

航空機産業における 部品供給構造と参入環境の実態

～機体・エンジンから個別部品分野に至るサプライヤーの実像～

- I. 航空機産業の構造と市場の概要
- II. 航空機産業を担う先進的企業へのインタビュー調査
- III. 航空機部品の供給構造と取引態様
- IV. 航空機産業への参入と明日への期待

はじめに

民間航空機の新造機市場は、新興国市場での旅客・貨物量の増大、先進国での既存老朽機の更新期の到来、高まる環境保護意識と低燃費要請による新型機需要の増加などを背景として、中長期的に順調な成長が見込まれている。その市場規模は、今後 20 年間で約 3 兆 5,900 億ドル増加し、機数ベースでは年平均 3.3%の成長を続けるという予測もある(「Boeing Current Market Outlook 2010 to 2029」)。このような世界的な航空機需要の増大という大きな潮流のなかで、ボーイング社、エアバス社の新型機(B787、A380 等)の受注は好調であり、国内でも、三菱航空機のMRJ、ホンダのホンダジェットなど、国産機の開発プロジェクトが進行している。航空機産業は、部品点数が約 300 万点ともいわれ、極めて裾野が広い産業であるうえ、技術的な波及効果も高いことから、これを支える中小企業を含めた部品サプライヤーのビジネスチャンス、及び、他業界からの航空機市場への新規参入期待も高まっている。

一方、航空機産業には、独特の性格(大規模・小ロット受注生産、超長リードタイム、極めて高い安全性への要求、厳しい認証システムの存在など)があり、他の産業とは一線を画する要素がある。当然、部品サプライヤーに対しても、他の産業とは異なる独特の対応が求められていると考えられるが、これまでの先行研究では、航空機産業の全般的概論や、著名な海外完成機メーカーとその周辺についての調査研究、あるいは地域おこしの視点から同産業を誘致するための情報整理はあっても、実働している部品供給構造の基盤や、同産業を支える部品サプライヤーの実像にまで光を当てる試みは、ほとんどなされて来なかった。この背景には、同産業の特殊性に加えて、取引上の厳格な機密保持義務が存在するという事情もあるだろう。

本稿では、このように未解明だった部分への理解を深めるため、完成機メーカーを頂点とする航空機産業のヒエラルキー構造や、これを支える中小企業を中心とした部品サプライヤーの機能と役割を探っていく。そして、例えば、自動車産業のような他産業の取引構造や受発注様式などと比較して、航空機産業にみられる特徴を整理し、サプライヤーとして何が求められているのか、今後どのような展開が期待されるのか、また、新規参入を果たすための鍵とは何か、詳細な企業ヒアリング調査を裏づけにして、明らかにしていく。

なお、本レポートは、日本政策金融公庫 総合研究所が、当研究所と三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング(株)で実施した共同研究の結果を用いて作成したものである。また、作成にあたり、当公庫 総合研究所の研究顧問である三井逸友横浜国立大学教授のアドバイスを受けている。

(総合研究所 海上 泰生)

【 要 旨 】

第1章 航空機産業の構造と市場の概要

世界の航空機市場は、民間新造機需要の拡大を受けて、民需の比率が急速に高まるとともに、中長期的に順調な成長が見込まれている。

近年の民間航空機市場は、中大型旅客機・リージョナル機とも既存勢力の寡占状態にあるが、最近になって、わが国初の国産民間ジェット機であるMRJのほか、中国、ロシアからも新規参入の動きがある。

航空機製造の構造に目を移すと、部品構成は、「機体」、「装備品」、「エンジン」の大きく3つの要素に分けられ、各分野はそれぞれ数百のメーカーに支えられている。また、航空機部品の点数は、数十万点～数百万点とされており、自動車に比べても1桁以上多い。

近年特に、民間航空機開発の大規模化・高度化が進み、新機種開発に要するコスト・人員等の負担が膨大なものになってきたことから、関係者がリスクを分け合う国際共同開発が主流となっている。そのなかで日本企業の分担比率は、質・量ともに高まる傾向にある。ただし、我が国航空機工業の売上高は、米国航空機工業の8.6%相当とかなり小さく、国の経済規模に占めるウェイトだけでみても、日本は未だ僅少なレベルにとどまっており、逆に、今後成長する余地をまだまだ残しているともいえる。その成長を期待するように、世界のジェット機の運行機数の伸びは、2029年には現在の2.1倍に増加すると予測されている。

航空機産業の特徴を自動車産業と比較してみると、出荷額では約39分の1にとどまり、自動車産業に遥かに及ばない。ただし、航空機産業は、高い技術レベルと品質レベルを有し、広範で多岐にわたる産業分野に関連しながら影響を与えている。そのため、技術波及効果では、自動車産業の3倍に相当するという。

航空機の開発に際しては、技術上の難しさもさることながら、法と当局による長期間の厳しい検査を受ける必要がある。また、高い安全性を確保するため、製造者にはJISQ9100に基づく非常に厳格な品質管理が求められる。さらに、設計・製造から廃棄に至るまで数十年という航空機特有の長いライフサイクルの全過程をたどるトレーサビリティ(履歴管理)が不可欠となっている。

第1章補足 航空機産業と中小企業に関する先行研究

航空機産業に着目した先行研究は多数ある。ただし、本稿のように裾野の広い部品サプライヤーに焦点を当てた研究はほとんどない。本件は、そうした航空機産業の裾野に視点を置き、特に航空機産業の部品供給構造や新規参入環境の実態に迫り、これを明らかにするものである。

第2章 航空機産業を担う先進的企業へのインタビュー調査

航空機産業の裾野に注目し、機体、装備品、エンジン各分野におけるTier 1～3に位置する各階層のメーカーを対象に、詳細なインタビュー調査を実施した。次いで、近年、各地域で中小企業等が連携して新規参入を志す取組みが盛んに行われていることに着目し、その中から2地域を抽出した。さらに、部品供給構造の要に位置する大手機体メーカー、エンジンメーカーに対してもインタビュー調査を実施した。本章は、その詳細な内容を掲げる。

第3章 航空機部品の供給構造と取引態様

本章では、航空機製造における部品供給構造を明らかにするため、第2章のインタビュー調査で得られた情報を体系的に整理し、機体、装備品、エンジンなど主要な各分野における階層構造を抽出し、部品サブ

ライヤーのポジショニングと具体的な役割を分析している。また、ボーイングとエアバスの最新鋭機等について、我が国主要メーカー群及びインタビュー調査先企業群の具体的な参画状況・役割等を整理している。

その事実を踏まえて、航空機産業の部品供給構造について、①発注側の開発方針決定、②設計・仕様決定、③サプライヤー選定、④見積り・条件決定、⑤生産体制構築、⑥工程凍結、⑦監理、⑧納品、⑨在庫保持義務・機密保持義務、金型補償、価格改訂などの各段階に細分化し分析した結果、航空機産業特有の極めて高い安全性への要求に基づく特徴的な取引態様が明らかになった。

例えば、①新機種の開発から量産までのプロセスでは、完成機メーカーから部品サプライヤーに至る長いサプライチェーンの上で、試作・試験が長期にわたり幾度となく繰り返され、頻繁かつ綿密な情報流通が行われるが、遂に生産体制が構築された後には、工程が固く凍結(“フリーズ”と称する)され、以降、事実上生産ラインの改変はできなくなること、また、②今日の航空機産業を支える Tier 1～Tier 2 等部品サプライヤーの間では、単なるコスト重視の刹那的關係性ではなく、安全・信頼を求める長期的なパートナーとしての關係性が重視され、互いに安定的リレーションシップを構築する努力を続け、新機種開発情報や部品供給体制全体の維持を考慮した生産量の配分が行われていること、などをうかがうことができる。

第4章 航空機産業への参入と明日への期待

本章では、航空機産業における参入環境の現状と、新規参入を志すに当たって理解すべきポイントについて、インタビュー調査で得た現場情報を基に考察した。

その結果、新規参入という面に関しても、航空機産業には独特の参入環境が存在することがみえてきた。

すなわち、品質管理システム等の認証取得の必要性、長期にわたる投資回収負担と製品供給責任、十分とはいえない取引ボリューム、高度な加工能力と透明性、海外とのコミュニケーション能力、国外法令遵守、そしてなにより、新機種開発の波と参入タイミングの希少性等が大きな参入障壁となり得るのである。

そうしたなかでも既に参入を果たしているインタビュー先企業の参入経緯を観察すると、多くの示唆が読み取れる。特に、設備能力の先行具備、特別な技術力(特殊な材料や複雑形状部品の加工技術)の積極的な売り込み、既存取引先のリード、航空機製造の周辺事業からのステップアップ、新機種開発や需要拡大のタイミングのキャッチなど、特徴ある動きが抽出できる。

これらを踏まえて、航空機産業への新規参入のポイントとして、①航空機業界における需要の波(特に新機種開発)に合わせた参入活動のタイミング、②適切なタイミングを逃さない事前の備えと先行投資、③タイミングに関わらず売り込める新技術や特殊技術の獲得、④既参入企業との連携や協力企業への加入の4点を指摘した。

最後に航空機業界の今後の展望と部品サプライヤーへの期待について考察した。

近年、完成機メーカーや大手 Tier 1 企業は、これまでの多数のサプライヤーに対する放射線状の発注姿勢を改め、中核的な有力サプライヤーに発注を集中して取りまとめ役を任じ、そこから一式のモジュールやコンポーネント(またはサブシステム)で納品させる姿勢に変わりつつある。したがって、部品サプライヤーは、一式の受注ができる能力を獲得して中核的取りまとめ役に名乗りをあげるか、それとも、そうした中核的サプライヤーの傘下に入り、これまでより下段の階層に甘んじるか、決断を求められることになる。

また、航空機産業自体の成長に伴って、新たな市場も誕生・成長しつつある。例えば、保守・修理などメンテナンス市場、小型航空機市場、航空機電子化関連市場の拡大等が顕在化しており、部品サプライヤーにとってもビジネスチャンスが広がる可能性がある。そして、それには人材育成や組織づくりが鍵になるのだ。

The actual conditions of the parts supply structure and
the entrance into the aircraft industry
~ the real image of suppliers of aircraft components including airframe, engine
and individual parts ~

[Abstract]

It is expected that the aircraft market in the world grows up highly in a mid/long-term.

The aircraft industry has technological influence that is several times wider and bigger than the automobile industry, though it is farther smaller than auto sectors in the amount of production.

This research focused on the supporting industry in the aircraft market, investigating the parts manufacturer of each hierarchy (Tier 1-2-3) and of each field of the airframe, aircraft interiors, avionics, engine, in addition to regional corporate groups that intend to enter the business, major aircraft manufacturers.

There are a lot of previous researches concerning the aircraft industry. There is, however, little research that applies the focus to aircraft parts suppliers like this research.

This research clarified that the parts production system has a characteristics based on the demand for extremely high safety, which was peculiar to the aircraft industry.

For instance, 1) All the development procedures are terminated (That is, all the manufacturing procedures are “frozen”) before the mass production starts, despite the trial and error and the design change are frequently repeated during trial production at the long-time development phase. 2) In the parts supply structure of the aircraft industry, stable business relation for safety and trust is given priority rather than a moment relation for mere low-cost. Important information and the amount of the order are distributed based on the stable and long-term business relationship.

Moreover, there is a peculiar entry condition to the aircraft industry.

That is 1) certification of quality control, 2) a long series of investment recovery and product supply responsibility, 3) insufficient dealing volume, 4) an advanced technical processing ability and corporate transparency, 5) skills to communicate with foreign countries, 6) legal compliance in foreign countries, 7) synchronization of new model development and the entry timing.

I pointed out four elements for the entry to the aircraft industry as a result of analyzing the enterprises that succeeded in the entry under such a severe condition.

At the end, recent movement of the aircraft industry is as follows:

- 1) The aircraft assembler and the major system integrator do not intend to have dealings directly with many small suppliers, but to have dealings only with the chief, powerful suppliers who can orchestrate the small companies. Each supplier ought to decide to become the integrator or to endure moving to the lower tier.
- 2) The maintenance market, the small aircraft market, and the electric parts market for the aircraft have expanded accompanying the growing of the aircraft market.

(Yasuo UNAKAMI)*

* Research Institute, Japan Finance Corporation
1-8-2, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan
URL: <http://www.jfc.go.jp/>
Tel: 81-(0)3-3270-6070, E-mail: unakami-y@jfc.go.jp

目次

はじめに

第1章 航空機産業の構造と市場の概要.....	1
1. 航空機製造業の業界構造.....	1
2. 世界の航空機産業の生産動向.....	11
3. 世界の主要企業のプロフィール.....	14
4. 日本の航空機産業の生産動向.....	19
5. 航空機産業の特徴.....	27
第1章補足 航空機産業と中小企業に関する先行研究.....	35
第2章 航空機産業を担う先進的企業へのインタビュー調査.....	36
1. 部品サプライヤーへのヒアリング内容の詳細.....	38
2. 部品サプライヤー支援機関へのヒアリング内容の詳細.....	68
3. 大企業(パートナー)へのヒアリング内容の詳細.....	74
第3章 航空機部品の供給構造と取引態様.....	81
1. 航空機製造における各パートと部品供給の流れ.....	81
2. ボーイング、エアバスの最新鋭機等における日本メーカーの担当例.....	86
3. 航空機産業における部品供給取引の態様.....	91
第4章 航空機産業への参入と明日への期待.....	104
1. 航空機業界への参入.....	104
2. 航空機業界の今後の展望と部品サプライヤーへの期待.....	120
むすび.....	126

第1章 航空機産業の構造と市場の概要

1. 航空機製造業の業界構造

(1) 航空機の主要メーカー

米欧加日の航空機生産額の合計は、31兆158億円(2008年時点)である。この航空機市場は、大きく分けて軍用(防衛)機と民間機によって構成されており、かつては、軍需が大きな割合を占めていたが、冷戦終了以降現在まで減少傾向にある。一方、近年の民間新造機需要の拡大を受けて、民需の比率が急速に高まっており、その重要性は一段と増してきている。こうした点から、本稿では、今後ますます成長が期待される民間航空機市場を中心に論述していく。

民間航空機は、用途、エンジンの種類、機体の大きさ等により、一般的に下表のように分類されている。

よく知られているように、100席以上の中大型ジェット旅客機の分野では、ボーイングとエアバスの2社が寡占状態を形成している。また、近年の地域間交通の需要拡大に伴い、新たな市場として十分な規模に育ったリージョナル・ジェット旅客機(30席～100席)の分野では、カナダのボンバルディアとブラジルのエンブラエルの2社が当該市場を寡占している。

ただし、リージョナル機の分野では、近時、新規参入の動きが活発で、例えば、我が国初の国産民間ジェット機である三菱航空機(株)のMRJの開発が、2014年の初号機納入に向けて進められている。このほかにも、既に、中国商用飛機有限責任公司のARJ21、ロシアのスホイ スーパージェット100が、ともに2008年に初飛行に成功し、MRJに先駆けて市場投入が進められている。参入障壁が高過ぎる中大型機市場を除き¹、リージョナル機以下の分野へは、比較的新規参入の余地があり、また、今後より成長が期待される分野でもあるため、将来の業界模様は変わる可能性がある。

図表 1-1-1 民間航空機の分類とメーカー

分類		主な航空機メーカー
中大型航空機 (遠距離航空用旅客機)	100席以上の中大型ジェット旅客機	ボーイング(米)、エアバス(欧)
リージョナル機 (地域航空・近距離航空用旅客機)	30～100席の小型ジェット旅客機	ボンバルディア・エアロスペース(加) エンブラエル(伯)、三菱航空機(日) スホイ・カンパニー(露) 中国商用飛機有限責任公司(COMAC)(中)

¹ ただし、中型機として、カナダではボンバルディア C シリーズ(CS100、CS300等)が、中国では C919 が開発中といわれるほか、ブラジルも開発を検討中としている。

	19～68 席のターボ プロップ旅客機	ボンバルディア・エアロスペース(加)、 ATR(欧)、 BAE システムズ(英)
ゼネラル・アビエーション (民生汎用航空機)	ビジネスジェット機 (19 席以下)	セスナ・エアクラフト(米)、 ガルフストリーム・エアロスペース(米)、 ダッソー・アビエーション(仏)、 ホンダ・エアクラフト・カンパニー(米)、 ホーカー・ビーチクラフト(米)、 スペクトラム・エアロ・ノーティカル(米)
	ターボプロップ機	セスナ・エアクラフト(米)、 ニュー・パイパー(米)、ダヘル・ソカタ(仏)
	ピストンエンジン機 (単発、双発)	セスナ・エアクラフト(米)、 ニュー・パイパー(米)

(注) リージョナル機の分類については、リージョナル・エアライン協会(RAA)の定義による。

ボーイング、エアバス、ボンバルディア、エンブラエルは、ビジネスジェット機も供給している。

[出所] (社)日本航空宇宙工業会「世界の航空機工業」等より作成

(2) 主要民間航空機の概要

上述した世界の主要民間航空機メーカーであるボーイング、エアバス、ボンバルディア、エンブラエル各社についての理解を助けるため、代表的な機種及び最新の機種の仕様データと機体価格を以下に示した。また、続く(3)、(4)において、国産航空機メーカーの三菱航空機が開発を進めているMRJ、及び我が国航空機産業にも関係の深い最新鋭の中型ジェット機ボーイング 787 についても概要を示した。

