

ISSN 0910-1527

平成 29 年版

日本の航空宇宙工業

平成 29 年 3 月

一般社団
法人 日本航空宇宙工業会

日本の航空宇宙工業



一般社団
法人

日本航空宇宙工業会

平成 29 年版 日本の航空宇宙工業 目次

平成 28 年度の航空宇宙工業の概況	1
第 1 編 日本の航空機工業	8
第 1 章 航空機工業の役割・特質と日本の実態	8
第 1 節 航空機工業の役割	8
第 2 節 航空機工業の特質	10
1 産業・技術的特質	10
2 需要面の特質	12
3 社会・経済・文化的特質	14
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	19
3 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	25
第 1 節 日本の航空機工業の歴史	25
1 揺籃期から終戦まで	25
2 終戦による航空機工業の解体	25
3 航空機工業の再開と復活	26
(1) 米軍機のオーバーホール	26
(2) 防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産	26
(3) 国内開発と民間機への進出	27
(4) エンジン	34
4 航空機工業の発展	37
(1) 防衛庁(現 防衛省)機の開発と生産	37
(2) 民間機の国内開発	43
(3) エンジン	44
5 国際共同開発の進展	46
(1) 中・大型民間輸送機	47
(2) リージョナル機	51

(3) ビジネス機	52
(4) ティルトローター	54
(5) ヘリコプター	54
(6) エンジン	55
第2節 日本の航空機工業の現状	70
1 生産規模	70
2 需要構造	74
3 輸入動向	78
4 技術開発動向	79
第3章 日本の航空機工業の課題と展望	84
第1節 航空機工業の産業基盤の確立	84
1 課題と展望	84
2 防衛需要の動向	84
3 民間航空機の需要拡大	86
第2節 開発プロジェクトの推進	87
1 国際共同開発	87
(1) PW1100G-JM (次世代中小型民間輸送機用エンジン)	88
(2) Passport20	89
(3) GE9X(次世代大型民間輸送機用エンジン)	90
2 国内開発	91
(1) 次期固定翼哨戒機(XP-1)及び次期輸送機(XC-2)	91
(2) 無人航空機	92
3 将来開発プロジェクト	95
(1) 先進技術実証機(X-2)	95
(2) 小型民間輸送機	95
(3) 中小型民間輸送機	96
(4) 大型民間輸送機	96
(5) 超高速輸送機	96
(6) 三菱リージョナルジェット(MRJ)	98

第4章 航空機工業に対する政府助成	101
第1節 航空機開発に対する助成	101
1 (一財)日本航空機開発協会	102
2 (一財)日本航空機エンジン協会	103
第2節 研究開発政策	104
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)	104
2 RIMCOF 技術研究組合	106
3 超音速輸送機用推進システム技術研究組合(ESPR)	107
第5章 航空機工業に対する周辺要素	108
第1節 空港の整備・拡充	108
第2節 航空保安システム	108
1 航空保安業務	108
2 航空保安システムの動向	110
第3節 航空宇宙関連規格、CALS の動向	111
1 航空宇宙工業の規格整備	111
2 航空機業界の CALS/EDI	119
第2編 日本の宇宙工業	122
第1章 宇宙工業の役割・特質と日本の実態	122
第1節 宇宙工業の役割・特質	122
第2節 宇宙工業の実態	123
第3節 宇宙基本法・宇宙基本計画	124
1 宇宙基本法	124
2 宇宙基本計画	125
第2章 日本の宇宙工業の歴史と現状	127
第1節 日本の宇宙工業の歴史	127
1 概況	127
2 輸送系	128
(1) 観測用ロケット	128
(2) 人工衛星打上げ用ロケット	128

(3) 材料実験用ロケット	133
(4) 小型自動着陸実験機(ALFLEX)	133
3 人工衛星	134
(1) 科学衛星	134
(2) 実用・技術試験衛星等	137
(3) 商用衛星	145
(4) その他衛星	146
(5) 宇宙環境利用と宇宙ステーション	149
4 成層圏プラットフォーム研究開発	152
5 地上設備	154
第2節 宇宙開発利用及び宇宙工業の現状	156
1 宇宙開発利用の現状	156
(1) 宇宙開発利用体制	156
(2) 予算	157
(3) 開発方式	159
2 経営動向	161
第3章 日本の宇宙工業の課題と展望	163
第1節 産業基盤の確立	163
第2節 開発プロジェクトの推進	165
1 輸送系	165
(1) 大型ロケット(H-IIA 及び H-IIB ロケット)	165
(2) 中・小型ロケット(イプシロンロケット)	166
(3) 宇宙ステーション補給機(HTV)	167
(4) 再使用型宇宙輸送システム	169
2 人工衛星	170
(1) 科学衛星	170
(2) 実用・技術試験衛星	171
(3) 商用衛星	173
3 国際宇宙ステーション	173
4 宇宙環境利用	176

(1) 概況	176
(2) 航空機の利用	176
(3) 国際宇宙ステーションの利用	176
第3節 我が国の宇宙開発の将来計画と宇宙工業の展望	176
1 宇宙開発の将来計画	176
2 宇宙工業の展望	180
第3編 日本の航空宇宙用機器・素材産業	184
第1章 航空機用機器・素材産業の特質	184
第1節 産業としての特質	184
第2節 企業の特質	184
第3節 市場の特質	184
第2章 航空機用機器工業の現状	186
第1節 航空機用機器工業界の現状	186
第2節 航空機用機器のシステム別現状	188
1 油圧システム	188
2 与圧・空調システム	189
3 燃料システム	191
4 推進システム	192
5 アビオニクスシステム	193
(1) 飛行制御システム	194
(2) 航法システム	195
(3) 飛行／任務支援システム	197
6 電源システム	199
7 降着システム	200
8 客室機内システム	202
9 その他	202
(1) シミュレータ	202
(2) 整備用器材・装置	203

第3章 航空機素材産業の現状	205
第1節 航空機素材産業の概況	205
第2節 各素材の現状	207
1 金属系素材	207
(1) アルミニウム合金	207
(2) チタン合金	208
(3) 特殊鋼(含超合金)	210
(4) マグネシウム合金	211
2 複合材料	212
(1) 現状	212
(2) 強化繊維	213
(3) 母材(マトリックス)	214
(4) 金属、炭素、セラミックス	215
(5) 今後の課題と展望	216
3 ファインセラミックス	217
第4章 航空機用機器・素材産業の課題と展望	219
第1節 産業基盤の確立	219
1 防衛需要の安定と国産化	219
2 国内需要の創出	219
3 輸出の促進	220
(1) 開発技術力の強化	223
(2) 国際共同開発プログラムへの積極的参画	223
(3) 製品価格競争力の強化	224
(4) プロダクトサポート体制の強化	224
(5) 国際交流の促進	224
第2節 研究開発	224
第5章 宇宙用機器・部品材料の現状と展望	229
第1節 宇宙用機器・部品材料の特質	229
第2節 宇宙用部品の現状と課題	229
1 ロケット用機器・コンポーネント	229

2 衛星用機器・コンポーネント	231
3 宇宙用部品	233
第3節 宇宙用素材の現状と展望	235
1 ロケット用素材	235
(1) 現状	235
(2) 将来動向	236
2 衛星・宇宙構造用素材	237
(1) 現状	237
(2) 将来動向	238
卷末資料	239
略語一覧	249
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……………	9
	図 1-1-2	日本の産業別 1 人当たり原材料使用額……………	10
	図 1-1-3	航空機技術の他産業への技術波及例……………	11
	図 1-1-4	各国航空宇宙工業防需依存度……………	13
	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……………	18
	図 1-1-11	日本主要企業の航空宇宙売上比率……………	20

第 2 章	図 1-2-1	B787 日本担当部位……………	50
	図 1-2-2	V2500 参加各社分担部位……………	57
	図 1-2-3	CF34-8 日本担当部位……………	59
	図 1-2-4	GEnx 日本担当部位……………	61
	図 1-2-5	Trent 1000 日本担当部位……………	61
	図 1-2-6	航空機工業の品種別生産額の推移……………	71
	図 1-2-7	航空機工業の作業別生産額……………	71
	図 1-2-8	日本の航空機工業生産規模の現段階……………	71
	図 1-2-9	1 人当たりの製造品出荷額の推移……………	72
	図 1-2-10	産業分野別従業員数の推移……………	72
	図 1-2-11	需要別生産額構成比……………	74
	図 1-2-12	防衛省正面装備品新規契約総額の推移……………	75
	図 1-2-13	品種別輸出額の推移……………	77
	図 1-2-14	日本の航空機工業の輸出比率の推移……………	77
	図 1-2-15	航空機関連輸出入の推移……………	78
	図 1-2-16	品種別輸入額の推移……………	79
	図 1-2-17	品種別輸入額の構成比……………	79
	表 1-2-1	我が国でライセンス生産された主な航空機……………	27
	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……………	35
	表 1-2-3	国産機開発・生産状況……………	38
	表 1-2-4	国産エンジン開発・生産状況……………	44
	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……………	65

	表 1-2-6	航空機工業の年別生産・労務実績	73
第 3 章	図 1-3-1	企業「クラスター」	87
	図 1-3-2	PW1100G-JM 日本担当部位	88
	表 1-3-1	MRJ 販売契約機数の内訳	100
第 5 章	図 1-5-1	空港周辺における航空保安業務の例	109
	図 1-5-2	MTSAT システムの構成	111
	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	114
	図 1-5-4	JAQG 中長期戦略ロードマップ	114
	図 1-5-5	航空規格戦略検討委員会組織図	115
	図 1-5-6	ISO/TC20 国際標準化活動組織図	117
	図 1-5-7	複合材普及促進活動の事業実施体制	118
	図 1-5-8	航空機業界標準 EDI システム	120
	図 1-5-9	航空機個品情報共有システム	121
	表 1-5-1	IAQG 会員リスト	112
	表 1-5-2	9100 シリーズ規格	113
第 2 編			
第 2 章	図 2-2-1	科学衛星打上げ用ロケット,	129
	図 2-2-2	実用衛星打上げ用ロケット	132
	図 2-2-3	USERS 運用シナリオ	147
	図 2-2-4	主な地上設備の所在地	154
	図 2-2-5	日本の宇宙開発体制	158
	図 2-2-6	宇宙開発関係予算の推移	158
	図 2-2-7	宇宙工業の売上高の推移	161
	図 2-2-8	宇宙工業の輸出高の推移	162
	図 2-2-9	宇宙工業の輸入高の推移	162
	表 2-2-1	GX ロケット諸元表	133
	表 2-2-2	運用中の科学衛星	137
	表 2-2-3	運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画)	143
	表 2-2-4	運用中の商用通信・放送衛星	145
	表 2-2-5	「いぶき」相乗り小型衛星	147
	表 2-2-6	「あかつき」相乗り小型衛星	148
	表 2-2-7	「しずく」相乗り小型衛星	148

	表 2-2-8	「全球降水観測計画(GPM 計画)」相乗り小型衛星 ……	148
	表 2-2-9	「だいち 2 号」相乗り小型衛星 ……	148
	表 2-2-10	「ASNARO-1」相乗り小型衛星 ……	148
	表 2-2-11	「はやぶさ 2」相乗り小型衛星 ……	149
	表 2-2-12	「ひとみ」相乗り小型衛星 ……	149
	表 2-2-13	日本人宇宙飛行士の活動 ……	151
	表 2-2-14	「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 ……	152
	表 2-2-15	主な宇宙関連地上設備 ……	155
	表 2-2-16	主な宇宙開発研究機関 ……	156
	表 2-2-17	宇宙開発・利用法人 ……	156
第 3 章	図 2-3-1	H-IIA 及び H-IIB ロケット全体図と諸元 ……	167
	図 2-3-2	HTV 技術実証機運用シーケンス ……	169
	図 2-3-3	再使用型宇宙輸送システム構想例 ……	170
	図 2-3-4	宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」 ……	175
	表 2-3-1	H-IIA 標準型ロケット諸元表 ……	166
	表 2-3-2	イプシロンロケット諸元表(標準型) ……	167
	表 2-3-3	JAXA が計画中の科学衛星 ……	171
	表 2-3-4	計画中の実用・技術試験衛星 ……	172
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) ……	187
	図 3-2-2	電気式与圧・空調システムの例 ……	190
	図 3-2-3	エンジン周辺機器の構成例 ……	192
	図 3-2-4	降着システムの例 ……	201
第 3 章	図 3-3-1	航空機材料の変遷 ……	205
	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 ……	205
	図 3-3-3	航空機用タービン・ブレード材料の変遷 ……	211
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 ……	222
	表 3-4-2	国による航空用機器・素材関連研究開発プロジェクト ……	227
第 5 章	図 3-5-1	ロケット用機器・コンポーネント分類 ……	230
	図 3-5-2	衛星機器・コンポーネント分類 ……	232

平成 28 年度の航空宇宙工業の概況

1. 全般

世界経済は、先進国を中心とした世界的な金融緩和策と各種の政策により、弱さはみられるものの、全体としては穏やかに回復している。しかしながら、米国の大統領選挙の結果や金融政策正常化の動き、これまで高い経済成長率を示してきた中国をはじめとする新興国経済の成長の鈍化、英国の EU 離脱問題等による先行きの不透明感が高まっている。我が国の経済においては、平成 26 年 4 月の消費税増税による影響があるものの、政府主導による各種景気浮揚策の効果もあり、景気は一部に弱さも見られるが、穏やかな回復が続いている。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おり、堅調な生産が続いている。しかしながら、2017 年以降、大型機の一部で減産が計画されており、その影響が懸念される。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。

防衛航空機分野では、P-1 固定翼哨戒機及び C-2 輸送機の量産が開始されている。次期戦闘機 F-35A は、装備化にむけた契約が締結され、装備に向け準備が進んでいる。また、US-2 救難飛行艇の民間転用等が検討されている。

民間航空機分野では、日本の主要パートナーが機体構造部位の 35%の担当比率を担う B787 の量産が本格化しており、更なる増産体制の整備のための設備投資が進んでいる。また、ボーイング社が開発を進める新型大型旅客機 B777X プログラムにおいては、日本の主要パートナーが開発・量産事業に参画することに合意し、平成 27 年 7 月に正式契約に調印した。国産のリージョナルジェット機 MRJ は、平成 26 年 10 月にロールアウト式典が、平成 27 年 11 月には初飛行が行われ、平成 28 年 10 月から米国での飛行試験が開始された。平成 32 年半ばの初号機納入に向け、開発作業が進んでいる。

宇宙分野では、我が国の基幹ロケットである H-IIA ロケット 31 号機がひまわり 9 号を搭載して平成 28 年 11 月に打上げられ、同 32 号機がきらめき 2 号を搭載して平成 29 年 1 月に打上げられた。H-IIB ロケット 6 号機は「こうのとり」を搭載して、平成 28 年 12 月に打上げられた。また、小型衛星の低価格での打上げを目指す

す新型の固体ロケットイプシロンの試験機は、平成 25 年に打上げに成功し、平成 28 年 12 月には 2 号機の打上げに成功した。JAXA は、平成 26 年度から、H-IIA 及び H-IIB ロケットの後継となる新型基幹ロケット(H3)の開発に着手し、平成 28 年度に基本設計を終了した。

我が国の航空機工業分野の平成 27 年度の生産額は 1 兆 7,916 億円(生産動態統計速報値)で前年度比 1,369 億円(8%)の増加となった。その内訳は、防需が 4,686 億円(2%減)、民需が 1 兆 3,231 億円(12%増)である。売上に占める防衛需要の比率は 26% となった。

また、宇宙工業分野では、平成 27 年度の実績は 3,378 億円(国内 2,798 億円、輸出 580 億円)で、前年度比 176 億円減(5%減)となった。

以下では、平成 28 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開発事項を概括する。

2. 防衛航空機分野

平成 22 年 12 月に制定された「平成 23 年度以降に係る防衛計画の大綱」と「中期防衛力整備計画(平成 23 年度～平成 27 年度)」は平成 25 年度限りで廃止が決定され、平成 25 年 12 月に新たに「平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱」と「中期防衛力整備計画(平成 26 年度～平成 30 年度)」が策定された。「平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱」は 5 年間の限度額として 24 兆 6,700 億円(平成 25 年度価格)を目途としており、廃止された前中期防期間の限度額に比較し約 5%の増加となった。また「調達改革等を通じ、一層の効率化・合理化を徹底した防衛力整備に努め、おおむね 7,000 億円程度の実質的な財源の確保を図り、本計画の下で実施される各年度の予算の編成に伴う防衛関係費は、おおむね 23 兆 9,700 億円程度の枠内とする」とされ、防衛装備品調達のより一層の効率化が求められている。平成 28 年度防衛関係費の総額は 4 兆 8,607 億円で前年度に対して 386 億円、0.8%増となった。

次期戦闘機(F-X)については、機種選定作業が大幅に遅れた結果、F-2 戦闘機の生産が平成 23 年 9 月に完了し昭和 30 年以来続いてきた戦闘機の国内生産が途切れることとなった。これに対し、防衛省は同年 12 月 20 日に次期戦闘機を F-35A に決定し生産再開への扉を開いたが、実際の生産開始までには数年間のタイムラグが生じることに加えて、F-35A の国産化率や技術移転の範囲は限定的なものとされてい

ることから、今後の日本の防衛生産基盤・技術基盤の維持についてはさらなる取組みが必要になると見られる。こうした中、平成 28 年 9 月 24 日に日本向け F-35A 初号機がロッキード・マーチン社フォートワース工場にてロールアウトした。この他に、先進技術実証機(X-2)が平成 28 年 4 月 22 日に初飛行を行い、同年 6 月 13 日に防衛省に納入された。また、C-2 輸送機の量産初号機が平成 28 年 6 月 30 日に納入された。

政府は、平成 26 年 4 月、「防衛装備移転三原則」を閣議決定した。これは、国連憲章を遵守するとの平和国家としての基本理念と、これまでの平和国家としての歩みを引き続き堅持し、また、武器輸出三原則等がこれまで果たしてきた役割に十分配慮したうえで、これまで積み重ねてきた例外化の実例を踏まえ、これを包括的に整理し、防衛装備の移転にかかる具体的な基準や手続き、歯止めを今まで以上に明確化し、内外に透明性をもった形で明らかにしたものである。

また、防衛省では、昨今の厳しい財政事情やグローバルな防衛産業の再編などによる海外企業の競争力の向上といった状況を踏まえ、防衛力を支える重要かつ不可欠な要素である防衛生産・技術基盤を維持・強化するため、従来の「国産化方針」に代わり、平成 26 年 6 月に「防衛生産・技術基盤戦略」を決定した。本戦略では、国内開発、国際共同開発、生産、輸入といった防衛装備品の取得方法についての基本的な考え方、契約制度の改善、研究開発にかかる施策、防衛装備・技術協力といった防衛生産・技術基盤戦略の維持・強化のための諸施策、各防衛装備品分野の現状と今後の方向性などについて示している。この戦略を受け、防衛省は、防衛装備品の構想から研究・開発、量産取得、運用・維持整備、廃棄といったライフサイクルの各段階を通じたプロジェクト管理を行い、防衛装備品の効率的な取得を行っていくため、平成 27 年 10 月に防衛装備庁を設立した。防衛装備庁は、①防衛装備品の効率的な取得(プロジェクト管理)、②諸外国との防衛装備・技術協力の強化、③技術力の強化と運用ニーズの円滑・迅速な反映、④防衛生産・技術基盤の維持強化、⑤コスト削減の取り組みと観察・監査機能の強化、を任務としている。防衛装備庁は、技術的優越を確保しつつ、効果的、効率的な装備品等の創製を行うことを主要方針の一つとしており、この方針を実現するため、平成 18 年度版の中長期技術見積りを見直し、最新の科学技術動向を踏まえ、かつ、我が国の安全保障政策で対応が求められる分野を取り込んだ新たな平成 28 年度版中長期技術見積りを作成した。

3. 民間航空機分野

民間航空機市場は、数年来続いてきた発注ブームが沈静化の方向に向かいつつある。先行きについては、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 7 月、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 7 月には正式契約に調印し設計作業を行っている。ボーイング社は、B737MAX を平成 27 年 12 月にロールアウトさせ、平成 28 年 1 月 29 日に初飛行を行った。一方、エアバス社は、A320 ファミリーのエンジンを換装することでより経済的な運航を企画した A320neo が、平成 26 年 9 月に初飛行に成功した。引き続き、平成 27 年 11 月に欧州航空安全庁(EASA)および米国連邦航空局(FAA)の型式証明を取得し、平成 28 年 1 月に商業運航を開始した。また、エアバス社は平成 28 年 10 月 14 日に累計納入機数 10,000 機を達成した。

小型機市場では、ボンバルディア社の C シリーズについて、中国が C919 を、ロシアも MS-21 の開発を開始し、世界市場への参画を目指している。ボンバルディア社の CS100 は平成 27 年 12 月にカナダ運輸省から型式証明を取得し、平成 28 年 7 月 15 日に商業運航を開始した。また、CS300 は平成 28 年 7 月 11 日にカナダ運輸省の型式証明を取得した。中国は、エアバス社、ボーイング社に次ぐ第 3 のメーカーの地位を獲得すべく積極的に航空機産業の育成に取り組んでいる。C919 は、平成 27 年 11 月にロールアウトし、平成 28 年 6 月にはロシアと広胴機の開発のジョイント・ベンチャーを設立した。

リージョナル機市場では、ボンバルディア社とエンブラエル社が中心であったが、ロシア、中国に続き、平成 20 年 4 月より事業を開始した三菱航空機がリージョナルジェット機 MRJ の設計、販売等の活動を行っており、平成 26 年 10 月にロールアウト式典を開催し平成 27 年 11 月に初飛行を行い、平成 28 年 9 月 26 日には、米国へ向けて飛び立ち、現在飛行試験中である。平成 28 年 11 月現在の受注機数は、447 機となっている。エンブラエル社は、E190-E2 を平成 28 年 2 月 26 日にロールアウト、平成 28 年 5 月 23 日に初飛行を行った。また、中国の COMAC 社が製造

する ARJ21 は、平成 27 年 11 月に初号機が納入され、平成 28 年 6 月 28 日に商業飛行を開始した。エアラインからの機体価格の低減要求は年々厳しさを増しており、これによる大手航空機メーカーによる価格競争の激化と市場獲得競争から、我が国の航空機メーカー各社もより一層のコスト削減努力を迫られている。

国内のヘリコプター市場は、毎年 40 機弱が販売されているが、その殆どが外国製である。分野別に見れば、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。一方、民間市場においては、平成 19 年 6 月に「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、平成 28 年 10 月現在では全国 39 道府県に 47 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。

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、宇宙基本法が平成 20 年 5 月に成立し、8 月に施行された。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 6 月に我が国の宇宙開発利用に関する基本的な計画(宇宙基本計画)が決定され、安全保障の強化が謳われた。防衛省は、宇宙基本法が成立したことを受け、平成 21 年 1 月に同省の宇宙開発利用推進委員会において「宇宙開発利用に関する基本方針」を決定した。基本方針では、宇宙開発利用は C4ISR(指揮、統制、通信、コンピュータ、情報、監視、偵察)機能強化のための有効な手段と位置付けた。さらに、政府の宇宙に関する組織に変更があり、平成 24 年 7 月に宇宙開発委員会が廃止され、内閣府に宇宙戦略室と宇宙政策委員会が、内閣官房に宇宙開発戦略本部事務局が設置された。なお、文部科学省は、宇宙開発委員会の廃止に伴い、宇宙開発利用部会を新たに立ち上げ、文部科学省が管轄する宇宙関係の案件を審議して行くこととなった。

その後、宇宙基本計画の内容の見直しが行われ、平成 25 年 1 月に宇宙基本計画が改訂され、これを受けて防衛省は、平成 26 年 8 月に「宇宙開発利用に関する基本方針」の改訂を行った。防衛省の新たな基本方針では、宇宙利用は今後、統合機動防衛力を支える C4ISR(指揮、統制、通信、コンピュータ、情報、監視、偵察)機能を発揮する上で重要であると位置付けた。その一環として、デブリと人工衛星の

衝突防止・対衛星攻撃等を抑止する観点から宇宙状況監視(SSA)能力を高める専従の組織を構築すること、及び複数の X バンド通信衛星を自前で所有し PFI(Private Finance Initiative)方式で整備していく、等の施策を進めることとした。さらに、同年 9 月、内閣総理大臣から「国家安全保障戦略」に示された政策を反映するとともに産業基盤を強化するため、10 年間の計画を盛り込んだ新しい「宇宙基本計画」を作成する」旨の指示があり、これを受け平成 27 年 1 月に新しい「宇宙基本計画」(本文と工程表の二部構成)が制定され、同年 12 月には工程表の改訂版が発行された。また平成 27 年 9 月に東京において、日米政府間の第 3 回「宇宙に関する包括的日米対話」が開催され、宇宙空間の安全保障に関する協力について、強靱な宇宙産業、科学技術の発展を維持することを確認し、宇宙状況監視(SSA)及び海洋状況把握(MDA)のための宇宙利用に関して協力の機会を探求することを確認した。

平成 28 年 3 月には、日本における宇宙産業の健全な発達、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を整備するために、人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律案(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案(以下、リモセン法)が閣議決定され、同年 11 月に国会で可決・成立した。また平成 28 年 4 月、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 2 月の 7 号機打上げから平成 29 年 1 月の 32 号機まで、連続 26 機の打上げに成功した。特に、平成 19 年 4 月から三菱重工業へ移管され、民間による初の打上げとなった 13 号機打上げ(平成 19 年 9 月)の成功により、我が国の宇宙開発利用は新たな時代の幕開けを迎えた。今後も継続的に成功させ信頼性の向上に努めると共に、安定した打上げ機数の確保が期待される。また、平成 21 年 9 月には能力を増強した H-IIB ロケット試験機の打上げに成功した。試験機に搭載された宇宙ステーション補給機(HTV)技術実証機は、国際宇宙ステーションへの物資輸送を行うものであり、技術実証機打上げ後に「このとり」と命名された。平成 28 年 12 月には 6 号機が宇宙ステーション補給機(HTV)を搭載して打上げられた。また、平成 25 年 9 月には、M-V ロケットの後継として開発されたイプシロンロケット試験機の打上げに成功し、平成 28 年 12 月には 2 号機の打上げに成功した。JAXA は平成 26 年度から、H-IIA 及び H-IIB の後継となる新型基幹ロケット(H3)の開発に着手し、平成 28 年度に基本設計を終了した。

衛星分野では、平成 28 年 11 月にひまわり 9 号の打上げに成功し、平成 29 年 1 月にきらめき 2 号の打上げに成功した。

平成 21 年 7 月に完成した、国際宇宙ステーション(ISS)の有人実験施設「きぼう」には、平成 27 年 7 月から油井宇宙飛行士が ISS 第 44 次/第 45 次長期滞在クルーとして滞在し、平成 28 年 7 月からは大西宇宙飛行士が ISS 第 48 次/第 49 次長期滞在クルーとして滞在し、10 月 30 日に無事帰還した。

平成 27 年 1 月に政府の宇宙開発戦略本部で決定された、新「宇宙基本計画」によれば、これからの ISS 計画への我が国の対応については、平成 28 年以降平成 32 年までの共通運用経費(CSOC : Common System Operations Costs)の負担を、宇宙ステーション補給機「こうのとり」2 機分の打上げと、将来への波及性の高い技術(開発の実施)により参加するとしており、また、米国が延長継続を決定している平成 33 年以降平成 36 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 12 月に日米両国政府が ISS 運用延長に合意した。更に、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 兆円を目指すとしており、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。

日本の宇宙産業界は高い技術を誇るものの、諸外国と比べて、国際受注の実績が乏しい状況が続いている。しかし、今後は宇宙分野における商業化・国際化を基調とする積極的な宇宙利用への流れは進んでいくと思われ、これまで売上の多くを政府宇宙開発プロジェクトに依存してきた我が国の宇宙関連メーカー各社は、今後の更なる商業化を目指し国際競争力を推進するため官民ベースでの技術開発やコストダウン、海外メーカーとの国際協業など、商業化・国際化を視野に入れた宇宙ビジネスへの積極的な取組みが一層求められている。これらの状況を踏まえ、平成 25 年度には三菱電機が衛星工場の増築を、平成 26 年度には日本電気が衛星工場の新設を行うなど、競争力強化に向けた具体的投資が本格化している。

平成 28 年 11 月に国会で可決・成立した宇宙関連 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ことを目的としており、今後、宇宙におけるビジネスを目指す新たな企業が増えていくことが期待される。

第 1 編 日本の航空機工業

第 1 章 航空機工業の役割・特質と日本の実態

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

日本の航空機工業は他産業に比し小規模であるが、防衛事業では完成機を設計・製造する一方、民間機事業では従来多くは欧米企業との国際共同開発や部品下請として参画し、近年は三菱リージョナルジェット(MRJ)や HondaJet など、完成機の設計・製造にも進出している。

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

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

第 1 節 航空機工業の役割

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

第 1 は防衛産業の中核としての役割である。防衛産業基盤として防衛装備品の開発・生産・整備等を担い、日本の安全保障の一端を支え、周辺地域の平和と安定に寄与するという役割である。これは平成 25 年 12 月に策定された「平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱」で示された「多様な活動を統合運用によりシームレスかつ状況に臨機に対応して機動的に行い得る実効的なものとしていく」ための「高度な技術力と情報・指揮通信能力に支えられ、ハード及びソフト両面における即応性、持続性、強靱性及び接続性も重視した統合機動防衛力」の基盤ともなるものである。

第 2 は民間航空輸送発展への貢献の役割である。民間航空輸送は、長距離・高速輸送システムの中で最も重要な手段の一つである。民間航空機の供給を通じて航空

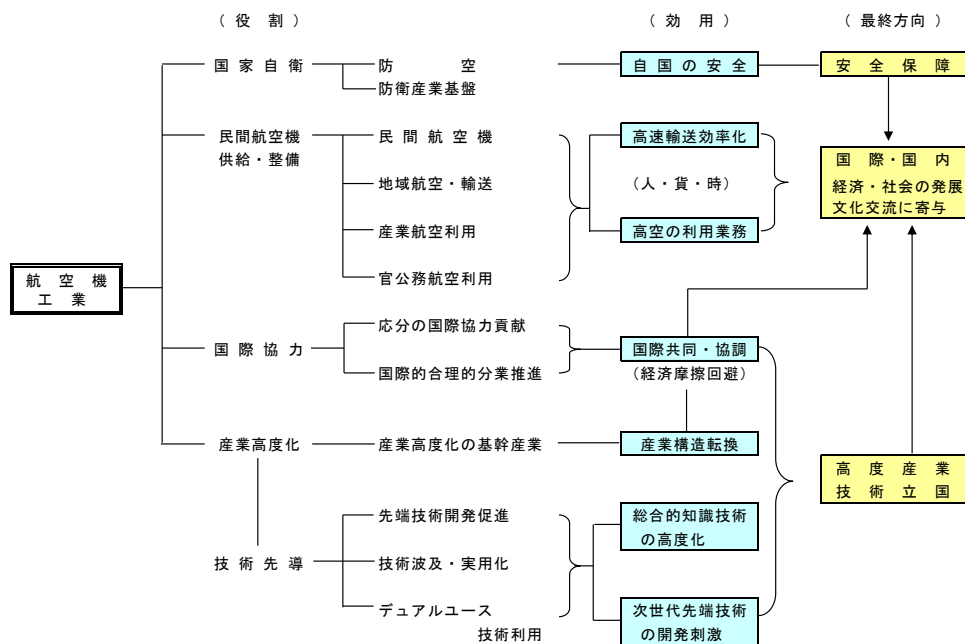
産業発展を担い、結果的に国内外の経済・社会の発展、文化交流に寄与するものである。

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

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

以上の役割から、航空機工業は国家として重要な政治的・戦略的産業と言える。

図 1-1-1 日本の航空機工業の社会経済的役割と方向



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

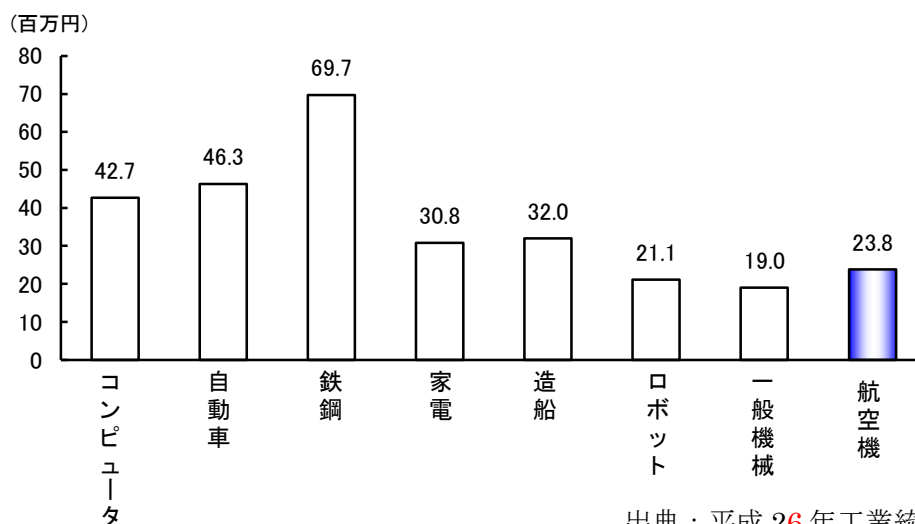
第2節 航空機工業の特質

1. 産業・技術的特質

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

航空機工業は、常に最先端の実用技術が追求される典型的な研究開発集約型の、実証的な経験工学に基づく産業であり、複雑で精密な加工と高度な組立作業及びそれに対応した高い品質管理能力を要する産業である。また多くの特殊技能を有する下請企業が参加しており、逆に1人当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最適な産業の一つと言える。

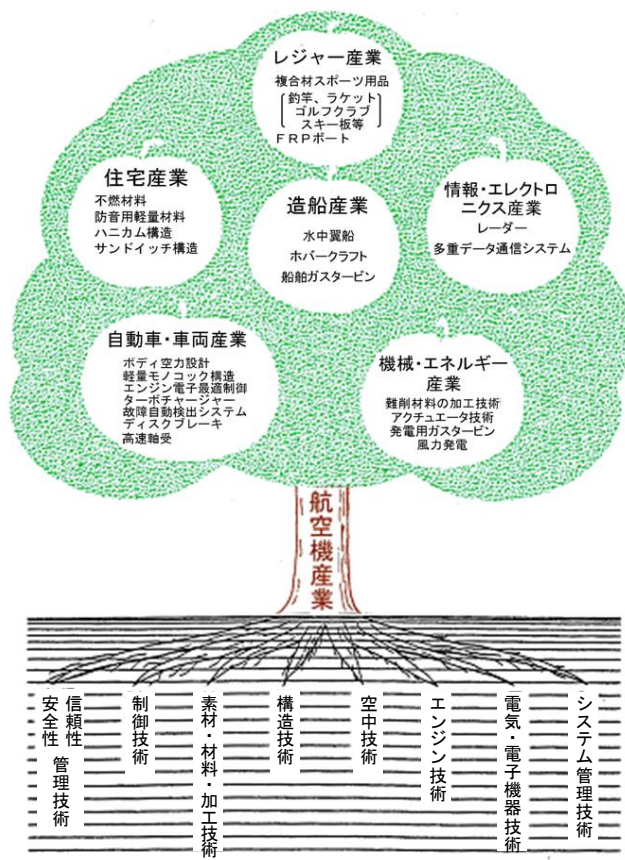
図1-1-2 日本の産業別1人当たり原材料使用額(平成26年)



出典：平成26年工業統計表

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、更に進歩することもあり、航空機工業は、相互の技術波及効果の中核を担っているとも言える。(図1-1-3参照)

図 1-1-3 航空機技術の他産業への技術波及例



航空機技術は、国防上重要な先端技術を多数含むために技術輸出に対する制約があることから、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、スピノオン(民生技術の防衛利用)が盛んになっており、こうしたキーテクノロジーの蓄積が国のバーゲニングパワーとなる。そのため航空機技術の中で、国際競争力を確保するためには、長期的視点に立った技術戦略が必要となろう。

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

主要欧米先進国の航空機工業は、他産業に比肩出来る程の経済規模に発達し、特に輸出産業として育成が図られ自国経済に大きく貢献するだけでなく、政治的影響

力としても重要視されるという側面を持つ。しかし日本の航空機工業においては、他産業に比べ依然規模が小さく、一部の技術等を除きビジネスとしては先進工業国レベルには達しておらず、航空宇宙工業の貿易収支は定常的に大幅な輸入超過の状態が続いている。(図 1-1-10 参照)

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、各国の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、最近では単独での事業化が非常に困難な状況になって来ており、航空機開発の巨大な事業リスクを一国では負担することが出来ず、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、欧州のように周辺国との地理的、歴史的なつながりを持たず、事業規模も小さいが、国際共同開発に参画し、応分の協力出来るように、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、近年まで防需比率が高い状況が続いてきた。

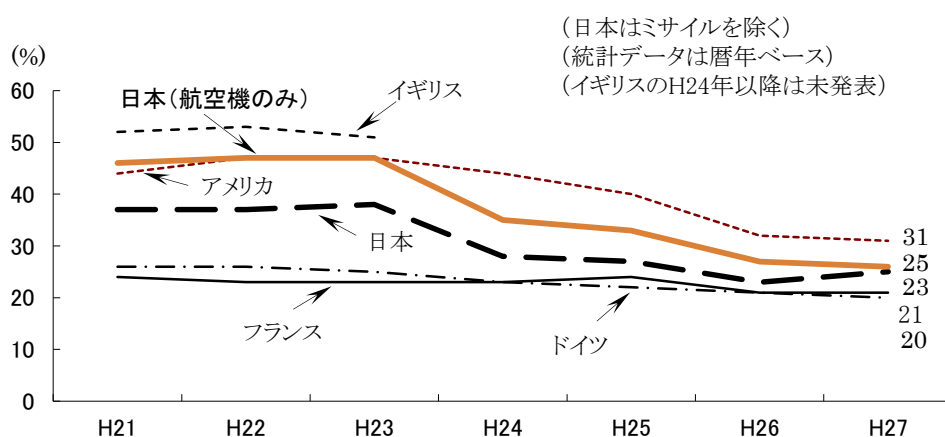
航空機は、空を飛ぶという機動性・高速性から兵器として大量に装備され、過去二つの世界大戦を経て性能面で長足の進歩を遂げ、航空機工業の産業基盤、技術基盤が確立された。戦後、国際社会・経済の発展により大量・高速輸送手段である航空機の必要性が高まり、民間航空機市場が急速に開拓され、航空機工業は一層の発展を遂げた。

更に 1960 年代には、宇宙開発がアメリカ及び旧ソ連を中心に国家事業として展開され始め、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、さらに発展の道をたどった。

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。特に日本では戦後一時期の空白により航空機の急速な技術進歩に遅れを取ったこともあり、キャッチアップのため防衛関係の開発・生産を中心に事業を展開してきたが、日本・欧米各国は、近年の防衛予算の削減に伴い、防需依存度が低下しつつある。(図 1-1-4、1-1-5 参照)

図 1-1-4 各国航空宇宙工業防需依存度

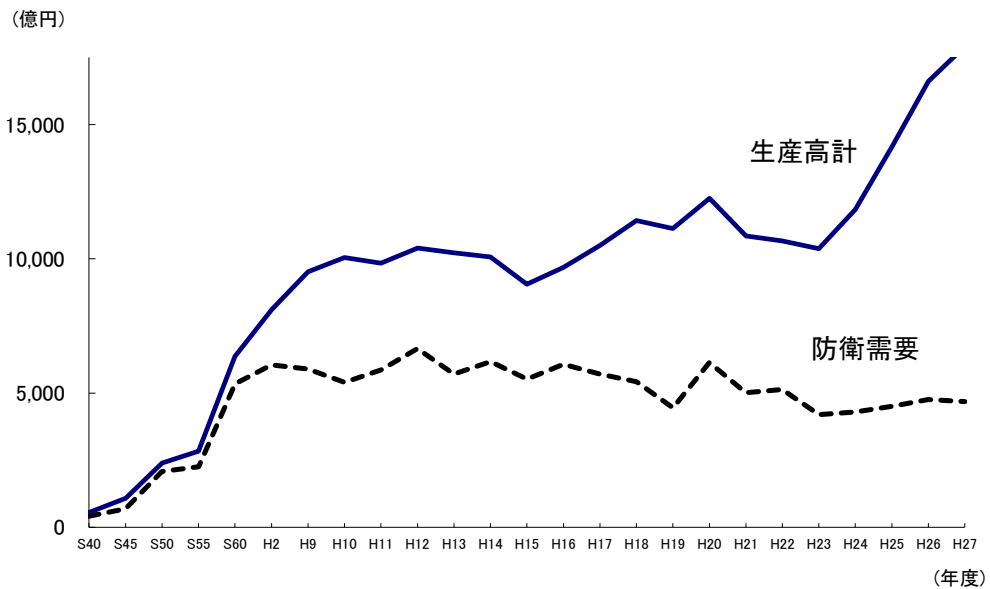


(一社)日本航空宇宙工業会調

戦後の日本における航空機工業は技術的遅れ、地理的不利、武器輸出三原則による市場の限定等により、当初は産業として十分に成長できず民需市場で十分な成果を上げるに至らなかったが、昭和 50 年代以降は、ボーイング社向け民間機(B767、B777、B787、B777X)、民間機用エンジン(V2500、CF34、Trent 1000、GEnx、PW1100G-JM、GE9X)等の国際共同開発に参画し、民需を拡大している。また、近年は MRJ や HondaJet などの完成機事業に進出している。これらに伴い、日本における航空宇宙需要は民需が官需を大幅に上回る状況にある。

また防衛関係でも、F-2 支援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。

図 1-1-5 日本の航空宇宙工業生産高



(一社)日本航空宇宙工業会調

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 25 年 12 月に定められた「国家安全保障戦略」において、防衛装備品などの共同開発・生産などに参画することが求められている状況などを踏まえ、防衛装備品の海外移転に関し、新たな安全保障環境に適合する明確な原則を定めることとされた。これに基づき、政府は平成 26 年 4 月 1 日「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。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 10 月に防衛省の外局として防衛装備庁が新設された。

3. 社会・経済・文化的特質

第 2 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を供給し、その結果航空輸送量は急速に増加した。

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

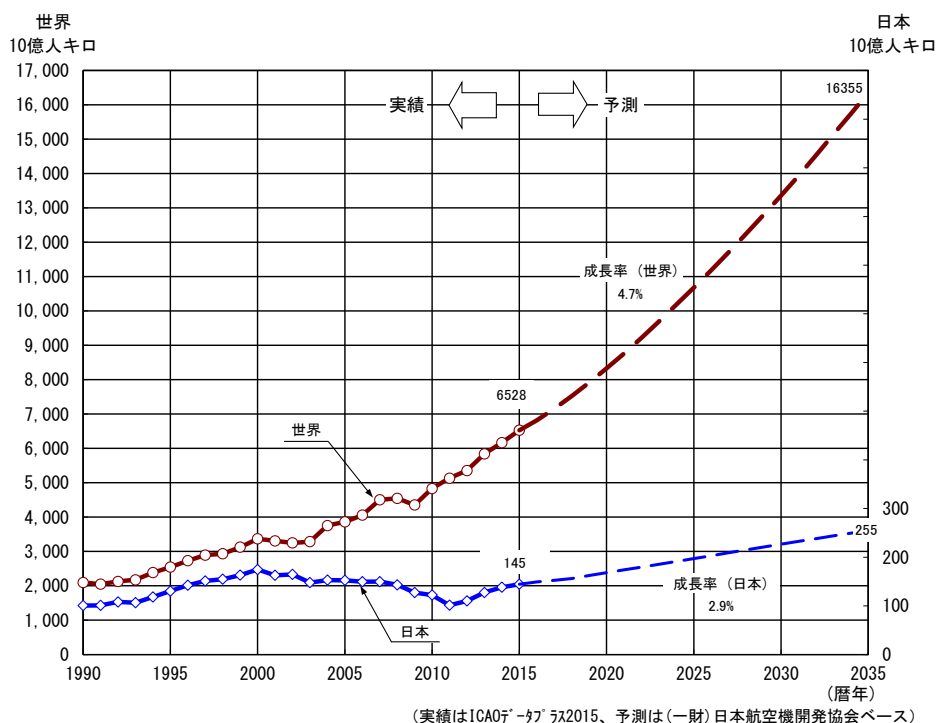
これを具体的に示すと、

- ① 航空機の大型化、高速化、経済性向上による輸送価格の相対的な低下
- ② 各国での所得水準上昇に伴う、移動時間短縮へのニーズの高まり
- 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。

こうした航空輸送量の増加の状況を世界の定期旅客輸送量でみると、過去10年間で年平均5%程度の高い成長率を達成しており、今後とも堅調な成長が予測されている。(図1-1-6参照)

図 1-1-6 航空旅客輸送量



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

また、世界的規模での経済、産業活動の広域化や活発化に伴い、大都市に集中した旅客の民間輸送機による支線分散輸送のほか、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。これらは当初米国を中心として発達したが、その動きはすぐ世界にも拡がり、今後とも一層拡大すると予想されている。

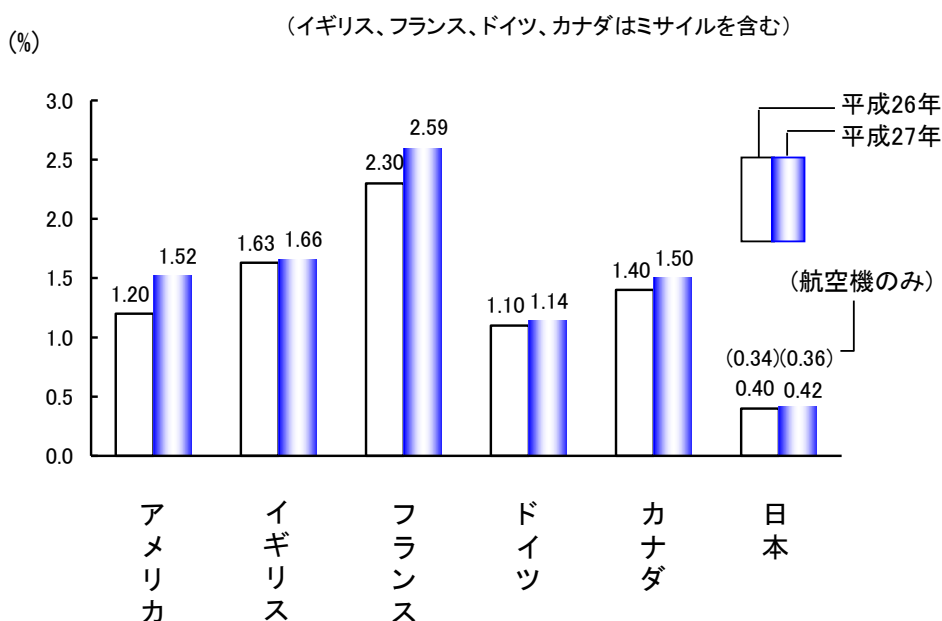
このように航空機の利用による航空輸送は、将来にわたり、発展が期待される有望な産業分野であり、今後ますます各国間、各国内での社会経済の発展、文化的交流の活発化、航空輸送需要の拡大と多用途化により発展が期待出来る。

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)

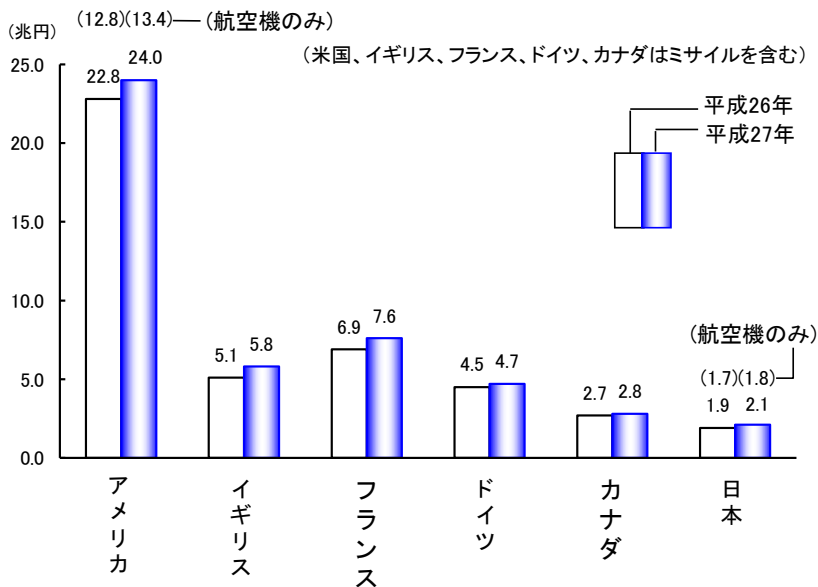
欧米の主要先進国においては航空宇宙工業が自国のGDPの1%を超えており、質・量両面で自国の産業・経済に大きく寄与している。GDP世界第1位の米国は1.5%であるのに対し、日本は0.4%と小さく、国内の他産業と比べ小規模である。各国の航空宇宙工業の規模を平成27年の売上高でみると、米国が約24兆円と圧倒的に大きく、英、仏、独の合計額の約1.3倍に相当する。日本との比較では約11倍の規模である。(図1-1-7、図1-1-8参照)

図 1-1-7 各国航空宇宙工業売上高の対 GDP 比率(平成 26/27 年)



(一社)日本航空宇宙工業会調

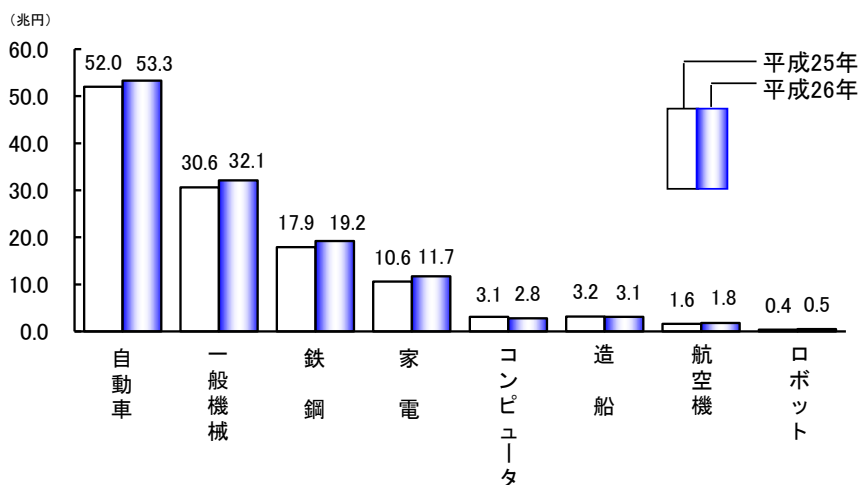
図 1-1-8 各国航空宇宙工業売上高(平成 26/27 年)



(一社) 日本航空宇宙工業会調

これを航空機だけの売上規模でみると、平成27年の日本は、約1.8兆円、米国は約13.4兆円で約7倍に相当する。また、平成26年の我が国の他産業との比較では、自動車は航空機工業の約30倍、一般機械が約18倍、鉄鋼が約11倍、家電が約7倍であり、航空機工業よりはるかに大きい。(図1-1-9参照)

図 1-1-9 日本の産業別出荷額(平成 25/26 年)



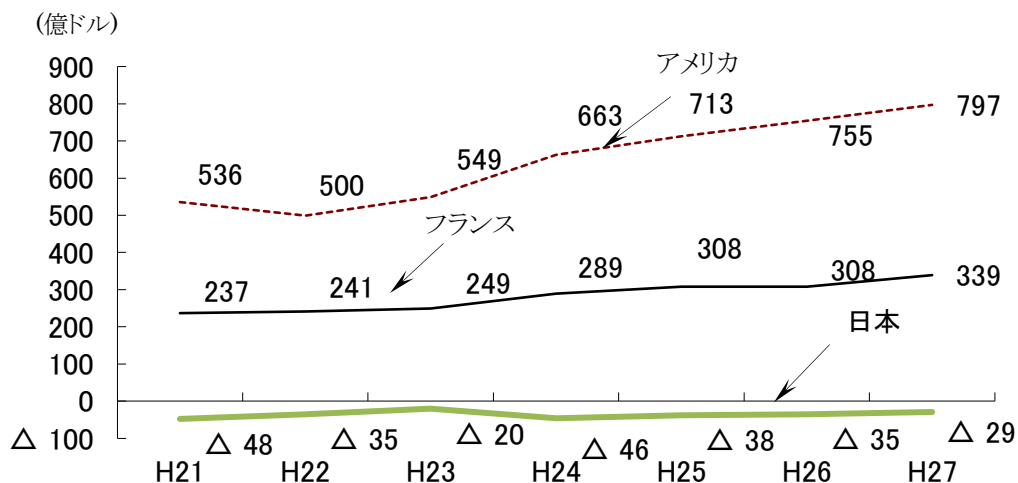
出典：平成 25/26 年工業統計表

また、先進国の航空宇宙工業は、他国の追随を許さない強力な輸出競争力を備えており、自国の経済、政治面への貢献度が高い。平成27年の各国航空宇宙工業の輸出入差額をみると、米国が797億ドル、仏が339億ドルの出超となっているのに対し、日本は29億ドル(約3,487億円)の入超となっている。

米国は、平成27年の総貿易収支が約7,456億ドル(輸出：15,026億ドル、輸入：22,482億ドル)の入超の中にあって、航空宇宙工業(含むミサイル)の輸出額は約1,346億ドルで総輸出の約9%を占め、輸入は約549億ドルで約2%と、その産業・貿易上の価値は非常に高いと言えよう。

これに対し、日本の航空機の輸出入差額は恒常的入超が続いており、平成27年の日本の航空機の輸出入差額は、前述のとおり29億ドルの入超となっている。これは、輸入は、日本のエアラインで使用される航空機のほとんどが欧米製の航空機であること、日本企業が生産する機体やエンジンの構成品等で使用する素材や部品には欧米規格やライセンス権が適用されること、輸出は、民間航空機市場への参入遅れ、過去の武器輸出三原則による制約、等の原因により、輸出が輸入を大きく下回っているものである。(図1-1-10参照)

図 1-1-10 各国航空宇宙工業の貿易収支



(貿易収支 = 輸出 - 輸入)

(一社)日本航空宇宙工業会調

2. 経営面の実態

航空機の事業は、民間企業がこれを独自に推進する場合、新規に機体開発を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。

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、更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数年かかるため、参入障壁が高いと共にリスクも高い事業といえる。

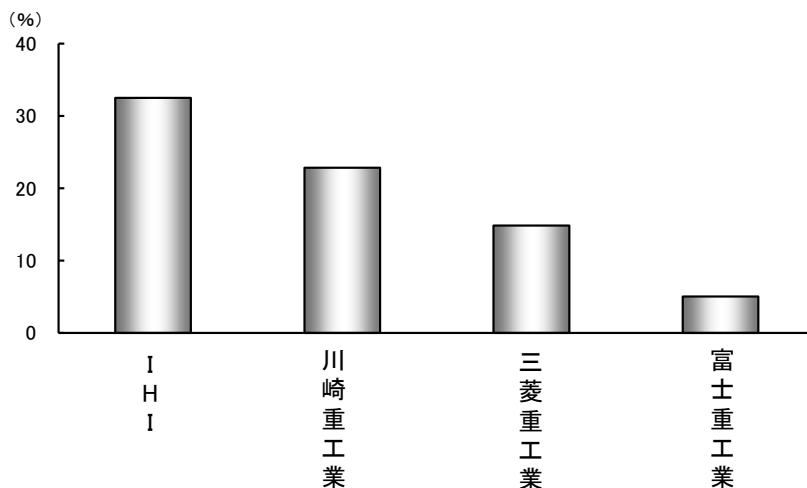
従って、民間航空機の事業展開を図る場合、企業経営は大きな事業リスクを負うことになるため、各国とも軍需が経営基盤となり、経営の下支えの役割を果たす例が多かったといえる。過去、欧米の有力企業でも、民需部門の収益変動に対応するため、防衛部門の収益により企業として経営維持を図って来た例がある。

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

欧米の航空宇宙企業は、航空機の比率が大半を占め、ほとんどが航空機専門メー

カーである一方、日本の航空宇宙工業は、母体企業の事業主体が産業機械、造船、自動車等であるという兼業体制を特色としている。この特色には、航空機部門の資本効率の低さを他の部門の経営努力で支えることができるといった利点もあるが、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。(図 1-1-11 参照)

図 1-1-11 日本主要企業の航空宇宙売上比率(平成 26 年度)



(一社)日本航空宇宙工業会調

3. 発展の遅れ・反省と今後の方向

日本の航空機工業は、戦後約70年を経た現在も、なお欧米先進国から立ち遅れている。日本は航空機の開発・製造・修理を戦後7年間禁じられていたが、この影響は単にその期間内に止まらず、後々まで長く尾を引いた。

民間機市場は、一般的に供給過剰状況の中で厳しい国際競争が繰り広げられており、機体の開発のみならず、その販売、サービス体制の確立には膨大な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、日本を始めとする後発の企業の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、事業性的問題により、計182機で製造を打ち切り、またその他企業が3~4種類の民間機を自主開発・販売したが、結局、市場の確保には結びつかなかった。

その後、民間機事業は国際共同開発が主流となり、日本の航空機工業は外国企業から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% と着実に参画比率を上げ量的拡大を遂げるとともに、質的にも金属の胴体パネル・ドアから複合材の胴体・主翼へ、かつ構造体のみならず材料・一部装備品の供給へと発展を遂げてきている。

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自国を含めた民間機市場の確保が必要である。巨大な市場を持つ米国を除き、各国はこのハンディを克服するため航空機企業の国営化、企業統合等、政府が強力な指導を行い、また開発・生産に対する支援策を講じてきた。

ところが日本では、防衛需要についても防衛予算規模の制約や武器輸出三原則等による市場の限定があるため需要に限りがあった。一方で民間機事業は、後発のため市場はすでに欧米におさえられていた状況に加え、日本の航空機工業は、地理的、実力的にも欧州のような国際共同開発事業を主導的に計画出来ず、また国内市場自体も限られるため国内独自での展開も困難であった。

こうした中、航空機産業を我が国の次の基幹産業として発展させるために、中長期の戦略目標として平成 27 年 12 月に航空産業ビジョンが関係省庁間で策定された。この航空産業ビジョンでは、今後の方向性と施策として以下が挙げられている。

(1) 完成機事業

完成機事業(国際共同開発・事業を含む)が航空機産業成長の原動力であり、その先駆となる MRJ を必ず成功させるため、可能な限りあらゆる措置を講ずる。

(2) 装備品

2025 年頃を目途に新規事業を実現する観点からは、これまで完成機事業がなく国際共同開発も機体やエンジンに比べ機会がなかったため、参入自体、またシステムレベルでの OEM 化が遅れている装備品分野の成長が必須である。装備品については、MRJ のバージョンアップや次世代旅客機、自衛隊機、海外の新型機に加え、既存機のセカンドソース採用など、あらゆる機会を捉えて参入を拡大する。

