額を示した。

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、景気の動向に大きく影響されるが、長期的にはさらなる需要の拡大が期待できること、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、その市場の新規開拓・参入は欠くことができない。

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、日・英・米・独・伊の 5 カ国による V2500 ターボファンエンジン、B777 旅客機、B787 旅客機及び搭載エンジンなどの共同開発・量産などのプロジェクトに参画することにより、技術力を着実に身につけている。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開発、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、事業企画、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、購入者への金融・財務支援も含めて購入は考慮されること、購入者である航空会社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、使用される長期間の手厚い製品サービスが前提であること等から、その販売に特有のノウハウを要し、一朝一夕に成らない。長期的視野に立った航空機やエンジン等の販売促進策(販売部門での専門家の育成・強化、販売支援体制の整備、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、販売後の製品支援等の体制充実)を確立し、着実に実行する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、その規模の企業が限られた数である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 5 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。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、令和 2 年度までは支援が予算化された。事務局は、SJAC 内に設置されている。今後も継続的に中小企業に対する、業界横断的な支援の取組みが望まれる。

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た。

また 2050 年カーボンニュートラル達成の目標合意、デジタル技術活用の進展、サプライチェーンリスクの顕在化、スタートアップによる新たな市場創出に向けた動きの加速といった国際的な環境の大きな変化を踏まえて、経済産業省は、令和 5 年 6 月 6 日 産業構造審議会 製造産業分科会 航空機宇宙産業小委員会を開催し、今後の日本の航空機産業の更なる成長に向けた方針の議論が開始された。令和 5 年 8 月に示された中間報告では、日本の航空機産業の今後の取組の方向性として、①大規模先行投資、長期回収を国際協業で支え合うビジネスモデルにおける資金面での支援、②研究開発や MRO 等の大規模な試験・実証インフラの産学官で連携した戦略的な整備、③航空機開発、製造を飛躍的に効率化し、今後の航空機産業への参画の前提となるデジタル開発基盤の整備、④航空機産業における人材面での課題の把握、実証機プロジェクト等を通じた人材の育成、獲得等が挙げられている。

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 年延期すると決定した。しかし、GE9X エンジン開発の遅れがあり、

令和 4 年 4 月、B777X 初号機の顧客引渡しを令和 7 (2025)年に延期すると発表された。B777-9 は令和 2 年に初飛行した。令和 4 年 1 月カタ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。777X の受注数は、エミレーツ航空の 205 機を始め、全世界から計 453 機に、日本では ANA 20 機の発注がある。(ボーイング社 令和 5 年 11 月発表値)

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 年度より開始した。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。

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 10~11 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

遠隔操縦観測システム



無人機研究システム



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運用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 実証実験や離島間の飛行実証実験、送電設備のスマート保安の実証も実施している。

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、自律制御による安定した飛行を確認した。

無人コンパウンド・ヘリコプター

PROPDRONE



出典：PROPDRONE ホームページ

「K-RACER」



出典：川崎重工業ホームページ

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な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： 有人の航空機と衝突するおそれや、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 150 m 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(30 m)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 300 m 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「無人航空機の日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、無人航空機の日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日視外補助者無しでの郵便物の配送を開始した。

令和 3 年には、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 年の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(30 m 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 30 m 以内の空域は地表又は水面から 150 m 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。

更に、令和 4 年 12 月から、無人航空機の新制度を開始し、機体認証、無人航空機操縦者技能証明、運航に係るルールが整備され、従来のレベル 1～3 飛行に加え、有人地帯(第三者上空)での補助者なし日視外飛行を指すレベル 4 飛行が可能となった。レベル 4 の実現に向けた新たな制度では、飛行のリスクの程度に応じた 3 つのカテゴリー(リスクの高いものからカテゴリーⅢ、Ⅱ、Ⅰ)を設定し、カテゴリーに応じた規制を適用する。

[参考]無人航空機の飛行レベルのイメージ



出典：国土交通省ホームページ

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 AAM (Advanced Air Mobility)、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年に設置され、令和2年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、離発着場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 は令和2年、有人飛行試験に成功した。令和3年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。

SkyDrive 式 SD-05 型機



出典：SKYDRIVE

TETRA AVIATION は、令和 2 年「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、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。

Mk-5



出典：TETRA AVIATION

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 F-2 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、令和 5 年度は日英伊共同開発の推進のため、機体の基本設計とともにエンジン製造のため 1,023 億円、戦闘機用エンジンと有人機と無人機連絡の飛行制御技術に関連研究含め計 1,054 億円が計上された。

次期戦闘機 (GCAP)のイメージ図



出典：防衛省

防衛省は令和 2 年に機体開発の主体企業として三菱重工業と正式契約したと発表し、その後、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))」及び「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」が発表された。GCAP には、日本の

三菱重工業、三菱電機、IHI、イギリスの BAE システムズ社、ロールスロイス社、英国レオナルド社、イタリアのレオナルド社、アビオ・アエロ社などが参加する。令和 5 年 12 月 14 日、日英伊にて「グローバル戦闘航空プログラム (GCAP) 政府間機関(GIGO)の設立に関する条約(略称：GIGO 設立条約)」が署名された。GIGO は GCAP を一元的に管理運営する国際機関であって、これによる共同開発の円滑化が期待される。

(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た。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た。

(4) 大型民間輸送機

平成 26 年度以降「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いる。

(5) 超高速輸送機

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平成 27 年まで実施された。

また、航空宇宙技術研究所(現 JAXA)は、平成 14 年から小型超音速実験機(ロケット実験機)によりソニックブームを半減する飛行を実験した。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)プロジェクトにて超音速試験機を、高度 30 km から落下及び滑空させる実験を実施し、解析結果により、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(一財)日本航空機開発協会、三菱重工業、SJAC、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

カーボンニュートラルの推進により、航空機の電動化による環境負荷低減が各国で推し進められている。海外では電動航空機の実用化に向けた要素技術の開発が急速に進んでいる。日本では 2030(令和 12)年までに、機体のモデルチェンジに合わせ、装備品電動化に向けた技術、ハイブリッド電動化向け技術を確立する。2050(令和 32)年に向け、装備品市場拡大や、小型機(20 人以下)における全電動化、リージョナル機以上のハイブリッド電動化に向けたコア技術の拡大、組立技術の確立を目指す。スカンジナビア航空は、スウェーデンのハート・エアロスペース社が開発中の 30 人乗り航続距離約 200 km の電気ハイブリッドリージョナル航空機 ES-30 による令和 10 年の就航便の予約受付を開始した。世代のビジネスとして注目を集める e-VTOL(空飛ぶ車)は、各国のベンチャー企業等が開発に参入しており、エアタクシーのサービスとして、日本では SkyDrive 等が令和 7 年からの実用化を目指している他、ドローンによる無人機の物流サービスも開始されており、日本では日本郵便が山間部で試験配送を実施している。

平成 30 年、JAXA 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、SJAC、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おり、令和 5 年度末までの第 1 期には、航空機電動化に関する社会実装・研究開発計画を将来ビジョンとして策定し、各要素技術の研究開発や情報共有活動を実施、令和 5 年 4 月より、第 2 期として新たに技術開発・標準化グループが発足された。

国内アラインの 2 社は、令和 4 年から相次いで海外メーカーと eVTOL の運航事業に関して提携を発表した。令和 4 年 2 月 ANA は、米国のジョビー・アビエーション社とトヨタ自動車

を含めた 3 社で 2024 年の商業飛行開始に向けた開発を開始した。一方 JAL は令和 5 年 5 月から、ボーイング社出資のベンチャー企業ウィスク・エアロ社と提携し、eVTOL の数年以内の事業化を目指している。

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 では世界市場で販売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しており、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、製品支援が行なわれた。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、直接は助成していない。

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 億円が政府助成された。YX 開発事業の補助金は、量産事業収益の一部を納付して、助成全額は返納された。V2500 エンジン 5 ヶ国共同開発も 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、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。

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(一財)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 3~10 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 16～23 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 SJAC が調査委託を受け、平成 3～13 年度にかけてその一部を JADC 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)

(一財)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、同プロジェクトはその後 5 カ国共同開発事業の 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 8～22 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 12～26 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～令和 4 年度)
- ④ 米国プラット・アンド・ホイットニー社および独国 MTU 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 19～21 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。

令和 5 年度、経済安全保障を強化・推進するため、内閣府や経済産業省、その他の関係府省が連携し、先端的な重要技術の研究開発から技術実証までを迅速かつ柔軟に推進するため、「経済安全保障重要技術育成プログラム」(K Program)が創設された。宇宙・航空の領域では、「航空機的设计・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証」DX (Digital Transformation)を含めて 6 つのプロジェクトが発足し公募により各社で開発が開始されている。

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。それらの対応のために国土交通省は、航空旅客需要や将来の航空需要予測等を踏まえつつ、①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。

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 800 km 前後、低速度といわれるヘリプターであっても時速 200 km 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。

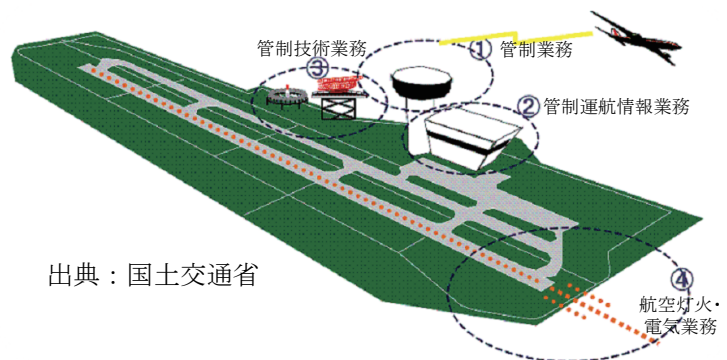
我が国では国土交通省航空局がシステムを運用し、航空機が安全に飛行するための支援サービスを行っている。この支援サービスは「航空保安業務」と総称され、その内容は次のように分けられており、国際民間航空機関(ICAO)ではこれらの業務を航空交通業務(ATS)と呼称している。

- (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) 航空機の搜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

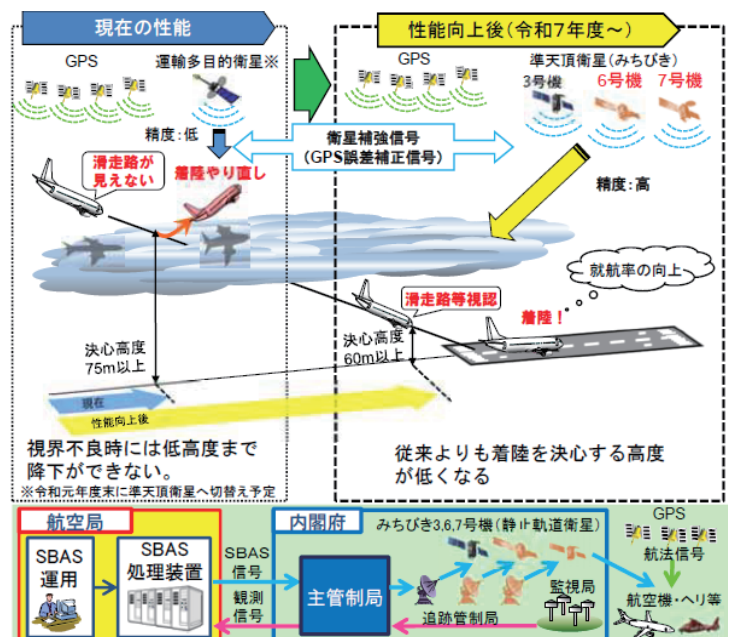
2 航空保安システムの動向

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、航空輸送量は、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まれている。

我が国においても、平成6年の運輸省(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となった。この一環とし

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

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)を令和2年まで提供した。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ている。(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 (Performance 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。

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

IAQGメンバー会社一覧

※2021年5月時点



Europe・・・24団体 (+ 地区代表業界団体)			Asia-Pacific・・・19団体 (+ 地区代表業界団体)			Americas・・・19団体 (+ 地区代表業界団体)		
◇投票メンバー数・・・10			◇投票メンバー数・・・7			◇投票メンバー数・・・10		
●Ariane Group			●AIDC (台湾)			●PCC Aerostructures (米)		
◇Airbus (仏)			◇AVIC (中国)			●NORDAM (米)		
◇Hensoldt(独)			◇COMAC (中国)			●Ball Aerospace (米)		
●Saudi Arabian Military Industries (サウジアラビア)			●Liebherr-Aerospace(シンガポール)			◇Boeing (米)		
◇BAE Systems (英)			●AECC(中国)			●Bombardier Aerospace (カナダ)		
●Dassault Aviation (仏)			●HAL(インド)			●Crane (米)		
●FACC (オーストリア)			●TATA Advanced Systems(インド)			●Embraer (ブラジル)		
●GKN Aerospace Engine Systems (スウェーデン)			●EGAT(台湾)			◇GE Aviation (米)		
●Israel Aerospace Industries (イスラエル)			●Indonesian Aerospace (インドネシア)			●Gulfstream (米)		
◇Leonardo Company(伊)			●KAI (韓国)			◇Honeywell (米)		
●MBDA(欧州各所)			●Hanwha Aerospace(韓国)			◇Lockheed Martin (米)		
◇Meggitt (英)			●LIG Nex1(韓国)			◇Moog (米)		
◇Rolls-Royce (英)			◇KAL - ASD (韓国)			◇Northrop Grumman (米)		
●Motor Sich (ウクライナ)			◇IHI (日本)			◇Parker Aerospace (米)		
●MTU (独)			◇川崎重工業 (日本)			◇Raytheon (米)		
●PFW Aerospace (独)			●日本電気 (日本)			●Spirit AeroSystems (米)		
●RAFAEL (イスラエル)			●三菱電機(日本)			●Triump Group (米)		
●Russian Helicopters (露)			◇SUBARU (日本)			◇United Technologies Corp. (米)		
●SONACA(ベルギー)			◇三菱重工業 (日本)			◇Textron (米)		
●Turkish Aerospace Industries (トルコ)			◇SJAC (日本)			◇SAE (米)		
	◇SAAB (スウェーデン)			◇UAC (露)				
	◇SAFRAN (仏)			◇ASD (ベルギー)				
	◇THALES (仏)							

；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(JAQQ ; 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、JAQQ戦略検討委員会で策定したJAQQ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 ー航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項ー 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 ー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 ー航空,宇宙及び防衛分野の組織に対する審査要求事項 ー納入 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 ー航空,宇宙及び防衛分野の販売業者に対する要求事項
SJAC 9131	航空宇宙ー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ー航空、宇宙及び防衛分野の組織に対する要求事項
SJAC 9162	航空宇宙作業による自主確認プログラム

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

IAQG パブリックウェブサイト：

<https://jaqq.sjac.or.jp/>

IAQGメンバー専用ウェブサイト：<https://jaqq.sjac.or.jp/member.html>

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 SCM 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

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

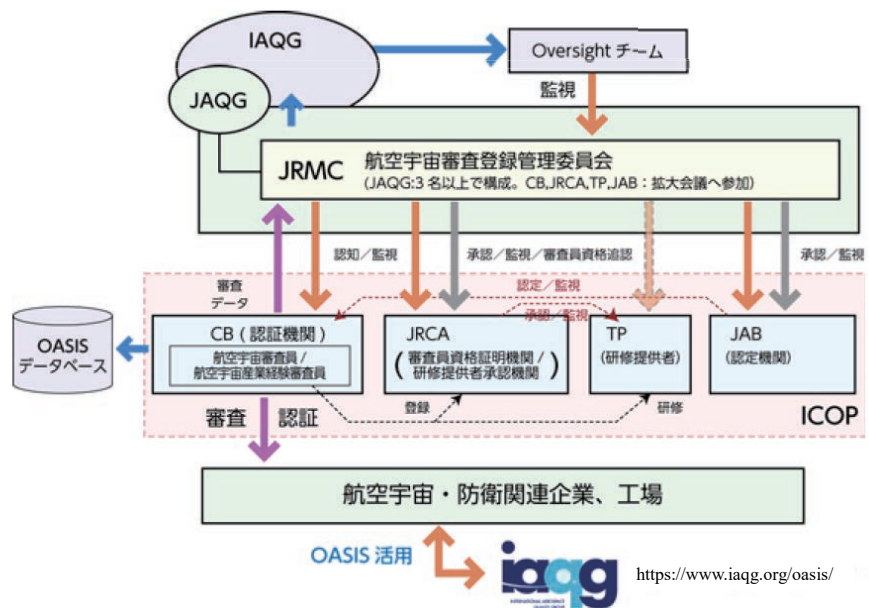
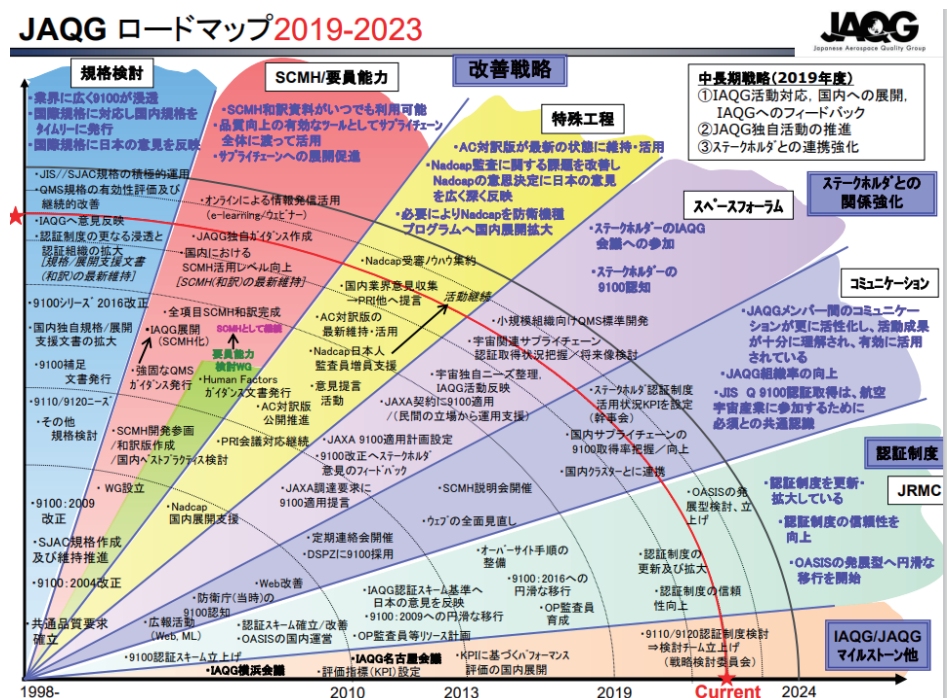


図 1-5-4 JAQG 中長期戦略ロードマップ



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

SJAC 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。

SJAC 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 では令和 5 年 10 月に国際規格 ISO24065 (航空機搭載の大電力をコントロールする半導体電源遮断器の特性および試験に関する一般要求ガイドライン)を、WG15 では平成 30 年 10 月に ISO20894 (LED を光源とする航空機のタキシーライト及びランウェイターンオフライトに対する、全般的な機能要求に関する規格)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 18 件で、全審議案件の約 4 割を占めている。一昨年度 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 FDIS (Final Draft International Standard)投票用原稿を準備中である。令和 2 年度に再提案した「受信機クラスコード」は国際規格として発行された。昨年度 NP 投票を通過した「キューブサットインタフェース」は DIS 投票中、「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」は 2 回目の CDC (Committee Draft Consulting) 原稿の準備中である。昨年度新規提案した「衛星搭載光学センシングのポインティング管理」は 2 回目の NP 投票を通過し、CDC 用原稿を作成中である。令和 5 年度は新しく「宇宙を利用したインフラ施設向けの座標管理」を提案し、NP 投票にかける承認を得た。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ー又は共同リーダー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、我が国はプロジェクトリーダーとして本案件を取りまとめ、令和 2 年に IEC TR

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

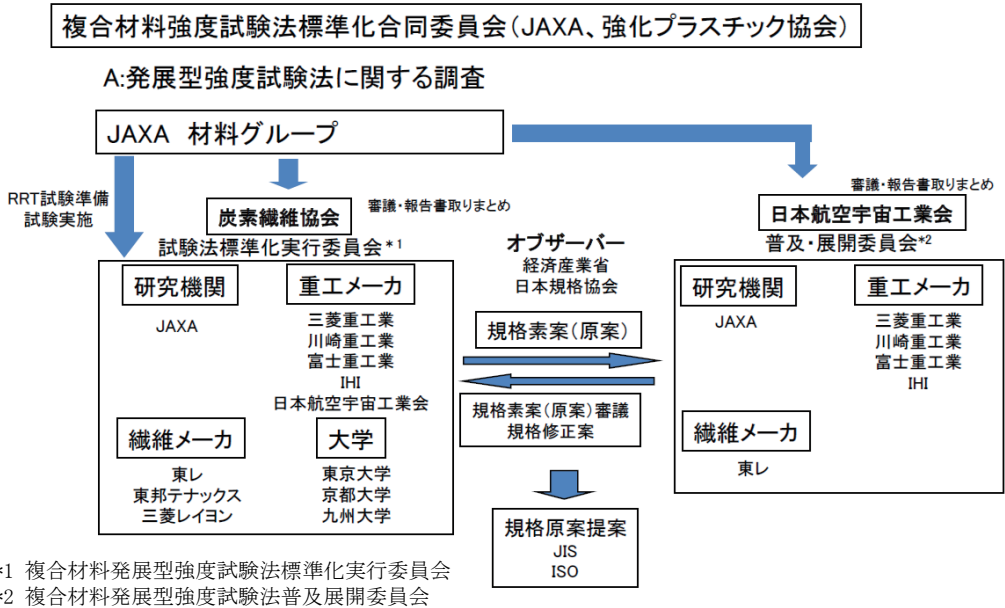
62396-8「航空電子機器における陽子、電子、パイオン、ミュオン、アルファ線フラックスとシングルイベント効果 - 認識ガイドライン」が発行された。航空機用 JIS については、JISW として 97 件が制定されていたが、用語の JISW 以外は他規格と重複することから、平成 27 年に 86 件の一括廃止が承認された。