《ボーイング》

機体名称	全幅 全長 (m)	座席数 航続距離 (nm)	全備重量 (ton) 巡航マッハ	エンジン	機体価格 (mil.\$)	初飛行 (年月)
787-8	58.8	224	218	GEnx	128.0	2009
	55.5	8,500	0.850	Trent1000		
747-400	64.4	416	395	CF6-80C2	136.0	1988.4
	70.7	7,280	0.855	PW4056		
737-300	28.7	128	62.8	CFM56-3C1	15.5	1984.2
	33.4	2,700	0.745	—		

《エアバス》

機体名称	全幅 全長 (m)	座席数 航続距離 (nm)	全備重量 (ton) 巡航マッハ	エンジン	機体価格 (mil.\$)	初飛行 (年月)
A380-800	79.8 70.8	555 7,650	540 0.850	GP7000	200.0	2005.4

《ボンバルディア》

機体名称	全幅 全長 (m)	座席数 航続距離 (nm)	全備重量 (ton) 巡航マッハ	エンジン	機体価格 (mil.\$)	初飛行 (年月)
CRJ-900LR	24.8 36.2	88 1,804	38.3 0.780	CF34-8C5	28.0	2001.10

《エンブラエル》

機体名称	全幅 全長 (m)	座席数 航続距離 (nm)	全備重量 (ton) 巡航マッハ	エンジン	機体価格 (mil.\$)	初飛行 (年月)
Embraer-190 (ERJ-190)	28.7 36.2	98 1,680	47.0 0.900	CF34-10E —	31.0	2004.3

《三菱航空機》

機体名称	全幅 全長 (m)	座席数 航続距離 (nm)	全備重量 (ton) 巡航マッハ	エンジン	機体価格 (mil.\$)	初飛行 (年月)
MRJ-90	30.9 35.8	92 880	39.6 0.78	PW-GTF —	—	2012.第2 四半期 (予定)

[出所] (財)日本航空機開発協会「平成 21 年度版民間航空機関連データ集」

(3) **MRJ** (Mitsubishi Regional Jet)

MRJ は、2003 年に三菱重工業が経済産業省の支援を受けて技術開発をスタート。地球環境に優しい低燃費、低騒音、低運航コストを実現する機体開発(70～90 席クラス)を目標として、機体仕様の検討、概念設計を進めてきた。2007 年 10 月に正式客先提案を決定して、販売活動を開始し、全日本空輸からの発注を獲得。2008 年 3 月に事業化を決定した。事業主体として、三菱重工業、トヨタ自動車、三菱商事、住友商事、三井物産、東京海上日動火災保険、日本政策投資銀行

の出資により、「三菱航空機㈱」を設立した。設計開発、販売、カスタマーサポートは三菱航空機が行い、製造は三菱重工業に委託する。

今後は、詳細設計、試験機製造などを経て、2012年に初飛行、型式証明を取得し、2014年に初号来納入を計画している。

図表 1-1-2 MRJ の仕様

	MRJ 70STD	MRJ 90STD
乗客数	70-80名	86-96名
巡航マッハ数	0.78Mach	0.78Mach
機体サイズ(L×W×H)	33.6×29.7×10.0	36.0×29.7×10.0
離陸滑走路長	1,390m	1,460m
着陸滑走路長	1,390m	1,450m
エンジン	66.7kN×2	75.6kN×2
航続距離(定員時)	1,480km	1,610km
最大離陸重量	36,850kg	39,600kg
最大着陸重量	36,200kg	38,500kg

[出所]三菱航空機㈱「製品概要」より作成

MRJの特徴は、環境性(優れた燃費性能、低騒音)、快適な客室、優れた運航経済性の3点にあるとされている。2009年10月には米国から100機の発注があり、全日空の発注分と合せて計125機の受注となった。

搭載するエンジンは、プラット&ホイットニーの PurePower PW1000G Engine。油圧システムは、米国のパーカー・エアロスペース。電源、空調、補助動力(APU)、燃料タンク防爆、高揚力装置、防火の各システムは、米国のハミルトン・サンドストラッド。フライト・コントロールシステムは、米国ロックウェル・コリンズと日本のナブテスコ(株)。降着システムは住友精密工業(株)が担当している。

MRJの開発・事業化に際しては、ボーイング社と包括的なアドバイザリー契約を締結した。それにより、ボーイング社の民間航空機全機の開発、型式証明の取得、販売、アフターサービスに関する知識、経験を活用することができ、開発、販売経験の不足を補うことが可能となった。

図表 1-1-3 MRJ の特徴

優れた環境性	<ul style="list-style-type: none"> 次世代エンジン、先進空力技術の採用により、二酸化炭素、窒素酸化物の排出量を競合機に比べ大幅に低減 騒音は、競合機に比べて約10デシベル抑制
快適な客室	<ul style="list-style-type: none"> 日本独自の三次元立体編物技術を採用したシート 広いヘッドクリアランス、広い客室内荷物収納設備、落ち着いた照明
優れた運航経済性	<ul style="list-style-type: none"> 低燃費の次世代エンジン、複合材採用による機体軽量化により、競合機に比べて約 20%の燃費向上 騒音レベルの低下による着陸料の軽減

(4) ボーイング 787

B787は、B757、B 767及びB 777の一部の後継機と位置づけられている中型機で、多都市間を直行便で結ぶ運航需要の獲得を狙い、2004年4月に開発が正式決定した。開発費は、約8,000億円(2004年価格)。日本企業と伊のアレニア、米のボートが開発に参画している。ボーイング社によると、B787は、大型ジェット旅客機並みの航続距離と、複合材料の大量採用等による低燃費を実現し、最高レベルの環境パフォーマンスを達成するという。また、燃料効率も他の同型機より20%向上するとともに、ワイドボディ機の最高速であるマッハ0.85での巡航が可能で、貨物搭載スペースも増加するという。これらの優位性から、2009年4月時点では、57社から約1,480億ドル相当となる878機の受注を獲得し、同社の民間航空機としては、最速で受注機数を伸ばした(2010年10月時点では55社847機)。

図表 1-1-4 B787 の仕様

	787-3 Dreamliner	787-8 Dreamliner	787-9 Dreamliner
乗客数	290-330名	210-250名	250-290名
巡航マッハ数	0.85Mach	0.85Mach	0.85Mach
機体サイズ(L×W×H)	57m×52m×17m	57m×60m×17m	63m×60m×17m
航続距離	4,650-5,650km	14,200-15,200km	14,800-15,750km
最大離陸重量	170,097kg	227,930kg	247,208kg
合計貨物容量	4,400立方feet	4,400立方feet	5,400立方feet

[出所]ボーイング ウェブサイト「787」より作成

B787の開発プログラムには、世界中から43社がサプライヤー・パートナーとして参画しており、プログラムの初期段階から、世界135か所のサプライヤー企業と連携して開発作業を進めている。当初の予定では、2007年9月に初飛行、2008年5月に引き渡しの予定であったが、ファスナーの不具合、労働組合のストライキ等から予定が延期され、初飛行は2009年12月に実施された。その後もフライトテスト中に出火トラブル等に見舞われたが、2011年中の初号機デリバリーに向けて現在もフライトテストプログラムを進めている。

(5) 航空機構成部品の主要メーカー

航空機の構成は、「機体」、「装備品」、「エンジン」の大きく3つの要素に分けられる。航空機メーカーは、自社の責任のもとで、基本仕様の策定、全機的设计、型式証明の取得、各システムの発注、調達、組み立て、販売、カスタマーサポートなどを行う。

機体は、胴体、主翼、尾翼の3つに大別されるが、それぞれ多数の部品から構成されている。装備品は、油圧システム¹、与圧・空調システム²、燃料システム³、アビオニクス・飛行制御システム⁴、電源システム⁵、降着システム⁶、客室機内システム⁷等がある。エンジンは、複数のモジュール(ファン、圧縮機、燃焼器、タービン等)により、構成される。

機体、装備品、エンジンは、それぞれ数多くの部品から構成されており、航空機の部品点数は、部品点数の多いことで知られる自動車に比べても、さらに1~2桁多く、数十万点~数百万点とされている。

図表 1-1-5 航空機を構成する各システムと主要メーカー (Tier 1)

分類	システム等	主要メーカー (Tier 1)
機体	胴体、主翼、尾翼	スピリット・エアロシステムズ(米)、ボート(米)、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業、新明和工業、日本飛行機
装備品	油圧システム	ハネウエル(米)、パーカー・ハニフィン(米)、リープヘル(スイス)、ナブテスコ、島津製作所、三菱重工業
	与圧・空調システム	ハネウエル(米)、ハミルトン・サンドストランド(米)、リープヘル(スイス)、島津製作所、住友精密工業
	燃料システム、燃料制御装置	イートン(米) ※ ARGO-TECH 及びカーターは、現在、同社のブランド。
	アビオニクス、飛行制御システム	ハミルトン・サンドストランド(米)、ハネウエル(米)、ロックウェル・コリンズ(米)、パーカー・ハニフィン(米)、メギー(英)、タレス(仏)、ナブテスコ、多摩川精機
	電源システム	ハミルトン・サンドストランド(米)、神鋼電機、ナブテスコ
	降着システム	グッドリッチ(米)、メシエ・ダウティ(仏)、住友精密工業
	客室機内システム	TIMCO(米)、タレス(仏)、ジャムコ、横浜ゴム、パナソニック AVC ネットワーク、小糸工業

¹ 油圧システムは、操縦室からの指令によって、作動部位を遅延なく動作させるためのシステム。

² 与圧システムは、機内を与圧して気圧を一定に保つシステム。空調システムは、エアコンを使って機内の温度を調節するシステム。

³ 燃料システムは、燃料を機体に蓄えてエンジンへ供給するためのシステム。

⁴ アビオニクス(Avionics)とは、飛行のために使用される電子機器のこと。航空(Aviation)と電子機器(electronics)を合成した用語。飛行制御システムは、航空機の飛行や着陸を自動で制御するシステム。

⁵ 電源システムは、航空機に搭載する電子機器などに向けて、電気を発電・供給するシステム。

⁶ 降着システムは、着陸時や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。

⁷ 客室機内システムは、機内娯楽装置、座席、ラバトリー(化粧室)、ギャレー(調理室)、照明、カーペット等。

エンジン	エンジン本体	GE(米)、ロールスロイス(英)、プラット&ホイットニー(米)、ハネウエル(米)、スネクマ(仏) ¹ 、MTU エアロエンジンズ(独)、IHI(日)、インターナショナル・エアロ・エンジンズ ²
	モジュール等	ハミルトン・サンドストランド(米)、ハネウエル(米)、パーカー・ハニフィン(米)、グッドリッチ(米)、GAMI(米)、IHI、川崎重工業、三菱重工業

[出所] (社)日本航空宇宙工業会「世界の航空機工業」等より作成

(6) 航空機メーカー・部品メーカーによる国際共同開発体制（近年の特徴）

近年特に、民間航空機開発の大規模化・高度化が進み、新機種開発に要するコスト・人員等の負担が膨大なものになってきたことから、過重な開発リスクを1社で負うことが困難になってきた。そのため、B747以降は、関係者がリスクを分け合う国際共同開発が主流となっている。

共同開発パートナーの種類としては、「リスク・アンド・リベニュー・シェアリング・パートナー(RSP)」、「プログラム・パートナー」、「サプライヤー」、「サブ・コントラクター」の4種類がある。リスク・アンド・リベニュー・シェアリング・パートナーは、作業シェアに応じて全体の開発費を分担する一方、製品の販売で利益が出れば、分担割合に応じて利益を受け取ることができるパートナーであり、逆に損失が出ればその損失を被ることになる。プログラム・パートナーは、開発から生産まで特定の部分を一貫して担当する者であり、当初の契約に基づき開発・生産・販売・為替のリスクを負う。サプライヤー³は、パートナーが負うようなリスクは負わず、完成機メーカーやパートナーの決めた仕様に従って開発・生産を行う(承認図メーカー)。サブ・コントラクターは、完成機メーカーやパートナーが用意した貸与図にもとづき生産を行う。1990年のB777の開発では、ワーキング・トゥギャザーと称されるように、航空機のユーザーであるユナイテッド航空も参加して共同開発を行った。

ボーイングの最新中型機であるB787は、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業、新明和工業の4社がプログラム・パートナーとして共同開発に参加しており、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に係るインテグレーションを担当している。その結果、B787の開発当初における機体構造部分の日本企業の分担比率は、ボーイング本体と並ぶ35%に及んでいる。これまでの実績と比較しても、B767では15%、B777でも21%の分担比率にとどまっており、B787では質・量とも大幅に高まった。上述の重工メーカー以外でも、ブリヂストン、パナソニック・アビオニクス、ジャムコ、多摩川精機、住友精密工業等がサプライヤーとして参画している。また、B787では、軽量化のため炭素繊維複合材が機体重量の50%に相当する割合で採用されており、東レがこの炭素繊維を独占的に供給している。こうした軽量化の実現

¹ スネクマは、防衛、航空、通信分野のフランスの複合企業体であるサフラングループの傘下にある航空機エンジンメーカー。降着システムのエシエ-ダウティも、同グループ。

² インターナショナル・エアロ・エンジンズは、V2500エンジンを開発・販売するために、プラット&ホイットニー、ロールス・ロイス、MTU エアロエンジンズ ドイツ、フィアットアビオ、日本航空機エンジン協会が設立した会社。

³ 本稿全般で用いている、一般的な意味での「部品サプライヤー」などの用語は、必ずしも、ここでの定義に基づかない。

により、B787 は、航続距離が最長 15,000km と長く、乗り換えなしで遠距離の都市間をつなぐことができ、CO2 発生量を2割削減、整備コストも3割削減できるとされている。

一方、エアバスの最新機種である A380 は、総2階建て世界最大の超大型機であり、人口が集中しているアジアの大都市間の大量輸送などに適している。日本企業としては、三菱重工業、富士重工業、ブリヂストン、カシオ計算機など 21 社が、サブ・コントラクターまたはサプライヤーとして参画している。以前の同社機種 A330/A340 の開発の際には、日本企業の参画が 8 社にとどまったことと比較すると、エアバスと日本企業の取引についても飛躍的に拡大していると言える。

一方、エンジンに関しては、エンジン専門メーカーが、完成機メーカーが示した仕様にもとづき開発・生産を行う。特に、エンジンの開発費は、数百億円から数千億円と巨額であり、万が一、技術開発に失敗したり、需要を読み誤って販売不振になった場合、一社で負担するには損失が大き過ぎる。そのため、開発費負担の分散およびリスクの分散を図り、3大エンジンメーカーが中心となって、フランス、ドイツ、日本など各国のエンジンメーカーと国際共同開発の形態をとることが通常となっている。ベストセラーとなった「V2500」ターボファンエンジンは、ロールスロイス(英、以下「RR」)、プラット&ホイットニー(米、以下「P&W」)、MTU(独)、フィアット(伊)のほか、日本の IHI、川崎重工業、三菱重工業の3社がプログラム・パートナーとして参画した計 5 ヶ国にわたる共同事業である(フィアットは後に撤退)。B787 に搭載される「GE_{nx}」では、IHI が GE(米)のリスク分担パートナーとして 15%を分担し、低圧タービン、高圧圧縮機、シャフトを開発・生産している。同じく B787 向けのロールスロイスの「TRENT1000」では、川崎重工業が 8.5%、三菱重工業が 7%のリスク分担パートナーとして参画している。この B787 のように、100 席以上の中大型機に向けては、1機種あたり複数種類のエンジンのメニューが提示されることが多く、当該航空機を購入するエアラインは、価格やメンテナンス、購入実績の面などを考慮して、その中からエンジンを選択している。