(3) 航空機部品(装備品以外)

日本では、航空機に関するサプライチェーンが非常に未成熟で、事業拡大・参入の可能性のある企業群の特徴も多岐にわたる。国内・海外の双方を視野に入

れた事業拡大・新規参入を促進する。この際、航空機分野で先行しているメーカー(重工等)や他産業の知見も活用し、複数工程を一貫して部品を完成(購入)する体制の構築を進める。

(4) 機体・エンジンの国際共同開発

従来取り組んでいる機体やエンジンの国際共同開発等においては、産業規模の拡大と、国内産業基盤の強化のため、現在の支援枠組みを強化して機材の国際共同開発に積極的に参画・拡大する。また、技術開発や先端技術実用化などにより、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を推進する。

これまで国際共同開発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を追求することが必要である。

また、近年 MRJ や HondaJet などの完成機事業にも進出を果たしている。これらの完成機事業については YS-11 の反省からも分かるように継続・拡大を図っていく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・内装品の国内サプライチェーンの自立・育成が必要である。

次に防衛事業について、一般的に、米国を始めとする先進諸国の防衛産業は、最先端防衛技術の流出についてセンシティブになってきていると同時に、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により国際共同開発が増加しているが、従来日本は国際共同開発に参加できなかったことから、円滑な装備品取得に障害が出ている。第2点は、技術鎖国的状況による孤立化で技術力が低下する点である。国際共同開発を通じた技術力向上が出来ず、さらに民間レベルでの研究も規制されるため、国際的に孤立しかねない。

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

更に平成 23 年 12 月には、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 4 月 1 日「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、国家としての自律性確保の大前提であり、①装備品の開発・生産・提供(わが国独自の仕様・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、防衛装備品はこれまで市場が防衛省による少量の需要に限定されてきており、量産効果が期待しにくい状況にあり、また、厳しい財政事情もあり、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、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、装備品の高い可動率(必要な時に正常に動く時間の割合)を実現している。従って、これら民間企業での基盤喪失は、部隊の運営に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 6 月、「防衛生産・技術基盤戦略」が決定され、契約制度の改善や研究開発ビジョンの策定といった各種の施策が計画・進行中である。

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。

平成 23 年 12 月、次期戦闘機(F-X)として、米国ロッキード・マーチン社製の最新鋭機 F-35A を採用することが決定し、平成 25 年 3 月には「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 12 月 17 日、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 28 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 28 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。

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 12 月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 2 月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ると共に、フィリピン海軍への海自練習機 TC-90 の移転に関して両国の首脳間で合意されており、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期待されている。

第2章 日本の航空機工業の歴史と現状

第1節 日本の航空機工業の歴史

1. 揺籃期から終戦まで

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

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(17年)、艦上偵察機「彩雲」(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(19年)したA-26長距離機(キ-77)などが開発された。更に終戦時にはロケット戦闘機「秋水」、ターボジェット機「橘花」、無線誘導弾「イ号」などの最新技術を盛り込んだ航空機が開発途上にあり、また「橘花」には日本で開発されたターボジェットエンジンである「ネ20」が搭載されるなど、我が国の航空技術は当時の世界水準に達していた。

2. 終戦による航空機工業の解体

規模、水準ともに世界に伍した我が国の航空機工業であったが、終戦に伴って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。しかし、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 4 月、政府の許可を条件として航空機を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 7 月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 6 月からは三菱重工業と日本飛行機、更に昭和 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)、日本エアキャリアサービス(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、国内において防衛庁機のライセンス生産が開始されることとなった。このライセンス生産は、新しい工作技術や品質管理の手法が導入されるなど、米軍機修理で力を持ち直しつつあった我が国航空機工業の再建と発展に大きく役立った。

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)、シコルスキー S-55(H-19)(昭和 33 年)、S-62(昭和 37 年)、バートル V-107(昭和 37 年)、シコルスキー S-61(HSS-2)(昭和 38 年)、ベル 204B(HU-1B)(昭和 38 年)などがライセンス生産された。(表 1-2-1 参照)

表 1-2-1 我が国でライセンス生産された主な航空機

平成28年12月現在						
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)	小型ヘリコプター	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 Helicopters (米)	川崎重工業	99
平成 3	SH-60J/K UH-60J/JA	中型ヘリコプター	汎用	Sikorsky (米)	三菱重工業	271
5	UH-1J	中型ヘリコプター	汎用	Bell (米)	富士重工業	130
18	MCH/CH-101	中型ヘリコプター	汎用	Agusta Westland (伊)	川崎重工業	11
18	AH-64D	中型ヘリコプター	戦闘用	Boeing (米)	富士重工業	12

(3) 国内開発と民間機への進出

防衛庁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: 航空活動の再開後、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が開発して航空自衛隊の中間練習機として採用された T-1 である。

T-1 は航空自衛隊発足当初から使用されていた T-6 中級練習機(レシプロ)の後

T-1B ジェット練習機



継機として開発された。開発にあたっては制限マッハ数 0.85 の要求に対応するため当時の最新技術とも言うべき後退翼の採用に踏み切る一方で、空気取入口を機首に配置するなどのオーソドックスな手法を採用し、また、射出座席や風防をはじめとして T-33A や F-86F と共通の部品を多く採用するなど、高性能を狙う意欲と開発リスクを低く抑える努力とを調和させた設計となっている。その結果、制限マッハ数 0.85、海面上昇率約 2,000m/min、前後席間高低差 120mm などの特長を備えた機体が完成した。

本機の開発にあたっては当初から国産開発による初の実用ジェットエンジンである J3 の搭載が予定されていたが、開発・生産が間に合わなかったため、輸入したブリストル・オルフェースエンジンを搭載して T-1A として生産に入った。後に J3-IHI-3 エンジンを搭載した T-1B に生産を切り替え、さらにこれを出力強化型の J3-IHI-7 に換装して T-1B-10 とした。

T-1 は昭和 30 年に提案要求が出され、翌 31 年 7 月に富士重工業が選定されて試作 3 機が発注された。初飛行は昭和 33 年 1 月である。昭和 36 年から T-1A の引き渡しを開始され、38 年 6 月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 3 月に全機が退役した。

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 は我が国の航空機産業に繁閑の差の大きな防需のみに依存せずに民需に基づいた基盤を作ろうとする中から生まれたものであり、ロールス・ロイス社のダート 10 ターボプロップエンジン双発の 60 人乗り低翼機で、当時としては世界的水準の輸送機として注目を集めた。

YS-11 は昭和 32 年 5 月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株式会社が設立されると YS-11 の開発業務は同社に引

YS-11 中型輸送機



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 社に及ぶ民間企業が出資し、官民総掛かりで取り組む体制ができあがった。

YS-11 の基本型開発には約 58 億円の開発資金が投入され、細部設計と試作機の製造は、三菱重工業が前部と中部各胴体及び総組立、川崎重工業が主翼とナセル、富士重工業が尾翼、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 8 月に初飛行し、39 年 8 月には運輸省航空局(JCAB)の型式証明を取得して 40 年 3 月からユーザーへの引き渡しを開始した。また、昭和 40 年 9 月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て、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、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 の機体形状は標準的なものであるが、主翼の横操縦をスポイラー化して全翼幅にわたる後縁フラップを装備し、STOL(短距離離着陸)性能を確保しながら高翼面荷重化して高速巡航性能を狙った意欲的な設計となっている。

MU-2 は昭和 38 年 9 月に初飛行し、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 8 月には富士重工業が開発した FA-200 Aero Subaru が初飛行した。

MU-2 双発ビジネス機



FA-200 は単発レシプロエンジン機であるが、往年の戦闘機メーカーの設計による機体であり、軽飛行からスポーツフライトまでをこなす小型機として欧米諸国へも輸出され、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。

FA-200 軽飛行機



この時期は、量産化された機体の他にも、N-58/N-62(伊藤忠航空整備と日本大学航空学科の共同製作)など活発な開発が行なわれていたのが特徴である。

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、戦時中の傑作飛行艇として知られる二式大型飛行艇を開発した川西航空機の後身である新明和工業が防衛庁の発注を受けて開発し、昭和 42 年 10 月に初飛行に成功した。同機には UF-XS 実験飛行艇(グラマン UF-1 改造)を使って試験した飛沫防止装置、境界層制御装置(BLC)、自動安定装置などの新機軸が採り入れられ、波高 3m の条件下でも運用可能な世界的にも類例のない飛行艇となった。また、上記の飛沫防止装置は米国のマーチン社とグラマン社へそれぞれ技術輸出されており、我が国の航空機メーカーが米国へ技術輸出した初めての例となった。

US-1A 救難飛行艇



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 10 月には、PS-1 に水陸両用の降着機能を付加するとともに燃料タンク増設による航続距離延長を実現して初の水陸両用救難飛行艇 US-1 とする改造開発の実施が防衛庁により決定された。

US-1は昭和49年10月の初飛行を経て昭和50年3月には新明和工業から海上自衛隊に対し初号機が納入された。さらに7号機以降はエンジンの換装によって性能を向上させたUS-1Aとなり、US-1/1A全体で総計20機が生産された。US-1/1Aは四面を海に囲まれた我が国における洋上救難や離島地域における救急輸送に活躍しており、これまでの約20年間の運用期間中に約450回の救難出動を記録している。

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も十分な輸送能力を発揮することを意図した独自の構想によって設計されている。

また、C-1は不整地での離着陸や物資を早く積み降ろしする装置にも工夫が凝らされ、物資の空中投下も可能な

性能・機能を備えている。C-1は昭和45年11月に初飛行の後、昭和56年までに総計31機が生産され、それまで自衛隊で使用されていた戦中型レシプロ機であるC-46輸送機と交替して自衛隊の後方支援能力の近代化に貢献した。

C-1の基本設計はYS-11を開発した日本航空機製造(株)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(株)が解散した後は川崎重工業が主契約社の任を引き継いだ。

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

C-1 輸送機



T-2 高等練習機



の開発には約 85 億円を費やしたが、その開発過程では外国機のライセンス生産では得られない数多くのノウハウが蓄積され、特に若手の技術者を養成する点では極めて大きな意義があった。

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、富士重工業が主翼、後胴及び尾翼、日本飛行機と新明和工業がその他の部分を分担した。

T-2 の初飛行は昭和 46 年 7 月で、昭和 63 年 3 月までに合計 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 3 月に退役した。

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： 本格的な改造機としては、川崎重工業がロッキード社の P2V-7 対潜哨戒機を改造して開発した P-2J がある。P-2J は、P2V-7 哨戒機の後継機として対潜機器を更新するとともに、エンジンを T64 ターボプロップエンジンと国産の J3 ジェットエンジンに換装して近代化を図った機体であり、改造試作費約 6 億円をかけて開発された。

P-2J は昭和 41 年 7 月に試作第 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 年代後半から昭和 50 年代にかけての我が国の対潜哨戒任務を担った。P-2J は P2V-7 のライセンス生産で得られた経験と技術を生かし、48 号機以降においては、搭載対潜電子機器を国内企業の手で新設計(真空管から半導体)、段階的にデジタル化、更に、搭載型コンピュータも装備した。改造された機体は信頼性の高い機体であった為、初号機(P2V-7 の改造機)の初飛行から機体が退役するまでの間に一機の損失機も出さなかった。これら実績を生かし、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： 富士重工業は FA-200 の実績を基盤として 340 馬力級で与圧客室を持つビジネス機仕様の 6 人乗り レシプロ双発機 FA-300 の開発に着手した。同社はアメリカ市場へ進出するため、本機と同クラスのエアロコマンダー後継機の計画を持っていたロックウェル・インターナショナル社と提携し、日本で開発・製造を行い同社の販売ルートに乗せる戦略を採った。

試作は順調に進み、昭和 50 年 11 月に FUJI-700 型として初飛行に成功し、昭和 52 年 5 月に運輸省航空局(JCAB)、同年 9 月に米国連邦航空局(FAA)の審査にも合格して型式証明を取得した。FUJI-700 型は昭和 54 年 7 月に 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。生産終了は昭和 54 年、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 8 月に初飛行に成功、昭和 56 年 11 月に FAA の型式証明を取得した。昭和 54 年 6 月から量産に入り、昭和 59 年 11 月には 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 4 月には FAA の型式証明を、また昭和 61 年 3 月には JCAB の型式証明をそれぞれ取得した。

なお、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、ここで最終組立を行う方式を採っていたが、昭和 63 年 1 月までに、MAI 社の持つ製造権と販売権をビーチクラフト社(現 ホーカー・ビーチクラフト社)に譲渡した。

FA-300 双発ビジネス機



T-400 練習機



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

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によって低騒音 STOL 実験機「飛鳥」の開発が行なわれた。

STOL 性能を実現するために飛鳥は USB(Upper Surface Blowing)方式を採用しており、主翼上面に搭載したエンジンの排気流をフラップ上面に沿わせて流している。離着陸時にはフラップを深い角度で曲げ下ろすことでエンジン排気(推力)もフラップに沿って(コアンダ効果)下向きに偏向する。その際の反力を揚力として利用することで低速・短距離での離着陸を可能としている。

低騒音 STOL 実験機「飛鳥」



飛鳥では USB 方式を採用することで、①STOL 機特有の急角度の進入・上昇経路の使用と、②エンジンの騒音を主翼上面で遮ることによる地上への拡散の抑制効果とを合わせて、離着陸時の地上への騒音の影響のおよぶ範囲を減少させる技術の研究を意図していた。

昭和 60 年 10 月の初飛行の後、飛鳥の飛行試験は 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 FJR710 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。

(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

平成28年12月現在

	名称	種類	技術提携先	出力	搭載航空機名	生産台数
IHI	J79-11	ターボジェット	GE	15,800lb(*)	F-104/DJ	610
	J79-17			17,900lb(*)	F-4EJ	
	T58-10	ターボシャフト	GE	1,250shp	S-62	
	T58-140			1,400shp	KV-107A	800
	T64-10	ターボプロップ	GE	3,493eshp	US-1A	
	TF40 (Adour)	ターボファン	RR-Turbomeca	7,300lb(*)	T-2 F-1	426
	F100-100/-220E	ターボファン	P&W (UTC)	23,830lb	F-15J/DJ	447
	T56-14	ターボプロップ	Allison C/T:OPER (GM)	4,910eshp	P-3C	483
	T700-401C	ターボシャフト	GE	1,890shp	SH-60J/K UH-60J/JA	719
	T700-701C/D			1,994shp	AH-64D	
F110-129	ターボファン	GE	29,000lb(*)	F-2	111	
三菱重工業	T63	ターボシャフト	Allison C/T:OPER (GM)	317shp	Hughes 369 OH-6	217
	JT8D-9	ターボファン	P&W (UTC)	14,500lb	C-1	72
川崎重工業	KT53-11A	ターボシャフト	Honeywell	1,100shp	Bell 204B (HU-1B)	634
	T53-5-13B			1,400shp	Bell 204B-2 (HU-1H)	
	T53-K-703			1,485shp	AH-1S/UH-1J	
	T55-K-712	ターボシャフト	Honeywell	4,300shp	CH-47J	208
	RTM322	ターボシャフト	Safran Helicopter Engines	2,100shp	MCH-101	47

(*)アフターバーナー時

J3：昭和28年7月に関係4社(後に5社)の出資により日本ジェットエンジン株式会社が設立され、昭和29年7月から推力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3月から推力1.2トンのエンジンXJ3の設計に入り、翌31年7月には社用試作エンジンを完成し、次いで防衛庁の受注を受けて更に7台を試作した。

J3 ターボジェットエンジン



その間、富士重工業で試作の進められていた防衛庁向け中間練習機 T-1 の生産計画が具体化してきたため、これに搭載する J3 の量産体制を早急に整える必要が生じてきたことから、日本ジェットエンジンに参加していた石川島重工業(現 IHI)が製造権の譲渡を受けて量産を担当し、他の出資会社が製造に協力することになり、昭和 34 年 3 月以降量産先行型である YJ3 の生産は石川島播磨重工業で行なわれた。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 4 月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 の開発には、防衛庁から飛行試験のための約 5 億円(C-46 改造費等を含む)と防衛庁技術研究本部(現 防衛省技術研究本部)との委託契約金 9 億円が支給され、さらに日本ジェットエンジンが通産省からの補助金を受けた開発費 9 千万円とを合わせ約 15 億円の開発費が投じられた。

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、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)によって昭和 35 年から開始された。これ以降、防衛庁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、石川島播磨重工業が昭和 38 年に JR100 の設計を開始し、昭和 39 年 9 月に推力重量比 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の指導の下に石川島播磨重工業、川崎重工業、三菱重工業の 3 社が協力して推進し、第 2 期からは同じ 3 社で研究組合を結成して実施された。

第 1 期の開発目標は、世界水準に追いつくため推力 5 トンのエンジンを目指し、エンジン各要素の研究とエンジンの試作に重点がおかれた。FJR710/10、710/20 と名付けられた 6 基の試作エンジンの開発により、当初の目標をほぼ達成して第 1 期計画は終了し、第 2 期計画に引き継がれた。第 1 期に投下された開発資金は 5 年間で約 67 億円であった。

第 2 期計画は昭和 51 年度から昭和 56 年度までの 6 年間、総額約 139 億円を投じて実施された。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 12 月までに所期の目標を達成してすべての試験が終了した。

この FJR710 エンジンは航空宇宙技術研究所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 10 月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

平成28年12月現在

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	ビストン機	連絡練習機	川崎重工業	4	
29	KAT	ビストン機	連絡練習機	川崎重工業	2	
31	LM-1	ビストン機	連絡練習機	富士重工業	27	
33	KM-2	ビストン機	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	輸送機	NAMC	182	
41	MU-2	ターボプロップ機	ビジネス機	三菱重工業	765	納入機数
42	FA-200	ビストン機	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	ビストン機	ビジネス機	富士重工業	47	FUJII-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	ビストン機	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	103	
55	B767	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	1,096	ボーイングとの共同開発
57	BK117	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	川崎重工業	1,366	ECDとの共同開発
60	T-4	ジェット機	中等練習機	川崎重工業	212	
63	T-5	ターボプロップ機	初等練習機	富士重工業	66	
平 6	B777	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	1,460	ボーイングとの共同開発
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	ベルとの共同開発
8	US-2	ターボプロップ機	救難飛行艇	新明和工業	5	US-1Aの改造開発
9	OH-1	ヘリコプター	観測ヘリコプター	川崎重工業	38	
11	MH2000	ヘリコプター	多用途ヘリコプター	三菱重工業	7	
12	F-2	ジェット機	支援戦闘機	三菱重工業	94	
14	T-7	ターボプロップ機	初等練習機	富士重工業	49	T-3後継機
20	XP-1	ジェット機	固定翼哨戒機	川崎重工業	2	
21	XC-2	ジェット機	輸送機	川崎重工業	2	
23	B787	ジェット機	輸送機	JADC/CAC	500	ボーイングとの共同開発
24	P-1	ジェット機	固定翼哨戒機	川崎重工業	8	
28	C-2	ジェット機	輸送機	川崎重工業	2	

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

ECD：ユーロコプター・ドイツ社(現 エアバスヘリコプター社)

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

P-3C： P-3C は、日本では P-2J の後継機として昭和 53 年度から取得が開始された大型哨戒機で、ロッキード社が P2V の後継機として、ターボプロップ 4 発旅客機の Electra を母体に発展させた機体で、高性能の潜水艦等に対処するための各種電子システムを搭載している。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 電子訓練支援機などの派生機が開発・製造され、単なるライセンス生産では得られない数多くの技術力が蓄積され、XP-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、縦列複座、双発の遷音速機で、高い運動性能を備えており、戦後初めてエンジン(F3)を含めて国内開発された量産機である。

生産は平成 14 年に 212 機をもって完了したが、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、その設計にあたっては、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により開発が開始され、平成 14 年 9 月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。ターボプロップエンジンの使用による騒音の低減、居住性の向上、操作性の変更(よりジェットエンジンに近い感覚に)、燃料規格の統一(ジェット燃料への一本化)、装備の近代化などを図り、限られた空域で訓練を実施する日本の国情を考慮した訓

T-4 中等練習機



T-7 初等練習機



練効率の高い機体となっている。

平成 20 年 9 月、富士重工業は 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 支援戦闘機は、F-1 支援戦闘機の後継機として F-16 をもとにした改造開発が決まり昭和 63 年度以降予算が計上され、日米で共同開発が行われた。

平成 2 年 3 月、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 12 月に試作初号機の組み立てが完了した。平成 7 年 10 月、初飛行に成功、同年 12 月に支援戦闘機(F-2)と命名された。飛行試験用試作機は平成 8 年 3 月に初号機を納入し、その後 3 機を順次防衛庁に納入した。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 6 月に完了した。

平成 8 年 7 月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、富士重工業が指名された。

平成 9 年 3 月、量産第 1 次契約(11 機)が締結され、平成 12 年 9 月 量産初号機が防衛庁(現 防衛省)に納入された。平成 23 年 9 月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。

F-2 支援戦闘機



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 12 月に試作 1 号機が初飛行し平成 19 年 3 月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 2 月には US-2 量産初号

US-2 救難飛行艇



機が防衛省に納入された。また、新明和工業は平成 22 年 10 月に US-2 を民間転用する事を表明し、消防飛行艇や多目的飛行艇などの形で海外市場への展開を検討している。

ヘリコプター分野でも防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産により生産基盤を維持し、それら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、富士重工業が主契約社に選定され、昭和 57 年度からライセンス生産が開始された。AH-1S は米国ベル社が開発した世界初の本格的対戦車ヘリコプターAH-1 系の改良型で、武装として TOW 対戦車ミサイル、70mm ロケット弾、20mm 機関砲を装備しており、平成 12 年までに 89 機の AH-1S が製造(完了)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において AH-64D のライセンス生産が開始された。AH-64D は 30mm 機関砲や空対空ミサイル搭載能力等を付与された戦闘ヘリコプターであり、AN/APG-78 ロングボウ・ミリ波レーダーを装備している。

AH-64D ヘリコプター



CH-47J/JA： CH-47J は、ボーイング社で開発されたタンデムローターの大型輸送ヘリコプターCH-47D と同等の機体で、日本では KV-107A の後継機として昭和 59 年から機体、エンジンとも川崎重工業でライセンス国産され、陸空両自衛隊で運用されている。陸上自衛隊には平成 7 年から大型燃料タンクを装備した輸送能力向上型の CH-47JA が納入されている。また、本機は本来、戦術輸送用であるが、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/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、昭和 62 年 8 月に初飛行した。

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。初号機は平成元年に海上自衛隊に納入された。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

SH-60K 哨戒ヘリコプター



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 をベースとして①対潜戦、対水上戦ミッション能力向上、②人員物資輸送、③警戒監視等の多用途性向上、④安全性の向上／余裕重量確保といった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 6 月に試作機 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 8 月に量産初号機が納入された。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、UH-60JA 多用途ヘリコプターが平成 9 年度から陸上自衛隊にも導入されている。

平成 22 年 11 月には、航空自衛隊において現在運用されている 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に納入され、平成 12 年 1 月には量産初号機が陸上自衛隊に納入された。

OH-1 観測ヘリコプター



OH-1 は我が国初の純国産ヘリコプターでもあり、種々の新技術が導入されており、高い偵察能力と自衛能力を備え、その優れた飛行特性と性能は高く評価されている。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 3 月に最終号機が納入され、生産が完了した。

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

CH-101 ヘリコプター



本機は総出力 6,300shp の大型タービンヘリコプターであり、大容積キャビンによる搭載能力のほか、3 発機であるため洋上での長距離飛行や全天候性にも優れている。機体、エンジンとも川崎重工業が主契約社に指名され、平成 18 年 3 月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 機が調達される予定である。

(2) 民間機の国内開発

MH2000： 昭和 60 年代以降、民間機分野での国内開発はしばらく下火となり国際共同開発が中心となっていたが、平成 7 年に三菱重工業が自主開発に着手した MH2000 ヘリコプターは試作機として、飛行試験用 2 機、静強度／耐久試験用に各 1 機の計 4 機が製作された。

搭載する MG5 型エンジンも三菱重工業の開発であり、同一メーカーで機体・エンジン両方の開発に成功したのは、世界初である。平成 9 年 6 月に運輸省(現国土交通省)より TB 級型式証明を取得し、平成 10 年 1 月に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 9 月に取得し、量産機を航空宇宙技術研究所(現 JAXA)に納入した。

HondaJet： 平成 15 年 12 月、Honda 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 7 月、Honda は同機を量産し航空市場に新規参入すると発表、同年 8 月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 12 月、米国ノースカロライナ州にあるピードモントトライアッド国際空港で飛行に成功、平成 24 年 10 月には量産 1 号機の生産を開始し、平成 26 年 6 月に量産 1 号機の初飛行に成功した。平成 27 年 3 月には、米国連邦航空局(FAA)から型式証明の前段階である事前型式証明を、平成 27 年 12 月には型式証明を取得、米国での顧客への機体引渡しは平成 27 年 12 月から開始された。欧州では、平成 28 年 5 月に欧州航空安全局(EASA)から型式証明を取得、欧州での顧客への機体引渡しが開始された。

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 Honda エアロ エンジズ社製の HF120 ターボファンエンジンが搭載される。

(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

平成28年12月現在						
納入開始年度	機種	機別	用途	開発/製造	生産機数(台数)	備考
昭37	J3	ターボジェット	T-1B用 P-2J用	日本ジェットエンジン 石川島播磨重工業	247	
40	JR100 JR200/JR220	リフトエンジン	研究開発用(NAL)	石川島播磨重工業	6	
48	FJR710	ターボファン	研究開発用 STOL用(NAL)	石川島播磨重工業 川崎重工業 三菱重工業	15	
51	XF3	ターボファン	XT-4用(TRDD)	石川島播磨重工業	30	
57	XJB/RJ500	ターボファン	研究開発用 STOL用(NAL)	石川島播磨重工業 川崎重工業 三菱重工業	2	ロールス・ロイス社との 共同開発
62	F3	ターボファン	T-4用	石川島播磨重工業	559	
平元	V2500	ターボファン	輸送機用	JAEC	7,178	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	輸送機用	JAEC	4,747	GE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	60	
	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・エンジズ社		GE社とのJV

NAL: 航空宇宙技術研究所(現 JAXA)

TRDI: 旧 防衛省技術研究本部

JAEC: 日本航空機エンジン協会

F3： エンジン分野では、昭和 50 年度から防衛庁が中・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。更に昭和 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 10 月 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



その後さらに 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で量産が開始された。初号機は昭和 62 年 12 月に防衛庁に納入され、中等練習機 T-4 の量産にあわせて量産が行われた。

TS1： 防衛庁では、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 XTS1-1 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 1 月に納入された。

トヨタ： トヨタ自動車は、平成 8 年 12 月、ユナイテッド・テクノロジーズ／ハミルトン・スタンダード社と共同開発していたゼネラルアビエーション機用レシプロエンジンの生産承認(プロダクション・サーティフィケート)を FAA より得ている。

F7： 防衛庁は平成 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、平成 16 年 10 月に正式採用

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。

HF118：平成15年12月、HondaはHF118小型ターボファンエンジンを発表した。HF118はHondaの自社開発によるエンジンであり、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10月、Honda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 Honda エアロ エンジンス」を設立し、受注活動を開始した。

HF120：平成18年10月、GE Honda エアロ エンジンス社は、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 Honda エアロ エンジンス社の最初の製品である。HF120エンジンは、平成19年10月より実証試験を開始し、平成25年12月に米国連邦航空局(FAA)の型式承認を取得、平成26年11月に出荷を開始した。また、欧州においては、平成28年4月に欧州航空安全局(EASA)から型式認定を取得、欧州での引き渡しを開始されている。本エンジンは、スペクトラム・エアロノーティカル社の新型ビジネスジェット機“Freedom”への搭載も予定されている。

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。我が国に於いてもフル・パートナー又はそれに近い形で共同開発・量産に参画しているものには、機体開発では米国ボーイング社とのYX/B767、B777、B777X及びB787民間

輸送機、エンジン開発では米・英・日・独・伊 5 カ国共同開発の V2500 及び米国ゼネラル・エレクトリック社との小型及び中小型民間輸送機用 CF34-8/10 シリーズがある。

また、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て出発したが、機体案が大型化するに伴い必要な開発費が膨大となり、次第に国際共同開発へと進展した。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。そして、昭和 53 年 10 月によく最終事業契約(リスクシェアリングによる参加契約)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。

B767 の基本型である B767-200 (216 席)は、昭和 56 年 9 月に初飛行、昭和 57 年 7 月に型式証明を取得し、同年 9 月から米ユナイテッド航空に就航した。長距離型 B767-200ER(3 クラス 181 席)は昭和 59 年 3 月に初飛行、同月に型式証明を取得した。胴体延長型の B767-300(269 席)は昭和 61 年 9 月に型式証明を取得し、同年 10 月から日本航空に就航した。-300 の長距離型 B767-300ER(3 クラス 218 席)は昭和 63 年 1 月に型式証明を取得し、同年 3 月からアメリカン航空に就航した。

なお、昭和 59 年 8 月以降の量産事業の管理については、民間法人である民間航空機株式会社(CAC)に引き継がれた。その後、ボーイング社は貨物機型 B767-300F を開発し、平成 7 年 6 月に初飛行、同年 10 月に型式証明を取得し米ユナイテッドパーセルサービス社に就航した。平成 9 年 4 月には B767-300ER の胴体を更に延長した B767-400ER(3 クラス 245 席)の開発に着手し、平成 11 年 10 月に初飛行、平成 12 年 7 月に型式証明を取得し、同年 9 月から米コンチネンタル航空(現 ユナイテッド航空)に就航した。

B767 全シリーズの平成 28 年 12 月末までの受注数は 1,189 機、その内 1,096 機が納入されている。

B777 : **B777** は平成 2 年 10 月にボーイング社が本格開発に着手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 5 月にボーイング社と正式契約を交わした。**B777** の基本型である **B777-200**(3 クラス 312 席)は平成 6 年 6 月に初飛行、平成 7 年 4 月に型式証明を取得した。その後、派生型として長距離型 **B777-200ER**(3 クラス 314 席)及び、胴体延長型 **B777-300**(3 クラス 388 席)を平成 10 年までに開発した。なお、量産事業への移管に伴い、JADC の権利義務は平成 10 年 7 月より民間航空機株式会社(CAC)に移管された。さらに平成 12 年 2 月には、**B777-300** 及び **B777-200ER** のそれぞれの長距離型 **B777-300ER** 及び超長距離型 **B777-200LR** の計画が発表され、受注活動が開始された。**B777-300ER**(3 クラス 386 席)は平成 15 年 2 月に初飛行、平成 16 年 3 月に型式証明を取得し、同年 4 月に納入された。**B777-200LR**(3 クラス 314 席)は平成 17 年 3 月に初飛行し、平成 18 年 2 月に型式証明を取得し、同年 3 月に納入された。また、貨物型 **B777F** は、平成 20 年 7 月に初飛行、平成 21 年 2 月に型式証明を取得した。

日本国政府は、平成 3 年に政府専用機として **B747-400** を 2 機受領、航空自衛隊が運用してきたが、平成 26 年 8 月、後継機として **B777-300ER** を導入することを決定した。**B777-300ER** は平成 31 年から運用の予定で、維持整備は ANA ホールディングスに委託する。

また、ボーイング社は、**B777** の後継機である **B777-8X**(350-375 席)と **B777-9X**(400-425 席)を平成 25 年 11 月にローンチした。(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、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 26 年 6 月に **B777X** の開発・量産事業参画の合意覚書を締結し、平成 27 年 7 月には **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** における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約 21%である。**B777X** は、平成 29 年に製造を開始し、平成 32 年の初納入を目指している。

平成 28 年 12 月末現在のボーイング社の B777 受注機数は 1,902 機(うち B777X は 306 機)であり、その内 1,460 機がエアラインに引渡されている。なお、我が国の主要エアライン 2 社からは平成 28 年 12 月末現在で 129 機(うち B777X は 20 機)の発注を受けており、そのうち全日本空輸に 57 機、日本航空に 46 機が納入されている。我が国における B777 の商用運航は平成 7 年 12 月、全日本空輸により開始された。

B787: 平成 14 年 12 月にボーイング社は、約 15~20%燃料効率がよい「Super Efficient ; 高効率」機の開発に注力していくことを発表した。平成 15 年に 787 Dreamliner と命名され、7,000~8,000nm(13,000~14,800km)を B777 と同程度の速度で飛行する 200~250 席機である。胴体や主翼に炭素繊維複合材料を多用し、高バイパスエンジン、先進システム等の新技術を採用して、高効率で環境適合性が高く、快適な乗り心地の機体を目指した。

平成 15 年 12 月に航空会社への提示開始が承認され、平成 16 年 4 月、全日本空輸が初発注し、ボーイング社は本格開発を決定した。

これ以前からボーイング社は、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)に共同開発への参画を要請していた。平成 15 年 5 月より日本側は本契約前の予備的共同作業を開始する一方、ボーイング社と交渉を進め、平成 16 年 10 月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 5 月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約 35%となった。(図 1-2-1 参照)

B787 の基本型である B787-8(210-250 席)は、平成 19 年 7 月にロールアウト、平成 21 年 12 月に初飛行、平成 23 年 8 月に型式証明を取得した。ロールアウトから型式証明取得までの間、多くの改修作業が必要となり、度重なる納入計画変更を経て、当初計画から 3 年以上遅れの平成 23 年 9 月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、平成 23 年 10 月より JADC の権利義務は民間航空機株式会社(CAC)に移管された。

胴体延長型 B787-9(250-290 席)は、平成 25 年 7 月にロールアウト、同年 9 月に初飛行し、平成 26 年 6 月に型式証明を取得した。平成 26 年 6 月末にニュ

ーギーランド航空へ初納入されたが、路線就航は同年 8 月の全日本空輸が先であった。また、ボーイング社は、平成 25 年 6 月に B787-9 の胴体をさらに延長した B787-10(300-330 席)をローンチし、現在開発を進めている。

平成 28 年 12 月末現在のボーイング社の B787 受注機数は 1,200 機、その内 500 機が納入されている。我が国の主要エアライン 2 社からは平成 28 年 12 月末現在で 128 機の発注を受けており、そのうち全日本空輸に 57 機、日本航空に 31 機が納入されている。

図 1-2-1 B787 日本担当部位



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 10 月に開発に着手した 90 席の B717-200(旧 MD-95)は、平成 10 年 9 月に初飛行、平成 11 年 9 月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が、ボー

イング社は、平成 18 年 5 月計 155 機をもって B717-200 の生産を終了した。

(2) リージョナル機

Q400： Q400 は、平成 7 年 6 月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 10 年 1 月末に初飛行し、平成 11 年 6 月にカナダ運輸省の型式証明を取得、平成 12 年 1 月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 10 月に参画、平成 21 年 10 月まで中胴、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 1 月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 11 年 5 月に初飛行を行い、平成 12 年 12 月にカナダ運輸省の型式証明を取得、平成 13 年 1 月に欧 JAA の型式証明を取得し同月客先へ引き渡された。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 6 月に参画、平成 21 年 10 月まで尾胴部の設計・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。

また、CRJ700 の胴体延長型である 90 席クラスの CRJ900 は、平成 12 年 7 月に本格開発に着手、平成 14 年 9 月にカナダ運輸省の型式証明を取得、同年 10 月に米 FAA の型式証明を取得し、平成 15 年 1 月に初納入が行われた。三菱重工業は平成 21 年 10 月まで 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 170/195： 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・パートナーとして平成 11 年 10 月に参画し、主翼コンポーネントの開発及び製造を担当している。また、川崎重工業は平成 13 年 5 月に、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。但し、川崎重工業は平成 18 年から平成 19 年にかけて、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 14 年 2 月に初飛行したが、操縦装置に問題があって当初より半年以上遅れて平成 16 年第 1 四半期に型式証明を取得し初納入が行われた。EMBRAER 175(78 席)は平

成 16 年 6 月に初飛行し、平成 17 年 8 月に初納入が行われた。

また、EMBRAER 190 は平成 16 年 3 月に初飛行し、平成 17 年 9 月に初納入が行われた。そして、平成 16 年末に初飛行した EMBRAER 195 は、平成 18 年 6 月に型式証明取得し、同年 9 月に初納入が行われた。

(3) ビジネス機

FA-300： 6 人乗りレシプロ双発機 FA-300 は、米ロックウェル社と提携した富士重工業により、昭和 49 年 6 月から開発が開始され、昭和 52 年 10 月 FAA の型式証明を取得し量産された。しかし当時のゼネラルアビエーションの状況が必ずしも芳しいものではなく、ロックウェル社の経営政策変更等もあり、47 機の生産を以って完了した。

Global Express(現 Global 6000)： カナダのボンバルディア社の Global Express は東京ー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 8 年 10 月に初飛行し、平成 10 年 7 月にカナダ運輸省の型式証明を取得、同年 11 月には米 FAA の型式証明を取得し、平成 11 年 7 月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 10 月に参画し、主翼、中胴の設計・製造・プロダクトサポートを担当している。

Hawker 4000： Hawker 4000 は、米レイセオン社(後にホーカー・ビーチクラフト社、現ビーチクラフト社)による新設計の標準 8 席(最大 12 席)、航続距離 6,300km の大西洋横断も可能なビジネスジェット機で、平成 8 年 11 月に開発着手が発表された。本機の技術的な特徴は、ソリッド／ハニカムサンドイッチ複合材製のモノコック胴体である。平成 13 年 8 月に初飛行し、平成 16 年 12 月に米 FAA の暫定型式証明を取得し初号機を納入、平成 18 年 11 月には FAA の型式本証明を取得し量産が本格化された。富士重工業がリスク・シェアリング・パートナーとして平成 8 年 11 月に参画し、主翼の設計・試験・製造を一貫して担当していたが、平成 24 年 5 月にホーカー・ビーチクラフト社が連邦破産法第 11 章の適用を申請したことにより、Hawker4000 の生産は中断された。ホーカー・ビーチクラフト社は、平成 25 年 2 月に自己破産し、その後は新生ビーチクラフト社として小規模にターボプロップ機種 of 事業を継続していたが、平成 26 年 3 月にはテキストロン・アビエーション社に買収された。

Hawker ブランドは維持される見込みであるが、Hawker4000 の生産再開の用途は立っていない。

G500/G550： 新明和工業は、米ボート社(現 トライアンフ・エアロストラクチャーズ社ボートエアクラフト部門)と組んで、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平成 11 年 6 月のパリ・エアショーで発表した米大陸横断可能な 8 人乗りの中型ビジネスジェット機で、平成 13 年 8 月に初飛行、平成 15 年 5 月にカナダ運輸省の型式証明を取得、同年 6 月には米 FAA の型式証明を取得した。三菱重工業は、主翼の設計・製造・プロダクトサポートを担当している。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： ボンバルディア社の Global Express の派生型で平成 15 年 3 月に初飛行、平成 16 年 3 月にカナダ運輸省の型式証明を取得し、同年 10 月には米 FAA の型式証明を取得した。三菱重工業は、リスク・シェアリング・パートナーとして参画し、主翼及び中胴の設計・製造・プロダクトサポートを担当している。

Eclipse 500： Eclipse 500 は、米エクリプス・アビエーション社による定員 6 人乗りの主に米国国内路線向けの小型双発ジェット機で、VLJ(Very Light Jet：軽ビジネスジェット)というカテゴリーでエアタクシー等の新市場での売り込みを目指した機体である。FSW(Friction Stir Welding：摩擦攪拌接合)などの新しい生産技術を用いている。平成 16 年 12 月末初飛行に成功し、平成 18 年 9 月に FAA の型式証明を取得し同年 12 月末初号機が納入された。平成 20 年 11 月に EASA の型式証明を取得したものの、エクリプス・エアロスペース社は資金難に陥り、連邦破産法第 11 章の適用申請を行い、平成 21 年 3 月に連邦破産法第 7 章が適用された。その後、平成 21 年 9 月にメイソン・ホランド氏とマイク・プレス氏が資産を買い取る形で新生エクリプス・エアロスペース社として事業を再開し、機体のアフターサービス及び操縦訓練を実施している。平成 22 年 10 月にシコルスキー社がエクリプス・エアロスペースに出資すること

で基本合意がなされた。平成 23 年 10 月に新規受注を再開、平成 25 年初頭から双発型の Eclipse 550 の納入を開始した。富士重工業は平成 15 年 10 月、米国エクリップス・アビエーション社の小型ジェット機 Eclipse 500 の主翼を供給する契約を締結したが、同社の連邦破産法第 7 章の適用により生産を終了した。

(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、先行して開発されていた軍用ティルトローター機の V-22 オスプレイの相次ぐ事故の影響で開発が遅れ、平成 15 年 3 月に初飛行した。平成 17 年には飛行機モードで 220(mph)の速度に達した。平成 18 年 11 月にプロトタイプ 2 号機が、イタリアのアグスタ・ウエストランド社で初飛行した。平成 23 年 11 月に当該プログラムの所有権はすべてアグスタ・ウエストランド社に移管され、プログラム名も AW609 に改められた。今後、飛行試験の拠点を米国フィラデルフィアに移した上で、平成 30 年の FAA 型式証明取得を目指している。川崎重工業は、平成 11 年 4 月に同機の開発・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。また、富士重工業は、平成 12 年 5 月に同プロジェクトにリスク・シェアリング・パートナーとして参画し、胴体構造組立/システム取り付けを担当していたが、アグスタ・ウエストランド社への事業移管に伴い、現在は同事業から撤退している。

(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 2 月共同開発契約に調印、原型機は昭和 54 年 6 月に初飛行、昭和 57 年 12 月型式証明を取得、その優れた運動性と多用途性を有し幅広い分野で活躍している。

平成 11 年には BK117 を発展させた現行型である BK117-C2(11 席)をユーロコプター社(現 エアバス社エアバス

BK117-D2 ヘリコプター



ヘリコプター部門)と共同で開発を進め、平成 12 年に初飛行、平成 13 年に型式証明を取得し、顧客に引き渡した。現行最新型である BK117-D2 は、平成 28 年 1 月に型式証明を取得、平成 28 年 10 月より販売が開始された。BK117-C2 に比べホバリング能力、パイロットのワークロード、低騒音化などが改善されている。シリーズ総販売機数は、平成 28 年 12 月末現在 1,366 機(うち川崎重工業が 172 機)となっている。

なお、ユーロコプター社(現 エアバスヘリコプター社)は、BK117-C2 を EC145 の名称で販売しており、平成 18 年 6 月にはアメリカ陸軍が LUH(軽多用途ヘリコプター)として採用している。

AW139: AW139 は、当初 AB139 としてベル・アグスタ・エアロスペース社が平成 11 年初めから開発を進めた 6 トン・クラスの双発多用途ヘリコプターである。平成 13 年 2 月に初飛行し、平成 15 年 6 月に先ずイタリアの型式証明、平成 16 年 12 月末には米 FAA の型式証明を取得した。しかし、平成 17 年にベル社が撤退し、アグスタ・ウエストランド社がプログラムを引継ぎ AW139 に改名された。川崎重工業が高速ギアボックスを担当している。平成 28 年 11 月末時点で、世界 70 カ国以上の約 240 のカスタマーから、970 機を超えるオーダーを受けている。

S-92: S-92 ヘリコプターは、米シコルスキー社が三菱重工業ほかスペイン、ブラジル、中国、台湾のメーカーとチームを組み共同開発した 19~22 席の多用途ヘリコプターで、平成 10 年 12 月に初飛行し、平成 14 年 12 月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 6 月に参画し、平成 26 年 9 月まで胴体客室部の設計・製造を担当していた。

412+: 412+ヘリコプターは、高い信頼性と汎用性を持ち捜索救難などに活躍しているベル 412EPI ヘリコプターの発展型機で、富士重工業は、平成 27 年からベル・ヘリコプター・テキストロン社と共同で開発を開始した。

(6) エンジン

1) V2500

V2500 プロジェクトは、中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 12 月、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(平成 26 年 10 月 1 日付で三菱重工業の民間航空エンジン事業を会社分割し発足) 以下「MHIAEL」)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 の対等の条件の下で、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加希望が表明され、日・英は開発費負担の軽減、市場の拡大・確保等の利点からこれが望ましいと判断し、協議を開始した。その結果、昭和 58 年 3 月、米国プラット・アンド・ホイットニー社とそのグループである西独エムティーユー社、伊フィアット社の 3 社を加えた 5 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 3 月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 10 月設立)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 12 月設立。実際の事業本部は米国コネチカット州イースト ハートフォード)を母体に運営管理されている。

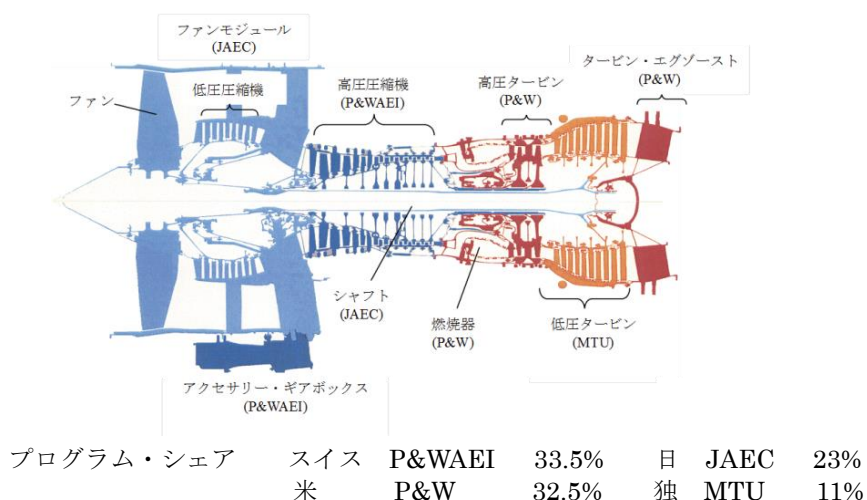
その後、平成 8 年に伊フィアット社が IAE を離脱、また平成 24 年には英国ロールス・ロイス社が米国プラット・アンド・ホイットニー社の子会社であるプラット・アンド・ホイットニー・エアロ・エンジンズ・インターナショナル社(P&WAED)にシェアを譲渡し、IAE を離脱した。

本エンジンの現在の参加各社分担部位並びに夫々のプログラムシェアは、図 1-2-2 に示すとおりであり、最新技術を結集した高性能の最新鋭エンジンを開発するため参加各社はそれぞれ自社の最も得意とするセクションを担当しており、日本はファン部、低圧圧縮機部・シャフト等の開発(組立および運転試験等を含む)およびその量産を担当している。

V2500 の各型及び搭載機種は、現在次ページの表のとおりとなっているが、

当初型エンジン-A1 は昭和 63 年 6 月に、派生型エンジン-A5/-D5 は平成 4 年 11 月に、それぞれ米国連邦航空局(FAA)の型式承認を取得した。現在、当初型 A1 搭載 A320-200 型機、派生型 A5 搭載 A320-200 型機・A321-100/200 型機・A319-100 型機および派生型 D5 搭載 MD90-30 型機が商業路線に就航している。我が国においては、日本エアシステム(現 日本航空)により平成 8 年 4 月から平成 25 年 3 月まで V2500 搭載の MD-90 型機が運航され、また平成 10 年 4 月から平成 20 年 2 月まで全日本空輸により V2500 搭載の A321 型機が運航され、現在は V2500 搭載の A320 シリーズ機がローコストキャリア(LCC)で運航されている。

図 1-2-2 V2500 参加各社分担部位



エンジン名称	離陸推力	搭載機種	エンジン型式承認
V2500-A1	25,000lb	A320-200	1988. 6.24
V2530-A5	31,400lb	A321-100	1992.11.24
V2527-A5	26,500lb	A320-200	1992.11.24
V2522-A5	22,000lb	A319-100	1996. 4.19
V2524-A5	23,500lb	A319-100	1996. 4.19
V2533-A5	33,000lb	A321-200	1996. 8.21
V2525-D5	25,000lb	MD-90-30	1992.11.24
V2528-D5	28,000lb	MD-90-30	1992.11.24
V2531-E5	31,330lb	(KC-390)	2014. 7.31

なお、IAE は市場競争力の維持を目的に、平成 17 年 10 月に「V2500Select」なるエンジンアップグレードプログラムのローンチを決定した。エンジンアップグレード形態である「V2500SelectOne」が平成 19 年 12 月に米国連邦航空局(FAA)の型式承認を取得し、平成 20 年 9 月に商業運航(IndiGo : インド)を開始した。さらに平成 26 年末、「V2500SelectOne」の燃費を向上させた「V2500SelectTwo」を導入した。また、平成 26 年 7 月に KC-390 型機(平成 30 年運航開始予定)搭載の派生型エンジン-E5 の型式承認を FAA より取得した。

2) CF34 エンジンファミリー

① CF34-8(小型民間輸送機用エンジン)

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

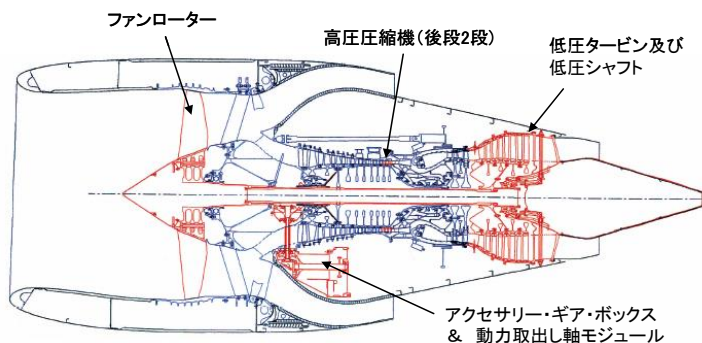
昭和から平成の時代に入り 150 席クラスの中型航空機用エンジンに続いて、我が国が次に取り組むべきエンジンの検討が行われ、100 席以下クラスのジェットエンジンが未開発であり、その市場規模も大きく、また日本にも参入の機会があることが判明したので、平成 3 年度から平成 7 年度にかけて 75 席クラス(推力 12,000 ポンド)機用エンジンの本格的な調査が行われた。

その結果、我が国の技術力の向上、計画の熟成等から米国ゼネラル・エレクトリック社で開発計画中の CF34-8C(推力 14,000 ポンドクラス)を日米間で国際共同開発する基本合意に至り、平成 8 年 4 月に石川島播磨重工業(現 IHD)および川崎重工業と共に(財)日本航空機エンジン協会とゼネラル・エレクトリック社間で共同開発事業に関する協定書を締結した。

我が国はこの共同開発事業に約 30%の分担比率で参画し、担当部位はファンローター、V2500 の開発では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 11 月に FAA よりエンジン型式承認を取得した。この CF34-8C1 を搭載した CRJ700 は、平成 12 年に機体型式証明を取得、平成 13 年にフランスのブリットエアにて就航した。

図 1-2-3 CF34-8 日本担当部位



一方、平成 11 年 2 月、ブラジルのエンブラエル社が EMBRAER 170(70 席クラス)の開発を発表、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、平成 11 年 10 月、ボンバルディア社が CRJ700 の胴体を延長した CRJ900 機(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 4 月に FAA より CF34-8E/8C5 両エンジンの型式承認を取得した。

なお、CF34-8C5 を搭載した CRJ900 は平成 15 年に米国メサエアーにて就航、また CF34-8E を搭載した EMBRAER 170 は平成 16 年にポーランドのロト航空にて就航、続いて EMBRAER 175(78 席クラス)は平成 17 年にカナダのエアカナダにて就航した。

その後、ボンバルディア社は平成 19 年に CRJ900 の胴体を延長した CRJ1000(100 席)の開発を発表、搭載エンジンは CRJ900 と同じ CF34-8C5 が選定され、平成 22 年にスペインのエア・ノストラムおよびフランスのブリットエアにて就航した。

② CF34-10(中小型民間輸送機用エンジン)

運航の効率化を図るために 120 席クラスからダウンサイズした 90 席クラス機を求めようになり、エンブラエル社は平成 11 年 2 月に EMBRAER 190(98 席クラス)の開発を発表、その搭載用エンジンとして推力 14,500 ポンドクラス

CF34-8 エンジン



から 18,500 ポンドクラスに飛躍的に増大させた CF34-10 が選定された。

これらのエンジンについても、(財)日本航空機エンジン協会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 12 月に FAA より型式承認を取得した。CF34-10E を搭載した EMBRAER 190 は、平成 17 年に米国ジェットブルーにて就航、同じく EMBRAER 195(108 席クラス)は平成 18 年に英国フライビにて就航した。

一方、中国の ACAC 社(現 COMAC 社)が平成 14 年に開発を開始した ARJ21-700(78 席クラス)に搭載されるエンジンとして CF34-10E の派生型である CF34-10A(推力 18,500 ポンド)が選定され、平成 16 年 7 月より開発に着手、平成 19 年 10 月には地上運転試験を開始し、平成 22 年 7 月に FAA よりエンジン型式承認を取得した。

なお、ARJ21-700 の機体開発は平成 19 年にロールアウト、平成 20 年に初飛行に成功、平成 26 年 12 月に中国民用航空局(CAAC)の機体型式証明を取得し、平成 28 年 6 月に中国の成都航空にて就航した。

3) B787 エンジン(中型民間輸送機用エンジン)

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は、経済性、対環境性において既存エンジンからの大幅な向上が求められたことから、欧米主要エンジンメーカーは、それぞれ新規のエンジンの開発を提案し、平成 16 年 4 月に米国ゼネラル・エレクトリック社提案の GEnx と英国ロールス・ロイス社提案の Trent 1000 が選定された。

新エンジンの実現には、厳しい要求に応える最新技術の適用が必要であり、エンジン取りまとめ会社のゼネラル・エレクトリック社とロールス・ロイス社は V2500 や CF34 に代表される国際共同開発において重要なパートナーである日本のエンジンメーカーに対し、これまでの実績に対する信頼や保有する最新技術に対する期待から、それぞれの開発事業への参画を要請してきた。これを受

CF34-10 エンジン



け、日本のエンジンメーカーはゼネラル・エレクトリック社あるいはロールス・ロイス社と詳細にわたる協議を行い、その結果、推力約 53,000～75,000 ポンドクラスの GEnx あるいは Trent 1000 のターボファンエンジン開発プログラムへ参画することを決定し、平成 17 年 3 月に、(財)日本航空機エンジン協会がゼネラル・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 プログラムには石川島播磨重工業(現 IHI)と三菱重工業(現 MHIAEL)の 2 社が、Trent 1000 プログラムには川崎重工業と三菱重工業(現 MHIAEL)の 2 社が参画している。

図 1-2-4 GEnx 日本担当部位

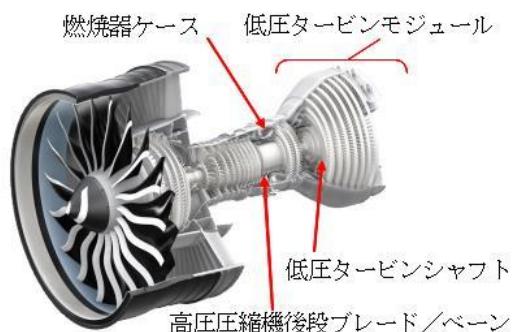


図 1-2-5 Trent 1000 日本担当部位



我が国はこの共同事業にそれぞれ約 15%の分担比率で参加、担当部位は GEnx 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)

これらのエンジンは、平成 17 年度より開発を開始し、いずれのエンジンも平成 18 年 2 月～3 月に初号機の初運転が行われた。その後、各種の地上運転試験を実施し、Trent 1000 は平成 19 年 8 月に、GEnx は平成 20 年 3 月に、それぞれエンジン型式承認を取得した。

平成 23 年 10 月より Trent 1000 を搭載した全日本空輸の B787 が商業運航を開始、GEnx を搭載した日本航空の B787 は、平成 24 年 4 月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 9 月に取得し、同型エンジンを搭載した B787-9 は平成 26 年

6月に機体型式証明を取得し、同月末にニュージーランド航空に、同年7月に全日空に納入され、全日空は同年8月に、ニュージーランド航空は同年10月に同型機の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7月にエンジン型式承認を取得した。

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6月にエンジン型式承認を取得し、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4月にエンジン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8月に機体型式証明を取得し、同年9月にユナイテッド航空に納入され、10月より商業運航を開始した。

4) 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年にエンジン型式承認を取得し、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&ホイットニー社のターボファンエンジンPW4000は、昭和61年にエンジン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として三菱重工業(現MHIAEL)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)で参加している。

③ PW6000

プラット&ホイットニー社のターボファンエンジンPW6000は、平成16年にエンジン型式承認を取得し、A318に搭載されている。三菱重工業(現MHIAEL)が平成13年12月に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年にエ

ンジン型式承認を取得し、A330 に搭載されている。Trent 800 は、平成 7 年にエンジン型式承認を取得し、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)で参加している。

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 年にエンジン型式承認を取得し、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。商社の丸紅も RSP として 10%のシェアで参画している。

⑥ Trent 900

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent 900 は、平成 16 年にエンジン型式承認を取得し、A380 に搭載されている。丸紅が\$145M を出資(約 14.5%)して RSP として参画した。

⑦ 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 年にエンジン型式承認を取得し、A350 XWB に搭載されている。川崎重工業が中圧圧縮機モジュール、三菱重工業(現 MHIAEL)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。

⑧ PW1200G

プラット&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、MRJ に搭載され、エンジン型式承認を目指し飛行試験を行っている。三菱重工業(現 MHIAEL)が、燃焼器、高圧タービンディスクおよびケースの開発・製造と、同エンジンの最終組立・領収運転試験に、プリアードサプライヤとして参画している。

⑨ PW1500G

プラット&ホイットニー社の GTF エンジン PW1500G は、平成 25 年にエンジン型式承認を取得し、CSeries 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 PW1900G

プラット&ホイットニー社の GTF エンジン PW1900G は、E190-E2/E195-E2 に搭載され、エンジン型式承認取得を目指し開発を行っている。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。

⑪ Trent 7000

ロールス・ロイス社のターボファンエンジン Trent 7000 は、A330neo に搭載され、エンジン型式承認取得を目指し開発を行っている。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。

⑫ LEAP

CFMI 社のターボファンエンジン LEAP は、A320neo に搭載される LEAP-1A は平成 27 年に、B737MAX に搭載される LEAP-1B は平成 28 年 5 月にそれぞれエンジン型式承認を取得した。また、C919 に搭載される LEAP-1C は、平成 28 年 12 月にエンジン型式承認を取得した。菊池歯車は子会社である AeroEdge を設立し、仏スネクマ社(現サフラン社)との間で、LEAP 向けチタンアルミ製低圧タービンプレードの長期供給契約を締結している。また、日本カーボンは米ゼネラル・エレクトリック社、仏サフラン社と合弁会社 NGS アドバンストファイバーを設立し、セラミックス複合材料(CMC)を組成する炭化ケイ素(SiC) 連続繊維を、LEAP 向けに供給している。