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、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

図 1-5-6 複合材普及促進活動の事業実施体制 (出典：JAXA)

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。

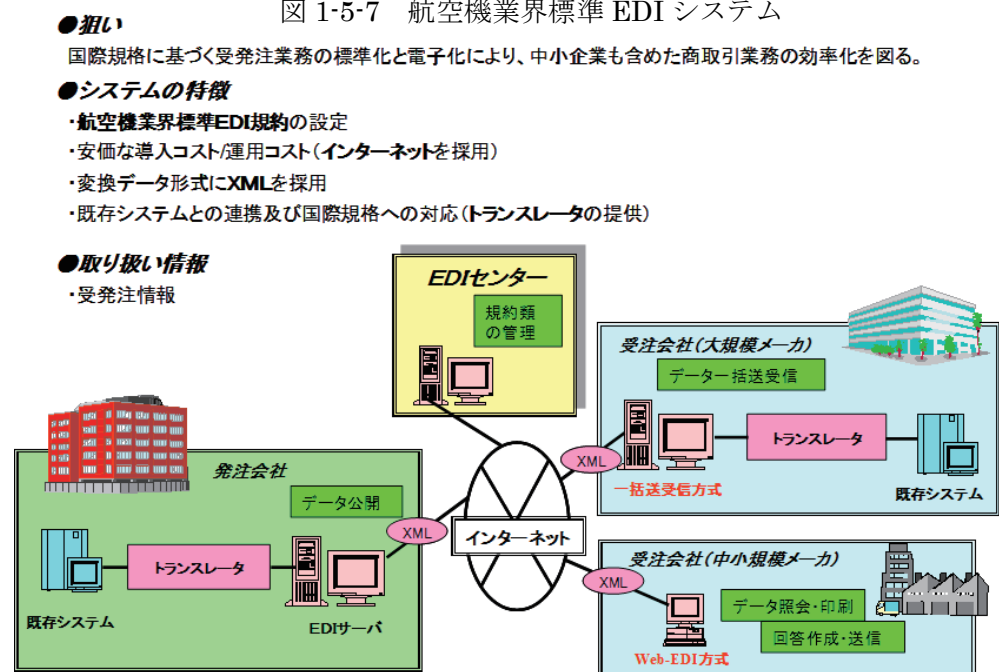
2 航空機業界の CALS /EDI

SJAC 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、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 年に納入した。開発された資産は、SJAC 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 5 年 12 月現在で、291 社(うち SJAC 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

図 1-5-7 航空機業界標準 EDI システム



<https://edicenter.sjac.or.jp/>に公開されている。

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。

さらに業界全体の運用費用の低減、NIST-SP800-171 相当等の新セキュリティ規則への対応を含め、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、受注会社として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より開始し、これまでのところ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。

3 後方支援分野における国際規格

SJAC は、民間航空機や防衛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。

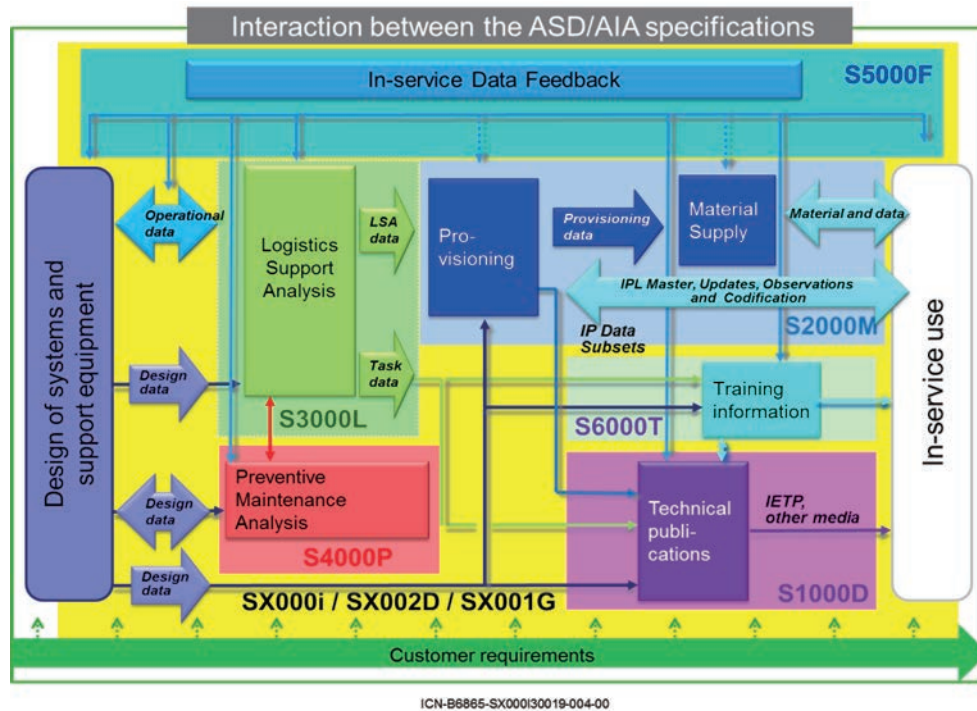
航空機の国際共同開発には、後方支援を含む様々な分野で国際規格に則ったデータ連携・分析等が必要であり、プロダクトサポートにおいて欧州航空宇宙防衛工業会(ASD)と米国航空宇宙工業会(AIA)が開発した後方支援分野における国際規格である S シリーズを基盤とする共通プラットフォームの採用は、ほぼ確実な状況となった。

SJAC では、S シリーズのステアリングコミッティ(運営委員会)参加のため、ASD、AIA との覚書(MOU)について令和 6 年 3 月末までの締結を目指して調整している。MOU 締結により運営委員会での投票権行使、ワーキンググループ、タスクチームへの参加も可能となる。これに備えて航空機関連企業(SJAC 会員企業に限定せず)や機関を対象とする S シリーズに関する理解促進のための講習会、翻訳資料の提供等を計画している。

(S シリーズの著作権は ASD、AIA が所有しており、翻訳権は ICCAIA (International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations 国際航空宇宙工業会)加入団体にのみ許諾されている。SJAC は、国内で唯一の ICCAIA 加入団体である。

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



出典：ASD ユーザー・ミーティング資料

- 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、研究開発的な要素が強い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、製造を主とした工業に加え、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、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-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 42 機打上げに成功し、H-IIA の能力を増強した H-IIB が、平成 21 年に初号機の成功から全ミッション 9 機、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)を打上げ成功した。HTV は米国 NASA の物資を ISS に補給する主力宇宙機として活躍した。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が、令和 6 年に 2 号機で打上げを成功させた。

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、利益の確保が困難であるため、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。また商業分野は事業の盛衰サイクルが短く、先行の欧米企業でさえ 1 箇所に留まらずに事業形態や分野を迅速に変化させて生き残る設備投資や経営が難しい環境にある。

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いた。第4次大綱は平成8年に制定された。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「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、宇宙での実利用が進むにつれ、安全保障に対する宇宙への期待も大きくなっており、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。令和5年度には宇宙安全保障構想も制定された。

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、先進技術の導入、コスト低減、信頼性・品質の向上、事業、市場の創造などの自助努力の継続により、企業基盤の確立を図る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。

宇宙基本法の骨子が以下の通り示されている。

宇宙基本法(骨子)抜粋

宇宙開発利用に関する基本理念

- ・ 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
- ・ 環境配慮

宇宙開発利用の司令塔

- ・ 宇宙開発戦略本部の設置による宇宙開発利用に関する施策の総合的・計画的な推進
- ・ 宇宙基本計画の作成

宇宙基本法の基本的施策

- ・ 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た。令和 5 年 6 月 13 日に、新たな基本計画が制定された。この基本計画では、以下の目標と将来像が示された。更に、改訂された計画には、この目標と将来像に対する基本的なスタンスと具体的なアプローチが示されている。この基本計画の改定により工程表も見直されている。

宇宙基本計画で示された目標と将来像

- (1) 宇宙安全保障の確保
 - ・ 宇宙からの地上の安全保障
情報収集衛星や衛星コンステレーションによる情報収集等
 - ・ 宇宙における安全保障
宇宙領域把握(SDA)体制の構築等
 - ・ 宇宙安全保障と宇宙産業の発展の好循環
- (2) 災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献
 - ・ 通信：陸海空と宇宙がシームレスに繋がる
 - ・ リモートセンシング：発災後、早期の被災状況確認による迅速な災害対応等を実現等
 - ・ 衛星測位：準天頂衛星の cm 級測位による自動化・無人化で労働力不足解決に貢献
- (3) 宇宙科学・探査による新たな知の創造
 - ・ 生命の可能性等の人類共通の知を創出し、月以遠の深宇宙に人類の活動領域を拡大
 - ・ 月面探査・地球低軌道活動における産業振興を通じて、段階的に民間商業活動を発展
 - ・ 次世代人材育成と国際プレゼンス向上
- (4) 宇宙活動を支える総合的基盤の強化
 - ・ 他国に依存することなく宇宙へのアクセスを確保し、自立的な宇宙活動を実現
 - ・ 衛星運用状況等の情報共有が進展し、スペースデブリの数が一定程度まで管理される
 - ・ 技術・産業・人材基盤の確立

宇宙基本計画で示された基本的スタンス

- (1) 安全保障や宇宙科学・探査等のミッションへの実装や商業化を見据えた政策
- (2) 宇宙技術戦略に基づく技術開発の強化
 - ✓ 安保・民生分野横断的に検討、サプライチェーンも強化
- (3) 同盟国・同志国との国際連携の強化
 - ✓ 国際的規範・ルール作り、我が国強み活かした協力等
- (4) 国際競争力を持つ企業の戦略的育成・支援
 - ✓ 国際市場で勝ち残る意志と技術等有する企業を重点支援
- (5) 宇宙開発の中核機関たる JAXA の役割・機能の強化
 - ✓ JAXA の戦略的かつ弾力的な資金供給機能を強化、産学官の結節点に
- (6) 人材・資金等の資源の効果的・効率的な活用
 - ✓ 工程表・宇宙技術戦略で資源を効果的・効率的に活用

宇宙基本計画で示された具体的アプローチ

- (1) 宇宙安全保障の確保
 - (a) 宇宙安全保障のための宇宙システム利用の抜本的拡大
 - ・ 衛星コンステレーションの構築や情報収集衛星の機能強化、民間衛星、同盟国・同志国との連携強化等で隙のない情報収集体制を構築
 - ・ 情報収集衛星の機能強化(10 機体制が目指す能力早期達成)

- ・安全保障用通信衛星の多層化(耐傍受性・耐妨害性のある防衛用通信衛星の確保等)
- ・衛星コンステレーションに必要な共通技術の確立
- ・衛星測位機能の強化
- ・ミサイル防衛用宇宙システムに必要な技術の確立(HGV の対処能力の向上のための技術実証等)
- ・海洋状況把握等

(b) 宇宙空間の安全かつ安定的な利用の確保

- ・宇宙システム全体の機能保証強化
- ・宇宙領域把握(SDA)体制の構築
- ・軌道上サービスを活用した衛星のライフサイクル管理

(c) 安全保障と宇宙産業の発展の好循環の実現

- ・政府の研究開発・実装能力の向上

(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現

(a) 次世代通信サービス

- ・Beyond5G 等次世代通信技術開発・実証
- ・フルデジタル化通信衛星実装へ開発・実証(令和 7 年度 ETS-9 打上げ)
- ・衛星量子暗号通信の早期実現へ開発・実証

(b) リモートセンシング

- ・防災・減災、国土強靱化・地球規模課題への衛星開発・運用とデータ利活用促進(令和 11 年度ひまわり 10 号運用開始、令和 6 年度 GOSAT-GW 打上げ ALOS-3 喪失に対して再開発の可否を含め検討、降水レーダ衛星開発等)
- ・衛星関連先端技術の開発・実証支援(令和 7 年 SAR 衛星コンステレーション構築へ実証等)

(c) 準天頂衛星システム

- ・7 機体制の着実な構築と 11 機体制に向けた検討・開発着手(準天頂衛星システムの開発・整備・運用、利活用推進)

(d) 衛星開発・利用基盤の拡充

- ・衛星データ利用拡大とサービス調達推進
- ・衛星開発・実証プラットフォームにおけるプロジェクトの戦略的推進
- ・宇宙機器・ソリューション海外展開強化
- ・異業種や中小・スタートアップ企業の参入促進
- ・衛星データ及び地理空間データプラットフォームの充実・強化
- ・宇宙天気予報の高度化・利用拡大(ひまわり 10 号への宇宙環境計測センサ搭載)
- ・宇宙太陽光発電の研究開発

(3) 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造

(a) 宇宙科学・探査

- ・大型の海外計画参画と独創的・先鋭的技術によるユニークなミッションの創出(令和 6 年度 MMX 打上げ)
- ・火星本星・小天体探査計画の検討と「月面における科学」の具体化
- ・獲得すべき重要技術の特定と強みである技術の高度化、強みとなる最先端技術の開発・蓄

積、フロントローディングの推進

(b) 月面における持続的な有人活動

- ・ アルテミス計画の下、2020 年代後半の日本人の月面着陸、持続的な月面活動の推進(環境制御・生命維持技術、補給機、有人と圧ローバ、測位通信技術、月輸送技術等)
- ・ 月面開発工程の具体化に向けた構想策定と官民プラットフォームの構築
- ・ 将来市場形成に向けた規範・ルール形成

(c) 地球低軌道活動

【ISS 延長期間】

- ・ ISS の利用促進、ニーズ拡大策の推進
- ・ アルテミス計画等に必要な技術の実証

【ポスト ISS を見据えた取組】

- ・ ポスト ISS の在り方の検討と、その在り方に応じた必要な技術の研究開発
- ・ 国際的・国内的な法的枠組みの検討

(4) 宇宙活動を支える総合的基盤の強化

(a) 宇宙輸送

- ・ 基幹ロケットの継続的な運用と打上げの高頻度化などによる強化
- ・ 民間ロケットの開発・事業支援
- ・ 新たな宇宙輸送システムの構築
- ・ 宇宙輸送に関わる制度環境の整備

(b) 宇宙交通管理及びスペースデブリ対策

- ・ 商業デブリ除去技術の実証
- ・ 軌道上サービス技術の開発・支援
- ・ 国際的な規範・ルール形成への参画

(c) 技術・産業・人材基盤の強化

- ・ 宇宙技術戦略の策定・ローリング
- ・ 先端・基盤技術開発の強化(JAXA 能力強化、資金供給機能強化)
- ・ 商業化に向けた支援の強化(定期的宇宙実証、放射線試験機会提供、開発プロセスの DX 支援等)
- ・ 異業種や中小・スタートアップ企業の宇宙産業への参入促進及び事業化支援(JAXA 出資・資金供給機能、SBIR 制度等)
- ・ 契約制度の見直し(官民の開発リスク分担の必要な見直し、進捗に応じた支払手法の検討、物価・為替変動対応、民間の適正利益確保の施策等)
- ・ JAXA の人的資源の拡充・強化
- ・ 人材基盤の強化
- ・ 国際宇宙協力の強化
- ・ 国際的な規範・ルール作りの推進
- ・ 国民理解の増進

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。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、政府は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

宇宙空間は、誰にとっても自由で開かれた領域であった性質を少しずつ変貌されてきている。

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。

令和 5 年 6 月 13 日には「国家安全保障戦略」に基づき「宇宙安全保障構想」を策定した。策定された宇宙安全保障構想には、目標達成のため以下の三つのアプローチが提示され、防衛省と JAXA の連携が強化される等、民間や JAXA 技術の活用が促進できるようになった。

宇宙安全保障構想のアプローチ

- | |
|--|
| 第 1 のアプローチ：安全保障のための宇宙システム利用の抜本的拡大
第 2 のアプローチ：宇宙空間の安全かつ安定的な利用の確保
第 3 のアプローチ：安全保障と宇宙産業の発展の好循環の実現 |
|--|

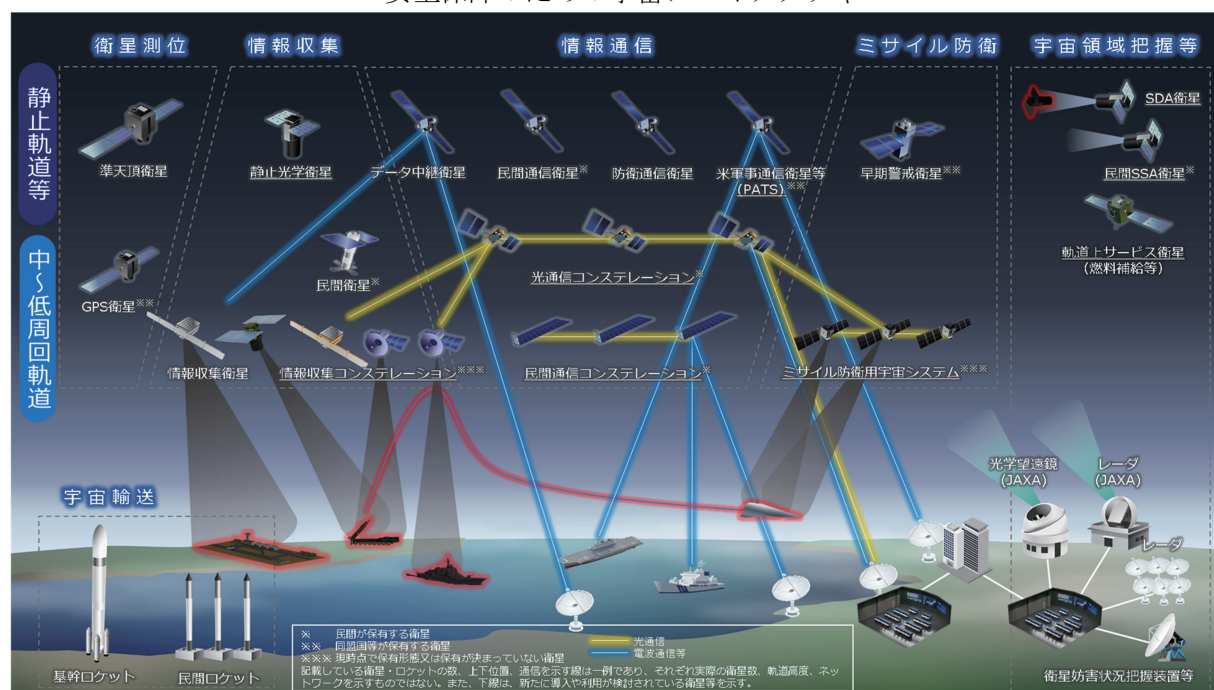
以下政府発表資料の抜粋

「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

安全保障のための宇宙アーキテクチャ



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。

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た。

L-4S ロケット



出典：JAXA

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 を中心に開発した。

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の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、令和 6 年に 2 号機で軌道投入に初成功した。

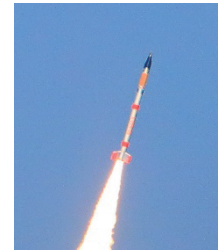
産業界においては、宇宙活動法の施行により、ロケット打上げも JAXA のみとしない、国の許可を事業者が受けて打上げる体制に移行し、商業化に適合した H3 及びイプシロン S ロケットの運用拡大、海外市場への売り込み、日本電気や三菱電機に加えスタートアップ企業等の国際衛星ビジネス市場への参入等将来に向けた新しい事業展開が行われている。なお、GX ロケット構想に基づき、民間出資による中小型衛星の商業打上げを目的とするギャラクシーエクスプレス社が平成 13 年に設立されたが、政府による GX の開発中止決定に伴い、平成 22 年に会社を解散した。また、現在は民間の開発する小型ロケットの開発も複数進められている。

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は手薄い。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つ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。

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プー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、SS-520 ロケット大型化された。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 60 km 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。



出典：JAXA

一部のカップ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、輸入側は技術の軍事転用を意図して国際問題となり、「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。