図表 1-1-6 日本メーカーの参画状況（機体・装備品関係）

メーカー	機種名	参画日本メーカー	部位	参画形態	シェア
ボーイング	B767 (210～ 250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	後胴、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	プログラム パートナー	15% (日本)
		KYB 小糸工業 小糸製作所 神戸製鋼 島津製作所 ジャムコ 神鋼電機 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	脚作動用油圧部品 座席 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、主脚扉作動用機器 ギャレー、化粧室 電動モーター 機内ビデオ装置 鋼板 フライトコントロールシステム作動用機器 座席 予備高度計 計測表示ブラウン管 加速度計 アルミ鍛造品 機内娯楽装置 各種制御弁、契機表示ブラウン管 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 (350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	後胴、尾翼、乗降扉 前胴パネル、中胴パネル、貨物扉、 中胴下部構造、後部圧力隔壁 中央翼、翼胴フェアリング、主脚扉 主翼桁間リブ、スタブビーム 翼胴フェアリング	プログラム パートナー	21% (日本)
		KYB 島津製作所 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 ホシデン 横浜ゴム	脚作動用装置、アキュムレーター 主脚扉作動用機器、貨物扉作動用機器 他 化粧室 客室オーディオシステム フライトコントロールシステム作動用機器 CFRP 前脚ドア タイヤ 液晶表示装置 飲料水タンク	サブコン又は サプライヤー	
	B787 (210～ 250席)	三菱重工業 川崎重工業 富士重工業 新明和工業	主翼 前胴部位、中胴下部構造、主翼固定後縁、 中央翼及び 中央翼と主脚脚室とのインテグレーション 主翼前後桁	プログラム パートナー	35% (日本)
		ブリヂストン パナソニック・アビオニクス ジャムコ 多摩川精機 住友精密工業 東レ ナブテスコ	タイヤ 客室サービスシステム、機内娯楽装置 ラバトリー、ギャレー、 操縦室ドア・内装パネル・収納ボックス 角度検出センサー(5種類) 小型DCブラシレスモーター APUオイルクーラー CFRP 配電装置	サプライヤー ハミルトン・サンドストランドと共同	
エアバス	A330/A340 (253～ 335席)	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 古河スカイ 新明和工業	窓枠材 脚作動用装置 後部貨物扉 ベアリング 液晶表示装置(LCD)(A340-600) 脚用タイヤ(A340-500/-600) 超塑性アルミニウム合金 翼胴フィレット・フェアリング	サブコン又は サプライヤー スズ・アビオニックの下請け	

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	A380 (555席)	ジャムコ 新明和工業 住友金属工業 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 カシオ計算機 牧野フライス プリジストン 住友精密工業 三菱レイヨン パナソニック・アビオニクス 小糸工業 ミネベア 昭和飛行機工業 コミー	二階席用フロアクロスビーム、ギャレー 垂直尾翼用構造部材、後部電子機器収納棚 翼胴フレット・フェアリング、 複合材製主翼ランブラーフェス 純チタンシート PAN系炭素繊維材料 PAN系炭素繊維材料 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 LCDシステム LCDシステムの液晶とガラス部分 マシニングセンター、主翼精密部品 脚用タイヤ 脚部品 炭素繊維材料 機内娯楽装置 座席 各種ベアリング アラミッド・ハニカム 手荷物用ミラー	サブコン又は サプライヤー	
ボンバルディア	CRJ700/900 (70/86席)	住友精密工業 三菱重工業	前脚及び主脚システム 尾胴	RSP	
エンブラエル	Embraer 190/195 (98/108席)	川崎重工業 住友精密工業 ナブテスコ	動翼(フラップ、補助翼等) 主翼ボックス、主翼固定前後縁、中央翼、 ウイングレットは平成18年よりエンブラエルに順次移管 空調システム フライトコントロール作動用機器	RSP サプライヤー	

(注) RSP:リスク・アンド・リベニュー・シェアリング・パートナー
[出所](財)日本航空機開発協会「航空機関連データ集」より作成

図表 1-1-7 日本メーカーの参画状況(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	V2500	IHI 川崎重工業 三菱重工業	ファン、ファンケース、低圧圧縮機 ファンケース、低圧圧縮機 高圧タービン部品	プログラム パートナー	23% (JAEC)
GE	Genx (787搭載)	IHI	低圧タービン、高圧圧縮機部、シャフト	RSP	15%
P&W	PW6000	三菱重工業	燃焼器モジュール	RSP	7.5%
RR	TRENT1000 (787搭載)	川崎重工業 三菱重工業 住友精密工業	中圧圧縮機モジュール 燃焼器モジュール、低圧タービン・ブレード 熱交換システム	RSP ハーカー・エアロス ペースと共同	8.5% 7%

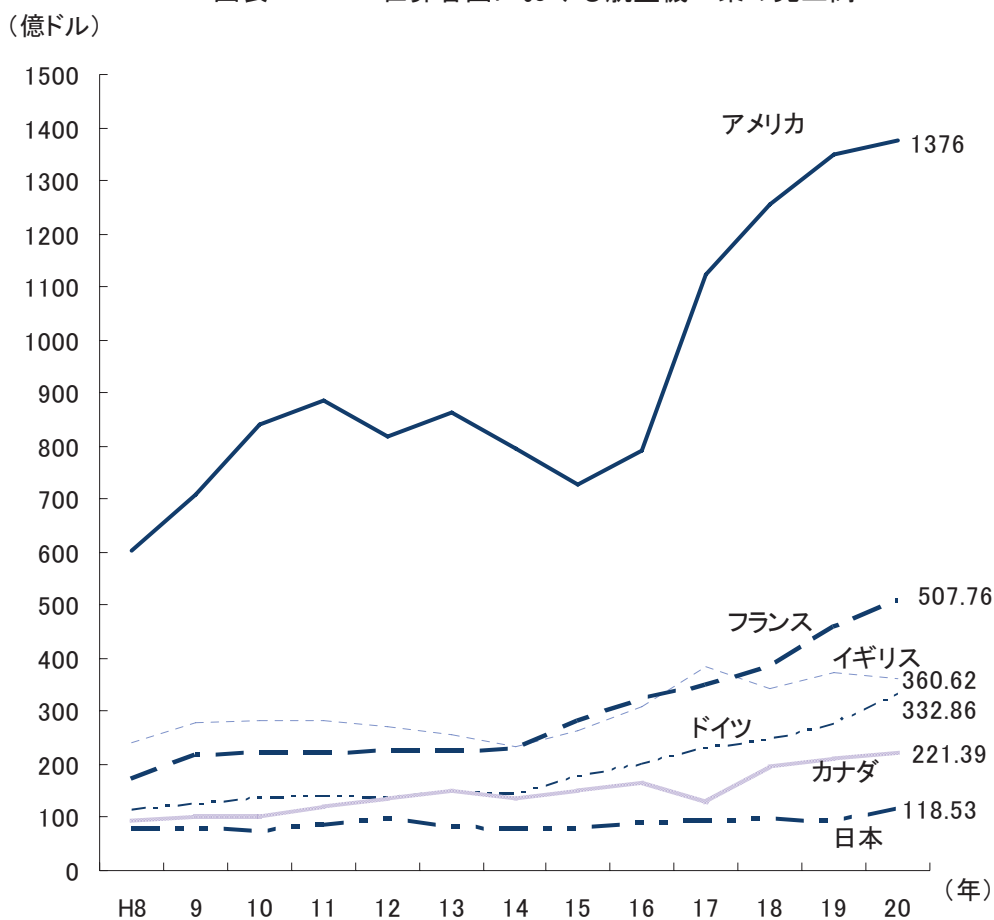
(注) RSP:リスク・アンド・リベニュー・シェアリング・パートナー
[出所](財)日本航空機開発協会「航空機関連データ集」より作成

2. 世界の航空機産業の生産動向

(1) 世界各国の航空機工業売上高

世界の航空機産業を構成する主要6カ国(アメリカ、フランス、イギリス、ドイツ、カナダ、日本)の航空宇宙工業の売上高(平成20年)は、約3,500億ドルである。うち、アメリカの航空機工業の売上高は1,376億ドルで、約4割を占めている。一方、欧州では、フランス、イギリス、ドイツの主要3カ国が中心であるが、航空宇宙工業の売上高は、それぞれ300億ドルから500億ドル程度であり、米国とは大きな差がある。さらに、日本の航空機工業の売上高は119億ドルであり、米国航空機工業の8.6%相当と小さく、欧州の主要3カ国に比べても小さい規模にとどまっている。

図表 1-2-1 世界各国における航空機工業の売上高



(注) アメリカと日本は航空機工業(宇宙部門を除いたもの)の売上高、その他は航空宇宙工業の売上高、IMF年平均レートで各年ドル換算した金額。

[出所] (社)日本航空宇宙工業会「平成22年版 世界の航空宇宙工業」

(2) 各国経済における航空宇宙工業のプレゼンス

各国における航空宇宙工業の規模と国内総生産(名目 GDP)を比較すると、日本の航空宇宙工業の規模は国内総生産の 0.27%にとどまるが、米国では 1.25%、フランスでは 1.71%と、同工業の占めるウェイトは大きい。従業員数についても、製造業全体の従業員数に占める航空宇宙工業の割合は、日本では 0.26%であるのに対して、米国では 3.39%と大きなウェイトを占めている。

こうした航空宇宙工業のプレゼンスをみても、日本は米国や欧州主要国より未だ小さいレベルにとどまっているが、逆に、今後成長する余地を残しているともいえる。

図表 1-2-2 各国における航空宇宙工業のプレゼンス (平成 20 年)

	航空宇宙工業 売上高 (米億ドル)	国内総生産 (米億ドル)	航空宇宙工業 従業員数 (千人)	製造業 従業員数 (千人)
日本	144	49,060	31	11,740
アメリカ	1,924	142,646	580	15,904
カナダ	221	14,996	83	2,041
イギリス	359	26,722	101	3,547
フランス	508	28,566	147	3,877
ドイツ	333	36,495	93	8,516
イタリア	128 (2004年)	23,031	-	4,805
ロシア	-	16,766	-	11,663
スペイン	98	16,042	36	3,060
インドネシア	-	5,108	-	12,549
ブラジル	76	15,758	27	13105 (2007年)
中国	-	43,270	-	-
韓国	19 (2007年)	9,287	8 (2007年)	4119 (2007年)

(注) 航空宇宙工業の売上高及び従業員数は、「航空機及び宇宙」の数値

国内総生産:名目 GDP

[原典]航空宇宙工業売上高、従業員数:(日本) 経済産業省機械統計、工業会調査

(各国) 海外工業会の Annual Report、Facts & Figures 等

国内総生産:(日本)内閣府経済社会総合研究所、(各国)ジェトロ海外情報ファイル

製造業従業員数: International Labor Office(ILO)_Yearly data

[出所](社)日本航空宇宙工業会「航空宇宙産業データベース」(平成 22 年7月)

(3) 世界における今後の航空機需要予測

日本航空機開発協会によると、世界におけるジェット機の運行機数は、2009 年末現在における 17,201 機が 2029 年には 2.1 倍の 35,678 機に増加し、この間の新規・更新需要は 29,083 機発生すると予測されている。増加の要因として、実質運賃の低下、中国、東南アジア等の経済発展によるアジア／太平洋市場の拡大、ロードファクター(有償座席利用率)の増加が挙げられている。

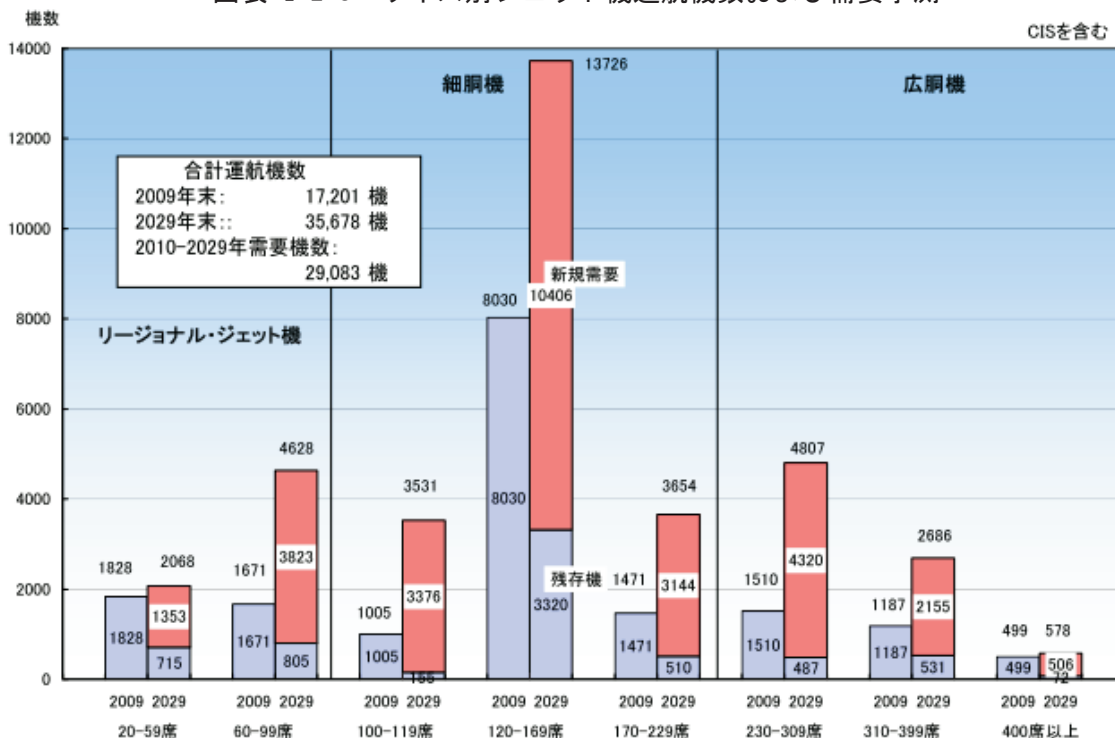
また、同じく 2029 年におけるエンジンの需要予測については、エンジン基数でみると推力 12,000～35,000Lb¹クラスが圧倒的に多くなると予想されている。このクラスのエンジンは、B737 や A320 シリーズなど、100 席～200 席サイズの機体に搭載されるもので、こうしたサイズの完成機について今後特に需要が高まるという先述の予測が裏づけになっている。

次に多く見込まれるものは、最大規模のエンジン(A330、A380、B777 に搭載)である 65,000～100,000Lb クラスと、リージョナル・ジェット機用の 12,000Lb 以下のクラスが多くなっている。

ただし、金額ベースでみると、ジェットエンジン全体で 6,370 億ドルの売上高が見込まれるところ、最も単価の高い 65,000～100,000Lb クラスの売上高だけで約5割を占め、基数予測で上回る 12,000～35,000Lb クラスの売上高を超えるものと予想されている。

いずれにしても、今後の航空機産業には、高い需要が見込まれるとみて間違いはない。

図表 1-2-3 サイズ別ジェット機運航機数および需要予測



[出所] (財)日本航空機開発協会「平成 21 年度 民間輸送機に関する調査研究」

¹ Lb(ポンド) = 0.4536 kg (キログラム)

² CIS:独立国家共同体

3. 世界の主要企業のプロフィール

(1) 航空機メーカー

欧米の航空機製造業は、冷戦後の軍事予算減少による淘汰や、ジェット化・大型化による開発費の増大等を背景とした規模性の迫及により、1990年代以降、統合・再編が進められて来た。米国では、軍用機と民間機の両分野を手がけるボーイングが、1997年に民間機部門で世界第2位だったマクドネル・ダグラスを吸収合併し、米国で唯一の民間中大型機のメーカーとなった。一方、1984年に民間機開発から撤退したロッキードは、1995年にマーチン・マリエッタと合併してロッキード・マーチンとなり、軍用機最大手となった。また、かつては民間機を手がけていたグラマンは、1994年にノースロップと合併してノースロップ・グラマンとなり、軍用機部門の大手となっている。他方、欧州では、米国航空機メーカーに対抗するため、フランス、ドイツ、イギリス、スペインが出資したEADS(欧州航空宇宙防衛株式会社)が、1970年に企業連合としてエアバス・インダストリー(2001年に統合、株式会社化し、現エアバス)を設立した。その結果、現在は大・中型の民間航空機分野では、ボーイングとエアバスの2社だけが完成機を供給している。

100席以下のリージョナル・ジェット機は、カナダのボンバルディアとブラジルのエンブラエルが2社が高いシェアを占めている。欧米のリージョナル・エアラインにおいては、1990年代以降に、ターボプロップ機からの交替や新規路線開拓が増加し、リージョナル・ジェット機の需要が拡大したものの、1991年の同時多発テロ以降、急速に航空機需要が冷え込んだ。その影響で、同年、BAe(英)が民間機分野から撤退し、2002年にはフェアチャイルド・ドルニエ(独)が経営破綻した。欧州勢の消滅で、この分野ではカナダ、ブラジルの2社による寡占状態が形成された。

現在、世界の民間旅客機分野は、ほとんど上述の4社だけで高いシェアを分け合う構造となっている。ビジネスジェット等、その他の民間航空機分野では、ホーカー・ビーチクラフトなど多数のメーカーが競合している。

こうしたなかで、経済発展が著しいロシア、中国では、自国内の航空機需要の拡大を背景として、民間機市場に参入する動きがみられる。ロシアでは、旧共産国に民間機を供給しているイリューシンが、中国では、中国航空工業第一集团公司と中国航空工業第二集团公司の国有二大航空機製造グループが合併して誕生した中国航空工業集团公司等が、現在、リージョナル機の開発を進めており、将来的には国際市場に参入し、世界の航空機メーカーの一角を占める可能性がある。

一方、我が国の状況に目を移すと、敗戦後の1946年にGHQにより航空機製造が禁止され、7年間の空白期間を余儀なくされたことから、航空機産業の歩みは他国に比べて大きく立ち遅れた。民間機では、政府が主導して設立した日本航空製造(株)が戦後初の民間機であるYS11を開発し、1965年に就航。約180機を生産したが、ビジネスとしては成功しなかった。以降、三菱重工業のターボプロップ機MU2やビジネスジェットMU300という開発例はあったが、事業的には失敗。その後、2008年に至って、ようやく国産旅客機の開発が再開され、現在、MRJの開発が進められている。