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 島津製作所 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 多摩川精機 ハナソック・アビオニクス 三菱重工業 横浜ゴム	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 — 新規生産は中断中 照明機器 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 APUドア作動用機器(B737MAX)、スポイラ作動用機器(B737MAX) ギャレレー 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) 機内娛樂装置 内側フラップ(B737-600/700/800/900/900ER/MAX) 飲料水タンク、化粧室	サブコン又は サプライヤー	
	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 ハナソック・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 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、 APUドア作動用機器、主脚作動用機器、他 ギャレレー、ラトリー 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 機内娛樂装置 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	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	メインデッキカーゴドア及びサラウンド構造 — 生産終了 ギャレレー ラトリー	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 ハナソック・アビオニクス ジャムコ 三菱重工業	後縁フラップ駆動システム構成品群、昇降舵フィールアクチュエータ、他 補助翼、スポイラ飛行制御用構成品 外舷フラップ、主脚扉、胴体フレーム 前脚用ステアリングアクチュエータ キャビンサービスシステム ギャレレー、ラトリー 中央翼	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 神鋼電機 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 古河アルミ ハナソック・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、APUドア作動用機器、主脚作動用機器、他 ギャレレー 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 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	後部胴体、胴体扉 前胴パネル、中胴パネル、貨物扉 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 — 新規生産は中断中 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	プログラム パートナー	15% (日本)
				サブコン又は サプライヤー	

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 シフニア テカノジー 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 パナソニック・アビオニクス 三菱電機 ミネベア 横浜ゴム	ギャレー、ラバトリー 貨物扉アクチュエータ作用電動モーター、 バルブアクチュエータ作用電動モーター 機内ビデオ装置 鋼板 スポイラー飛行制御用機器 座席 - 生産終了 予備高度計 計器表示ブラウン管 加速度計 アルミ鍛造品 機内娯楽装置 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	
		B777 (312~550席)	三菱重工 川崎重工 富士重工 日本飛行機 新明和工業 KYB 島津製作所 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 シフニア テカノジー ホンデン 横浜ゴム 日機装	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、翼脚フェアリング、主脚扉 主翼桁間リブ、スタブビーム 翼脚フェアリング 脚作用用装置、アキュムレーター 主脚作用用機器、貨物扉作用用機器、APUドア作用用機器、他 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用用機器 PAN(ポリアクリル)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用電動モーター 液晶表示装置(LCD) 飲料水タンク 逆噴射装置用部品(カスケード、ブロックドア)	プログラム パートナー
	B777X (350~425席)	三菱重工 川崎重工 富士重工 日本飛行機 新明和工業 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	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、翼脚フェアリング(前部) スタブビーム 翼脚フェアリング(中・後部) PAN(ポリアクリル)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用用機器 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	プログラム パートナー	21% (日本)
	B787 (242~330席)	三菱重工 川崎重工 富士重工 新明和工業 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	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間とのインテグレーション 主翼前後桁 脚用タイヤ キャビンサービスシステム、機内娯楽装置 PAN(ポリアクリル)系炭素繊維プリプレグ 水平安定板作用アクチュエータ、他 ラバトリー、ギャレー、操縦室ドア及び周辺隔壁、 機縦室内装パネル及び収納ボックス、パーカウンター 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 主脚作用用機器(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)、主脚作用機構造用アクチュエータ(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	プログラム パートナー	35% (日本)
	B717-200(117席) B717は生産終了	ジャムコ 新明和工業	ギャレー、ラバトリー 水平安定板、エンジンバイロン	サプライヤー RSP	
	DC-10(239席) DC-10は生産終了	三菱重工	テールコーン	サブコン又は サプライヤー	
	MD-11(298席) MD-11は生産終了	三菱重工 ナブテスコ	テールコーン 昇降舵作用用機器、スラット作用用機器	サブコン又は サプライヤー	

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) A300/A310は 生産終了	ジャムコ 東レ パナソニック・アビオニクス 住友精密工業	ギャレー、垂直尾翼用構造材(A300のみ) 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)	サブコン又は サプライヤー		
	A319 (124～156席)	三菱重工業 ジャムコ	ジュアウド・ボックス(主翼構成品) — 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 ジュアウド・ボックス(主翼構成品) — 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		
	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 — 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 ミネベア 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 — 生産終了 ベアリング 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) 翼胴フレット・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		
	A350XWB (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 着陸装置用タンク大型鍛造品	サブコン又は サプライヤー		
	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 富士重工業 三菱重工業 横浜ゴム 横河電機 オカダテクノジー 牧野フライス ブリヂストン 住友精密工業 三菱レイオン 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 コビー	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 翼胴フレット・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系炭素繊維アプレグ 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 液晶表示装置(LCD) LCDシステムの液晶とガラス部分 — 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 — 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		
	機種共通	ミネベア 新日鐵住金	各種ベアリング及びブッシング 鈍チタンシート	サプライヤー		
	ATR (仏・伊)	ATR42/72 (45/70席)	住友精密工業 横河電機	前脚 — 生産終了 液晶表示装置(LCD)	リエ・ブガッティ・タウテ(仏)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 — 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	尾翼 — 生産終了 前脚及び主脚及び脚揚降	RSP UTC:ユアーズ・システムズへ納入	
		CRJ1000 (104席)	住友精密工業	前脚及び主脚及び脚揚降	UTC:ユアーズ・システムズへ納入	
		Challenger300/350 (8席)	三菱重工業 住友精密工業	主翼 主脚構成品	RSP リエ・ブガッティ・タウテ(仏)へ納入	
		Challenger605 (10席)	住友精密工業	主脚構成品	リエ・ブガッティ・タウテ(仏)へ納入	
Global 5000 (8～19席)		三菱重工業	主翼、中胴、中央翼	RSP		
Global 7000/8000 (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)	トライアフへ納入		
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		
CS100/CS300 (110～130席)		多摩川精機 東邦テナックス	電動レバー類、角度検出センサー、直角変位検出センサー 炭素繊維	サプライヤー		

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
エンブレム (ブラジル)	E170/E175 (70/78席)	川崎重工業	動翼(フラップ、補助翼等)、中央翼、 主翼固定前後縁、パイロンは2002年よりエンブレム社に順次移管 空調装置	RSP	
		住友精密工業 多摩川精機 ブリヂストン ナブテスコ	小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー 脚用タイヤ(E175-E2) スボイラー 作動用機器	サプライヤー バーカー・ハネフィ(米)へ納入	
	E190/E195 (98/108席)	川崎重工業	動翼(フラップ、補助翼等)、 主翼ボックス、主翼固定前後縁、中央翼、ウイングレットは2006年 よりエンブレム社に順次移管 空調装置	RSP	
		住友精密工業 多摩川精機 ナブテスコ	小型DCブラシレスモーター、角度検出センサー、直角変位検出センサー(E190) スボイラー 作動用機器	サプライヤー バーカー・ハネフィ(米)へ納入	
Leagcy 450/500 (2+9/8~12席)	多摩川精機	直角変位検出センサー	サプライヤー		
ガルフストリーム (米)	G250 (8~10席)	多摩川精機 KYB	角度検出センサー、直角変位検出センサー スボイラー 作動用機器	サプライヤー ムーグ(米)へ納入	
		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	フラップ他	RSP	
		住友精密工業 多摩川精機	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)	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			
	Hawker 4000(*1) (8席)	富士重工業	主翼構造システム	— 生産終了	RSP
Premier I (6席)		新明和工業	動翼	— 生産終了	サプライヤー
エクリプス (米)	Eclipse 500(*1) Eclipse E550	富士重工業	主翼	— 生産終了	
		多摩川精機	電動アクチュエータ	サプライヤー	
エンターゼット (米)	HA-420 (2+4席)	住友精密工業	前脚及び主脚システム	サプライヤー	
トルニエ (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	スボイラー 作動用機器 フラップ 作動用機器、スピードブレイキ 作動用機器、脚 作動用機器	サプライヤー	

(*1)Hawker 4000およびEclipse 500は生産終了

機体関係(テイルローター)

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 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、胴体尾部テールコン 主脚駆作動用機器	RSP サブコン又は サプライヤー	

機体関係(ヘリコプター)

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	
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 ブレイキ 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トナーの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。

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	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			
		住友精密工業	熱交換器、空圧スタータ、スタータコントロールバルブ	サブコン		
IAE LLC (日・米・独)	PW1100G-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	ファンディスク、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	菊池直幸	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 (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%	
		大同特殊鋼	シャフト素形材	サブコン		
	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、ベーン(10のみ)	RSP	30% (JAEC)	
		川崎重工	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	サブコン	
			潤滑油冷却装置	サブコン		
	GE9x-1B	IHI	低圧タービン、高圧圧縮機後段ブレード及びベーン、シャフト	RSP	15% (JAEC)	
三菱重工航空エンジン		燃焼器ケース	サブコン			
Passport 20	IHI	ファン静止部、高圧圧縮機後段ブレード及びベーン	RSP	30% (JAEC)		
	川崎重工	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	サブコン		
		熱交換器	サブコン			
		GE9X	IHI	低圧タービン部品、低圧シャフト	RSP	10.5% (JAEC)
P&W (米)	JT8D-200	三菱重工航空エンジン	タービン、ディスク	RSP	2.8%	
		IHI	ロングシャフト	サブコン		
	PW2000	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、	RSP	10%	
		川崎重工	アクティブクリアランス・コントロール			
			低圧タービンケース、タービンシール、	RSP	1%	
			スタブシャフト、低圧圧縮ベーン			
			IHI	ロングシャフト	サブコン	
			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・領収運転試験	プリファード サプライヤ	15%	
		IHI	ファンケース、ファンハブ	サブコン		
	PW1500G	川崎重工	ファンドライブギアシステム、燃焼器	RSP	2%	
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			
PW1700G	IHI	ファンハブ	サブコン			
PW1900G	川崎重工	ファンドライブギアシステム、燃焼器	RSP	2%		
	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			
P&WC (加)	PW210	三菱重工航空エンジン	パワータービンモジュール	RSP	15%	
RR (英)	RB211-524	川崎重工	タービンケース、低圧タービンディスク、ノズルガイドベーン	RSP	3%	
		IHI	タービン部品	サブコン		
		日機装	スラストリバーサーカスケード	サブコン		
	RB211-535	川崎重工	低圧タービンケース、低圧タービンディスク、	サブコン		
		川崎重工	中圧圧縮機・ドラム・アッシー、タービンケース			
		丸紅				
	Trent 500	IHI	中圧タービンブレード、低圧タービンブレード	RSP	5%	
		住友精密工業	潤滑油冷却装置	RSP	10%	
		川崎重工	低圧タービンディスク、低圧タービンケーシング	サブコン		
	Trent 700/ Trent 800	IHI	低圧タービンディスク、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	RSP	2.7%(700) 4%(800)	
		住友精密工業	潤滑油冷却装置	サブコン		
	Trent 900	丸紅		RSP	14.5%	
		IHI	低圧タービンブレード	サブコン		
	Trent 1000	川崎重工	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			
		IHI	中圧タービンブレード			
			住友精密工業	熱交換器	サブコン	
	Trent XWB	川崎重工	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(Trent XWB-97のみ)	RSP	6~7%	
住友精密工業		エンジン熱制御システム	RSP	約1%		
Trent 7000	IHI	中圧タービンブレード、シャフト	サブコン			
	川崎重工	中圧圧縮機モジュール	RSP			
	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	RSP			
		IHI	中圧タービンブレード	サブコン		
		住友精密工業	熱交換器	サブコン		
BMW RR (独・英)	BR710/BR715	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。

第2節 日本の航空機工業の現状

1. 生産規模

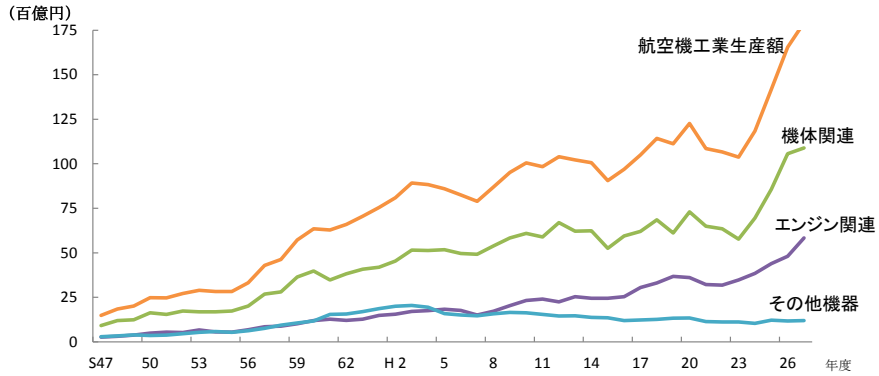
日本の航空機工業生産額は、平成10年度に初めて1兆円の大台を突破し、平成15年度から平成16年度は9,000億円台に下がったものの、以降1兆円台を維持し、平成27年度は1兆7千億円を超えた。一方、平成26年度における日本の自動車産業の生産規模は部品産業も含めると53兆円程度となっており、それと比較すると航空機工業はまだ規模は小さい。平成27年度は、防衛省向けF-35A戦闘機やSH-60K哨戒ヘリコプター、B787の主翼、構成部品、エンジン等による民間機向けの生産増等を要因に増加して、前年度より8%増の1兆7,916億円となり過去最高を記録した。今後は、防需でのSH-60K哨戒ヘリコプターやC-2輸送機及びF-35A戦闘機の調達の継続、民需での受注機数が増加基調にあるボーイング社からの要請に対応した生産レートアップにより、生産は増加傾向にある。(表1-2-6参照)

航空機工業の生産品種は、「機体とその部品・付属品(機体)」「エンジン関連」「プロペラローター、補機、航空計器などを含む関連機器」の3つに大別される。品種別生産の内訳では図1-2-6に示すように、平成27年度は機体関連が1兆887億円(全体の61%)で前年比3%の増加、エンジン関連が5,832億円(33%)で前年比21%の増加、その他機器が1,198億円(7%)で前年比2%の増加となっている。また、平成8年度から平成27年度までの20年間で見ると航空機工業全体で206%、機体関連は202%、エンジン関連は338%の増加傾向であるが、その他の機器については24%の減少傾向となっている。このことから、その他の機器の受注についても伸ばして行くことが望まれる。

一方、図1-2-7に示すように作業別生産内訳では、平成27年度の製造額は1兆5,539億円で前年比11%の増加、修理額は2,377億円で前年比8%の減少であった。平成3~7年度と平成23~27年度の各5年間の生産額合計を比較すると、製造が69%、修理が58%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。

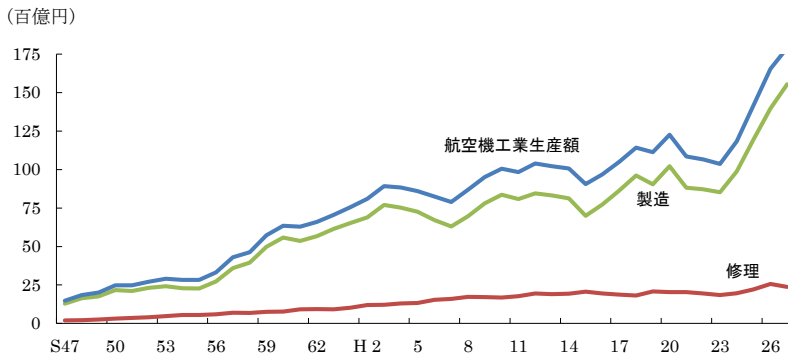
日本の航空機工業は昨今、民需部門を中心として着実に売上高を伸ばしているがその生産規模(暦年)を米国と比較して見ると、図1-2-8に示すように米国の方が日本の約7倍と飛び抜けて大きく、まだまだ欧米の生産規模には及んでいない。

図 1-2-6 航空機工業の品種別生産額の推移



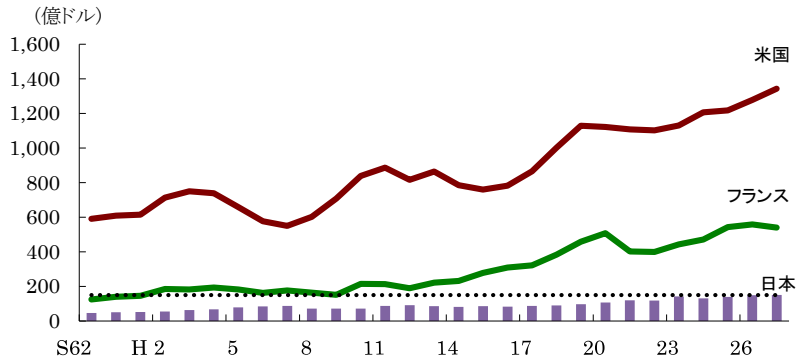
(一社)日本航空宇宙工業会調

図 1-2-7 航空機工業の作業別生産額



(一社)日本航空宇宙工業会調

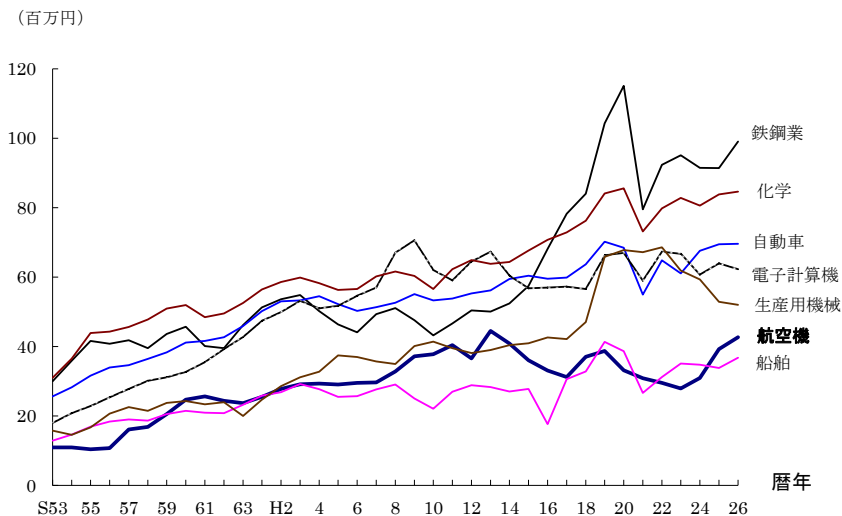
図 1-2-8 日本の航空機工業生産規模の現段階



(一社)日本航空宇宙工業会調

航空機工業の1人当たりの製造品出荷額は、図1-2-9に示すように平成13年以降の漸減傾向から増加傾向に転じつつあるが、世界的に競争力のある自動車工業と比べるとまだ約半分で、生産用機械工業とほぼ等しいレベルにある。

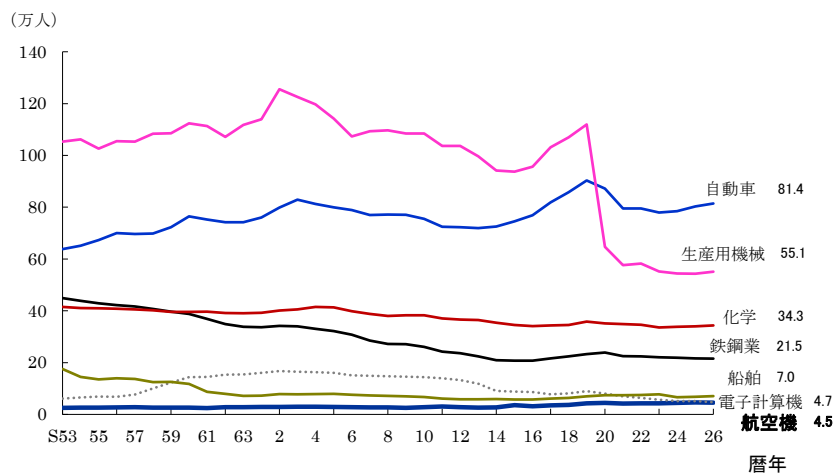
図1-2-9 1人当たりの製造品出荷額の推移



(出典：工業統計表)

また航空機工業の産業分野別従業員数は、図1-2-10に示すように徐々に伸びているが、国内の産業規模の大きな自動車工業と比べると約18分の1のレベルにある。

図1-2-10 産業分野別従業員数の推移



(出典：工業統計表)

表 1-2-6 航空機工業の年別生産・労務実績

年度	生産額の作業別内訳 (単位: 億円)											従業員数 12月現在 人員 (人)	
	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		エンジン	その他			合計
	機数												
40	102	129.6	118.7	28.6	52.5	329.4	69.8	11.4	22.9	21.2	125.3	454.7	21,564
41	113	136.2	169.0	68.8	74.3	448.3	81.5	19.2	23.2	28.6	152.5	600.8	23,003
42	148	275.4	181.8	70.2	98.2	625.6	89.6	39.7	25.7	40.0	195.0	820.6	24,413
43	156	353.9	248.4	78.3	96.7	777.3	96.7	34.2	32.3	37.7	200.9	978.2	25,673
44	235	336.5	241.8	92.3	128.1	798.7	104.4	36.6	31.5	36.6	209.1	1,007.8	27,541
45	205	323.8	281.0	113.2	165.4	883.4	98.5	34.5	37.9	43.6	214.5	1,097.9	28,515
46	197	313.0	296.8	148.4	162.2	920.4	88.4	27.2	40.4	42.1	198.1	1,118.5	27,826
47	188	438.2	362.5	228.6	250.5	1,279.8	92.7	28.5	40.8	40.5	202.5	1,482.3	27,580
48	252	615.2	455.8	265.1	300.2	1,636.3	91.1	33.3	51.4	37.6	213.4	1,849.7	26,026
49	211	529.8	550.5	324.3	344.5	1,749.1	120.3	35.7	56.3	47.9	260.2	2,009.3	26,229
50	162	776.4	669.4	431.6	296.7	2,174.1	143.0	44.4	58.7	60.1	306.2	2,480.3	26,746
51	141	718.0	607.8	487.1	300.4	2,113.3	168.8	49.4	59.7	83.1	361.0	2,474.3	24,967
52	145	821.1	666.8	455.9	364.4	2,308.2	192.0	48.6	69.7	96.6	406.9	2,715.1	24,009
53	142	684.1	718.2	586.6	433.6	2,422.5	225.1	65.1	80.4	103.9	474.5	2,897.0	25,398
54	170	684.6	685.6	462.4	450.8	2,283.4	240.1	80.4	97.8	128.0	546.3	2,829.7	25,653
55	164	621.2	807.7	439.3	408.0	2,276.2	217.8	87.4	108.1	133.9	547.2	2,823.4	26,373
56	132	655.6	997.4	596.7	477.3	2,727.0	269.9	84.8	88.4	147.9	591.0	3,318.0	27,096
57	123	990.6	1,320.4	733.7	557.7	3,602.4	281.9	93.6	120.2	198.0	693.7	4,296.1	27,865
58	82	1,186.4	1,248.2	776.2	735.0	3,945.8	289.2	84.6	107.8	204.9	686.5	4,632.3	26,370
59	120	1,657.3	1,590.6	887.4	837.1	4,972.4	305.4	90.2	127.7	226.8	750.1	5,722.5	25,986
60	125	2,169.9	1,422.3	1,059.0	931.3	5,582.5	299.1	85.4	133.4	248.3	766.2	6,348.7	25,981
61	92	1,709.3	1,389.0	1,093.8	1,220.6	5,362.7	301.2	123.7	176.2	320.0	921.1	6,283.8	24,261
62	111	1,896.4	1,501.3	1,022.5	1,248.3	5,668.5	310.7	113.2	187.6	321.4	932.9	6,601.4	27,410
63	149	1,971.3	1,681.6	1,062.3	1,418.8	6,134.0	294.3	128.1	209.4	285.2	917.0	7,051.0	27,913
H 1	188	1,808.4	1,844.1	1,263.0	1,615.4	6,530.9	407.7	135.7	227.2	248.8	1,019.4	7,550.3	28,639
2	169	1,851.4	2,039.9	1,277.6	1,729.2	6,898.1	488.6	163.2	277.0	268.2	1,197.0	8,095.1	28,810
3	173	2,128.4	2,350.7	1,461.3	1,765.1	7,705.5	516.5	163.1	250.9	284.9	1,215.4	8,920.9	29,160
4	169	1,731.0	2,687.5	1,463.9	1,645.4	7,527.8	550.6	166.3	290.1	295.4	1,302.4	8,830.2	29,237
5	146	2,196.9	2,216.4	1,556.0	1,294.3	7,263.6	501.4	256.3	278.0	293.7	1,329.4	8,593.0	28,958
6	122	1,977.4	2,097.3	1,464.7	1,181.7	6,721.1	597.9	296.7	305.8	327.6	1,528.0	8,249.1	27,645
7	83	1,916.5	2,037.5	1,247.2	1,098.8	6,300.0	685.3	276.9	259.2	369.7	1,591.1	7,891.1	27,311
8	89	1,696.8	2,677.4	1,438.3	1,156.8	6,969.3	702.1	314.7	289.3	416.8	1,722.9	8,692.2	26,510
9	107	1,296.7	3,547.2	1,718.1	1,245.3	7,807.3	655.4	331.5	311.6	411.0	1,709.5	9,516.8	25,281
10	128	1,239.1	3,857.2	2,002.0	1,267.5	8,365.8	631.6	369.1	319.9	362.4	1,683.0	10,048.8	25,845
11	79	1,312.7	3,535.5	2,028.7	1,200.3	8,077.2	642.4	397.9	377.5	347.4	1,765.2	9,842.4	25,287
12	87	2,270.9	3,256.9	1,849.6	1,079.1	8,456.5	762.8	403.3	401.6	377.2	1,944.9	10,401.4	25,028
13	67	1,688.0	3,422.3	2,080.4	1,130.6	8,321.3	750.5	359.8	458.0	329.4	1,897.7	10,219.0	24,135
14	98	1,653.2	3,422.0	1,981.2	1,072.4	8,128.8	774.1	389.1	465.2	307.6	1,936.0	10,064.8	23,768
15	110	1,253.5	2,745.2	1,935.2	1,060.7	6,994.6	848.2	404.2	517.6	287.5	2,057.5	9,052.1	23,552
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	22,604
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	22,965
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	22,213
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	24,727
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	24,856
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	25,179
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	24,632
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	24,694
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	26,938
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	27,876
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	28,401
27	22	658.4	8,901.8	5,000.6	978.5	15,539.2	738.8	587.6	831.8	219.1	2,377.2	17,916.5	27,846

(注) 1.作業別内訳(製造)のその他には、プロペラ及び回転翼、補機、航空計器がある。

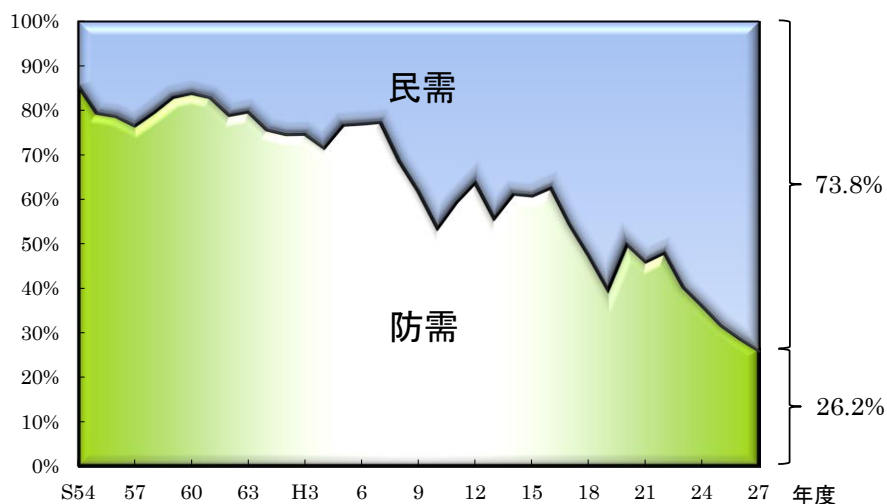
出典: 経産省生産動態統計機械統計編

2. 需要構造

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に依存している。航空先進国の平成 27 年の防衛比率は米国 31%、仏国 21%となっている。(図 1-1-4 参照)

平成 27 年度の日本の航空機工業全体に占める防衛の割合は約 26%で、前年より 2%減少し過去最低となった。平成 18 年以降、民需と防衛の比率が逆転した要因としては、民間航空機の生産額が国際共同開発の順調な進展に伴い増加したこと、防衛航空機の生産額が防衛予算の漸減に加え維持整備費用の増加の影響から新製機の取得数量減により減少したことが考えられる。これまで防衛需要が高かった理由としては、戦後の航空機工業再開当初は米国から防衛庁(現 防衛省)への供与機修理事業からスタートし、その後防衛庁機のライセンス生産や自主開発のプロセスを経て今日に至っていることが挙げられる。(図 1-2-11 参照)

図 1-2-11 需要別生産額構成比

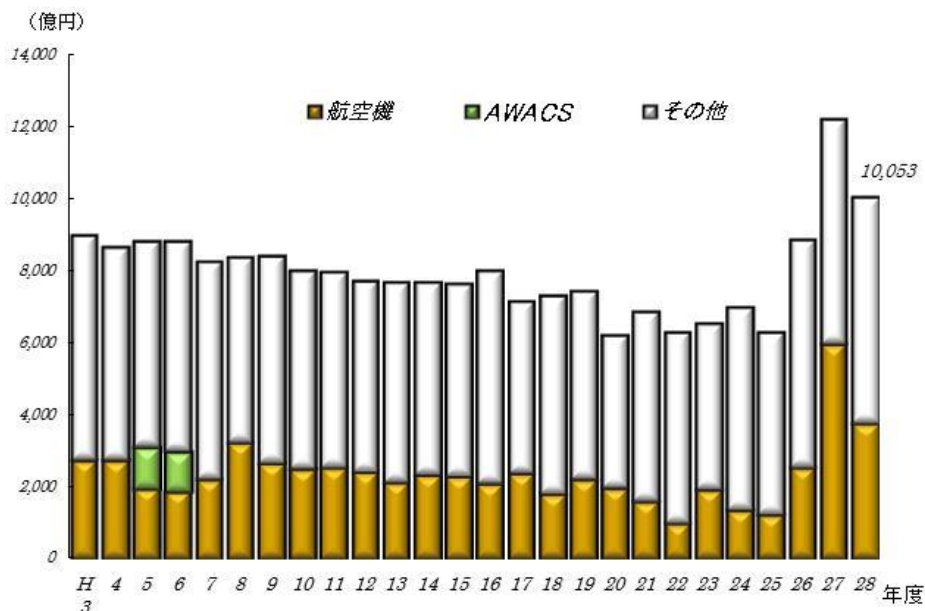


出典：経済産業省 機械統計、財務省 貿易統計

一部の例外国はあるにしても世界的に防衛費削減の傾向にあり、我が国においても図 1-2-12 に示すように、平成 3 年度以降防衛庁正面装備品の新規契約総額が削減され、航空機(機体、エンジン、機器)の契約総額も減額されて来た。平成 10~20 年度はほぼ 2,000 億円台の規模で推移していたが、平成 20 年度以降は漸減傾向が続いた。しかし平成 26~27 年度は連続して増加し、平成 27 年度は P-1 固定翼哨戒機

のまとめ買い契約等により、平成3年以降で最高となっている。今後、防衛省のまとめ買いにより、年度毎の調達額が増減することが予想される。

図 1-2-12 防衛省正面装備品新規契約総額の推移
(対象：機体、エンジン、機器の本体、改修、改善費用)



出典：防衛白書

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

平成に入り、平成5～6年はAWACS(早期警戒管制機)の導入(完成機輸入)に伴い、国内需要への影響が大きい年となった。早期警戒管制機はB767を使用した改造型(E-767)として導入され、現在も運用されている。

平成9年からの世界的縮減傾向を背景とした財政構造改革の影響で、平成18年度に防衛需要依存度は48%となり、防需が民需を初めて下回った。平成27年度の

防衛需要の割合は 26%となり、前年に引き続き 30%を下回り過去最低となった。

平成 25 年末に策定された中期防衛力整備計画(平成 26 年度～平成 30 年度)においては、計画の方針として、「特に重視すべき機能・能力についての全体最適を図るとともに、多様な活動を統合運用によりシームレスかつ状況に臨機に対応して機動的に行い得る実効的な防衛力として統合機動防衛力を構築すること、並びにハード及びソフト両面における即応性、持続性、強靱性及び接続性も重視した防衛力とする」ことが決定された。そのため、周辺海空域の安全確保として固定翼哨戒機(P-1)及び哨戒ヘリコプター(SH-60K)の整備や、新たな早期警戒機(E-2D)の整備、滞空型無人機(グローバルホーク)の導入が織り込まれた。さらに南西地域の島嶼部における防衛態勢の強化を図るべく、ティルト・ローター機(V-22)、戦闘機(F-35A)、新空中給油・輸送機(KC-46A)、救難ヘリコプター(UH-60J)、および輸送機(C-2)の取得等が織り込まれた。これらによって防衛需要は、僅かではあるが増加しつつある。

《民間需要》

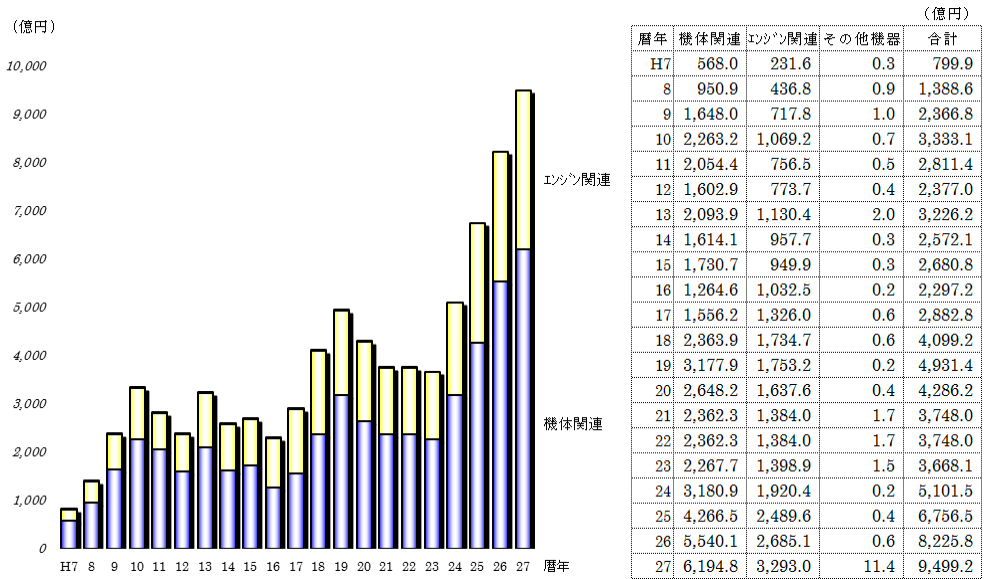
国内需要は YS-11 の生産を終了した昭和 48 年以後需要がもっぱら国内エアライン、民間航空サービス向けの部品・修理に限られるようになったが、国内保有機数の増大に比例して増えてきた。

また、我が国の輸出(対生産額)は、日本貿易年表によると、輸出比率が 10%に満たない状態が長く続いたが、平成 8 年頃から航空機部品の輸出が増加し、平成 17 年以降は 30%以上が続き、平成 27 年度は過去最大の 52%になった。

平成 27 年(暦年)の輸出額は 9,499 億円で前年比 15%の増加となった。(図 1-2-13、図 1-2-14 参照)

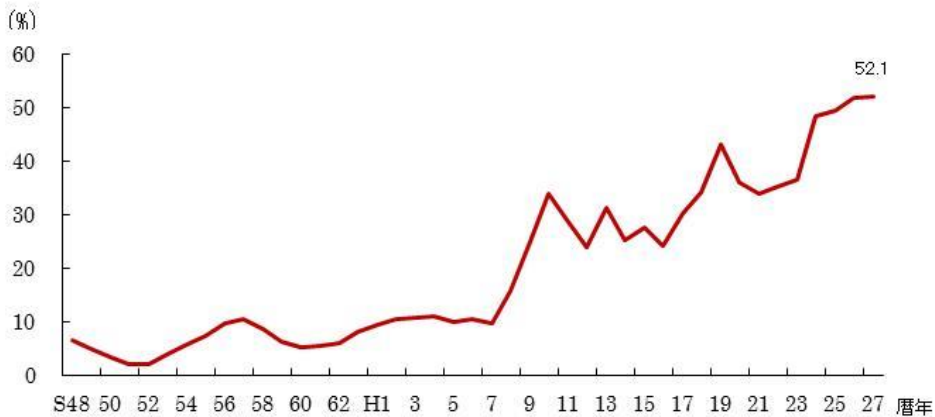
公表された諸外国の航空機工業の売上高に占める輸出比率(平成 27 年)は、米国 59%、仏国 84%(いずれも宇宙を含む)と高く、航空機工業が国を支える有力な輸出産業となっている。これは軍用機輸出があること、当初は軍用開発でも民間に転用され輸出できることなどの背景による。我が国では、平成 23 年 4 月に防衛省は「防衛省開発航空機の民間転用に係る技術資料の利用に関する手続」を通達し防衛航空技術の幅広い活用が検討されている。また、政府は平成 23 年 12 月に「防衛装備品等の海外移転に関する基準」を発表した。さらに平成 26 年 4 月 1 日に発表された防衛装備移転三原則では、防衛装備の海外移転について明確な原則を定めた。今後も我が国が抱える課題を一つ一つ解決しながら対処していくことが必要とされる。

図 1-2-13 品種別輸出額の推移



出典：財務省 貿易統計

図 1-2-14 日本の航空機工業の輸出比率の推移



(一社) 日本航空宇宙工業会調

一方、世界的軍需の低下から平成 9 年 8 月のボーイング社とマクドネル・ダグラス社との合併のように、各国のメーカーは生き残りを賭けた業界再編成を展開しており、世界の民需市場での競争は一段と激化している。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 B777、分担比率を 35% にまで引き上げた B787 や国際共同開発プロジェクトの

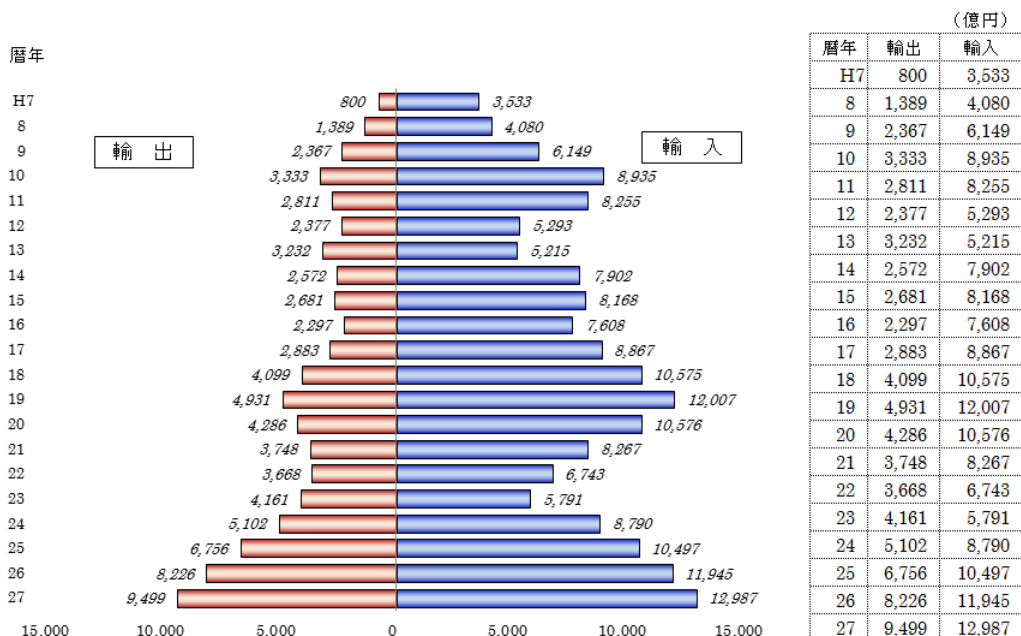
V2500 で得た技術開発などのノウハウを生かし、国際共同開発のシェアの拡大や海外からの下請部品の積極的取り込みなど、民間輸出の増加を図ってきている。

3. 輸入動向

財務省貿易統計によれば、平成 8 年から平成 27 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 8 兆 419 億円で、これは同期間の航空機工業の生産額(暦年)22 兆 2,905 億円(機械統計年報)の 32%を占めるに過ぎない。これに対して、平成 8 年から 27 年までの航空機工業の輸入累計額は 16 兆 8,650 億円であり、同期間の輸出累計額の約 2.1 倍、同じく航空機工業の生産累計額の 71%に匹敵し、我が国の航空機関連輸入額がいかに大きいかが理解できる。なお、輸出入バランスは、航空機工業再開以来恒常的に入超を示している。(図 1-2-15 参照)

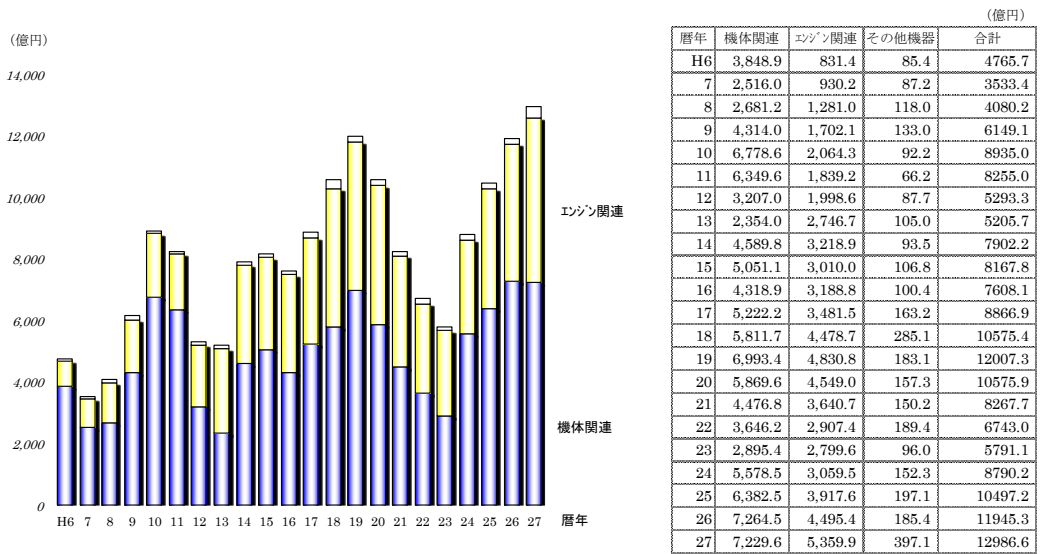
平成 27 年の航空機工業輸入額は前年比 9%増加の 1 兆 2,987 億円で平成 19 年頃のレベルに戻っている。その内訳は航空機と部品・付属品が 56%、エンジンとその部品が 41%、関連機器が 3%である。(図 1-2-16、図 1-2-17 参照)

図 1-2-15 航空機関連輸出入の推移(単位：億円)



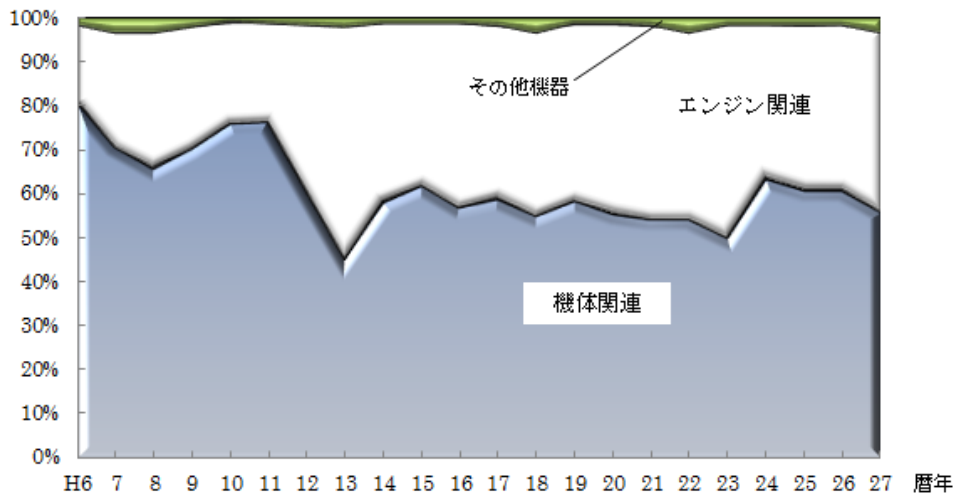
出典：財務省 貿易統計

図 1-2-16 品種別輸入額の推移



出典：財務省 貿易統計

図 1-2-17 品種別輸入額の構成比



(一社)日本航空宇宙工業会調

4. 技術開発動向

航空機工業は素材、工作機械、電子部品、ソフトウェアなどの幅広い分野に渡る最先端の産業力を結集した裾野の広い産業であり、それぞれの分野で最先端の技術

力が要求され、製造業全体の技術を牽引するという役割を果たしてきた。中でも防衛航空機部門は各国で国防予算を投入した超最先端技術の実証の場としての側面も有する。このため、世界各国においては、民間機主導により航空機工業全体の発展を図りつつ、特殊な技術基盤が要求される防衛航空機の開発を民生技術も活用しながら進めることで、防衛産業基盤を維持すると同時に、民生分野への技術のスピノフが進められている。

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

我が国でも技術開発や航空機開発に対して積極的な政府の支援措置が行われており、財政的支援のみならず、1メーカーだけで保持するには稼働率が低く効率の悪い大型・高額の研究開発設備を国が建設・所有し、複数のメーカーが利用できる道も開けている。防衛関係では、北海道東千歳に空力推進研究施設として高空試験設備などが建設され、P-X用XF7エンジンなどの開発試験に利用された。

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

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

平成5年3月に基盤技術研究促進センター出資のもとに「先進材料利用ガスジェネレータ研究所」が設立され、航空機エンジンも対象とした革新的ガスタービンの基盤技術の確立を目指して研究を行って来た。

超音速輸送機について通産省(現 経済産業省)は、要素技術や材料技術など日本全体の技術レベルの底上げを図り、平成元年度より「超音速輸送機推進システムの研究開発」(HYPRプロジェクト)を開始し平成10年度まで継続した。本プロジェクト

は国内エンジンメーカー3社(石川島播磨重工業、川崎重工業、三菱重工業)で構成される HYPR 組合と国立研究所4機関(航空宇宙技術研究所、機械技術研究所、計量研究所、大阪工業技術研究所)及び海外エンジンメーカー4社(UTC、GE、RR、SNECMA)が研究を実施し、産業科学技術研究開発制度によって進められた初の国際共同プロジェクトであった。

また平成11年度からは5年間にわたり次世代超音速輸送機のエンジンの高性能化と環境適合性を同時に改善して社会的受容性を高めるため、低騒音化技術や窒素酸化物排出抑制技術等の開発を行った。この「環境適合型次世代超音速推進システム研究開発」(ESPR プロジェクト)では HYPR プロジェクトと同じ国内エンジンメーカー3社で構成される ESPR 組合と海外エンジンメーカー4社および国立研究所2機関(宇宙航空研究開発機構(JAXA)、産業技術総合研究所)により研究を実施した。コンコルド以降超音速の民間機は途絶えているが、近年小型機分野で新たな開発が行われるようになってきている。JAXA ではソニックブームと燃料消費量を低減する技術開発プロジェクト D-SEND を実施しており、低ソニックブームが小さくなる機体設計技術コンセプトを実証した。

経済産業省は、平成15年度から民間航空機基盤技術プログラムに係る事業として、「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」プロジェクトを開始し、平成20～24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、(一財)日本航空機エンジン協会(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年度から平成18年度)は、実用化要素技術の確立を、そして第3期(平成19年度から平成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-20dB)を満足させる各種技術とともに、低コスト製造技術の開発など、広く実用化に向けた技術の開発を行った。

小型民間輸送機エンジン開発プロジェクトについては、平成8年4月に(一財)日本航空機開発エンジン協会(JAEC)とゼネラル・エレクトリック社との間でCF34-8Cエンジン(14,000ポンド)の共同開発協定が締結され、日本は高圧圧縮機の

後段部分、低圧タービンやアクセサリー・ギアボックスなど 30%のシェアが確定した。また、平成 12 年 6 月に中小型民間輸送機用エンジンとして推力を増大させた CF34-10 についても同様の枠組みでゼネラル・エレクトリック社との共同開発協定が締結された。

平成 13 年度からは P-3C や C-1 の後継機として、次期固定翼哨戒機(P-X)および次期輸送機(C-X)の同時開発が計画され、共通化を図りながら国産開発が進められている。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。

さらに、P-1、C-2 や救難飛行艇(US-2)の民間への転用検討や、超音速輸送機の動向も大いに注目される。平成 24 年 4 月には「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」の通達に基づいて輸送機 C-2 と救難飛行艇 US-2 の情報開示が承認された。平成 28 年 4 月 22 日には、国産の XF5-IHI-10 ターボファンエンジンを搭載した X-2 先進技術実証機が、県営名古屋空港から離陸し初飛行に成功した。

B787 の共同開発には(一財)日本航空機開発協会(JADC)、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業が参画し、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 と三菱重工業がゼネラル・エレクトリック社の GEnx プログラムに、川崎重工業及び三菱重工業がロールス・ロイス社の Trent 1000 プログラムにそれぞれ参画している。

Honda は平成 15 年 12 月の試作機の初飛行から 7 年後の平成 22 年 12 月に量産型 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 12 月には 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nz」が開発した HF120 ターボファンエンジンが搭載されている。

三菱重工業は昭和 48 年の YS-11 の生産終了以来ほぼ半世紀振りとなる 70~90 席の国産初のジェット旅客機(三菱リージョナルジェット(MRJ))の開発着手を決定

し、平成 20 年 4 月には三菱航空機を設立して、MRJ を正式にローンチし本格的に開発を開始した。MRJ には世界最先端の空力設計技術、騒音解析技術が適用されている。平成 26 年 10 月にはロールアウトが行われ、平成 27 年 11 月に初飛行を実施し、当初の計画より遅れたものの、着実に開発が進んでいる。

平成 26 年 9 月に初飛行した A320neo(New Engine Option)に換装エンジンのひとつとして採用された PW1100G-JM エンジンの開発プログラムには、(一財)日本航空機エンジン協会(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 12 月に型式承認を取得、搭載機である A320neo は、平成 27 年 11 月に FAA 及び EASA の型式証明を取得した。

平成 26 年 6 月には、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。平成 26 年 7 月には B777 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った。

これらの動きの中で、世界的な需要増加に対応しつつ、さらに完成機などの新たな開発も重なり、積極的な投資が行われており航空機産業の裾野拡大が期待される。

第3章 日本の航空機工業の課題と展望

第1節 航空機工業の産業基盤の確立

1. 課題と展望

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

その格差をなくすには、現在の防衛需要に依存しがちな状態から脱却し、海外メーカーとの民間航空機共同事業をさらに促進し、民需部門の拡充を図る必要がある。民間航空機の国際共同開発には、開発費の負担軽減や海外市場の確保というメリットがあり、世界の航空機工業の大きな流れとなっている。日本の航空機メーカーにとっては、将来の国産旅客機開発のための技術力やノウハウの蓄積という効果も期待でき、平成27年11月に初飛行に成功した三菱リージョナルジェット(MRJ)の開発・受注という形で実を結びつつある。

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

2. 防衛需要の動向

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

我が国の航空機工業には、防衛省機の研究開発・生産を充実させることによって航空防衛力の基盤を支え、強化するという態勢の維持が求められている。航空機の開発や生産には多額の設備投資と高度の技術水準を必要とし、関連産業も広範囲にわたるため、生産能力を整えるには長い期間が必要である。一朝一夕に整備し得ない航空機の技術基盤や生産基盤を維持するためには、可能な限り中断や変動のない安定した開発・生産が続けられるような状況が望まれる。航空機工業全体の発展を図るためにも、防衛需要の安定が必要である。しかしながら、平成 23 年 9 月には、F-2 戦闘機の生産が完了し、昭和 30 年以来続いてきた戦闘機の国内生産が途切れた。これに対し、防衛省は同年 12 月に次期戦闘機として米国政府提案の F-35A の採用を決定し、製造及び修理に参画する主たる国内製造企業として機体に三菱重工業を、エンジンに I H I 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 12 月に政府は「防衛装備品等の海外移転に関する基準」を、平成 25 年 3 月には「F-35 の製造等に係る国内企業の参画についての内閣官房長官談話」を発表し、武器輸出三原則等の例外となる場合の基準を決定するとともに、我が国の企業が F-35 の製造に参画することを決定した。

近年の中国の経済面・軍事面での台頭により日本を取り巻く安全保障環境は大きく変化し、日本の防衛力のあり方もこれまでとは異なったものになってきている。このような状況下、政府は平成 25 年 12 月に「平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱」と「中期防衛力整備計画(平成 26 年度～平成 30 年度)」(新中期防)を策定した。この新中期防は 5 年間の限度額として 24 兆 6,700 億円(平成 25 年度価格)を目処としており、前中期防の限度額(23 兆 4900 億円)に比較し約 5%増となっている。更に平成 26 年 4 月、「防衛装備移転三原則」が閣議決定され、同年 6 月に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「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。

3. 民間航空機の需要拡大

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

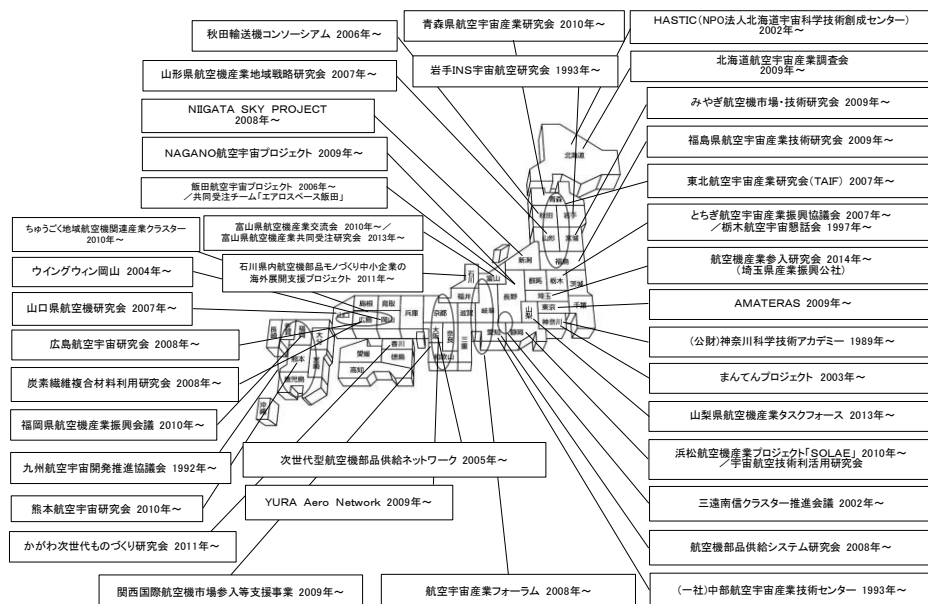
我が国の航空機工業は、米国ボーイング社を中心とした B767 旅客機の共同開
発・量産事業、日・英・米・独・伊の 5 ヶ国による V2500 ターボファンエンジンの共同
開発、B777 旅客機の共同開発・量産事業、B787 旅客機及び搭載エンジンの共同開
発などのプロジェクトに参画することにより、着実に技術力を身につけている。平
成 27 年 7 月には日本航空機開発協会および日本メーカー 5 社は B777X 旅客機の共
同開発・量産事業に関する基本契約に調印した。さらに、小型の航空機やヘリコプ
ターの国産開発、リージョナルジェット機の開発及び海外市場への参入、外国航空
機メーカーの量産事業への参加等もあって、現在、技術面においては国際的に高い
評価を受けている。今後も国際共同事業を促進し、研究開発段階から参画するなど、
果す役割を大きくすることが望まれる。

一方、民間航空機はその購入資金規模が著しく大きく、購入者のファイナンスも
含めて考慮されなくてはならないこと、購入者であるエアライン間の競争も激烈で
あること、航空機が安全性・信頼性を最優先させる商品であること等から、その販
売には特有のノウハウを要し、一朝一夕に成るものではない。長期的視野に立った
航空機やエンジン等の販売促進策(販売部門でのプロフェッショナルの育成・強化、
セールス・サポート体制の整備、リース等の販売形態の多様化及び多様な取引条件
への対応、プロダクトサポート等アフターサービス体制の充実等)を確立し、着実に
実行していくことがこれからの重要課題となる。

また、航空機工業は他の産業と異なり、民需事業におけるリスクが桁違いに大き
いことから、各国とも直接・間接の助成を行っている。私企業である以上、リスク
は自己負担とするべきであろうが、その規模にまで企業のレベルが達していないの
が我が国の航空機工業の現状であり、引き続き大きなリスクのある開発プロジェク
トについては国による支援が望まれる。平成 23 年 12 月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 6 月

にはエリアを愛知、岐阜、三重、長野、静岡の5県へと広げ、平成28年3月には指定区域は76、関係企業・団体・自治体は295に拡大した。また、日本各地で航空機産業振興に取り組む活動が行われており、図1-3-1に示す企業「クラスター」が形成されつつある。

図1-3-1 企業「クラスター」（平成27年3月現在）



出典：（一社）日本航空宇宙工業会

さらに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1月より「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8月、「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン」を公表した。本ビジョンでは今後20年で約2倍の成長が見込まれる世界の航空機産業において、日本はこれを上回る10倍の成長(世界シェア20%)を目指し、政府として関係機関が一丸となって積極的に取り組むことが必要とされ、「民間航空機国産化研究開発プログラム」、「超音速機研究開発プログラム」や「大型試験設備の整備」等の横断的施策が示されている。

第2節 開発プロジェクトの推進

1. 国際共同開発

(1) PW1100G-JM(次世代中小型民間輸送機用エンジン)

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

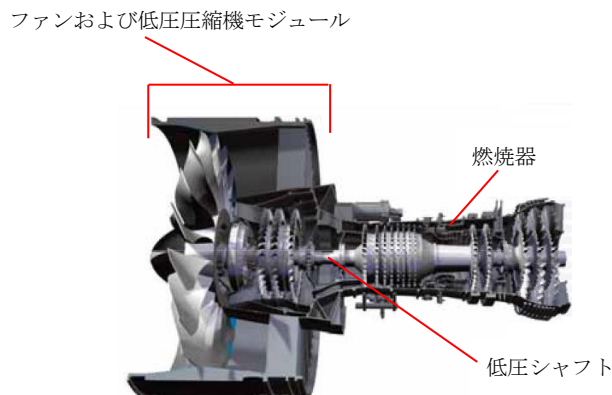
このような市場の要求を受けてエアバス社は、平成 22 年 12 月、従来の機体に比べ燃料消費量 15%削減を目標に A320 シリーズ機のエンジンを換装する A320neo(New Engine Option)プログラムを正式に決定した。