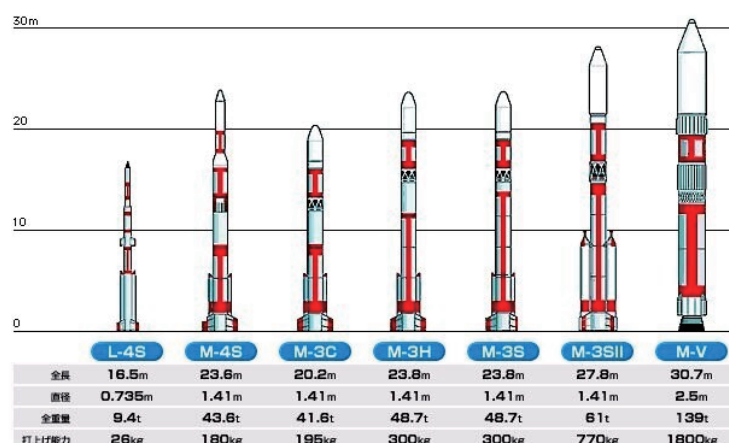
(2) 人工衛星打上げ用ロケット

人工衛星打上げ用ロケットでは、初期から平成の中頃まで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 1.41 m 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)

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

図 2-2-1 科学衛星打上げ用ロケット(出典：JAXA)



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、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 JAXA ISAS)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/B 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/B 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 コンボジット固体推進薬	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

その後、2 段目ロケットの長秒時コスト化、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 6 年 1 月 12 日には 48 機目を打上げ、連続 42 機の打上げに成功している。また、H-IIB と合わせて連続 51 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

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-II A and H-II B		H-IIA ロケット H2A202 Standard	H-IIB ロケット H IIB 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)	GT0	6	8
	HTV軌道 Orbit for HTV	—	16.5

出典：JAXA

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(平成 10 年)及び 8 号機(平成 11 年)の失敗に加えて、アメリカの IT バブル崩壊での通信業界の先行投資への不安で、注文は徐々に解除され国際市場には参入できなかった。

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 6 号機の打上げ失敗があったが、7～12 号機までの成功に伴い、平成 19 年度の 13 号機打上げから、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、H-IIA 13 号機から、令和 5 年度の 48 号機まで 36 機を打上げた。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 号機からは宇宙活動法の下で、国の許可を得た三菱重工業のロケット打上げ体制に移行している。

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)	商業通信衛星の初打上げ
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

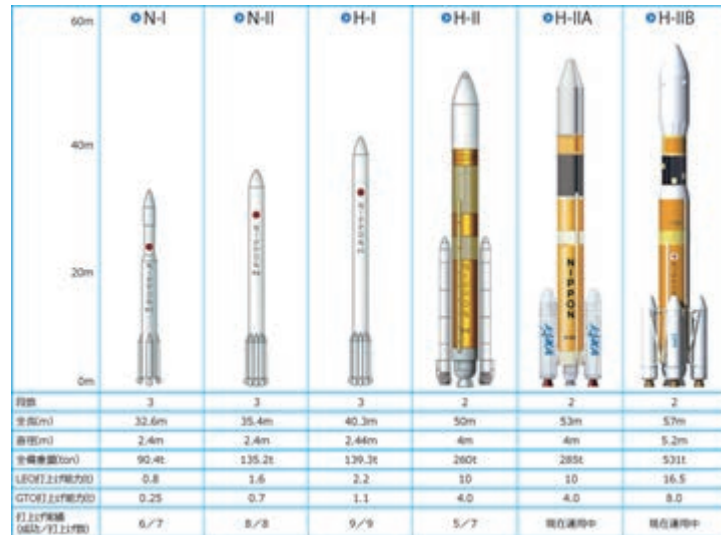
MBRSC：ドバイ首長立のムハンマド・ビン・ラシード宇宙センター

今後は、引き続き信頼性・品質を一層高め、残り 2 機の打上げ成功が期待される。H-II、H-IIA/B 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るも、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。

図 2-2-3 実用衛星打上げ用ロケット

(図 2-2-3 参照)

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、コストを下げる形態として H2A204 を増強して、H-IIB と名称を変更)、平成 21 年に試験機打上げに成功し、平成 25 年の 4 号機から三菱重工業に事業移管され、令和 2 年に 9 号機を打上げ、全機打上げに成功し完了した。



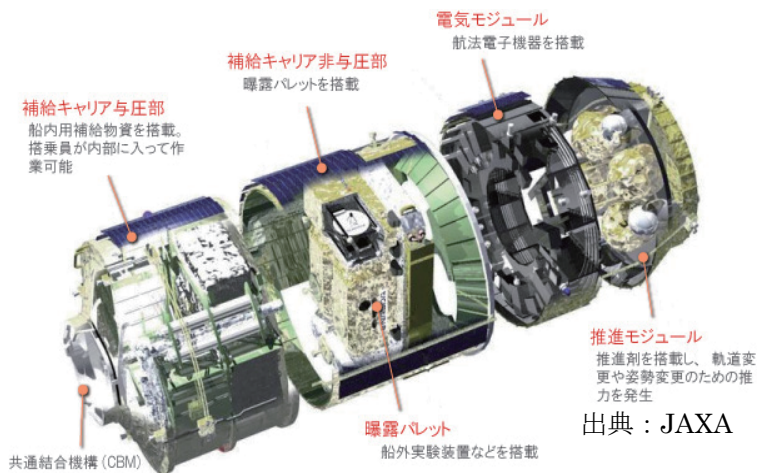
出典：JAXA

(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

宇宙ステーション補給機(HTV)



出典：JAXA

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 2-2-4 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。

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 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。

図 2-2-4 HTV 技術実証機運用シーケンス



3 人工衛星

(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 5 年末までに約 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。

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 年に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。

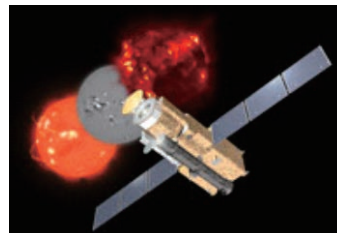
「はやぶさ」(MUSES-C)は、平成 15 年に打上げられた後、小惑星「イトカワ」に着陸し、燃料漏洩等の故障もあったが、平成 22 年に地球へ帰還した。回収された搭載カプセルからは、「イトカワ」由来の微粒子が採集されており、微粒子表面に 40 億年以上前から現在に至るまでの歴史が刻まれているといった成果が発表されている。

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 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 年には最初のタッチダウンに成功し、令和元年に 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「Ryugu」の観測を終え地球帰還に向けて出発し、令和 2 年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。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。

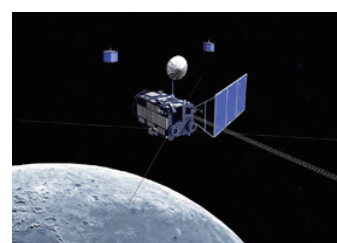
すざく 外観図(出典 :



ひので 外観図(出典 : JAXA)



かぐや 外観図(出典 : JAXA)



はやぶさの搭載カプセル
(出典 : JAXA)



はやぶさ 2 (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」(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機である。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。

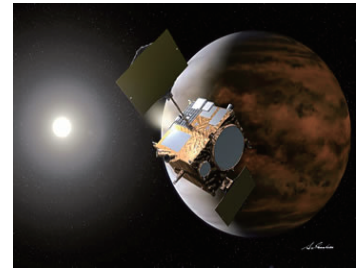
JAXA は中型・大型科学衛星を補完し、特徴ある宇宙科学ミッションを迅速かつ高い頻度で実現するため、小型科学衛星(SPRINT)シリーズを立ち上げた。衛星バスをモジュール化し、その仕様をカタログ化して、多様な科学ミッションの要求に対応できる標準バスを開発し、「ひさき」(SPRINT-A)は、地球を回る人工衛星軌道から金星や火星、木星などを遠隔観測する世界で最初の惑星観測用の宇宙望遠鏡である。平成 25 年にイプシロンロケットで打上げた。現在は、後期運用へ移行している。

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。

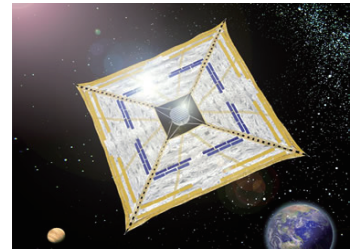
水星磁気圏探査機「みお」(MMO)は、JAXA と ESA が協力し進める国際水星探査計画(BepiColombo)において JAXA が開発したスピン衛星で、平成 30 年に ESA の水星表面探査機「MPO」と共に打上げられ、令和 7 年に水星周回軌道へ投入される計画である。「みお」は、磁場やプラズマ、希薄大気など水星周辺の環境を詳細に観測することを目的としている。

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あったが、通信異常のため運用停止した。その ASTRO-H の代替機である X 線分光撮像衛星(XRISM: X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)と、将来の月惑星探査に必要となる精密な着陸技術を実証する小型月着陸実証機 (SLIM: Smart Lander for

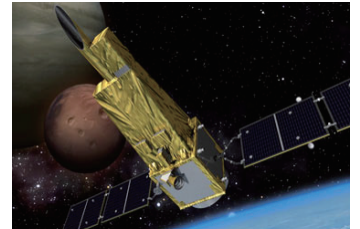
あかつき (出典: JAXA)



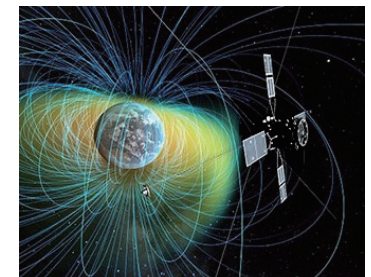
IKAROS (出典: JAXA)



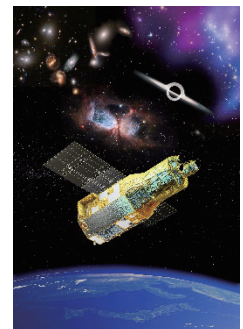
ひさき (出典: JAXA)



あらせ (出典: JAXA)

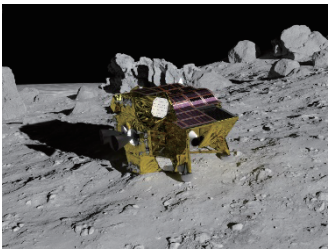


XRISM (出典: JAXA)



Investigating Moon) を令和 5 年 9 月 7 日に打上げた。XRISM は
 予定の観測を開始し、SLIM は令和 6 年 1 月 20 日に月に軟着陸し
 た。月への降下中にスラスタが脱落し、着陸姿勢が異常となり着陸
 直後から 8 日間は発電できず観測を中断したが、観測に復帰し、
 所期のミッションを終え、観測を継続している。

SLIM (出典 : JAXA)



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	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	近地点約400 遠地点約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 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	イブシロン	H25.9.14
「はやぶさ2」	C型小惑星に接近し科学観測・試料の採取を行い、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 宇宙風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	イブシロン	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
「ひとみ」 (ASTRO-H)	ブラックホール、超新星残骸、銀河団など、X線 やガンマ線を放射する高温・高エネルギーの天体 の研究を通じ、宇宙の成り立ちを調べ、熱く激し い宇宙に潜む物理現象を解明	NEC	2700	円	575	31	H-IIA	R5.9.7
小型月着陸実証機 (SLIM)	小型の探査機による月への高精度着陸技術の実証 軽量な月惑星探査機システムを実現と、月惑星探査の 高頻度化の貢献	三菱電機	約210	月周回楕円軌道			H-IIA	R5.9.8

(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 5 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。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の理由で、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、これを超える宇宙ロボットが実現されていないとの理由で、
 AIAA の Automation and Robotics Award 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た。

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、パナ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。

だいち外観図(出典：JAXA)



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。平成 21 年に打上げられた。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(ALOS)」の光学ミッションを引き継ぐ地球観測衛星であったが、令和 5 年 3 月 7 日に打上げが失敗し喪失した。

だいち 2 号外観図(出典：JAXA)



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、CO₂ 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」ミッションを引き継ぎ、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 : Global 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、地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 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。

「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水の観測を行い、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 年にドニエプロ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。

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)」が打上げられた。

きらり外観図(出典：JAXA)



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)



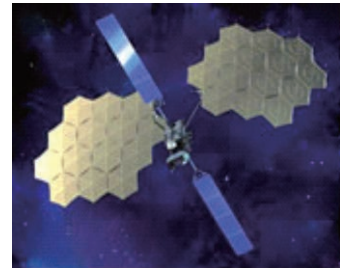
平成 29 年には、3 機のみちびきが打上げられ、平成 30 年に準天頂衛星システムの 4 機体制によるサービスが開始された。

静止衛星のみちびき 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年に定常段階を終了し、後期利用段階に移行した。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。

きく8号外観図(出典：JAXA)



「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号(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号(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をイプシロンロケットによって打上げた。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年にイプシロンで打上げた。RAISE-2は、令和4年2月に初期運用を終え、定常運用フェーズに移行した。

「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月にイプシロン6号機での打上げに失敗した。しかし、3機の超小型衛星：金沢大学の「こよう」、東京工業大学の「PETREL」、静岡大

学の「STARS-X」はイプシロン 6 号機に搭載されておらず、金沢大学の X 線突発天体監視速報衛星「こよう」は、令和 5 年 12 月 2 日にファルコン 9 ロケットにて打上げに成功した。

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。

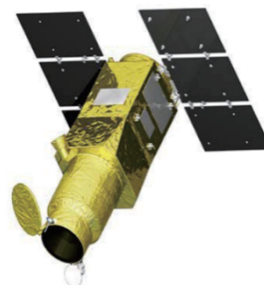
「ASNARO-1」は、短納期、高性能、小型かつ低価格での開発推進を目指し開発された地球観測衛星である。また、平成 30 年には技術実証用に開発された高性能小型レーダー衛星「ASNARO-2」をイプシロンで打上げた。ASNARO-2 は、高分解能な X バンドの合成開口レーダー(SAR:Synthetic Aperture Radar)の小型化、低コスト化を実現する高性能小型衛星(レーダー衛星)の研究開発プロジェクトである。ASNARO-2 と同型機となる「LOTUSat-1」は、ベトナム向け地球観測衛星で、現在、開発が進められている。

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 300 km 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、運用終了した。

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」を平成 26 年に打上げ、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」を打上げ、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。

ASNARO-1 外観図
(出典：経済産業省)



ひまわり 7 号 外観図
(出典：気象庁)



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
環境 観測 衛星	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610 km/ 遠地点654 km (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666 km	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613 km	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	太陽同期準回帰軌道 (高)約700 km	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)407 km (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)628 km	H-IIA	H26.5.24
	WNISAT-1R	北極海域の海水の観測	アクセルスペース	43	太陽同期 (高)600 km	ソユーズ	H29.7.14
	しきさい (GCOM-C)	気候変動観測全地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800 km	H-IIA	H29.12.23
技術 試験 衛星	小型実証衛星4型 (SDS-4)	定期的に三軸姿勢制御を行う50kg級の小型衛星の標準パスの確立および、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 令和元年に、JAXAからスカパーJSATに譲渡	JAXA	約48	(高)677 km	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)504 km	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)36,000 km	アリアン5	H30.4.6
	きらめき2号		NEC		静止衛星軌道 (高)36,000 km	H-IIA	H27.1.24
技術 衛星 中継	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)36,000 km	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1,500 km (傾)約50°	H-I	S61. 8.13
準 天 頂 衛星	準天頂衛星2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)32,000～40,000 km	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)36,000 km	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)32,000～40,000 km	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)32,000～40,000 km	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)36,000 km	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)36,000 km	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 を打上げた。令和元年には通信衛星 JCSAT-1C (JCSAT-18)がファルコン 9 で、令和 2 年、JCSAT-17 をアリアン 5 で打上げた。

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。

製造メーカーでは、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 Superbird C2(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 を受注した。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 年に打上げた。三菱電機は平成 21 年、ISS への宇宙貨物輸送機「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。

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

(4) 情報収集衛星

平成 10 年に朝鮮民主主義人民共和国(北朝鮮)が発射したテポドンを機に、日本政府は、我が国周辺を中心に情報収集力を強化するため、情報収集衛星の導入を閣議決定した。情報収集衛星は、光学衛星とレーダ衛星との 2 機を 1 組として 2 組(計 4 機)の体制を目指し、初号機(光学 1 号機およびレーダ 1 号機)を、平成 14 年度に打上げた。光学 2 号機およびレーダ 2 号機は、翌年度に H-IIA ロケット 6 号機の打上げ失敗により、衛星を喪失した。現在までに光学機器搭載を 11 機、レーダ機器搭載を 9 機を打上げた。令和 2 年に情報収集衛星では初となるデータ中継衛星を打上げた。政府の実用衛星が定期的に調達され、我が国の衛星工業の重要な基盤となっている。

政府は将来的に光学衛星 4 機、レーダ衛星 4 機及びデータ中継衛星を加え 10 機の情報収集能力を向上させる体制に移行すると決めている。

(5) 小型衛星

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。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 2-2-6 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

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 2-2-7 及び表 2-2-8 の通りとなっている。

表 2-2-7 「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 2-2-8 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

令和 4 年に米国の新型ロケット SLS で、月に向かう無人宇宙船オリオンと共に、日本の超小型深宇宙探査機 OMOTENASHI と EQUULEUS が打上げられた。OMOTENASHI は、ロケットから分離された以降、通信が確立できず月面着陸を果たすことはできないと判断したが、放射線環境測定のほか、月面着陸以外の技術実証を目指している。EQUULEUS については、水を推進剤とする推進系による地球低軌道以遠での軌道制御成功は世界初で、定常運用フェーズへ移行し、約 1 年半かけ、ラグランジュ点に向かう予定となっている。表 2-2-9 に宇宙船オリオンとの相乗り超小型探査機を示す。

表 2-2-9 宇宙船オリオンとの相乗り超小型探査機

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

近年では小型衛星の普及に伴い、大学やベンチャー企業等が主体となって小さな衛星の開発に着手している。各ベンチャー企業の活動は多岐にわたり、リモートセンシングサービス、デブリ除去、月面探査等のプロジェクトが挙げられる。米国を中心に新たな宇宙関連事業に挑戦するスタートアップ企業が数多く設立されている。日本においても宇宙スタートアップ企業の動きは活発化しており、国際競争を意識して、会社名はアルファベット表記で、最初から多国籍化した海外拠点・外国人幹部を置く企業も複数存在している。スタートアップ企業で大型衛星をビジネス対象にする例はほとんど見られない。

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、北極海域の海水観測を目的に、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 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で、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分布を観測する計画だったが、ロケット側の問題で予定の軌道に乗れずに打上げは失敗した。令和 3 年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、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 年に 2 号機の最初の撮影画像を公開した。衛星としては日本初となるアジマス分解能 1.8 m、レンジ分解能 0.7 m を実現した。令和 4 年にはロケット失敗により 3 号機、4 号機を失った。令和 5 年 6 月 13 日に、ファルコン 9 によって 6 号機『アマテル・III』が、同年 12 月 23 日にエレクトロンによって 5 号機『ツクヨミ-I』の打上げに成功した。5 号機では 46 cm 解像度の画像を公開している。今後 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)社では、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・運用を行うシンスペクティブ社は、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。令和 4 年 3 月には 2 機目の「StriX-B」を、同年 9 月には 3 機目である「StriX-1」の打上げに成功した。何れの打上げも、ニュージーランド マヒア半島にあるロケットラボの発射場からエレクトロンロケットによって打上げられた。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。

アイスペース(ispace)社は、独自のプログラムである HAKUTO-R によって月面探査を行うベンチャー企業である。HAKUTO-R ミッション 1 (M1)は、令和 4 年 12 月に打上げられ、民間企業として世界初の月面着陸を目指したが月面への軟着陸に失敗した。HAKUTO-R ミッション 2 (M2)の打上げを令和 6 年に予定している。

アイスペース社は、宇宙開発スタートアップ企業では初となる東京証券取引所グロース市場へ上場し、また、QPS 研究所についても同様に上場を果たした

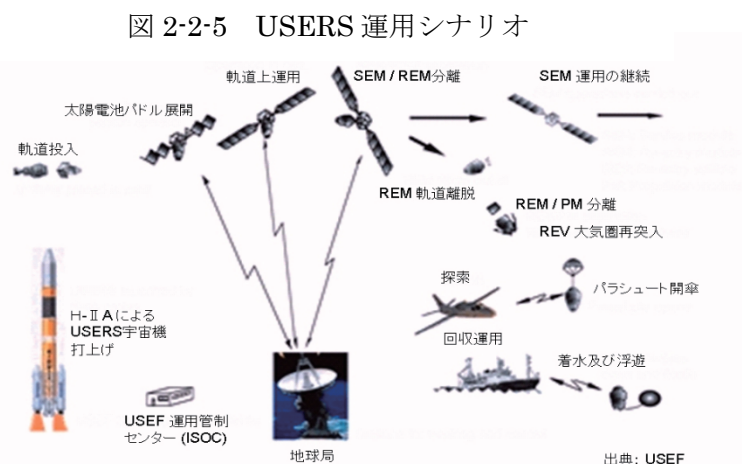
このように、我が国の小型衛星に関する宇宙産業も JAXA 支援の事業に加えて国際市場でも存在域を増やしつつ、日本のニュースペース企業の活動も合わさって、我が国が方針として掲げている宇宙産業の健全な発展が、今後も益々期待される。その一方でコロナ禍後の金融引き締めによって世界の投資資金総額が激減した影響を受け、日本の宇宙ベンチャー企業の市中調達資金が最近急減している。多くの新興企業が開発段階からシステム展開やサービス開始への移行を控え、資金需要が大きくなる段階を前にした金融状況の変化は、これからの発展に影響を及ぼさないか懸念されている。