図表 1-3-1 世界の主要航空宇宙メーカーの概要

社名	国名	本社所在地	売上高	従業員数
ボーイング	アメリカ	イリノイ州 シカゴ	682億8100万ドル (2009年)	159,000人 (2008年)
セスナ・エアクラフト	アメリカ	カンサス州 ウィチタ	33億2000万ドル (2009年)	15,000人 (2008年)
ホーカー・ビーチクラフト	アメリカ	カンザス州 ウィチタ	35億4650万ドル (2008年)	9,800人 (2008年)
ボンバルディア	カナダ	ケベック州 モントリオール	193億6600万カナダドル (2009年1月末度)	28,900人 (航空宇宙部門・ 2009年1月)
エンブラエル	ブラジル	サンパウロ州	63億3500万USDドル (2008年)	23,509人 (2008年)
エアバス	-	フランス トゥルーズ	274億5300万ユーロ (2008年)	57,000人 (2006年)
ダッソー・アビエシオン	フランス	アルジャントウ イユ	35億4000万ユーロ (2008年)	8,343人 (2008年)
EADS社 (European Aeronautic Defence and Space Company)	-	オランダ ライデン	432億6500万ユーロ (2008年)	118,349人 (2008年末)
BAEシステムズ	イギリス	ロンドン	185億4300万ポンド (2008年)	94,000人 (2008年)
アレニア・アエロナウティカ	イタリア	ローマ	23億ユーロ (2008年)	13,907人 (2008年)
EADS CASA	スペイン	マドリッド		
イリュージン (S・V・イリュージン記念航空複合体)	ロシア	モスクワ		
ヤコブレフ (A・S・ヤコブレフ記念試作設計局)	ロシア	モスクワ		
アントノフ (O・K・アントノフ記念航空科学技術 複合体)	ウクライナ	キエフ		
中国航空工業集团公司	中国	北京		
ASTA (AeroSpace Technologies of Australia)	オーストラリア	ヴィクトリア州 メルボルン		
三菱航空機株式会社	日本	愛知県	-	500人 (2008年10月)

[出所](社)日本航空宇宙工業会「平成22年版 世界の航空宇宙工業」、

(財)日本航空機開発協会「平成21年度版 民間航空機関連データ集」等より作成

(2) エンジンメーカー

エンジンメーカーとしては、アメリカのゼネラルエレクトロニック(GE)、同国ユナイテッドテクノロジー傘下のプラット&ホイットニー(P&W)、イギリスのロールスロイス(RR)の大手3社が世界市場を寡占している。

日本では、IHI、三菱重工業、川崎重工業の3社がエンジン部品を供給しており、国際共同開発においては、圧縮機周辺を担当している。

特にIHIは、我が国では中心的なエンジンメーカーとして、圧縮機の中で最も耐久性、耐熱性を要求される高圧圧縮機の部位を担当するなど、高い技術力をもっている。IHIのエンジン部品は、GE90、V2500など、世界のベストセラーのエンジンに採用されており、日本の航空機エンジン売上高の約7割を占めている。

図表 1-3-2 世界の主な航空機エンジンメーカーの概要

社名	国名	本社所在地	売上高	従業員数
ゼネラル・エレクトリック	アメリカ	コネチカット州 フェアフィールド	192億3900万ドル (航空エンジン部門・2008年)	323,000人 (全社・2008年)
プラット&ホイットニー	アメリカ	コネチカット州 ハートフォード	129億6500万ドル (2008年)	37,987人 (2008年)
ハネウェル・エアロスペース	アメリカ	アリゾナ州 フェニックス	127億ドル (エアロスペース部門・2008年)	128,000人 (全社・2008年)
ロールスロイスPLC	イギリス	ロンドン	64億9100万ポンド (航空宇宙部門・2009年度)	27,400人 (航空宇宙部門・2009年末)
スネクマ(Snecma)	フランス	パリ	58億ユーロ (単独・2008年)	21,281人 (単独・2008年)
株式会社 IHI	日本	東京都	2,978億円 (航空宇宙関係・2008年度)	5,317人 (航空宇宙関係・2008年度)

[出所](社)日本航空宇宙工業会「平成 22 年版 世界の航空宇宙工業」、
(財)日本航空機開発協会「平成 21 年度版 民間航空機関連データ集」等より作成

(3) 装備品メーカー

航空機の主要装備品は、先に述べたとおり、油圧システム、与圧・空調システムなどに分類されるが、近年、航空機メーカーが少数の企業にパートナーを絞り、主要システムの開発・生産を一括して発注するようになってきたため、欧米の主要装備品メーカーは、生き残りをかけて企業買収などを繰り返し、大規模化を図ってきた。米国最大手のハネウェル・エアロスペースは、1986年にスペリー・エアロスペースを買収してアビオニクス最大の大手となり、その後も1998年にアライドシグナルと合併して現在に至っている。同じく米国のグッドリッチは、タイヤ生産部門を売却し、事業の柱を移行。2002年にTRW エアロノティカル・システムズを買収して航空機装備品大手となった。また、米国のハミルトン・サンドストランドは、1999年にユナイテッド・テクノロジーズがサンドストラン

ドを買収し、これをハミルトン・スタンダードと合併させて設立した会社である。一方、欧州では、フランスのタレスが、2000年にイギリスの防衛機器メーカーであるレーカル・エレクトロニクスを吸収合併し、現在の規模となっている。

世界の主要装備品メーカーの売上規模をみると、ハネウェル・エアロスペースが127億ドル、グッドリッチが58億ドルであるのに対して、我が国を代表するナブテスコが563億円、住友精密工業が403億円と、買収を繰り返して大規模化した世界大手とは売上規模に大きな開きがある。

図表 1-3-3 世界の主な装備品メーカーの概要

社名	国名	本社所在地	売上高	従業員数
ハネウェル・エアロスペース	アメリカ	アリゾナ州 フェニックス	127億ドル (エアロスペース部門・2008年)	128,000人 (全社・2008年)
グッドリッチ	アメリカ	ノースカロライナ 州、シャーロット	70億6,170万ドル (全社・2008年)	25,000人 (全社・2008年)
ハミルトン・サンドストランド	アメリカ	コネチカット州 ハートフォード	62億700万ドル (2008年)	18,311人 (2008年)
パーカー・エアロスペース	アメリカ	カリフォルニア州 アーバイン	18億8300万ドル (航空宇宙部門・2009年)	10,000人 (航空宇宙部門・2007年)
ロックウェル・コリンズ	アメリカ	アイオワ州 シーダーラピッズ	47億6900万ドル (全社・2008年)	20,000人 (全社・2008年)
タレス	フランス	ヌイイ・シュル・ セーヌ	127億ユーロ (全社・2008年)	68,000人 (全社・2008年)
リープヘル	ドイツ	ヴェルテンベルク 州ビーベラハ・ア ン・デア・リス	84億ユーロ (全社・2008年)	32,600人 (全社・2008年)
ナブテスコ	日本	東京都港区	56,634百万円 (航空・油圧機器事業・2008年)	3,884人 (全社・2008年)
住友精密工業	日本	兵庫県尼崎市	40,346百万円 (全社・2008年)	1,213人 (全社・2008年)

[出所](社)日本航空宇宙工業会「平成22年版 世界の航空宇宙工業」、
(財)日本航空機開発協会「平成21年度版 民間航空機関連データ集」等より作成

(4) 航空機材料

航空機では、性能向上及び運航コスト低減のため、常に軽量化が追求されており、機体の構造材料には比重が軽いアルミニウム合金が用いられている。特に、機体の外板には強度の高いAA2024(超ジュラルミン)が、より高い強度が必要な部分にはAA7075(超々ジュラルミン)が利用されている。近年は、こうしたアルミニウム合金より、さらに軽くて強度に優れた複合材が多く利用されるようになっており、特に炭素繊維を樹脂で固めた炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の利用が進んでいる。最新鋭のB787では、炭素繊維複合材料は構造材重量の約50%を占めており、エアバスの次世代中型機A350 XWBでも主翼や胴体に採用されている。この炭素繊維材料の分野で

は、日本の東レが世界最大手メーカーであり、ボーイングに向けて B787 用プリプレグ(炭素繊維に樹脂を含浸させたシート状のもの)を長期独占的に供給しながら、並行してエアバスにも供給している。

また、東邦テナックスは、エアバスに炭素繊維の原糸を供給しており、三菱レイヨンも米国サイテックエンジニアードマテリアルズと炭素繊維複合材の開発を進めている。この分野では、日本メーカーが世界をリードしている。

図表 1-3-4 世界の主な航空機材料メーカー

社名	国名	本社所在地	売上高	従業員数
アルコア	アメリカ	ニューヨーク州 ニューヨーク市	269億100万US\$ (2008年。全部門)	87,000人 (2008年。全部門)
リオ・テイント・アルキャン	カナダ	ケベック州 モントリオール	238億3,900万US\$ (2008年。全部門)	24,000人 (2008年。全部門)
東レ	日本	東京都	506億円 (2009年度。炭素繊維複合材料)	6,915人 (2009年度。全部門)
東邦テナックス	日本	東京都	378億円 (2008年度。炭素繊維複合材料、連結)	1,356人 (2008年度。全部門、連結)
三菱レイヨン	日本	東京都	237億円 (2009年度。炭素繊維複合材料、連結)	8,427人 (2009年度。全部門、連結)

[出所]各社の有価証券報告書等より作成

4. 日本の航空機産業の生産動向

(1) 国内生産高

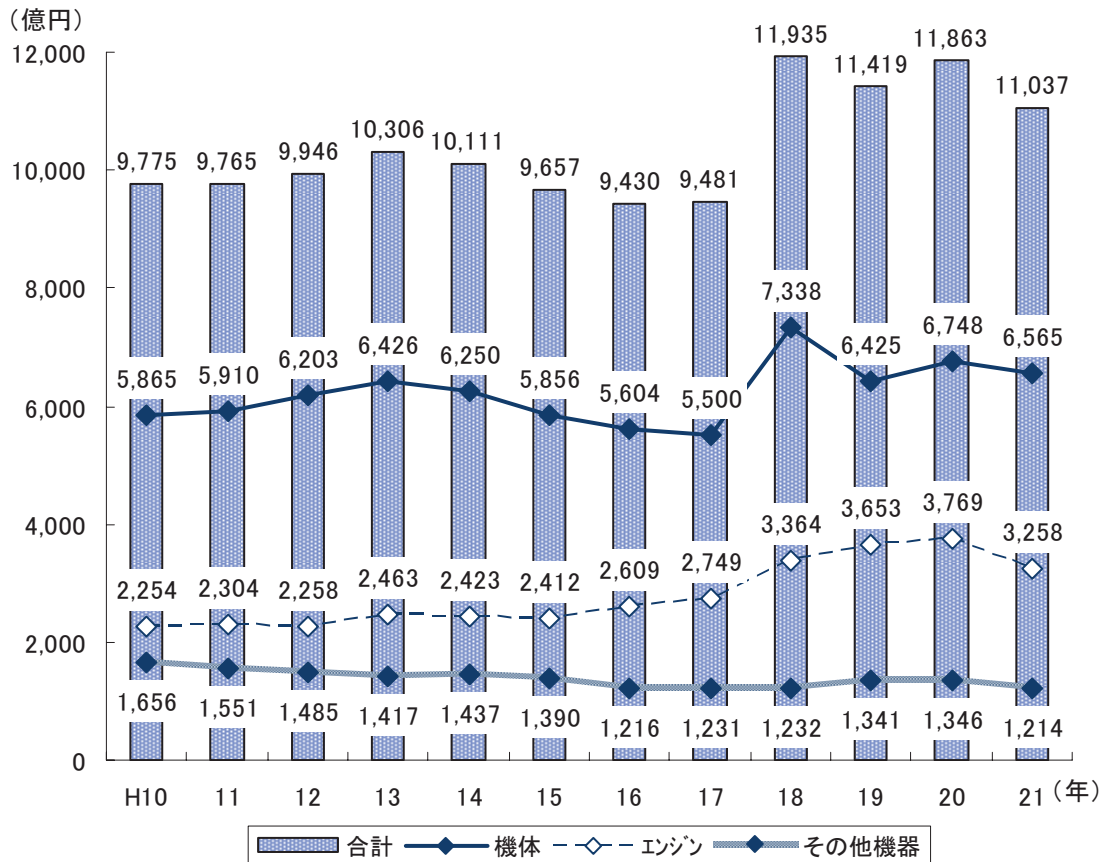
我が国の航空機産業は、第一次世界大戦を契機とした軍需産業として国の政策に基づき発展し、昭和初期には10社を超える航空機メーカーが存立していた。最盛期には年産25,000機にのぼる世界有数の生産国ではあったものの、あくまで軍用機が中心で、民間機への進出は遅れていた。しかも、敗戦後は連合軍の占領政策により航空機に関する製造から研究まで一切の活動が禁止されることになり、およそ7年後の昭和27年に朝鮮戦争に伴う米軍機の修理・部品供給等の目的で事業再開が許されるまで、同産業史に大きな空白期間が生じることになった。この間に、世界の航空機産業がプロペラ機からジェット機へと大きな技術的飛躍を遂げたことから、我が国航空機工業は世界から大きく立ち後れてしまい、他分野事業にシフトして生き残ることができた大企業を例外として、それ以外の航空機メーカーの多くが淘汰される結果となった。

上述のGHQによる航空禁止令の解除については、昭和27年にサンフランシスコ講和条約が発効し、まずは在日米軍機のオーバーホールから活動を再開した。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を開始して以降、防衛庁が採用した米国製戦闘機などのライセンス生産を通じて、我が国航空機産業は徐々に生産基盤を再構築していった。こうしたライセンス生産を通じて培った生産技術により、我が国初の国産旅客機YS-11が開発された。同機は、昭和40年からユーザーへの引き渡しが始まり、昭和47年まで計182機が生産された。このようにして得た技術をもとに、昭和60年代以降、民間航空機の国際共同開発への参画を通して、品質、納期などの生産面での競争力は高く評価されている。

近年の国内生産高は、平成2年以降、国際共同開発体制を採用するボーイング等民間機が生産が増加したことにより、平成17年から18年にかけて急増した。その後、一時、防衛需要の減少、リーマンショック等の要因により若干減少したものの、B737シリーズ、777シリーズ向け納入実績が増加したことを背景に、現在、我が国航空機産業全体の生産高(平成21年)は、1兆1,037億円にのぼり、これまでと比べても高い水準にある。

これを「機体」「エンジン」「その他機器」の分野別に分けてみると、機体の生産高(平成21年)は6,565億円と、生産高全体の約60%を占めている。エンジンの生産高は3,258億円であり、機体に比べれば少ないものの、これまでの実績より高い水準にある。その他機器は1,214億円であり、全体の1割強を占めている。

図表 1-4-1 機体・エンジン・その他機器の生産高



(注) 「生産高」は、「製造」及び「修理」の合計。データの出所が異なるため、1-5-1 図とは数値が異なる。

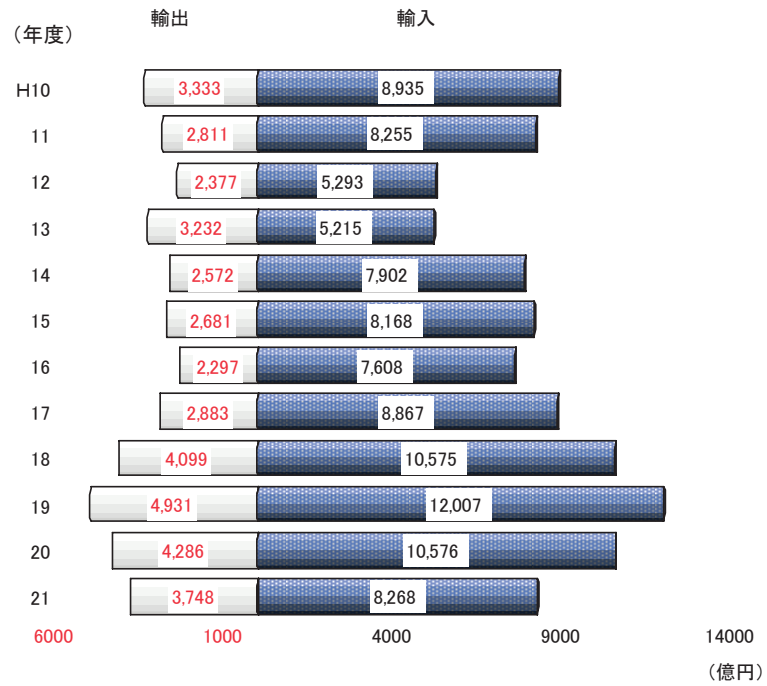
[出所] 経済産業省「機械統計(航空機、航空機用通信機)」

(2) 輸出入

我が国の航空機関連の輸出入についてみると、国内エアラインが外国製完成機の輸入に依存していることから、大幅な輸入超過が続いており、平成 21 年には 4,520 億円の入超となっている。