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にて要素性能を向上して性能改善を図る LEAP-1A が選定された。

(財)日本航空機エンジン協会は、PW1100G-JM 開発プログラムへの参画を決定、平成 23 年 9 月 V2500 プログラムのパートナーである米国プラット・アンド・ホイットニー社、独国エムティーユー社の 2 社と国際共同開発に基本合意した。(財)日本航空機エンジン協会はこの国際共同開発事業に 23%の分担比率で参加、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、(財)日本航空機エンジン協会を事業主体として IHI、川崎重工業および三菱重工業(現 三菱重工航空エンジン(平成 26 年に三菱重工業の民間航空エンジン事業を会社分割し発足))の 3 社が参画している。(図 1-3-2 参照)

図 1-3-2 PW1100G-JM 日本担当部位



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、パイパス比を約 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 24 年 11 月にはプラット・アンド・ホイットニー社ウエストパームビーチ工場にて開発エンジン初号機の運転試験を開始し、平成 26 年 12 月にエンジン型式承認を取得した。同年 9 月には PW1100G-JM を搭載した A320neo 初号機の機体飛行試験を開始し、平成 27 年 11 月に機体型式証明を取得した。平成 28 年 1 月にルフトハンザ航空にて商業運航を開始した。

また、ロシアのイルコウト社が開発中の機体 MS-21 に搭載する PW1100G-JM の派生型である PW1400G-JM も平成 28 年 5 月にエンジン型式承認を取得した。

(2) Passport 20

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

このような市場背景を受けて、ボンバルディア社は平成 22 年 10 月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。

Passport 20



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。

(一財)日本航空機エンジン協会は、平成 24 年 9 月に Passport 20 プログラムの国際共同契約をゼネラル・エレクトリック社と締結、この国際共同開発事業に

30%の分担比率で参画し、ファンシャフト、ファン静止部及び関連部品、高圧圧縮機の後段部、低圧タービンモジュール、アクセサリー・ギアボックス等を担当している。国内では(一財)日本航空機エンジン協会を事業主体として IHI 及び川崎重工業が参画している。平成 25 年 6 月に開発エンジン初号機の運転試験が開始され、平成 28 年 4 月にエンジン型式承認を取得した。なお、Passport 20 を搭載する Global 7000 の飛行試験が平成 28 年 11 月より開始された。

(3) GE9X (次世代大型民間輸送機用エンジン)

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 シリーズ機 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あり、これに搭載するエンジンとして、平成 25 年 3 月、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 8 月に IHI と共に(一財)日本航空機エンジン協会とゼネラル・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、(一財)日本航空機エンジン協会を事業主体として、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。

別途、三井物産が GE9X の開発において、主要な戦略パートナーとして参画することに平成 24 年 10 月にゼネラル・エレクトリック社と合意した。また日本政策投資銀行も戦略パートナーとして平成 26 年 4 月より参画している。

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 機搭載の 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 4 月に初号機の運転試験を開始した。平成 30 年にエンジン型式承認取得、平成 32 年に商用運航開始を予定している。

2. 国内開発

(1) 次期固定翼哨戒機(XP-1)及び次期輸送機(XC-2)

海上自衛隊の次期固定翼哨戒機(XP-1)及び航空自衛隊の次期輸送機(XC-2)は、それぞれ現用の P-3C、C-1 の後継機として、平成 13 年度に開発が開始された。大型機の国産開発としては約 30 年ぶりのプロジェクトであり、主契約社は川崎重工業で、両機種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 7 月には、2 機種のロールアウト式典が行なわれ、9 月には XF7-10 エンジンを搭載した XP-1 の試作 1 号機が初飛行に成功、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 24 年度に開発が完了、厚木基地に量産機 P-1 の配備が始まっている。また、XC-2 は平成 22 年 1 月に試作 1 号機が初飛行に成功し、現在、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行なわれている。C-2 量産初号機は平成 28 年 6 月に防衛省へ納入された。

また、XC-2 試作 1 号機の納入式典の

次期固定翼哨戒機(XP-1)



次期輸送機(XC-2)



席上で、防衛大臣から防衛省開発航空機の民間転用を推進する意向が表明され、その後の防衛省内での検討を経て、平成 23 年度初めに「防衛省開発航空機の民間転用に関する手続」が定められた。現在は C-2 もこの手続に基づいて承認を受け、海外輸出に向けた検討を行っている。

(2) 無人航空機

防衛庁(現 防衛省)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である。平成 8 年に開発完了の後、技術実用試験を経て平成 13 年度には量産を開始、平成 16 年 1 月 28 日には量産初号機が初飛行、同年 2 月には陸上自衛隊に納入された。

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 3 月より各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。

遠隔操縦観測システム



無人機研究システム



また、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として平成 16 年度より開始している。平成 19 年から 23 年度まで技術実用試験を実施し、無人航空機の効果的な運用方法及び装備化に必要なデータを得た。なお、平成 21 年 12 月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として平成 25 年度より開始している。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る。民間分野では、様々な分野で活用が期待されているマルチコプターの開発が盛んに行われており、安全に運用する技術だけでなく、航空法、電波法等の課題についても同時に研究が進められている。

このように、世間で無人航空機が注目されてきた背景もあり、国土交通省は、平成 27 年 9 月に航空法の一部を改正し、平成 27 年 12 月 10 日から無人航空機の飛行ルールを新たに導入した。今回の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(200g 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。

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)200 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)200 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 99 条の 2)のみが適用される。

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。

c. 飛行の禁止空域： 有人の航空機の衝突するおそれや、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域として、以下の空域で無人航空機を飛行させることは、原則として禁止されている。これで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。) 尚、自身の私有地であっても、以下の空域に該当する場合には、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。

- ・ 地表又は水面から 150m 以上の高さの空域
- ・ 空港周辺の空域(空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域)
- ・ 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。

- ・ 日中(日出から日没まで)に飛行させること
- ・ 目視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること(目視外飛行の例：FPV(First Person's View)、モニター監視)
- ・ 第三者又は第三者の建物、第三者の車両などの物件との間に距離(30m)を保って飛行させること
- ・ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- ・ 爆発物など危険物を輸送しないこと
- ・ 無人航空機から物を投下しないこと

日本の各無人航空機メーカーは、平成 27 年の改正航空法に対応すべく、無人航空機の研究・開発・設計を進めている。

3. 将来開発プロジェクト

(1) 先進技術実証機(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の先進技術を備えた航空機であり、実際に飛行実験することで、近い将来、我が国周辺に配備される可能性があるステルス戦闘機に対抗するための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

先進技術実証機(X-2)



している。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 25 年度に飛行試験機の製造を終え、平成 26～27 年度に全機地上試験等を実施、平成 28 年 4 月 22 日に初飛行を実施、同年 6 月 13 日に防衛装備庁に納入された。引き続き、防衛装備庁による性能確認試験(飛行試験等)が実施されている。なお、同年 1 月 28 日には型式名称として“X-2”が付与されている。

(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が重要な課題であり、その一環として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いる。

小型民間輸送機は、今後大きな需要が見込まれ(今後 20 年間における 100～149 席クラスの総需要予測は約 7,400 機)、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、平成 13 年度に開始された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ており、平成 18 年度からは救難飛行艇(US-2) も活用対象に加えている。大きな需要が見込まれる 100~150 席クラス細胴旅客機、市場の潜在的需要が見込まれる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・改造開発に必要な研究開発を実施することにより、我が国主導の民間機開発を効率的に実現することを目指している。平成 24 年度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

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

(4) 大型民間輸送機

平成 25 年度から「大型民間輸送機関連技術開発事業」として、次世代の大型民間輸送機の軽量化、低コスト化及び省エネルギー化を実現する候補技術について米ボーイング社と共同で技術開発を実施している。

平成 26 年度には「次期大型民間輸送機(B777X)開発準備事業」として、開発事業参画に関する諸条件等についてボーイング社と協議し、共同開発に係わる準備作業を行い、その後は「大型民間輸送機(777X)開発事業」に移行し、政府の助成を受けて基本設計及び各種の試験に関する作業を行った。平成 27 年度以降も引き続き政府の助成を受けて B777X の共同開発事業を進めており、機体の計画設計、試験用供試体及び関連する治工具の設計・製作に関する作業を実施している。

(5) 超高速輸送機

超音速輸送機(SST : Super-Sonic transport)は、旧ソ連の Tu-144 と英仏共同のコンコルドの 2 機種が開発されたが、いずれも環境性と経済性を満足できず少数の製造に終わった。その後、1980 年代後半から世界各国で次世代超音速機の研究開発が進められた。次世代超音速機は膨大な開発費の負担や需要の面から、多国間の国際共同開発が世界的なコンセンサスとなっていた。我が国においても昭和 62 年度以降、(社)日本航空宇宙工業会が通産省の委託を受け、将来の国際共同

開発に備えて調査・研究を行なってきたが、平成 13 年度で終了した。

しかしながら、航空機本来の目的である高速輸送、利便性向上のためには飛行速度の向上は不可欠であるとの認識から、より現実的な機体に方向を絞るかつこれまでの成果を活かすため、平成 14 年度から(財)日本航空機開発協会が経済産業省の補助を受け「超高速輸送機実用化開発調査」を開始した。これは従来のマッハ 2.0～2.4 の機体に比較し、低騒音、軽量化、低コスト化が可能と思える巡航マッハ 0.9～2.0 以下の機体に関して、機体仕様の検討、及び必要な要素技術の研究を行うプロジェクトであった。

平成 16 年度まではマッハ 0.98 の遷音速域を飛行する機体を重点に検討したが、平成 17 年度からは高速性による運航効率化に優れた巡航マッハ 1.6 の機体に絞ってフィージビリティスタディを実施した。

なお、平成 17 年 6 月に(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合意が締結されたのを契機に、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、エアバス社、EADS 社が参加して共同研究が開始された。この中でエンジン騒音低減手法、ジェット騒音伝播解析、複合材成形法、耐熱複合材の耐久性、機体／エンジン仕様等の検討が行われた。日仏共同研究は平成 20 年から 3 年間延長され、その成果を受け平成 23 年に更に 3 年間延長された。

また、航空宇宙技術研究所(NAL(現(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA))は、平成 9 年度から「次世代超音速機技術の研究開発」に着手し、平成 14 年 7 月と平成 17 年 10 月にオーストラリアのウーメラ実験場で小型超音速実験機(ロケット実験機)の飛行実験を行った。平成 17 年 3 月に示された JAXA の長期ビジョンには、「世界をリードする超音速機技術の確立のため、静粛高速研究機による先進的機体設計技術の実証及び高速推進システムの研究開発を実施する」と述べられ、その後は、ソニックブームを半減する先進的な機体コンセプトなどの実証を目指した「静粛超音速研究機の開発・飛行実験」に注力している。平成 22 年には「低ソニックブーム設計概念実証」のための D-SEND (Drop test for Simplified Evaluation of Non-symmetrically Distributed sonic boom)プロジェクトを立ち上げた。平成 23 年 5 月には、気球を用いて高度 20km および 27km

から軸対称供試体を落下させる実験(D-SEND#1)をスウェーデンのエスレンジ実験場で2回行った。平成25年8月と平成27年7月に、機体の先端と後端を低ソニックブーム化した航空機形状の3次元揚力体(超音速試験機)を、気球を用いて高度30kmから落下及び滑空させる実験(D-SEND#2)をスウェーデンのエスレンジ実験場で行い、平成27年7月の実験で計測したソニックブーム波形を解析した結果、全機低ソニックブーム設計技術(ソニックブームを低減させる設計概念と機体形状設計法の構築)の実現性を飛行試験で実証した。

ICAO(国際民間航空機関)におけるソニックブーム基準策定は、低ソニックブーム機体の実現することを前提としている。それゆえ、平成28年2月のICAO CAPE10総会で、ICAOのSSTGからD-SEND#2が飛行実証した成果が報告され、ソニックブーム基準策定検討を進める知見かつ解析手法の検証例として評価された。

(6) 三菱リージョナルジェット(MRJ)

平成19年10月三菱重工業は、MRJの正式客先提案を決定し、国内外の顧客候補エアラインへの販売活動を開始した。

平成20年3月、三菱重工業は、全日本空輸から受注するなど、市場の確かな手応えを得て、MRJの事業化を決定。設計、型式証明取得、販売、カスタマーサポートなどを担当する事業会社「三菱航空機株式会社」を立ち上げ、平成20年4月より事業が開始された。(資材調達、機体の製造は三菱重工業が実施している)

その後、三菱航空機はMRJの最大市場である米州(北中南米)の販売拠点として米国販売会社を設立し、平成20年11月より営業を開始、平成23年4月には欧州販売会社をオランダに設立し、営業を開始した。三菱航空機の現在の資本金は1,000億円で、三菱重工業、トヨタ自動車、三菱商事、住友商事、三井物産他数社が出資している。

MRJは世界最高レベルの運航経済性と客室快適性を兼ね備えた70~90席ク

MRJ 初飛行(三菱航空機(株)提供)



ラスの次世代リージョナルジェット機で、世界最先端の空力設計技術、騒音解析技術などの適用と、最新鋭エンジンの採用により、大幅な燃費低減を実現するとともに、騒音、排出ガスも大幅に削減し、エアラインの競争力と収益力の向上に大きく貢献することを目指している。

MRJ プログラムには、最新鋭の高効率エンジン「PurePower®PW1200G」を供給するプラット・アンド・ホイットニー社をはじめ※、パーカー・エアロスペース社(油圧システム)、UTC エアロスペース・システムズ社(電源、空調、補助動力などの各システム)、ロックウェル・コリンズ社(フライト・コントロール・コンピューター、アビオニクス)、ナブテスコ(フライト・コントロール・アクチュエーター)、住友精密工業(降着システム)、スピリット・エアロシステムズ社(パイロン)、AIDC 社(スラット、フラップなどの 5 部位)、エアバス・ヘリコプターズ社(ドア)、ゾディアック・エアロスペース社(内装品)などが主要パートナーとして参加している。

製造中の MRJ(三菱航空機(株)提供)

また、マニュアル作成の一部に関してサーブ社と、訓練プログラムの開発・実施に関して CAE 社と、カスタマーサポート支援に関しボーイング社と契約を締結している。



米国に到着した MRJ (三菱航空機(株)提供)

MRJ は、平成 22 年 9 月に部品製造を開始。平成 25 年 10 月には飛行試験初号機の最終組立を開始した。平成 26 年 9 月には地上機能試験を開始し、同年 10 月より、全機の静強度試験を開始した。同年 10 月には三菱



重工業の小牧南工場にてロールアウト式典を行い、飛行試験用の初号機を披露した。さらに引き続き 4 機の飛行試験機を製造している。

平成 27 年 11 月 11 日に初飛行を実施し、完成した飛行試験機を次々と飛行試

験に追加投入している。疲労強度試験機も平成 28 年 3 月に試験場に搬入された。同年 10 月米国ワシントン州モーゼスレイクを拠点に米国の飛行試験も開始し、平成 32 年半ばに納入を開始する予定である。

これまでの合計契約機数は下表に示す通り、447 機(うちオプション 180 機、購入権 24 機)となっている。(表 1-3-1 参照)

表 1-3-1 MR J 販売契約機数の内訳 (平成 28 年 11 月現在)

	確定	オプション	購入権	計
全日本空輸株式会社	15	10		25
Trans States Holdings, Inc.(米国)	50	50		100
SkyWest, Inc.(米国)	100	100		200
Air Mandalay Limited(ミャンマー)	6		4	10
Eastern Air Lines Group, Inc.(米国)	20		20	40
日本航空株式会社	32			32
Aerolease Aviation, LLC(米国)	10	10		20
Rockton AB(スウェーデン) ¹⁾	10	10		20
合計	243	180	24	447

1) : 契約の基本合意をもとに、追って正式契約を締結する予定。

※量産エンジンは最終組立と完成後の領収試験を三菱重工業で実施

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、各国とも積極的に振興のための助成を行っている。

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)により国家プロジェクトとして 中型輸送機 YS-11 の開発、生産、販売、プロダクトサポートが行なわれた。その開発等に対し政府は NAMC 資本金の 54%(42 億円)を出資したが、生産・販売段階では融資や社債発行時の政府保証以外、直接の助成は行なっていない。

YS-11 に次ぐ 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、最終的には米ボーイング社の B767 プログラムにリスク・シェアリング・パートナーとして参加するという形となった。このプロジェクトでは調査研究段階で 75%、開発段階で 52%、総額 160 億円の政府助成が行なわれ、この YX 開発事業(本格開発以降)の補助金に対しては、開発終了後量産事業で得た収益の一部を国庫へ納付させるという収益納付の条件が付されていたが、既に助成額の全額が返納済みである。

V2500 エンジン 5 カ国共同開発は、その前身である RJ500 と併せその開発費の一部が助成され当初 75%、その後 50%の補助率であったが、昭和61年7月より後述する新しい制度による助成が行われている。また YX 同様に収益納付の条件が付されている。

航空機やエンジンの開発には莫大な資金を要するため、それまでの補助金制度での限られた国家予算では対処し得ない事態が予測されるようになったため、昭和61年に航空機工業振興法が改正され、国際共同開発を対象とした新しい助成制度が発足し航空機国際共同開発促進基金(IADF)が設立された。この制度は、一部は従来の補助金に相当する助成部分を残しながら、事業に必要な資金の一部に対し政府系金融機関から融資を受け、その利子補給を IADF から受けるというスキームである。

この新スキームは、当初は以下に述べる(財)日本航空機開発協会(JADC)や(財)日本航空機エンジン協会(JAEC)によって実施された開発事業がその対象となった。

これらの助成を通じて我が国の部品レベルの生産技術は世界の最高水準に達しているが、さらに次世代の航空機開発に向けたシステム統合技術力の確立・強化を目指して、平成 11 年度からモジュールレベルの革新技術開発をも助成対象とする新政策がスタートし、「次世代航空機用機器の国際共同開発事業」が対象となったが、この事業は平成 13 年度までに完了している。

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設立された(財)民間輸送機開発協会(CTDC)は、昭和 56 年 6 月に「次期中型輸送機(YXX)開発調査事業」がスタートし、一方、昭和 57 年 9 月に 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 12 月に(財)日本航空機開発協会(JADC)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が現在開発は凍結されている。平成 3 年度から平成 10 年度までは「次期大型民間輸送機(B777)国際共同開発事業」、平成 16 年度から平成 23 年度までは「次期中型民間輸送機(B787)開発事業」への助成が行われた。さらに平成 26 年度半ばから「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、新スキームによる助成とは別に、「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助成がスタートし、平成 3 年度からは補助事業に切り替わって開発調査が進められた。また、「超音速輸送機(SST)開発調査」については、昭和 62 年度から(社)日本航空宇宙工業会(SJAC)が調査委託を受け、平成 3 年度から平成 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。さらに、平成 9 年度からは、国の委託事業として「インテリジェント・ナビゲーション・システム研究開発(INTNS)」、平成 10 年度から(財)次世代金属・複合材料研究開発協会(RIMCOF)からの委託として「輸送用先進複合材料設計製造技術(ACDMT)研究開発事業」、新政策として平成 11 年度から、国の委託事業で「航空機用先進システム基盤技術(ASYS)開発事業」、新エネルギー・産業技術総合開発機

構(NEDO)からの委託事業で「革新的軽量構造設計製造基盤技術(ISTR)開発事業」、平成 12 年度から国の委託事業として INTNS を継承した「次世代高信頼性アビオニクス技術(NAVS)研究開発事業」など種々の事業を行ってきた。これらの内、ACDMT と NAVS については当初の目的が達せられ平成 14 年度末で、ISTR については平成 15 年度末、ASYS については平成 19 年度末で終了した。また、平成 14 年度からは SST を発展・継承するものとして「超高速輸送機実用化(HSTP)開発調査事業」を国の補助事業として行った。

2. (一財)日本航空機エンジン協会

(JAEC : Japanese Aero Engines Corporation)

(財)日本航空機エンジン協会は、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 10 月に設立された。当初は英国ロールス・ロイス社と日本共同の RJ500 の開発にあたってきたが、同プロジェクトはその後 5 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 から行われてきたが、前述のように昭和 61 年度からは新スキームによる助成が行われている。

この新スキームによる助成対象事業は以下の通りである。

- ① 米国ゼネラル・エレクトリック社との共同開発である「小型民間輸送機用エンジン(CF34-8)開発事業」(平成 8 年度～平成 22 年度)
- ② ゼネラル・エレクトリック社との共同開発である「中小型民間輸送機用エンジン(CF34-10)開発事業」(平成 12 年度～平成 26 年度)
- ③ ゼネラル・エレクトリック社およびロールス・ロイス社との共同開発である「次期中型民間輸送機(B787)開発事業(エンジン)」(平成 17 年度～)
- ④ エンジンの環境適合性の向上及び運航費低減を目指す「次世代中小型民間輸送機用エンジンに関する開発事業」(平成 21 年度～平成 26 年度)
- ⑤ 米国プラット・アンド・ホイットニー社および独国エムティーユー社との共同開発である「次世代中小型民間輸送機用エンジン (PW1100G-JM) 開発事業」(平成 23 年度～)
- ⑥ 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～)

一方、新スキームによる助成とは別に、国の委託事業として「次世代航空機等開

発調査(低損失ギアボックスシステム)及びエネルギー使用合理化技術開発等(次世代航空機エンジン用構造部材創製・加工技術開発)」(平成 19 年度～平成 21 年度)を行った。

第 2 節 研究開発政策

航空機工業の研究開発に利用し得る研究開発制度としては次のようなものがある。

1. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

(NEDO : New Energy and Industrial Technology Development Organization)

石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律に基づき、「新エネルギー総合開発機構」が昭和 55 年 10 月に設立された。昭和 63 年 5 月には産業技術に関する研究開発体制の整備に関する法律が制定され、同年 10 月に「新エネルギー総合開発機構」は「新エネルギー・産業技術総合開発機構」(NEDO)と改められ産業技術政策の一層の充実を図ることになり、これまでの石油代替エネルギーに関する技術開発や海外における石炭資源の開発等の業務に加え、以下の制度と事業が NEDO に組み込まれた。

- ・次世代産業基盤技術研究開発制度(昭和 56 年発足)
- ・大型工業技術研究開発制度(大型プロジェクト)(昭和 41 年発足)
- ・医療福祉機器技術研究開発制度(昭和 51 年発足)
- ・研究基盤整備事業 ・国際共同研究推進事業

更に平成 5 年度からは、広く内外の産業界、学界と密接な協力関係を組みつつ、産業科学技術の研究開発を計画的、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。この制度により民間には NEDO を通じて委託研究が行われている。

平成 14 年度から経済産業省は、同一の政策目標を実現する研究開発プロジェクトをグループ化すると共に、その成果を世の中に出していくために必要な関連施策を統合した施策パッケージである「研究開発プログラム」を創設し実施している。

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。NEDO は、産学官の技術開発能力を最適に

組み合わせ、効率的に研究開発プログラムを実施するためのコーディネーター役として高度なマネジメント能力を発揮してきた。平成 27 年に新法施行により NEDO は国立研究開発法人となった。

平成 27 年 9 月、NEDO は、日本製の航空機装備品が平成 37 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。事業期間は平成 27 年度から平成 31 年度までの予定で、以下の 5 テーマを選定し、研究開発を実施している。NEDO は、日本製の航空機装備品が次世代航空機に搭載されることを契機に、日本メーカーが国際的な航空機装備品市場へ参入拡大していくことを目指している。

- ・次世代エンジン用熱制御システム研究開発（委託先：住友精密工業）
- ・次世代降着システム研究開発
脚揚降システム、電動タキシングシステム、電磁ブレーキシステム
（委託先：住友精密工業）
- ・次世代コックピットディスプレイ研究開発（委託先：横河電機）
- ・次世代空調システム研究開発

二相流体熱輸送システム、スマート軸流ファン（委託先：島津製作所）

- ・次世代飛行制御／操縦システム研究開発（委託先：東京航空計器）

平成 28 年度から以下の 2 テーマが追加された(事業期間は平成 31 年度まで)。

- ・次世代自動飛行システム研究開発（委託先：リコー、東京大学）
- ・次世代エンジン電動化システム研究開発（委託先：IHI）

また、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として、以下の 6 テーマを開発してきた。

- ・次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術開発
（委託先：素形材センター、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業、東レ、横河電機、アンリツ、榎屋）
- ・航空機用複合材料の複雑形状積層技術開発 委託先：川崎重工業)
- ・航空機用難削材高速切削加工技術開発（委託先：東京大学）
- ・軽量耐熱複合材 CMC 技術開発（基盤技術開発）（委託先：IHI）

- ・軽量耐熱複合材 CMC 技術開発（高性能材料開発）（委託先：宇部興産）
- ・低コスト航空機体開発を実現するための数値シミュレーション技術開発
（委託先：東北大学）

平成 28 年度から平成 31 年度は、次世代構造部材創製・加工技術開発として、以下の 3 テーマに取り組んでいる。

- ・次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術開発（第二期）
（委託先：ジャムコ、素形材センター、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業）
- ・航空機用複合材料の複雑形状積層技術開発（第二期）（委託先：川崎重工業）
- ・航空機用難削材高速切削加工技術開発（第二期）（委託先：東京大学）

2. RIMCOF 技術研究組合

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

(旧 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会：RIMCOF (R&D Institute of Metals and Composites for Future Industries))

旧 RIMCOF は昭和 56 年度に創設された次世代産業基盤技術研究開発制度により設立されたもので、将来、航空機機体・エンジンの素材として重要な地位を占めると期待される単結晶合金、超塑性合金、粒子分散強化合金、FRP(樹脂系複合材)及び FRM(金属系複合材)等の革新的な金属・複合材の研究開発を行ってきた。これまでに高性能結晶制御合金(昭和 56 年度～昭和 63 年度)、複合材料(昭和 56 年度～昭和 63 年度)、超耐環境性先進材料(平成元年度～平成 8 年度)、スーパーメタル(平成 9 年度～平成 13 年度)、知的材料・構造システム(平成 10 年度～平成 14 年度)、輸送用先進複合材料設計製造技術(平成 10 年度～平成 14 年度)、固体高分子形燃料電池の要素技術(平成 13 年度～平成 16 年度)、金属ガラスの成形加工技術(平成 14 年度～平成 18 年度)、次世代航空機用構造部材創製・加工技術(平成 15 年度～平成 19 年度)、高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術(平成 19 年度～平成 23 年度)、次世代構造部材創製・加工技術(複合材構造健全性診断技術)(平成 20 年度～平成 24 年度)、次世代構造部材創製・加工技術(次世代チタン合金構造部材創製・加工技術)(平成 20 年度～平成 24 年度)の研究を実施してきた。また、平成 25 年度から 27 年度まで次世代構造部材創製・加工技術(次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術)についての研究開発を行ってきた。

平成 28 年度からは、次世代複合材及び軽金属構造部材創製・加工技術（第二期）についての研究開発を行っている。なお、旧 RIMCOF は平成 22 年 2 月に(財)素形材センターと合併したが、平成 28 年 7 月に素形材センター、三菱重工業、川崎重工業及び富士重工業により「RIMCOF 技術研究組合」が設立された。現在は同技術研究組合で従来からの事業を継続している。

3. 超音速輸送機用推進システム技術研究組合

(Engineering Research Association for Supersonic Transport Propulsion System)

ESPR 組合は平成元年 3 月に設立され、これまでに超音速機用推進システム(HYPR:平成元～10年度)、環境適合型次世代超音速推進システム研究開発(ESPR:平成 11～15 年度)及び革新複合機能化鋳造プロセスの開発(平成 13～17 年度)を実施してきた。また、NEDO の助成事業として、環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(平成 15～23 年度)を行い、各種方式の燃焼器研究開発の取りまとめを行った。平成 16～18 年度の「超音速機用エンジン開発のための基盤技術調査」で超音速輸送機用エンジン仕様の検討、騒音低減技術の検討や低 NOx 技術の検討を行い、次世代超音速輸送機に求められるエンジンサイクルの検討、革新的な騒音低減や低 NOx 手法実現の可能性などを示した。

ESPR 組合は平成 19 年から、(財)機械システム振興協会の委託研究により、JAXA と共同でエンジンの排気騒音低減に数値シミュレーション技術を適用する研究を行い、従来技術レベルを大きく上回る騒音予測精度を達成するとともに、その高精度シミュレーション技術を活用して、次世代超高速輸送機の排気騒音低減技術として有望視されるマイクロジェット低騒音システムの設計データ(穴径、本数、噴射角度など)を取得した。また、平成 21 年から経済産業省の産業技術研究開発費補助金(ジェット騒音低減技術)による研究を開始し、マイクロジェット低騒音システムについて、実環境を模擬した風洞実証試験へ供試するための大型モデルの設計、製作を行い、その効果を実証した。

なお、ESPR 組合は初期の目的を達成し、平成 24 年 3 月 31 日付で解散、同年 9 月 28 日付で清算終了した。

第5章 航空機工業に対する周辺要素

第1節 空港の整備・拡充

航空輸送は、世界的に高速交通の必要性の高まりを反映し、急速な発展をしている。我が国もこの航空運輸需要に対応するため、空港の整備、充実をタイミングよく実施することが不可欠である。

我が国としては、将来の航空需要予測を踏まえ、産業・都市の国際競争力向上、訪日外国人の増加及び日本全国の地域活性化等を目標に、航空行政を展開している。平成28年度における国内空港整備の具体的施策としては、成田空港では庁舎耐震対策、CIQ(Custom, Immigration, Quarantine)エリアの利便性向上調査、羽田空港では航空保安施設等の調査・設計、駐機場・誘導路の整備、国際線・国内線地区を結ぶトンネルの整備等が行われるとともに、首都圏空港(羽田、成田)の年間発着枠の拡大、2020年東京オリンピックに向けた機能強化等が進められている。関西地区では平成24年に関西国際空港と大阪国際空港の経営統合、老朽化が進んでいる航空保安施設の更新等が行われており、中部国際空港でも老朽化が進んでいる航空保安施設の更新等が行われている。その他の空港等についても那覇空港や福岡空港において滑走路の増設など、空港能力の向上に向けた取組みが進められている。

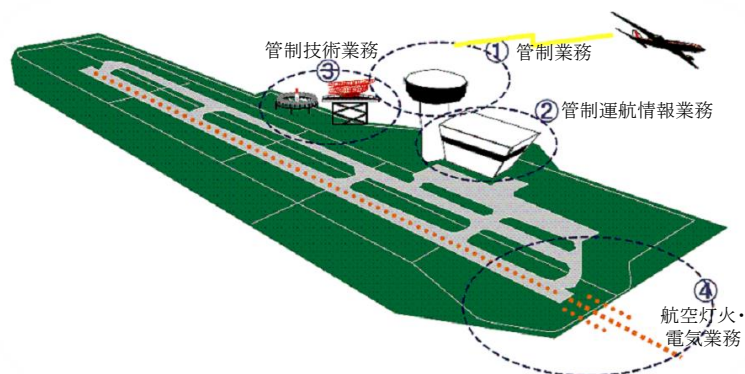
また、航空輸送サービスの質の向上を図り、観光立国の実現等に資するため、アクセス鉄道などによる空港へのアクセス利便性向上、バリアフリー化など、更に使いやすい空港機能の充実、ILS(Instrument Landing System : 計器着陸装置)の高カテゴリー化など空港運用の高度化による就航率向上を行っている。また、空港の耐震対策は、地震災害時に緊急物資等の輸送拠点としての機能確保、航空ネットワークの維持や背後圏経済活動の継続性確保等が推進されており、空港と周辺地域との調和ある発展を図るため、空港周辺環境対策も進められている。

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。(図 1-5-1 参照)

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)



- a. 前後左右に加え、上下の空間（三次元）を飛行する。
- b. 一般的なジェット旅客機では時速 800km 前後、低速度といわれるヘリプターであっても時速 200km 前後という速度で飛行しており、パイロットの目視による視界確保には限界がある。
- c. 安全確保のための速度の極端な増減あるいは空中での停止ができない。
- d. 大気中を飛行することから、雲、降水、風あるいは気圧の変動といった気象現象の影響を受けやすい。
- e. 滑走路施設や地上の障害物(山や人工構造物)の関係から、離着陸できる場所が限定される。

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

- (1) 航空機相互間の安全間隔を設定するために航空交通の指示等を行う管制業務
- (2) 航空機の捜索救難及び航空機の安全運航に必要な情報の収集・提供等を行う管制運航情報業務
- (3) 洋上を航海する国際航空に従事する航空機に対し安全運航に必要な通信及び情報提供を行う管制通信業務
- (4) 各種航空保安無線施設等の整備及び管理・運用を行う管制技術業務
- (5) 各種航空灯火その他の電気施設等の整備、維持及び監督を行う航空灯火・電気業務

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

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

これら航空保安業務は将来の航空運送需要の増加にも対応していく必要がある。そのために、例えば、航空路空域を上下に分離することや航空路空域及びターミナル空域を抜本的に再編し効率性向上と航空保安業務負荷の軽減を図るなど、管制処理能力を向上させることが検討されている。また、国際的なテロの動向を踏まえた航空保安対策の強化等、安心・安全の観点から必要な対策が進められている。

2. 航空保安システムの動向

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

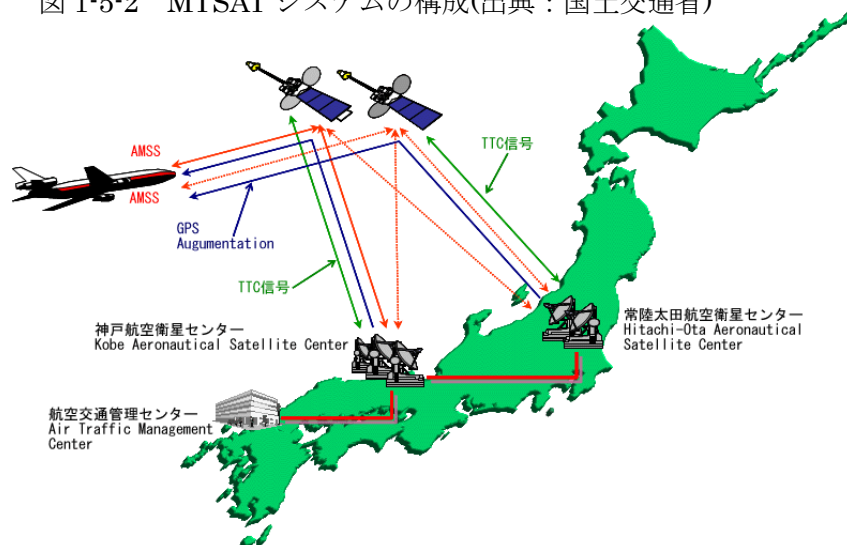
昨今、航空輸送量の増大は日本のみならず、世界的に急速な伸びを示しており、新しい国際的な航空保安システムの構築が必要となった。このため、ICAOの新CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance 通信・航法・監視/Air Traffic Management 航空交通管理)構想の実現に向け取り組みがなされている。

我が国においても、平成6年6月の運輸省(現 国土交通省)航空審議会の答申「次世代の航空保安システムのあり方」に基づき、信頼性の高い次世代の航空保安システム構築の早期実現しており、この一環として、中核となる運輸多目的衛星(MTSAT : Multi-functional Transport Satellite)2機を打上げ、衛星航法サービス(SBAS)及び衛星通信サービス(AMSS)を提供している。また、我が国ではATMを着実・効率的に推進するための中核組織として航空情報(AIM)センターが設立され、航空情報の高度化が図られている。(図1-5-2 参照)

さらに、国土交通省は平成22年度から「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27年度は継続的な上昇・降下の実現、軌道情報を用いたコンフリクト検出、データリンクによる空地の軌道共有、情報処理システムの高度化、全飛行フェーズでの衛星航法(GNSS:Global

Navigation Satellite System)サービスの提供及び関連施策に係るロードマップの見直しが進められた。なお、GNSS及び関連施策の検討では、MTSATが平成31年度末に退役予定であることから、準天頂衛星を利用した衛星航法サービスの提供並びに民間衛星を利用した洋上管制通信サービスの高度化を推進している。

図 1-5-2 MTSAT システムの構成(出典：国土交通省)



AMSS : Aeronautical Mobile Satellite Service 航空移動衛星業務

TTC 信号 : Tracking Telemetry and Command 信号衛星の監視制御を行うための信号

第 3 節 航空宇宙関連規格、CALIS 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(9100QMS)規格を開発した。

9100QMSは、航空宇宙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) (<http://www.iaqg.org/oasis>)

表1-5-1 IAQG 会員リスト

<h2 style="text-align: center;">IAQGメンバー会社一覧</h2> <p style="text-align: center;">※2016年10月時点 Japanese Aerospace Quality Group</p>		
<p>Europe・・・35団体 (+ 地区代表業界団体)</p> <p>◇投票メンバー数・・・10</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Advanced Electronics Company (サウジアラビア) ◇Airbus (仏) ◇THALES(仏) ◇Leonardo Company(伊) ●Avio aero (伊) ●Airbus Defence & Space(独) ●Airbus Helicopters (独/伊) ◇BAE Systems (英) ◇Meggit (英) ●Dassault Aviation (仏) ●Elbit Systems (イスラエル) ●FACC (オーストリア) ●Fokker Aerospace (蘭) ●GKN Aerospace Engine Systems (スウェーデン) ●HEGAN (ITP) (西) ●IAI (イスラエル) ●MBDA (欧州各所) ●Messier Bugatti Dowty (仏) ●Motor Sich (ウクライナ) ●MTU (独) ●PFW (独) 	<p>Asia-Pacific・・・14団体 (+ 地区代表業界団体)</p> <p>◇投票メンバー数・・・7</p> <ul style="list-style-type: none"> ●AIDC (台湾) ◇AVIC (中国) ◇COMAC (中国) ●DSO(シンガポール) ●EGAT(台湾) ●Indonesian Aerospace (インドネシア) ●Hindustan Aeronautics Limited (HAL)(インド) ●KAI (韓国) ◇KAL - ASD (韓国) ◇IHI (日本) ◇川崎重工業 (日本) ●新明和工業 (日本) ◇富士重工業 (日本) ◇三菱重工業 (日本) ☆SJAC (日本) 	<p>Americas・・・20団体 (+ 地区代表業界団体)</p> <p>◇投票メンバー数・・・10</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Aerojet Rocketdyne(米) ●Orbital ATK (米) ●Ball Aerospace (米) ◇Boeing (米) ●Bombardier Aerospace (カナダ) ●Embraer (ブラジル) ◇GE Aviation (米) ●General Dynamics-Gulfstream (米) ●Honeywell(米) ◇Lockheed Martin (米) ●Moog (米) ●Raytheon(米) ●POC - Aerostructures(米) ◇Northrop Grumman (米) ◇Parker Aerospace (米) ◇Rockwell Collins (米) ◇Spirit AeroSystems (米) ◇Textron (米) ◇United Technologies Corp. (米) ◇Triumph Group (米) ☆SAE (米)
<p>●:IAQGメンバー ☆:地区代表業界団体 ◇:IAQG投票メンバー セクターリーダー</p>		

我が国も、平成13年に(社)日本航空宇宙工業会は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 に我が国の9100シリーズ規格、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。

現在 JAQQは以下に示す4つの分野でさらなる改善戦略を展開している。

- ・規格検討：JIS Q 9100 2016年版を平成28年9月に発行し、9100シリーズ規格であるSJAC9110/9120も11月に発行、SJAC9115は本年度中の発行に向けた作業を進めている。また、航空宇宙品質マネジメントシステム規格に係るその他の規格や展開支援文書の制定・維持を実施している。
- ・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を支援している。

- ・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を展開している。
- ・SCMH(Supply Chain Management Handbook)：サプライチェーンの管理を支援するための指針 IAQG SCMH文書を和訳し逐次公開している。また、日本が提唱した「強固な品質マネジメントシステム」のIAQGへの展開として、6つのガイドランス文書をIAQG SCMH文書として発行する作業を行っている。（平成28年度までに4つの文書を発行済）

表1-5-2 9100シリーズ規格

規格番号	表 題
SJAC 9010	JIS Q 9100 品質システムの認定・審査登録に対する要求事項
SJAC 9011	航空宇宙審査員研修コースの開発,実施及び管理に関する要求事項
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
JIS Q 9100	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
SJAC 9101	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
SJAC 9102	航空宇宙 初回製品検査要求
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 審査登録/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 の補足)
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報告書
SJAC 9132	航空宇宙 部品マーキングに対するデータマトリックス(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 9162	作業者による自主確認プログラム

図 1-5-3 航空宇宙品質マネジメントシステムの認証システム

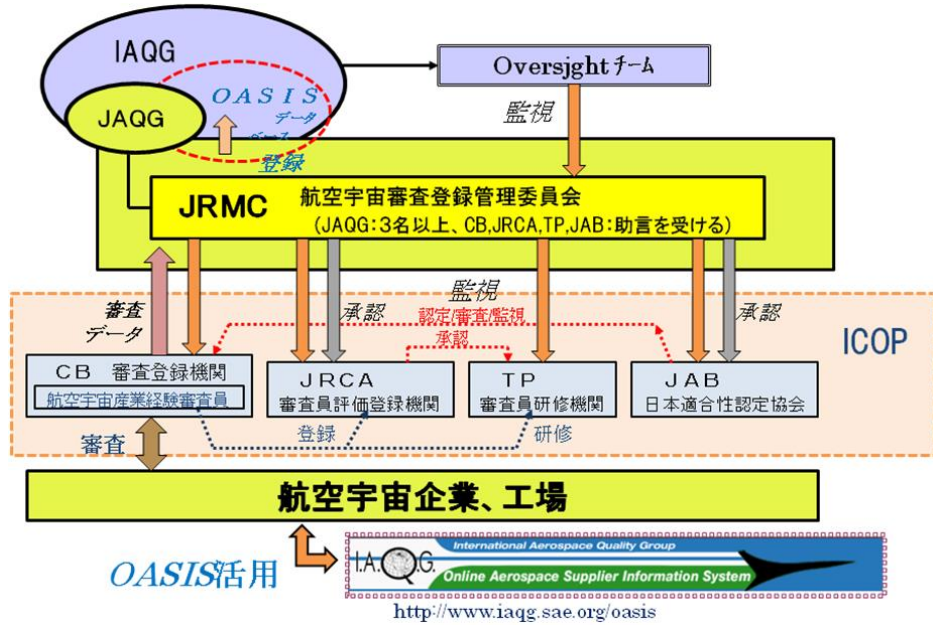
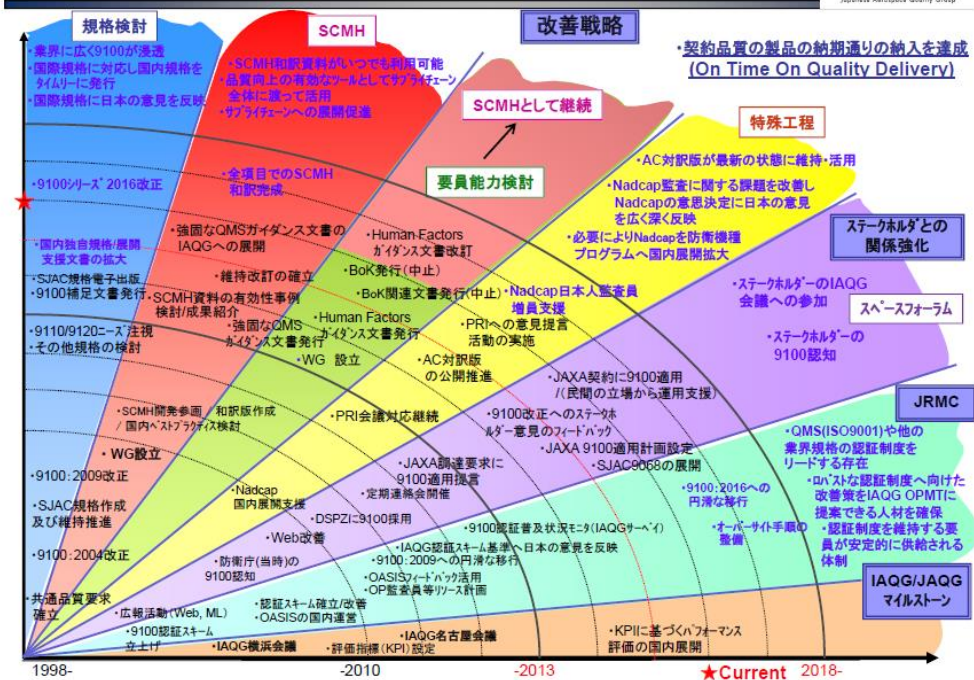


図 1-5-4 JAQQ 中長期戦略ロードマップ

JAQQ ロードマップ2013-2018



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

JAQG パブリックウェブサイト : <http://www.sjac.or.jp/jaqq>

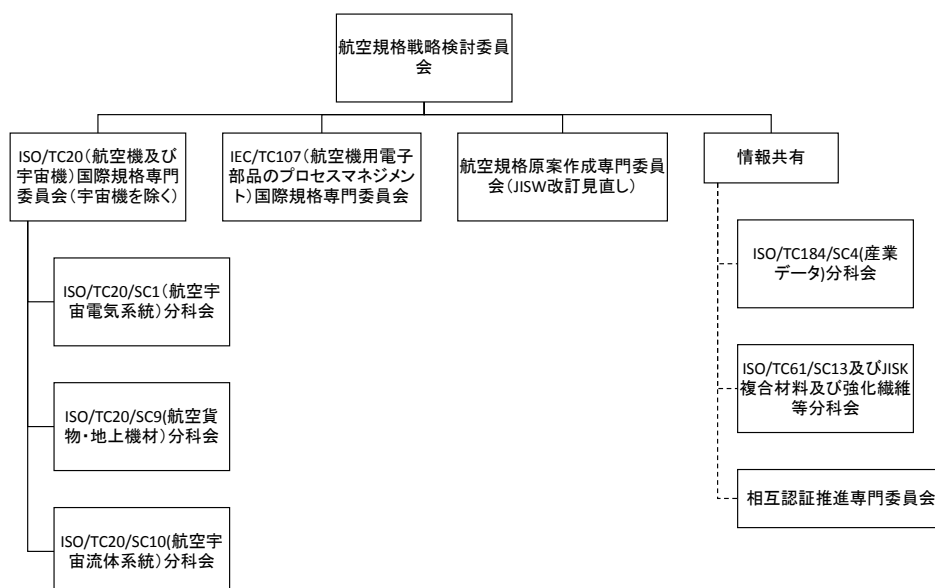
JAQG メンバー専用ウェブサイト : <http://www.sjac.or.jp/jaqq/member/>

(一社)日本航空宇宙工業会は、航空宇宙の規格に関し活動を行っている。航空分野については「航空規格戦略検討委員会」(図 1-5-5)を組織し、規格戦略検討の進捗をフォローし各専門委員会活動を行っており、宇宙分野はこれらから独立した活動となっている。以下に、ISO「国際標準化機構」の中で航空宇宙規格を取り扱っている「ISO/TC20(航空機および宇宙機)国際規格専門委員会」について述べる。

(一社)日本航空宇宙工業会は日本の代表として 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)、SC9(航空貨物・地上機材)、SC10(航空宇宙流体系統)、SC13(宇宙データ・情報転送システム)及び SC14(宇宙システム・運用)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ており、WG3 ではハイパワー SSPC(Solid State Power Controller)について、WG15 では LED タキシーライト評価法及び LED タキシーライトの一般要求事項についての規格化を進めている。

図 1-5-5 航空規格戦略検討委員会組織図



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。

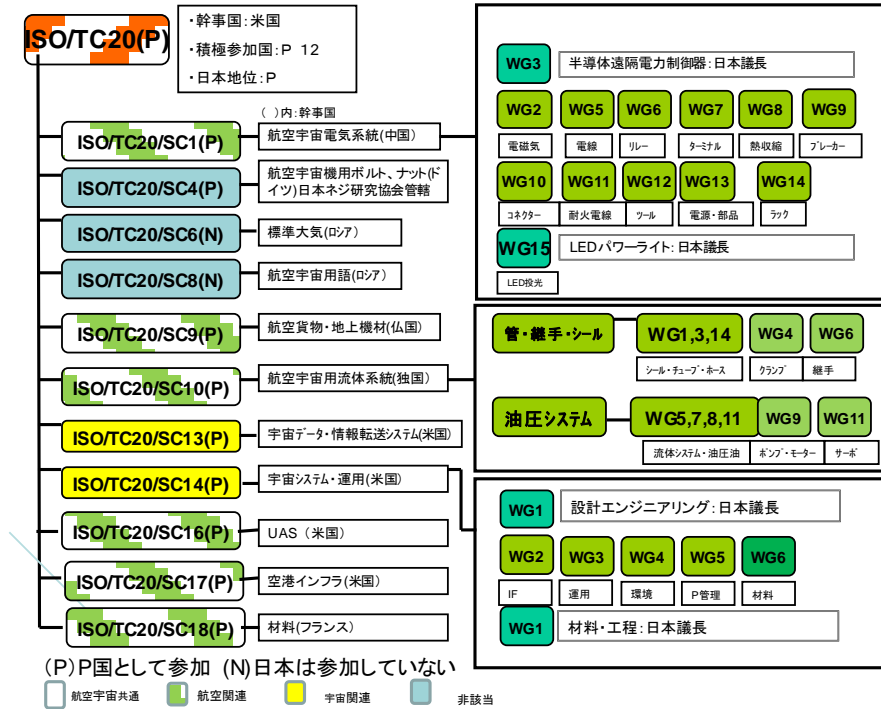
SC14 では、我が国の委員会メンバーが、傘下の WG1(設計エンジニアリング) 及び WG6(材料と工程)で議長を担当するなど、WG1 から WG7 まで提案・審議活動を継続している。現在審議中の日本提案規格(共同提案含む)は 11 件で、全審議案件の約 3 割を占め、日本が提案した「宇宙用リチウムイオンバッテリーの設計/検証要求」は ISO として制定された。また技術仕様書(TS)であった「静止衛星の太陽電池劣化に及ぼす太陽陽子フルエンス計算手法」も ISO として制定された。平成 26 年度に新規提案した「射場におけるコンバインドオペレーションプランの標準化」は CD(Committee Draft)を投票中で、「宇宙機帯電の最悪環境時の電位推定」は CD を通過、「超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準」は DIS(Draft International Standard)を通過、「商用衛星用製品保証規格」は CD を通過した。平成 27 年度に新規提案した「小型宇宙機の要求事項」は、コメント付きながらも CD を通過した。また、「受動系電波センサ間の校正標準」は新規案件として認められ、WD(Working Draft)を作成中である。平成 28 年度は「民生部品の宇宙放射線試験標準」及び「準動的放射線帯粒子モデル」が新規案件として認められ、WD 作成に入っている。また、「宇宙材料分野における耐原子状酸素コーティング標準」及び「衛星利用高精度除雪支援システム」を新規案件として提案中である。

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あるいは共同リーダーとして貢献している。

平成 28 年 10 月には JA2016(国際航空宇宙展)と併催で、C14 の分科会(WG1(設計エンジニアリング及び製品)及び WG6(材料及び工程))を開催した。

総会の開催については、平成 13 年度には SC9 の総会が、平成 14 年度には SC1 の総会が日本で開催され、その後平成 20 年 10 月には SC10 総会が開催された。なお、SC1 の総会は平成 24 年度に行ったが、平成 26 年度の SC10 の総会は(一社)日本航空宇宙工業会で開催された。日本が P メンバー(投票権のある参加メンバー)となって活動中の ISO/TC20 の組織図を図 1-5-6 に示す。

図 1-5-6 ISO/TC20 国際標準化活動組織図



次に航空機の規格関係の動向について述べる。

まず、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り、平成 24 年度には総会が日本で開催された。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し、平成 26 年に IEC TR 62396-8「半導体構造微細化およびプロトン、パイオン、ミューオンによるシングルイベント効果への影響」を制定することが認められたことからテクニカルレポート制定プロセスに入り、我が国はプロジェクトリーダとして本案件を取りまとめている。

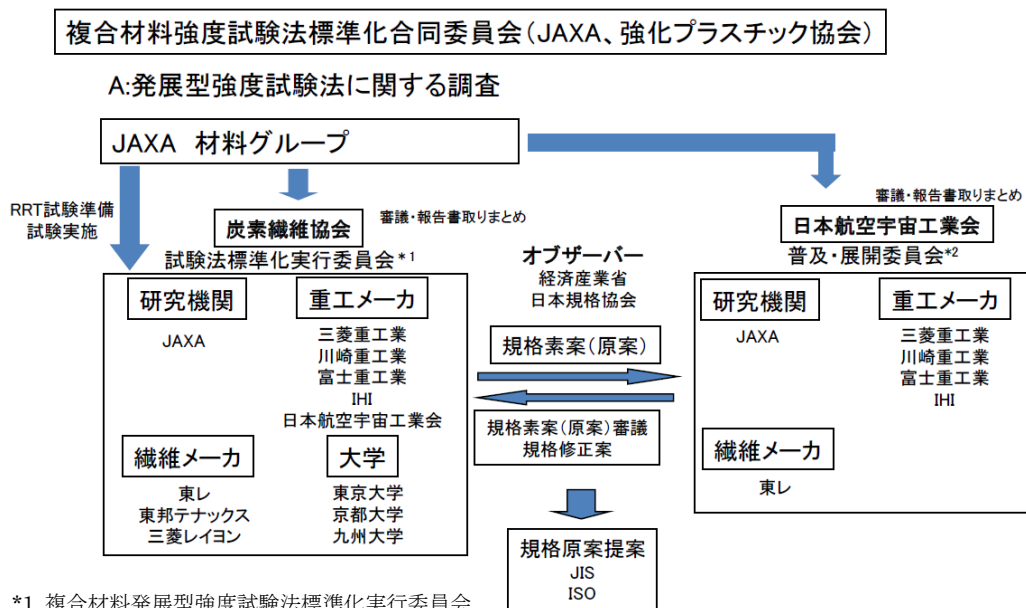
航空機用 JIS については、JISW として 97 件が制定され、現在 5 年ごとの定期見直しを実施しているが、用語の JISW 以外は他規格と重複するため、今後は廃棄していくこととなっており、平成 27 年 12 月に 86 件の一括廃止が承認された。また、平成 25 年度より ISO/TC184/SC4「産業データ」の活動を自動車工業会、電子

情報技術産業協会とともに支えており、製品のライフサイクルサポートの一環として、電子化データの標準化、長期にわたる再利用などを推進している。

ISO/TC20/SC16「無人機システム」及びISO/TC20/SC17「空港インフラ」については平成26年度に制定され、日本の参加形態は積極参加国(P国)となったので、国内体制及び参加分野などを詰めていくこととしている。

航空機材料として本格利用が開始された炭素繊維強化複合材については、JAXAの委託調査をうけて、先進複合材新試験法及び発展型試験法に関するJIS規格並びにISO規格の航空機分野への普及促進活動を進めたJIS規格に対し、航空機分野の意見を具申すると同時に、平成15～17年度には新試験法ハウツーガイドを策定した。平成18年度には、更に新たな発展型試験法について実態調査の実施とJIS規格に航空機分野の意見を具申し、平成19年度には、規格選択のガイドラインを策定し、平成20年度及び21年度はJIS規格素案に対し航空機分野の意見を具申しハウツーガイドを策定した。その時の事業実施体制を図1-5-7に示す。

図1-5-7 複合材普及促進活動の事業実施体制



(出典：JAXA)

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」の下、「相互認証推進専門委員会」を設立し、活動を推進している。

2. 航空機業界の CALS /EDI

(一社)日本航空宇宙工業会では、平成 8、9 年度の「航空機 CALS プロジェクト」及び平成 10 年度の「防衛庁 CALS 共通基盤システムの設計」に引き続き、平成 11、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である「防衛調達 CALS」の開発を(財)情報処理開発協会から受注し、平成 12 年 11 月に納入を完了した。開発された資産は、(一社)日本航空宇宙工業会と独立行政法人情報処理振興事業協会(現 独立行政法人情報処理推進機構)とが共同所有し、工業会はこの成果を必要とする企業に広く提供し普及させる活動を進めている。

「防衛調達 CALS」の開発成果のうち、航空機産業の企業間における受発注などに係る電子データ交換(EDI : Electronic Data Interchange)システムについては、平成 13 年 5 月より一部企業の資材部門や取引会社で、実運用あるいは試行運用が実施されている。(一社)日本航空宇宙工業会では航空機業界共通の運用のための規約、プログラム及びマニュアル等の公開及び管理を実施する組織として、平成 13 年 4 月に「航空機業界 EDI センター」を設置し活動しており、平成 27 年 11 月現在で、288 社(うち(一社)日本航空宇宙工業会の会員企業 59 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 1-5-8 に示す。

EDI センターのシステムは運用開始以来 10 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、国際化、他業界横断というスローガンが叫ばれて久しいが、必ずしも現実的な解があるわけではない。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進めている。

また、「防衛調達 CALS」の防衛省 CALS と連携運用する部分については、防衛省の実用化推進に対応して整備していく必要がある。防衛庁では、平成 15 年度末に「防衛庁 CALS 共通基盤システム」のパイロットモデルシステムを踏まえた CALS/EC(Electronic Commerce)システムの構築を完了させ、引き続き平成 16 年度から運用を開始した。これら官民の CALS システムの実用化により装備品のライフサイクルコスト低減が期待される。

図 1-5-8 航空機業界標準 EDI システム

●狙い

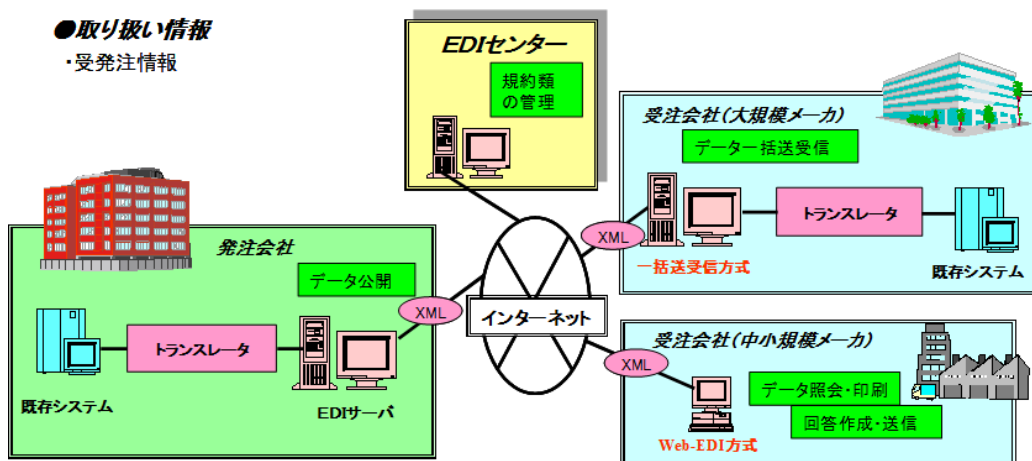
国際規格に基づく受発注業務の標準化と電子化により、中小企業も含めた商取引業務の効率化を図る。