(6) 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)

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。



(7) 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。

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。(図 2-2-6 参照)

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。

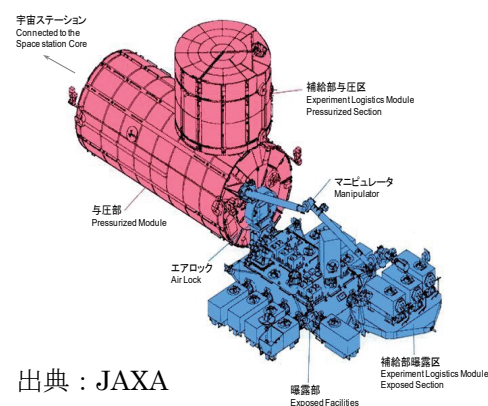
しかし、平成 15 年に起こった米国スペースシャトル「コロンビア」の空中分解事故以降、ISS の建設、運用計画のスケジュール見直しが行われ、日本実験棟「きぼう」のみならず、ISS への補給品を輸送する H-IIB/宇宙ステーション補給機(HTV)の開発にも影響が生じた。米国航空宇宙局(NASA)は、平成 17 年にスペースシャトルの飛行を再開し、この再開 1 号機には野口宇宙飛行士が搭乗し、船外活動(EVA)等を担当した。次号機は同年に予定されていたが、平成 18 年に延期された後に、同年に相次いで飛行し、平成 22 年の ISS 完成に向けて順調に動き出した。平成 20 年に補給部与圧区が打上げ、「きぼう」の組立てを開始した。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、「こうのとりのり」(HTV)による補給を受けながら運用を行っている。



図 2-2-6 ISS の日本実験棟「きぼう」



出典：JAXA

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(フッ素化合物)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、秋山宇宙飛行士がソ連の宇宙ステーションミールに滞在した以降、表 2-2-10 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 2-2-10 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、ふわつと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 令和 5年 3月12日	若田 光一	クルー ドラゴン宇宙船	Crew-5	第68次長期滞在
令和 5年 8月26日 約半年間長期滞在予定	古川 聡	クルー ドラゴン宇宙船	Crew-7	第69次長期滞在 第70次長期滞在

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。

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に追跡用のレーダー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。

図 2-2-7 主な地上設備の所在地



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	宇宙航空研究開発機構	環境、構造、電波、風洞試験装置
内之浦宇宙空間観測所	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	深宇宙送受信設備
大樹航空宇宙実験所	宇宙航空研究開発機構	気象観測装置、飛行実験棟
調布航空宇宙センター	宇宙航空研究開発機構	風洞試験装置、構造材料試験設備
角田宇宙センター	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	H-IIA、H3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	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	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、キルケ局、マスパ・ロマス局、サンチアゴ局、パース局	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	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	宇宙航空研究開発機構	宇宙デブリ観測用望遠鏡(口径1 m、50 cm (CCDカメラ方式)等)
神戸航空衛星センター	国土交通省	MTSAT軌道／姿勢制御装置、データリンク装置
常陸太田航空衛星センター	国土交通省	MTSAT軌道／姿勢制御装置、データリンク装置
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
電磁波計測研究センター	情報通信研究機構	宇宙環境計測
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	同 左	材料製造装置、試験装置
日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所	日本原子力研究開発機構 (JAEA)	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

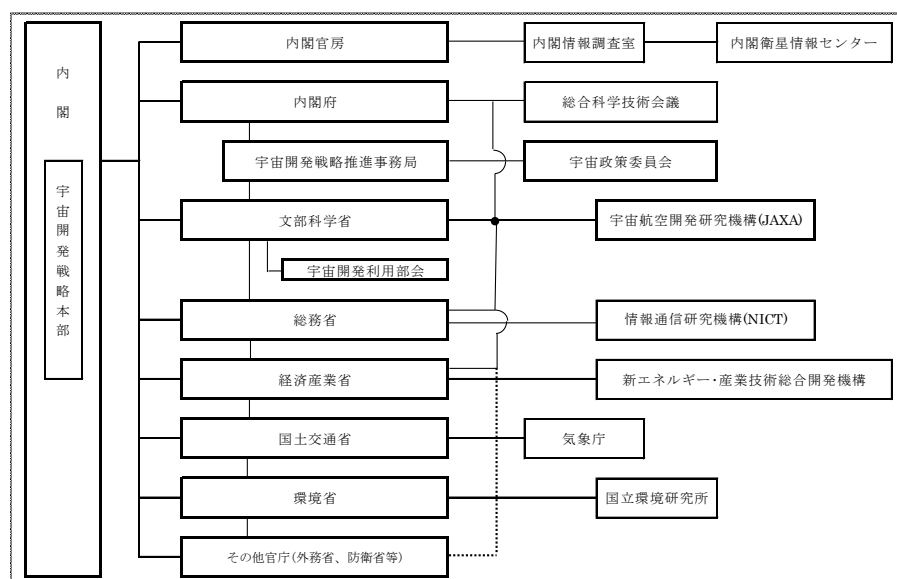
分野	区分	名称	関係官庁	設立年月	主な事業内容
人工衛星利用	一般財団法人	リモートセンシング技術センター(RESTEC)	文部科学省	昭和50年7月	地球観測衛星のデータ処理、販売 資源探査用・温室効果気体観測システム及び資源探査用観測システムに係る研究開発 衛星測位システムの構築と利用の推進
	一般財団法人	宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems)	総務省 経済産業省 文部科学省 内閣府	平成24年4月 (USEF, JAROS, ERSDACの3機関が統合) (令和3年4月SPACが統合)	
宇宙環境利用	一般財団法人 同上	宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems) 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 高温耐熱材料開発と環境実験の実施
	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	

平成20年の宇宙基本法の施行に伴い、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、平成24年には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た。文部科学省は宇宙開発利用部会を新たに立ち上げた。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。(図 2-2-8 参照)

図 2-2-8 日本の宇宙開発体制

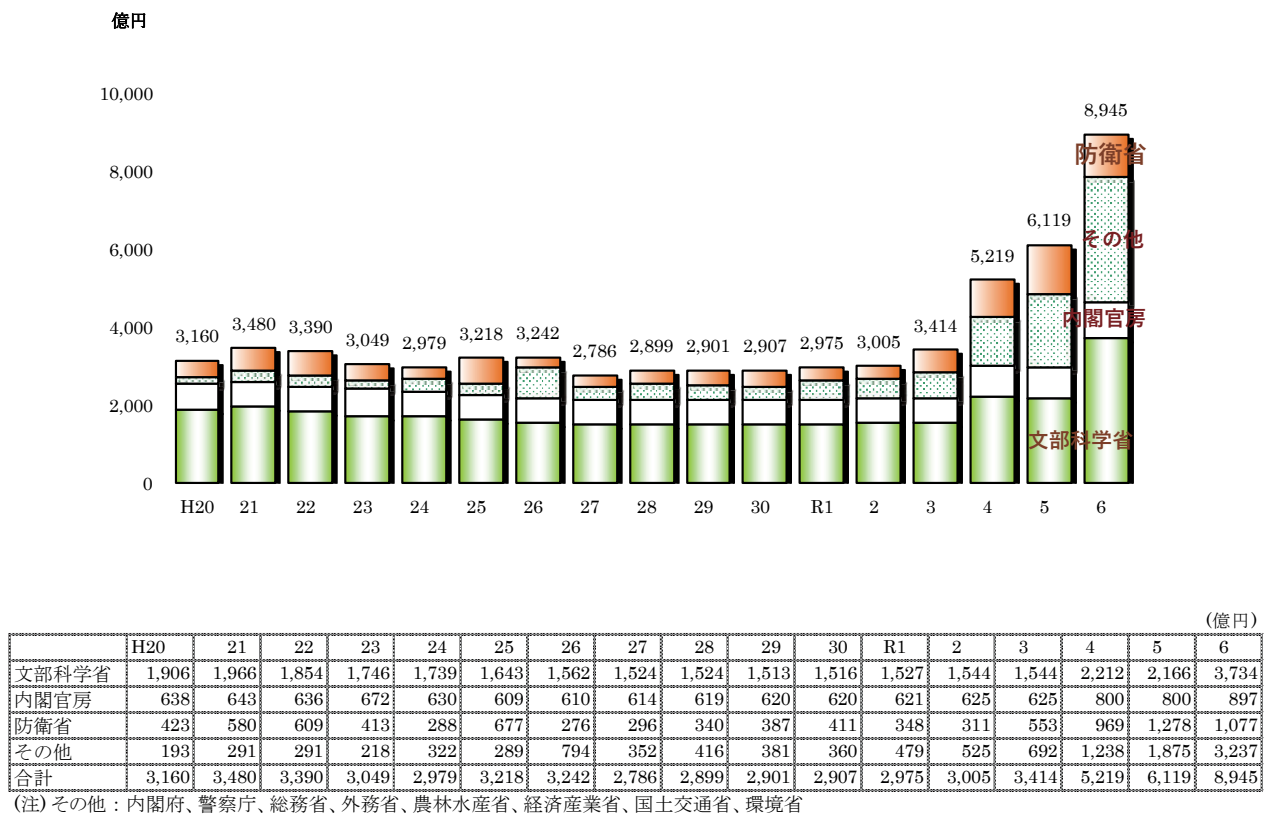


(2) 予算

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するには、長期間にわたる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 6 年は補正予算を含めた一般会計予算は約 9 千億円と、防衛航空機の令和 5 年新規調達予算 6 千億円強を大きく超えている。(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



出典：令和5年度補正及び令和6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、投機的な商業資金抛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。現在は自主技術、購入品を種々のバランスを取って採用し開発を進めている。

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・維持することが図られた。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、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が進められたため、技術的可能性を見極めながら性能向上と設計・製作とのかね合いを充分配慮できたことによる。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段階的に経験を積み進められた。

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、関係機関での国際的な開発協力が一般化している。

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技術を導入した。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結果、各企業の開発力が向上し、得意分野で海外へ進出し、商業衛星の売り込みをはかっている。

官との契約形態にも種々の方式がある。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主流であったが、宇宙システムの大型化・複雑化にともない、幹事会社方式や幹事会社との共同開発が採用されている。

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、主契約社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 三菱電機ソフトウェア)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た。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：現 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

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、シンスペクティブ社、QPS 研究所などが手掛けている、

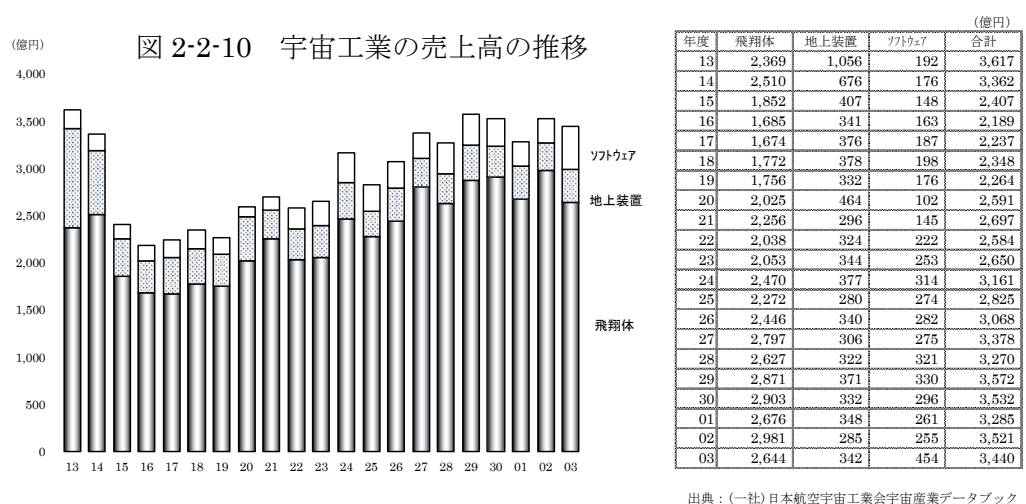
2 経営動向

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)

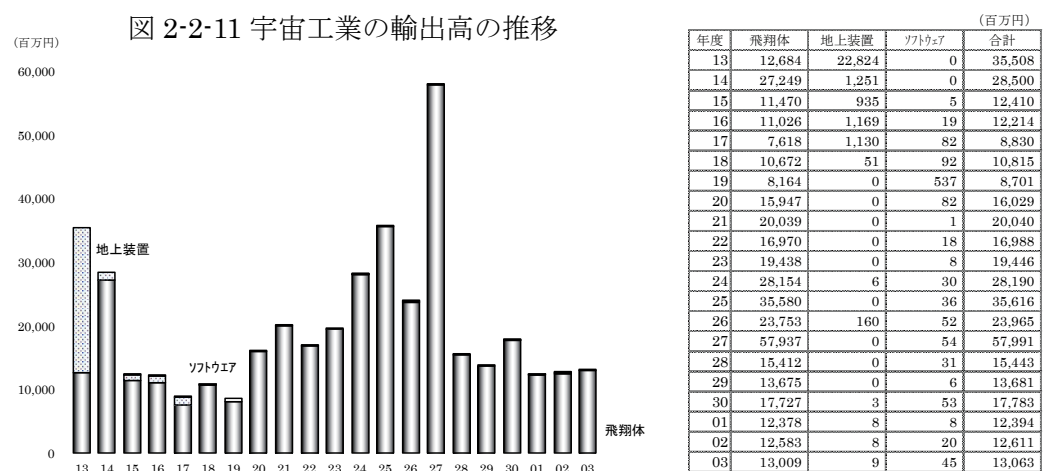
輸出高は昭和 50 年度の 107 億円から序々に増加し、平成 8 年度に 800 億円を超えたが、それ以降は減少傾向であった。令和 3 年度の輸出高

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)

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



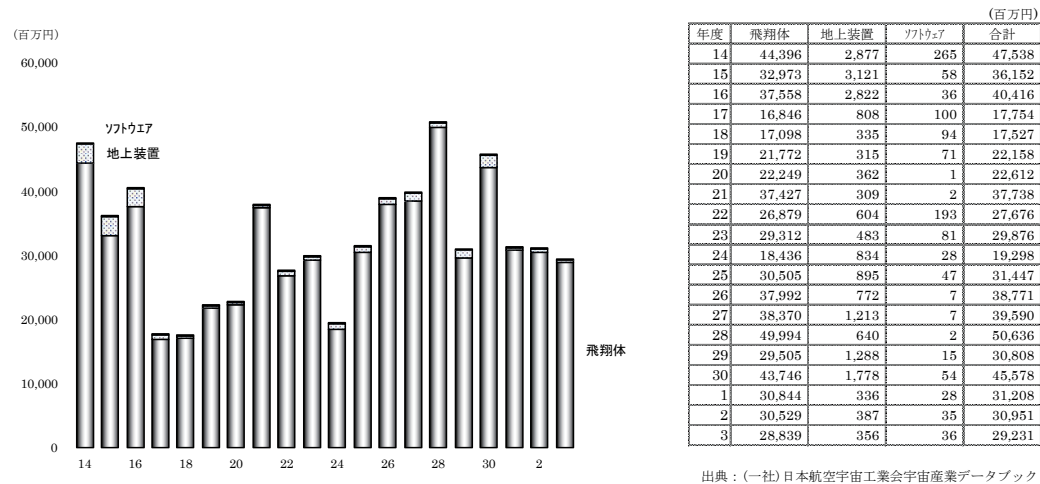
出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック



出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

た。(図 2-2-12 参照)

図 2-2-12 宇宙工業の輸入高の推移



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みず、価格面でも競争力が弱く、国内顧客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 年度に三菱重工業に民営移管を行った。また、平成 24 年に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した。さらに平成 27 年にはカナダの通信衛星で初の商業衛星打上げに成功した。令和 5 年末で、H-IIA は 42 回の打上げに連続成功する高い信頼性を保持している。

また、衛星分野では三菱電機が、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、両社共に国際市場へ参入した。

しかし、国産の宇宙機器の米ドル建て価格は海外製品に比べ大幅に高く、納期も長い。技術的には国際レベルに達し、中にはそれを超えるような機器もあるが、利便性や価格の面で外国製品との差により、受注拡大に至らない。更に人工衛星では、同質の大型静止通信衛星の量産市場が急激にしぼみ、代わりに多種多様な中型から極小の衛星で一品物の衛星が急増し、量産型で大型衛星の製造技術は需要が少なく、産業の経済価値を失いつつある。その一方で世界では多数衛星を群で運用する小型衛星コンステレーションは、歴史的な多数の量産で設備投資を続けており、小型衛星用の安価な衛星技術は重用されている。この急激な宇宙利用の事業構造の変化に対して、日本の宇宙産業は、ロケットにおいても人工衛星においても、オールド・スペースの企業群は、宇宙以外の事業売上割合が高く、政府関連のプロジェクトで確実に宇宙関連事業を展開・成功させているものの、その高い技術力にもかかわらず世界の商業市場の売上高に存在感がない。一方で宇宙を専門としているスタートアップ企業では、ロケット、衛星コンステレーション、月探査のいずれも、米国に続く活動を、規模においても種類においても示している。少なくとも日本企業の事業活動の成果は、欧州のスタートアップ企業を凌いでいる。しかもスタートアップ企業の多くは、最初から海外市場や多国籍事業展開を目指し活動している。

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、我が国が自律した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、宇宙基本法、宇宙活動法を施行し、宇宙基本計画を制定・維持している。

部品やコンポーネント分野では太陽電池パドル・RF 機器・地球センサー・バッテリー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が開発され、世界の宇宙市場で席卷した時期があったが、新たな技術の代替部品の出現による製品価値の消滅等による撤退により、輸出活動は縮小している。

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 1 段の飛行結果は良好であったが、2 段エンジンは作動せず指令破壊された。試験機 2 号機(22S 型)を令

H3 ロケット



出典：JAXA

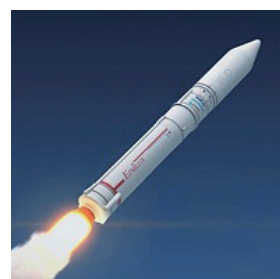
和 6 年 2 月 17 日に打上げ、成功した。

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 5.2 m、全長は 57 / 63 m、総質量 575 Mg (24L 型)で、静止遷移軌道に 6.5 Mg(衛星増速量 1.5 km/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。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



出典：JAXA

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 コンボジット固体推進薬	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 社は令和元年に 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。IST 社は、更に小型衛星打上げ用の ZERO ロケットを開発し、同時に製造工場に近い北海道大樹町に射点を建設している。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、北海道エリアを中心とする家畜のふん尿から製造した液化バイオメタンを燃料としており、環境に配慮した打上げ運用が出来るシステムの開発を進めている。令和 4 年度には、ロケットの主要部であるフェアリングの分離試験やジンバル機構の性能取得試験に加えエンジンの主要部品であるガスジェネレータの燃焼試験を実施しており、令和 5 年 12 月には、推進剤タンクの圧力試験、燃焼器単体試験が実施されている

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 6 年 3 月の初打上げ、2020 年代に年間 20 機規模の打上げ運用を目指している。

2 人工衛星

(1) 科学衛星

宇宙科学・探査においては、太陽系進化の解明を図るために、小天体・彗星、外惑星を探索するミッションを進めていく。

深宇宙探査技術実証機(DESTINY+: Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage with Phaethon fLyby and dUst Science)を開発中で、令和 7 年度の打上げを目指している。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。

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に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、令和 13 年度の人類初の火星圏からのサンプルリターン実現に向け、令和 8 年度の打上げを目指し、開発中である。

日本初の赤外線位置天文観測衛星「JASMINE」は、令和 9 年度の打上げを予定しており、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。高感度太陽紫外線分光観測衛星「Solar-C」は、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、令和 10 年度の打上げを目指している。

「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)」は、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
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(200 km)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。

技術試験衛星 9 号機: 我が国の次世代静止通信衛星が、国際競争力のある衛星システムを実現

するために必要なバス技術とミッション技術を実証する。令和 7 年度に H3 ロケットで打上げ予定。

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 年に打上げた。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 計画中的の実用・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 の取り組み方針を図 2-3-1 に示す。

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

図 2-3-1 国際宇宙探査への JAXA の取り組み方針



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。アルテミス計画の下、国際協力による月・火星探査を実施するとともに、持続的な有人活動に必要となる、ゲートウェイ居住棟へ提供する環境制御・生命維持システム

等の開発、月周回有人拠点(ゲートウェイ)補給機や有人与圧ローバの研究開発、月極域探査機(LUPEX)による水資源関連データの取得等に向けた取組を着実に実施していく。

4 宇宙状況把握等の防衛分野

防衛省は、宇宙空間の安全かつ安定的な利用を確保するため、宇宙領域把握(SDA: Space Domain Awareness)体制を構築していく。宇宙領域専門部隊を強化し、令和 4 年度には、宇宙作戦群隷下に宇宙状況把握(SSA)システムの運用を担当する第 1 宇宙作戦隊、わが国の人工衛星などに対する妨害状況を把握する装置の運用を担当する第 2 宇宙作戦隊及び宇宙システム管理隊を新編した。令和 5 年度には、要員を拡充し SDA のための装備品を安定的に運用する体制を強化した。