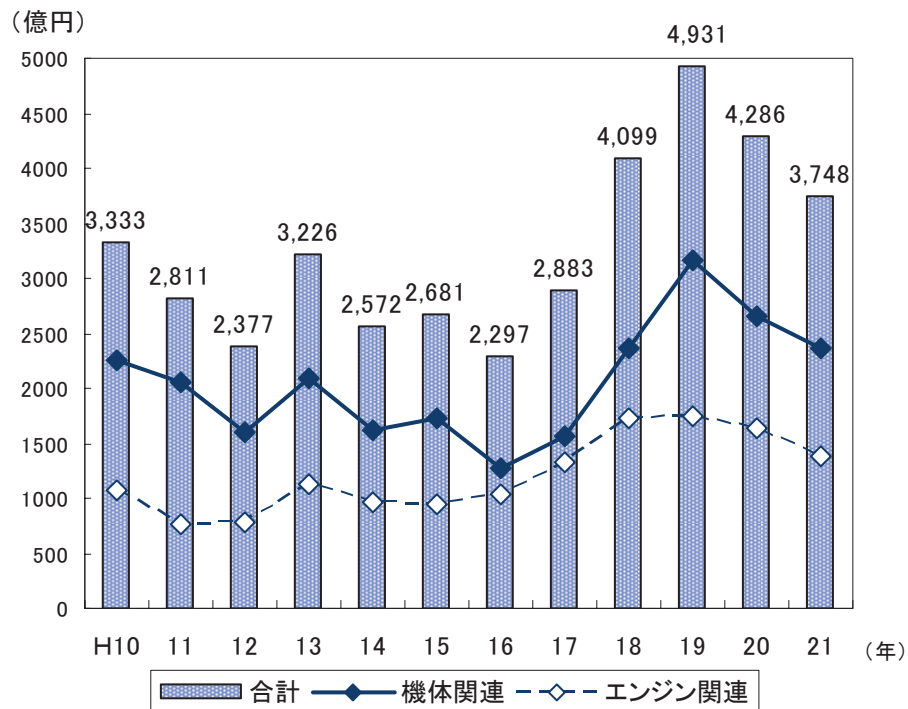
一方、輸出額は、ボーイング向けの部品・システムの供給増加などにより、平成 16 年以降増加して、19 年には 4,931 億円まで増加した。ただし、その後の世界的な景気後退による民間航空輸送需要の低下に伴い、平成 21 年には 3,748 億円に減少している。

図表 1-4-2 航空機関連の輸出入の推移



[出所]財務省「日本貿易年報」

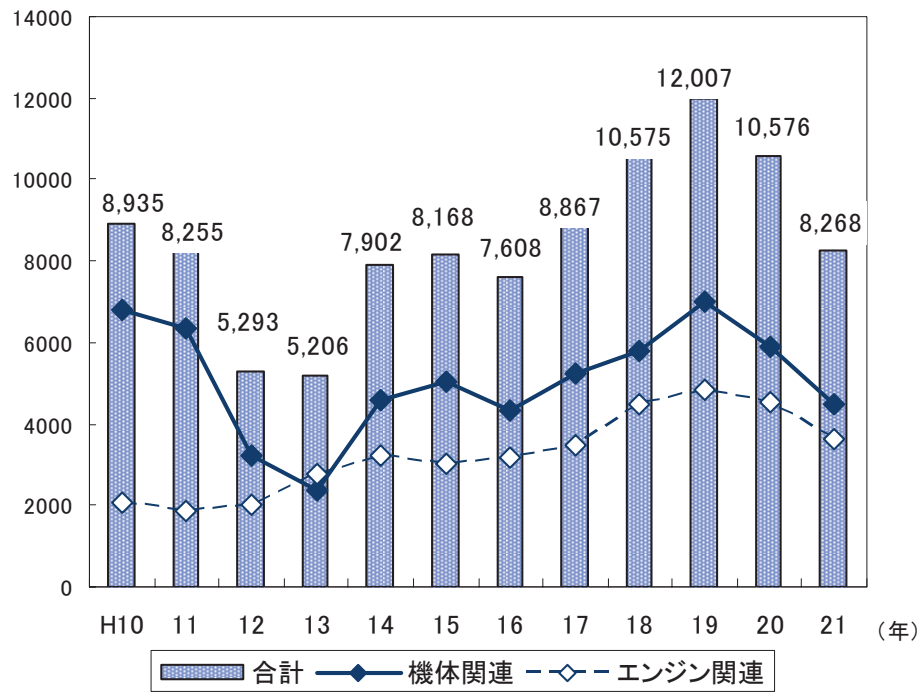
図表 1-4-3 航空機関連の輸出推移（品種別）



[出所]財務省「日本貿易年報」

図表 1-4-4 航空機関連の輸入推移（品種別）

(億円)



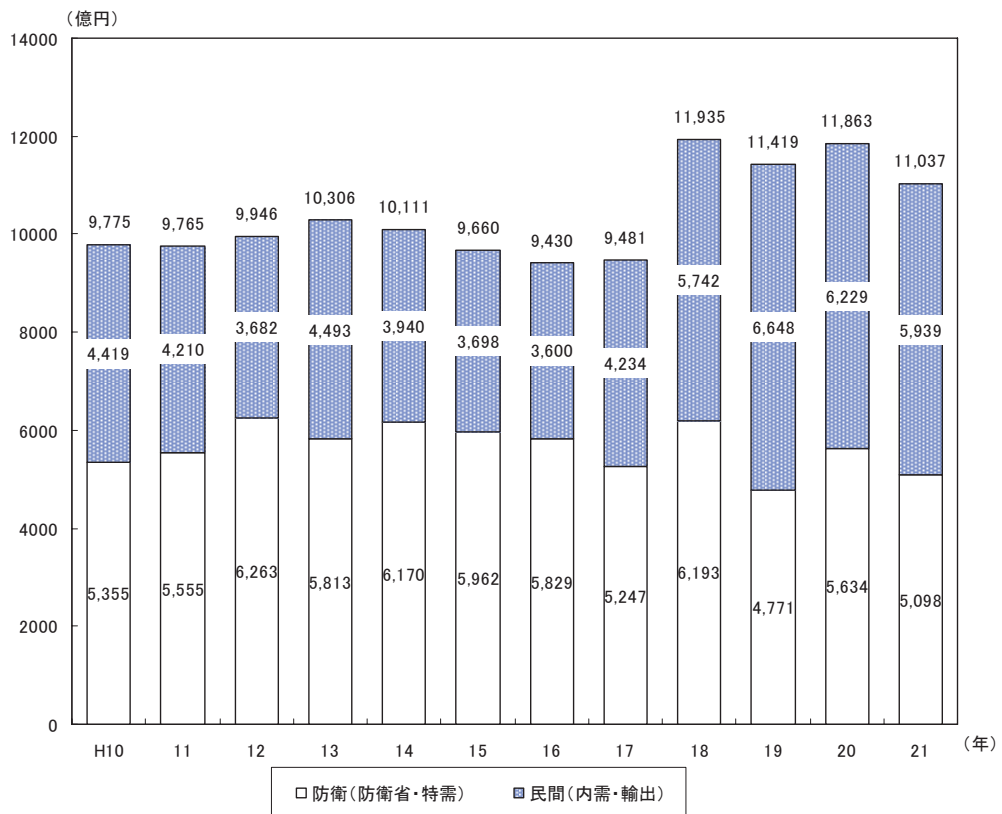
[出所]財務省「日本貿易年報」

(3) 需要別生産額

我が国の航空機工業は、戦後、防衛用航空機を中心に発展してきた歴史から、防衛需要のウェイトが欧米に比べても高かった。また、空港運用の制約などからジェネラル・アビエーション機(ビジネスジェット)の国内市場はほとんどない。そうした事情から、平成 18 年まで長きにわたり防衛需要(防衛省・特需)が民間需要(内需・輸出)を上回ってきたが、平成 19 年には初めて民間需要の生産額が防衛需要を上回った。

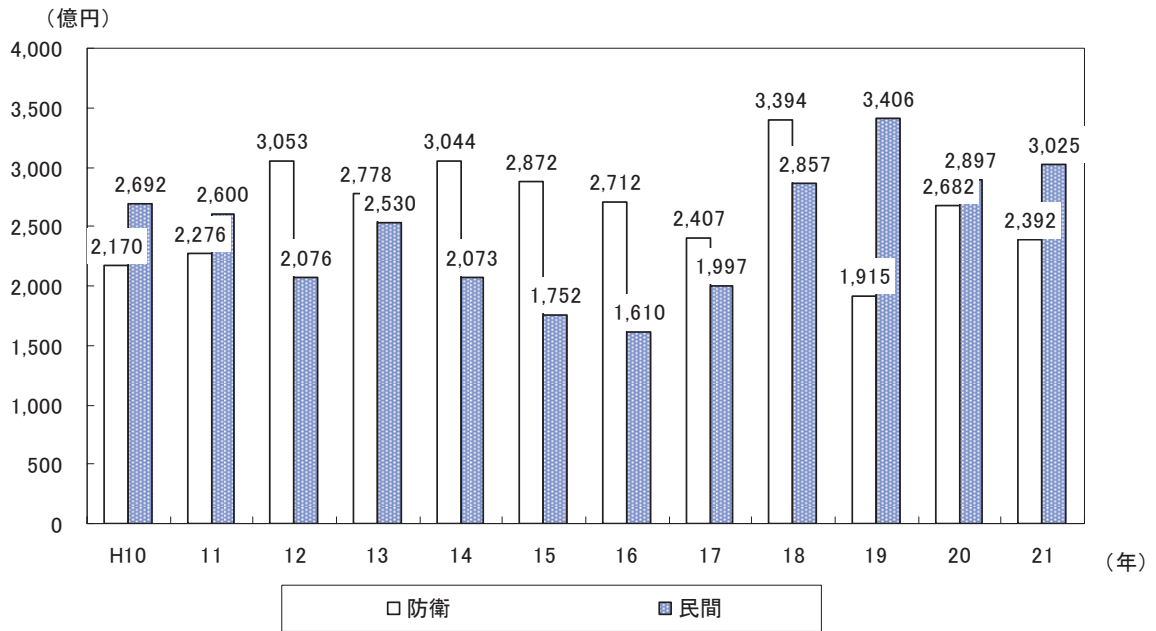
その背景としては、世界の旅客航空機需要の高まりによってボーイング、エアバスの生産機数が増加したことが挙げられる。これを受けた我が国民間需要の生産額は、平成 16 年の 3,600 億円から平成 21 年には 5,939 億円と 6 割以上増加した。一方、防衛需要については、防衛予算の伸びが抑制されている状況下で、防衛機関連の生産額も頭打ちになっており、平成 18 年以降継続して民間需要の割合を下回っている。平成 21 年の生産額の内訳をみると、防衛部門の割合が 46.2%、民間部門の割合が 53.8%となっている。

図表 1-4-5 需要別生産額



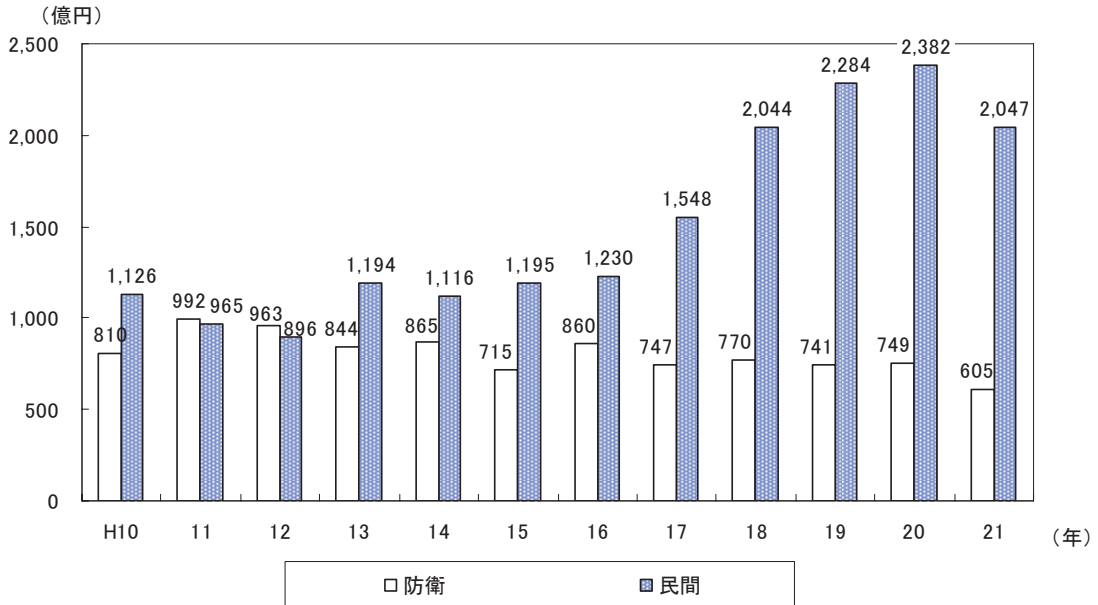
[出所]「日本の航空機工業(資料集)」平成 22 年 7 月 社団法人日本航空宇宙工業会

図表 1-4-6 需要別製造額（機体）



[出所] 経済産業省「機械統計(航空機、航空機用通信機)」。「修理」は含まない。

図表 1-4-7 需要別製造額（エンジン）

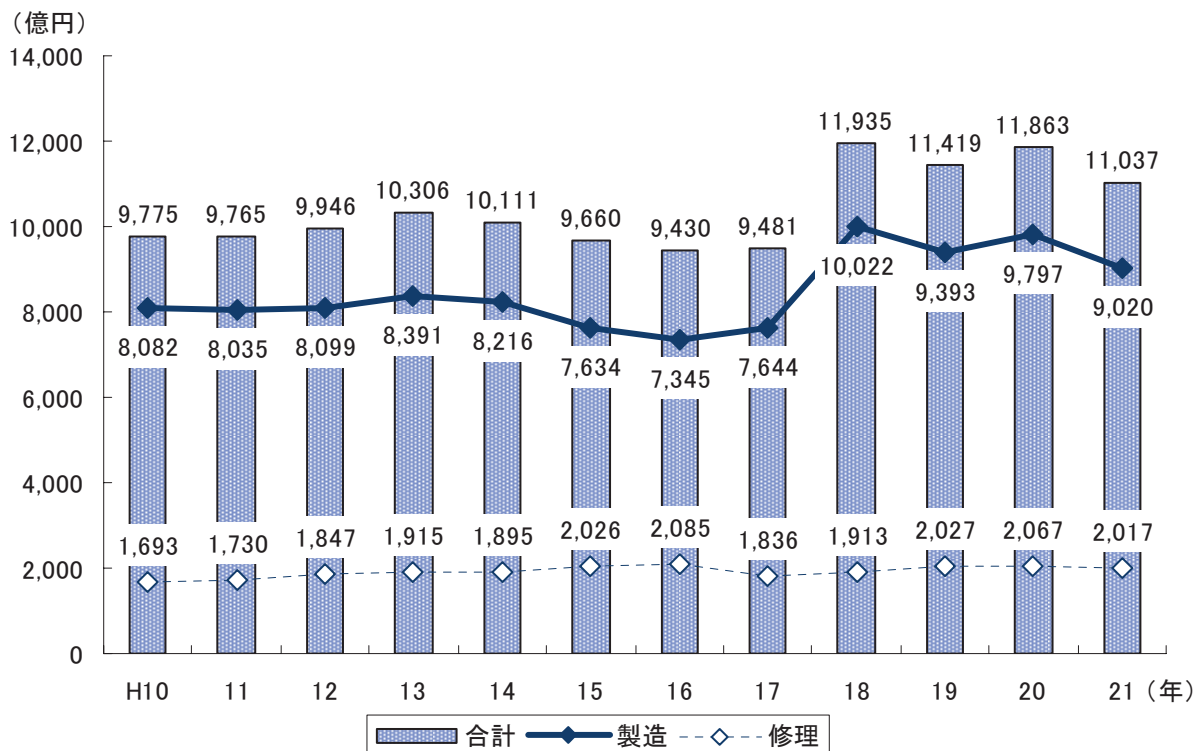


[出所] 経済産業省「機械統計(航空機、航空機用通信機)」。「修理」は含まない。

(4) 製造・修理の実績推移

航空機生産高を、新造機に係る「製造」と既存機に係る「修理」の別に分けてみると、製造については、足元での防衛需要の大幅な減少や、世界的な景気後退に伴う海外完成機メーカーへの輸出減少により、直近の実績は前年より減少しているものの、平成 18 年以降、高めの水準を維持している。一方、修理については、製造に比べて規模は小さいが、それでも全体の2割弱を占めており、中長期的にみて緩やかな増加基調で推移している。