●システムの特徴

- ・航空機業界標準EDI規約の設定
- ・安価な導入コスト/運用コスト(インターネットを採用)
- ・変換データ形式にXMLを採用
- ・既存システムとの連携及び国際規格への対応(トランスレータの提供)

●取り扱い情報

- ・受発注情報



航空機業界 EDI センター及び CALS/EC は次のとおり公開されている。

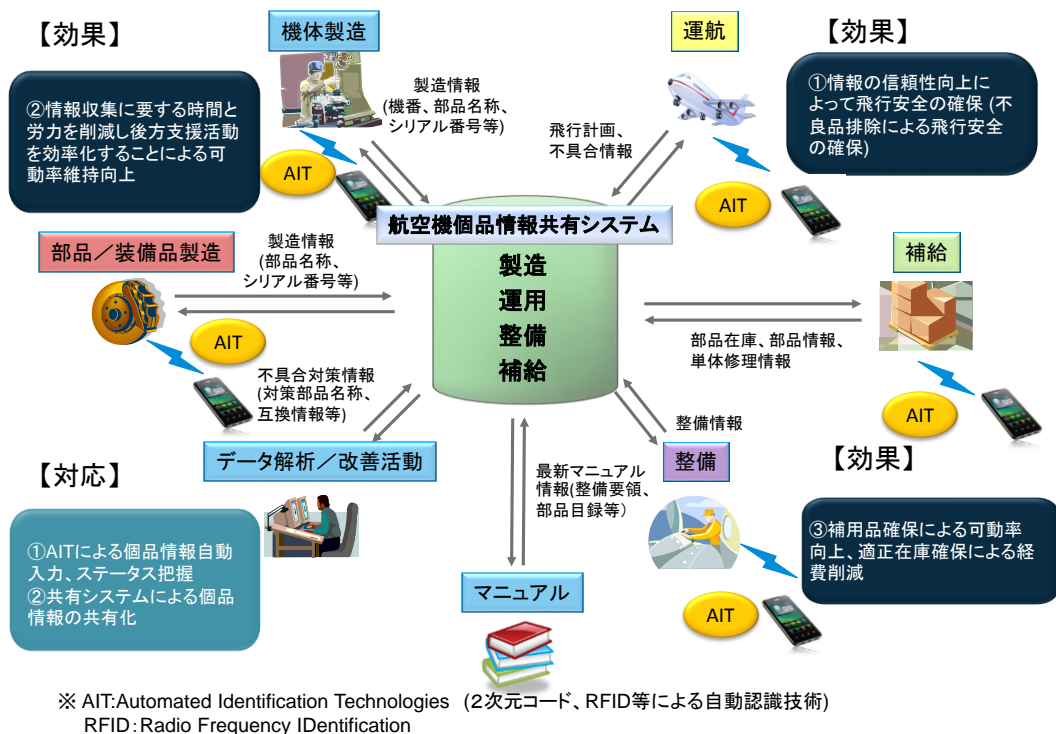
- ・航空機業界 EDI センター：<http://edicenter.sjac.or.jp/>
- ・CALS/EC：<http://www.mod.go.jp/j/approach/others/equipment/cals/index.html>

(一社)日本航空宇宙工業会は、装備品のライフサイクル管理という観点から、プロダクトサポートに関しても活動している。平成 17 年度から 19 年度には RFID 等の電子タグの基礎的調査、業務プロセス改善可能性の検討、海外での活用事例の調査、航空機運用の実環境下での能力実証実験を実施し、航空機への適用が可能である見通しを得た。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の検討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。その成果として、AIT(2次元コード、RFID等自動認識技術)を用い、航空機部品の個品情報を共有することにより効率的・効果的なサポートが可能となる「航空機個品情報共有システム」の検討を行っている。平成 24 年度には当該システムを実現するべく、(一社)日本航空宇宙工業会に機体、エンジン及び装備品メーカーが参画したプロダクトサポート研究会を立ち上げ、平成 25 年度に民間ヘリコプタ

ユーザーの協力を得て本システムの実証実験を実施した。研究会では日本の航空業界での AIT ツールの標準仕様、個品情報共有システムの標準仕様を設定し、本システムの実運用に繋げる予定である。

航空機個品情報共有システムを図 1-5-9 に示す。

図 1-5-9 航空機個品情報共有システム



第 2 編 日本宇宙工業

第 1 章 宇宙工業の役割・特質と日本の実態

第 1 節 宇宙工業の役割・特質

宇宙工業は、航空機工業と同様に付加価値が高く、典型的な創造的知識集約型の産業であり、また発達の経緯からも、研究開発的な要素を強く有する技術指向の産業でもある。従来からの電気、光学、計測、機械、化学などの技術を宇宙と結合し複合化させることにより成立、発展してきた。また、科学研究、通信、放送、地球観測等宇宙空間の利用が進んだことにより、従来からのロケットや人工衛星などのいわゆるハードウェアの開発、製造を主とした産業に加え、各種衛星ミッションで得られた情報やデータを処理活用するソフトウェアや、地上設備の分野が発展してきた。更に、宇宙空間のもつ微小重力の特質を利用する宇宙環境利用技術も、第 1 次及び第 2 次の国際微小重力実験(IML)や、平成 7 年に打上げ、翌年 1 月にスペースシャトルに搭乗した若田宇宙飛行士が回収に成功した、宇宙実験・観測フリーフライヤー(SFU)を経て、平成 20 年に国際宇宙ステーション(ISS)で日本実験モジュール(きぼう)の運用が開始され、将来特殊材料や医薬品、小型衛星の「きぼう」からの放出、並びにライフサイエンスに関連する、宇宙産業の一分野として成長していくことが期待される。

日本はこれまで、約 50 年にわたり固有の宇宙関連技術を蓄積してきた。経験や実績が浅い分野では、宇宙先進国、特に米国の技術を導入するとともに、その技術を効率よく消化、吸収する一方、我が国独自の技術を付加していき、ロケットの分野では H-II の発展型である H-IIA の開発により、また、衛星の分野でも各種の技術試験衛星や科学衛星により、それぞれ国際水準に達するまでに至った。しかし、平成 15 年 11 月の 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、具体的に取り組が行われた。この成果として、H-IIA は、平成 17 年の打上げ再開以降連続 26 機打上げに成功し、H-IIA の能力を增強した H-IIB は初号機である試験機から連続 6 機打上げに成功している。さらに、平成 21 年には国際宇宙ステーション(ISS)に物資を

補給する宇宙ステーション補給機(HTV)が H-IIB により打上げられた。HTV は米国 NASA の物資を ISS に補給する役割も担っており、ISS への物資輸送の主力補給機として活躍している。

また、従来、我が国においては宇宙工業の製品の防衛受注は少なく輸出においても種々の制約を受けていた。しかし、宇宙基本法の制定による宇宙製品の安全保障への適用の拡大、防衛装備移転三原則の制定等により、これからの宇宙工業製品の受注増大が期待される。また、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、かつ厳しい重量制限や高信頼性・高技術先進性が要求されるため、低コスト化を図っているものの、価格は高くなる傾向になりがちである。コスト競争力の面で豊富な経験と実績を有する欧米に今後どのように対抗していくかが大きな課題となっている。売上の大部分を国家予算に依存している体質上、産業界の発展のためには予算の増加や国の助成が不可欠であるが、新規分野の開拓やコスト低減などで、産業界の格段の工夫と努力が必要である。

第2節 宇宙工業の実態

従来、我が国の宇宙開発の指針として「宇宙開発政策大綱」があり、それに従い宇宙政策が実施されてきた。現行の大綱(第4次)は平成8年1月に制定されたものである。平成13年1月の省庁再編に伴い、宇宙開発委員会の位置付けが変更になるため、大綱の見なおしに相当する「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12月に発表された。

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6月に相次いで「今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本について」、「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」が発表された。

続いて、平成19年5月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、20年5月に成立した。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 4 月、内閣府宇宙戦略室と内閣官房宇宙開発戦略本部事務局は、内閣府宇宙開発戦略推進事務局に一元化された。

平成 28 年 11 月、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。宇宙活動法では、民間の打上げ事業に許可制を導入し事業者には打上げ失敗による被害に備えて損害賠償保険への加入を義務付けることを定める。リモセン法では、高精度な衛星画像の配布先を、国の認定を受けた事業者と行政機関に限定することを定める。これらの法律により、日本における宇宙産業の健全な発達、および国際社会における国益と整合した宇宙活動の推進のための環境がさらに整備された。

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、適切な国民の役割分担の下に宇宙開発に係る予算の「選択と集中」による効率化と、民間資金を含めた我が国全体としての所要資金の拡大も必要である。従って日本の企業は引き続き、コスト低減、信頼性・品質の向上などの自助努力の継続により、企業基盤の確立を図らねばならぬ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 5 月に成立し、8 月に施行された。

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

宇宙基本法の基本的施策(骨子)

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

2. 宇宙基本計画

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

宇宙開発利用に関する基本的な 6 つの方向性

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

なお、平成 24 年 7 月に内閣府に宇宙戦略室及び宇宙政策委員会が設置されたことに伴い、平成 25 年 1 月に宇宙基本計画の内容が変更された。変更された宇宙基本計画は、平成 25 年度からの 5 ヶ年の計画であり、内閣府が宇宙政策の司令塔を担うとともに、宇宙航空研究開発機構(JAXA)は中核的な実施機関と位置付けられている。本計画では、以下に示す基本的な方針・重点課題が掲げられている。

宇宙開発利用の推進に関する 2 つの基本的な方針・3 つの重点課題

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

その後、平成 26 年 9 月に、内閣総理大臣から「平成 25 年 12 月に閣議決定された国家安全保障戦略に示された新たな安全保障政策を反映するとともに、産業界の投資の予見可能性を高め、産業基盤を強化するため、今後 20 年間程度を見据えた 10 年間の計画を盛り込んだ、新しい宇宙基本計画の作成を行う」旨の指示があり、平成 27 年 1 月宇宙開発戦略本部において、工程表を含む、新しい宇宙基本計画が制定された。新しい宇宙基本計画では、以下に示す宇宙政策の目標・基本的なスタンスが掲げられている。宇宙基本計画は平成 28 年 4 月の内閣府への宇宙組織の一元化を受け、宇宙基本法に基づき閣議決定された。工程表は実態に合わせて、毎年改訂される。

宇宙政策の目標と、宇宙政策推進に当たっての基本的なスタンス

- ・ 宇宙政策の目標
 - (1) 安全保障の確保
 - (2) 民生分野における宇宙利用の推進
 - (3) 宇宙産業及び科学技術基盤の維持・強化
- ・ 宇宙政策推進に当たっての基本的なスタンス
 - (1) 宇宙利用による価値の実現(出口戦略)を重視
 - (2) 予算配分に見合う政策効果の実現を重視
 - (3) 個々の取組の達成目標を固定化せずに環境変化に応じて意味のある目標に

平成 28 年 12 月 13 日、宇宙基本計画工程表(平成 28 年度改訂)を宇宙開発戦略本部として決定した。

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)のペンシルロケットの研究は、日本における宇宙開発の起点となったばかりでなく、産業界にとっても宇宙関連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 宇宙航空研究開発機構)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、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はたし、昭和 46 年には大型の 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、日米交換公文(昭和 44 年)に基づく米国からの技術導入に大きく依存することになった。

ロケットの分野については、国際的に商業化が進行している中で、自主技術で開発された H-II ロケットの後継機である H-IIA を中心に開発を行ってきた。

一方、平成元年の日米通商交渉において、日本は衛星分野の市場開放に同意し、国内のメーカーに発注する政府調達衛星は技術開発衛星に限られ、通信衛星や放送衛星といった実用衛星は国際的に調達することとなった。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。

近年、文部科学省・宇宙開発委員会から我が国の政策が打ち出され、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 9 月に試験機の打上げに成功し、H-IIB についても平成 25 年 8 月に上げた 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 9 月に試験機の打上げに成功した。

産業界においては、商業化に適合した H-IIA、H-IIB ロケット及びイプシロンロケットの運用拡大、海外市場への売り込み、日本電気や三菱電機等の国際衛星ビジネス市場への参入等将来に向けた新しい事業展開が行われている。なお、GX ロケット構想に基づき、民間企業グループの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 3 月に設立されたが、政府による GX の開発中止決定に伴い、平成 22 年 3 月に会社を解散した。

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、大型化された。一方、推進薬の性能を向上させた 1 段式の観測用ロケットとして、S-160、S-210、S-310 及び S-520 など、2 段式ロケットとして SS-520 などが順次開発され、この内 S-310、S-520 及び SS-520 は現在でも実用に供されている。また、これら S シリーズの観測用ロケットは、昭和 45 年から南極の昭和基地でも打上げられ、オーロラの観測に大きな成果を上げた。

高度 60km までの気象観測専用機としての MT-135 は昭和 39 年に開発され、平成 13 年の運用終了までに 1,000 機以上打上げられた。

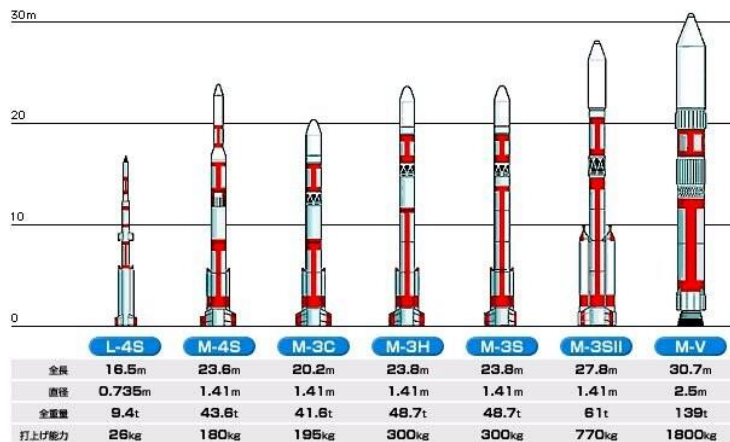
(2) 人工衛星打上げ用ロケット

人工衛星打上げ用ロケットでは、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 2 月 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 2 月には直径 1.41m の M(ミュー)-4S が開発され、さらに第 2 段、第 3 段を新規開発し、推力方向制御装置を第 2 段に取り付けて、軌道投入精度の向上を図った M-3C、第 1 段のモータの長さを伸ばして衛星打上げ能力を大幅に増大した M-3H が開発された。続いて第 1 段にも推力方向制御装置と固体モータール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 1 月の 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 1.8t の衛星を打上げる能力を持っており、平成 9 年に 1 号機により電波天文衛星「はるか」を打上げ、平成 18 年の太陽観測衛星「ひので」の打上げで終了となった。M-V は、合計 7 機打上げられ、6 機の打上げに成功した。(図 2-2-1 参照)

図 2-2-1 科学衛星打上げ用ロケット(出典：JAXA)



実用衛星打上げ用ロケットの分野では、宇宙開発事業団(現 宇宙航空研究開発機構)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、米国から技術導入した液体ロケットをベースにした N-I ロケットの開発に一本化された。本格開発に先立ち、N-I ロケット第 2 段の液体ロケット試験のために LS-C ロケットを打上げて、開

発のめどをつけた。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 2 月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エンジンを、第 3 段として球形固体モータを、誘導装置として慣性誘導装置を、それぞれ日本の自主技術で開発した。更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-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 2t 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エンジンが自主開発された。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 ロケットの試験機 1 号機は平成 6 年 2 月に打上げられた。以後、平成 9 年 11 月迄、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 2 月、5 号機で打上げた通信放送技術衛星(COMETs)は目標軌道への投入に失敗した。さらに、平成 11 年 11 月には運輸多目的衛星(MTSAT)を 8 号機で打上げたが、1 段目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 宇宙航空研究開発機構)が開発した H-II の固体ロケットブースター、第 2・第 3 段には宇宙科学研究所(現 宇宙航空研究開発機構)の M-3SII ロケット用固体モータを用いて、短期間、低コストでの開発を実施した。1 号機は平成 8 年 2 月、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、開発凍結となった。

H-IIA ロケット試験機 1 号機は平成 13 年 8 月打上げられた。以後、平成 15 年 3 月の 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 11 月の 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 2 月に打上げを再開し、7 号機の打上げに成功した。平成 29 年 1 月に 32 号機を打上げ、連続して 26 機の打上げに成功している。国際宇宙ステーションへの物資輸送などを行うために、打上げ能力を増強した H-IIB ロケットの開発が行われ、平成 21 年 9 月に試験機の打上げに成功した。

なお、H-IIA は当初の設計・開発・運用段階より、日本の衛星打上げのみでなく、国際市場参入により、海外の実用衛星を打上げることが念頭に計画され、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 3 月解散)が設立された。RSC は米国衛星メーカー 2 社から 20 機分を受注し、平成 12 年から商業衛星打上げの分野で国際市場に参入する計画であったが、H-II ロケット 5 号機及び 8 号機の打上げの失敗から、計画の見直しを余儀なくされた。

このため、政府は平成 14 年 11 月、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 11 月に H-IIA 6 号機の打上げ失敗があったが、7 号機から 12 号機まで連続打上げの成功に伴い、平成 19 年度の 13 号機打上げからは、製造・販売・打上げサービス業務が、三菱重工業(株)に移管された。H-IIA 事業の民営化後、平成 19 年 9 月に H-IIA 13 号機から、平成 29 年 1 月の 32 号機まで 20 機の打上げを行っている。平成 24 年 5 月に打上げた H-IIA 21 号機には、我が国の水循環変動観測衛星(GCOM-W1)と相乗りで、韓国航空宇宙研究院(KARI)の多目的実用衛星 3 号機(KOMPSAT-3)が搭載されており、商業衛星打上げ国際市場へ参入した。平成 27 年 11 月には、カナダ Telesat 社の通信放送衛星 Telstar12(VANTAGE)の打上げに成功した。これは海外から受注した商業静止衛星としては初の打上げとなる。また平成 27 年 3 月にはアラブ首長国連邦(UAE)のドバイから衛星打上げを受注した。

今後は、引き続き信頼性・品質を一層高め、コストを低減して行くことが課題となっている。(図 2-2-2 参照)

図 2-2-2 実用衛星打上げ用ロケット(出典：JAXA)



また、H-IIA の打上げ能力を増強した H-IIB ロケットが開発され、平成 21 年 9 月に HTV 技術実証機を搭載した試験機が打上げに成功し、続いて平成 23 年 1 月に 2 号機の打上げに成功した。H-IIB ロケットについても、平成 25 年 8 月の 4 号機の打上げから三菱重工業に民営化され、平成 28 年 12 月には 6 号機の打上げに成功した。

GX ロケットは、官民共同開発として、IHI などの民間企業グループが、経済産業省、文部科学省からの支援のもとに開発に取り組んでいた中小型衛星の打上げを目的とした 2 段式の液体ロケットで、第 1 段はロッキード・マーチン製アトラスロケットの 1 段タンク、供給系を活用し、第 2 段は液化天然ガス(LNG)／液体酸素(LOX)エンジンを国内開発とするロケットである。種子島からの打上げ能力(当初計画)は、低軌道(高度 200 k m)へ 4.4t、太陽同期軌道(高度 800 k m)へ 2.0t、静止トランスファー軌道(高度 36,000km)へ 1.4t のペイロードを搭載可能である。(表 2-2-1 参照)

GX ロケットの開発については、第 2 段の液化天然ガス(LNG)／液体酸素(LOX)エンジン(LNG 推進系)については JAXA が担当して開発を進め、インテグレーション等に関しては民間が行う計画であったが、民間から国に対して更なる支援の要請があった。このため、関係機関で検討が進められていたが、最終的には、平成 21 年に、第 2 段の LNG 推進系の開発のみを行うこととし、GX ロケットの開発は中止することが、政府により決定された。

表 2-2-1 GX ロケット諸元表

諸元		第 1 段	第 2 段 (GALEX 社による計画値)
寸法	長さ(m)	38.0	8.0
	全長(m)	48.0	
	外径(m)	3.1	3.3
重量	各段重量(t)	196.9	12.3
	全段重量(t)	210.2 (衛星を除く)	
	型式	液体ロケット	液体ロケット
エンジン	推進剤種類	液体酸素/ケロシン	液体酸素/液化天然ガス
	推進剤重量(t)	182.3	17 (計画値)
	真空比推力(s)	338	323 (計画値)
制御システム	ピッチ・ヨー	ジンバル	ジンバル
	ロール	ジンバル	ヒドラジンガスジェット

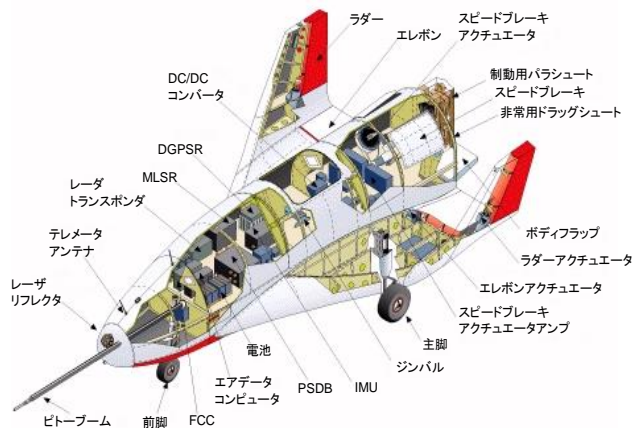
(3) 材料実験用ロケット

実利用の一分野としての宇宙材料実験用ロケットでは、頭胴部に実験装置及び回収装置を搭載した 2 段式の TT-500A を使った宇宙材料実験が、宇宙開発事業団により昭和 55 年 9 月から昭和 58 年 8 月まで行われた。また、平成元年度から TT-500A より大型の微少重力実験用小型ロケット(TR-1A)の開発が開始され、平成 3 年 9 月の初号機の打上げ以来計 7 機打上げられ、洋上でのペイロード部の回収にも成功した。

宇宙科学研究所も、昭和 56 年から S-520 型ロケットに頭胴部の回収機能を持たせ、同様の実験を始めた。現在使用しているロケットは、S-310、S-520、SS-520 の 3 機種であり、毎年、数機のロケットを鹿児島県内之浦から打上げている。

(4) 小型自動着陸実験機 (ALFLEX)

宇宙往還技術試験機 (HOPE-X) の開発のための実験機には、極超音速実験機 (HYFLEX) の他に自動着陸技術の基盤を固めるための小型自動着陸実験機 (ALFLEX) がある。ALFLEX は小型ではある



が、HOPE-X 本機と同等の機体空力特性を有し、平成 8 年 7～8 月の間、オーストラリアのウーメラ飛行場にて、計 13 回の自動着陸実験により技術データを取得し、実験は成功した。

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」(L-4S-5)で、昭和 45 年 2 月に打上げられた。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、この分野では平成 25 年 12 月までに 30 機の科学衛星や試験衛星などが打上げられてきた。各衛星のミッションは JAXA が実施している。

昭和 60 年 1 月に打上げの「さきがけ」(MS-T5)は、我が国初の人工惑星となり、同年 8 月打上げの「すいせい」(PLANET-A)とともに、国際ハレー彗星共同観測計画(IHW)に参加し、各国の探査機とともに同彗星の観測を行った。また、「ひてん」(MUSES-A)は、我が国で初めて月の重力を利用して軌道変換や加減速を行うスイングバイ実験を米ソに次いで世界で 3 番目に行った。また、第 1 回のスイングバイ直前に小型衛星の月軌道への放出にも成功し、我が国初の月周回衛星「はごろも」となった。平成 4 年打上げの GEOTAIL は日米欧共同の計画で、科学衛星では米国ロケットによる初めての打上げであった。

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

すざく外観図(出典：JAXA)



平成 17 年 7 月に打上げた 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 6 月に機器の不調が発生し、その後の状況から、JAXA では今後の科学観測が困難と判断し、運用終了に向けた作業を実施していくことを決定した。

「ひので」(SOLAR-B)は「ようこう」の後継機として平成18年9月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9月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。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。「月面からの地球の入り出」や「月から見た地球による日食時のダイヤモンドリング」などのハイビジョン映像が話題になったが、平成21年6月の主衛星の月面への制御落下により全ミッション運用を終了した。

「はやぶさ」(MUSES-C)は、平成15年5月に打上げられた後、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6月13日に地球へ帰還し、搭載カプセルをオーストラリアのウーメラに落下させた。回収された搭載カプセルからは、「イトカワ」由来の微粒子が採集されており、現在、初期分析を実施中で、成果が順次発表されている。成果の一部は、米科学誌「サイエンス」でも取り上げられた。「はやぶさ」プロジェクトチームは、米国航空宇宙工学連盟(AIAA)や米国宇宙協会(NSS)から表彰され、「世界で初めて小惑星から物質を持ち帰った探査機」として「はやぶさ」がギネス認定を受けるなど、その成果は注目を浴びている。また、「はやぶさ」の試料に対する研究を国際的に募り、世界の惑星科学の発展に貢献している。また、「はやぶさ」の後継機である「はやぶさ2」は平成26年12月に打上げられ、「Ryugu」

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)



(リュウグウ)と名付けられたC型小惑星に向かっている。平成27年12月に地球に接近し、地球の引力を利用した軌道制御(地球スイングバイ)を成功させた。

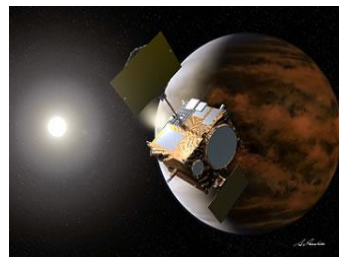
「あかつき」(PLANET-C)は、金星の大気の謎を解明するため7つのミッション機器を搭載した衛星である。平成22年5月に打上げられ、太陽系を半周した後の金星周回軌道投入に失敗した。推進系の燃料の逆止弁の閉塞が原因と推定されている。「あかつき」は、太陽を周回し、平成27年12月に金星周回軌道投入を再度実施し成功させた。平成28年4月には、雷・大気光カメラを除く5種類すべてのカメラが定常観測に移行した。

「IKAROS」(小型ソーラー電力セイル実証機)は、超薄膜の帆を広げ太陽光圧を受けて金星へ進む宇宙船である。「あかつき」と相乗りで打上げられ、世界で初めて、帆だけ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1月に定常運用を終了した。現在、後継機の開発に繋げる後期運用を継続中である。

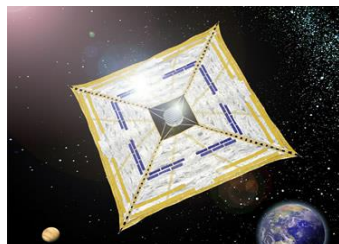
「ひさき」(SPRINT-A)は、地球を回る人工衛星軌道から金星や火星、木星などを遠隔観測する世界で最初の惑星観測用の宇宙望遠鏡である。平成25年9月にイプシロンロケットの試験機で打上げられ、初期の軌道上機能確認を終了し、定常観測運用を開始した。

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12月にイプシロンロケット2号機で打上げられた。今後は初期運用フェーズを経て、定常観測

「あかつき」(出典:JAXA)



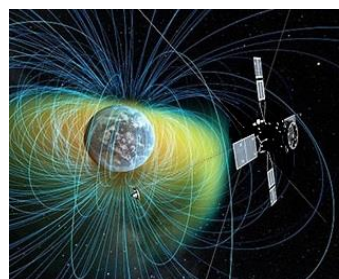
「IKAROS」(出典:JAXA)



「ひさき」(出典:JAXA)



あらせ(出典:JAXA)



に移行する予定である。

運用中の科学衛星を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 運用中の科学衛星

衛星	主要ミッション	メーカー	質量 (kg)	軌道			打上げロケット	打上げ年月日
				形	高度 (km)	傾斜角 (度)		
「ひので」 (SOLAR-B)	太陽の磁場、コロナ、プラズマ等に関する研究	三菱電機	約 900	円	680	太陽同期極軌道	M-V #7	H18.9.23
「あかつき」 (PLANET-C)	金星の気象現象大気環境の探査	日本電気	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	日本電気	約 315	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	日本電気	約 350	楕円	近地点 950 遠地点 1150	31	イプシロン	H25.9.14
「はやぶさ2」	C型小惑星に接近し科学観測・試料の採取を行い、地球に帰還	日本電気	約 600	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	日本電気	約 350	楕円	近地点 300 遠地点 33,200	31	イプシロン	H28.12.20

*：今後は初期運用フェーズを経て、定常観測に移行する予定。

(2) 実用・技術試験衛星等

実用衛星と技術試験衛星等の開発並びに打上げは、主として JAXA が実施している。最初の技術試験衛星は昭和 50 年 9 月に打上げの「きく」(ETS-I)で、以来、平成 26 年 2 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 NASA、仏、ロシアに依頼して打上げた 7 機の衛星も含め合計 59 機である。この間、実用衛星打上げ時の質量は N-I ロケットの 130kg から、H-IIA の約 5.8t まで大型化し、長寿命化も進んだ。

平成 23 年度には、かつての実用衛星や技術試験衛星が世界から表彰を受けた。

まず、昭和 59 年 5 月に営業放送を開始した「ゆり 2 号 a」(BS-2a : 昭和 59 年 1 月打上げ／平成元年 4 月運用終了)による世界初の直接衛星放送サービスが、今日の世界の衛星放送の基礎となったという理由で、IEEE マイルストーンに認定された。また、「きく 7 号」(ETS-VII : 平成 9 年 11 月打上げ／平成 14 年 10 月運用終了)での地上からの遠隔操作によるロボット精密作業が、打上げから 14 年経過しても、その成果を超える宇宙ロボットが実現されていないという理由で、AIAA の Automation and Robotics Award を受賞した。平成 9 年 8 月の STS-85 で行われた MFD(マニピュレータ飛行実証試験)も、同時に同賞を受賞した。

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

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 1 月に打上げられ同年 10 月から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 2 月に、「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 3 月の東日本大震災発生を受け、緊急観測を行い、その解析画像は災害対応機関で活用された。平成 23 年 5 月に運用を終了した。

平成 21 年 1 月に打上げられた、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」は、打上げ一年半後の平成 22 年 10 月には、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。

だいち外観図(出典：JAXA)



いぶき外観図(出典：JAXA)



「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シリーズの第1期の人工衛星「しずく」(GCOM-W1)が、平成24年5月に打上げられた。8月には定常運用に移行し正常に動作中である。

しずく外観図(出典: JAXA)



「WNI衛星1号機:WNISAT-1」は北極海域の海水の観測を行い、海運会社の運航支援をすることをミッションとした、質量10kgの超小型衛星である。平成25年11月にドニエプルにより打上げられた。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2月に打上げられた。

陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)は「だいち」の後継機として平成26年5月に打上げられた。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ぐ事となっている。

だいち2号外観図(出典: JAXA)

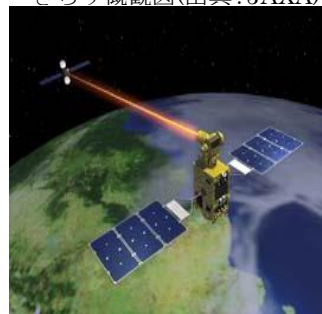


データ中継技術衛星: データ中継技術衛星(DRTS)は、地球観測衛星や宇宙ステーションからのデータを中継する衛星で、平成14年9月に打上げられ、「こだま」と命名された。「だいち」が観測したデータの伝送や、国際宇宙ステーション「きぼう」の筑波宇宙センターからの運用で利用されている。

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8月にドニエプルロケットにより打上げら

れ「きらり」と命名された。ESA の先端型データ中継技術衛星「ARTEMIS」との世界初の双方向光通信実験や光地上局との光通信実験にも成功した。平成 21 年 9 月に停波作業を実施し、運用を終了した。今後は、光衛星間通信機器を小型化・軽量化し通信容量も向上させて、データ中継衛星への搭載を目指している。

きらり概観図(出典: JAXA)



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 2 月に打上げられた。平成 20 年 10 月に利用実験を開始したが、平成 23 年 3 月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。平成 23 年 6 月には基本実験を終了した。

きずな外観図(出典: JAXA)



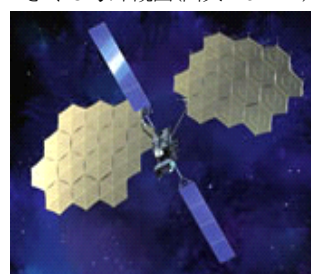
測位衛星： 準天頂衛星初号機「みちびき」は、GPS 補完・補強、及び次世代衛星測位システムの基盤技術の開発と軌道実証を行うことが目的の衛星で、平成 22 年 9 月に打上げられ、12 月に定常運用に移行した。平成 23 年 6 月からは、測位信号の提供が開始され、運用及び技術実証・利用実証が順調に実施されている。平成 23 年 9 月には、実用準天頂衛星システムの整備に可及的速やかに取り組む事が閣議決定され、内閣府主導の下、整備が進められている。

「みちびき」(出典: JAXA)



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

きく 8 号外観図(出典: JAXA)



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12月に打上げられ、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1月に定常段階を終了し、後期利用段階に移行していたが、平成23年3月の東日本大震災発生後、平成23年5月まで被災地（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。

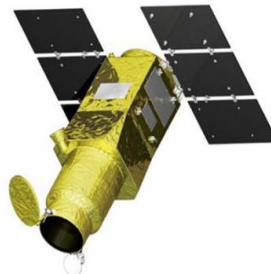
「つばさ」(MDS-1)は、民生部品の軌道上評価とコンポーネントの小型軽量化技術を確認する目的で、平成14年2月に打上げられ、平成15年9月に運用を終了した。

JAXAでは機器・部品などの新規技術を事前に宇宙で実証して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。その第1号機である小型実証衛星1型(SDS-1)は、平成21年1月に打上げられ、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9月に運用を終了した。小型実証衛星4型(SDS-4)は、「しずく」の相乗り衛星として、平成24年5月に打上げられ、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、12月には後期利用フェーズに移行している。

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10月、1号機の打上げに成功し、平成17年10月に運用を終了した。また、実証衛星2号機(SERVIS-2)は、平成22年6月2日に打上げに成功し、平成23年6月に予定実験を完了して、運用を終了した。

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」外観図
(出典：経済産業省)



「ASNARO-1(Advanced Satellite with New system Architecture for Observation)」の打上げが平成 26 年 11 月に成功した。「ASNARO-1」は、単納期、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。リモセン法施行後は、「ASNARO-1」の商用化が検討されている。また経済産業省は、平成 29 年度に技術実証用地球観測衛星「ASNARO-2」を打上げ予定と発表している。「ASNARO-2」は「ASNARO-1」と違いレーダーによる地球観測を実現する。

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 11 月 打上げ失敗後、代替機(MTSAT-1R)を平成 17 年 2 月に打上げ、「ひまわり 6 号」と命名された。また、2 号(MTSAT-2)は、平成 18 年 2 月に H-IIA 9 号機により打上げられ「ひまわり 7 号」と命名された。「ひまわり 8 号」は平成 26 年 10 月に打上げられ、平成 27 年 7 月に正式に運用開始した。「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。平成 28 年 11 月には「ひまわり 9 号」が打上げられた。

運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画)を表 2-2-3 に示す。

「ひまわり 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) (1)

衛星	ミッション	メーカー等	打上げ時の 質量(kg)	軌道 (高)=高度 (傾)=傾斜角	打上げ ロケット	打上げ 年月日	
地球観測衛星	GEOTAIL	地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスの研究	日本電気	約 1,009	楕円軌道 近地点 57,000km/ 遠地点約 20 万 km (傾)29°	Delta II	H4.7.24
	熱帯降雨観測衛星 (TRMM)	全地球的規模のエネルギー収支のメカニズム解明時に不可欠な熱帯降雨の観測等を目的とする日米協力衛星で、我が国は降雨レーダーと打上げを担当した(*1)	NASA	約 3,600	円軌道 (高)350km (傾)約 35°	H-II	H 9.11.28
	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 60	略円軌道 近地点 610km/ 遠地点 654km (傾)約 97.8°	ドニエプル	H17.8.24
	いぶき (GOSAT)	地球温暖化をもたらす地上の二酸化炭素の高頻度かつグローバルな濃度分布測定、メタンガスの観測	三菱電機	約 1750	太陽同期準回帰軌道 (高) 約 666km	H-IIA	H21. 1.23
	しずく (GCOM-W1)	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	日本電気	約 1,910	太陽同期準回帰軌道 (高) 約 700km	H-IIA	H24.5.18
	WNISAT1	北極海域の海氷の観測	アクセルスペース	約 10	太陽同期 (高)600km	ドニエプル	H25.11.21
	全球降水観測計画主衛星 (GPM 主衛星)	降雨量観測を、TRMM より高緯度、高精度、高頻度で行う	NASA JAXA	約 3,850	太陽非同期軌道 (高)407km (傾)65°	H-IIA	H26.2.28
	だいち 2号 (ALOS-2)	国内外の大規模自然災害に対して、高分解能かつ広域の観測データを迅速に取得・処理・配信 国土管理/資源管理のための多様なデータ取得	三菱電機	約 2,000	太陽同期準回帰軌道 (高)628km	H-IIA	H26.5.24

表 2-2-3 運用中の実用・技術試験衛星(国の宇宙開発計画) (2)

衛星	ミッション	メーカー等	打上げ時の質量(kg)	軌道 (高)=高度 (傾)=傾斜角	打上げ ロケット	打上げ 年月日	
データ中継技術衛星	こだま (DRTS)	衛星間通信のデータ中継機能の向上等	三菱電機	約 2,800	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H14. 9.10
通信技術試験衛星	超高速インターネット衛星 きずな (WINDS)	IT 社会で必要とされる大容量な情報をより速く伝える	日本電気	約 4,850	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H20.2.15
測地実験衛星	あじさい (EGS)	H-1 ロケットの打上げ性能の確認、国内測地三角網の規制、島位置の決定、日本観測原点の確立	川崎重工業	約 685	円軌道 (高)約 1,500km (傾)約 50°	H-I	S61. 8.13
測位衛星	準天頂衛星初号機 みちびき	米国が運用する GPS と組み合わせ、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率を改善する	三菱電機	約 4,000	準天頂軌道 (高)32000~40000km	H-IIA	H22.9.11
技術試験衛星	さく 8 号 (ETS-VIII)	大型展開構造物の基盤技術の実証、移動体衛星通信、移動体デジタルマルチメディア放送のための技術の実験実証、衛星測位に係る基盤技術の実証	三菱電機	約 5,800	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H18.12.18
	小型実証衛星 4 型 (SDS-4)	定常的に三軸姿勢制御を行う 50kg 級の小型衛星の標準バスの確立および、船舶自動識別実験、ヒートパイプや熱制御材、水晶発振式天秤の軌道上実証	JAXA	約 48	(高)677km	H-IIA	H24.5.18
	技術実証衛星 ASNARO-1	各種の技術実証・評価	日本電気	約 450	太陽同期軌道 (高)504km	ドニエプル	H26.11.6
気象・航空管制衛星	ひまわり 7 号 (MTSAT-2)	気象・航空管制	三菱電機	約 4,650	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H18.2.18
気象衛星	ひまわり 8 号	気象予報の高精度化(*2)	三菱電機	約 3,500	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H26.10.7
	ひまわり 9 号		三菱電機	約 3,500	静止衛星軌道 (高)36,000km	H-IIA	H28.11.2

*1: 衛星は、NASA が運用中。センサデータ処理/配信を JAXA が実施。

*2: ひまわり 9 号は平成 34 年から観測運用の予定で、それまでは「ひまわり 8 号」の予備機として待機運用の予定。

(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／オービタル社に発注し、平成 14 年に打上げた。

伊藤忠商事、三井物産が中心となって設立した日本通信衛星(株)は米国ヒューズ社に発注し、HS-393 型による衛星 JCSAT1、2 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(株)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(株)と合併し、(株)日本サテライトシステムズ(後に JSAT(株))となった。

表 2-2-4 運用中の商用通信・放送衛星 (平成 28 年 6 月現在)

衛星名称	発注者	ミッション	質量 (kg)	衛星製作 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
JCSAT-2A	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
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-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
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
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
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
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
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
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
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
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

三菱系企業によって設立された宇宙通信(株)はフォード・エアロスペース社(現スペースシステムズ・ロラール社)に衛星を発注し事業を開始した。

平成 20 年 10 月には、宇宙通信(株)、JSAT(株)及び(株)スカパーフェクト・コミュニケーションズが合併して、スカパーJSAT(株)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 10 月に打上げた。平成 24 年 5 月には JCSAT-13 を、平成 28 年 12 月には JCSAT-15 を打上げた。JCSAT-15 は今後運用予定である。

一方、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(株)放送衛星システムを平成 5 年 4 月に設立し、BSAT 1a、b をヒューズ社に発注し、事業を開始した。平成 23 年 6 月には、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 3 月に日本で、平成 24 年 8 月に韓国でのモバイル放送事業を終了した。最近の運用状況は表 2-2-4 による。

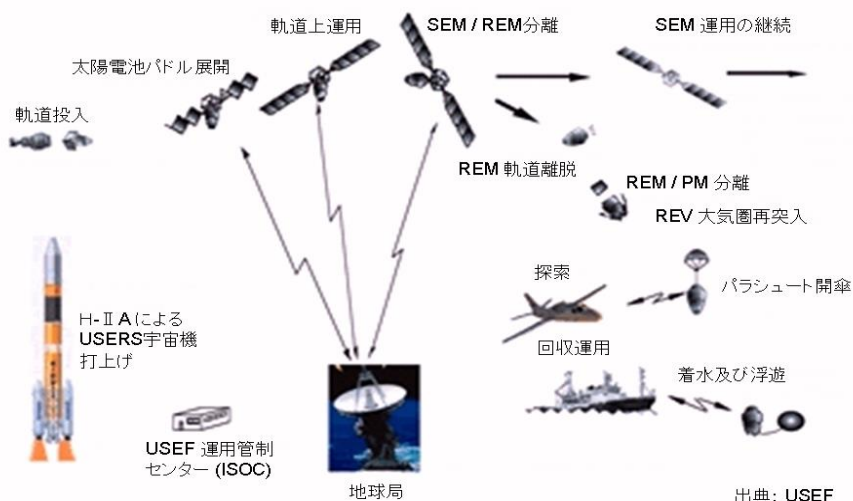
(4) その他衛星

平成 7 年 3 月に 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 1 月スペースシャトル・エンデバー号に搭乗した若田宇宙飛行士により成功裏に回収された。SFU の利用目的は、理工学実験、天体観測など各種の科学研究のほか、エレクトロニクス、バイオテクノロジー、新材料など先端技術開発に資する各種実験、及び宇宙ステーションの日本実験モジュール(JEM)の曝露部や、搭載共通実験装置の信頼性向上等など多岐にわたっている。SFU の特徴は、有人活動などで生ずる振動が皆無のため、数ヶ月の長期間にわたり高品質の重力レベル(10⁻⁵G)が得られること、実験対象物を回収できること、再利用が可能なシステムであることなどに加え、高真空、高放射能などを利用した多目的の実験が可能なことである。

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)が開発されると共に、平成 14 年 9 月に本システムが打上げられ平成 15 年 5 月に無事回収された。(図 2-2-3 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ている。

朝鮮民主主義人民共和国が発射したテポドンを機に、我が国政府は、我が国周辺を中心に情報収集力を強化するために情報収集衛星の打上げが閣議決定された。情報収集衛星初号機は平成 14 年度に打上げられ、その後、順次、計画に従って打上げられている。

図 2-2-3 USERS 運用シナリオ



平成 21 年 1 月の地球観測衛星「いぶき」の打上げには、表 2-2-5 の 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、大学等の民間の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の一環として実現したものである。

表 2-2-5 「いぶき」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
SPRITESAT	東北大学	スプライト/地球ガンマ線観測
SOHLA-1	東大阪宇宙開発協同組合	雷観測/VHF 波帯電磁波受信
KKS-1	都立産業技術高等専門学校	宇宙実験スペース提供
STARS	香川大学	テザー宇宙ロボット研究
かがやき	ソラン株式会社	自律型宇宙写真撮影
PRISM	東京大学	小型光学撮影衛星

「いぶき」の相乗りにつき、表 2-2-6 から表 2-2-12 に示す相乗り小型衛星が打上げられている。

表 2-2-6 「あかつき」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
UNITEC-1	大学宇宙工学 コンソーシアム	大学開発の深宇宙衛星
KSAT	鹿児島大学	大気中の水蒸気分布を観測
WASEDA-SAT2	早稲田大学	宇宙空間での QR コード(二次元バーコード)読み取り実験
Negai☆“”	創価大学	市販部品の小型衛星用コンピュータの宇宙での動作実証

表 2-2-7 「しずく」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
鳳龍弐号	九州工業大学	低軌道での高電圧発電デブリ観測カメラ画像の地域提供

表 2-2-8 「全球降水観測計画(GPM 計画)」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
可視光通信実験衛星 ShindaiSat	信州大学	双方向可視光通信実験
STARS-II	香川大学	テザー
微生物観察衛星 TeikyoSat-3	帝京大学	微小重力環境と宇宙放射線が粘菌に与える影響
ITF-1	筑波大学	ネットワーク/新型マイコン/超小型アンテナ
OPUSAT	大阪府立大学	耐宇宙環境性能の実証実験等
芸術衛星 INVADER	多摩美術大学	衛星データの芸術利用
KSAT2	鹿児島大学	大気水蒸気の独創的観測等

表 2-2-9 「だいち 2 号」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
RISING-2	東北大学	高解像度地球撮影
UNIFORM-1	和歌山大学	熱異常検知
SOCRATES	(株)AES	小型衛星標準バスの実証
SPROUT	日本大学	複合膜面構造物展開の宇宙実証と設計手法の検証

表 2-2-10 「ASNARO-1」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
ほどよし 1	東京大学	観測衛星
金シャチ 1 号	名古屋大学	観測衛星
つばめ	東京工業大学	高速姿勢変更技術の実証等
つくし	九州大学	地球画像の取得・伝送/地磁気の精密測定等

表 2-2-11 「はやぶさ 2」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
しんえん 2	九州工業大学	熱可塑性 CFRP による宇宙機の製作と宇宙利用実証等
ARTSAT2-DESPATCH	多摩美術大学	ソーシャルネットワークを用いた共同受信等
PROCYON	東京大学(JAXA と共同研究)	50kg 級超小型深宇宙探査機バス技術の実証等

表 2-2-12 「ひとみ」相乗り小型衛星

衛星名	開発機関	ミッション
ChubuSat-2 (金シャチ 2 号)	名古屋大学/ 大同大学	放射線モニタリング/アマチュア無線通信/太陽の中性子観測
ChubuSat-3 (金シャチ 3 号)	名古屋大学/ 大同大学	地球温暖化のモニタリング/スペースデブリ観測
鳳龍四号	九州工業大学	宇宙空間での放電現象の撮影と放電電流のオシロスコープでの計測

(5) 宇宙環境利用と宇宙ステーション

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、将来宇宙ステーションが完成すると宇宙産業として新しい事業を展開する機会を提供するものと期待されている。この分野では、小型ロケット、回収型カプセル衛星、スペースシャトル、落下塔等を使って主に材料実験が行われてきた。

我が国における最初の小型ロケットによる無重量実験は、昭和 55 年から 58 年にかけて、宇宙開発事業団が TT-500A ロケットを使用して行った。実験は金属の溶融実験やアモルファス半導体製造実験などで、その成果は平成 4 年度にスペースシャトルを利用して行われた、第一次材料実験(FMPT)のための実験システムの開発にも活用された。その後、平成 3 年に開発された TR-1A が使用され、これまでに結晶成長、マランゴニ対流、気泡発生等の実験が行われた。宇宙科学研究所でも S-520 ロケット使用した無重量実験を、平成 8 年 8 月に行った。

ドイツの小型ロケット「TEXUS」、あるいはスウェーデンの「MASER」が無重量実験ロケットとして活用されており、昭和 61 年には文部科学省及び金属材料研究所が、昭和 63 年と平成元年に宇宙環境利用研究所が、それぞれ「TEXUS」を使用している。

回収型カプセル衛星を利用した微小重力実験は、衛星打上げ用ロケットを用い

て、回収型カプセル衛星を地球周回軌道に打上げ、5～8日間微小重力環境下で実験を行った後、実験装置を回収するものである。

我が国では昭和63年8月に長征2号、平成元年9月にソユーズを用いて実験を行い、それぞれ回収に成功している。また、経済産業省、宇宙科学研究所及びドイツ宇宙機関(DARA)が共同で開発した回収型カプセル EXPRESS(平成7年1月打上げ)は、所期の目的を達成できなかったが、1年後カプセルは発見回収され一部のデータは得られた。

スペースシャトルに搭載されるスペースラブを利用して行う、宇宙開発事業団の第一次材料実験(FMPT: ふわっと'92)は、当初予定されていた昭和63年から4年遅れ、平成4年度にやっと実現した。我が国はFMPTに先立ち、平成3年度に実施された米国の第一次国際微小重力実験室(IML-1)にも参加し、さらに平成6年7月にはIML-2で、向井宇宙飛行士がスペースシャトル・コロンビア号に搭乗した。IML-2では、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。

落下塔を用いた微小重力実験としては、文部科学省が岐阜県のウラン探鉱施設の垂直坑跡に、長さ約135m(自由落下距離約100m)、直径約2mの落下実験施設(約4.5秒間 10^{-5} Gの環境で実験可能)を建設し、平成2年4月に日本無重量総合研究所(MGLAB)を設立した。なお、宇宙ステーション完成後は当初の目的を達成したため平成22年8月に清算された。

平成2年に日本人初の宇宙飛行士として、秋山宇宙飛行士が旧ソビエト連邦の宇宙ステーションミールに滞在した以降、表2-2-13に示す多くの日本人が宇宙飛行士として活動している。

国際宇宙ステーションの日本実験モジュール「きぼう」では、平成20年8月から、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・文化利用分野などの実験を行っている。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2-2-14の通りとなっている。

表 2-2-13 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

表 2-2-14 「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	開発機関
H24年10月	RAIKO	和歌山大学／東北大学
	FITSAT-1	福岡工業大学
	WE WISH	明星電気
	F-1	NANORACK 社／FPT Univ／UPPSALA Univ
	TechEdSat	NASA エイムズ研究センター／San Jose State Univ
H25年11月	PicoDragon	東京大学／ベトナム国家衛星センター／ (株)IHI エアロスペース
	ArduSat-1	Nanorack 社/NanoSatisfi 社
	ArduSat-X	同 上
	TechEdSat-3	NASA エイムズ研究センター
H27年2月	AESP-14	ブラジル航空技術大学／ブラジル国立宇宙研究所／ ブラジル宇宙庁
H27年9月	SERPENS	ブラジリア大学／ブラジル宇宙庁
	S-CUBE	千葉工業大学
H28年3月	DIWATA-1	フィリピン科学技術省／フィリピン大学ディリマン校／ 東北大学／北海道大学

4. 成層圏プラットフォーム研究開発

成層圏プラットフォームの研究開発は、平成 5～9 年の「成層圏無線中継システムの実用化に向けた調査研究会」等の成果を踏まえ、平成 10 年から地球観測・環境監視拠点実現を目指す科学技術庁(現 文部科学省)及び高度情報化社会対応インフラ構築を目指す郵政省(現 総務省)の連携施策として実施された。

本研究開発は、無線局、観測センサー等を搭載して高度約 20 km の成層圏に滞空し、安心安全なユビキタス社会の実現を目指し通信放送・地球観測に利用する等、世界的にみても我が国がフロントランナーになって開発が進められたプロジェクトである。通信放送分野では、伝送遅延・損失の少なさを生かした移動体通信基地や無線中継基地としての活用が期待され、監視・観測分野では、高分解能力を生かした災害観測・環境観測・テロ対策・交通管制などへの活用が期待されていた。

平成 11 年の内閣総理大臣決定により、本研究開発がミレニアム・プロジェクトとして選定され、JAXA および NICT により、2 種類の試験機が開発された。

2 種類の試験機は、成層圏飛行船のための軽量・高強度膜材及び成層圏到達のた

めの材料・構造技術の実証並びに大気(温室効果ガス)の直接採取を目的とした成層圏滞空試験機と、離陸から着陸までの飛行制御技術及び運用技術、追跡・管制技術の確認を目的とした定点滞空試験機である。

両試験機とも、フレームを持たず船体のヘリウムガスの内圧だけで形状を保持する構造の軟式飛行船であり、成層圏での厳しい環境に耐えうる軽量高強度のベクトランを外皮の膜材に使用している。特に定点滞空試験機は、船体内に姿勢や浮力の制御を行うための3つの空気房を持つマルチバロネット構造様式となっている。成層圏プラットフォーム実用機は全長250m級で、無補給での長期滞空をするため太陽光電池と再生型燃料電池による電力でのプロペラ推進を構想しているが、定点滞空試験機では、ターボシャフトエンジン発電機による電力で2つのプロペラを駆動している。

平成15年8月に、成層圏滞空試験機(全長47m)が日立港沖において高度約16kmまで上昇し所定のデータを取得した。また、平成16年11月には、定点滞空試験機(全長68m)が北海道大樹町にて上空4kmで定点滞空を実証し、併せて通信放送・地球観測ミッション試験を成功させ、平成17年3月にミレニアム・プロジェクトは終了した。

成層圏滞空試験機(左)と定点滞空試験機(右) (出典：JAXA、NICT)



一方で移動体としての飛行船は、地上整備網の発展により移動体通信基地や無線中継基地として成層圏プラットフォームとしての活用の可能性は極めて低くなったが、災害監視等通信基地局以外の用途での活用が考えられている。

5. 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8月に試験機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9月に試験機が打上げられた。新型基幹ロケット(H3)用の射点はH-IIB用射点を改修して使用する計画である。同じく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センター(SSIP)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。イプシロンロケットでは、搭載機器の点検をロケット自身が自立的に行うモバイル管制を導入し、ロケット発射・運用設備の簡略化、省人化が進められている。これを受けて、内之浦宇宙空間観測所等の設備が簡略化されることが見込まれる。

主な宇宙関連地上設備の所在地と概要を図2-2-4と表2-2-15示す。

図2-2-4 主な地上設備の所在地(出典：JAXA)

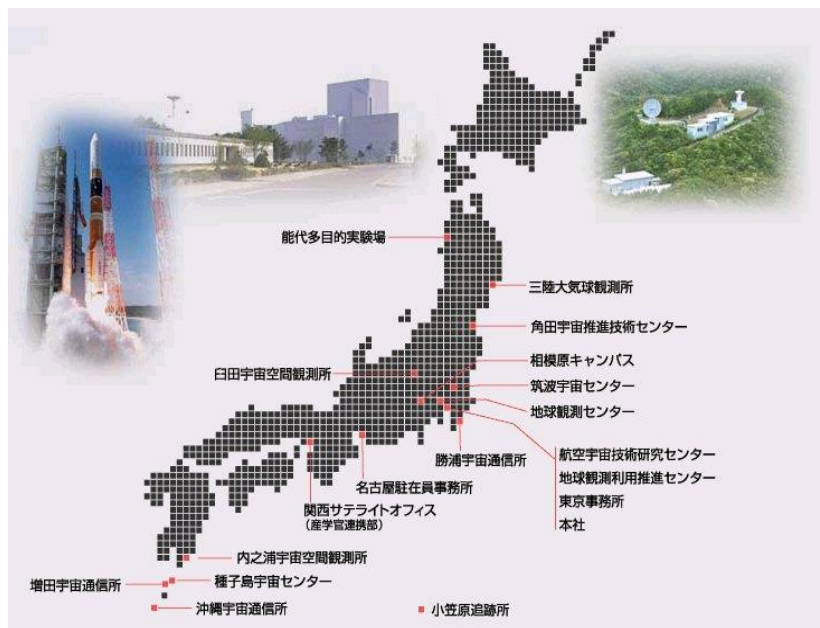


表 2-2-15 主な宇宙関連地上設備

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
能代多目的実験場	宇宙航空研究開発機構	液體液水エンジン、固体ロケットモータ燃焼試験設備
白田宇宙空間観測所	宇宙航空研究開発機構	深宇宙受信設備
三陸大気球観測所	宇宙航空研究開発機構	テレメータ受信、気象観測装置
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
航空宇宙技術研究センター	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、H-IIB、小型ロケット発射設備、追跡・管制設備、テレメータ受信設備、液体、固体ロケット地上燃焼試験設備、衛星試験設備、非破壊検査設備、気象観測、レーダ装置、光学観測設備、燃料貯蔵設備
筑波宇宙センター	宇宙航空研究開発機構	スペースチャンパー、イオンエンジンチャンパー、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、キル局、マスパ・ロマス局、サンフコ局、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
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)
日本無重量総合研究所	同 左	135m 落下塔(平成 22 年解散)
超高温材料研究センター	同 左	材料製造装置、試験装置
上斎原スペースガードセンター	日本宇宙フォーラム	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	日本宇宙フォーラム	宇宙デブリ観測用望遠鏡(口径 1m、50cm(CCD カメラ方式)等)
日本原子力研究開発機構	日本原子力研究開発機構	コバルト 60 ガンマ線照射装置
高崎量子応用研究所	(JAEA)	
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10月宇宙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、この他、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2-2-16、表2-2-17 参照)

表2-2-16 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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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
独立行政法人 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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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
独立行政法人電子航法研究所(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
独立行政法人情報通信研究機構(総務省)	<ul style="list-style-type: none"> ・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2-2-17 宇宙開発・利用法人

	区分	名称	関係官庁	設立年月	設立目的
人工衛星利用	一般財団法人	リモートセンシング技術センター(RESTEC)	文部科学省	昭和50年7月	地球観測衛星のデータ処理、販売
	一般財団法人	衛星測位利用推進センター(SPAC)	内閣府	平成19年2月	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)	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
宇宙環境利用	一般財団法人 同上	宇宙システム開発利用推進機構(J·spacesystems) 日本宇宙フォーラム(JSF)	同上 文部科学省	同上 平成6年2月	宇宙実験・観測フリーフライヤ及び回収型カプセルの開発 国際宇宙ステーションの利用
管理運用	株式会社	有人宇宙システム(JAMSS)	—	平成2年5月	JEMに関するエンジニアリング業務及び運用
無重力実験	株式会社	日本無重量総合研究所(MGLAB)	文部科学省	平成2年4月 (平成22年解散)	無重力実験の実施(落下塔)
部品材料	株式会社	HIREC	—	昭和63年10月	ロケット、衛星関連の電子部品の調達
	株式会社	超高温材料研究センター(JUTEM)	経済産業省	平成2年1月	高温耐熱材料開発と環境実験の実施

また、これまでは、宇宙開発委員会がこれらの機関の調整を行いつつ、我が国の宇宙開発の計画的、総合的推進を図っていたが、平成 13 年 1 月の省庁再編により宇宙開発の政策決定体制が見直された。