また、防衛省は、宇宙状況把握(SSA: Space Situational Awareness)運用システムの運用を開始している。令和 5 年 3 月から運用が開始された防衛省の SSA システムに対し、JAXA が運用するレーダー及び光学望遠鏡の観測データの提供などを行い、双方連携しつつ運用を進めている。そして、これまで構築してきた、宇宙物体の位置や軌道等の情報を把握する宇宙状況把握(SSA)体制に加え、宇宙物体の運用・利用状況及びその意図や能力を把握する宇宙領域把握(SDA)体制を構築する。令和 8 年度までの打上げを目標に、宇宙設置型光学望遠鏡(SDA 衛星)等の導入に向け令和 6 年度は 172 億円の予算で準備を進めるとともに、将来的な複数機運用に関する検討や GNSS 信号を用いた宇宙空間での測位を含めた各種取組を推進していく。

また、増大する宇宙空間のデータ伝送の所要に対応するため、民間事業者が運用する光データ中継衛星を活用し、静止軌道間での光通信によるデータ伝送の実証を行う等、引き続き、防衛分野における実効的な SDA を実施するための能力向上に向けた取組を進めていく。

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

政府は令和 5 年 6 月 13 日、今後 10 年間の宇宙開発利用に関する基本的な方針をまとめた、新「宇宙基本計画」を閣議決定した。これにより前回、令和 2 年に変更された宇宙基本計画は 3 年ぶりに改訂された。

宇宙安全保障の確保においては、宇宙システムの重要性の高まりに呼応して、宇宙システムに対する脅威も顕在化していることから、宇宙利用を強化する「宇宙からの安全保障」と、宇宙システムに対する脅威に対応し、安定的利用を確保する「宇宙における安全保障」の、二つの取組を強化していくことが必要となっている。準天頂衛星システムにおいては、持続測位を可能とする 7 機体制構築に向け引き続き開発と整備を進めていき、さらに、11 機体制に向けた検討と開発に着手する。情報収集衛星についても、10 機体制が目指す情報収集能力の向上を着実に実施する。また、これら衛星コンステレーションでの活用を見据えた赤外線センサー等の宇宙実証については、新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)で計画している宇宙実証プラットフォームを活用する。宇宙領域把握(SDA: Space Domain Awareness)体制の構築に向けては、令和 5 年に SDA 衛星の製造に着手した。

国土強靱化と地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けても、人工衛星による貢献が期待されている。2030 年代に実現を目指している次世代の通信技術サービスである Beyond5G (6G)を見据え、地上と宇宙をシームレスにつなぐために、我が国が非地上系ネットワーク(NTN)を世界に先駆けて開発、実装、利活用を一体的に進めていく。また、「これらを実現する基盤となる技術について、フルデジタルを」とした SDS 技術、通信衛星と IoT の連携、Beyond5G / NTN 関係の技術、衛星光通信技術等に関連する国産の技術開発・実証、通信衛星バスの小型化・低廉化を強力に推進していく。衛星間光通信ネットワーク技術の確立に向けては、フロントローディングとして光通信ターミナルや、衛星コンステレーションにおけるネットワーク運用制御技術等の重要要素技術の研究開発を行っていく。令和 7 年度に打ち上げ予定の技術試験衛星 9 号機(ETS-9)では、静止衛星と地上の間で世界最高レベルとなる 10 Gbps 級の宇宙光通信技術の実現等に向けて、フィールド実証を行う。

量子暗号通信では、衛星量子暗号通信技術の社会実装を早期に実現し、将来市場において我が国の技術的優位性を獲得していくため、距離に依らないグローバル規模での量子暗号網構築のための研究開発を進めるとともに、安全保障分野も含め検討を進め、宇宙実証の実施していく。

自然災害の監視・予測等、国民の安全・安心の確保を目的として、気象衛星・地球観測衛星の観測体制を維持していく。静止気象衛星ひまわりについては、線状降水帯や台風等の予測精度を抜本的に向上させる大気の 3 次元観測機能等最新技術を導入し、ひまわり 10 号を令和 11 年度の運用開始を目指し整備を進める。また、温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)を令和 6 年度に打ち上げるべく、温室効果ガス観測センサー 3 型(TANSO-3)、高性能マイクロ波放射計 3 (AMSR3)及び両センサーを搭載する衛星バスについて、詳細設計を完了するとともに、プロトタイプモデルの製作・試験及び地上システムの開発を着実に進めると同時に、世界に先駆けて開発した衛星を用いた温室効果ガス排出量推計技術の中央アジア、インド等への普及の取組を推進することにより、本排出量推定技術の活用を促し、国際標準化を目指していく。

宇宙科学、探査による新たな知と産業の創造においては、米国等との国際協力のもと、アルテミス計画の下、月および火星探査を実施していく。有人と圧ローバの本格的な開発では、月面環境に対応した走行システムや航法誘導システム、高効率の排熱システム、クレーン用ハッチ等の新規性の高い要素技術に関する研究開発および実証等を実施するとともに、本格的な開発にも着手する。月周回有人拠点(ゲートウェイ)については、ゲートウェイ居住棟へ提供する機器として、我が国が強みを有する環境制御・生命維持システム等の EM 開発、詳細設計・維持設計、およびフライト品の製作試験を実施中である。また、令和 5 年に打上げた小型月着陸実証機(SLIM)の技術を維持・発展させた月面着陸システム(極域対応高精度着陸技術等)の仕様検討および月面着陸の要素技術の研究を進めていき、科学成果創出や将来の探査に必要な重要技術の高度化を図っていく。

宇宙活動の自立性維持のため、総合的基盤の強化および制度環境整備の必要性が高まるなか、JAXA の業務として、宇宙科学技術に関する先端的な研究開発の成果を活用し宇宙空間を利用した事業を行おうとする民間企業等が行う先端的な研究開発に対して必要な資金を充てるための助成金の交付に関する業務を追加するとともに、「宇宙戦略基金」を設置する。民間企業や大学が複数年

度にわたる予見可能性を持って研究開発に取り組めるよう資金供給機能を強化する。当面の事業開始に必要な経費が措置され。速やかに、総額 1 兆円規模の支援が行われる予定。

2 宇宙工業の展望

我が国の宇宙工業は、宇宙利用産業を支援するべく、衛星リモートセンシング情報や準天頂衛星による高精度測位サービス等、衛星データから得られるデータの質と量の向上に貢献している。これら衛星データと地上データによるビッグデータを、人工知能等で解析することで、様々な分野の課題に対し解決方法を提供することが可能となっている。宇宙を利用する産業は、その他の多くの産業の競争力強化に貢献する第 4 次産業革命の駆動力となることが期待される。

リモートセンシングでは、小型衛星コンステレーションの構築や新たなセンサーの開発により地球観測衛星の機能が高まると同時に、人工知能等の技術が向上することで、ドローン、IoT、気象や海洋等の地上データと組み合わせることで、幅広いソリューションサービスの提供が実現してきている。特に衛星リモートセンシング活用が進んでいる防災・減災、安全保障においては、観測衛星コンステレーション技術など、時間情報を拡張するコンステレーション技術等が重要で、搭載情報処理システム、観測衛星システムの小型化、軽量化、低価格化技術等が必要となっている。また、光学および合成開口レーダー(SAR)においては、光学イメージング、SAR、レーダー計測、ライダー計測(高度計、ドップラー)等、空間情報を拡張する光学、レーダーのセンサー開発が重要となる。さらに、気候変動にかかる科学研究と近年活発化しているカーボンプライシング等の自然資本へのデータ活用に対して、電波放射計測、分光計測(狭帯域分光計、ハイパー、サウンダ)、船舶情報収集(AIS/VDES)等の波長・周波数情報を拡張するセンサー開発が重要となる。

我が国が測位能力を自立的に確保するために整備をしている準天頂衛星システムにおいては、妨害回避機能の強化、時刻・位置決定の高精度化(光衛星間リンク、クリック技術、精密軌道制御技術)、小型化、軽量化、省電力化等、妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システムにする技術開発が重要である。

これらの共通基盤技術を継続的に開発に取り組むことが、サプライチェーンの自律性確保、国際競争力の観点から不可欠である。衛星搭載高性能計算機、SDS SW フレームワーク、衛星搭載フォトリソデバイス等の SDS5 基盤技術、電源システム、太陽電池パドル、誘導制御システム等の小型軽量化とミッション高度化を支える電気系基盤技術と、推進系、熱制御系、構造系等の機械系基盤技術および地上システム基盤技術を開発することが重要である。

衛星、ロケット(打上げサービスを含む)や、その部品等の製造からなる宇宙機器産業は、我が国の自立的な宇宙活動能力を保持するために不可欠な基盤であるが、国際競争力の観点からは欧米に遅れをとっている。通信衛星等の大型衛星の国際商用市場はここ 30 年余りで規模を半減させ供給力過剰となった上に、我が国の衛星メーカーは欧米メーカーに市場の受注実績で大きな差がある。衛星分野での国際競争は激しく、高い技術開発力が求められるとともに、品質、コスト等が、競争上の重要な要因となっている。そこで、我が国も技術試験衛星としては 15 年ぶりとなる「技術試験衛星 9 号機」(Engineering Test Satellite-9: ETS-9)開発に着手し、大容量化に必要な電気推進

(オール電化)、発電能力の向上、ニーズに応じた通信容量や利用地域を柔軟に対応可能な技術開発を進めている。また、人工衛星用部品およびコンポーネントの 4 割を海外に依存しており、特に、基幹となる半導体等の能動電子部品は 8 割を海外に依存している。今後、人工衛星用部品およびコンポーネントの国内製造、輸入に関しては、供給元の数、衛星製造上の重要性、供給途絶リスク等に留意しつつ、その対応について十分に検討を行い、需要が見込まれる小型コンステレーション衛星等の汎用的な部品等を国産化することが、衛星メーカーの競争力強化や自立性を高めることにつながる。

一方、小型衛星市場においては資金および技術とスピードが必要とされ、世界でも開発競争が行われているが、欧米では、小型衛星を活用したビジネス展開を目指すベンチャー企業(ニュースペース)と、これまで大型衛星を開発してきた既存の大手衛星メーカー(オールドスペース)との連携が進んでいる。我が国においても、有望なベンチャー企業が存在するが、技術や資金の面で既存の大手衛星メーカーとの連携を進め、いかに早く事業化できるかが重要となる。

新基幹ロケットである H3 ロケット試験機 2 号機の打上げ成功によって、打上げサービスの国際競争力を強化し、高信頼性の国産基幹ロケットとして、安全保障や社会の基幹を担う衛星の安定的な運用や近い将来に活発化する月惑星開発にも貢献すべく開発、発展が進められる。低コスト化、製造期間や打上げ間隔の短縮等による柔軟な打上げ対応の実現を図り、民間の自立的な活動による大型衛星や衛星の多数同時打上げ商業打上げ獲得を目指す。

また、イプシロンロケット 6 号機の打上げ失敗については、原因究明結果を踏まえた対策を講じるとともに、H3 ロケットとの一部機器の共通化等によるシナジー対応開発計画に基づいて、打上げ価格低減や高い信頼性等の確保による国際競争力向上を目指し、令和 6 年度下半期のイプシロン S 実証機打上げを目指す。これにより益々重要性が上がる小型衛星に適した打上げ能力を日本として備える。また民間のスタートアップ企業が独自に開発する小型衛星用のロケットも打上げに備えており、新しい枠組みでの小型衛星打上げ需要への手段として、多様化、差別化とともに市場参画を狙っている。

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きている。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も多く、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衛である。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、欧米先進国やブラジルなど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。国内の素材産業は既に成熟しており、現在は海外工場を拠点とし供給をするなど、更に国際競争力をつけ輸出産業としてグローバルに発展をしつつある。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た。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た。

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(現 RTX)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、およびキャリア社の分離独立を実行した後、令和 2 年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、国内でも開発されるようになった。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。正確を記せば民間機は輸入機が多く整備・修理の機器も輸入となって、国産品と言えども供給は海外メーカー経由となり国内需要に参入できない市場構造が航空機の耐空性から求められる。

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、安保 3 文書において「防衛生産・技術基盤はいわば防衛力そのもの」と示され、「防衛移転 3 原則」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。

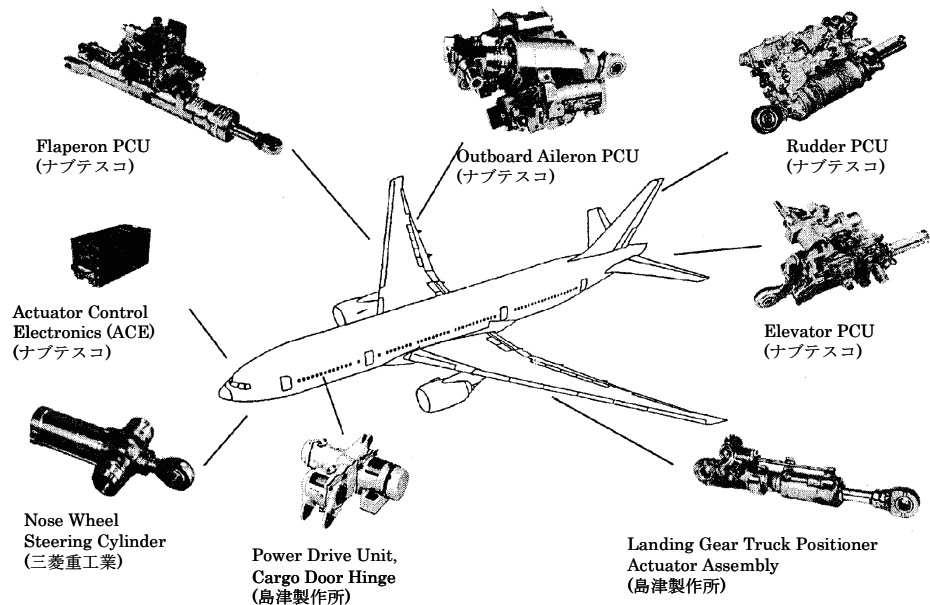
国内防衛需要に強く依存を続けてきた業界であるが、B767 への参入を機に海外民需志向が高まり、またエアバス社その他の欧米民間航空機会社からの引き合い、受注も増えている。その後、B777 や A380、B787、A350 でも多数のメーカーが、電子機器、部品を含めて広範囲の製品を受注している。また一部には顧客工場の立地に合わせて海外に生産を移転している。

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門度が低く、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門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。

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、RTX 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、国内各社は民需志向にウェイトが次第に増加している。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である。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、

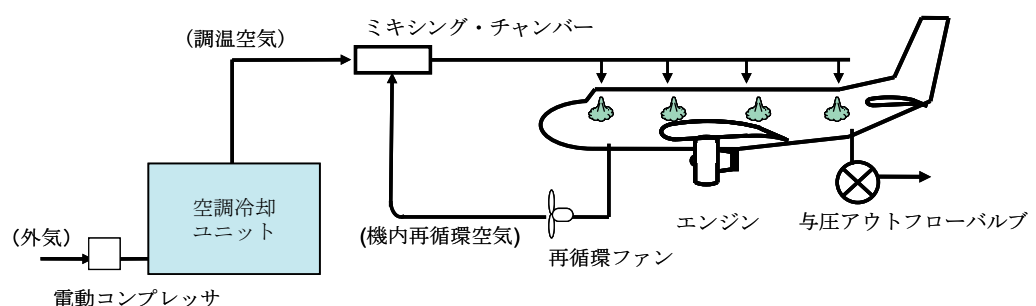
A380 や B787 では 5,000psi が採用された。また、前述の電動アクチュエーターについても開発が盛んであり、A380 や B787 では電気油圧式アクチュエーター(EHA/EBHA)、あるいは電気機械式アクチュエーター(EMA)が一部の舵面に採用されている。さらに、残存性向上を狙った分散制御が主流となっており、コントローラーを一体化したスマートアクチュエーターも最新鋭機種のトレンドとなりつつある。その他、新素材を用いたアクチュエーター、自己診断機能(ヘルスマニタリング機能)組込機器などを開発すること等が重要課題となっており、統合制御技術(システムインテグレーション)を高めるため、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 CO₂ 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



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 CO₂ 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。

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、RTX 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 RTX 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

リージョナル機 EMBRAER 170/190 シリーズにという例もある。

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。

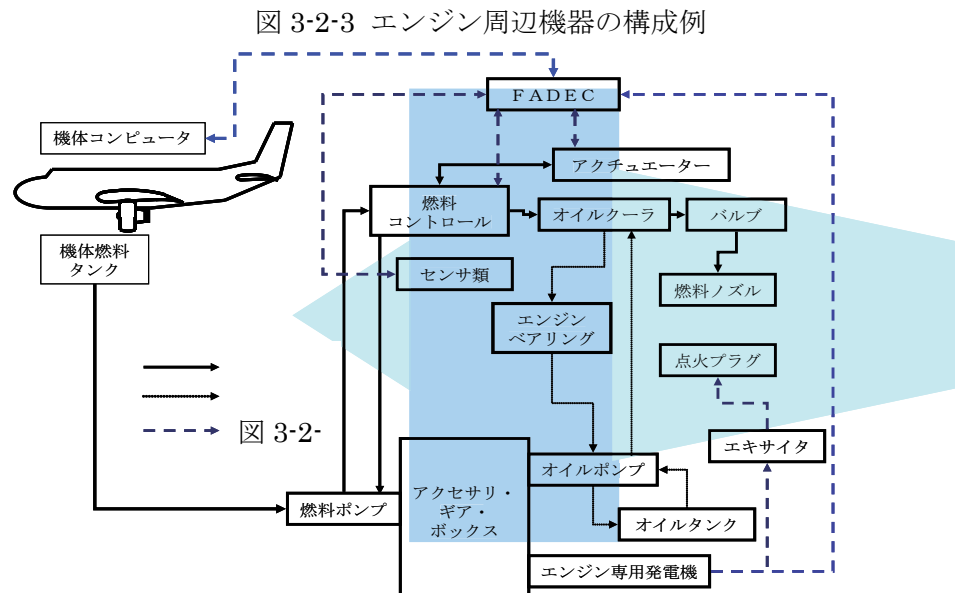
近年、燃料システムの安全性という観点から燃料タンクの防爆技術が大きく取り上げられている。過去には、B747 (TWA800 便)空中爆発や、B737 マンチェスタ墜落事故、DC-10 墜落事故などのようにタンクの爆発による大事故が発生し、大きな被害が報告されている。そこで、米国の軍用機を中心として燃料タンク内の不活性化による燃料タンク防爆システムが開発され、大型軍用機において燃料タンク不活性化対策が図られてきた。また、民間航空機において米国連邦航空局(FAA)は、B787 など新型航空機搭載の燃料タンクに関して防爆システムを考慮した設計証明基準を設定すると共に、新型航空機や運航中の機体への遡及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、いくつかの新技术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。

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、Q400 や軍用輸送機の C-130J、早期警戒機の 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 420 kt 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、CO₂ 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、RTX 社と GE エアロスペース社が独占している。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、中核の技術としては、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、これらの概念および技術を具現化するために、トレンド分析、ミッション分析、ユーザー要望から、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、コンピュータ技術及びデジタル制御技術の発展により飛行制御システム(FMS)が担っている。有人航空機では高度保持、旋回保持と言った操縦支援機能から始まり、上空での飛行ルートを事前に設定しておけば自動で飛行するものから、離着陸までも含めた完全オートパイロット機能を有する物もある。このような飛行制御システムの発展が、昨今の無人航空機への発展に繋がっている。飛行制御システムは電気を信号伝達手段としたフライ・バイ・ワイヤ(FBW)にて実現されている。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 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、特に米国が一步進んでいる。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 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ー管、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。令和 5 年 10 月には、NEDO とメーカー(SUBARU、日本無線、ACSL)が無人航空機の自律飛行だけでなく、他の有人機／無人機との衝突回避や連携飛行などに関する試験が行い、国際規格(ISO21384-3 無人航空機システム — 第 3 部 運航手順)の策定に貢献している。

(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 Traffic 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 Dimensional 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(1.57542 GHz)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、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・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、推力(エンジン)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。これらは軍用機、民間機ともに、欧米装備品メーカーが主要なシステムを寡占している状態であり、市場参入には投資が必要となる。

(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社、ウェザーニューズ社および三菱電機ソフトウェア社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

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(GE エアロスペース社)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。

最近の技術動向としては、小型無人航空機の運航安全及び任務能力向上のための基礎・基盤技術の研究開発が JAXA、NEDO、各種企業などにより行われている。

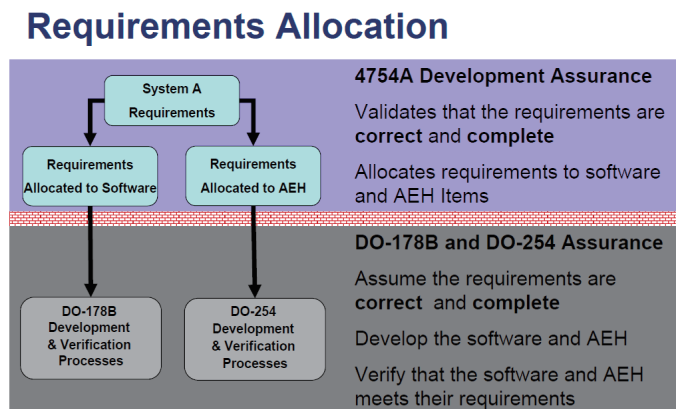
(4)システム開発保証(認証)