図表 1-4-8 製造・修理の実績推移

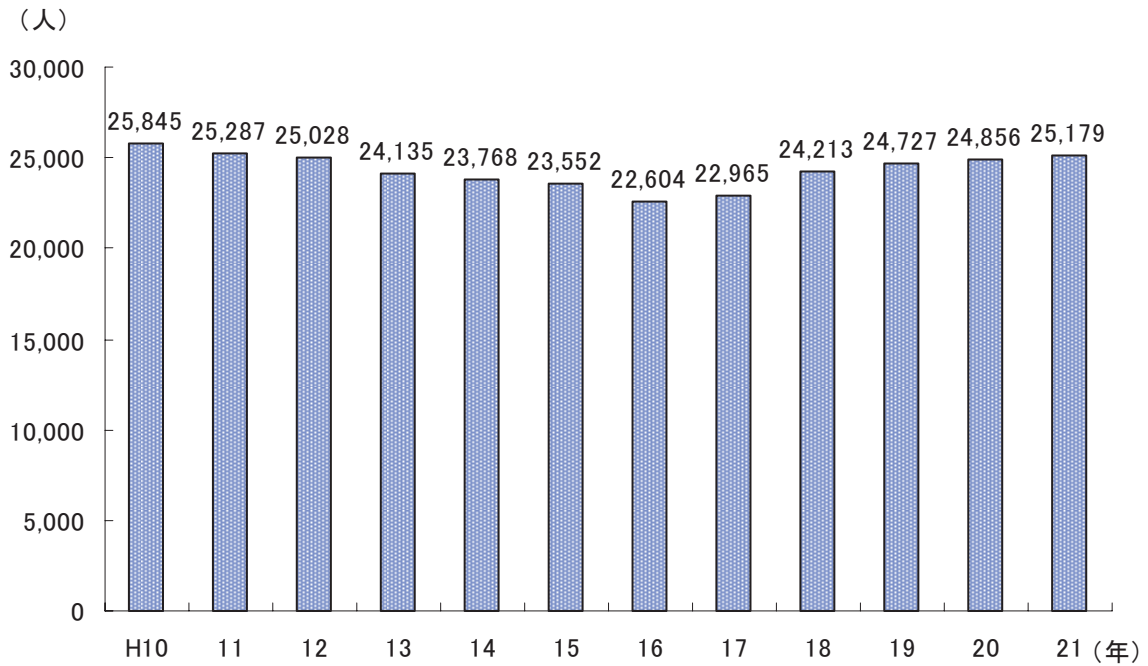


[出所]経済産業省「機械統計年報(航空機、航空機用通信機)」、財務省「日本貿易統計」

(5) 航空・宇宙産業の従業員数

航空・宇宙産業の従業員数は、平成 16 年までは減少傾向にあったが、その後は好調な民間機の生産を受けて増加しており、平成 21 年は 25,179 人となった。ただし、他産業に比べて現時点で特に大きな雇用吸収力を有しているとは言えず、今後の成長が期待される。

図表 1-4-9 航空・宇宙産業の従業員数の推移



(注) データの出所が異なるため、1-5-1 図とは数値が異なる。

[出所] 経済産業省「機械統計年報(航空機、航空機用通信機)」

5. 航空機産業の特徴

(1) 航空機産業と自動車産業との比較

航空機産業は、部品点数、重量、価格、安全性などの観点から、自動車に比べて「100倍産業」とも称されるなど、自動車産業と比較されることがよくある。確かに、航空機・自動車とも、輸送用機械の一種であり、安全性に対する厳しい規制の対象であり、巨大な完成機(車)メーカーを頂点とする重層的なピラミッド構造によって生産体制が構築されている点など、類似点が多い。こうした両者を比較考察することにより、相互の性格が改めて浮き彫りになることは十分期待できる。

こうした観点から、以下の①～④では、各種のアングルにおいて航空機産業と自動車産業との比較を試みた。

① 産業規模

まず、産業規模について比較すると、我が国航空機・同付属品製造業は、事業所数で自動車・同付属品製造業の31分の1。従業者数では21分の1。製造品出荷額等では39分の1の規模に相当する。産業そのものの規模からすると、現時点の日本の航空機産業は、自動車産業の大きさに遥かに及ばない。従って、GDPへの寄与度も、雇用吸収力も、特に大きいとは言えない。

ただし、航空機産業の性格から来る先端的なイメージや存在感は、数値的なボリューム以上の影響力があり、また、実際にも、高速輸送手段への需要の高まりや、近年の国際共同開発案件における日本メーカーの参画拡大などの要素を考慮すると、今後の成長の余地も大きく、将来性は十分期待できるといえる。

図表 1-5-1 航空機製造業と自動車製造業の比較 (2007年)

産業分類	事業所数		従業者数		製造品 出荷額等	
		倍率	(人)	倍率	(百万円)	倍率
航空機・同付属品製造業	295	1	42,809	1	1,472,265	1
自動車・同付属品製造業	9,255	31	895,157	21	57,184,805	39

(注) 従業者4人以上の事業所に対する標本調査。1-4-1 図及び1-4-9 図とはデータの出所が異なり、本表では臨時雇用者を含む等、数値に違いがある。

[出所] 経済産業省「平成19年 工業統計表 産業編」

② 技術波及効果

航空機産業では、最先端の技術レベルと、極めて高い品質レベルが要求されるうえ、機械・電子・部品・素材など非常に広範で多岐にわたる産業分野に関連する。そのため、新技術の開発や高度化が促進されるとともに、その技術的な成果が広い領域に波及していくという特質をもっている。これまで、航空機産業から波及した高度技術の例としては、アルミ合金、炭素繊維強化プラス

チック、ABS(アンチロック・ブレーキ・システム)、3次元 CATIA(航空機設計用)に開発された複雑形状にも対応可能な3次元設計ソフト)など、数多くの技術があり、自動車産業の技術進歩にも多大な影響を与えている。

この点について、日本航空宇宙工業会の計測によると、航空機産業は、1970年以降の約30年間に103兆円以上の技術波及効果を誘発したという。そして、この技術波及効果の金額は、自らの産業波及効果(12兆円)に比べて8.6倍に相当し、また、産業波及効果では遥かに及ばない自動車産業と比べても、技術波及効果でみると、自動車産業の3倍に相当すると指摘している。

図表 1-5-2 航空機産業と自動車産業の波及効果の比較 (1970年～1999年)

産業	当該産業の生産高		技術波及効果 (技術波及による生産誘発額)		産業波及効果 (産業波及による生産誘発額)	
	金額	倍率	金額	倍率	金額	倍率
航空機産業	11兆円	1	103兆円	1	12兆円	1
自動車産業	320兆円	29	34兆円	0.33	872兆円	73

(注) 産業波及効果: 生産活動などの当該産業の産業活動がその産業の産業活動を誘発する効果

技術波及効果: 当該産業で生み出された技術が他の産業に移転され、新製品の創製や生産活動の効率向上などの他の産業の活性化を誘発する効果

[出所] 日本航空宇宙工業会「産業連関表を利用した航空機関連技術の波及効果定量化に関する調査」

③ 生産数・開発期間・使用期間

航空機の1モデルあたりの生産数は、ベストセラーとされるB737でも年間372機(2009年の実納入数)に過ぎず、自動車と比べるまでもない。

完成機の納期は、製造レートと受注残により異なるが、例えばB737では月産38機の製造レートを前提として、受注残が2000機以上(ボーイング 2010年9月16日ニュースリリース)であることから、単純に計算すると52ヶ月後の納品となり、これも自動車とは比べものにならないほど長い。

新型機の開発に際しては、概ね2～4年周期で新型車が出る自動車産業に比べて相当に長い期間を要し、IT化による短縮化が図られたとされるB787の場合でも、2004年4月のプログラム・ローンチ(本格開発着手の正式決定)から既に6年以上経過している。その開発コストは約8,000億円以上と言われ、個々のケースにもよるが、自動車の20倍程度にのぼるとされている。

その半面、製品の使用期間はかなり長く、設計寿命は20年を目標として設計されているうえ、実際はメンテナンスによって40年程度利用されることも多い。乗用車の平均使用年数が11～12年とされていることと比べても、その長さがわかる。

航空機産業においては、メーカー側もユーザー側も非常に長い時間軸を前提にしており、それに耐えうる体力・資金力が必要なことがわかる。

④ パートナー・サプライヤーなど裾野産業の広がり

航空機は、数多くの部品で構成されている。例えば、代表的機種であるB777は、約3百万点の

部品を使用しているとされており、概ね2～3万点とされる自動車の部品点数と比べても、2桁もの違いがある。

こうした航空機部品の生産は、ファスナーなどごく一部の標準品を除き、各機種それぞれの違いに応じて異なる専用部品を開発しており、自動車産業におけるプラットフォームの共通化、部品の共用化のようなコストダウンの手法はとられていない。

図表 1-5-3 航空機と自動車の製品の相違点

	航空機	自動車
部品点数	3,000,000 点 ※1	20,000～30,000 点
年間生産数	372 機 ※2	数～数十万台／1モデル
開発期間	6年半 ※3	4年半 ※4
開発コスト	約 8,000 億円 ※5	400 億円～500 億円 ※6
使用年数	20 年 ※7	11.68 年 ※8
専用部品	ほとんど全て	部品共通化の傾向
品質管理	極めて厳しい (全プロセスでの厳しい検査)	厳しい
納期	長い	短い
サプライヤーへの外注比率	高い	70%(日本)※9
ユーザー	特定	不特定多数
価格	数億円～百数十億円	百万円～数百万円
販売方式	受注仕様生産 (エアライン毎に異なる)	受注仕様生産 (カタログ方式)

注1) B777 の部品点数。[出所]ボーイング ウェブサイト「777 型機あれこれ」

2) B737 SERIES の納入機数(2009 年)。[出所](財)日本航空機開発協会「民間航空機の受注状況」

3) B787 の想定開発期間。2004 年4月にプログラムローンチ(本格開発着手)、2010 年第4四半期デリバリー予定(ただし、その後再度延長あり)。出所:ボーイング 2010 年 5 月 12 日発表資料

4) トヨタ SAI の開発期間。2005 年3月に正式プロジェクト開始、2009 年 12 月発売。[出所]GAZOO.com「新しい時代が求める“高級”とは？」

5) B787 の想定開発コスト(2004 年価格)。[出所](財)日本航空機開発協会「航空機関連データ集」

6) 次世代自動車普及戦略検討会「次世代自動車普及戦略」(平成 21 年5月) 77 ページ

7) 民間輸送機の設計寿命の目標年数。

8) 2009 年 3 月末の軽自動車を除く乗用車の平均使用年数。[出所]自動車検査登録情報協会「わが国の自動車保有動向」

9) [出所](社)日本自動車工業会「日本の自動車と自動車部品産業」

品質管理については、安全性の要求が極めて厳しいことから、原則、全ての部品を対象に、出荷検査や製造・検査履歴の作成などを求め、徹底した管理が行われている。

部品サプライヤーへの外注体制については、自動車産業の場合、エンジンなど主要部品は完成車メーカーが内製するのが通常だが、航空機の場合、完成機メーカーはエンジンや電装品など

の製造をせず、翼や胴といった機体部品でさえも多くをパートナーやサプライヤーに外注して、自らは組み立てに特化する傾向にある(例えば、B777は、17カ国 900社以上のサプライヤーから部品を調達している)。その意味では、パートナーやサプライヤーとの高次な連携が不可欠である。

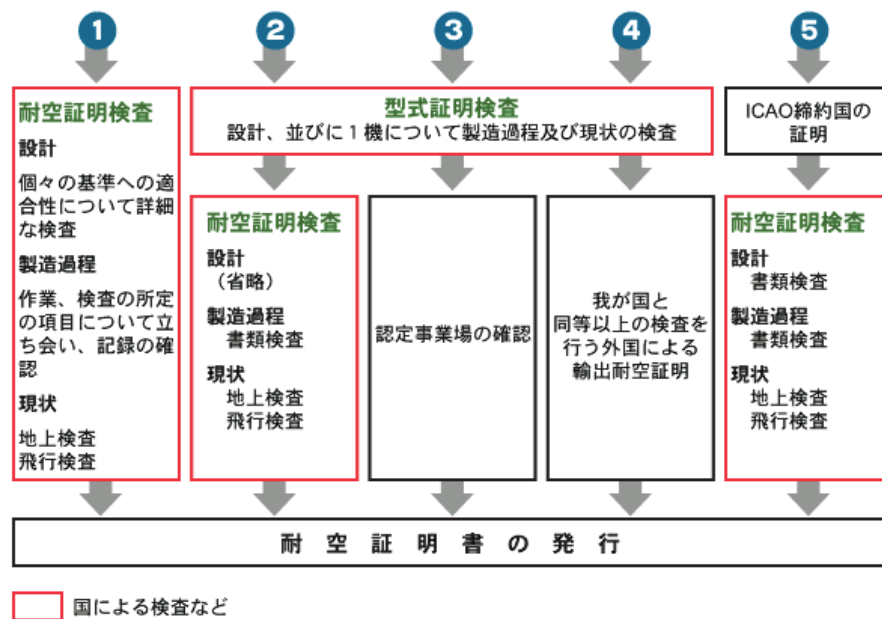
販売面に関しては、ビジネスジェット等の分野を除き、旅客機の売り先は世界のエアラインが中心で特定されている。航空機産業独特の取引スタイルとして、中大型機の場合では、購入する機に搭載するエンジンの製品種類を、ユーザー側が選択でき、完成機メーカーはこれに従って組み立て、納入する。内装も、ユーザー毎に仕様異なる。また、機体価格は数億円以上にのぼることから、購入資金調達のために、特殊な金融手法が活用されるケースも多い。

(2) 航空機産業に適用される安全上の規制

① 耐空証明と型式証明

航空機の運航では、万が一にも事故が発生した場合、その被害が極めて甚大なことから、その安全性を確保するために、政府によって特に厳格な監督規制がなされている。

図表 1-5-4 型式証明と耐空証明の取得（5つの検査ルート）



(注1)「型式証明」は、航空機の型式ごとに安全性を証明するもの。航空当局は、航空機の開発にあわせて、設計図面の審査や試作航空機を使った各種試験等を経た後、型式証明書を交付する。

(注2)「耐空証明」は、個別の航空機について、航空の用に供するために必要な証明。航空当局は、設計、製造過程、(完成後の)現状の3つについて検査を経た後、耐空証明書を発行する。ただし、あらかじめ「型式証明」発行済みの場合は、設計検査は省略、製造過程も書類検査のみとし、現状の検査(実際の機体による検査)を行う。また、国があらかじめ認定した航空機製造者(航空機製造検査認定事業場)が完成後の現状まで確認した場合は、国は実際の検査を行わない。さらに、日本と同等以上の検査を実施する外国の航空当局で輸出耐空証明書発行済みならば、実際の検査は行わない。有効期間は通常1年間で、1年ごとに更新要。

[出所] 国土交通省航空局 HP

まず、我が国で航空機を飛行させるためには、航空法第 11 条の規定により、「耐空証明」を受ける必要があり、国土交通省航空局(JCAB:Japan Civil Aviation Bureau)の耐空証明のための検査(個々の航空機の安全性を確認する検査)と、同法第 12 条に規定する「型式証明」のための検査(航空機の型式についての設計の安全性を確認する検査)を受け、安全確保と環境保全のための基準に適合していることが求められる。

同じく、米国では連邦航空局(FAA)が、欧州では欧州航空安全当局(EASA)が、それぞれ型式証明と耐空証明を要求しており、米国又は欧州で航空機を運航する場合はその取得が必要となる。

航空機の開発に際しては、開発作業そのものの難しさもさることながら、型式証明の取得のために長期に渡る厳しい試験を受ける必要があり、実際に納入に至るまでには、資金面でも作業面でも膨大な負担が求められる。

また、ボーイングやエアバス等の航空機メーカーは、それぞれ独自の品質管理基準を設定して実施している。それに従って、部品サプライヤーが納入する際には、基本的に全数検査を行う他、構築した製造工程についても航空機メーカーから資格を付与された検査官による定期的な検査等を受ける必要がある。

② 品質マネジメントシステム

航空機製造業界では、高い安全性を確保するため非常に厳格な品質管理が求められている。その規格として、「日本工業規格・品質マネジメントシステム—航空宇宙—要求事項(JIS Q 9100)」があり、航空機メーカーと取引する場合は、JISQ9100 に基づく品質管理が要求される。

航空機産業では、長い間、米国防総省が制定した MIL 規格(Military Standard)が使われていたが、1994 年から始まった米国防総省の調達改革により、多くの MIL 規格が改正又は廃止され、その代替規格となる ISO9001 への移行が進んだ。そのなかで、品質システムの規格である MIL-Q-9858A が廃止されたことから、ISO9001 が制定されて広く利用されている。しかしながらボーイング、エアバス等の航空機メーカーは、ISO9001 のみでは航空宇宙産業の要求を満たすことができないことから、それぞれが独自に ISO9001 を補う事項を部品サプライヤーに要求したため混乱が生じた。そこで、それらを共通の要求事項として統一し、ISO9001 の要求事項に追加する必要性が生じてきた。