平成 20 年 8 月の宇宙基本法の施行に伴い、宇宙開発利用に関する施策の総合的・計画的な推進を行うため、内閣総理大臣を本部長、内閣官房長官と宇宙開発担当大臣を副本部長とする、宇宙開発戦略本部が内閣に設立された。

宇宙基本法の基で体制の見直しに係る検討等が行なわれ、宇宙活動に関する法制の整備、宇宙開発戦略本部に関する事務の処理を内閣府に行わせるための法制の整備が進められ、JAXA 等の在り方の見直し、及び宇宙開発利用に関する施策の総合的・一体的な推進のための行政組織の在り方が検討され、平成 24 年 7 月に宇宙開発委員会が廃止され、新たに、内閣府に宇宙戦略室と宇宙政策委員会が、内閣官房に宇宙開発戦略本部事務局が設立され、JAXA は、内閣府、内閣官房、文部科学省、経済産業省、総務省、その他の省庁の管轄化に置かれることとなり、宇宙開発戦略本部の宇宙開発専門調査会は廃止された。文部科学省は宇宙開発委員会の廃止に伴い宇宙開発利用部会を新たに立ち上げ、文部科学省が管轄する宇宙関係の案件を審議して行くこととなった。また、新体制発足に伴い宇宙基本計画が見直され、平成 25 年 1 月に改訂された宇宙基本計画が制定された。その後、平成 27 年 1 月には宇宙開発戦略本部で新しい宇宙基本計画(本文と工程表の二部構成)が制定された。平成 28 年 4 月、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 2-2-5 参照)

(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。昭和 44 年 10 月宇宙開発事業団の設立以降は、実利用分野の予算が大幅に増加し、平成 11 年度には 2,500 億円を突破し一時は 3,500 億円近くまで伸びたが、以降は伸び悩んでいる。しかし、主要国の宇宙開発予算と比較してみると、まだ大きな差があり、国防予算を除いても米国の 7 分の 1、欧州の 3 分の 1 程度である。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、長期的な宇宙開発計画を体系的に推進して行くには、今後長期間にわたって、毎年着実な予算の伸びが必要とされる。(図 2-2-6 参照)

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行くために中期戦略では民間資金の活用が提言されているが、企業にとってはまだ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。

図 2-2-5 日本の宇宙開発体制

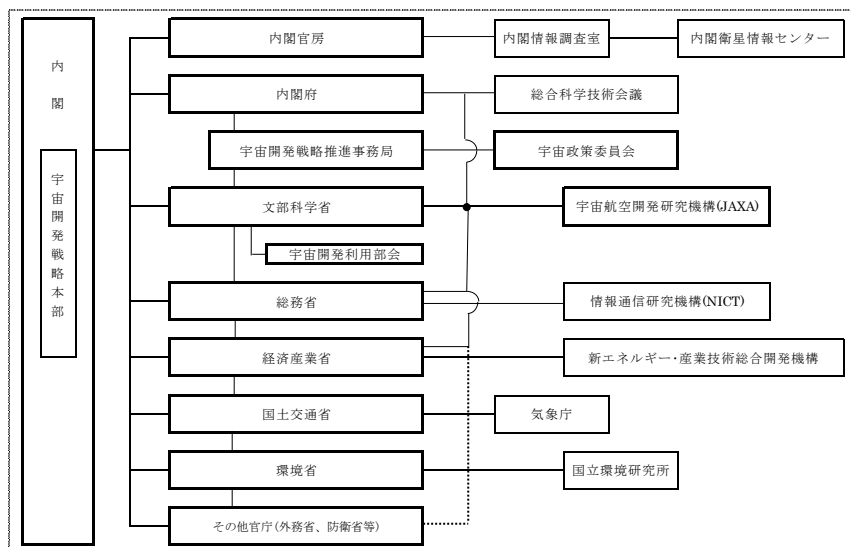
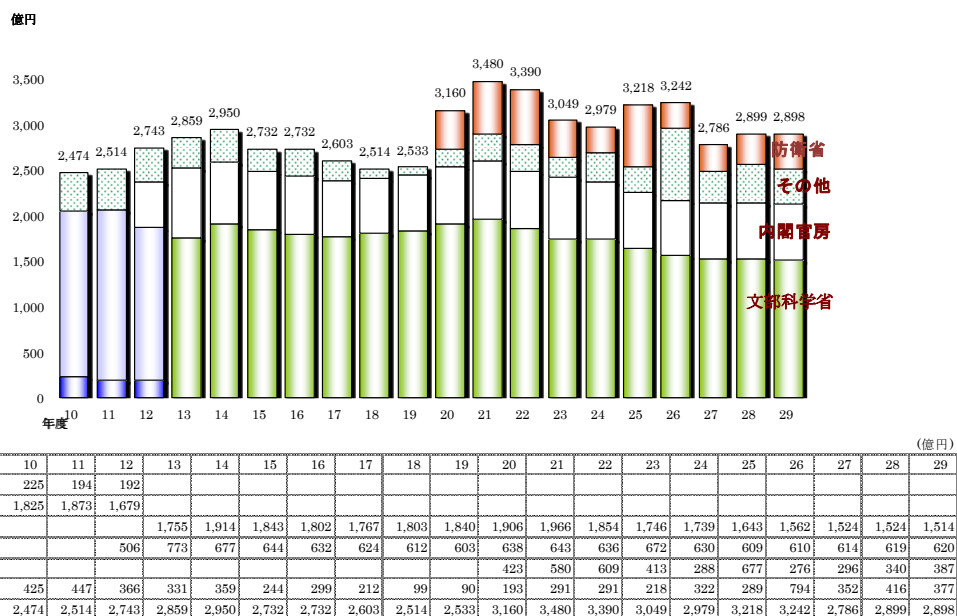


図 2-2-6 宇宙開発関係予算の推移



(注) その他：内閣府、警察庁、総務省、外務省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省
平成28年度は当初予算

出典：平成 29 年度予算案における宇宙関係予算について(内閣府宇宙開発戦略推進事務局)

(3) 開発方式

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

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

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

近年、科学衛星の観測対象は次第に惑星空間にまで広がり、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(現宇宙航空研究開発機構)が衛星を担当し、NASAがロケットを分担するなど、国際的な開発協力が一般化してきている。

実用衛星の分野は、初期においては各メーカーとも実用衛星の経験が浅く、三菱電機はフォード・エアロスペース社(現スペースシステムズ・ロラール社)、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(現ボーイングサテライトシステムズ社)及び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実用衛星を開発してきた。3社とも衛星システムメーカーとして全体の取りまとめや総合組立試験などを担当するとともにバス機器及びミッション機器の設計、製作も行ってきた。このような開発方式によって技術の吸収や習熟を早めるとともに、技術開発衛星による技術と経験の蓄積が加わって、最近各企業の開発力も向上してきており、得意な分野で海外へ進出し、商業衛星の売り込みをはかる企業

も出てきた。

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

新型基幹ロケット(H3)は、打上げコストを H-IIA ロケットの約半分にし、海外市場にも売り込める製品を目指すものであり、平成 32 年度までに開発を終了予定である。JAXA は、新型基幹ロケットの開発を始めるにあたって、プライムコントラクターに三菱重工業(株)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(株)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(株)を、ターボポンプ担当事業者に(株)IHI を、慣性センサ担当事業者に日本航空電子工業(株)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(株)を選定した。H-3 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。

宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)では、文部科学省と経済産業省の協力のもと、無人宇宙実験システム研究開発機構(USEF)(現 宇宙システム開発利用推進機構(JSS))が開発を担当し、幹事会社(三菱電機)始め 13 社に委託契約する方式となった。

また、経済産業省とドイツ宇宙機関との間で合意した日独共同プロジェクト EXPRESS では、ロケットは日本、カプセルはドイツが担当し、搭載実験装置は双方が半分ずつ分け合った。日本側は USEF が中心となり日産自動車(現 IHI エアロスペース)が主契約者、石川島播磨重工業(現 IHI)、川崎重工、日本電気が副契約者となった。

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

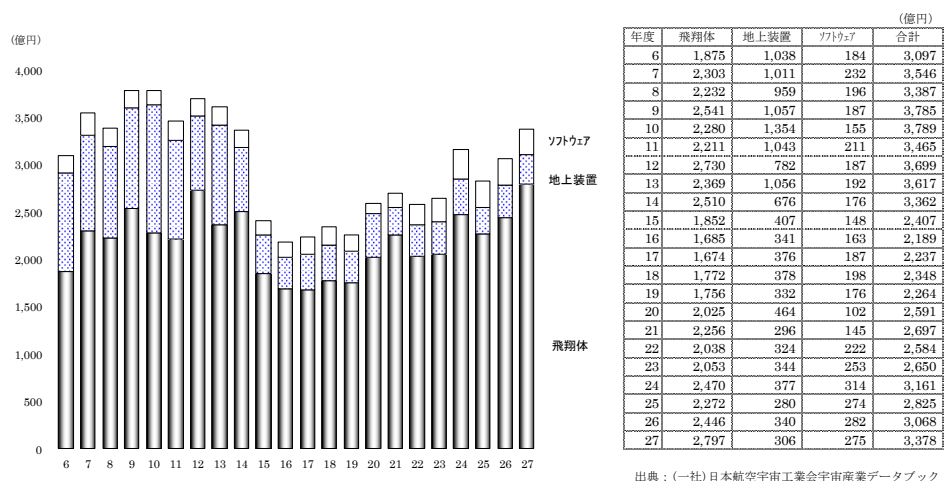
システムを4社に分担させている。他に、川崎重工業、日本電気、三菱電機、日立製作所の各社は主契約者との契約で参加している。

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、国の政策によって育成される面が強い。従って、国家予算への依存度が高く、売上高の急激な変動もなく、他産業と比べても規模は小さい。平成27年度の売上高は前年比約5%減の3,378億円となった。その内訳はロケット及び人工衛星を主とする飛翔体が83%、地上施設が9%、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8%である。

我が国の宇宙工業はほとんどを官需に依存しているが、ロケットによる人工衛星打上げをはじめ国際マーケットでの活動の兆しがあり、国際マーケットで認知されることで産業として宇宙先進国の仲間入りを果たすことになる。(図2-2-7参照)

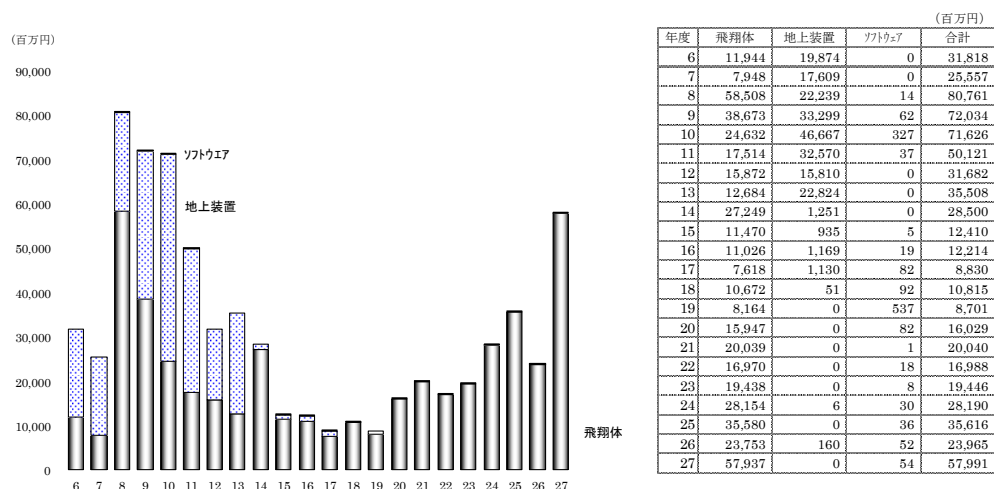
図2-2-7 宇宙工業の売上高の推移



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。平成27年度の輸出高は対前年度比242%増の580億円で、内訳は飛翔体がほぼ100%である。これは主に、三菱重工業によるテレサット・カナダ向け通信放送衛星打上げ輸送サービスの輸出および三菱電機によるトルコの通信衛星Turksat-4B向け標準衛星バスの輸出等によるものである。

我が国の宇宙工業関連の輸出は依然として少ない。これは、遅れて出発した我が国の宇宙工業が、その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、基本的には日米交換公文などによる規制を受け、第三国への輸出やサービス供与が拘束されること、並びに我が国の宇宙開発の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ものである。(図 2-2-8 参照)

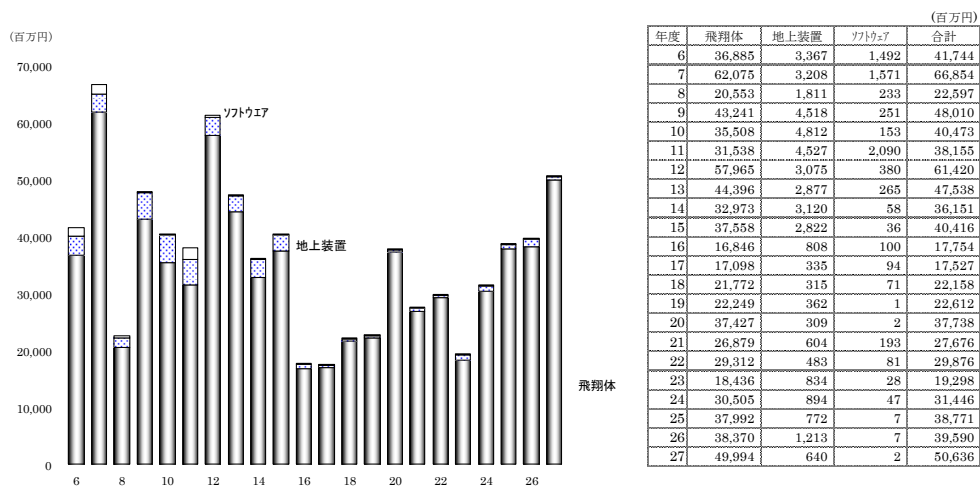
図 2-2-8 宇宙工業の輸出高の推移



出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

我が国宇宙工業の輸入は対前年比の増減変動が大きく、25年度と26年度の対前年比は23%及び2%の増、27年度は対前年比28%の増となった。(図 2-2-9 参照)

図 2-2-9 宇宙工業の輸入高の推移



出典：(一社)日本航空宇宙工業会宇宙産業データブック

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と比べても少なく、確固たる産業基盤を確立するまでには至っていない。

ロケットの分野ではH-IIの成功により、海外技術への依存がやっと終了し、その発展型であるH-IIAにより、6号機の打上げ失敗による挫折を経ながらも、平成19年度には三菱重工業に民営移管を行った。また、商用衛星の分野では、24年5月には、三菱重工業はH-IIAにより、韓国の多目的実用衛星KOMPSAT-3の打上げに成功し、商業衛星打上げの国際市場に参入することができた。さらに平成25年には、平成27年予定のカナダの通信衛星の打上げを受注した。また、三菱電機は、20年12月に、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、22年3月にトルコの国営衛星通信会社からTurksat-4A及びTurksat-4Bを受注した。このように、少しずつではあるが、国際市場への参入を始めている。

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

我が国における宇宙工業の自立化は、先端技術産業の国際競争力を大幅に引き上げることになる。また、宇宙機器製造分野で自主技術開発能力を持つことにより、我が国独自の宇宙開発プロジェクトを推進することも可能となる。これらの状況を踏まえ、官・民力を合わせて“技術的に自立した”、“自給力のある”宇宙工業の基盤の確立を図るため、平成20年に設立した宇宙開発戦略本部により、宇宙基本法が施行され、平成21年6月に宇宙基本計画が決定された。

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

また、宇宙商業化が急速に進んでいる通信・放送衛星を中心とする実利用の分野

では、我が国の企業はかなり高度な技術を有しているが、コスト面での一層の競争力の強化が必要である。部品やコンポーネントは先進国向け輸出が十分可能な技術レベルに達しており、既に一部では太陽電池パドル・RF 機器・地球センサー・バッテリ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を開発し、輸出するプログラムが進行している。衛星も、我が国衛星関連企業の規模は米企業に比して規模は小さいものの、技術レベルでは見劣りするものではなく、衛星システムの製造については欧米に対抗可能である。

さらに、平成 22 年 5 月に宇宙開発戦略本部から「宇宙分野における重点施策について」が発表された。これは、平成 21 年 12 月に閣議決定された「新成長戦略（基本方針）」を踏まえたもので、10 年後に我が国の宇宙利用を含めた宇宙産業規模が 2 倍の 14～15 兆円になることを目指して、特に重点的に進めるべき施策を取り纏めたものである。この結果、前年の平成 21 年 6 月に制定された宇宙基本計画の内容を見直す必要が生じ、平成 25 年 1 月に改訂された計画が発行された。

続いて、平成 22 年 8 月に宇宙開発戦略本部から「当面の宇宙政策の推進について」が発表された。この中で、①小型衛星・小型ロケットの開発の推進、②地球観測衛星、衛星データ利用促進、③準天頂衛星の 2 機目以降の整備方針の検討着手等の方針が打ち出された。

また、平成 21 年 6 月に制定された宇宙基本計画において、月探査については 1 年程度をかけてより具体的に検討を行うこととされていた。これを受けて宇宙開発戦略本部が検討を開始し、平成 22 年 5 月に検討した結果を「我が国の月探査戦略」と題して発表した。これによると、我が国として、2020 年に月の南極域にロボットにより探査基地を構築し、月の内部構造探査・ロボットによる周辺探査・岩石の採取とサンプルリターンを行うこと、及び 2020 年頃までに有人往還システムについて鍵となる要素技術等の基礎段階の研究開発に取り組むこと等を推進すべきことが提言されている。

我が国がロケットを打上げる射場については、従来、問題点として漁業者への配慮のため、年間を通じてある特定の期間（190 日間）しか打上げができないという制約があった。しかし、平成 22 年 7 月に政府と漁業者との間で合意が成立し、通年の打上げが可能となった。これにより、商用衛星の打上げで顧客の要請に応じ易くなるとともに、目的の天体の軌道に合わせて探査機を打上げることができるなど、

宇宙科学分野でも利点が大きくなった。

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

これを受けて、平成 24 年 7 月に宇宙開発委員会が廃止され、宇宙政策委員会と宇宙戦略室が設置された。また同時に、「独立行政法人宇宙航空研究開発機構法 (JAXA 法)」が改正され、宇宙基本法の宇宙の平和利用に関する条文との整合性が図られた。また平成 28 年 4 月、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。

その後、平成 25 年 1 月および平成 27 年 1 月に宇宙基本計画が改訂され、平成 27 年 12 月には、宇宙基本計画工程表の改訂版が制定された。その後、宇宙安全保障の確保、民生分野における宇宙利用促進、産業・科学技術基盤の維持・強化を図り、施策内容をさらに充実・具体化すべく、平成 27 年に基本計画のさらなる内容の見直しが行われ、平成 28 年に新しい宇宙基本計画が制定された。

平成 28 年 11 月には、新しい宇宙基本計画に基づいた 2 法案(宇宙活動法およびリモセン法)が国会にて可決成立した。宇宙活動法では、民間の打上げ事業に許可制を導入し、事業者には打上げ失敗による被害に備えて、損害賠償保険への加入を義務付けることを定める。リモセン法では、高精度な衛星画像の配布先を、国の認定を受けた事業者と行政機関に限定することを定める。これらの法律により、日本における宇宙産業の健全な発達、および国際社会における、国益と整合した宇宙活動の推進のための環境がさらに整備された。

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 (H-IIA 及び H-IIB ロケット)

H-II の発展型である H-IIA は、将来の大型衛星の打上げに対応するため、最終的には低軌道に約 20t、静止軌道に約 4t のペイロード打上げ能力を持つ増強型の検討が行われた。この H-IIA を使って、日本が初めて参入する商業衛星打上げ市場において、十分な競争力を確保するため、システム全体の低コスト化を目指し

た開発が行われた。H-IIBはH-IIAの増強型である。なお、H-IIA及びH-IIBは、総合科学技術会議の第3期科学技術基本計画において国家基幹技術に指定された「宇宙輸送システム」の対象プロジェクトとなり、国として重点的に取り組むべきものとされた。

なお、H-IIA及びH-IIBロケットは、我が国の基幹ロケットに位置付けられ、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・開発が進められている。平成27年11月打上げの29号機から高度化を適用し、成功を収めた。

内閣府の宇宙政策委員会で行なわれた審議において、現状のH-IIA及びH-IIBでは、コストが高く将来の市場において競争力が維持できない等の理由から、さらなる低コスト化を目指して、新型基幹ロケット(H3)の開発が進展しており、平成28年度に基本設計を終了した。平成32年度までには開発を終了する計画である。(図2-3-1、表2-3-1参照)

表 2-3-1 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	推進剤種類	液化酸素／液化水素	ポリブタジエン系 コンポジット固体推進薬	液化酸素／液化水素
	推進剤質量(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

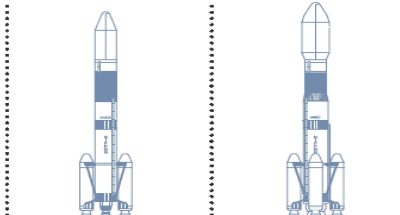
(2) 中・小型ロケット (イプシロンロケット)

イプシロンロケットは、M-Vロケットの後継で、今後、需要が見込まれる小型衛星を低コストで効率良く打上げる輸送手段として開発されている小型の固体ロケットで、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あり、新規開発に比べ開発費用を大幅に抑えている。

特徴は、ロケット発射における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あり、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。試験機が平成 25 年 9 月に鹿児島県の内之浦宇宙空間観測所からの打上げに成功した。(表 2-3-2 参照) 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 12 月に打上げが成功した。

図 2-3-1 H-IIA 及び H-IIB ロケット全体図と諸元(出典：JAXA)

H-IIA ロケットと
H-II B ロケットの比較
Comparison
of H-II A and H-II B



諸元 Specifications	全長 Length (m)	53	56
質量 Mass (ton)		289	551
SRB-A		2	4
最大打ち上げ能力 Maximum Launch Capacity (ton)	GTO	6	8
	HTV軌道 Orbit for HTV	—	16.5

表 2-3-2 イプシロンロケット諸元表(標準型)

諸元	第 1 段	第 2 段	第 3 段	
寸法	全長(m)	24.4		
	外径(m)	2.6		
重量	各段質量(t)	75.0	12.3	2.9
	全備質量(t)	91(衛星を除く)		
エンジン	推進剤種類	ポリブタジエン系 コンポジット固体推進薬	同左	同左
	推進剤質量(t)	66.3	10.8	2.5
	推力(kN)	2,271	371.5	99.8

(3) 宇宙ステーション補給機(HTV)

国際宇宙ステーション(ISS)に物資を運ぶための軌道間輸送機として、宇宙ステーション補給機(HTV：H-II Transfer Vehicle)が JAXA により開発された。製作メーカーは三菱重工業と三菱電機である。HTV は補給物資や各種装置などの ISS への輸送、用途を終えた実験機器や使用後の衣類等の廃棄等を目的としている。HTV は H-IIB ロケットによって打上げられ、分離後は地上管制に基づくオンボード自動航法で ISS に接近飛行するが、最終段階では ISS のクルーが操作するマ

コンピュータ(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、実用機が複数回打上げられる予定であったが、平成15年2月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、平成20年に組立終了予定であった国際宇宙ステーションの建設、運用計画は遅れ、HTV開発についても遅れが生じた。HTVの初号機である技術実証機は平成21年9月にH-IIBロケットにより打上げられ、ISSへの補給物資の輸送および運用検証に係る試験を行い、同年11月に大気圏に突入し、図2-3-2に示す52日間に渡るミッションを計画通りに実施した。今後、概ね年1機のペースで打上げられ、ISSに物資を運搬する計画である。なお、HTVは、H-IIA及びH-IIBロケットと共に、総合科学技術会議の第3期科学技術基本計画において国家基幹技術に指定された「宇宙輸送システム」の対象プロジェクトとなり、国として重点的に取り組むべきものとされた。現在のHTVでは、ISSに物資を補給した後の帰還用供試体は、大気圏への再突入時に燃え尽きてしまい、HTV内部に収容した物資は地上に帰還させることができない。そこで、平成22年に宇宙開発戦略本部は物資を地上に帰還し回収できるHTV-Rを開発する方針を決定した。その後平成27年、HTVに改良を加えて将来の波及性を持たせた新たな宇宙機HTV-X(仮称)を開発する方針が示された。平成28年から開発に着手し、平成33年度にH3ロケットで技術実証機を打上げる予定である。

宇宙ステーション補給機(HTV)(出典：JAXA)

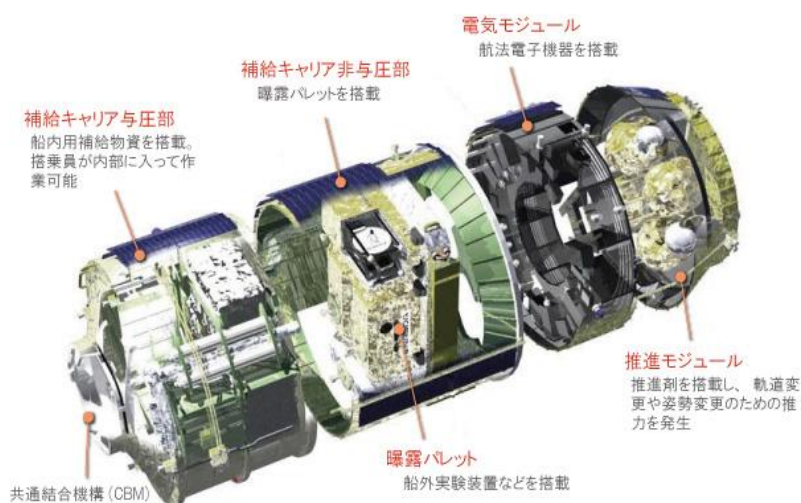
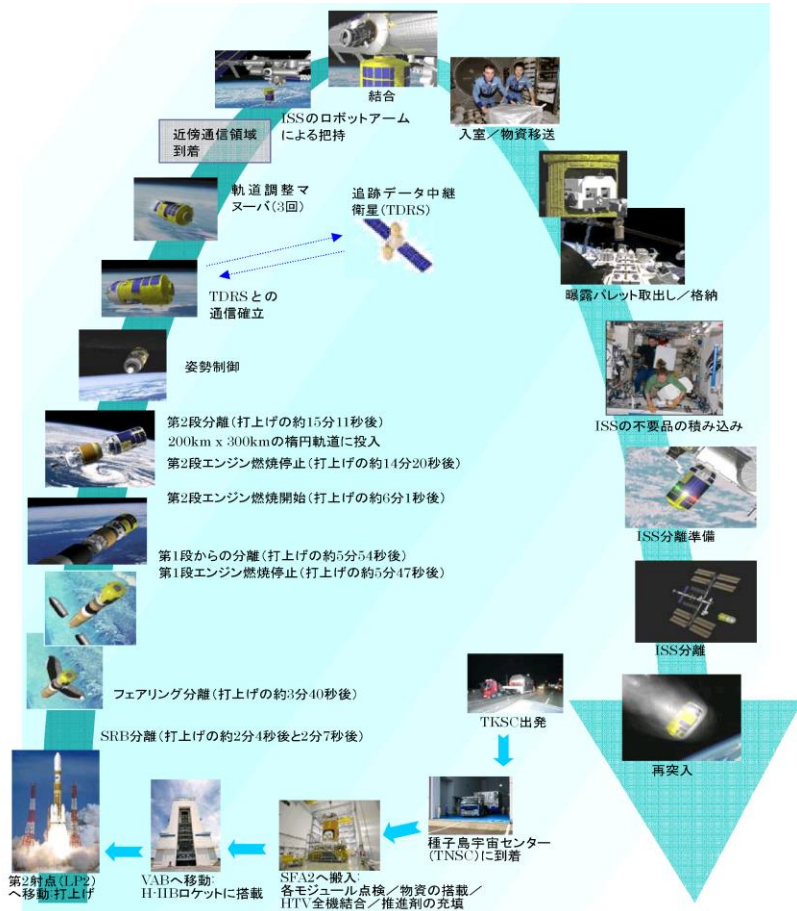


図 2-3-2 HTV 技術実証機運用シーケンス(出典：JAXA)



(4) 再使用型宇宙輸送システム

宇宙活動の拡大に伴い、地上と宇宙の行き来がますます活発化することに対応するため、輸送費用を大幅に削減する再使用可能な宇宙輸送システムの研究が航空宇宙技術研究所(NAL)、宇宙科学研究所(ISAS)、宇宙開発事業団(NASDA)等で開始され、宇宙航空研究開発機構(JAXA)で継続された。

再使用宇宙輸送システムは、大気圏では航空機と同様に大気を機体の揚力により極超音速で上昇、大気圏外の宇宙ではロケットエンジンに切り替えて飛行するという航空と宇宙の技術を融合した宇宙飛行機である。宇宙からの帰還に際しても航空機と同様に水平に着陸する。機体を全て再使用できることから、貴重な資

源と労力を節約でき、現在の使い捨てロケットやスペースシャトルに比べ大幅な宇宙への輸送コストの低減が可能とされている。エアブリージングエンジンの開発が最大の課題で、スクラムジェットエンジン(SCRAM、エンジン内での燃焼を超音速状態で行わせる)やエアターボラムジェット(ATR：低速飛行ではファンを用いて空気を取り込み、高速飛行ではラム圧力を利用して取り込む複合エンジンで、離陸からマッハ5程度まで単一のエンジンで済む)エンジン等が研究された。

単段式に対して、より早期に実現可能な方式として図 2-3-3 に示すような航空機と宇宙機からなる 2 段式の構想も検討されている。2 段式は、1 段目に大型の高速航空機を使用し、宇宙機を乗せて離陸、上昇する。高度 2 万メートルで宇宙機が離脱、ロケットエンジンに点火して大気圏を脱出し宇宙空間へ向かう。1 段目の航空機は分離後、地上に帰還する。宇宙機には翼があり、軌道上の作業が終了すると軌道離脱、大気圏へ再突入し、スペースシャトルのように大気圏を滑空し滑走路へ着陸する。実現すると両機ともに何度も使用可能なことから、使い捨てロケットに比べ経済的な宇宙輸送システムといえる。

図 2-3-3 再使用型宇宙輸送システム構想例



近年、我が国において、再使用型宇宙輸送システムの研究が進んでおり「フライフォワード方式(不帰還型)」と、再使用ブースタとしてロケットエンジン及びジェットエンジンを使用する「フライバック方式(帰還型)」の 2 種類が提案されている。

2. 人工衛星

(1) 科学衛星

この分野の今後の打上げ予定の衛星は、表 2-3-3 に示すものがある。

欧州と協力して行う国際水星探査計画(BepiColombo)のもとで、日本は得意分野である磁場、磁気圏の観測を主目標とする水星磁気圏探査機(MMO)を、ESA は水星の表面、内部の観測に最適化された水星表面探査機(MPO)をそれぞれ取り進めている。ASTRO-G は、高精度転回アンテナの開発に課題が見つかり、プロジェクトの中止が宇宙開発委員会で決定された。

表 2-3-3 JAXA が計画中の科学衛星(平成 28 年 12 月末現在)

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 時期	開 発 機 関
水星磁気圏探査機(MMO)	・水星磁場、磁気圏の観測	日本電気	約280	水星周回軌道590 x 1,600km	Ariane-5	平成30年度	JAXA
小型月着陸実証機(SLIM)	・月への高精度着陸技術の実証と月惑星探査の高頻度化への貢献	三菱電機	約520	月周回軌道その後、月面着陸	イプソン	平成31年度	JAXA
国際 X 線天文衛星 (ASTRO-H) 後継機	・極限宇宙の探査・銀河団の観測を行い、宇宙の構造や進化を解明	TBD	TBD	円軌道	H-IIA	平成32年度	JAXA

また、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ている。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する。平成 25 年に 1 号機(SPRINT-A)を打上げ、平成 28 年に 2 号機(ERG)を上げた。今後も年間に 3 機程度のペースでの打上げを目指している。

公募型小型計画の 1 号機には小型月着陸実証機(SLIM: Smart Lander for Investagation Moon)が選定された。SLIM は、月への高精度着陸技術の実証と、月惑星探査の高頻度化への貢献を目的としている。戦略的中型計画 1 の第 1 候補として、太陽系探査科学のプログラム化も踏まえ、JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)にて、火星衛星からのサンプルリターンミッションの重点的検討を開始した。

X 線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)は、ブラックホールや超新星爆発などの観測を行い、宇宙の構造やその進化の解明を目指した衛星で、平成 17 年に上げられた X 線天文衛星「すざく」(ASTRO-EII)の後継であった。平成 28 年 2 月に ASTRO-H は打上げが成功したものの、その翌 3 月に通信異常が発生し、4 月には復旧を断念するに至った。平成 28 年 7 月に、平成 32 年打上げを目標として、ASTRO-H 後継機の開発を検討することが発表された。

(2) 実用・技術試験衛星

この分野の今後の打上げ予定の衛星は表 2-3-4 に示すものがある。
地球環境変動観測ミッション(GCOM): 全地球観測システム(GEOSS)10 年計画への対応の中で、特に我が国の貢献 3 分野の一つである気候変動・水循環変動

に重点を置いたミッションである。GCOM-W(水循環観測衛星)は米国の地球観測衛星 Aqua 搭載のマイクロ波放射計(AMSR-E)の実績を継承した観測センサーAMSR2 を搭載している。GCOM-C(気候変動観測衛星)は ADEOS-II 搭載の GLI の後継センサーである多波長放射計(SGLI)を搭載し上記 AMSR2 と共に先進性があり、国際的な貢献が期待される。GCOM-C1 が平成 27 年度以降に打上げ予定である。

地球観測衛星 EarthCARE： GPM 計画と同様の国際協力体制として、日本と欧州とが協力して開発を進めており、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。平成 27 年度以降に打上げ予定である。

表 2-3-4 計画中の実用・技術試験衛星 (出典：内閣府宇宙開発戦略推進事務局)

衛星	主要ミッション	打上げ時期	開発機関
準天頂衛星 2 号機	・準天頂衛星システム事業	平成 29 年度	内閣府
準天頂衛星 3 号機			
準天頂衛星 4 号機			
準天頂衛星「みちびき」後継機		平成 32 年度	
先進光学衛星	・先進光学衛星	平成 31 年度	文部科学省
先進レーダー衛星	・だいち 2 号後継機	平成 32 年度	
温室効果ガス観測技術衛星 2 号機	・温室効果ガス観測	平成 29 年度	文部科学省、環境省
地球環境変動観測ミッション(GCOM-C)	・気候変動観測全球規模での放射収支と炭素循環に関わる地表と大気、沿岸、雪氷の広い範囲での長期継続変動観測	平成 28 年度以降	文部科学省、JAXA
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、気象変動予測の精度向上を目指す	平成 29 年度	総務省、文部科学省、JAXA
超低高度衛星技術試験機(SLATS)	・イオンエンジン技術による超低高度における軌道維持・軌道変換技術の実証	平成 28 年度	文部科学省
アスナロ 2 号(ASNARO-2)	・低コスト小型衛星	平成 29 年度	経済産業省
光データ中継衛星	・通信、放送	平成 31 年度	総務省、文部科学省
Xバンド防衛通信衛星 1 号機(Superbird-8)	・通信	TBD	防衛省
Xバンド防衛通信衛星 2 号機		平成 28 年度	
Xバンド防衛通信衛星 3 号機		平成 32 年度	
宇宙環境信頼性実証システム(SERVIS-3)	・民生部品技術の宇宙利用実証	平成 28 年度以降	J-space systems

温室効果ガス観測技術衛星 2 号： 「いぶき」の後継機として、温室効果ガスの濃度分布測定精度のさらなる向上を実現すべく、より多くの観測データを収集可能な高性能観測センサーを搭載する GOSAT-2 の開発が進められている。NASA/ESA が打上げ予定の温室効果ガス観測専用衛星との共同観測やデータの共有等の連携も行い、国際的な観測連携プラットフォームの構築も目指している。

気象衛星： 気象ミッションは国民の安心・安全に寄与する防災情報の作成及び地球環境の監視に欠かせないものであり、現在は静止気象衛星「ひまわり 8 号」が運用中である。ひまわり 8 号の後継機として「ひまわり 9 号」が平成 28 年 11 月に打上げられた。「ひまわり 9 号」は「ひまわり 8 号」が観測終了となる平成 34 年まで軌道上で待機した後、運用開始の計画となっている。

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

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 9 月に打上げられている。平成 20 年代後半を目処に 4 機体制とし、将来は 7 機体制とすることが、平成 23 年 9 月に閣議決定された。平成 28 年度に 2 号機、平成 29 年度に 3、4 号機を打上げてシステムを整備し、平成 30 年度からのオープンサービス開始を目指している。

宇宙環境信頼性実証システム(SERVIS-3)： J-spacesystems(旧：USEF)は、わが国の民生部品・民生技術を宇宙などの分野へ広範に適用し、極限環境で使用する機器などの低コスト、短納期、高性能を実現可能とするための知的基盤を提供する目的で、SERVIS-1・2 号機が打上げられた。3 号機は、この知的基盤をベースにより低コスト・短納期で実現できる超小型衛星バスの開発を宇宙実証するもので、平成 28 年度以降に打上げ予定である。

(3) 商用衛星

商用の通信・放送サービスとしては、スカパーJSAT が平成 30 年に JCSAT-16 の打上げを計画している。21 世紀の高度情報社会では、高速情報網を世界規模で構築することが要求され、その中で衛星通信が、地域間あるいは大陸間を結ぶネットワークとして安全・安心なユビキタスネットワーク構築に向けての役割を果たすことが期待される。

3. 国際宇宙ステーション

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9月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こととしている。宇宙開発事業団は昭和60年から、実験モジュールの予備設計を進め、昭和63年10月の日・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、ステーションへの輸送手段としてスペースシャトル以外にH-IIA、Ariane等の利用の可能性を盛り込み、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。

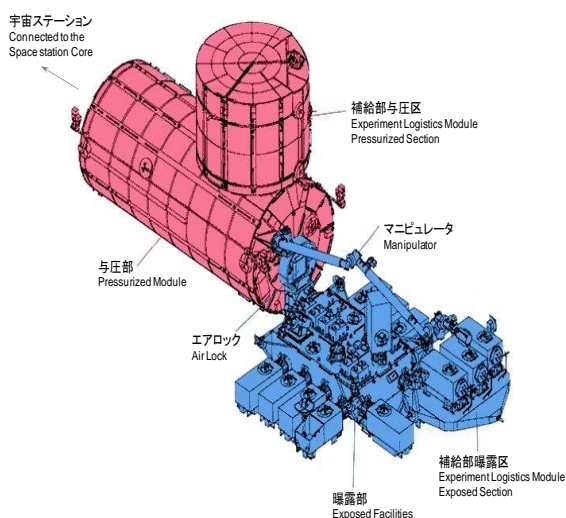
宇宙ステーションの予算規模は、当初80億ドルとされていたが、計画を実現するためには約2倍程度の予算が必要であることがわかり、NASAは米議会筋から規模の縮小をせまられて再三見直しが行われた。平成3年初頭の時点では宇宙ステーションの規模は当初計画の約2/3に縮小され、さらに平成5年には設計見直しとロシアの参加によりコンフィギュレーションが変更された。平成12年には宇宙ステーション構成要素の打上げが開始された。

しかし、平成15年2月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、国際宇宙ステーションの建設、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、国際宇宙ステーション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てきた。米国航空宇宙局(NASA)は、平成17年7月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9月に予定されていたが、平成18年7月に延期された後に、同年9月、12月に相次いで飛行し、平成22年の国際宇宙ステーション完成に向けて順調に動き出した。平成20年3月に補給部与圧区が打上げられ、「きぼう」の組立てが開始した。次の

で、平成 20 年 5 月に与圧部及びマニピュレータが打上げられた。平成 21 年 7 月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、H-IIIB ロケットで打上げられる「こうのとり」(HTV) による補給を受けながら運用を行っている。平成 28 年 12 月には「こうのとり」6 号機が打上げられた。(図 2-3-2、図 2-3-4 参照)

なお、近年この分野において、日本の宇宙飛行士・宇宙技術者の人材が育ってきており、女性では、平成 22 年に山崎直子宇宙飛行士が「ロレアル・ユネスコ女性科学者 日本奨励賞」の特別賞を受賞、続いて「きぼう」のロボットアームの設計開発を担当したエンジニアの大塚聡子さんが、「エイボン女性年度賞」を受賞した。

図 2-3-4 宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(出典：JAXA)



国際宇宙ステーション(出典：JAXA)



4. 宇宙環境利用

(1) 概況

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注目されるようになった。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、商業ベースに乗るような高付加価値製品を創製するまでには至っていない。

(2) 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 秒とロケットに及ばないが、装置の重量制限が緩い、実験者が直接操作できる、繰り返し実験が容易であるなどの利点がある。我が国でもダイヤモンドエアーサービス社が MU-300 を利用した無重量実験飛行の営業を行っている。

(3) 国際宇宙ステーションの利用

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

第3節 我が国の宇宙開発の将来計画と宇宙工業の展望

1. 宇宙開発の将来計画

平成 20 年 5 月に成立した宇宙基本法では、「研究開発主導型」から「利用ニーズ主導型」の宇宙開発への転換の必要性、専守防衛の範囲内における我が国の安全保障に資する宇宙開発利用の必要性をあげている。

これを受けて、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行われ、宇宙開発利用の司令塔として宇宙開発戦略本部を設立し、宇宙基本計画が決定された。さらに、宇宙基本法の下で体制の見直しに係る検討等が行われ、宇宙開発利用に関する施策の総合的・一体的な推進のための行政組織の在り方の観点から、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。その後宇宙戦略室と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本化された。

輸送系の分野では、H-II ロケットの後継機として、H-IIA ロケットが開発され、7号機から32号機まで連続26機の成功の成果の下に、技術水準・経済性ともに世界のトップレベルとなり、今後商業衛星打上げ市場へ参入していく。H-IIA に続いて、HTV 打上げ用に打上げ能力を増強した H-IIB ロケットが開発され、平成 21 年に試験機の打上げ後、平成 28 年 12 月の 6 号機まで連続打上げに成功している。さらに、GX ロケット全体は開発中止が決定されたが、GX ロケットの 2 段目のロケットエンジンとして開発していた LNG ロケットエンジンについては、開発の続行が決定された。LNG ロケットエンジンの開発は良好な状況にあり、このエンジンは LNG を燃料に使用した液体ロケットとしては、長秒時燃焼も達成し、技術的に世界のトップレベルに達しており、将来、軌道間輸送機にも使用できる有用なロケットエンジンである。宇宙基本計画においても、将来の宇宙利用拡大を見据えた取組みの一つとして、「LNG 推進系に関し実証試験を含め研究開発を推進する」旨の方針が示されている。また、M-V ロケットの後継として次期固体ロケット(イプシロンロケット)が開発され、試験機が平成 25 年度に打上げに成功した後に、平成 28 年 12 月に 2 号機の打上げに成功した。今後、多数の需要が見込まれる小型衛星を、低コストで効率良く打上げる輸送手段となる計画である。

H-IIA 及び H-IIB ロケットの後継として新型基幹ロケット(H3)の開発が始まった。H3 の開発には、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 手法の導入を図っている。

一方、将来の再使用型輸送機の技術基盤育成を目的とし、宇宙往還技術試験機(HOPE-X)の飛行試験が実施され、研究が進められて来たが、新型基幹ロケット等の次の宇宙輸送技術の確立を目指して、再使用型宇宙輸送システムの研究開発を推進する計画である。また近年、宇宙ステーション時代に対応するための宇宙ステーション補給機(HTV)を開発し複数機を打上げていること、及び軌道間輸送機(OTV)の研究等が実施されていることは、我が国の将来の展望を切り開くうえで極めて重要である。米国 NASA は、地球の低軌道に人員・物資を輸送する手段として、CCiCap(Commercial Crew Development)と名付けた有人の商業宇宙船の開発プログラムを進行中であり、その一つとして、民間会社 SNC(Sierra Nevada

Corporation)社により Dream Chaser が開発されている。外観は Space Shuttle を小さくしたような姿をしており最大7名の乗員を乗せISSに送り込むことができる。平成26年7月、JAXAは、米国SNC社と有人宇宙船 Dream Chaser の開発で協力する旨の了解覚書を締結したと発表した。JAXAの米国有有人宇宙船の開発への関与による我が国の宇宙技術の発展が期待される。

宇宙基本計画によれば、「即応型の小型衛星」開発の必要性が謳われており、小型衛星の軌道への打上げ方式として、「空中発射方式」が選択肢の一つとして提案されている。「空中発射方式」は、航空機等からロケット・宇宙機を宇宙に向けて打上げるもので、打上げコストを大幅に低くできるメリットがある。「空中発射方式」は、有人宇宙旅行の手段としても、海外で開発・実証試験が進展しており、今後の研究・開発が期待される。

衛星の分野では、今後10年程度を見通して、予算・人材等の資源が、①安全の確保(安全保障・危機管理)、②情報通信・測位、③地球環境監視、の3つの利用分野に重点配分される。国際宇宙ステーションについては、日本実験棟の確実な打上げを目指していたが、前述の米国スペースシャトルの事故により、平成20年(2008年)に組立終了予定であった国際宇宙ステーションの建設は、平成22年(2010年)に延期されると共にスペースシャトルの運航も停止され、日本実験棟の打上げも見直されたが、平成20年度から平成21年度にかけて順次打上げられ完成した。

測位については、我が国独自の方式として、準天頂衛星システム(QZSS ; Quasi Zenith Satellite System)がある。準天頂衛星システムは、静止軌道に対して約45度傾けた同期軌道に衛星を3機程度配置し、常に我が国上空に1機が滞留するようにしたシステムである。準天頂衛星から米国が開発を進めているGPSシステムと同等の測位信号を送信することで、GPSを利用できない時間・場所でも、正しい位置情報や時間を知ることができる。(GPS補完)また、準天頂衛星から、GPSの精度を向上させる精密な補正信号を送信することで、より正確な位置情報を知ることができ、日本全国どこでも高精度な測位が実現できることが期待されている。(GPS補強) 準天頂衛星システムについては、現在、「みちびき」1機のみを運用し、測位の技術実証及び利用実証を行っている。平成22年8月に宇宙開発戦略本部が決定した「当面の宇宙政策の推進について」の中で、準天頂衛星の2機目以降の整備について、今後、宇宙開発戦略本部において検討が進められる旨報告されていたが、

平成 23 年 9 月には 2010 年代後半までに 4 機体制に、将来は 7 機体制にすることが閣議決定された。

地球環境把握については、情報収集衛星、陸域観測技術衛星「だいち」、気象衛星「ひまわり」、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」などが政府主体で開発・運用されてきているが、PFI(Private Finance Initiative)によって衛星を運用する取組みも拡大しつつある。また、各府省が整備した衛星データの利用拡大を図るため、政府は平成 24 年度から「衛星データ利用促進プラットフォーム」の整備に着手し、平成 26 年度から正式に運用している。衛星データの利用を拡大するためには、データの継続性や撮像頻度の向上などニーズに基づいた枠組み作りや、衛星及びセンサーの仕様を設定する必要がある。一方で、衛星の官民による運用・利用を促進していくためには、衛星データ販売事業者等に求める画像データの取扱いに関するルール作りが必要とされていた。そこで、平成 28 年 4 月に制定された新しい宇宙基本計画では、地理空間情報を活用した新事業・新サービスの創出支援を含む、宇宙利用拡大のための総合的な取り組み、および衛星画像の管理基準明確化による利用促進を法制度で整備する取り組みが、強化策として追加された。これらに基づいた施策として、平成 28 年 11 月にリモセン法が国会で可決成立した。

ISS(国際宇宙ステーション)後のビッグプロジェクトとして期待されているのが月探査である。NASA が平成 18 年 12 月に「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、今後、米国・NASA が各国に参加を呼びかけるということであった。しかし、近年、米国の宇宙政策の変更があり、月への資金投入を控える決定がなされ、この計画は見直されている。

我が国の月探査については、平成 19 年 9 月に月周回衛星「かぐや」が打上げられ、ハイビジョンカメラによる月表面の精密画像の取得、レーダーサウンダー(LRS)による月の地下地層データの取得等の成果を上げ順次種々の観測を行った。平成 19 年に開催された宇宙開発委員会において、今後の月探査計画について、JAXA より報告があり、平成 20 年代前半に SELENE-2 により着陸・移動・長期滞在等の技術を実現、平成 20 年代後半に SELENE-X により物資輸送着陸機・拠点建設・帰還等の技術を実現し、平成 32 年以降に「有人月探査」を実施するとの計画が発表された。また、宇宙戦略本部の「月探査に関する懇談会」が、平成 22 年 7 月に「我が

国の月探査戦略」を公表し、我が国として、平成 32 年に月の南極域にロボットにより探査基地を構築し、月の内部構造探査・ロボットによる周辺探査・岩石の採取とサンプルリターンを行うこと、及び、平成 32 年頃までに有人往還システムについて鍵となる要素技術などを推進すべきことを提言した。

平成 19 年に誕生した ISECG(国際宇宙探査協働グループ)では、世界の主要宇宙機関が集まり、これからの宇宙探査について GER(国際宇宙探査ロードマップ)を作成し議論を進めている。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(国際宇宙ステーション)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。これからの国際協力による宇宙探査において、重要な役割を果たすものと考えられる。

平成 26 年 1 月に米国において、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、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た。米国からは、少なくとも平成 36 年まで ISS(国際宇宙ステーション)の運用を継続する旨の意向が示された。また、GER(国際宇宙探査ロードマップ)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。さらには、次回の ISEF(国際宇宙探査フォーラム)を平成 29 年または平成 30 年に日本で開催することを提案し、了承された。

2. 宇宙工業の展望

我が国の宇宙開発は、ようやく国際水準の技術基盤確立の第一段階に入りつつある。世界のロケット打上げ市場での競争力を確保するため、コスト削減に重点を置いて H-II ロケットを改良した H-IIA ロケットは、商業衛星打上げ用ロケットとして国際市場への参入を目指している。商業衛星打上げは(株)ロケットシステムが、米国のヒューズ社及びスペース・システムズ・ロラール社と平成 12 年から平成 17 年の間に各 10 機打上げる契約を結んだ。しかしながら、その後平成 10 年 2 月及び平成 11 年 11 月の H-II ロケット打上げ失敗により、これら商業衛星の打上げ計画は大幅な後退を余儀なくされることになった。こうした中、平成 13 年 8 月の H-IIA 試験機の打上げ成功から 5 機連続して成功したものの、平成 15 年 11 月 6 号機の打上げに失敗し、商業化への見通しは再び厳しい状況に直面することとなった。

政府は、H-IIA 事業の商業化促進、コスト意識の徹底、明確な責任体制の確保等を目指し、平成 19 年度から H-IIA 事業を三菱重工業に移管・民営化した。民営化後、三菱重工業は H-IIA13 号機から 32 号機の打上げに成功した。また、三菱重工業は平成 24 年 5 月には韓国の多目的実用衛星(KOMPSAT-3)の、平成 27 年 11 月にはテレサット・カナダの通信放送衛星(TELSTAR 12V)の打上げにそれぞれ成功した。平成 28 年には、ドバイ EIAST の衛星を温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT-2)と相乗りで打上げる契約を結び、商業衛星打上げ国際市場への参入を進めている。

H-IIA 及び H-IIB の後継については、新型基幹ロケット(H3)の開発が決定された。H3 は、打上げコストを H-IIA の約半分に低減し、価格競争力強化を目指すものである。そのため、商品化に対して民間の関与をより強める必要があるとの見地から、従来の JAXA の製品開発への関与のあり方を変え、開発初期からのプライムコントラクタ制の採用が決定された。H3 は平成 32 年度までに開発を完了する計画である。また、平成 25 年度に試験機の打上げに成功したイプシロンロケットは、将来、多数の需要が見込まれる小型衛星を、低コストで効率よく打上げる輸送手段として、海外にも売り込む予定である。イプシロンロケットは、平成 28 年 12 月に 2 号機の打上げが成功した。

平成 28 年 4 月に閣議決定された新しい宇宙基本計画によれば、政府及び民間関係者で構成する「宇宙システム海外展開タスクフォース」を平成 27 年 8 月に立ち上げた。我が国が強みを有する宇宙システムの輸出等に、官民一体となって商業宇宙市場の開拓に取り組むとしており、課題別・国別に複数の作業部会を設置している。

企業側の具体的な動きとしては、次のような経緯を辿ってきた。

まず、平成 13 年 3 月石川島播磨重工業(現 IHI)などの民間企業グループは、中小型衛星の商業打上げを目的とする株式会社ギャラクシーエクスプレスを設立・発足させ、衛星の商業打上げビジネスに乗り出す努力を行ってきたが、予定していたロケット開発が中止されたことから、平成 22 年 3 月に解散した。

三菱重工業は、H-IIA ロケット事業移管と併行して、米国ボーイング社の開発する大型ロケット Delta IV にも参加している。Delta IV は平成 14 年に初号機が打上げられ、我が国の宇宙市場拡大の一翼を担うことが期待される。さらに三菱重工業は、平成 15 年 7 月商業衛星の打上げサービスで、アリアンスペース社、ボーイン

グ・ローンチ・サービス社(現 ULA 社)と、3社のうち1社が保有するロケットが何らかの理由で打上げ困難となった場合に、他のメンバー会社がバックアップ打上げサービスを提供するため協力・協業を行うという、3社間の覚書を締結した。この対象となるロケットは、Ariane-5、Sea Launch、H-IIA ファミリーで、メンバー会社のリスクの軽減を意図すると共に、国際市場での相互補完協力を展開していこうとするものである。

一方、三菱電機も、スペース・システムズ・ロラール社と組んでの、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(平成 15 年打上げ)の受注に続き、宇宙通信(株)から SuperbirdC2(平成 20 年打上げ)を、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)を、トルコの国営衛星通信会社トルコサット社から Turksat-4A と Turksat-4B を、2014 年にはカタールのエスヘイルサット社から Es'hail2 を受注した。また、三菱電機は、平成 21 年 10 月に、宇宙ステーションへの貨物を運ぶ宇宙貨物輸送機「シグナス」に搭載される近傍接近システムを、オービタルサイエンス社(現 オービタル ATK 社)から受注した。この近傍接近システムは、HTV 用に三菱電機が開発したものである。

NEC 東芝スペースシステム(現 日本電気)は、ロシアの通信事業者 RSCC 社から Express-AM1 のペイロードモジュールを受注し、平成 16 年に打上げた。

IHI エアロスペースは、衛星用エンジンについても、平成 22 年に米国ロッキード・マーチン社から衛星用エンジンを 4 台受注し、通信衛星等に搭載された。これにより IHI エアロスペースの海外からの衛星用エンジンの受注数は累計で 100 台となった。

また、近年は米国を中心に、新たな宇宙関連事業にチャレンジするベンチャー企業が数多く設立されている。日本においても宇宙ベンチャー企業の動きは活発化しており、国際競争を意識して、海外拠点・外国人幹部を置くベンチャーも複数存在している。

平成 20 年に東京大学発の衛星ベンチャーとして設立したアクセルスペース社は、超小型衛星の設計・開発・データ利用サービス事業を展開している。設立して間もなく、世界初の民間商用超小型衛星 WNISAT-1 の製作に係る契約を JAXA と締結し、平成 25 年に打上げた。平成 26 年にはビジネス実証用超小型衛星「ほどよし」

1号機を打上げ、平成27年には超小型衛星群による地球観測画像データ事業への参入を表明した。

平成22年に月面探査を目標に設立されたIspace社は、東北大学等の研究機関と共に月面開発を目的とした「HAKUTO」プロジェクトを設立した。

平成25年に設立したインターステラテクノロジズ社は、同年に国内初の民間開発ロケットを打上げた。

平成27年に設立したアストロスケール社は、持続性のある宇宙開発のためにスペースデブリ問題に取り組む宇宙ベンチャー企業である。本社はシンガポールにあり、日本に研究拠点を置いている。

このように、我が国の宇宙産業も国際市場への第一歩を踏み出しつつあるとともに、日本での宇宙ベンチャー企業の活動により、我が国が方針として掲げている「宇宙産業の健全な発達」が、今後も益々期待される。

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万点に及ぶと言われ、機器・素材の生産に携わる企業数は多く、幅広い分野にまたがっている。一方、後述のとおり、航空機用機器・素材の市場は決して大きくはなく、多品種少量生産であるため、各生産部門は大企業の一部門または中小企業となっている。

第3節 市場の特質

航空機用機器の国内市場は大部分が防需である。防衛装備の海外移転に関しては、平成25年12月に閣議決定された「国家安全保障戦略について」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4月に「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に当たっ

ては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。

更に、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 10 月 1 日に防衛省の外局として防衛装備庁を設置した。現在、効果的かつ効率的な運用及び維持を可能とする最適な装備品の取得を実現する為に、P-1 固定翼哨戒機、C-2 輸送機など 12 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。

民需については、国内各メーカーは、市場では強力な欧米メーカーとの熾烈な競争に晒されながら、それぞれが得意とする製品の輸出に懸命であり、特に日米共同開発等を機にボーイング社をはじめ欧米航空機メーカーへの輸出が活発になり、また開発へ参画するまでに力を付けており、一部の企業では輸出が国内向けを上回るまでになっている。高品質の新しい機能を有する部品が安く生産できるようになれば、市場拡大のチャンスも増えるものと思われ、欧米先進国のみでなく、南米やアジア諸国への輸出の拡大も望まれる。

また、待望の国産のリージョナルジェット機 MRJ においては、一部装備品に国内メーカーが参画しており、今後機体と併せてシェアの拡大が期待される。

素材に関しては、既に我が国は一般産業用素材を世界に供給する立場にあると言える。航空機用素材に関しても国内需要を支える能力は充足されつつあり、更に国際競争力を向上させ、独立の輸出産業として発展することが期待される。A380 及び B787 には、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、チタン合金など、多数の素材が採用された。

また、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。

第2章 航空機用機器工業の現状

第1節 航空機用機器工業界の現状

機体、エンジン工業と同様、戦後の我が国航空機用機器工業も、米軍機用機器の修理から始まり、その後、当時の防衛庁(現 防衛省)機のライセンス生産により本格化し、国内開発も行われるようになってきた。

航空機用機器工業を一つの産業として見た時、次のような特徴がある。

第1に、戦後の我が国の生産形態が米国の有力メーカーからのライセンスによる生産で始まり、構成部品の一部を輸入に依存していたことである。この結果、各メーカーの技術はライセンスによるものが多く、また独自技術による場合でも、提携先の米国メーカーとの関係の深さが海外進出への制約となっている。また、欧米、特に米国において圧倒的に巨額な国防予算を背景に、長年にわたって蓄積されてきた軍用機向け技術及び世界市場に送り出されてきた民間機向け技術のレベルはいまだ高く、世界市場の大半は欧米メーカーに押さえられている。