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)

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。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

図 3-2-4 開発保証の関係性



出典：FAA

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。CerTCAS では民間航空機のみならず、空の産業革命と呼ばれている無人航空機（ドローンを含む）や空飛ぶクルマの開発における機体認証、型式認証の課題と、認証全般に関わる技術、ノウハウ、知財の集約・共有に取り組んでいる。

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

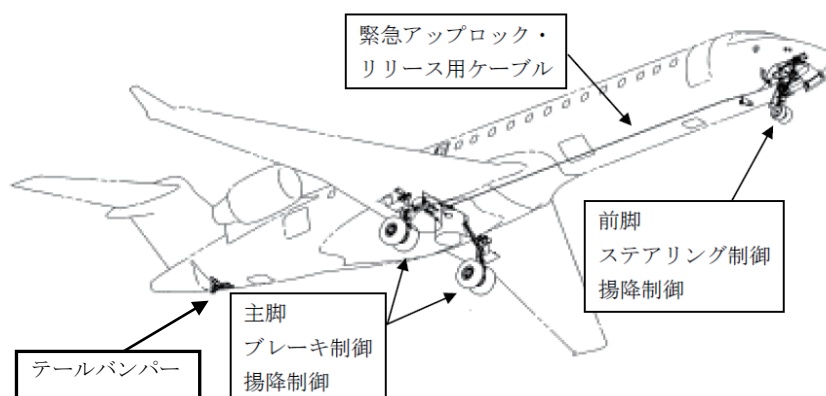
減少させて軽量化を狙った電気油圧式アクチュエーター(EHA)、および油圧そのものを不要とする電気機械式アクチュエーター(EMA)等による航空機の実現を目指す研究が進められている。B787においては、ブリード・エアを使用しない電気式空調システムやモーター駆動式油圧ポンプの採用等により、大幅な電氣化が図られている。同機の主発電機の総発電容量は B777 の 4 倍超で、電動機としてメインエンジンの起動にも使用されている。なお、B787 にはナブテスコがコリンズ・エアロスペース(現 RTX)社と共同開発した高電圧分配電装置の一部が供給され、我が国の電源分野参入に繋がっている。

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 RTX 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イム溶射(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

ーシ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、RTX 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、市場シェア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(現 RTX)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。近年は省スペース化、電源供給、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えるコンソールなどの艙装を備えたデザインが取り入れられ、各航空会社間で便利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・オーブや電子レンジが主流となっており、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。なかでも三菱プレジ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器材・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。

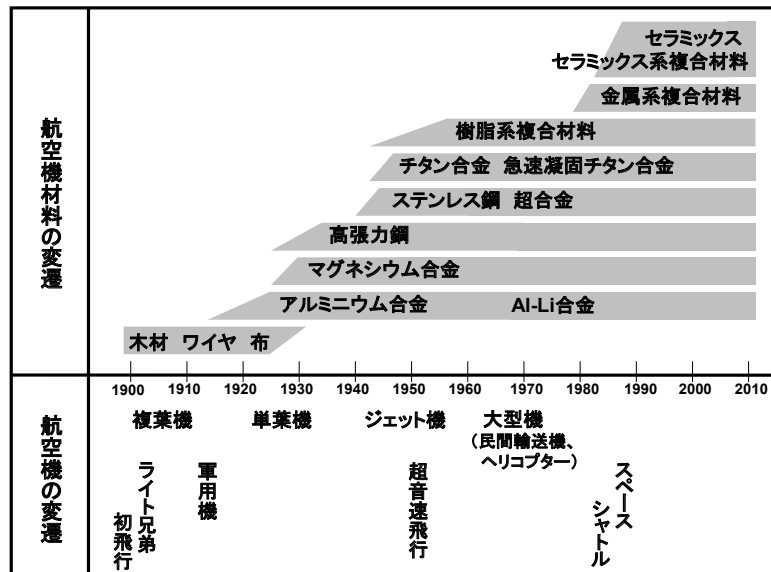
近年の航空機技術の進歩に伴い、整備技術や整備方法にも進歩が見られる。例えば、機体での活用が飛躍的に増加した炭素繊維複合材に関する修理や検査技術の開発や、さらには機体やエンジンの運航状況を常時監視し、無線によって地上の製造企業や航空会社に送ることで不具合の早期発見、点検・整備の効率化に大きく貢献する外部監視技術(健全性監視)などが挙げられる。これら器材・装置は海外のエンジンメーカーや機体メーカーが開発しており、国内メーカーの参入は今後に期待するところである。

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

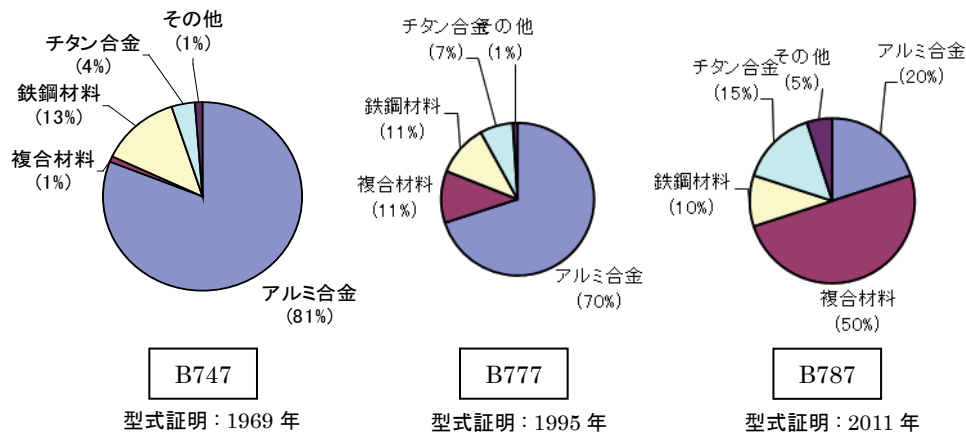
航空機の機体材料は、木材と布に始まり、アルミニウム合金や高張力鋼へと発展し、さらに機体の大型化や速度の向上に伴い、チタン合金や炭素繊維を中心とする複合材料が開発、実用化されてきた。その変遷を図3-3-1に示す。

図3-3-1 航空機材料の変遷



出典：SJAC

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：SJAC

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 %から平成23年に就航を開始したB787は20 %にまで低くなる。一方、複合材料(CFRP)の比率は、B777で11 %、B787は主翼・胴体・尾翼に使用され、50 %に達する。

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 %に達している。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。またアビオ・アエロ社は LEAP エンジンの TiAl 製低圧タービン・ブレード製造に適用している。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 アエロスペース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 の組合員であるニデックマシンツール社や多田電機(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。また、LEAP 向け TiAl 製低圧タービン・ブレードを製造するエアロエッジ社では、積層造形を活用したブレードの補修技術開発を進めている。

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 182 万トン(令和 4 年)、特殊鋼製品(熱間圧延鋼材)が 1,689 万トン(令和 4 年)、チタン製品(展伸材)の出荷量は 14,203 トン

(令和 4 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 4 年の出荷量が前年比 3.9 %増の 24,853 トンと 2 年連続で増加した。分野別では航空宇宙用が前年比 54.4 %増となったもののコロナ禍以前の水準には至っていない。国内出荷が全体で前年比 2.5 %減であったが、輸出が同 5.0 %増となった。輸出比率は 85.7 %と前年から 0.9 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、最近で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(高靱性、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。米国ハウメット・エアロスペース社の報告では、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、靱性や耐食性、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。A220 では、主翼構造材や胴体に適用されており、中国の小型旅客機 C919 の胴体にも Al-Li 合金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 年以降航空機需要が回復傾向にある。USGS によるとスポンジチタンの生産量(米国を除く)は、ロシア、ウクライナがそれぞれ世界第 3 位、6 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している。また、エアバスもロシアからの購入を他地域に切り替えつつあると見られる。ロシア製の代替需要の高まりを受け、日本のチタンメーカーは増産対応している。

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 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、高強度高靱性特性により 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し、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、

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。民需が重要となる今日、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、素材メーカーにとっては障壁は非常に高い。

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 casting・鍛造品等で、いずれも多品種少量生産である。

現在、単結晶精密鑄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 11～22 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「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」の革新的エンジン部品製造プロセス開発では、高温・高圧部分に適応する Ni 基超合金を用いた鍛造プロセスの効率化・高度化を目指した研究開発が行われている。

Figure 1 is a graph showing the evolution of creep life of turbine engine materials. The Y-axis represents Time to Rupture (h) on a logarithmic scale from 10^1 to 10^6 . The X-axis represents Temperature ($^{\circ}\text{C}$) from 700 to 1200. The graph illustrates the progression of materials from wrought (N80, N80A) to cast (N105, N115) and then to single-crystal (SC) and directionally solidified (DS) alloys. Key milestones include the NIMS Target (red star) and the 120°C improvement in SC (dashed red line). A legend identifies symbols for Wrought, CC, CC(NIMS), DS, DS(NIMS), SC, and SC(NIMS).

164

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。

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 年同大学は KUMADAI マグネシウム合金について、破壊靱性と最大 15 %程度の軽量化実現を発表した。

令和 4 年の我が国のマグネシウム需要は 31,665 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 6,800 トンであり、このうち展伸材は 700 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、人工衛星では既に主要構造材料として定着しており、H-IIA/B 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、H3 やイプシロンロケットの衛星分離部・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 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-60 K/L 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、靱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。さらに靱性、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、靱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 以上の高靱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(高靱性化)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压(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

ック構成、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、靱性に優れたスーパーエンブラ(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、成形時に高温高压条件が必要なこと、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5～13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11～15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～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は良好な破壊靱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14～18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9～14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、低コストで高靱性な 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(高靱性化)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た。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た。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 26~30 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・強靱複合材開発(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(三菱重工業、JAXA 等)」、「薄層 3D 設計(SUBARU、JAXA 等)」が進められ、令和 5 年度 3 月末に活動を終了した。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・検討が進められており、令和 4 年には、三菱重工業と三菱電機は、B787 の複合材主翼の工程廃材を家電部品へ再利用する取り組みを開始している。さらに、昨今の地球温暖化問題が注目されている中で、新エネルギー・産業技術総合開発機構公募の「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」にて、川崎重工業の「水素航空機向けコア技術開発」が、令和 3 年に採択された。令和 12 年度までにエンジン燃焼器、燃料タンクや機体構造等を開発していく。また「航空機主要構造部品の複雑形状・飛躍的軽量化開発」の複合材技術において、三菱重工業は機体の軽量化に向けた成形技術等の研究開発を令和 12 年度まで、新明和工業はエルロン一体成形の研究開発を令和 7 年度まで担う。

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、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 4 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 1.8 %増の 3.6 兆円であった。COVID-19 に伴う行動制限の解除や、半導体不足の緩和、個人消費や経済活動の回復などにより需要が増加した。令和 5 年は 3.4 兆円規模になる見込み(令和 5 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、他の材料に比べて靱性が劣る。そのため、セラミックスの靱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 アエロスペース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。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 ヶ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。

また、経済安全保障の確保・強化の観点から、「経済安全保障重要技術育成プログラム」の一環として、「航空機エンジン向け先進材料技術の開発・実証」が令和 5 年度から実施されている。本事業では、2030 年代半ばに市場投入が想定される次期単通路機用の新型エンジンの開発において、軽量かつ高温部における冷却空気の低減に寄与する 1,400℃級 CMC 部品の高温・高圧部への適用を目指している。

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年度から民需との比率が減少傾向にあり、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り、さらに高価な防衛省機の多くがFMS導入で国内の生産額に繋がらなくなった。その一方で、民需が飛躍的に増加したためである。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 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・生産が可能となったとはいえ、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機会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る。更にはそれぞれ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、緊急時や有事の部品の安定供給・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、継戦能力の向上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

今後も国内並びに世界の経済発展に伴い、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、ビジネス旅客、海外からの旅行客の増加など、国内需要を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、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、民間ヘリコプター、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、航空会社の支援に関しても、世界展開する製品の運航支援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、B777X 等の国際共同開発に参画した日本の機器・素材メーカーが、ボーイング社向け輸出契約を長く継続していることは、各社の製品・生産技術や品質が国際レベルに達したことを証明した。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打ち勝って、近年は受注している。

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 RTX 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・アワード・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 A350 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、エアバス社が日本工業界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事業の拡大により、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。

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・アワード・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
		トレ・コンポジット・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
ボーイング・パフォーマンス・エクセレンス・アワード		新明和工業	2013、2014
		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
		住友精密工業	2009、2010
サプライヤ・オブ・ザ・イヤー賞 (ロールスロイス)		ジャムコ	1995、1998
ダグラス社長賞(旧マクドネル・ダグラス社)		三菱重工業	1994
SPRIT OF EXCELLENCE 賞 (旧マクドネル・ダグラス社)		ジャムコ	1996
フォン・カルマン賞 (ICAS(国際航空 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сп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・アワード(エアバス社)	ジャムコ		2015、2016
Zero Concession Award (エアバス社)	ジャムコ		2016

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開発能力の向上が必要となってきた。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絶好機であり、これ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。

(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しい高度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への輸出額が増加し、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機会が生まれたものの、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た。

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・イノベーションズ(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

販売後の製品の運航支援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

においては全世界に製品の支援網を体制整備することが課題である、と同時に支援体制の世界対応構築には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(MRO)が航空会社との間で包括的な整備・修理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、適切な認証の取得など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 が東京において開催予定である。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、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、CO₂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。SJAC 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、SJAC 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、複合材加工技術、難加工材切削技術、高速切削技術など、航空機製造技術の高度化を目指した産学官連携プロジェクトが行われてきたが、令和 5 年 3 月末に終了する。

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

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)の抜本的な軽量化技術を開発する。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	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産業の国際的競争力を強化する。
	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	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技術を開発する。
	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	「2050 年カーボンニュートラル」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	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、国産材料を開発する。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。
	材料 ・ 部品	航空機エンジン向 け先進材料技術の 開発・実証	R5・R9	次期単通路機用の新型エンジンの開発において、冷却空気の低減に寄与する 1,400℃級 CMC 部品を高温・高圧部へ適用すべく、革新的な生産性を実現する製造技術を開発し、認証取得に向けた評価プロセスを実証する。
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、高圧タービン等を研究開発する。材料に関係する経済性向上として、ファンと低圧タービンへの複合材適用による軽量・高効率化、機体の空力抵抗の低減化を図る。
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確立する。

(注) 現在実施中の研究開発プロジェクトのみを掲載

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、市場規模は非常に小さいことから、宇宙工業全体と同様、部品・素材産業も国の政策に依存する状況が長年続いた。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、さらに生産規模が小さく、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、H3及びイプシロン)と科学観測ロケット(S型)がある。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)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、H-IIA、H3はコスト低減のため、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、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、宇宙関連物品の輸出は法規上の制約・煩雑さはあり、政府支援を含めた、当該部品の輸出等促進には環境整備が待望される。

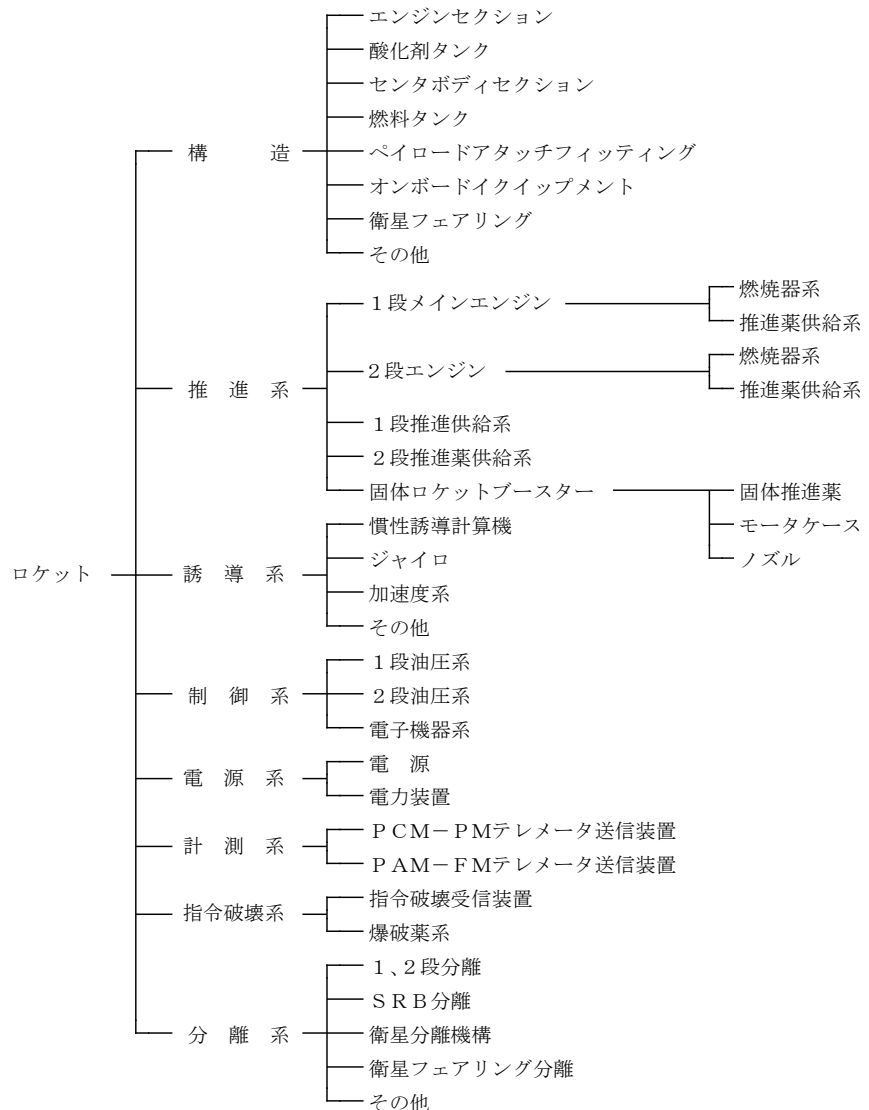
一方、S型など JAXA の固体ロケットの機器・コンポーネントには、100%国産品が使用されており、これらを構成する部品も輸入比率は低い。特に固体推進薬の主原材料である末端水酸化ポリブタジエンゴム(HTPB)、過塩素酸アンモニウムの細粒(AP)等は、ミサイル関連機材にも指定されており、早くから国産品の開発が推進された。現在、H3の固体ロケットブースター(SRB-3)、イプシロン S ロケット及び S 型ロケットの推進薬原材料は、機器・コンポーネント同様、使用量

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。

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、更に生産数量が増えるならば、十分な国際競争力が期待される。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、コスト低減と変化が激しい市場でのユーザが多いシステムへの需要に対する迅速な対応で、数量と利幅を狙えることが、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。

図 3-5-1 ロケット用機器・コンポーネント分類



2 衛星用機器・コンポーネント

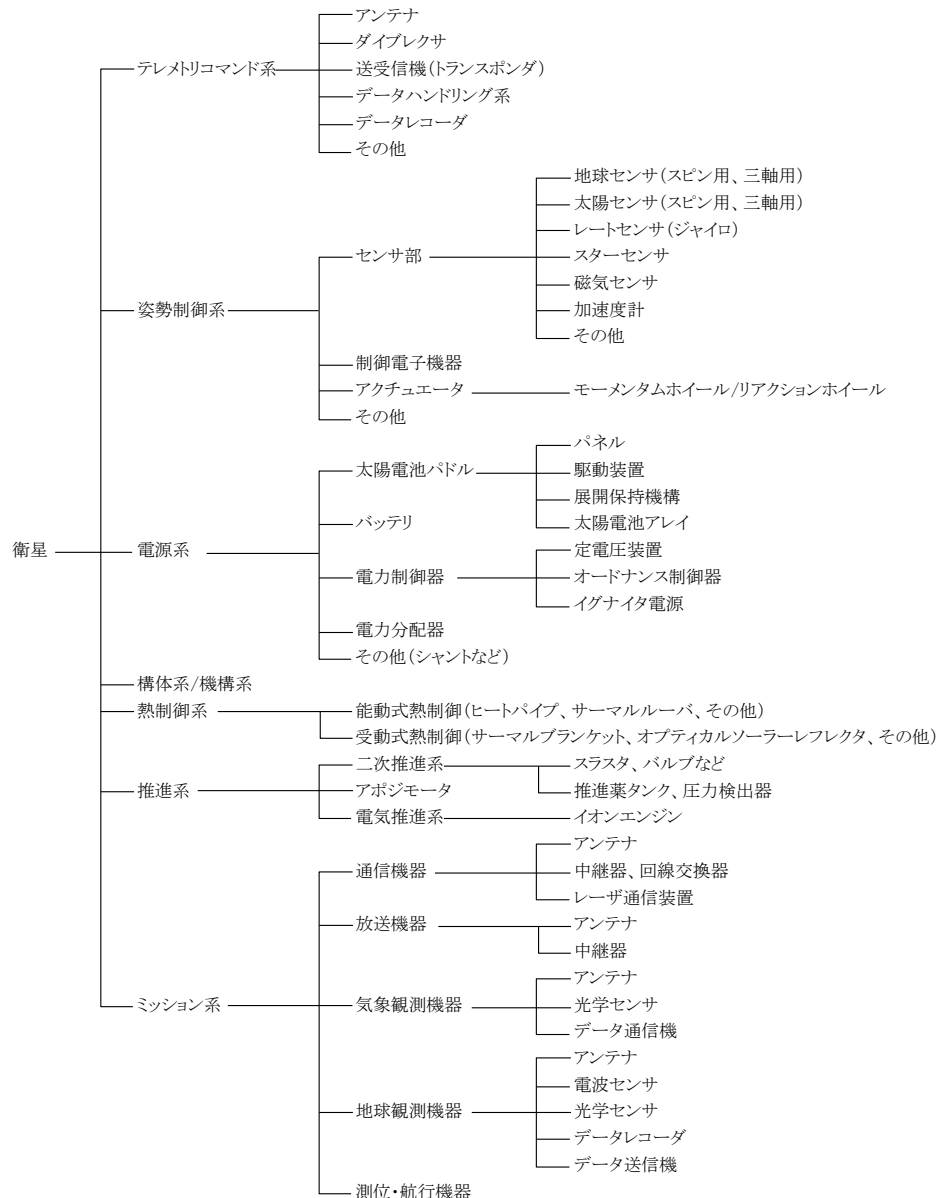
衛星用機器・コンポーネントは種類が多く、その開発には電子や精密機械を始め広範な産業分野の企業が携わっている。