こうした背景から、1998 年に世界の主要な航空宇宙関係企業が、「国際航空宇宙品質グループ(IAQG: International Aerospace Quality Group)」を設立し、品質の向上とコストダウンを目的とする「航空宇宙品質マネジメントシステムの国際統一規格(9100QMS)」を制定した。この 9100QMS と同じ内容で、日本では JIS Q 9100(品質マネジメントシステムに関する日本規格)、同様に、米国では AS9100、欧州では EN9100 として規格化され、相互承認されている。

③ 特殊工程の認証(Nadcap)

Nadcapとは、National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program の略で、特殊工程を管理・監督するための認証プログラムであり、世界の主要な完成機メーカーとエンジンメーカーが参加する PRI(Performance Review Institute)が 1990 年から運用を開始してい

る。特殊工程とは、溶接、化学処理、被膜処理、熱処理、非破壊検査など、容易にあるいは経済的に検査できない工程のことを言う。

従来はボーイング、GEなどのプライムメーカーが各々サプライヤーの特殊工程を認証していたが、PRI がプライムに代わって認証することで、プライムとサプライヤーの負担軽減が図られた。当初は米国で運用が開始され次いで欧州等に展開され、日本では 2002 年に(社)日本工業宇宙工業会の航空宇宙品質センター(JAQC)内にワーキンググループが設置されて導入が検討され、2005 年には PRI 日本事務所が開設された。現在では世界に唯一の統一した認証プログラムであり、航空機製品の特殊工程を含む製造に携わるためには、この認証が必須条件となってきている。

(3) 航空機産業に特有の諸要素

① 企画・設計・開発～量産への流れ

航空機の開発は、完成機メーカーがマーケティングを実施して新機種の概念設計を行い、国際共同開発体制を構築する。

次いでパートナーとなる“Tier 1”¹と称されるメーカー¹が完成機メーカーの拠点に集まり、自ら担当する部位の基本設計を進めていき、この最終段階に至って航空機の設計仕様がすべて固まる。

その後、パートナーは自らが設計した部位について詳細設計を行い、その傘下に位置する部品サプライヤーが、実際に製造できる状態まで図面に落とし込む作業を行う（航空機業界では機体や部品の設計図面を作成するにあたり、特殊な複雑形状も表現できる3次元ソフト「CATIA」を用い、設計情報を共有することが一般的となっている）。同時に航空機を量産するために必要な治工具も開発・製作し、それができた段階で試作工程へと進む。

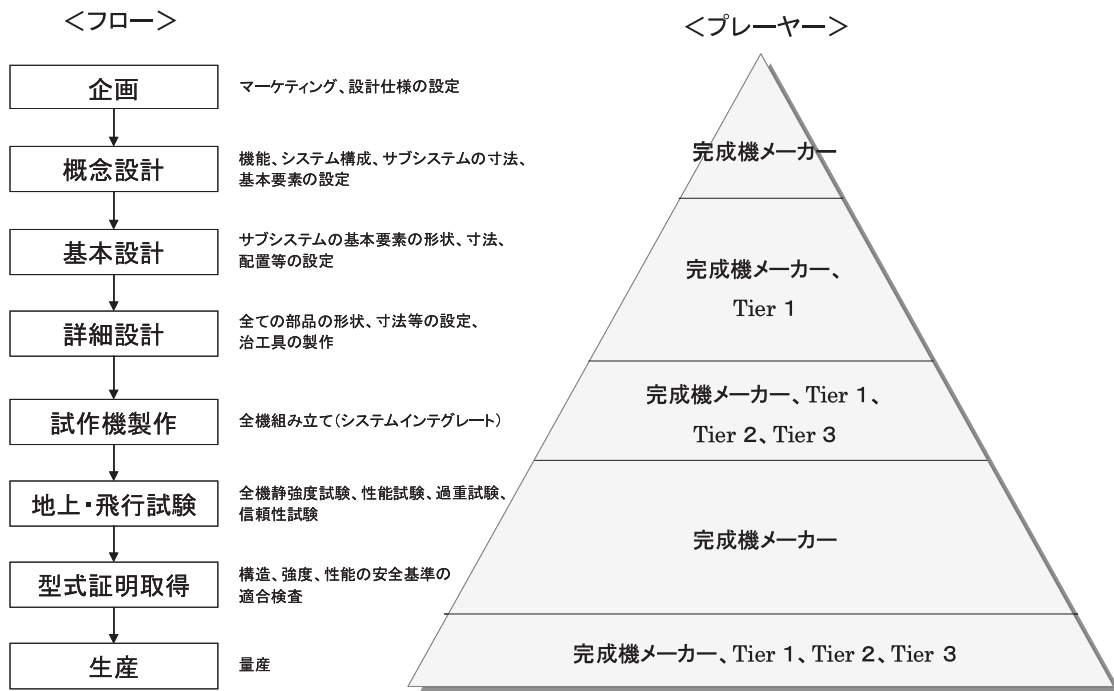
試作された部品とサブシステムが揃ったら、完成機メーカーはすべてのサブシステムをシステム・インテグレートして全機組み立てを行い、干渉などをチェックしたうえで試作機を完成させ、飛行試験を実施する。

飛行試験は通常4機の試作機をつくり、性能・信頼性などの試験を1年～1年半を費やして実施し、型式証明を取得する。通常、基本設計から初飛行までには5年程度かかるとされている。その後、航空当局から型式証明を取得すると初めて航空機として販売することができる。

航空機の企画・設計・開発～量産に至るフローと参画企業は、図表 1-6-5 のとおりであり、国際共同開発の参画形態(RSP、プログラムパートナー、サプライヤー等)に係わらず、総じて同じフローによる。

¹ Tier 1、Tier 2 などの呼称は、自動車産業など重層的な階層構造を持つ他産業においてもよく用いられる。図表 1-1-5 を参照。

図表 1-5-5 航空機の開発フロー



② トレーサビリティ

上述したとおり、航空機製造においては、厳しい安全性が要求されており、部品等の設計・製造から廃棄に至るまで数十年という航空機特有の長いライフサイクルを前提としながら、その全過程をたどるトレーサビリティ(履歴管理)が不可欠となっている。部品サプライヤーを含む航空機メーカー各社は、全ての製造部品について材料確認結果、製造、検査、出荷に至るまでの全作業を記録して識別管理できるようにしなければならないし、これを当該飛行機が退役するまで保管、管理する必要がある。

③ 整備・修理

ライフサイクルが長い航空機には、繰り返し整備・修理・分解点検を行う必要があることから、これを市場基盤としたMRO(Maintenance, Repair & Overhaul)ビジネスが成立している。航空機の整備には、運航の合間に駐機場で行う「飛行間整備」、1～2ヶ月程度の間隔で行う「軽整備」、1～2年程度の間隔で行う「点検整備」、5年程度の間隔で行う「重整備」があり、大きなアフター・マーケットが形成されている。

「O&M's annual. MRO Forecast」によると、世界の民間ジェット機のMRO市場規模は、2007年で410億ドルとされており、2012年には518億ドル、2017年には629億ドルに拡大すると予測されている。航空機では約300万点にもなる数多くの部品を30年以上の長期に渡って使用するため、交換部品の需要も将来にわたって大きく見込まれるのである。

その整備・修理には、航空機開発プロセスにもともと当初から参画しているメーカー製の

OEM(Original Equipment Manufacturer)部品、いわば“純正部品”を使うのが一般的である。ただし、航空当局は、OEM 部品以外の部品製造や販売も認めており、他メーカーが製造して正式に当局の承認を受けた航空機部品(PMA 部品。Parts Manufacturer Approval)も使われている。

近年、新規航空機ビジネスの販売競争が激化し、コスト競争や巨額の投資が求められていることから、OEM メーカーは交換部品ビジネスによる収益まで見越して新規開発費の投資回収を算段する動きがある。一方、ユーザーである航空会社は、保有機の整備コストを低減するため、より安価なPMA 部品の購入を進めようとしており、OEM 部品とPMA 部品の間の競争も激しくなっている。

第1章補足 航空機産業と中小企業に関する先行研究

第1章を結ぶ前に、本稿の主題である航空機産業と中小企業に関する先行研究を、ここで改めて整理しておきたい。本稿の主題に直接的に関わる研究例もさることながら、まずは、航空機産業における取引に着目している論考を挙げると、例えば、武藤明則「航空機産業における国際共同開発の組織化プロセスと取引費用 -YX/B767 国際共同開発プロジェクトの事例研究-」(2000年、愛知学院大学経営学研究)、溝田誠吾「民間航空機産業のグローバル化「多層」ネットワーク」(2005年、専修大学社会科学研究所月報)、閑林亨平「航空機産業における企業の技術革新と競争戦略について-エアバスの共同開発・生産体制(A300からA340まで)」(2004年、中央大学大学院論究)、竹之内玲子「航空機産業におけるグローバル競争優位の構築 -ブラジルのエンブラエル社を事例として」(2004年、早稲田大学商学研究科紀要)、笹原伸一郎「航空機製造業の世界的再編とグローバル構造の構築」(2005年、専修大学経営研究所報)、西川純子「アメリカ航空宇宙産業 -歴史と現在」(2008年、日本経済評論社)等、多数の研究例がある。

このなかで、武藤(2000)は、YX/B767 国際プロジェクトの組織化プロジェクトとシステム統合を分析し、取引費用の発生要因を考察した。溝田(2005)は、2大メーカーであるボーイングとエアバスの国際共同開発と製造分担のグローバルネットワークについて実態を明らかにした。林(2004)は、ボーイングやマクダネルダグラスが支配する民間航空機市場の参入に成功したエアバスについて、商品開発戦略を中心とした競争戦略を分析した。この中で、エアバスは、コンピュータを中心とする飛行システム化等の技術革新性を最大限利用して、ボーイングとの商品差別化戦略を築いたと論じている。

また、竹之内(2004)は、ブラジルのエンブラエルが民営化 10 年程度で世界の主要メーカーに成長したことに着目して、その競争優位の源泉を考察している。そこでは、ドズのメタナショナル・アプローチに基づき、自国優位に立脚した戦略を超えて、グローバル規模での競争優位を確保する戦略を実践したことにより、本国のみではなく世界中で価値創造を行い、競争優位を構築することができたと指摘している。笹原(2005)は、世界の航空機産業の再編問題を軸にグローバル化の経緯と企業間戦略提携について分析を行い、グローバル競争関係のなかで国際提携、国際共同開発が主流となる必然性と現代航空産業が抱える問題点について論じている。さらに、西川(2008)は、アメリカの航空機産業を国防産業の視点から捉えて、アメリカの航空機産業が航空宇宙産業に転ずる過程を詳細に分析している。冷戦終結による軍事費の削減からアメリカ政府による軍需契約企業の集中統合化により寡占体制が生まれて、現在は軍産複合体として存在していることを論じている。

ただし、このように多数の航空機産業に関する先行研究があるものの、基本的に、欧米を中心とする海外の完成機メーカーや大手メーカーに焦点を当てているものであり、日本の航空機製造業に注目し、特に本稿が注目する同産業の裾野の広い部品サプライヤーについてまで焦点を当てた研究はほとんどみることができない。

そこで本稿では、我が国航空機産業を支える部品サプライヤーに焦点を当て、Tier 1～3 に至る取引構造、受発注様式の特異性を明らかにしようとしている。

第2章 航空機産業を担う先進的企業へのインタビュー調査

本章では、これまでみてきた航空機業界の全体構造や特徴を踏まえたうえで、個々の企業の役割、経営戦略、生産現場の実像、取引態様の詳細、今後の事業展開について深く掘り下げるため、先進的で特徴ある取り組みを実践している企業を対象に詳細なインタビュー調査を実施した。インタビュー調査先は、本稿の主眼である中小企業を含む部品サプライヤーはもちろん、完成機メーカーのパートナーに当たる大企業や、地域をあげて航空機業界への参入を目指す支援機関など多岐にわたっている。以下、まずは、部品サプライヤーへのヒアリング内容を詳細に示す。

1. 部品サプライヤーへのヒアリング内容の詳細（P38～P67）

<ヒアリング対象先一覧>

企業名	生產品目	生産分野	完成機メーカーからの位置
B社	航空機風防、先端複合材	機体	Tier 2
川西航空機器工業(株)	ファスナー、ワッシャー、クランプ、ボンディングジャンパー等	機体	Tier 2
(株)田中	防食ボルト、チタンボルト、電流絶縁ボルト等	機体等	Tier 2、3
E社	機体搭載用ワイヤーハーネス、機体搭載用パネル組立、航空機用板金組立	アビオニクスと飛行制御システム	Tier 2
C社	ジャイロ関係、航空機器、特殊機器	アビオニクスと飛行制御システム	Tier 2
H社	電子機器部品、油圧機器部品、機体部品、計器類、照準装置、内装品等	油圧システム、アビオニクスと飛行制御システム、機体等	Tier 2、3
L社	降着装置、降着装置システム、プロペラシステム、熱交換器等	降着システム等	Tier 1
三益工業(株)	航空機用操舵系油圧部品、エンジン部品、ランディングギア等	油圧システム、エンジン、降着システム等	Tier 2、3
D社	航空機の機体組立および艙装、材料疲労試験機、各種治工具等	機体その他	Tier 2

2. 部品サプライヤー支援機関へのヒアリング内容の詳細（P68～P73）

<ヒアリング対象先一覧>

組織名	事務局	所在地
飯田航空宇宙プロジェクト	(財)飯伊地域地場産業振興センター	長野県
ウイングウイン岡山	(財)岡山産業振興財団	岡山県

3. 大企業（パートナー）へのヒアリング内容の詳細（P74～P80）

<ヒアリング対象先一覧>

企業名	事業内容	主な生産分野
A社	船舶、発電プラント、環境装置、産業用機械、 航空・宇宙機器などの製造・販売・エンジニアリング	機体、 エンジン等
I社	資源・エネルギー事業、船舶・海洋事業、物流・社会基盤事 業、回転・産業機械事業、航空・宇宙事業、不動産事業等	エンジン

1. 部品サプライヤーへのヒアリング内容の詳細

企業名	B社		
本社所在地	愛知県北名古屋市	従業員数	165名
事業概要	航空機風防、先端複合材成形品の製造販売		
主要製品	航空機風防（キャノピー、ウィンドシールド等）、 先端複合材（航空機・ヘリコプター部品等）		

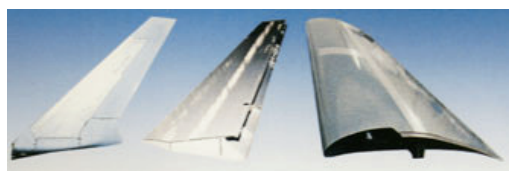
■主要拠点及び生産部品

名古屋空港の周辺に拠点を設置しており、本社工場では先端複合材（航空機・ヘリコプター部品等）の成形加工、春日井工場では航空機風防（キャノピー、ウィンドシールド等）を生産している。

従業員は全体で165名。一時は200名を超えたこともあったが、航空機業界の需要量は変動が大きく、受注量の浮き沈みを経ていくなかで、現状の規模に落ち着いている。



風防



先端複合材部品（翼部品）

■航空機関連事業の経緯

昭和20年に創業し、昭和29年に株式会社を設立した。当初、ガラスで風防を作っていたが、敗戦国の日本は航空機を作れなくなり、株式会社化した後から、米国から提供される図面を基に、プラスチック製の風防を成形するようになった。国内のプラスチック加工は、この頃から一般的に普及し始めたが、当社では航空機事業を手掛けていたおかげで、プラスチック成形の分野で時代を先行できたと言える。

航空機用の風防については、以前は大手の会社でも生産していたが、市場規模が小さいため、既に撤退した。その際、撤退した各社の生産設備も当社に移管受けて、今は当社だけが風防を提供している。

特に、防衛産業向けの部品は、海外輸出で市場拡大することができないため、非常に数量の少ない多品種少量生産とならざるを得ない。そのため、大きな会社では継続が難しいのである。

風防のほかにも、当社では、主力発注元などの設計図面に基づいて、B787用を含めた複合材¹⁵の成形をしている。

過去には、自動車の安全ガラス、FRPのバスタブ等を手掛けたこともあったが、現在は航空機風防と先端複合材の2分野に事業を集約してきた。

■当社の特徴

風防製造では、アクリル・ポリカーボネート等の大型シート成形技術を活用した大型ドーム等の成形や、曲面体に金属蒸着（スパッタリング）による防曇や電磁波シールドを施すなど、幅広い成形・加工を行っている。先端複合材加工としては、ガラス・カーボン・アラミド等の繊維とエポキシ・フェノール等の樹脂を組み合わせた最先端の構造材料を使用して、ヘリコプター、航空機、ソーラーカーボディーなど、軽量で強く複雑な形状が要求される部品の成形を行っている。

当社の強みは、国内発注元との長年の取引で培った信頼関係と、扱っている製品が特殊な分野であることが幸いしている。半面、積極的に営業活動するような姿勢に欠ける面が課題ではある。