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。

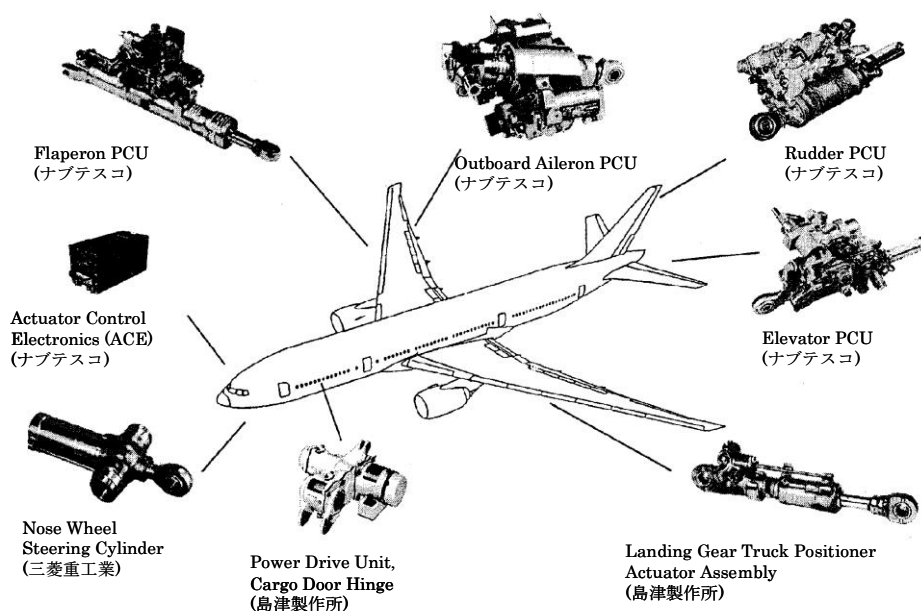
第2には、国内市場が、防衛需要に強く依存しており、民需の割合が小さいことである。そのような中、近年は国産のリージョナルジェット機 MRJ に、主要システムのパートナーとしてナブテスコおよび住友精密工業が参画している。

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、グローバルな防衛市場に対しても、「防衛生産・技術基盤戦略」により国際共同開発も含めた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、A350XWB でも多数のメーカーが、電子機器、部品を含めて広範囲の製品を受注している。海外プロジェクトへの参画状況は表 1-2-5 の通りであるが、B777 の主要機器の例を図 3-2-1 に示す。

図 3-2-1 B777 主要機器への参画状況（開発当初）



また、V2500 および CF34-8/10 エンジン国際共同開発では、幾つかの重要アイテムを我が国のメーカーが受注した。これらの影響もあり、機体、エンジンの部品を含めて、機器の輸出額は、国内防衛用途を上回っている。

第 3 には、各メーカーにおける航空機器生産の専門度が低く、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、吸収合併などにより巨大化・寡占化している。

我が国には、エレクトロニクス技術を始めとして、世界のトップレベルの先端技術が民生分野では存在し、欧米の大規模メーカーに伍する技術的ポテンシャルがある。機器工業界及びその構成各社が研究開発に積極的に取り組み、技術革新とより一層の価格低減を実現できれば、国際的に注目を浴び、国内のみならず国際市場においても、強固な基盤を築く可能性はある。既に、海外メーカーからハード、ソフト両面での提携の引き合いや日本における部品調達の増加が見られ、国内メーカーから技術供与するケースも出ている。また、ライセンス契約で関係を深めた米国有力メーカーとの共同開発作業なども行われている。

第2節 航空機用機器のシステム別現状

1. 油圧システム

航空機における油圧機器・システムは機能部品を遠隔駆動する方法として、操縦系統、高揚力装置、降着装置等に使用されているが、航空機の高性能化、複合材の多用、経済性、安全性の追求等によって、軽量化、コンパクト化及び信頼性向上のニーズが高まり、機種によっては油圧の高圧化、高応答化、機械・電気の統合化等システムの改良研究が急速に進んでいる。

一方、高エネルギー密度磁石の性能向上に伴う小型・高出力の電動モーター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、UTC エアロスペース・システムズ社（旧：ハミルトン・サン

ドストランド、グッドリッチ)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、かなり高い技術力を蓄積してきている。また、我が国の防衛需要の趨勢を考えると、国内各社の動向は次第に民需志向にウェイトが増加している。例えば、近年は油圧サーボ・アクチュエーター、油圧バルブ等も欧米メーカーとの競争に伍して受注の成約を見ることが多くなってきており、世界市場への参入が進みつつある。B747-8 ではフラップ駆動システムを島津製作所が受注し開発を完了したのに加えて、ナブテスコが同機の主翼アクチュエーション・システム開発に引き続き、平成 25 年には B737MAX 用スポイラーアクチュエータ、平成 27 年には B777X フライトコントロールシステムを受注し、現在開発中である。

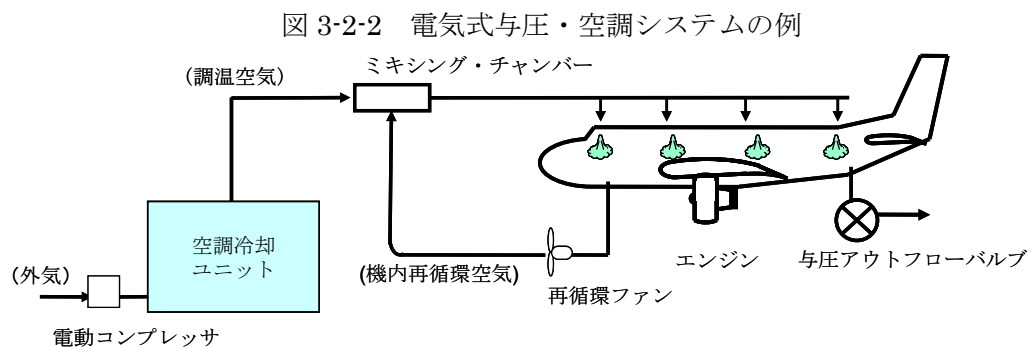
今後、業界としては、国内での航空機開発、あるいはライセンス生産においても、機器単体のみならず油圧システムとしての国産化を図ること、国際市場では種々の国際共同開発プロジェクトにシステムレベルで積極的に参画して行くことが重要視される。技術面では燃費向上を狙った軽量化により、高圧油圧システム(4,000～5,000psi)の開発が推進されており、A380 や B787 では 5000psi が採用された。また、前述の電動アクチュエーターについても開発が盛んであり、A380 や B787 では電気油圧式アクチュエーター(EHA)、あるいは電気機械式アクチュエーター(EMA)が一部の舵面に採用されている。更に、配線重量の軽減や信頼性向上を狙った分散制御が主流となってきており、コントローラーを一体化したスマートアクチュエーターも最新鋭機種の特長となりつつある。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。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。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、UTC エアロスペースシステムズ社、及びドイツのリープヘル社の 3 社である。我が国では、島津製作所がハネウェル社と、住友精密工業が UTC エアロスペースシステムズ社と提携しながら、国産機用の開発等を通じて開発能力を高めている。海外市場での実績を有しないこれら日本のメーカーが、独自に民間機市場に新規参入するのは非常に困難な状況にあるが、膨大な開発リスクを回避したいという風潮は機体メーカーのみではなく、空調のような大規模システムのメーカーでも同様であ

り、日米のメーカーが共同開発した空調システムが、エンブラエル社のリージョナル機 **EMBRAER 170/190** シリーズに、さらに国産のリージョナルジェット機 **MRJ** に採用されたという例もある。

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、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来た。

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た。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、信頼性の向上とともに、それらに内蔵されるであろう圧力、温度や位置センサー、更には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。

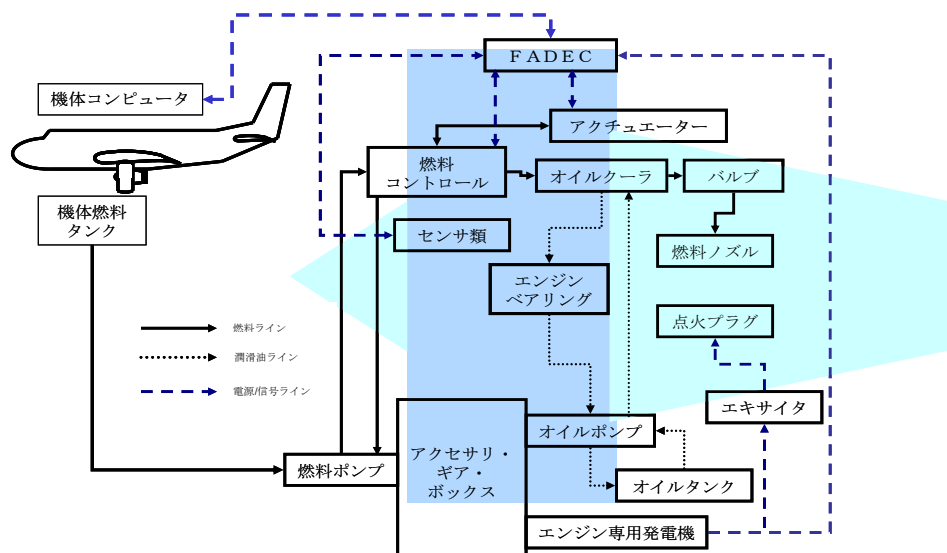
近年、燃料システムの安全性という観点から燃料タンクの防爆化が大きく取り上げられている。過去 **B747(TWA800 便)** 空中爆発や、**B737** マンチェスタ墜落事故、**DC-10** 墜落事故などのようにタンクの爆発による大事故が発生し、大きな被害が報告されている。そこで、米国の軍用機を中心として燃料タンク内の不活性化による燃料タンク防爆システムが開発され、大型軍用機において燃料タンク不活性化対策が図られてきている。また、民間航空機において米国連邦航空局(**FAA**)は、**B787** など新型航空機搭載の燃料タンクに関して防爆システムを考慮した設計証明基準を設

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編に述べたので、ここではエンジン以外の機器について述べる。ガスタービン为例にとると、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であるが、周辺機器の果たす役割も大きい。エンジン周辺機器の構成例を図3-2-3に示す。

図 3-2-3 エンジン周辺機器の構成例



推進システムの主要構成機器はエンジンとの係わりが深く、ノウハウの秘匿のためもあり、日本の機器メーカーが参入する機会は少なかったが、近年は、住友精密工業が推進システム全体の熱制御用熱交換器をエンジンメーカーに供給している。さらに、機器のみならず、エンジンの高速回転部分を支える軸受にセラミックを用いたセラミックベアリングや、新素材を利用した高温ガスシールなどの子部品についても我が国メーカーの技術力向上を受け、新しい設計や加工技術の開発が進められており、エンジンの高温化、高効率化の要求に応じている。

プロペラでは、ブレードの複合材化、デジタル制御の適用等がリージョナル機のATR72、ボンバルディア Q400 や軍用輸送機の C-130J 等で実用化されている。日本では US-2 にゼネラル・エレクトリック社(平成 19 年に英国スミス社を買収)製の複合材ブレードが採用されている。プロペラ機も高速化しており、軍用輸送機 A400M は、ターボファン機と比べても遜色のない 420kt という高速機である。

プロペラは低燃費と STOL 性に優位があり、比較的小型のリージョナル機、対潜哨戒機、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、UTC エアロスペースシステムズ社とゼネラル・エレクトリック社が独占している。国内では、住友精密工業が唯一の製造メーカーとなっており、US-1A や P-3C 等の大型ターボプロペラ機のライセンス生産と US-2、C-130H、Saab340 等のプロペラの修理、オーバーホールを行っている。

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 シリーズ)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、装置及び制御器の大型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この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大きな特徴は、軽量・コンパクト、操作が簡単、大画面、拡張性、及び冗長性確保である。また、コア・テクノロジーとしては、統合表示技術、データ管理技術、冗長度管理及び機器故障時の再構成技術、及びマルチタスク処理技術があげられている。各メーカーは、これらのコンセプト及びテクノロジーを具現するために、トレンド分析、ミッション分析、ユーザー・ニーズから、将来航空機に求められる機能・性能を調査・検討し、システム基本仕様、ディスプレイ表示仕様、インターフェース要求仕様、ソフトウェア要求仕様を策定し、開発を進めてい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、米国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、コスト的及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。

(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。最近の飛行機における飛行制御は、急速に発展を遂げたエレクトロニクス技術を軸として生まれた飛行管理システム(FMS)と能動制御技術(ACT)を2本柱として飛行・運用の両面で効率向上を図っており、その傾向は強くなってきている。FMSは航空機を効率よく運用するための総合的飛行管理技術、ACTは制御効率のよい飛行機を作り出す技術と考えることができ、お互いに相互補完関係にあるものといえる。両者はフライ・バイ・ワイヤ(FBW)と呼ばれる電気を信号伝達手段とした飛行制御システムにより実現されている。また、こうした飛行制御システムにおいては、システムの機能増大、複雑化に対する信頼性の向上、耐雷対策等が主要課題であり、解決策の一つとしてフライ・バイ・ライト(FBL)とよばれる光を信号伝達手段としたシステムの研究が行われ、国内においても

FBL システムを採用した XP-1/P-1 に搭載されている。

飛行制御関連機器・システムの分野では、軍用機、民間機共に欧米有力メーカーが競争状態にあり、特に米国が一步進んでいる。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に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。また三菱リージョナルジェット (MRJ) のフライトコントロール・アクチュエーション・システムの開発に参画している。

飛行制御の研究の分野では、平成 24 年 6 月、富士重工業が東京大学と共同で、飛行中に機体が破損しても安定した自動飛行が可能となる、ニューラルネットワーク (人工脳神経網) 技術を用いたシステムの実証実験に成功し、民間機を対象とした飛行実証実験を成功させたのは世界初である。なお、この実証実験の背景としては、航空機は高度な安全性基準のもとで設計、製造、運用されるが、稀に鳥衝突などによる破損が飛行中に発生する場合もあり、通常はパイロットの高度な操縦技能により飛行を維持するが、そうした状況でも機能する次世代の自動操縦技術を開発することにより、さらに高い安全性を目指すものである。今回開発されたシステムは、学習機能をもったソフトウェアにより故障の影響を吸収する自動操縦システムで、複雑な故障検知システム等を追加すること無く、機体破損のようなアクシデント後の安全性の向上に大きく貢献するものである。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、飛行制御系の設計及び実証試験が盛んに行われている。

(2) 航法システム

航法システムとは、飛行中の航空機の自己位置を把握し、安全、迅速、確実に目的地に到着させるためのシステムであり、機体に装備した機器のみで航法データを取得できる自立航法システム、地上航法援助施設や人工衛星からの電波を利用した無線航法システム、衛星航法システム及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) が平成 37 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、空港の混雑、上空も混雑になってきており、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。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、日本での研究としては、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つの重点を置き、研究が進められている。尚、GAST-Dとは、GPSのL1信号(1.57542GHz)を用いてカテゴリⅢ精密進入を実現するGBASである。GNSSによる衛星航法で全ての飛行フェーズをサポートするGNSS運航が望まれており、一部の国ではカテゴリⅠに対応したGBAS(GAST-C)の運用が開始されている中で、GAST-Dは最終段階のカテゴリⅢを実現すると期待されているものである。

GNSSに関しては、準天頂衛星システム(QZSS)の事業が平成22年より開始されている。QZSSは、GPSと同じ衛星測位システムであるが、GPSに対抗するものではなく、GPSと相互運用性のある信号を送信することにより、お互いの衛星だけでは行き届かない地域や受信しにくい場所などをサポートし、情報を補い

合うことによる高精度な位置情報のサービスが提供される。また、衛星航法補強システム(SBAS)に関しては、現在、SBAS 信号が国土交通省の運輸多目的衛星から配信されているが、平成 32 年頃より国土交通省の作成した SBAS 信号が QZSS から配信される予定である。なお、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)の検討が行われている。日本では開発機体が少なく、全体的に欧米に比して遅れていると言えるが、慣性航法システムや、GPS 受信機で輸出に成功したメーカーもでてきている。慣性航法システムにおいて、慣性航法装置／慣性基準装置用では、高精度リング・レーザー・ジャイロ(RLG)が主流であり、日本航空電子工業がジャイロと共に各種慣性航法装置／慣性基準装置を国産している。また、ヘリコプター用姿勢方位基準装置用として、東京計器が初めて光ファイバージャイロ(FOG)の実用化に成功し、東京航空計器もリング共振方式 FOG の開発に成功したことが報じられている。

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、ラスト制御や飛行形態最適制御も含めた飛行制御システムとのインテグレーション技術の確立が重要である。さらに軍用機のみならず、とりわけ民間機の分野では低価格要求が厳しく高度な技術を低価格で実現することが大きな課題である。

(3) 飛行／任務支援システム

航空機の安全性、経済性、信頼性、快適性向上に対するニーズの高まりと、航空輸送量の増大に対応するために航空機搭載システム及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及びエアデータ・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及びウィンドシエア探知システムの開発が課題となっている。古野電気は航法支援器材として内蔵 GPS を位置センサーとするマップディスプレイ装置を開発、ナビコムアビエーション社は運航支援器材として地図情報表示装置を開発しヘリコプター運航者から要望の強かった送電線と鉄塔の表示機能を有しており、消防、防災及び報道関連のヘリコプター用として普及しつつある。

動態管理関連では、災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)及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。この機能を用い、航空機に搭載された地図情報表示装置より航空機の情報を衛星電話通信等の通信媒体を利用して地上局へ送信し、地上基地局に設置された PC 等のディスプレイに表示された電子地図上に航空機の位置、航跡等をリアルタイムに表示するシステムが製品化されている。これにより現在航行中の航空機がどこを航行しているのかを地上基地局で監視することができる。また、JAXA は、平成 27 年 4 月に新たに国立病院機構災害医療センターと連携協定を締結し、特に緊急災害医療現場において有効なシステムを開発して、災害医療関係者とともに評価を開始した。災害医療センターと連携することで、緊急災害医療で活躍するドクターヘリなどを運用する際の安全性、効率性の向上が期待できる。

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に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、SAVERH(Situational Awareness and Visual Enhancer for Rescue Helicopter)というシステムを構築し、夜間に山岳地のヘリポートに着陸することを最終目的として研究している。これは、赤外線画像と地形高度データベースから生成した三次元地形表示、そして精密な飛行誘導を行うトンネル型誘導表示を組み合わせる技術である。

データ記録システム関連では、米国で開発され、日本のエアライン会社でも採用され始めている航空統合データシステムが、今後この分野での主力になるものと考えられる。

エアデータ・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、圧力各センサーがデジタル化及びデータバス化されてきた。更にセンサー及び電子回路の小型化に伴い、ピトー管とセンサー部分を一体化し、データバスに接続するインテグレートド・エアデータ・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。

任務支援センサー関連では、現在、光学カメラ（テレビ、赤外）を主として用いられている。そのため、夜間や降雨等の状況では光学カメラでは情報収集できず、対応が遅れてしまう場合がある。そこで、最近では、全天候型観測が可能な合成開口レーダに注目が集まり、各国で開発が盛んに進められている。共通のキーワードとしては、小型軽量、リアルタイム及び高分解能であり、日本では、ATSAR社(アルウェットテクノロジー社)とLiveSAR(東北大学／九州大学／福岡工業大学／富士重工業)として開発に成功している。

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、電気式航空機へ向けての具体的な動きが見られるようになって来た。

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。現在開発中のMRJでは定速駆動装置一体型発電機(IDG)が採用されている。一方、XP-1/P-1とXC-2/C-2ではCSD方式の新方式として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。

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。

最近米国ではアビオニクスやレーダー等の電力の増加から、270 VDC 電源が開発され F-22 や F-35 に採用されている。また、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ている。今後は、VF 方式の電源が主流になっていく可能性が高い。

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・システムにおいて航空機の重量軽減、設計の自由度向上及び最適化、信頼性の向上等を図ることを狙いとした全電気式航空機(AEA)、また油圧配管を著しく減少させ軽量化を狙いとした電気油圧式アクチュエータ(EHA)、油圧そのものを不要とする電気機械式アクチュエータ(EMA)などによる航空機の実現を目指す研究が進められている。B787 においては、ブリード・エアを使用しない電気式空調システムや、モーター駆動式油圧ポンプの採用等により、大幅な電気化が図られている。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 において、ナブテスコが配電装置の一部を供給することで電源分野に参入している。

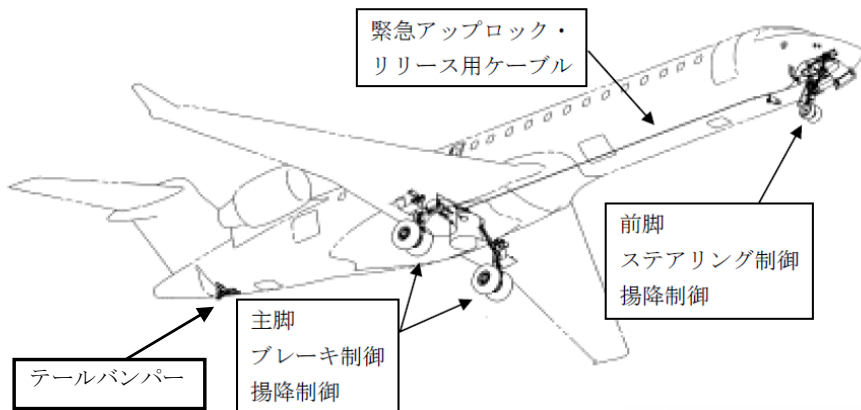
航空機用電源システムメーカーは世界に 10 社程度存在するが、そのシェアは米国に集中しており、中でも UTC エアロスペース・システムズ社のシェアが非常に大きくなっている。国内メーカーは、米国メーカーからの技術導入により CSD や発電機等単体機器の国産化を実施し、技術力の向上は著しいものの、その供給は国内に限定されており、現在のところは国際市場での競争力は弱い。

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 3-2-4 にその例を示す。

飛行中は機能を発揮しない搭載品であるため、常に一層の軽量化、コンパクト化が要求され、新材料の研究が進められている。緩衝装置の主要部材には超高抗張力鋼が通常使用されるが、近年は、耐食性向上及び軽量化の見地からチタン合金や高強度ステンレス鋼の使用が増えている。また、消耗品であるブレーキ及びタイヤの長

図 3-2-4 降着システムの例



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ジョナル機等の小型機では一般的になった。

世界の大型機用降着システムは2社、北米の UTC エアロスペース・システムズ社と欧州のメシエ・ダウティ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 A350XWB 前脚を受注したり、カナダのエルー社が 777X の主脚、前脚の受注に成功する等、市場が変動し始めている。

我が国では住友精密工業が降着システムを独自に設計・製造しており、防衛省機向けに加えて、UTC エアロスペース・システムズ社と共同でボンバルディア社の CRJ700/900/1000 型機用降着システムを開発・製造しており、また、Honda Jet、MRJ 及びドルニエ・シースターCD2 の降着システムの開発にも参画している。またブリヂストンの軽量ラジアルタイヤは B777 を皮切りに A380、B787 に採用され、MRJ にも採用されている。

8. 客室機内システム

客室機内システムには、座席、ラバトリー(化粧室)、ギャレー(厨房)、照明、カーペット、シーリングパネル(天板)、サイドパネル(壁板)、オーバーヘッドストエッジビン(手荷物収納庫)、機内娯楽装置等がある。座席については、航空機重量の約3%を占めることから複合材の利用等による軽量化、長時間飛行に対処するための快適性向上などが検討されている。近年はビジネスクラスのフル・フラット化、ファーストクラスでは、引戸式扉が付いた個室感覚で使用できるコンソールなどの艙装を備えたデザインが取り入れられている。また、ある航空会社は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。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・オープン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。ラバトリーでは、B787において旅客機で初めてジャムコ製の温水洗浄便座が装備されている。また、衛生面に配慮されたジャムコ製のタッチレスの流水センサーが、B787のラバトリーに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、最近、その開発・導入がとみに活発化しているのが、フライト・シミュレーション、メンテナンス・トレーニング・シミュレーション等、各種シミュレータである。特にフライト・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フライト・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フライト・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ての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。

更に、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フライト・シミュレータ、アミューズメント・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分野である。

(2) 整備用器材・装置

航空機やその各種システム、機器などのメンテナンスには格納庫、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、コンピューター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、メンテナンスマニュアルに指定されている整備用機材・装置の多くは海外製であり、いまだ国内メーカーの市場参入は厳しい状況にある。

近年の航空機技術の進歩に伴い、整備技術や整備方法にも進歩が見られる。例えば、機体での活用が飛躍的に増加した炭素繊維複合材に関する修理や検査技術

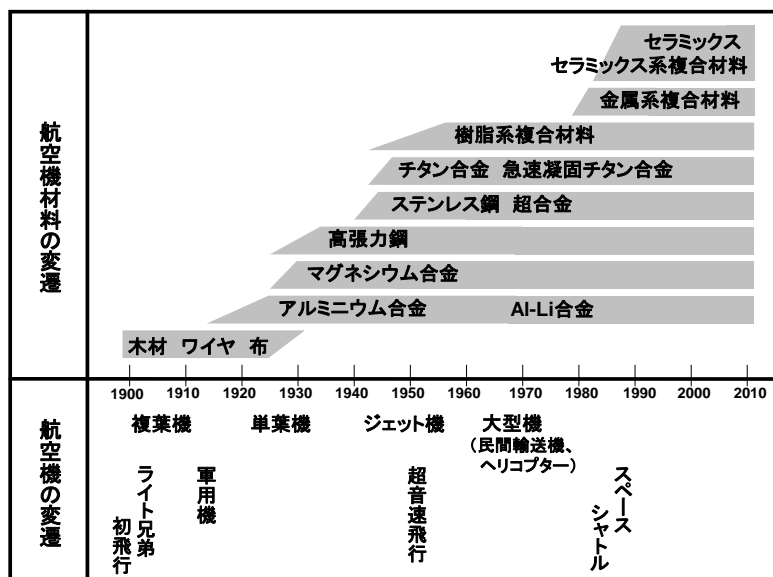
の開発や、機体やエンジンの運航状況を常時モニターし、無線によって地上の製造企業や航空会社に送ることで不具合の早期発見、点検・整備の効率化に大きく貢献する外部モニタリング技術(ヘルスマニタリング)などが挙げられる。これら器材・装置は海外のエンジンメーカーや機体メーカーが開発しており、国内メーカーの参入は今後に期待するところである。

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

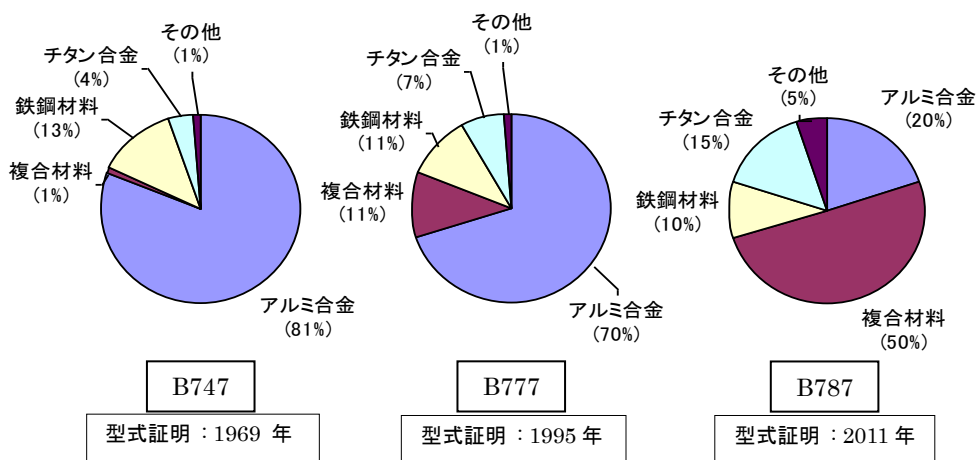
航空機の機体材料は、木材と布に始まり、アルミニウム合金や高張力鋼へと発展し、さらに機体の大型化や速度の向上に伴い、チタン合金や炭素繊維を中心とする複合材料が開発、実用化されてきた。その変遷を図3-3-1に示す。

図3-3-1 航空機材料の変遷



(一社)日本航空宇宙工業会調

図3-3-2 ボーイング社旅客機における機体構造材料構成の変遷



出典：(一社)日本航空宇宙工業会

図3-3-2は、ボーイング社旅客機における機体構造材料構成の変遷を示したものである。アルミニウム合金の比率はB747の81%からB777の70%に減少し、平成23年に就航を開始したB787では20%にまで低くなる。一方、複合材料(CFRP)の比率はB777で11%、B787では主翼・胴体・尾翼に使用され、50%にも達する。

また、エアバス社はA320で15%、A380では22%の複合材料を使用し、平成27年就航のA350XWBでは53%に増加する。アルミニウム合金は厚肉部材などにまだ使用されるが、その割合は明らかに小さくなる。ただ小型ジェット機では、開発・製造・加工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、A350XWBではAl-Li合金の採用が報じられている。

チタン合金はCFRPとの共存性が良いことから、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、A350XWBでは14%に達する。

軍用機では複合材料使用比率はさらに高くなっており、77%が複合材料で作られている機種もある。

航空機用エンジン材料は、耐熱化、高強度化、軽量化等の要求により、鉄鋼材料中心の構成からチタン合金やNi-Co超合金の構成に変わってきた。今後、これらの材料の高性能化とともに、各種複合材料や金属間化合物の実用化も期待されている。

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、アルミニウム製品(展伸材)が202万トン(平成27年度)、特殊鋼製品(熱間圧延鋼材)が1,889万トン(平成27年)、チタン製品(展伸材)が15,495トン(平成27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系炭素繊維の我が国の生産量は世界の過半を占め、世界の供給基地の立場にある。

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 1 月に、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(株)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 4 月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、コスト競争力の向上が期待され、平成 26 年 3 月にはエアバス社 A350XWB の主脚降着装置用大型チタン鍛造部品の加工を受注した。

PAN 系炭素繊維の世界の需要は約 65 千トン(平成 27 年見通し)、航空機用は約 20%で産業・スポーツ用途が主力であるが、今後、従来機に比べ一機当たり炭素繊維使用量の多い A380 や B787 の生産にとまなう航空機用需要の増加と産業用需要の拡大により、毎年 15%前後の高成長が見込まれ、生産設備の増強が行われている。

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。

かつては用途からの制約が理由で、高度の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上に設備の制約もあって、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り組みにより、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

においては、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、薄肉大型精密鑄造技術などの研究開発も進み、ニーズに対応しようとしている。

特に、Al-Li 合金は高い比強度特性が得られるので、航空機の軽量化に大きく寄与できると期待されている。米国アルコア社の報告では、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、A350XWB の主翼ボックスのリブや中央ビーム等に 2050 合金が、主脚格納部の部品に 2198 合金が使用されている。ボンバルディア社の C シリーズ機では、主翼構造材や胴体に適用されており、中国の中小型旅客機 C919 の胴体部にも Al-Li 合金の採用が報じられている。

(2) チタン合金

チタン合金は、比強度と耐食性に優れ、特にエンジンのファンや圧縮機用材料として注目され、その性能向上や軽量化に寄与してきた。最近の採用例では、日米欧共同開発のジェットエンジン V2500 のファン部、ロールス・ロイス社の Trent900 エンジン(A380 用)、Trent1000 エンジン(B787 用)の中圧圧縮機(IPC)ケースなどに使用されている。

チタン合金の原料であるスポンジチタンは、米、露および日本が、また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。

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、炭素繊維の複合材の多用化と、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いものと考えられている。

最も多く用いられるのは Ti-6Al-4V 合金であるが、純チタンや他の合金も使用されている。また高強度ニアβ合金の Ti-10V-2Fe-3Al 合金も B777 や A380 の降着装置構造部材等に採用されるなど実用化が進んでいる。最近では、ロシアで開発された Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe 合金(T-5553 合金)が、高強度高靱性特性により 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ものと期待されている。B787 および B747 の派生型である B747-8 向けに開発された GEnx エンジンの低圧タービン翼に初めて採用された。

欧米ではチタンは戦略素材とみなされ、輸入関税(スポンジチタン、展伸材)は日本の 3%に対して、米国では 15%、EU では 5%(スポンジチタン)、7%(展伸材)の高率で保護されている。また、需要に恵まれた欧米先進国は大型鍛造設備を含め、技術水準は高く、量産技術も確立されている。

我が国の航空機用チタン展伸材は、国内市場のみでは少量生産に伴うコスト面から輸入品との競争において厳しい状況にある。防需が減少し、民間進出が重要となる今日、コスト低減は国内メーカーにとって大きな課題である。また、航空機分野では材料認定の問題もあり、日本の素材メーカーの参入障壁は非常に高いものがある。

(3) 特殊鋼(含超合金)

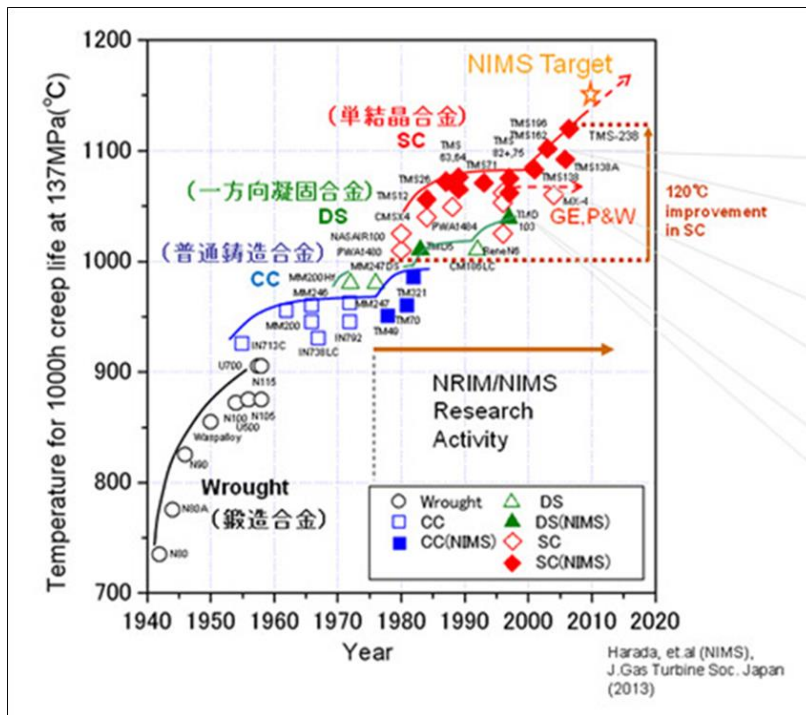
航空機素材としての特殊鋼の用途は、機体、搭載機器およびエンジンの主要部材である。材質は、合金鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼、超合金などで、主に板材、鍛造品、溶接リング、精密鑄造・鍛造品等で、いずれも多品種少量生産である。

我が国の特殊鋼メーカーは、高度の技術力を有し、特殊溶解炉、鑄鍛造設備、圧延設備などの新鋭設備を整備しており、十分な生産体制が確立している。さらに、主要特殊鋼製品について、海外主要航空機メーカーやエンジン・メーカーの認定も取得しており、一部輸出も行われている。しかし、使用される航空機がライセンス生産である関係上、欧米で開発された指定材料を製造・加工しなければならないなど、欧米メーカーを相手として、厳しい市場競争を強いられている。日本は、生産技術や品質管理技術においては一流であり、技術開発の能力も国際水準に達しているものの、航空機産業の自立化が不十分で、新材料・新プロセスの開発や大型設備を必要とする製品の製造技術の面で立ち遅れの状況にある。

現在、単結晶精密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)が英国ロールス・ロイス社用に開発した単結晶超合金のタービン翼が米ボーイング社の 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である。

図 3-3-3 はエンジンのエネルギー効率と推進力向上を目的とする、タービン入口温度上昇を図るためのタービン・ブレード材料の変遷を示している。年代とともに耐用温度向上の要求に応えるため、通常の鑄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。

図 3-3-3 航空機用タービン・ブレード材料の変遷
(ニッケルベース超合金の耐用温度向上の歴史)



出典：(国研) 物質・材料研究機構「超合金」

(4) マグネシウム合金

マグネシウムは、比重がアルミニウムの約2/3と実用合金中で最も軽量かつチタン合金に次ぐ高比強度を有しており、地球温暖化対策につながる省エネルギーの観点から、輸送機器分野用の軽量素材として再認識され、耐熱性、耐食性などの従来の弱点を克服するための研究開発が行われている。

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おり、ボーイング社と共同研究が進められている。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。

我が国のマグネシウム需要は41,308トン(平成27年)である。ダイカスト、鋳物、射出成形等のマグネシウム合金を使用する構造材向けの需要は7,150トン(平成27年)、このうち圧延と押出材は750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、耐食性をかなり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ヤ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。但し、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。一方では、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(PD)樹脂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では50%となっており主翼・胴体まで大幅に適用されており、平成27年1月に就航したA350XWBも53%となっている。それ以外にも、近年ではF-35で40%、CS-100で46%の複合材適用比率となっている。

宇宙分野では、人工衛星に於いては既に主要構造材料として定着しており、

H-IIA・IIB ロケットの段間部・気蓄器・フェアリング・固体ロケットブースターなどにも適用されている。

我が国においては、昭和 47 年に開始された防衛庁(現 防衛省)の『CFRP の航空機への適用化研究』を契機として適用化研究が精力的に進められ、T-2 高等練習機(補助翼等)、C-1 輸送機(グランドスポイラー等)、PS-1 飛行艇(スラットレール等)や航空宇宙技術研究所(現 JAXA)の短距離離着陸実験機(STOL)である飛鳥(水平安定板、フラップ等)への適用がなされ、国産機である中等練習機(T-4)や国際共同開発機である B767 の生産にも応用されている。また、米国と共同開発した F-2 支援戦闘機には、日本が開発した一体成形複合材一次構造技術が主翼に適用されている。B777 では、国産材料が唯一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なわれており、B787 の主翼、胴体にも適用されている。更には、SH-60K 哨戒ヘリコプター、OH-1 小型観測ヘリコプターにも多くの複合材料が適用されている。

このように、我が国の複合材料関連技術(材料開発及び成形加工技術等)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、弾性率：300 GPa の高強度・中弾性率品や引張強さ：4 GPa、弾性率：670 GPa の高弾性率品等が開発された。また、航空機の構造設計で重視される圧縮特性及び低コスト品に関しては改良研究が継続されているため、今後、更に高性能・低コスト化された CF の開発が期待される。

b. アラミド繊維

アラミド繊維は最も軽量で優れた比強度、耐衝撃性を有しており、CF に次ぐ重要な強化繊維として多くの実績を積んできている。本繊維は化学構造の違いからパラ配向型とメタ配向型の二種に大別され、前者は高弾性品として構造材用途に、後者は軽量芯材であるハニカムの強化材用途にそれぞれ重用されている。

c. ガラス繊維

強化繊維としての歴史は最も古く、その応用が今日の繊維強化複合材料適用化へのきっかけとなったと言われている。以来、物性(比強度、比弾性)においてはCF やアラミド繊維に劣るものの、安価のためにそれらを補完する材料として、単独或いはハイブリッド材がヘリコプターの回転翼や大型民間機のフロアー等の部材に、又、電波透過性を利用したレドームにも適用され現在も多くの量が使用されている。

(3) 母材(マトリックス)

a. 熱硬化性樹脂

現在、樹脂としては各特性で最もバランスの取れたエポキシ樹脂が主流である。しかし、エポキシ樹脂は構造用途での耐熱レベルが 82°C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(CAD)、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°C以上、CAI： 350MPa)が開発されており、亜音速機一次構造材への適用が開始されている。

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°C)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 300MPa 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。現在、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、新しく CAI が 300MPa 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、1.0MPa 以上)、成形時にガスが発生する等の課題があるため、耐熱用のバッグ用副資材、バッグ構成、及び熱収縮による変形の予測等、成形に工夫が必要である。

また、フェノール樹脂は耐熱性が高いことから、航空機のエンジンの周辺部や排気ダクトの周辺部に使用されてきた。近年、航空機内装用材料に対する火災時の安全性要求が厳しくなってきたことから、低発煙性、難燃性材料として注目されている。

b. 熱可塑性樹脂

耐熱性、強度、弾性率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 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/PEI、PPS(熱可塑性樹脂系プリプレグ)またはラミネート板を利用して、短時間にプレスで曲げ成形したラミネート部品をエルロン、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 A350XWB 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。但し、近年では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であり、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ている。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。

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°C)の強度特性に優れることから宇宙用耐熱材料(往還機ノーズキャップやロケットノズル等)或いは航空機のブレーキ材に適用されてきている。我が国では、次世代産業基盤技術研究開発制度の下で宇宙往還機等への適用を目指した超耐環境性先進材料の研究(平成元年度～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/SiC、SiC/SiC等のセラミックス基複合材料(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。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。その他に、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複合材料を開発している。

(5) 今後の課題と展望

複合材料の適用範囲はCFRPを中心に今後も更に拡大していくと予測されており、将来的には軍用機:40～50%、大型民間機:25～60%、ビジネス機・ヘリコプター:70～80%まで適用されるとの見方も示されている。軽量化よりもコスト面での要求が高まっており、成形加工性の改善など、解決すべき課題も多い。

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)といった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。また、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、日本・米国において 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、実用化されつつある。

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－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新エネルギー硬化法(電子線、紫外線、マイクロ波等)、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、製造メーカーなど)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。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いる。

国内における航空宇宙用複合材料は、現在も実用化への着実な努力が重ねられており、今後の進展が期待される場所である。

3. ファインセラミックス

ファインセラミックスは、高強度、高耐食、高耐摩耗などの特性を有する構造材料で、また電子機能材料や生体・生活機能材料として注目を集めている。構造材料には、切削工具、ダイス、メカニカルシール等の機械部材としての利用に加え、最近では高温強度と軽量性を生かすものとして、自動車エンジン用ターボチャージャーローターやボールベアリングへの応用が具体化している。

我が国におけるファインセラミックスの総生産額は、2.45兆円(平成27年見込み)で、推定で全世界の約5割を占めている。特にICパッケージ、セラミックコンデンサー、通信機器用セラミックス等は世界市場でも圧倒的なシェアを占めている。なお、構造材は総生産額の約1/4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中で、GEアビエーション社が航空機エンジン「LEAP」の高圧タービン1段シュラウドに、また開発中のエンジン「GE9X」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)の採用を決定した。また、日本の航空機関連メーカーも同様にエンジン部品へのCMCの採用に向けた開発を進めている。CMCを構成する炭化ケイ素繊維については、現在は日本カーボン及び宇部興産の日本企業2社が、世界のほぼ100%のシェアを握っている。

第4章 航空機用機器・素材産業の課題と展望

第1節 産業基盤の確立

1. 防衛需要の安定と国産化

我が国における航空機工業の国内生産高のうち防衛関係は、平成7年度から減少傾向にあったが、平成27年度は全体に占める割合は26%にまで減少している。これは、厳しい財政事情や、軍用機用機器の高度化・複雑化に伴う単価の上昇等を背景に、各種機器の調達数量が減少傾向にある一方、民需関係が飛躍的に増加しているためである。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る。

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10月1日に防衛省の外局として防衛装備庁を設置した。現在、効果的かつ効率的な運用及び維持を可能とする最適な装備品の取得を実現する為に、P-1固定翼哨戒機、C-1輸送機など12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。

「防衛生産・技術基盤戦略」が策定され、国際共同開発・生産の可能性が出てきたとは言え、我が国機器メーカーにとって防衛省機用機器を国産することにより貴重な技術力向上のチャンスが得られるものであり、総調達機数の多い機種については、国内技術を中心とした国産開発機器の搭載、使用が望まれ、今後はそれら国産開発機器の民間航空機への転用も期待される。

今後も防衛需要の安定と防衛省機用機器の国産化推進は機器・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る。機器・素材の国産化は、緊急時の部品の安定供給・運用支援継続のためにも不可欠である。

2. 国内需要の創出

将来の我が国航空機用機器・素材産業発展のためには、昨今の世界的な軍備縮小

傾向の中で防衛需要の安定的な確保とその成長性には限界が見られ、国内民需や輸出の拡大が不可欠である。国内民需については、平成 27 年 11 月に国産のリージョナルジェット機 MRJ の初飛行に成功しており、今後の我が国の産業発展に貢献するものと期待される。

今後の日本国内の経済発展に伴い、長期的には都市の再開発、近郊・地方都市への経済・文化活動の分散、物流量の増大、観光客、ビジネス旅客の増加など、国内需要を確実に増大させる要因は数多くある。すなわち、地方・都心の空港整備やヘリポートの設置、更には航空輸送に係る諸規制の緩和が積極的に実施されれば、国内の航空輸送需要は着実に伸び、国産小型民間機やヘリコプターの国内市場が拡大し、機器、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。このような研究開発プログラム自体が機器・素材メーカーにとっては、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、次世代超音速輸送機(SST)、先進技術実証機、小型民間輸送機、MRJ 開発関連プロジェクト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。

最近では優れた航空機用技術を応用し、また生産設備を活用して航空機向け以外の民生市場を開拓するメーカーも多く見られるようになった。

3. 輸出の促進

機器・素材の民需拡大策として、国内市場の範囲に止まることなく国際化を図る輸出の促進が重要である。欧米系メーカーと我が国の機器メーカーの間には、会社の生産能力規模の差もさることながら、欧米系メーカーには世界の大きな軍需・民需市場で長年の競争を闘い抜いてきた経験とそれに注いだ膨大な研究開発投資に裏付けされた技術蓄積があり、開発技術力における彼我の差は大きい。またエアライン会社の支援に関しては、世界的スケールでのプロダクトサポート体制を有する欧米系メーカーとの格差も大きい。

しかし、B767、B777、B787等の国際共同開発に参画した日本のメーカーが、ボーイング社向け輸出契約に成功したことは、各社の製品・生産技術や品質がその時点で国際レベルに達していたことを証明するものであり、更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。最近では、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受注している。

最近の例としては、B787におい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ター及び小型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UTCエアロスペース・システムズ社と共同で高電圧配電装置を納入している。また、B737MAXに対して同じくナブテスコがFBW化に対するスポイラーアクチュエータを納入、更にはB777Xに対して、ジャムコがラバトリー、ナブテスコがフライトコントロール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「プライド・イン・エクセレンス賞」及びサプライヤ・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27年(2015年)は、ナブテスコとジャムコが受賞する等、特にボーイング社から日本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)

欧州航空機メーカーへの輸出については、専門・特化技術や製品を有するメーカーがA380等エアバス機搭載用の素材や機器の受注を果たし漸次増加傾向にある。この背景として、エアバス社が日本市場へより積極的に参入する狙いがあると思われる。欧米メーカーの民需シフトの促進により、メーカー間の競争はますます激化しており、我が国機器メーカーは更なる価格競争力など競争優位性を確立する必要がある。

従来、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、機器メーカー数社が協力あるいは国際共同開発によるシステム等の独自新方式を開発提案する形態に移行しつつあり、機器メーカーはシステム能力の向上が必要となってきている。世界の民間航空機市場では、機体メーカーが新型ある

表 3-4-1 外国航空機製造会社等からの受賞状況一覧表

平成 28 年 12 月末現在

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	
	富士重工業	1996、2003、2011	
	川崎重工業	1997、2010	
	日本飛行機	1998	
	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	
	新明和工業	2013、2014	
ボーイング・パフォーマンス・エクセ レンス・アワード	富士重工業	2010、2012、2013	
	ジャムコ	2010、2013、2014	
	カヤバ工業	2010、2011、2012、2015	
	新明和工業	2010、2012、2013、2015	
	川崎重工業	2011、2012	
	昭和飛行機工業	2011、2013、2014、2015	
	ナブテスコ	2015	
	ブリヂストン	2012、2014	
	スカパーJSAT	2013	
新潟ジャムコ	2013		
サプライヤ・オブ・ザ・イヤー賞 (ロールス・ロイス)	住友精密工業	2009、2010	
ダグラス社長賞 (旧マクトネル・ダグラス社)	ジャムコ	1995、1998	
SPRIT OF EXCELLENCE 賞 (旧マクトネル・ダグラス社)	三菱重工業	1994	
	ジャムコ	1996	
フォン・カルマン賞 (ICAS(国際航空学 術学会))	国際共同開発 V2500 エンジ ン	日本航空機エンジン協 会	1996
	ボンバルデ ィア社 グ ローバルエ クスプレス	三菱重工業	1998
	HYPR プロジェクト	超音速輸送機用推進シ ステム技術研究組合	2000
ハワード・ヒューズ賞	OH-X 開発技術チーム	1998	
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・レイティン グ・アワード(エアバス社)	ジャムコ	2015	

いは既存機の発展改良型を企図しており、またエンジンメーカーも新型エンジンの開発に力を注いでいる。これは我が国の機器メーカーにとって、世界の民需市場へ参入し、国際化を加速する絶好のチャンスであり、このチャンスを成功に導くためには、次のような諸施策が必要と思われる。

(1) 開発技術力の強化

国際市場での競争の決め手は、まずは技術力を基盤に要求される新ハイテク開発技術力を高めることである。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、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り、特にシステム機器について機器メーカー間の協力は重要である。

(2) 国際共同開発プログラムへの積極的参画

航空機用機器・素材産業も B767、B777、B787、B777X、BK117、V2500、CF34、PW1100G-JM、GE9X などの国際共同開発を契機に海外からの受注が増加し、国際競争に参入している。

一方、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、平成 28 年で第 28 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。

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である。

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のチャンスがでてきたものの、民需の拡大が不可欠であり、機器・素材メーカー各社独自で成果に繋がりが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大きな鍵であると言える。従って、(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争により、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(パナソニックの子会社)は、海外に製造拠点を構える。

(4) プロダクトサポート体制の強化

プロダクトサポートはプログラムの収益性改善に貢献するビジネス分野であり、量産後においては全世界にプロダクトサポート網を整備することが課題である。最近は大手の修理専門会社がエアラインとの間で包括メンテナンス契約を結ぶケースが増えてきており、修理専門会社との競争が激化する傾向にある。これに対応するため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・強化を図る必要がある。また、メンテナンス事業に関しては、各国の独自性を増した航空局法規への適合が要求され、適切な対応方法について留意する必要がある。

(5) 国際交流の促進

海外航空機関連産業との間の技術交流を確立するために、国内外のエアショーなどで積極的な広報活動を行うことが重要となる。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、交流の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して、平成 28 年の 2016 年国際航空宇宙展で第 14 回を数える。また海外は、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への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。航空機の操作や運用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3月、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4月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。

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8月および平成25年6月に発表している。また、平成26年8月に「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)は、「戦略的イノベーション戦略プログラム(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。

また平成27年3月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12月に「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、素材の強みを活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着実に進め、実用化を進めるとしている。

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証を得るに至るまでの開発戦略が不可欠である。(一社)日本航空宇宙工業会は平成14年に「航空機用アルミニウム合金に関する規格・認証体系の調査」、平成15年には「航空機用先進材料に関する規格・認証体系の調査」を行っている。

政府は、(国研)産業技術総合研究所(AIST)、(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)、(国研)物質・材料研究機構(NIMS)等において基礎技術の研究開発を実施するとともに、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)や(一財)素材形センターを通じての委託や補助事業により民間企業の技術開発に対する助成を行ってきた。これに加えて、(一社)日本航空宇宙工業会では革新航空機技術開発センターや先端航空機部品・素材技術調査委員会の委託研究などにより民間企業の研究開発を積極的に進めている。

また東京大学ではCMI(Consortium for Manufacturing Innovation)の取組みにおいて、チタンや複合材料等の難削材を高効率で切削する等、加工生産性の向上に寄与できる技術開発を行い、実際に開発された技術をスムーズな実用化につなげるため、航空機関連メーカー、素材メーカー、東京大学がボーイング社と連携して研究開発を行っている。

表 3-4-2 に、政府主導あるいは政府助成による民間実施の主な航空機用機器・素材関連研究開発プロジェクトの概要をまとめた。

これらの民間機技術を中心とした研究開発に加えて、防衛分野においては防衛省技術研究本部(現 防衛防衛装備庁)を中心とする研究開発の役割も大きい。実際の機体やエンジンの高性能化に結びつく研究開発の数少ない機会となっている。

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	次世代航空機構造部材創製・加工技術開発 (全体 H15-H27)	H20-H27	航空機の軽量化やエンジン性能向上を図るため、チタン合金や複合材の効率的・先進的な加工・成形技術等を開発する。具体的には、①チタン合金部材、②高耐熱・軽量化セラミックス複合材(CMC)の加工・成形技術(タービン翼への適用)、③耐衝撃性を向上させた複合材料技術(エンジン・ファン等への適用)、複合材料の損傷等の検知技術、④航空機用難削材高速切削加工技術、⑤複合材料の複雑形状積層技術、⑥次世代複合材及び軽金属構造部材創成・加工技術」を開発する。
		炭素繊維複合材成形技術開発	H20-H25	従来の方法に比べ、低コスト成形を行うことができるVaRTM(バータム)法等の炭素繊維複合材成形技術の研究開発及び実大規模の技術実証を行う。
		革新的新構造材料等技術開発	H25-H34	エネルギー使用量及びCO2排出量削減を図るため、その効果が大きい輸送機器(自動車、航空機等)の抜本的な軽量化に繋がる技術開発等を行う。アルミニウム材、チタン材、マグネシウム材、鋼板、CFRP等、輸送機器の主要な構造材料の高強度化等に係る技術開発と、これらの材料に適用可能な革新的接合技術の開発等を一体的に実施する。
	機器・システム制御	航空機用先進システム基盤技術開発 (全体 H11-H26)	H20-H26	航空機の環境適合性(燃費向上・低炭素化)、運航経済性、安全性といった要請に対応するために必須となる技術開発を行う。具体的には、「航空機システム革新技術」、「耐雷・帯電特性解析手法」、「先進パイロット支援システム」、「高度複雑システム故障予知・検出技術」、「革新的防除氷技術」、「次世代航空機エンジン用冷却装置」、「次世代航空機用降着システム」等に関する研究開発を実施する。

文部科学省	材料	低炭素化社会を実現する耐熱・耐環境材料の開発	H23-H27	現在の高温材料開発は、最も燃焼温度が高い部位で使用される単結晶 Ni 基超合金の耐熱温度向上など、チャンピオンデータは更新されているが、圧縮機など中温域(500～900℃)では、チタン合金や耐熱鋼など従来材がそのまま用いられているのが現状である。これらの耐熱性を向上させ、軽量化を進め、さらに表面改質手法を適用することにより、コストパフォーマンスに優れた実用材料を開発する。具体的には、材料設計・シミュレーション、超耐熱鉄合金、高温軽量合金、厚膜系表面改質、薄膜系表面改質のサブテーマを置き、設計、基材開発、表面改質技術の三者が連携しつつ研究を進める。
	材料	民間航空機国産化研究開発	H27～	今後の航空機需要の獲得には3つの課題（安全性、環境適合性、経済性）への対応が不可欠である。 このうち、材料に関する経済性への対応として、燃費半減による画期的な経済性の実現を目指して、以下の研究開発を進める ・エンジンファンの複合材適用による軽量・高効率化 ・低圧タービンの複合材適用による軽量・高効率化 ・機体の空力抵抗低減化・超軽量化機体設計
内閣府	材料	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP：エスアイピー) 革新的構造材料	H26～	強く、軽く、熱に耐える革新的材料を開発し、航空機を始めとした輸送機器・発電等産業機器への実機適用を行うとともに、エネルギー転換・利用効率向上を実現することを目指す。この目標を達成するために、航空機のジェットエンジン、および機体本体に用いられる部材を主な対象に、(a)航空機用樹脂の開発とFRPの開発、(b)耐環境性セラミックスコーティングの開発、(c)耐熱合金・金属間化合物等の開発、そしてこれらの材料開発の大幅な時間短縮を可能にするシステムの開発を目的とした(d) マテリアルズインテグレーションを加えた4つの研究開発項目を掲げて、研究開発を推進する。

第5章 宇宙用機器・部品材料の現状と展望

第1節 宇宙用機器・部品材料の特質

宇宙産業は各種最先端技術を結集する総合産業であり、高度で複雑な宇宙システムを支える部品・素材に対して高性能化、小型・軽量化、耐環境性、高信頼性、安全性などが要求され、技術的波及効果も大きいのが特徴である。

宇宙利用の分野では、無重量、高真空などの宇宙環境を利用した、新しい材料や薬品、新しい工法による製品が実用化され、今後新しい産業として展開する可能性もある。

宇宙用部品・素材の開発は、巨額の研究開発費が必要なうえ、市場規模も小さいことから、宇宙工業全体と同様、部品・素材産業も国の政策への依存が強い。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に、昭和63年10月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いる。

宇宙用部品や素材については、米国など先進国と比べ生産規模が小さく、まとめ買いや、販路の確保が必要である。

第2節 宇宙用部品の現状と課題

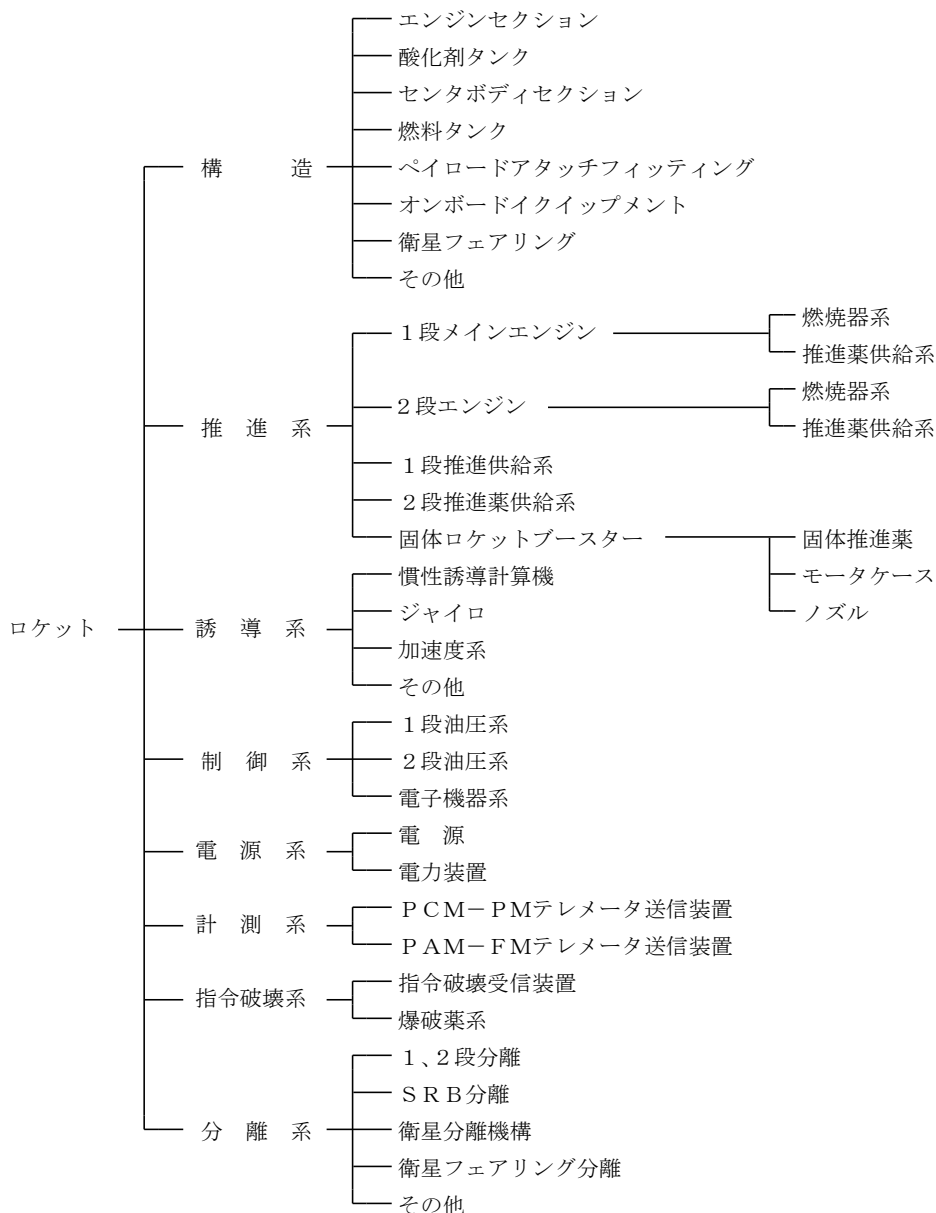
1. ロケット用機器・コンポーネント

我が国のロケットとしては、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の衛星打上げ用ロケット(H-IIA、H-IIB及びイプシロン)と科学観測ロケット(S型)があり、また、H-IIA、H-IIBの後継として新型基幹ロケット(H3)が開発中である。それぞれのロケットには、数多くの機器やコンポーネントが使用されている。(図3-5-1参照)