衛星用機器・コンポーネントの国産化率は過去には十分高かったが、輸入品も数多く使用されている。科学衛星や技術試験衛星の方が、国産化率は実用衛星より一般に高い状況にある。一方でロジック半導体やパワー半導体などは国産の半導体企業にとって数量が小さく、国産生産技術を持っていながら、輸入品に全面依存しており、現在の世界での紛争激化により需給がひっ迫し、開発試験遅延や製造期間の長期化に繋がっている。逆に輸出する機器として、過去には通信系、太陽電池

パドル、機器パネル等を中心に幾つかみられていた。(図 3-5-2 参照)

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

図 3-5-2 衛星機器・コンポーネント分類



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、特に大型の静止衛星では推進システムの電化が急速に進んだ。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寡占した機器の海外シェアは技術の陳腐化で近年は失っている。

以上のように、かつて衛星用機器・コンポーネントの国産化率は高かったが、開発予算がサービ

スやシステムに重点化され打上げ実証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。また打上げ衛星の数量が最近になって圧倒的に多い中小型衛星に使用される機器類は、米国製比率が上がっている。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。衛星は今後も多様化、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った。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、高エネルギー線に曝され、デブリや原子状酸素の環境にある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、地上の実績では採用に至らない。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。

その一方で群衛星の運用ではスターリンク衛星に代表されるように、個システムの信頼性は高めずに、多くの要素を安く供給し、軌道上では多くの不動作個別システムを許容できるシステムを構築することで、高信頼なサービスを提供する可用性で、システム機器の信頼度は追求しない方法も出現している。スターリンクシステムでは軌道上に一旦配置された衛星の非稼働率は、従来衛星に比較すると非常に高く、群システムで利用される安価な個衛星の信頼性は現状低い。

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、GaAs FET 等)、ダイオード(汎用、整流、定電圧等)、集積回路(耐放射線 CMOS、LS TTL 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-H₂・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が頭打ちとなり、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、衛星の大型化を回避し、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、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 50 MHz 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 MOS FET、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。特にニュー・スペースと称される、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ボ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靱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－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、高強度と靱性が要求される。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。また製造費用削減のために、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。

最近で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小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)に代表される高靱性樹脂を使用した 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、SiO₂ 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4年/2022年)	190
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	191
2	航空機工業の年別生産(売上)額内訳と労務実績推移	192
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	193
2	別表2	194
3	別表3(おおむね10年後)	195
IV	防衛関連予算(航空機)	
1	航空機関連令和6年度予算案(航空機購入費)	196
2	防衛航空機調達当初予算の推移	197
3	防衛関係費に占める研究開発費予算の推移	197
V	宇宙開発関連予算	
1	宇宙関連 令和5年度補正予算及び令和6年度予算案(総括)	198
2	宇宙関連 令和5年度補正予算及び令和6年度予算案(府省庁別内訳)	199
3	宇宙関係費に占める研究開発費の推移	200

I 世界の主要国比較

I-1 各国の経済、産業状況比較 (令和4年/2022年)

	日本	アメリカ 合衆国	イギリス 連合王国	ドイツ 連邦共和国	フランス 共和国	イタリア 共和国	スペイン 王国	カナダ	ロシア 連邦	中国 (中華人民共和国)	韓国 (大韓民国)	インド 共和国	ブラジル 連邦共和国
国内総生産 (名目GDP)	*1 米億ドル 42,375	254,627	30,819	40,857	27,801	20,120	14,659	21,379	22,442	178,863	16,739	33,897	19,200
国防支出費	*2 "	460	685	558	536	335	203	269	864	2,920	464	814	202
◇航空宇宙工業生産額	*3 "	137	2,327	410	659	217 (2021)	153	232	—	—	64	—	64 (2017)
輸出額	*4 "	7,469	20,648	16,555	6,178	6,569	4,184	5,975	5,319	35,936	6,836	4,535	3,341
輸入額	*4 "	8,972	33,762	15,715	8,180	6,895	4,934	5,817	2,404	27,160	7,314	7,233	2,922
総就業者数 (2021年)	*5 千人	66,362	159,651	32,780	41,944	22,745	19,958	19,361	70,711	752,001	27,758	468,543	91,367
製造業就業者数 (2021年)	*5 "	10,487	15,819	2,964	8,389	3,187	2,445	1,780	10,056	143,213	4,446	53,648	10,742
◇航空宇宙工業従業員数	*3 "	34	478	108	105	195	54 (2021)	86	—	—	18	—	20 (2019)
平均(対米ドル)為替レート	*6	131.48 (円: Yen)	1.00 (US \$)	0.9512 (£)	0.9512 (€)	0.9512 (€)	0.9512 (€)	1.3013 (CND \$)	69.8259 (Ruble)	6.730 (元: Yuan)	1,291.99 (Won)	78.5845 (Rupiah)	5.1617 (Real)

(出典) *1 IMF Annual Report

*2 SIPRI (Military Expenditure) data base

*3 (日本)経済産業省機械統計値 & 宇宙産業データブック、(各国)工業会のAnnual Report, Facts & Figures 等

*4 WTO Stat "International Trade Statistics" 2023.6.26閲覧データ

*5 International Labour Organization(ILO) STAT、2022年11月の推定値 (2023.7.3閲覧)

*6 (参考) IMF International Financial Statistics、PACIFIC Exchange Rate Service

() 該当年度データ

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 (百万円)	従業員 (人)	分 野 別			計 (百万円)	従業員 (人)	合 計 (百万円)	従業員 (人)		
西 暦	和 暦	機 体	エンジン			その他機器	飛翔体	地上施設					ソフトウェア	
2003		H15	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	13,943	250,124	6,865	1,316,476	31,412
2011		23	577,917	347,558	112,101	1,037,576	24,626	205,336	34,419	25,279	265,034	7,377	1,302,610	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	252,762	27,963	27,401	308,126	7,978	1,725,119	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	8,930	2,032,811	36,892
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	997,975	714,378	125,973	1,838,326	27,134	290,328	33,245	29,595	353,168	8,870	2,191,494	36,004
2019		R 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	25,545	352,123	8,527	1,614,030	35,496
2021		3	592,993	454,880	107,566	1,155,439	25,837	264,436	34,206	45,398	344,040	8,829	1,499,479	34,666
2022 *		4	610,571	689,887	108,209	1,408,667	25,529	257,652	18,359	27,202	303,213	-	1,711,880	25,529

(注) *印 : 航空機は速報値、宇宙は予測値

出典 : 航空 : 経産省 生産動態統計年報 機械統計編(航空機、航空機用通信機器)

2014年(H25年)度以降の分野別売上には「打上げサービス」を含む。

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)

西暦	和暦	作 業 別			品 種 別			需 要 別				合 計	人 員 (人)
		製 造	修 理	機 体	エンジン	その他機器	防衛省	特 需	内 需	輸 出			
2005	H17	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	842,124	198,291	615,780	317,254	107,381	484,071		556,344		1,040,415	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	862,977	185,059	580,327	357,090	110,619	371,711		680,690		1,048,036	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		1,141,384		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	633,967	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	R 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	
2021	3	949,837	209,179	601,841	450,047	107,128	512,166		646,850		1,159,016	26,162	
2022	4	1,094,912	222,557	578,237	632,721	106,511	451,475		865,994		1,317,469	25,588	
2005	H17	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	872,038	194,314	634,995	319,105	112,252	513,616		552,736		1,066,352	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	R 1	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	945,745	209,694	592,993	454,880	107,566	497,570		657,869		1,155,439	25,837	
2022	*	1,172,720	235,947	610,571	689,887	108,209	451,085		957,582		1,408,667	25,529	

(注) 1 *印は速報値

2 人員数は、暦年については12月末現在、年度については3月末現在の数値

出典：経産省 生産動態統計年報 機械統計編(航空機、航空機用通信機)

Ⅲ 防衛力整備計画(令和4年12月)

Ⅲ－1

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・速方で侵攻を阻止・排除し得る防衛力を構築)
スタンダード・オフ防衛能力	●スタンダード・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ダード・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 ●小型無人機(UAV)に対処する能力を強化	●広域防空能力を強化 ●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 ●宇宙領域把握(SDA)能力、サイバーセキュリテイ能力、電磁波能力等を強化	●無人アセットの複数同時制御能力等を強化 ●宇宙作戦能力を更に強化
領域横断作戦能力	●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イ支援を強化 ●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(AD)等を活用した意思決定を迅速化 ●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	●人工知能(AD)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
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 ●整備中以外の装備品が最大限可動する体制を確保 ●有事に備え、主要な防衛施設を強靱化 ●保管に必要な火薬庫等を確保	●弾薬・誘導弾の適正在庫を維持・確保 ●可動率を維持 ●防衛施設を更に強靱化 ●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 ●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	●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 ●教育・研究を強化(サイバー等の新領域、統合、衛生) ●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	●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・研究を更に強化 ●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、スタンダード・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。

Ⅲ－２

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、艦艇発射型、航空機発射型)	地上発射型 11個中隊
	島嶼防衛用高速滑空弾	-
	極超音速誘導弾	-
	トマホーク	-
(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
	イージス・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
	ネットワーク電子戦システム(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(うちイージス・システム搭載護衛艦)	54隻(10隻)
		イージス・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6年度予算案（航空機購入費）

（億円）

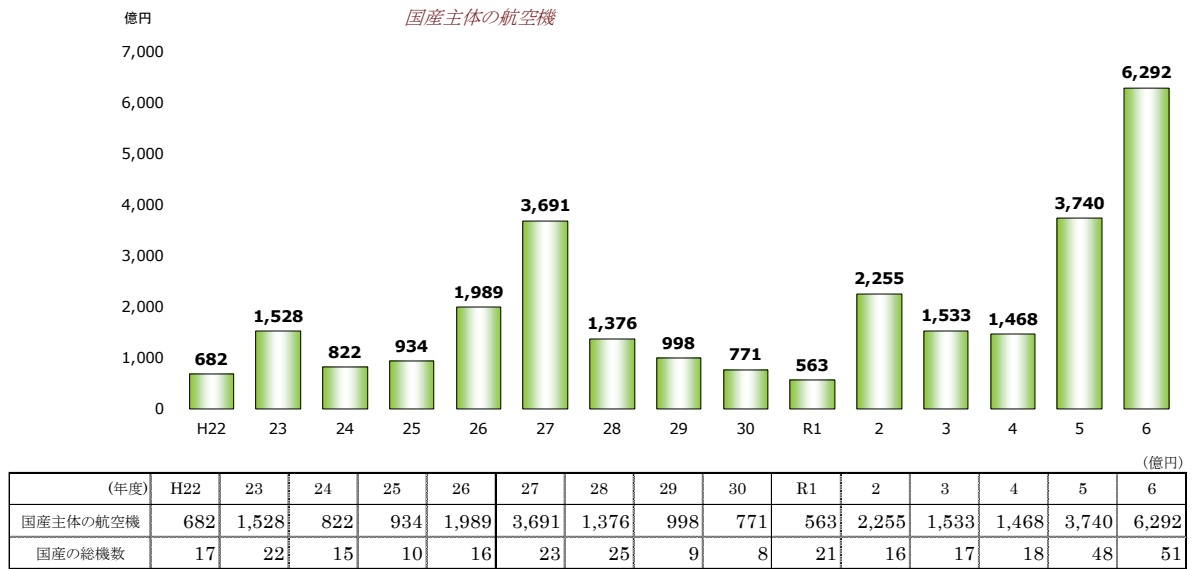
区 分			令和 4年度 予算		令和 5年度 予算		令和 6年度 予算			
			機数	金 額	機数	金 額	機数	金 額		
陸上 自衛隊	輸送ヘリコプター	CH-47JA					12	2,106		
	多用途ヘリコプター	UH-2	—	—	—	—	16	462		
	小 計		0	0	0	0	28	2,568		
海上 自衛隊	固定翼哨戒機	P-1	—	141	3	914	3	1,036		
	救難飛行艇	US-2	—	55	—	—	—	—		
	哨戒ヘリコプター	SH-60L	—	—	6	603	6	665		
	掃海・輸送ヘリコプター	MCH-101	1	61	—	—	—	—		
	改修・能力向上	SH-60K,UP-3D	—	69	—	125	—	—		
	小 計		1	326	9	1,642	9	1,701		
航空 自衛隊	輸送ヘリコプター	CH-47J	—	—	—	—	5	982		
	救難ヘリコプター	UH-60J	—	—	12	946	—	—		
	能力向上	F-2	—	32	9	128	8	131		
	能力向上	F-15	—	520	18	811	—	133		
	電波情報収集機	RC-2	—	—	—	130	1	493		
	RC-2用の搭載装置		—	—	—	—	—	143		
	スタンド・オフ電子戦機		—	—	—	83	—	141		
	※戦闘機	F-35A	8	768	8	1,069	8	1,120		
	※戦闘機	F-35B	4	510	8	1,435	7	1,282		
	小 計		12	1,830	55	4,602	29	4,425		
防衛 装備庁	(参考) 次期戦闘機	開発経費	—	1,001	—	731	—	731		
			—	1,001	—	731	—	731		
合 計			13	2,156	64	6,244	66	8,694		
			(国産主体)		1	358	48	3,740	51	6,292
			(有償援助 FMS)		12	1,798	16	2,504	15	2,402

（注）1 国産主体には「国内企業参画」（F-35A/B）を含まない

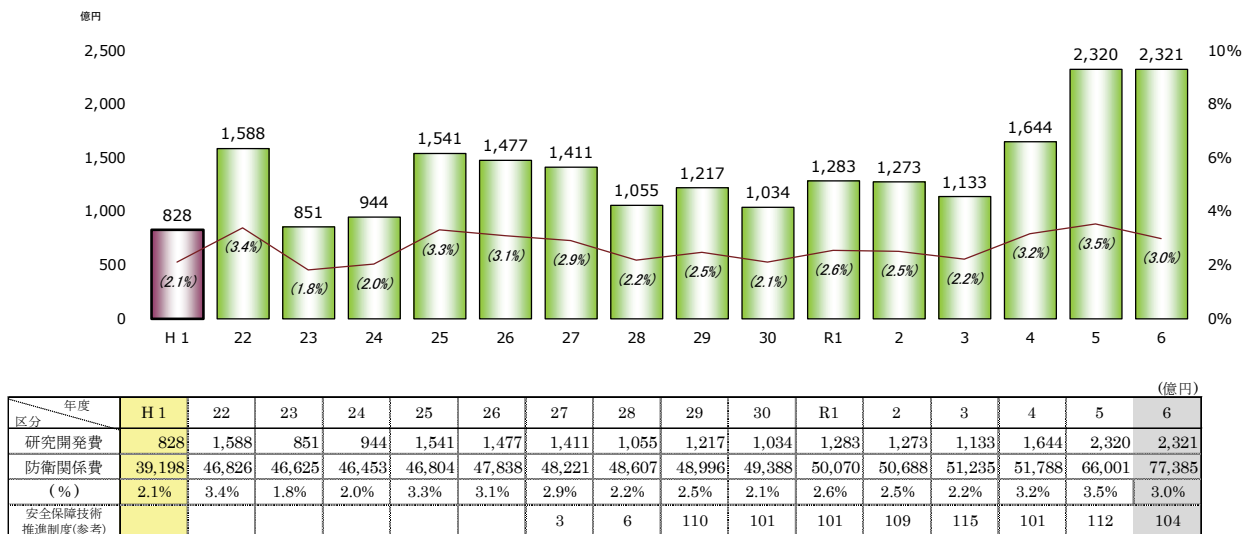
2 ※印：米国からの有償援助となる航空機

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関連（令和6年度914億円）は含めていない。

IV-2 防衛航空機調達当初予算の推移



IV-3 防衛関係費に占める研究開発費予算の推移



出典：防衛白書 資料編「防衛関係費(当初予算)の使途別構成の推移」
但し、SACO経費は除く

R5: 資料13 防衛関係費(当初予算)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 5 年度補正予算及び令和 6 年度予算案 (総括)

(億円)

府省名	令和 4 年度補正予算案＋ 令和 5 年度当初予算案	令和 5 年度補正予算案 ＋令和 6 年度当初予算案	対前年度比
内 閣 官 房	800	897	112.1 %
内 閣 府	391	370	94.6 %
警 察 庁	9	9	100.0 %
総 務 省	193	398	206.2 %
外 務 省	3	3	100.0 %
文部科学省	2,166	3,734	172.4%
農林水産省	102	89	87.3 %
経済産業省	211	1,642	778.2 %
国土交通省	878	653	74.4 %
環 境 省	87	72	82.8 %
防 衛 省	1,278	1,077	84.3 %
合 計	6,119	8,945	146.2 %

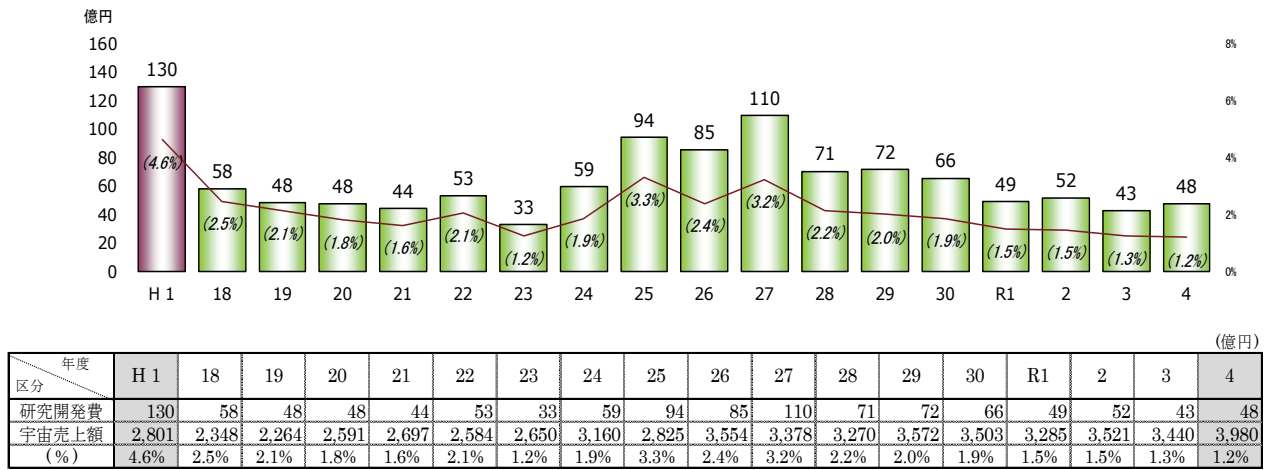
(出典) 令和 6 年度当初予算案および令和 5 年度補正予算における宇宙関係予算 (令和 6 年 2 月 内閣府宇宙開発戦略推進事務局)

(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5年度補正予算及び令和6年度予算案(府省庁別内訳)