これまでの、これらの機器やコンポーネントの調達ソースを見ると、平成4年にフェーズアウトになったN-IIでは、ノーズフェアリング、誘導機器、PCMテレメトリー送信機などが輸入されていたほかは国産で、衛星に比べて輸入比率が低かった。また、平成12年にフェーズアウトになったH-IIは当初より国際市場参入を意図し、機器・コンポーネントに至るまで国産部品あるいは用途に制約を受けない輸

入品を使用していた。後継型の H-IIA も、コスト低減のため、一部は海外からの技術導入や輸入部品を使用しているものの、H-II 同様、国際市場参入を意図し、そのユニット機器・コンポーネント等の輸出に大きな制約はない。しかしながら、宇宙関連物品の輸出は法規上の面からの制約が大きく、今後政府の支援を含めた、当該部品の輸出等促進のための環境整備が待望される。

図 3-5-1 ロケット用機器・コンポーネント分類



一方、S型など宇宙科学研究所(現 宇宙航空研究開発機構)の固体ロケットの機器・コンポーネントには、100%国産品が使用されており、これらを構成する部品も輸入比率は低い。特に固体推進薬の主原材料である末端水酸基化ポリブタジエンゴム(HTPB)、過塩素酸アンモニウムの細粒(AP)等は、ミサイル関連機材にも指定されており、早くから国産品の開発が推進された。現在、H-IIA および H-IIB の固体ロケットブースター(SRB-A)、イプシロンロケット及びS型ロケットの推進薬原材料は、機器・コンポーネント同様、使用量が少ないので、割高にならざるを得ない。推進薬は、安全上の制約から、モータケース内部に装着するまでの工程に多大な工数が掛かることもコスト高の大きな要因となっている。

H-IIA については、6号機の打上げ失敗の原因となった固体ロケットブースターのノズル FRP の局所エロージョン現象解明を徹底的に進めることにより得られた知見を今後のノズル設計に生かすことにより、高信頼性を有する商品として世界に売り込んで行けると考えられる。H-IIA の性能は国際的にも高い水準に設定しており、また、現在のところ国際市場での競争力は弱い。今後は打上げの成功率を高め信頼性を確保するとともに、H-IIA および H-IIB ロケットの事業民営化、低コストを目指した新型基幹ロケット等の開発においてコスト低減が図られ、更に発注数量が増えて来れば、十分国際競争力を有してくると期待される。商業ベースによるロケット打上げ市場に参入し、国際市場において確固たる地位を築いていくためにも、是非実現しなければならない課題である。

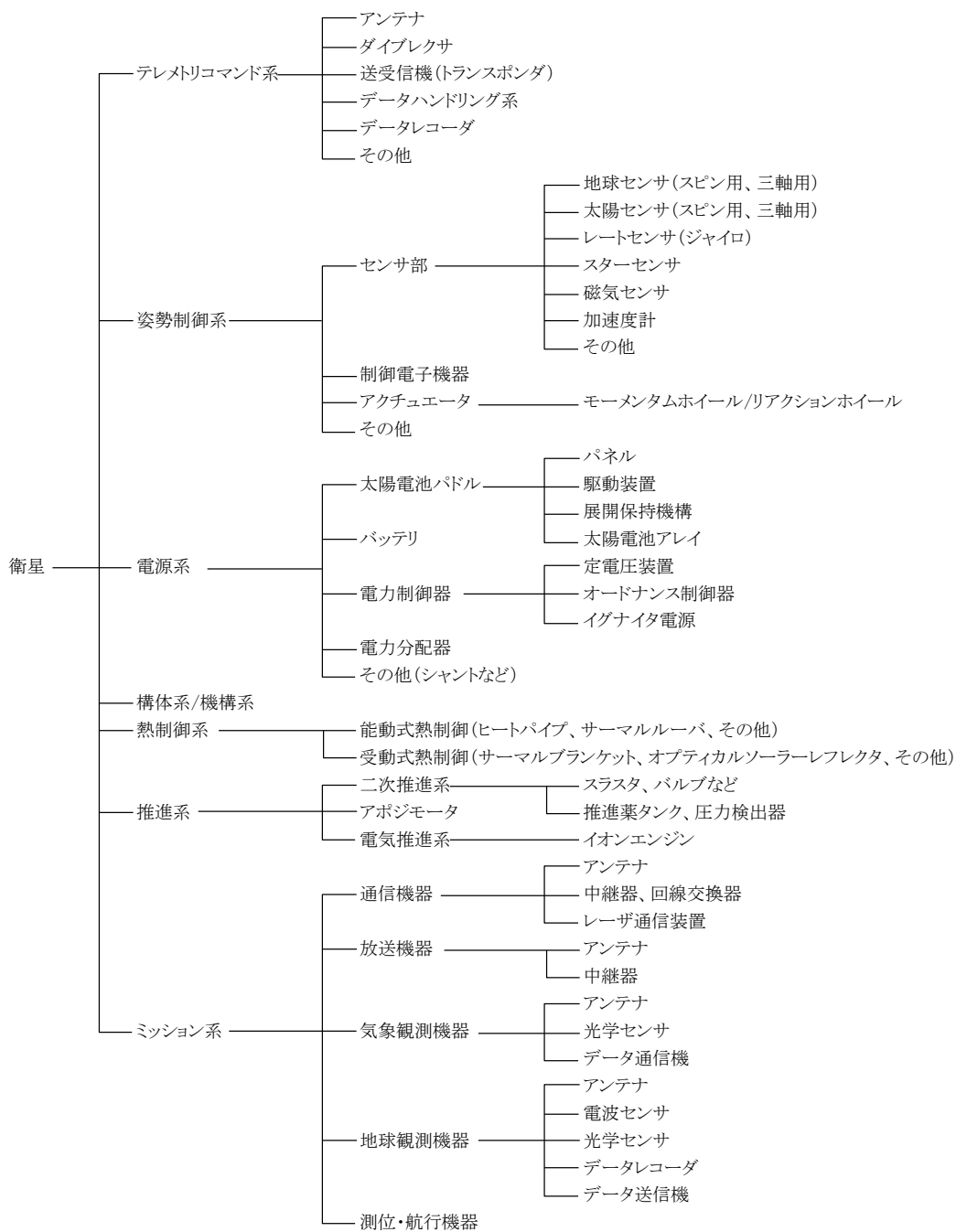
官による輸出環境整備と民間企業による高信頼性確保、コスト低減こそが、我が国のロケット、機器・コンポーネント分野での国際市場進出を左右する鍵と言える。

2. 衛星用機器・コンポーネント

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

衛星用機器・コンポーネントの国産化率は、近年大幅に向上してきているが、一部に輸入品も使用されている。国産化率は科学衛星や技術試験衛星の方が、実用の衛星より一般に高い状況にある。逆に輸出する機器としては、通信系、太陽電池パドル、機器パネル等を中心に幾つかみられる。(図 3-5-2 参照)

図 3-5-2 衛星機器・コンポーネント分類



衛星の使用コンポーネント別に現状をみると姿勢制御系の低高度用地球センサー、可動アンテナ等の駆動機構等海外で実績の多いものは輸入に頼っているが、その他の多くは国産化している。推進システムは各専門メーカーによりガスジェット、アポジモータなど、液体／固体推進剤を使用する化学式推進装置が順次国産化された。近年、世界的に、オール電化の推進システムの研究・開発が進みつつあり、我が国でも、イオンエンジンや、より小型で大推力が出せるホールスラスト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」に搭載されており、今後、超低高度衛星技術試験機(SLATS)などにも搭載される予定である。電化により衛星バス機器の質量が画期的に軽量化されることから、今後、推進システムの電化が急速に進む可能性がある。ミッション機器では、通信・放送衛星用中継器、放送衛星用アンテナ、観測用センサー類などは国産化されている。また、通信用機器は、海外にも輸出されている。なお、この中には海外衛星メーカーで製作される、我が国の民間通信・放送衛星用の機器も含まれている。

以上のように、衛星用機器・コンポーネントの国産化率は高くなっているが、開発予算が限られ打上げの機会も少ないなどの制約があるため、その進展度は遅い。今後さらに我が国の技術の特質を生かした分野での、効率的な国産化の推進が望まれる。衛星は今後も複雑化し、高性能化、長寿命化、低コスト化が要求されることから、機器・コンポーネントもこれに対応した、一層の高性能化・高信頼性化等が不可欠である。その際、キーとなる機器・コンポーネントについては最先端技術をもって国産化を継続し、宇宙開発における自在性を確保することが望ましい。また、宇宙での使用実績が尊重され、実証が有効視される宇宙機器の分野では、国産化推進に当たり衛星の製作、宇宙での実験等の機会を極力多くすることが必要である。

3. 宇宙用部品

宇宙用部品は長期間非修理系に使用されることと、打上げ時の機械的振動・衝撃及び軌道上における高真空・温度サイクル並びに放射線などの耐環境性を考慮し、高信頼性で、小型、軽量、低消費電力などが求められる。また、信頼性を確保するために設計ルール、構造、使用材料、製造工程並びに製品の試験・検査の項目や条

件などの多岐に渡る要求条件が公的機関等によって定められている。

欧米では、宇宙産業が防衛産業、航空機産業を基盤に発展してきたこともあり、特に、米国では当初宇宙用部品の仕様は軍の規格(MIL仕様書)をベースとして宇宙環境条件などを加味して決められた。しかし我が国では、宇宙開発の初期にはこうした規格は皆無であり、初期の科学衛星では地上の通信装置に使用された信頼性の高い部品を宇宙用として評価しながら使用する、という方法がとられた。その後、宇宙開発事業団(現 JAXA)で MIL仕様をベースとした認定部品制度が導入され部品の規格化が進展し、宇宙環境に適した部品の開発が進められた。その結果、抵抗器(ソリッド、金属皮膜等)、コンデンサ(磁器、プラスチックフィルム、マイカ、固体タンタル、湿式タンタル等)、コネクタ(角形、丸形、高周波等)、トランス、コイル、トランジスタ(低周波、高周波、マイクロ波、GaAsFET等)、ダイオード(汎用、整流、定電圧等)、集積回路(耐放射線 CMOS、LSTTL等)、混成集積回路、水晶振動子、リレー、ヒータ、サーミスタ、Ni-Cd・Ni-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。

JAXA認定品はH-IIロケット及びETS-VI衛星の国産化政策に伴い増加し、平成10年にはおよそ370点の部品が認定された。しかしながら、その後H-IIロケットからH-IIAロケットへの変更に見られるような、コスト低減を優先した開発が衛星でも進められ、輸入部品に比べ価格の高いJAXA認定品が敬遠されることになった。また、当初のJAXA認定はQPL(Qualified Products List)方式であり、工程の維持管理を含め、継続認定のためのメーカー負担が大きかった。この結果、JAXA認定を辞退するメーカーが増加し、JAXA認定品は平成16年には156点まで減少した。

その後、QPL方式からQML(Qualified Manufacturers List)方式への変更、JAXAの部品総合対策などの効果により、JAXA認定品は増加傾向にあり、平成28年時点ではQPL品とQML品を合わせて188点のJAXA認定部品が登録されている。

現在、高機能高集積回路デバイスでは64ビット50MHz動作の耐放射線性マイクロプロセッサ、36MバーストSRAM及びSOI ASICが認定されており、更にプログラム書換えデバイス(FPGA)の開発が行われている。パワーデバイスではパワ

一MOSFET、POL DC/DC コンバータが認定されている。また、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。

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。先端技術に係わる米国製部品の輸入は、米国政府の方針によって厳しい制約が課せられることが多くなってきており、この制約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は時間を要し、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。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転用化するための手順の整備を開始した。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、末端水酸化基化あるいは末端カルボキシ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。

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。

推進剤には、液体水素(LH2)/液体酸素(LOX)系、ケロシン/LOX 系、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。

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。

推進剤としては、高性能達成のため LH2/LOX 系が主流になっているが、コスト、使用環境・温度、安全性の面から炭化水素(液化天然ガス(LNG)、ケロシン等)／LOX 系も有望である。

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。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が使用されている。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。

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徐々に大型化し、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 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、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、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、従来のコバルト基合金、ニオブ合金などの金属材料に加えて、ファインセラミックの適用が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(平成 27 年/2015 年) ……………	240
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 ……………	241
2	航空機工業の年別生産(売上)額内訳と労務実績推移 ……………	242
III	防衛計画の大綱及び中期防衛力整備計画	
1	平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱「別 表」 ……………	243
2	中期防衛力整備計画(平成 26 年度～平成 30 年度)「別 表」 ……………	244
IV	防衛関連予算(航空機)	
1	平成 29 年度航空機関連予算案(航空機購入費) ……………	245
2	防衛航空機調達当初予算の推移 ……………	246
3	防衛関係費に占める研究開発費予算の推移 ……………	246
IV	宇宙開発関連予算	
1	平成 29 年度予算案における宇宙関係予算(総括) ……………	247
2	宇宙関係費に占める研究開発費の推移 ……………	248

I 世界の主要国比較

1 各国の経済、産業状況比較 (平成 27 年/2015 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)	インドネシア 共和国	ブチン 連邦共和国
国内総生産(名目GDP) *1 米ドル	41,242	180,367	28,585	33,653	24,202	18,158	11,997	15,505	13,260	111,816	13,779	8,590	17,726
国防支出費 *2 "	411	5,960	557	394	508	238	141	148	661	2,128	364	76	246
◇航空宇宙工業生産額 *3 "	176	2,275	475	384	627	176 (2012)	108	233	—	—	49	—	69
輸出額 *4 "	6,251	15,026	4,681	13,302	5,059	4,589	2,813	4,101	3,435	22,805	5,268	1,504	1,911
輸入額 *4 "	6,483	22,482	6,318	10,504	5,724	4,091	3,080	4,194	1,827	16,018	4,365	1,427	1,714
総就業者数 *5 千人	63,760	148,834	31,105	40,211	26,382	22,465	17,866	17,947	71,539 (2014)	772,530 (2014)	25,936	114,628 (2014)	99,448 (2014)
鉱工業就業者数 *5 "	10,380	16,255	3,144	7,842	3,222	4,156	2,259	2,067	11,908 (2014)	230,990 (2014)	4,500	16,691 (2014)	12,634 (2014)
◇航空宇宙工業従業員数 *3 "	37	611	128	107	185	52 (2012)	54	89	—	—	13	—	26
平均(対米ドル)為替レート *6 (2015年)	121.05 (円:Yen)	1.00 (US \$)	0.6546 (£)	0.9019 (€)	0.9019 (€)	0.9019 (€)	0.9019 (€)	1.2787 (CND \$)	61.2203 (Ruble)	6.2840 (元:Yuan)	1,132.04 (Won)	13,397.79 (Rupiah)	3,334.3 (Real)

(出典) *1 IMF Annual Report

*2 SIPRI (Military Expenditure)

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

*4 JETRO (日本貿易振興機構)

*5 International Labour Organization(ILO) Database 等

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

() 該年度データ

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				
	西暦	和暦	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)	
			機体	エンジン			その他機器	地上施設					ソフトウェア
1987	S62	380,881	121,016	158,295	660,192	26,917	132,547	60,291	8,530	201,368	9,150	861,560	36,067
1988	63	406,548	127,171	171,806	705,588	27,786	125,098	87,291	9,417	221,806	9,575	927,394	37,361
1989	H1	419,091	149,018	188,118	756,227	28,503	140,333	129,897	9,848	280,078	9,690	1,036,305	38,193
1990	2	454,310	155,458	201,257	811,027	28,218	156,203	94,802	9,395	260,400	10,107	1,071,427	38,325
1991	3	491,567	169,435	206,172	867,174	28,662	156,911	96,346	12,178	265,435	10,330	1,132,609	38,992
1992	4	513,279	175,419	197,658	886,356	29,027	175,705	120,005	12,297	308,007	10,281	1,194,363	39,308
1993	5	517,099	183,392	162,400	862,891	28,674	176,361	112,715	13,002	302,078	9,899	1,164,969	38,573
1994	6	496,960	177,045	152,456	826,461	27,525	187,511	103,783	18,431	309,725	10,019	1,136,186	37,544
1995	7	491,625	150,634	148,401	790,660	27,157	230,360	101,078	23,176	354,614	10,400	1,145,274	37,557
1996	8	539,101	172,755	157,364	869,220	26,386	223,173	95,891	19,597	338,661	8,621	1,207,881	35,007
1997	9	583,069	202,970	165,635	951,674	26,018	254,079	105,730	18,708	378,517	8,918	1,330,191	34,936
1998	10	609,701	232,189	162,989	1,004,879	25,694	227,991	135,435	15,470	378,896	8,346	1,383,775	34,040
1999	11	588,840	240,620	154,768	984,228	24,902	221,104	104,246	21,181	346,531	7,994	1,330,759	32,896
2000	12	669,381	225,121	145,626	1,040,128	24,866	273,045	78,229	18,670	369,944	7,148	1,410,072	32,014
2001	13	622,057	253,845	145,995	1,021,897	24,181	236,988	105,637	19,202	361,777	6,871	1,383,674	31,052
2002	14	623,845	244,643	137,999	1,006,487	23,665	251,036	67,565	17,583	336,184	6,733	1,342,671	30,398
2003	15	525,110	245,278	134,814	905,202	23,532	185,216	40,678	14,790	240,684	5,840	1,145,886	29,372
2004	16	594,788	253,792	120,231	968,811	22,926	168,454	34,063	16,332	218,849	6,378	1,187,660	29,304
2005	17	620,321	305,685	123,563	1,049,569	23,025	167,411	37,547	18,711	223,669	6,740	1,273,238	29,765
2006	18	685,403	330,556	126,354	1,142,313	24,561	177,216	37,762	19,816	234,794	6,593	1,377,107	31,154
2007	19	611,392	367,943	133,065	1,112,400	24,719	175,571	33,211	17,642	226,424	6,248	1,338,824	30,967
2008	20	730,546	360,689	134,525	1,225,760	24,881	202,477	46,375	10,234	259,086	5,188	1,484,846	30,069
2009	21	649,002	322,247	114,154	1,085,403	25,220	225,566	29,613	14,484	269,663	6,341	1,355,066	31,561
2010	22	634,995	319,105	112,252	1,066,352	24,547	203,794	32,387	22,181	258,362	6,865	1,324,714	31,412
2011	23	577,917	347,558	112,101	1,037,576	24,626	205,336	34,419	25,279	265,035	7,377	1,302,611	32,003
2012	24	695,101	385,068	103,643	1,183,812	27,230	246,959	37,694	31,363	316,016	8,181	1,499,828	35,411
2013	25	856,283	439,078	121,632	1,416,993	28,284	227,160	27,963	27,401	282,524	7,978	1,699,517	36,262
2014	26	1,056,418	481,094	117,215	1,654,727	28,474	293,259	33,972	28,210	355,441	8,232	2,010,168	36,706
2015*	27	1,088,653	583,237	119,756	1,791,646	27,910	279,708	30,601	27,484	337,793	8,655	2,129,439	36,565

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

宇宙：(一社)日本航空宇宙工業会 宇宙産業データベース

(注)*印：航空機は速報値
四捨五入の関係から、合計は必ずしも一致しない。

II-2 航空機工業の年別生産(売上)額内訳と労務実績推移

(百万円)

区分	作業別			品種別			需要別			合計	人員(人)	
	西暦	製造	修理	機体	エンジン	その他機器	防衛省	特需	内需			輸出
1998	10	808,155	169,299	586,453	225,415	165,586	534,566	947	95,487	346,454	977,454	25,845
1999	11	803,474	173,025	590,953	230,431	155,115	554,743	753	100,254	320,749	976,499	25,287
2000	12	809,859	184,704	620,274	225,772	148,517	623,173	1,174	102,296	265,920	994,563	25,028
2001	13	839,143	191,462	642,609	246,345	141,651	579,970	1,374	89,480	359,781	1,030,605	24,135
2002	14	821,607	189,451	625,007	242,310	143,741	617,027	394,031			1,011,058	23,768
2003	15	763,405	202,622	585,570	241,493	138,964	596,205	596,205	369,822		966,027	23,552
2004	16	734,488	208,494	560,441	260,899	121,642	582,941	582,941	360,041		942,982	22,604
2005	17	764,424	183,629	550,027	274,903	123,123	524,697	524,697	423,356		948,053	22,965
2006	18	1,002,212	191,274	733,846	336,433	123,207	619,308	619,308	574,178		1,193,486	24,213
2007	19	939,271	202,659	642,480	365,302	134,148	477,103	477,103	664,827		1,141,930	24,727
2008	20	979,665	206,664	674,845	376,870	134,614	563,416	563,416	622,913		1,186,329	24,856
2009	21	901,980	201,683	656,562	325,816	121,357	509,751	509,751	593,912		1,103,663	25,179
2010	22	842,142	198,291	615,780	317,254	107,381	484,071	484,071	556,344		1,040,433	24,632
2011	23	945,184	191,560	687,065	338,194	111,485	538,100	538,100	598,644		1,136,744	24,694
2012	24	867,342	185,059	584,692	357,090	110,619	371,711	371,711	680,690		1,052,401	26,938
2013	25	1,140,541	225,127	827,347	429,122	109,199	454,225	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	447,750	1,141,134		1,589,134	28,401
2015	27	1,562,302	260,082	1,147,792	553,514	121,078	518,832	518,832	1,303,552		1,822,384	27,846
1998	10	836,574	168,305	609,701	232,189	162,989	539,419	877	101,240	363,343	1,004,879	25,694
1999	11	807,711	176,517	588,840	240,620	154,768	584,653	1,028	101,999	296,555	984,228	24,902
2000	12	845,639	194,489	669,381	225,121	145,626	664,193	1,017	93,254	281,664	1,040,128	24,866
2001	13	832,128	189,769	622,057	253,845	145,995	571,098		450,799		1,021,897	24,181
2002	14	812,888	193,599	623,845	244,643	137,999	617,287		389,200		1,006,487	23,665
2003	15	699,461	205,741	525,110	245,278	134,814	551,648		353,554		905,202	23,532
2004	16	773,760	195,051	594,788	253,792	120,231	607,598		361,213		968,811	22,926
2005	17	862,495	187,074	620,321	305,685	123,563	570,520		479,049		1,049,569	23,025
2006	18	961,475	180,838	685,403	330,556	126,354	542,538		599,775		1,142,313	24,561
2007	19	904,708	207,692	611,392	367,943	133,065	444,570		667,830		1,112,400	24,719
2008	20	1,021,706	204,054	730,546	360,689	134,525	614,052		611,708		1,225,760	24,881
2009	21	882,382	203,021	649,002	322,247	114,154	501,121		584,282		1,085,403	25,220
2010	22	872,244	194,478	634,996	319,105	112,621	513,982		552,740		1,066,722	24,547
2011	23	852,617	184,959	577,917	347,558	112,101	419,358		618,218		1,037,576	24,626
2012	24	988,250	195,562	695,101	385,068	103,643	429,179		754,633		1,183,812	27,230
2013	25	1,195,101	221,892	856,283	439,078	121,632	450,815		966,178		1,416,993	28,284
2014	26	1,397,607	257,120	1,056,418	481,094	117,215	476,655		1,178,072		1,654,727	28,474
2015	* 27	1,553,922	237,724	1,088,653	583,237	119,756	468,581		1,323,065		1,791,646	27,910

出典： 経産省 生産動態統計月報 機械統計編(航空機、航空機用通信機器)

(注) 1 *印は速報値
2 人員数については、暦年については12月末、年度については3月末

Ⅲ 防衛計画の大綱及び中期防衛力整備計画

Ⅲ-1 平成26年度以降に係る防衛計画の大綱 「別表」

		将 来	(参考) 前大綱	
陸上自衛隊	編成定数	15万9千人	15万4千人	
	常備自衛官定員	15万1千人	14万7千人	
	即応予備自衛官員数	8千人	7千人	
	基幹部隊	機動運用部隊	3個機動師団 4個機動旅団 1個機甲師団 1個空挺団 1個水陸機動団 1個ヘリコプター団	中央即応集団 1個機甲師団
		地域配備部隊	5個師団 2個旅団	8個師団 6個旅団
		地对艦誘導弾部隊	5個地对艦ミサイル連隊	—
地对空誘導弾部隊		7個高射特科群／連隊	7個高射特科群／連隊	
主要装備	戦車 火砲	注1	約400両 約400両／門	
海上自衛隊	基幹部隊	護衛艦部隊	4個護衛隊群(8個護衛隊) 6個護衛隊	4個護衛隊群(8個護衛隊) 4個護衛隊
		潜水艦部隊	6個潜水隊	6個潜水隊
		掃海部隊	1個掃海隊群	1個掃海隊群
		哨戒機部隊	9個航空隊	9個航空隊
	主要装備	護衛艦 (イージス・システム搭載護衛艦) 潜水艦 作戦用航空機	54隻 (8隻) 22隻 約170機	48隻 (6隻) 22隻 約150機
航空自衛隊	基幹部隊	航空警戒管制部隊	28個警戒隊 1個警戒航空隊(3個飛行隊)	4個警戒群 24個警戒隊 1個警戒航空隊(2個飛行隊)
		戦闘機部隊	13個飛行隊	12個飛行隊
		航空偵察部隊	—	1個飛行隊
		空中給油・輸送部隊	2個飛行隊	1個飛行隊
		航空輸送部隊	3個飛行隊	3個飛行隊
		地对空誘導弾部隊	6個高射群	6個高射群
	主要装備	作戦用航空機 うち戦闘機	約360機 約280機	約340機 約260機

注1 戦車及び火砲の現状(平成25年度末)の規模はそれぞれ約700両、約600両／門であるが、将来の規模はそれぞれ約300両、約300両／門とする。

注2 弾道ミサイル防衛にも使用し得る主要装備・基幹部隊については、上記の護衛艦(イージス・システム搭載護衛艦)、航空警戒管制部隊及び地对空誘導弾部隊の範囲内で整備することとする。

Ⅲ－２ 中期防衛力整備計画（平成26年度～平成30年度） 「別表」

区 分	種 類	整備規模	(参考) 前中期防
陸上自衛隊	機動戦闘車	99 両	—
	装 甲 車	24 両	75 両
	水陸両用車	52 両	—
	ティルト・ローター機	17 機	—
	輸送ヘリコプター (CH-47JA)	6 機	5 機
	戦闘ヘリコプター (AH-64D)	—	3 機
	地对艦誘導弾	9 個中隊	18 両
	中距離地对空誘導弾	5 個中隊	4 個中隊
	戦 車	44 両	68 両
海上自衛隊	火 砲 (迫撃砲を除く。)	31 両	32 両
	護 衛 艦	5 隻	3 隻
	(イージス・システム搭載護衛艦)	(2 隻)	能力向上 (2隻)
	潜 水 艦	5 隻	5 隻
	そ の 他	5 隻	5 隻
	自衛艦建造計 (トン数)	15 隻 (約5.2万ト)	13 隻 (約5.1万ト)
	固定翼哨戒機 (P-1)	23 機	10 機
	哨戒ヘリコプター (SH-60K)	23 機	26 機
	多用途ヘリコプター (艦載型)	9 機	—
航空自衛隊	掃海・輸送ヘリコプター (MCH-101)	—	5 機
	新早期警戒 (管制) 機	4 機	—
	戦闘機 (F-35A)	28 機	12 機
	戦闘機 (F-15) 近代化改修	26 機	16 機
	新空中・給油輸送機	3 機	—
	輸送機 (C-2)	10 機	10 機
共同の部隊	地对空誘導弾ペトリオットの能力向上 (PAC-3 MSE)	2 個群及び 教育所要	1 個高射隊
	滞空型無人機	3 機	—

注：哨戒機能を有する艦載型無人機については、上記の哨戒ヘリコプター (SH-60K) の機数の範囲内で、追加的な整備を行い得るものとする。

IV 防衛関連予算（航空機）

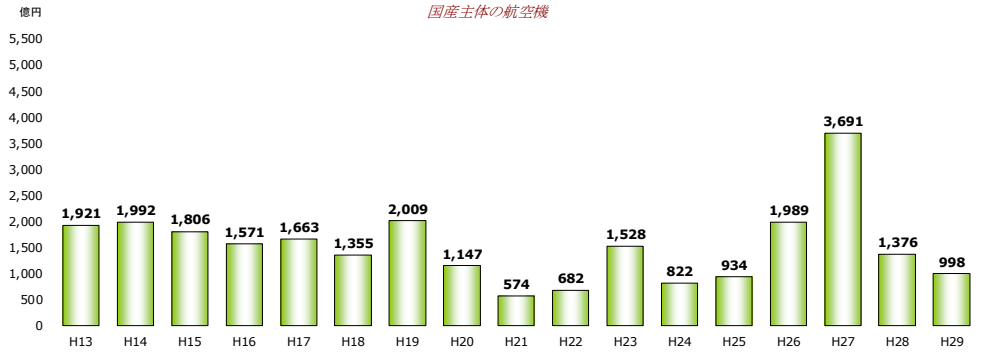
IV-1 平成29年度航空機関連予算案（航空機購入費）

(億円)

区 分			平成28年度 予算案		平成29年度 当初予算		
			機数	金 額	機数	金 額	
陸上自衛隊	※ティルトローター機	V-22	4	447	4	391	
	輸送ヘリコプター	CH-47JA	—	—	6	445	
小 計			4	447	10	836	
海上自衛隊	哨戒ヘリコプター	SH-60K	17	1,026	—	—	
	小 計		17	1,026	0	0	
航空自衛隊	戦闘機	F-35A	6	1,084	6	880	
	輸送機	C-2	—	—	3	553	
	救難ヘリコプター	UH-60J	8	350	—	—	
	※新空中給油機・輸送機	KC-46A	—	—	1	299	
	※新早期警戒機	E-2D	1	260	—	—	
	※飛行点検機	Citation 680A	—	—	2	95	
	※滞空型無人機 (グローバルホーク)システム		—	146	1	168	
小 計			15	1,840	13	1,995	
合 計			36	3,313	23	2,831	
			(国産主体)	25	1,376	9	998
			(完成機購入)	11	1,937	14	1,833

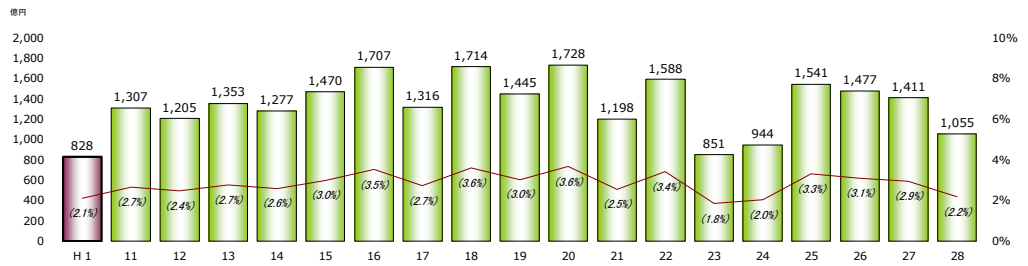
- (注) 1 国産主体には「国内企業参画」(F-35A)を含まない
 2 ※印：完成機購入を主体とする航空機
 3 金額は装備品等の製造等に要する初度費を除く金額を表示

IV-2 防衛航空機調達当初予算の推移



(年度)	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
国産主体の航空機	1,921	1,992	1,806	1,571	1,663	1,355	2,009	1,147	574	682	1,528	822	934	1,989	3,691	1,376	998
国産の総機数	41	40	40	34	27	24	41	18	15	17	22	15	10	16	23	25	9

IV-3 防衛関係費に占める研究開発費予算の推移



年度	H1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
研究開発費	828	1,307	1,205	1,353	1,277	1,470	1,707	1,316	1,714	1,445	1,728	1,198	1,588	851	944	1,541	1,477	1,411	1,055
防衛関係費	39,198	49,201	49,218	49,388	49,395	49,265	48,764	48,301	47,906	47,818	47,426	47,028	46,825	46,625	46,453	46,804	47,838	48,221	48,607
(%)	2.1%	2.7%	2.4%	2.7%	2.6%	3.0%	3.5%	2.7%	3.6%	3.0%	3.6%	2.5%	3.4%	1.8%	2.0%	3.3%	3.1%	2.9%	2.2%

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、SAOE費は除く)
H28: 資料14 防衛関係費(当初予算)の使途別構成の推移

V 宇宙開発関連予算

V-1 平成29年度予算案における宇宙関係予算(総括)

(億円)

府省庁名	平成28年度 当初予算	平成29年度 予算案	対前年度比
内閣官房	619	620	100.2%
内閣府	152	162	106.6%
警察庁	12	8	66.7%
総務省	60	66	110.0%
外務省	3	3	100.0%
文部科学省	1,524	1,514	99.3%
農林水産省	2	3	150.0%
経済産業省	30	27	90.0%
国土交通省	102	51	50.0%
環境省	57	58	101.8%
防衛省	340	387	113.8%
合計	2,899	2,898	100.0%

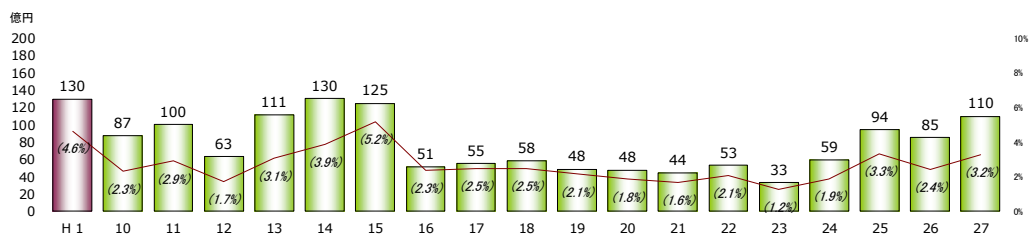
(出典) 平成29年度予算案における宇宙関係予算案について(平成29年2月 内閣府宇宙開発戦略推進事務局)

(注) *平成29年度予算案には平成28年度補正予算案は含まない。

*財源等の関連により現時点(平成29年2月)で額を確定できないものは、前年度の予算額を基に計算している。

*数値は四捨五入の関係で合計は必ずしも一致しない。

V-2 宇宙関係費に占める研究開発費の推移



区分	年度																		
	H 1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
研究開発費	130	87	100	63	111	130	125	51	55	58	48	48	44	53	33	59	94	85	110
宇宙売上額	2,801	3,789	3,465	3,699	3,618	3,362	2,407	2,189	2,237	2,348	2,264	2,591	2,697	2,584	2,650	3,160	2,825	3,554	3,378
(%)	4.6%	2.3%	2.9%	1.7%	3.1%	3.9%	5.2%	2.3%	2.5%	2.5%	2.1%	1.8%	1.6%	2.1%	1.2%	1.9%	3.3%	2.4%	3.2%

出典：(一社)日本航空宇宙工業会 宇宙産業データブック

略語一覽

略語	名称	日本語名
A		
ACAC	AVIC I Commercial Aircraft Co., Ltd.	中航商用飛機有限公司(中国)
ACDMT	Advanced Composite Design and Manufacturing Technology	輸送用先進複合材料設計製造技術
ACT	Active Control Technology	能動制御技術
ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite	環境観測技術衛星
AEA	All Electric Aircraft	全電気式航空機
AI	Artificial Intelligence	人工知能
AIDS	Aircraft Integrated Data System	航空総合データシステム
AIR	Aerospace Information Report	航空宇宙技術情報
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	産業技術総合研究所
ALFLEX	Automatic Landing FLight EXperiment	小型自動着陸実験機
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星
AMG	Advanced Material Gas-generator	先進材料利用ガスジェネレータ(研究所)
APMS	Automated Power Management System	自動電力管理システム
APU	Auxiliary Power Unit	補助動力装置
ARSR	Air Route 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	早期警戒管制機
B		
BIT	Built In Test	故障検出診断
BLC	Boundary Layer Control	境界層制御装置
BMI	Bismaleimide	ビスマレイミド
BSAT	Broadcasting Satellite	放送衛星
C		
C/C	Carbon/Carbon Composite	カーボン/カーボン複合材
CAC	Commercial Airplane Co.	民間航空機(株)
CAI	Compression After Impact	衝撃後圧縮特性
CALS	Continuous Acquisition and Life-Cycle support	製品ライフサイクルをつなぎ目のない情報の流れとしてとらえる事
CCD	Charge Coupled Device	電荷結合素子
CCV	Control Configured Vehicle	運動性能向上機
CDU	Control Display Unit	制御表示器
CF	Carbon Fiber	炭素繊維
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastic	炭素繊維強化プラスチック
CMC	Ceramics Matrix Composite	セラミックス基複合材料
CMOS	Complimentary Metal Oxide Semiconductor	相補型金属酸化物半導体
CNS	Communications, Navigation, Surveillance	通信・航法・監視
COMAC	Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd.	中国商用飞机有限责任公司(中国)
COMETS	Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite	通信放送技術衛星
CPR	Cloud Profiling RADAR	雲プロファイリングレーダ
CREST	Core Research for Evolutional Science and Technology	戦略的基礎研究推進事業

略語	名称	日本語名
CRT	Cathode-ray Tube	陰極線管(ブラウン管)
CS	Constant Speed Drive	定速駆動装置
CTDC	Civil Transport Development Corp.	(一財)民間輸送機開発協会
CTPB	Carboxy-Terminated Polybutadiene	末端カルボキシル基ポリブタジエン
D		
DARA	Deutsche Agentur Raumfahrtangelegenheiten	ドイツ航空宇宙機関
DME	Distance Measuring Equipment	距離情報提供装置
DHS	Department of Homeland Security	国土安全保障省(米国)
DRTS	Data Relay Test Satellite	データ中継技術衛星(日本)
DU	Display Unit	表示器
E		
Earth CARE	Earth Clouds Aerosols and Radiation Explore	雲エアロゾル放射ミッション
EASA	European Aviation Safety Agency	欧州航空安全庁
EBC	Environmental Barrier Coating	耐環境コーティング
EGS	Experimental Geodetic Satellite	測地実験衛星
EHA	Electro Hydrostatic Actuator	電気油圧式アクチュエーター
EHI	Euro Helicopter Industries	ユーロ・ヘリコプター・インダストリー社
EMA	Electro Mechanical Actuator	電気機械式アクチュエーター
ERSDAC	Earth Remote Sensing Data Analysis Center	(財)資源・環境観測解析センター
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
ESPR	Research and Development of Environmentally Compatible Propulsion System for Next-Generation Supersonic Transport	環境適合型次世代超音速推進システムの研究開発
ETS	Engineering Test Satellite	技術試験衛星
EVA	Extravehicular Activity	船外活動
EXPRESS	EXPeriment RE-entry Space System	自律帰還型無人宇宙実験システム
F		
FAA	Federal Aviation Administration	米国連邦航空局
FADEC	Full Authority Digital Engine Control	全デジタル電子式エンジン制御装置
FANS	Future Air Navigation System	将来航空航法システム
FARC	Frontier Aircraft Basic Research Center Co., Ltd	(財)次世代航空機基盤技術研究所
FBF	Fly By Fire	エンジン出力制御による飛行
FBL	Fly By Light	光伝送制御による飛行(フライ・バイ・ライト)
FBW	Fly By Wire	電気信号伝送制御による飛行(フライ・バイ・ワイヤ)
FIAT	Fiat Avio S.P.A	フィアット社(イタリア)
FMPT	First Material Processing Test	第一次材料実験
FMS	Flight Management System	飛行管理システム
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
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GE	General Electric Company	ゼネラルエレクトリック社
GEOTAIL	Geophysical Tail	磁気圏尾部観測衛星
GMS	Geostationary Meteorological Satellite	静止気象衛星
GNSS	Global Navigation Satellite System	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
GPS	Global Positioning System	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

略語	名 称	日 本 語 名
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	高速フレイム溶射
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	Instrument 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)
JAQG	Japan Aerospace Quality Group	航空宇宙品質センター
JAS	Japan Amateur Radio Satellite	日本アマチュア無線通信衛星
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	(国研)宇宙航空研究開発機構
JCAB	Japan Civil Aviation Bureau	国土交通省航空局
JCSAT	Japan Communications Satellite	ジェーシーサット
JEM	Japanese Experiment Module	日本実験モジュール
JISC	Japanese Industrial Standards Committee	日本工業標準調査会
JSUP	Japan Space Utilization Promotion Center	(財)宇宙環境利用推進センター
JUTEM	Japan Ultra-high Temperature Materials	(株)超高温材料研究所
K		
KOMPSAT	Korea Multipurpose Satellites	韓国多目的実用衛星
L		
LCD	Liquid Crystal Display	液晶表示器
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LH ₂	Liquid Hydrogen	液体水素
LITVC	Liquid Injection Thrust Vector Control	液体噴射推力方向制御(装置)
LNG	Liquefied Natural Gas	液体天然ガス
LOX	Liquid Oxygen	液体酸素
LSTTL	Low Power Schottky Transistor-Transistor Logic	低電力ショットキー・トランジスタ回路
M		
MBSAT	Mobile Broadcasting Satellite	モバイル放送用衛星
MDS	Mission Demonstration Satellite	民生部品・コンポーネント実証衛星
MFD	Multi Function Display	多機能表示器
MGLAB	Micro-Gravity Laboratory of Japan	(株)日本無重量総合研究所

略語	名 称	日 本 語 名
MIL	Military	軍
MMIC	Monolithic Microwave IC	モノリシックマイクロ波集積回路
MMO	Mercury Magnetospheric Orbiter	水星磁気圏探査機
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MPO	Mercury Planetary Orbiter	水星表面探査機
MRJ	Mitsubishi Regional Jet	三菱リージョナルジェット
MTSAT	Multifunctional Transport SATellite	運輸多目的衛星
MTU	Motoren-und Turbinen-Union München GmbH	MTU社(ドイツ)
MUSES	Mu Space Engineering Satellite	ミュウ科学工学衛星
N		
Nadcap	National Aerospace and Defense Accreditation Program	国際特殊工程認証プログラム
NAL	National Aerospace Laboratory	航空宇宙研究所
NAMC	Nihon Aircraft Manufacturing Company	日本航空機製造㈱
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NASDA	National Space Development Agency of Japan	宇宙開発事業団
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構
NF	Nose Fairing	ノーズフェアリング
NHK	Nippon Hoso Kyokai (Japan Broadcasting Corporation)	日本放送協会
Ni-Cd	Nickel Cadmium	ニッケルカドミウム
nm	Nautical Mile	海里(1nm=1.852km)
NICT	National Institute of Information and Communications Technology	(独)情報通信研究機構
NIMS	National Institute for Materials Science	物質・材料研究機構
NTT	Nippon Telegraph and Telephone Corporation	日本電信電話(株)
O		
OASIS	Online Aerospace Supplier Information System	世界統一のデータベースシステム
OICETS	Optical Inter-orbit Communications Engineering Test Satellite	光衛星間通信実験衛星
ORSR	Oceanic Route Surveillance RADAR	洋上航空路監視レーダー
OTV	Orbit Transfer Vehicle	軌道間輸送機
P		
PAN	Polyacrylonitrile	ポリアクリロニトリル
PEEK	Polyetheretherketone	ポリエーテルエーテルケトン
PEI	Polyether imide	ポリエーテルイミド
PI	Polyimide	ポリイミド
PMC	Polymer Matrix Composites	樹脂系複合材料
PMC	Plastic Matrix Composite	プラスチックベースの複合材料
PPS	Polyphenylene sulfide	ポリフェニレンスルフィド
PRI	Performance Review Institute	
psi	Pounds per Square Inch	重量ポンド毎平方インチ
P&W	Pratt & Whitney	プラット・アンド・ホイットニー社(米国)
P&WAEI	Pratt & Whitney Aero Engines International	プラット・アンド・ホイットニー・エアロ・エンジンズ・インターナショナル社(スイス)
Q		
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	準天頂衛星システム
R		
RCA	Radio Corporation of America	RCA社(米国)
REACH	Registraion, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	欧州化学品規制
RF	Radio Frequency	無線周波数
RIMCOF	R&D Institutes of Metals and Composites for Future Industries	(一財)次世代金属・複合材料研究開発協会

略語	名称	日本語名
RLG	Ring Laser Gyro	リング・レーザー・ジャイロ
RR	Rolls-Royce	ロールス・ロイス社(イギリス)
RSC	Rocket System Corporation	(株)ロケットシステム
RSP	Risk and revenue Sharing Partner	リスク・アンド・レベニュー・シェアリング・パートナー
S		
SAE	Society of Automotive Engineers	自動車技術者協会
SC	Sub-Committee	TC傘下の委員会
SCRAM	Supersonic Combustion Ram	超音速燃焼ラム(ジェットエンジン)
SE	System Engineering	システムエンジニアリング
SEL	Space Experiment Laboratory	宇宙実験棟
SELENE	SELEnological and ENgineering Explorer	月周回衛星
SERVIS	Space Environment Reliability Verification Integrated System	宇宙環境信頼性実証システム
SFU	Space Flyer Unit	宇宙実験・観測フリーフライヤー
SID	Society for Information Display	情報ディスプレイ学会
SJAC	the Society of Japanese Aerospace Companies	(一社)日本航空宇宙工業会
SMRC	Solid Motor Roll Control	固体モーターロール制御(装置)
SMS	Safety Management System	安全管理システム
SOLAR	Solar Satellite	太陽観測衛星
SRAM	Static Random Access Memory	フリップフロップ回路を用いた記憶装置
SRB	Solid Rocket Booster	固体ロケットブースター
SSIP	Space Station Integration and Promotion	宇宙ステーション総合センター
SSOF	Space Station Operation Facility	宇宙ステーション運用棟
SSPC	Solid State Power Controller	半導体式の電力制御器
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System	宇宙ステーションリモートマニ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
ST-2		シンガポールと台湾の商用通信衛星
STOL	Short Take-off and Landing	短距離離着陸
T		
TBC	Thermal Barrier Coating	遮熱コーティング
TC	Technical committee	技術分野の委員会
TFT-LCD	Thin Film Transistor LCD	薄膜トランジスタ式液晶表示器
TOW	Tube-launched, Optically tracked, Wire-guided	TOWミサイル(対戦車ミサイル)
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission Satellite	熱帯降雨観測衛星
TVC	Thrust Vector Control	推力方向制御(装置)
U		
UDMH	Unsymmetrical Dimethylhydrazine	非対称ジメチルヒドラジン
USB	Upper Surface Blowing	エンジン排気を主翼上面に流す方式
USEF	Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer	(財)無人宇宙実験システム研究開発機構
USERS	Unmanned Space Experiment Recovery System	次世代型無人宇宙実験システム
V		
VF	Variable Frequency	可変周波数制御
VLBI	Very Long Baseline Interferometry	超長基線干渉
VLJ	Very Light Jet	軽ビジネスジェット
VOR	VHF Omni-directional Range	超短波全方向無線標識施設
VSCF	Variable Speed Constant Frequency	可変速度・一定周波数(発生装置)
W		
WET	Weightless Environment Test Building	無重量環境試験棟
WG	Working Group	TC,SCを分岐させ、技術面の詳細審議をする委員会
WINDS	Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite	超高速インターネット衛星

平成 29 年版 日本の航空宇宙工業 編集委員

株式会社 I H I	原 野 清 隆
株式会社 I H I エアロスペース	有 銘 崇
川崎重工業株式会社	木 村 朗
株式会社 神戸製鋼所	由 良 慶 太
住友精密工業株式会社	門 崎 徹 也
ナブテスコ株式会社	松 浦 宏 一
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	原 文 隆
日本電気株式会社	今 泉 伸 一
	牧 山 紘
富士重工業株式会社	山 鹿 光 記
三菱重工業株式会社	橋 本 敬 文
三菱電機株式会社	後 藤 祥 史
一般社団法人日本航空宇宙工業会 事務局	杉 原 康 二

索引

項目	頁		頁
<i>2</i>			
204B	27	CH-47J.....	41
<i>A</i>		CNS.....	110
A-26	25	CPR.....	172
A320	193, 212	CRJ1000	59
A350XWB.....	206, 208	CRJ700	58, 59
A380	185, 187, 201	CRJ700/900/1000	201
A400M.....	193	CRJ900	59
AH-1S.....	41	CTDC	101
ALFLEX.....	133	C-X	91
APU	193	<i>E</i>	
ARJ21.....	60	EarthCARE	172
ATM.....	110	Electra	38
ATR72	193	EMBRAER 170	59, 191
AW609.....	54	EMBRAER 175	59
<i>B</i>		EP-3	39
B737	193	ESPR.....	216
B767	13	EXPRESS	160
B777	13, 86, 187, 201, 202	<i>F</i>	
B787 3, 13, 60, 103, 185, 187, 201, 202		F-1	32
BA609.....	54	F-104J	26
BMI	212, 214	F-15J.....	38
<i>C</i>		F-2	13, 40
C-1	31, 213	F-22.....	212
C-130H	193	F-4EJ	26
C-130J.....	193	F-86F	26
CAAC	60	FA-200.....	29, 30
CALS	111	FADEC.....	192
CF.....	212, 213, 214, 216	FJR710	34, 37
CF34.....	58	FUJI-700	33
CF34-10.....	59, 103	<i>G</i>	
CF34-8.....	58, 103	GE90	62
CFRP.....	185, 212, 213, 216	GE9X.....	90, 103
		GE9x.....	60
		GX	128, 132

H

H3.....	160, 166
Hawker 4000.....	52
HF118.....	46
HF120.....	46
H-I.....	130
H-II.....	130
H-IIA.....	122, 127, 131, 165, 213
H-IIB.....	122, 127, 132, 165
HondaJet.....	43
HTV.....	123, 167
HTV-X.....	168
HYFLEX.....	133

I

IADF.....	101
IHI.....	160
IHI エアロスペース.....	160

J

J3.....	36
J79.....	36
JAEC.....	56, 102, 103
JAXA.....	156
JEM.....	160
J-I.....	130
JO-1.....	35
JSS.....	160

K

KH-4.....	32
KM-2.....	32
KM-2 改.....	32
KOMPSAT-3.....	163

L

LM-1.....	32
-----------	----

M

MCH-101.....	43
MG5.....	43
MH2000.....	43
MRJ.....	4
MT-135.....	128
MU-2.....	29
MU-300.....	33, 34
M-V.....	129

N

NAMC.....	101
N-I.....	129

O

OH-1.....	42, 213
-----------	---------

P

P2V-7.....	26, 32
P-3C.....	38, 193
PAN 系.....	213
Passport 20.....	89
PI.....	212, 214
PMC.....	212, 215
PS-1.....	30, 213
PW1100G-JM.....	88, 103
PW1200G.....	63
PW1500G.....	63
PW1900G.....	63
PW4000.....	62
PW6000.....	62
P-X.....	91

Q

QML.....	234
QPL.....	234

R

RJ500.....	101
------------	-----

S

S-310	128
S-520	128
S-55	27
S-61	27
Saab340.....	193
SFU.....	160
SH-60J	41
SS-520	128
ST-2	163
STOL 機	213

T

T-1.....	27, 36
T-2.....	32, 213
T-33A.....	26
T-34.....	26
T-4.....	39, 213
T64	32
T-7.....	39, 40
Trent 1000.....	60
Trent 500.....	63
Trent 900.....	63
Trent XWB.....	63
TR-1A.....	133
Trnet 700/800.....	62
TS1	42

U

UP-3C.....	39
UP-3D.....	39
US-1	30
US-1A.....	193
US-1A 改	40
US-2	193
USEF	160
UTC エアロスペース・システムズ社	99

V

V-107	27
V2500.....	13, 55, 86, 101, 103, 187
V2500SelectTwo	58
V2500SelectOne	58

X

XF3.....	45
XJ3	35
XTS1	45
XTS-10	45

Y

YJ3	36
YS-11.....	20, 28, 75, 76, 101
YX	101
YX/767	86

あ

飛鳥	34, 37
アラミド繊維.....	214
アルミニウム合金.....	207

い

イ号	25
石川島播磨重工業.....	36, 45
一次構造材	212, 213, 214
イプシロン	128, 166
イプシロンロケット	167

う

宇宙開発戦略本部.....	124, 125, 157
宇宙開発予算.....	157
宇宙基本計画.....	125, 157
宇宙基本法	123, 124, 157
宇宙航空研究開発機構	156, 226
宇宙航空研究開発機構(JAXA)	97
宇宙システム開発利用推進機構.....	160
宇宙ステーション補給機.....	167

宇宙政策委員会..... 157

え

エアバス 187

エアバスヘリコプター社..... 54, 55

エアロコマンダー 33

エクリプス・エアロスペース社..... 53

エスレンジ実験場..... 98

エポキシ樹脂 212, 214

遠隔操縦観測システム..... 92

エンブラエル 4, 15, 191

お

大型民間輸送機..... 96

大型ロケット 165

おおすすめ 127

か

神風号 25

カヤバ工業..... 26

萱場工業 26

ガラス繊維..... 214

川崎重工業..... 26, 32, 39, 40, 41, 42,
43, 193

観測ロケット 128

関東航空計器 26

き

橘花..... 25

極超音速実験機..... 133

く

グッドリッチ 201

雲プロファイリングレーダ 172

こ

小糸製作所..... 202

航空宇宙技術研究所 34

航空機工業振興法 28

航空機素材 205, 207, 210

航空保安業務..... 108

航空保安システム..... 108

航研機..... 25

小型自動着陸実験機..... 133

小型民間輸送機 95

こだま..... 139, 140

さ

再使用型宇宙輸送機..... 169

再使用型宇宙輸送システム 169

産業技術総合研究所..... 226

し

次期固定翼哨戒機..... 91

次期中期防 2

次期輸送機 91

シグナス 182

次世代超音速機技術の研究開発..... 97

次世代複合材及び軽金属構造部材創
製・加工技術..... 107

島津製作所 190

秋水 25

昭和飛行機工業 26

新エネルギー・産業技術総合開発機構
..... 104

新型基幹ロケット..... 160, 166

神鋼電機 26

新中央工業 26

新防衛大綱 2

新明和工業 26, 30, 40

す

スミス..... 193

住友精密工業..... 190, 193, 201

せ

静粛超音速研究機の開発・飛行実験..97

成層圏滞空試験機..... 153

成層圏プラットフォーム..... 152

ゼネラル・エレクトリック 193

セラミックス 210
全日本空輸 202

そ

素形材センター 106

た

ダート 10 28
炭素繊維 212, 213
炭素繊維強化プラスチック 185, 212
炭素繊維複合材料 49

ち

チタン合金 185, 206, 208, 209
中・小型ロケット 166
中期防衛力整備計画(平成 26 年度～平成 30 年度) 2
中小型民間輸送機用発電システム 96
超音速輸送機用推進システム技術研究組合 107
超合金 206, 210
超高速輸送機 96

て

D-SEND 97
定点滞空試験機 153

と

東京計器製造所 26
東京航空計器 26
統合化エア・システム 190
東芝 160
トキメック 26
トヨタ自動車 45

に

二式大型飛行艇 25
二次構造材 212, 215
日産自動車 26, 160
ニッポン号 25

日本航空宇宙工業会 226
日本航空機エンジン協会 56, 58, 60, 103
日本航空機製造 28, 31
日本航空電子工業 26, 160
日本ジェットエンジン 35
日本電気 159, 160
日本飛行機 26
日本無線 26

ね

熱硬化性樹脂 212, 214, 215

は

ハネウエル 190, 193
ハミルトン・サンドストランド 190, 193, 201

ひ

ビーチ 32
ビスマレイミド樹脂 212, 214

ふ

ファインセラミックス 217, 218
フェノール樹脂 215
武器輸出三原則 13, 18, 21, 22
複合材料 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217
藤産業 26
富士重工業 27, 32, 39, 40, 41
富士精密工業 26
物質・材料研究機構 226
ブリヂストン 201

へ

平成 26 年度以降に係る防衛計画の大綱 2
ベル 47 27
ペンシルロケット 127

ほ

ボーイング15, 86, 101, 181, 185, 202, 205	
ボーイングサテライトシステムズ.....	159
ポリイミド.....	212, 214, 215
ボンバルディア.....	4, 15, 201
ボンバルディア Q400.....	193

ま

マクドネル・ダグラス.....	38
マグネシウム合金.....	211, 212

み

三菱重工業....	26, 32, 33, 34, 40, 41, 42, 43, 45, 160, 167
三菱スペース・ソフトウェア.....	160
三菱電機.....	159, 167
三菱リージョナルジェット.....	4, 98
ミネベア.....	26

む

無人宇宙実験システム研究開発機構	160
無人機研究システム.....	93

無人偵察機システム.....	92
----------------	----

め

メシエ・ダウティ.....	201
---------------	-----

よ

四式重爆撃機.....	25
-------------	----

り

リーバー.....	190
リスク・シェア方式.....	185, 186

れ

零式艦上戦闘機.....	25
--------------	----

ろ

ロケット用機器.....	229
ロケット用素材.....	235

漢字

三菱重工航空エンジン.....	56
新型基幹ロケット(H3).....	154

日本の航空宇宙工業

平成 29 年 3 月 31 日 印刷

平成 29 年 3 月 31 日 発行

一般社団法人 日本航空宇宙工業会

発行・編集 専務理事 今清水 浩介

〒107-0052

東京都港区赤坂 1 丁目 1 番 14 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。