府省庁別の主な事項		(単位: 億円) 令和5年度補正予算案 + 令和6年度当初予算
内閣官房		897
	情報収集衛星の開発・運用	897
内閣府		424
	準天頂衛星システムの開発・整備・運用	240
	宇宙開発利用推進費	120
	中央防災無線網の運用等	3
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		398
	10 Gbps級の高速光通信技術の開発	300の内数
	次期静止気象衛星に搭載する計測装置の開発	4
	宇宙戦略基金の創設	240
外務省		3
	衛星画像判読分析支援、宇宙分野の外交政策の開発	3
文部科学省		4,134
	H3ロケットの開発・高度化	263
	イプシロンSロケットの開発	97
	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	27
	温室効果ガス・水循環技術観測衛星(GOSAT-GW)	119
	衛星コンステレーション関連技術開発	31
	アルテミス計画に向けた研究開発等	261
	うち有人と圧ローバ開発のフロントローディング	40
	うち火星衛星探査計画(MMX)	50
	深宇宙探査実証機(DENSTINY+)	35
	宇宙戦略基金の創設	1,500
農林水産省		89
	次世代スマート農林技術の開発・改良・実用化	30
	地理情報共通管理システム(eMAFF地図)の開発	29
経済産業省		1,642
	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、水素関連技術等の研究開発	172
	宇宙戦略基金の創設	1,240
国土交通省		187
	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	10
	人工衛星の測量分野への利活用	62
	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	214
環境省		72
	GOSATシリーズの地球観測事業等	52
防衛省		1,077
	宇宙領域把握(SDA)衛星の整備等	121
	画像解析用データの取得	233
	衛星通信システムの抗たん性向上	74

V-3 宇宙関係費に占める研究開発費の推移



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
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 Surveillance 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	空中警戒管制機
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
CNES	Centre National D'Etudes Spatiales	フランス国立宇宙研究センター
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
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.	(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	Deutsche Agentur Raumfahrtangelegenheiten	ドイツ航空宇宙機関
DLR	Deutsche forschungsanstalt fur Luft und Raumfahrt e.V.	ドイツ航空宇宙研究所
DME	Distance Measuring Equipment	距離情報提供装置
DPR	Dual-frequency Precipitation Radar	2周波降水レーダ
DRTS	Data Relay Test Satellite	データ中継技術衛星
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

略 語	名 称	日 本 語 名
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・バィ・ライト)
FBW	Fly By Wire	電気信号伝送制御による飛行 (フライ・バィ・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 Sales	有償援助契約
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
GIGO	GCAP International Government Organisation	GCAP政府間機関
GMS	Geostationary Meteorological Satellite	静止気象衛星
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球の航法衛星システム
GOSAT	Greenhouse gases Observing SATellite	温室効果ガス観測技術衛星
GPM	Global Precipitation Measurement	全球降水観測計画
GPS	Global Positioning System	全地球の測位システム
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
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・エンジンズ・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	インテリジェント・ナビゲーション・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式会社
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 (日本通信衛星)

略 語

名 称

日 本 語 名

JEM	Japanese Experiment Module	日本実験モジュール「きぼう」
JISC	Japanese Industrial Standards Committee	日本工業標準調査会
JSF	Japan Space Forum	日本宇宙フォーラム
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		
KARI	Korea Aerospace Research Institute	韓国航空宇宙研究所
KOMPSAT	Korea Multi-Purpose Satellite	韓国多目的衛星
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
MIL	Military	軍
MMX	Martian Moons eXploration	火星衛星探査計画
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	ミュール科学工学衛星
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	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)
P&WC	Pratt & Whitney Canada	プラット・アンド・ホイットニー・カナダ社
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)
RF	Radio Frequency	無線周波数
RLG	Ring Laser Gyro	リング・レーザー・ジャイロ

略 語	名 称	日 本 語 名
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
SLIM	Smart Lander for Investigating Moon	小型月着陸実証機
SMRC	Solid Motor Roll Control	固体モーターローレル制御(装置)
SMS	Safety Management System	安全管理システム
SOLAR	Solar Satellite	太陽観測衛星
SNC	Sierra Nevada Corporation	シエラネバダ社
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
SSA	Space Situational Awareness	宇宙状況監視
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ピュレータシステム
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
SSTL	Surrey Satellite Technologies Ltd.	サリー衛星技術社
ST-2	Singapore Telecom-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
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission	熱帯降雨観測ミッション
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
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
UTC	United Technologies Corporation	ユナイテッドテクノロジー社 (米国)
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)
VTOL	Vertical Take-off and Landing	垂直離着陸
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 (きずな)
X		
XMM	X-ray Multi-Mirror Observatory	マルチミラー型X線天文望遠鏡
XRISM	X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission	X線分光撮像衛星

令和 6 年版 日本の航空宇宙工業 編集委員

株式会社 SUBARU	飯 山 修
株式会社 I H I	実 生 浩 久
株式会社 I H I 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	木 原 佳 子
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	大 和 純
三菱重工業株式会社	梅 田 由 香
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
	山 本 政 彦

索引

項目 頁

1

15 トン級ターボファン ---40

2

270 VDC 電源 ----- 155

3

3D プリンティング ----- 160

7

737MAX の墜落事故 ----- 4

787 の品質問題 ----- 1, 4, 5

A

A220 ----- 6

A320 ----- 6, 149

A320neo ----- 1, 47

A321XLR ----- 5

A350 ----- 6, 160

A380 ----- 143, 145, 157

A400M ----- 149

AH-1S ----- 3, 34, 67

AH-64D ----- 3, 34, 67

Al-Li 合金 ----- 162

ALOS-3 ----- 110

ALOS-4 ----- 136

ARJ21 ----- 6, 46

ATM ----- 81

ATR72 ----- 149

AW139 ----- 43

AW609 ----- 43

B

B717 ----- 42

B737 ----- 149

B737MAX ----- 5

B747-8 ----- 47

B767 ----- 14, 40, 67, 77

B777 --- 14, 40, 67, 78, 145, 157

B777X- 5, 14, 61, 64, 67, 68, 75, 78

B787- 14, 41, 46, 61, 67, 78, 143, 145, 156, 157, 166

BAE システムズ ----- 75

BK117 ----- 43

BMI ----- 166, 167

BS 放送 ----- 115

C

C-1 ----- 27

C-130H ----- 149

C-130J ----- 149

C-2 ----- 36

C919 ----- 6

C929 ----- 6

CAAC ----- 46

CALS ----- 82

CARATS ----- 82

CCSDS ----- 86

CF ----- 165, 166, 167, 168

CF34 ----- 45, 63, 78

CF34-10 ----- 46

CF34-8 ----- 45

CFRP --- 144, 159, 165, 166, 169

CH-47J ----- 35

Challenger 300 ----- 43

CNS ----- 81

COVID-19 ----- 4, 15, 57

CPR ----- 136

CRJ ----- 157

CRJ700 ----- 46

CRJ900 ----- 46

CTDC ----- 77

D

D-SEND ----- 76

E

E2 ----- 6

EarthCARE ----- 136

EC145 ----- 43

ECLAIR ----- 76

EDI ----- 88

EMBRAER 170 ----- 46, 148

EMBRAER 175 ----- 46

EMBRAER 190 ----- 46

EMBRAER 195 ----- 46

EP-3 ----- 33

ESPR ----- 168, 169

eVTOL ----- 73

F

F-1 ----- 28

F100 ----- 23

F-104J ----- 25

F-15J ----- 33

F-2 ----- 14, 33, 166

F-22 ----- 166

F3 ----- 33, 39

F-35A ----- 65

F-4EJ ----- 25

F7 ----- 36, 39, 64

F-86F ----- 25

FA-200 ----- 27

FJR710 ----- 29, 32

FMS ----- 18, 62

FUJI-700 ----- 29

G

G500/G550 ----- 42

GCAP ----- 4, 15, 66, 74

GDP の 2 % ----- 3, 14, 66

GE ホンダ・エアロ・エンジンズ ----- 39

GE90 ----- 50

GE9X ----- 49, 64, 68, 78

GEnx ----- 64

GEnx-1 ----- 46

GEnx-2 ----- 47

GE エアロスペース ----- 149

GIGO ----- 4, 66, 75

Global 6000 ----- 42

Global 7500 ----- 49

GTF ----- 48

GX ----- 2

H

H145/BK117D-3 ----- 7

H3 -- 2, 8, 91, 100, 125, 130, 133

HAKUTO-R ----- 9

HF118 ----- 39

HF120 ----- 38, 39, 40, 64

HGV ----- 99

H-I ----- 102

H-II-----102
H-IIA2, 8, 91, 100, 103, 166
H-IIA 6 号機の打上げ失敗
-----104
H-IIB-----105
HondaJet-----37, 64
HTV-----91, 105, 122
HTV-X-----106, 139

I

IADF-----77
IAE-----44
IAQG-----82
IHI31, 44, 45, 48, 49, 66, 74,
130
IHI エアロスペース 25, 130,
134
ISO/TC20-----86
ispace-----9
ISS-----91, 122

J

J3-----31
J79-----31
JADC-----77
JAEC-----45, 46, 48, 49, 78
JAQG-----83
JAXA-----76, 127, 178
JCSAT-----115
JEM-----130

K

KC-46A-----40
KC-767-----40
KH-4-----28
KM-2-----28
K-RACER-----70
KYB-----25

L

L-4S-----99
LE-5-----102
LE-7-----102
LE-9 エンジン-----133
LM-1-----28

M

MCH-101-----35

MG5-----37
MH2000-----37
MHI カナダ・エアロスペー
ス-----42
MOMO-----135
MS-21-----6
MT-135-----101
MTSAT-----81
MU-2-----26
MU-300-----29
M-V-----101

N

NEC-----74, 130
NEDO-----79
New Space-----185
N-I-----102

O

OH-1-----3, 35, 39, 67, 166
OP-3C-----33

P

P-1-----10, 36, 39
P-2J-----28
P2V-7-----25
P-3C-----33, 149
PAN 系-----166
Passport 20-----48
PI-----166, 167
PMC-----165, 168
PROPDRONE-----70
PS-1-----27
PW1100G-JM--1, 47, 64, 78
PW1200G-----50
PW1500G-----51
PW1900G-----51
PW4000-----50
PW6000-----50

Q

QML-----184
QPL-----184
QPS 研究所-----131

R

RNAV 運航-----152
RTX-----147, 149

S

S-310-----101
S-520-----101
Saab340-----149
SAF-----5
SAR-----113
SDA-----98
SDA 衛星-----99, 139
SH-60J-----35
SH-60K-----35
SH-60L-----10, 35
SkyDrive-----7, 73
SLIM-----2, 8, 108
SpaceJet-----38
SS-520-----101
SSA-----3, 97, 125, 139
ST-2-----132
Starlink-----183
SUBARU-----37, 44, 74
SUBARU BELL 412EPX 7,
37, 44

T

T-1-----26, 31
T-2-----28
T-33A-----25
T-34-----25
T-4-----33
T-5-----28, 33
T-7-----33
TETRA AVIATION-----74
Ti-Al 合金-----163
Trent 1000-----46, 64
Trent 500-----50
Trent 7000-----51
Trent XWB-----50
Trnet 700/800-----50
TS1-----35, 39

U

U-125A-----4, 67
U-36A-----4, 67
UH-1-----23
UH-2-----37, 44
UH-60J-----35
UH-60JA-----35
UP-3C-----33
UP-3D-----33

US-1	27
US-2	34, 64, 149
V	
V250014, 30, 32, 44, 48, 67, 77, 78, 145	
V2500SelectOne	45
V2500SelectTwo	45
W	
WTO	4, 77
X	
X-2	36, 39, 64
XF3	39
XF5	39, 64
XF9-1	40
XRISM	2, 8, 108
Xバンド通信	99
Y	
YS-11	20, 26, 60, 77
YX	77
Z	
ZERO	135
あ	
アクセルスペース	131
飛鳥	29, 32
アビオ・アエロ	75
アラミド繊維	167
アルテミス計画	8, 138, 140
アルミニウム合金	162
安全保障	92, 97
い	
石川島播磨重工業	31, 39, 130
一次構造材	166, 167
イプシロン	8, 100, 134
イプシロン S	8
インターステラテクノロジーズ	131
う	
打上げサービス	104

打上げ事業許可	97
打上げ施設の適合認定	97
打上げに係る許可	97
宇宙アセットの抗たん性強化	98
宇宙安全保障	2, 94, 139
宇宙安全保障構想	97
宇宙開発研究機関	127
宇宙開発政策大綱	92
宇宙開発戦略推進事務局	128
宇宙開発戦略本部	92, 93
宇宙開発戦略本部事務局	8
宇宙開発予算	128
宇宙活動法	8, 97, 100, 104
宇宙環境利用	121
宇宙基本計画	7, 92, 93
宇宙基本法	92
宇宙港	125
宇宙航空研究開発機構	127
宇宙作戦群	3
宇宙作戦能力	98
宇宙産業振興	100
宇宙状況監視	3, 92
宇宙状況把握	97
宇宙ステーション補給機	105
宇宙センター	125
宇宙戦略基金	9, 140
宇宙飛行士	123
宇宙領域把握	94, 98
宇宙領域把握衛星	99
え	
エアバス	145
エアバスヘリコプター	43
エアモビリティ	7
英国レオナルド	75
衛星画像の配布先	97
衛星間光通信	140
衛星コンステレーション	98
衛星通信の抗たん性	99
エポキシ	165, 167
遠隔操縦観測システム	69
お	
大型衛星	91
大型ロケット	133
おすすめ	99
温室効果ガス	2

か

カーボンニュートラル	2
海外移転	15, 65
海外投資	12
海上保安庁	7
改正航空法	70
開発中止	6, 21, 38, 51, 64, 100
開発凍結	103
カイロス	135
カッパー観測ロケット	101
貨物機	69
萱場工業	25
ガラス繊維	167
川崎重工業	25, 28, 33, 35, 36, 43, 44, 45, 48, 49, 70, 74, 149
観測ロケット	101
関東航空計器	25

き

きく	112
技術基盤	65
技術試験衛星	112
技術波及効果	12
技術立国	10
気象衛星	113
機動展開	67
基盤強化	4, 67
きぼう	91, 122
共同開発	66
極超音速滑空兵器	99
きらめき	111

く

グッドリッチ	157
国が株式を保有	19
雲プロファイリングレーダー	136
グリーン成長戦略	79
グローバル戦闘航空プログラム	4, 15, 74, 75

け

ゲートウェイ	137, 138, 140
現地生産	12

こ

小糸製作所 ----- 157
高運動性 ----- 37
航空宇宙技術研究所 ----- 29
航空宇宙工業売上高 ----- 16
航空管制衛星 ----- 113
航空機クラスター ----- 68
航空機素材 ---- 159, 162, 164
航空機電動化 ----- 76
航空自衛隊 ----- 3, 125
航空保安システム ----- 80
航空旅客需要 ----- 15
高精度測位 ----- 141
工程表 ----- 7
こうのとりのとり ----- 122
高バイパス比エンジン ---- 41
小型衛星 ----- 117
小型民間輸送機 ----- 75
国際競争力の強化 ----- 92
国際共同開発 ----- 10, 21, 65
国際航空宇宙展 ----- 176
国際市場 ----- 104
国際市場参入 ----- 132
こだま ----- 111
国家安全保障 ----- 66
国家安全保障戦略 ----- 3, 97
国家防衛戦略 ----- 3, 98
コンステレーション ---- 141

さ

サイバーセキュリティ 4, 67
サブコントラクター ----- 40
サプライチェーン ----- 4, 67
産業技術総合研究所 ----- 178

し

シーガーディアン ----- 7
次期戦闘機 ----- 4, 66, 74
シグナス ----- 115
持続可能 ----- 5
持続性・強靱性 ----- 67
島津製作所 ----- 147
準天頂衛星 ----- 111, 139
商業衛星打上げ ---- 104, 132
商業衛星打上げサービス 104
情報収集衛星 ----- 139
情報収集衛星光学 8 号機 -- 2
将来の戦い方 ----- 67

昭和飛行機 ----- 25
新エネルギー・産業技術総
合開発機構 ----- 78
新型基幹ロケット ----- 133
人工衛星の管理に係る許可
----- 97
神鋼電機 ----- 25
シンспекティブ ----- 131
新中央工業 ----- 25
新明和工業 ---- 25, 27, 34, 42

す

水平分業 ----- 13
スーパー 301 条 ----- 18, 132
スカパー JSAT ----- 115
スタートアップ企業 ---- 119
スタンド・オフ ----- 67
ステルス ----- 37
スペースデータシステム諮
問委員会 ----- 86
スペースデブリ ----- 98
スペースポート紀伊 ---- 135
スペースワン ----- 131
住友精密工業 - 147, 149, 157

せ

生産基盤 ----- 4, 65
ゼネラル・エレクトリック
----- 45, 46, 48, 49, 50, 149
セラミックス ----- 165
先進技術実証機 ----- 36
先進ものづくりシステム連
携研究センター ----- 178
全日本空輸 ----- 157

そ

測位衛星 ----- 111
ソニックブーム ----- 76
空飛ぶクルマ ----- 2, 73
空の移動革命 ----- 2, 73
損害賠償保険 ----- 97

た

だいち ----- 110
だいち 3 号 ----- 8
炭素繊維 ----- 165, 166
炭素繊維複合材料 ----- 41

ち

地球観測衛星 -- 109, 113, 140
地上局 ----- 125
地上設備 ----- 125
チタン ----- 161, 162, 163
チタン合金 ----- 144, 160
中・小型ロケット ----- 134
中小型民間輸送機用発電シ
ステム ----- 75
超音速滑空兵器の探知・追
尾 ----- 97
超音速技術 ----- 75
超音速実験機 ----- 76
超合金 ----- 160, 164
超高速輸送機 ----- 75
直接支援 ----- 77

つ

通信衛星 ----- 111, 115
月探査 ----- 138
月着陸 ----- 108

て

データ中継衛星 ----- 111
デハビランドカナダ ----- 6

と

東京計器 ----- 25
東京航空計器 ----- 25
統合化エア・システム -- 147
統合防空ミサイル防衛 ---- 67
東芝 ----- 74, 130
トキメック ----- 25
ドクターヘリ ----- 7
途上国扱い ----- 77
ドローン ----- 70, 72

な

内閣府宇宙開発戦略推進事
務局 ----- 92

に

二次構造材 ----- 168
ニッケル ----- 161
日本航空宇宙工業会 - 75, 178
日本航空機エンジン協会 - 78
日本航空機開発協会 -- 40, 77

日本航空機製造 -----26
日本航空電子工業 --- 25, 130
日本ジェットエンジン ---31
日本電気 ----- 130
日本飛行機 -----25
日本無線 -----25

ね

熱硬化性 ----- 168
熱硬化性樹脂 ----- 165, 167

は

ハネウエル ----- 147, 149
ハミルトン・サンドストラ
ンド ----- 157
反撃能力 ----- 3

ひ

ビスマレイミド --- 166, 167
ひまわり -----113, 140

ふ

ファインセラミックス -- 170
フィリピン -----23
フェノール ----- 168
武器輸出三原則 ----- 101
複合材料 160, 161, 162, 165,
166, 167, 168, 169
藤産業 -----25
富士重工業26, 28, 33, 34, 69
富士精密工業 -----25
富士通 -----74
物質・材料研究機構 ---- 178
フライ・バイ・ワイヤ -- 151
プラット・アンド・ホイッ
トニー -----50
フランス航空宇宙工業会 -75
ブリヂストン ----- 157
プロダクトサポート -----89

へ

ベル 47 -----25
ペンシルロケット -----99

ほ

防衛航空機 ----- 13
防衛産業基盤 -----22
防衛装備移転三原則 -- 15, 22
防衛装備三原則の運用指針
----- 23
防衛通信衛星 -----111
防衛力整備計画3, 10, 60, 66,
98
貿易収支 ----- 12
放送衛星 ----- 115
ボーイング33, 40, 41, 67, 77,
130, 143, 157, 159
ボーイング 777X ----- 68
ポリイミド --- 166, 167, 168
ホンダエアクラフトカンパ
ニー ----- 37
本田技研 ----- 74
ボンバルディア ----- 157
ボンバルディア Q400 --- 149

ま

マグネシウム合金 ----- 165
摩擦攪拌接合 ----- 162
マルチコプター ----- 71

み

ミサイル防衛用宇宙システ
ム ----- 95
みちびき ----- 111, 137
みちびき 3 号機 -----82
三菱航空機 ----- 38
三菱重工業25, 28, 29, 33, 34,
35, 37, 39, 66, 70, 74, 105,
130
三菱重工航空エンジン44, 48
三菱電機 -- 74, 105, 115, 130
三菱電機ソフトウェア -- 130
三菱リージョナルジェット
----- 38
ミネベア ----- 25
民営化 ----- 100
民間航空機 ----- 18
民間航空機株式会社 ----- 40

民間転用 ----- 75
民間輸送機開発協会 ----- 77

む

無人アセット防衛 ----- 67
無人機 ----- 3, 10, 67
無人機研究システム ----- 69
無人航空機 ----- 70, 72
無人偵察機システム ----- 69

め

メシエ・ダウティ -----157
メタノール -----135
メタン -----135

も

目視外飛行 ----- 71

り

リープヘル -----147
リスク・シェア方式 -----144
リスク・シェアリング・パ
ートナー ----- 40
リモートセンシング -----141
リモセン法 ----- 97
領域横断作戦 ----- 67, 92
領域横断作戦能力 ----- 10

る

ルナクルーザー -----138

れ

零式艦上戦闘機 ----- 24
レオナルド ----- 43, 75

ろ

ロールスロイス --- 46, 50, 75
ロケットシステム -----104
ロケット用機器 -----180
ロケット用素材 -----185
ロッキードマーチン ----- 33

日本の航空宇宙工業

令和 6 年 2 月 28 日 印刷

令和 6 年 2 月 28 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。