¹⁵ カーボン繊維とプラスチックなど2つ以上の異なる素材を一体的に組み合わせて機能を強化した材料

■取引慣行

[受注・契約]

発注元から、試作の相談時に見積りを依頼される。この見積りには、試作に係る費用全体を含めるが、工場、機械設備、汎用治具等、他にも使用出来るものは自社で負担することとして除外する。契約金額は、発注元により類似品の価格も考慮しながら、見積り内容の妥当性について確認し、更に、予算事情等も勘案して、最終的に当事者間で調整して決定する。この場合、当該試作に係る費用全体がカバーされることは殆どない。また、試作が完了した段階で、契約金額が一括して支払われなくて量産時に分割して支払われる場合もある。

新型機の部品を試作するには、結局は量産するのと同じ程度 of 設備が必要になるので、試作にかかるコストは膨大な金額になる。試作が完了すると、契約関係は一旦完了するが、実際には量産も受注できることが多い。試作用治具の所有権は発注元側にあるものの、治具自体に当社の技術・ノウハウも入っているので、発注元は当社が作った治具を競合他社に渡して、量産だけ他社に発注するケースは少ない。

[開発サポート]

発注元は、航空機の新機種開発プロジェクト開始早々の段階から、部品サプライヤーにテストピースを繰り返し試作させて、スペックを固めていく。当社は、機密保持能力も含め、そうした仕事を任せられる会社として発注元を選んでいただいております、開発段階から発注元をサポートしていると言える。

こうした開発段階における試作とすり合わせを繰り返すなかで、先方の視点と詳細なニーズを把握することができます。その顧客ニーズに基づき、当社の設備に合うものを具体的に検討していき、場合によっては今後の活用が見込まれる設備を先行導入して、発注元の開発業務を手厚くサポートしている。

[認証・品質管理]

民間航空機の生産は、当社の品質管理体制について ISO9001 及び JISQ9100 の認証を受けた上で、ボーイングやボンバルディアなど国内外の航空機メーカーが行う独自の工程審査に合格することが必要となる。

また、一部の特殊工程(コンポジット、非破壊検査など)については、Nadcap(航空機業界共通の国際特殊工程認証システム)の認証取得が必要になる。(JISQ9100は、管理の体制そのものに関するものなので、これに適合したからと言って何かが作れるわけではない。この点、Nadcapは、特殊工程の一般的なプロセスに関するものであるが、さらに個別具体的なプロセスは、ボーイング等の機種ごとのスペックにより細かく規定される。)

こうした機種ごとの個別具体的なプロセスにわたる品質・工程管理システムにより当社が成形した製品は、通常の検査に加えて、非破壊検査(NDI)もおこなって品質を保証することが義務付けられている。非破壊検査を担当するオペレーターは、一定の研修期間を経て、公的機関の資格(レベルⅢ)を取得する必要がある。

このように、複合材の品質要求は、出来上がった製品だけ調べても品質の良否が判断できない場合が多いこともあり、特に厳しく、工程・設備についてもチェックし、記録することが求められる上、先にも述べた製品内や接着部分の傷・泡等まで超音波探傷機により、非破壊検査を実施しているのである。

また、設備に対する制約も厳しく、特定の設備については、固有番号まで認定対象になるので、同性能の機械でも認定を受けていないものは使えない。

[秘密保持体制]

秘密保持については、管理体制が特に厳しく問われる。当社企業規模の割に、そうした情報セキュリティ管理面に多くの投資をしている。パソコンの持ち出し管理やデータの暗号化など、様々な面で配慮している。データ流出のインパクトは非常に大きいので、ウィニー問題のようなトラブルが発生しないよう、完璧を期している。

■人材育成

航空機産業だから、全ての工程の難易度が高いかと言うとそうでもないが、自動化することが難しく、労働集約的で、職人的な技能を要する作業は多い。例えば、風防などの成形品を仕上げる工程では、わずかな傷や歪みもないよう三次元的に研磨する技能が必要である。

その技能をマスターするには、概ね 10 年から 20 年の長い期間が必要である。粗い研磨であれば機械や新人でもできるが、最後の仕上げの段階は、ある種の感性的なものまで求められるため、高い技能をもったベテランでなければ任せられない。

また、生産技術部門の技術者は、当社にとって中核的人材であり、治具の設計から生産設備のエンジニアリングまで、幅広い業務を担当している。今後は、CATIA(設計、解析ソフト)に対応できる人材を増やし、設計能力を更に高めて、試作段階で設計・生産プランを発注元に提案できるまでにしていきたい。

■現下の事業環境

民間航空機分野については、B787 の取引が始まったが、今後、787 がどのくらいのスピードで生産が伸びていくのか、未だに不透明である。

当社は、充実した設備を揃えている一方で、設備投資の資金負担が大きい。787 の生産が当初の計画どおり本格的に始まるとしたら、ラインをフル稼働して 24 時間操業できるよう準備をしているが、ボーイング側の事情もあり未だ稼働率を高められない。設備投資に向けた融資について、銀行から必要時期を尋ねられても、当社では明確に答えられないという状況にある。

■今後の事業展開の方向性

かつて、日本の航空機産業は、実質的には防衛航空機を中心とする産業であったと言える。防衛航空機の市場は、規模は小さいものの成長が続いていたが、F22 問題を含め、現状は新たな航空機開発のプロジェクトがないため、業界も当社も仕事量が減っている。この危機を乗り越えて生き残るためにも、海外市場も期待できる民間機の需要を掘り起こす必要がある。

■新規参入における留意点

[技術]

例えば、オートクレーブ(複合材硬化炉)等の設備を導入している企業は少なくないが、航空機用の複合材を成形する技術を持った企業となると限られてくる。設備は金を出せば買えるが、それを使って発注元の信用を得られるモノづくりができるようになるには、時間と経

験が必要である。当社は昭和 62 年から複合材製品の生産を開始したが、20 数年たって、何とか作ることに掛けては一人前になったという状況にある。

[リスク対応]

航空機産業に興味を示す人たちは、「加工精度には自信がある。仕事を貰えば、これくらいは作れる」という考えをもっているようだが、大事どころが抜けているように感じる。この業界では、特有の厳しいリスク管理・品質管理が求められ、しっかり対応できなければ、高い技術があっても仕事を取ることはできない。

[取引数量と供給責任]

航空機産業においては、数量の規模の感覚が、自動車業界などとは全く異なる。月産2個、多くても月産8個というようなオーダーである。こうした少ない生産量では価格競争力を発揮するのは難しい。

或る自動車部品メーカーは、かつて航空機部品を提供していたが、10 年程度で撤退してしまった。

また、航空機の世界では最低でも 30 年、YS-11 など既に数十年前の機体でも現役で飛んでいる限りは、部品も供給せざるを得ない。オーダーが続く限り、効率が良くなくても責任持って最後まで在庫保持あるいは生産しなければならない。

企業名	川西航空機器工業株式会社		
本社所在地	兵庫県川西市	従業員数	82名
事業概要	航空・宇宙機器用共通部品、機械加工品、溶接組立品等の製造		
主要製品	ファスナー、ワッシャー、クランプ、ボンディングジャンパー等		

■主要拠点及び生産部品

兵庫県内の本社工場と栃木県内の工場で、航空・宇宙用のファスナー、ワッシャー、クランプ、ボンディングジャンパーなどの標準部品を設計、製造、販売している。その他、機械加工品、薄板板金構造物、溶接組立品などを製造している。

■製品供給先

防衛省、三菱重工業、川崎重工業、IHI、富士重工業などの航空機メーカーに供給している。防衛用が中心であり、民間機向けは少ない。

■当社の特徴

当社の航空機標準部品は、8,500種類の種類を常時持っている。年間3,700種類くらいを出荷しており、3年で1巡するペース。最も多く生産しているワッシャーの場合、1種類につき年間100万個、ワッシャー全体で1,000万個作る。ただし、100万個つくるものもあれば、1年に1個しかつからない部品もある。たとえ、旨みの少ない1個の発注でも使命感をもって受けているため、発注元からは大事にいただいている。

この分野の共通部品・標準部品に当たる製品は、当社が独占している。各機固有の主翼をつなぐ金具などについては、当社より一回り大きな企業5～6社と競合するが、規模が大きな企業に比べて、当社は小回りが利くところが評価されている。

航空機の場合、20～30年後位に機体がリタイアするまで部品供給が求められる。部品の定期交換のほか、イレギュラーに必要なときもあるので、細かな部品も在庫として常備している。

■取引慣行

[材料調達]

標準部品用の材料は、自社の勘定で仕入れするが、当社では購買力が弱いいため、主力発注元の三菱重工業に当社分もまとめて購入してもらっている。それ以外の特殊なものは自社単独で購入している。材料は、95%以上米国から輸入しているが、品質はあまり信頼できない。しかし、航空機の規格に基づく国産材料が手に入らないため、仕方なく輸入している。国内メーカーでも、仮に当社が年間100tくらい発注すれば適合品をつくってくれるかもしれないが、当社で使うのはせいぜい数百kg程度にすぎず、この量では相手にしてくれない。アメリカでは航空機材料の需要が大きく、量産しており、商社を経由してそれを購入している。

最近では、航空宇宙用の材料でも商社が仲立ちするようになり、品質より価格が優先する傾向にある。ときには、証明書が付いていても、実際は違う材料成分が混入していることがあり油断できない。そのため、自社で材料成分の分析システムを使って確認せざるを得ない状況になりつつある。不良品は返却するが、納入先 Tier 1クラスでは、材料の検査・返却に数億円の負担が出ているとき。

以前は、ファクトリーニューの材料を米国の材料メーカーから直接購入していたが、今は材料メーカー側が、収益拡大のため、全部流通市場に出すようになったことが背景にある。安くて早く調達できるようにはなったが、そういった材料のなかには、規格は通っていても質の良くないものがあり、材料調達には大きな苦勞を伴う。まだ検品で判明すればよいが、見落として飛行機事故が発生したら許されない。部品サプライヤーとしては異材の使用だけは絶対にやってはいけない。昨年、防衛省のP-X、C-Xの開発段階で、使用したリベットに異材が混入していることがわかり、改めて機体を分解し、リベッ

トをすべて交換する騒ぎがあった。航空機メーカーの現場担当者が「このリベットはおかしい」と指摘したが、材料証明書が備わっていたため、品質管理担当者がOKと判断してしまったようだ。

[受注]

同種の部品サプライヤーは以前4社あったが、今残っているのは当社だけ。自動車の需要に引っ張られて、航空機から撤退したため、航空機分野は当社が独占している。

主翼の金具については、5~6社集められてコンペによって選定される。発注元による業者の選定は、実質的には購買部門ではなく、技術部門が決めている。

ちなみに、航空業界では、当社に限らず、部品サプライヤーも、発注元の“パートナー”として尊重してもらっている雰囲気がある。協力会には、機密に属するような重要な情報も伝えてくれることがある。

[価格]

標準部品であるクランプの米国での販売価格は、だいたい日本の5分の1と安い。ただし、米国製のクランプは、航空機用の規格に合格していても、水道栓程度の品質レベルである。個々の金具の試作品は、量産段階の20~30倍の価格で発注がある。試作段階で、量産受注を見込んで多少安くすることもある。

値下げ要求は、年に一度、期末の時期に要求があり、その要求を受け入れないといけないこともある。その際に、来期の新しい部品の発注情報を同時にもらえることも多いので、ある種の駆け引きで値下げに応じることもある。これとは別に、量産期間の経過に応じた習熟カーブに沿っての単価引き下げは、最初から見込んでいる。

[金型補償]

かつて、金型は発注元が所有権を持ったが、今では、発注元が資産として計上することを嫌うようになったため、すべて当社が所有するようになった。その費用は、販売単価に頭割りして上乗せしているため、計画通りの生産にならないと当社が損することになる。

[生産数量]

発注元の航空機メーカーは、見積り段階では生産数量を示さないため、単価を設定するうえで、独自に機体の予想生産量などのデータを集めて、生涯数量を読むしかない。読み違えたとしても、発注元からは特に補償はない。

防衛用の発注数量は、公表されている防衛予算の情報などを基礎に、エンジンメーカー等に行き、エンジン生産ペース、補用品などの情報を聞いて予想する。読みが外れることはあまりない。一方、民間機の場合は、注文のキャンセルがあるかもしれないので、発注元の機体メーカーは言質をとられないようにしている。主力発注元に聞いても「航空会社は“機数はお客様が決めること”と言っている」と言う程度である。その一方で、「1,000機に届きそう」というような情報を伝えてくれる場合もある。

例えば、あるヘリコプターの例だが、開発時は500機ベースと伝え聞いていたが、当社はせいぜい300機と読んだ。しかし、実際には500機を大きく超え、結局1,000機の生産となった。

[生産]

実際の生産工程は、量産前の段階で試験を繰り返して事細かに決める。航空機業界の場合、安全性を何より優先する観点から、量産段階になると、いったん決められた手順を変更することは、基本的にできなくなり、工程を「フリーズ」させる。

[外注]

当社の協力工場は13社あり、1人の工場もあるし20人くらいの工場もある。当社が協力会社を指導・監督する立場であり、工具も提供している。当社の品質保証の担当者が訪問して、計測器の検定も行う。社内に検査員の資格をもっている者が20人ほどいるので、このスタッフが訪問検査を行う。その会社全体の雰囲気を肌で感じたい、という理由もある。孫請けの会社は無く、直接当社の目の届く範囲でやってもらっており、材料も支給している。

[認証・品質管理]

航空宇宙業界には、JISQ9100 が取得できなければ参入できない。当社では、当初から防衛省規格の品質管理を行っており、ISO9001 が日本でオープンになった時、いち早く取得した。次に JISQ9100 が出た時にも、いち早く認証取得した。当社くらいの規模の会社としては、最も早い時期と思う。ISO9001 は、防衛省の品質管理システムとほぼ同じレベルだったが、JISQ9100 は、ISO9001 に比べて要求事項が 10 倍以上あり、品質記録を保持する範囲も非常に広い。JISQ9100 に移行する時は、かなり苦労した。品質記録類の維持管理が、9001 に比べて 9100 はかなりシビアである。

Nadcap は、主力発注元がどう対応するかを見守っている。現段階では、FAA と Nadcap の認証がなければアメリカでは飛べない。MRJ が適応するかどうかは微妙な状況にある。また、Nadcap の認証機関が日本国内にないので、日本国内で認証取得できるようにしようという動きがある。確かに、MRJ に関わる当社の特殊工程は、Nadcap の認証が必要なものである。しかし、今のシステムでは認証取得のメリットは少ない。米国航空機メーカー向けの部品は手がけているが、加工は主力発注元がやっているからである。仮に取得すると、1 年ごとに申請が必要で、2~3ヶ月の審査期間がかかる。審査費用も高いし、審査チームの米国からの旅費まで負担しなければならないが、日本国内で認証できると、期間短縮・負担軽減になる。技術面については当社では特に難しさはない。

JISQ9100 は、2年に一度更新している。一旦、認証を取得すると、それ以降は日常業務で蓄積したデータを見せるだけなので、基本的にはそれほど大変な負担ではない。それでも、当社の場合で関連文書やデータは厚さ5cm のファイルで 20 冊分にも及ぶ。そうした社内規定や履歴データを管理する情報システムを社内で自前で構築したが、それ以降楽になった。今は経営データもすべて LAN で管理し、紙ではなく電子決裁している。このように社内体制全体を変えないと、この業界には入りにくい。航空機メーカーがチェックするのは、こういった全社的な管理システム。「この認証データを見せて」と言われたら、すぐ見せられるようにしているの

で、安心してもらっている。

JISQ9100 に加えて、航空機メーカー、エンジンメーカーの検査員も別個に来る。各社の検査も基本的な考え方は JISQ9100 の考えであるが、それぞれ独自の基準で少しずつ異なる。

更新時には、審査結果の評点がネットで公表される。当業界の関係者は、全部見ることができる。当社は、これまで 1,000 点満点を維持し続けている。大手は当然欠点ゼロだが、100 人規模では当社しかいない。QMS がきちんと機能していると胸をはって言える。

■人材育成

設計・製造の人材育成は、3年くらいの期間がかかる。3次元 CATIA を活用できる能力、すなわち、CATIA の設計データを変換して、加工機械のプログラムに落とし込む。加工機械は、5軸制御のマシニングセンタを使っているが、CATIA データをマシン語に変換するソフトと、そのデータを加工機械に入力するための変換ソフトの2種類のソフトを扱えないといけない。CATIA のデータを扱えるのは、技術部門の5人のうち2人、現場の8人中の2人、検査部門の4人中の1人だけである。MRJも CATIA を使うので、近い将来、全員が扱えるようにしなければならない。こうした育成費用は、まさに投資であり、蓄積して当社の力になる。

もともと CATIA を入れた当初は、主力取引先を含む 2社の仕事をさせてもらうため、同社に研修に出して勉強させてもらった。

従業員のモチベーション向上のためには、例えば、社員旅行などの際、納入先の見学会に寄ってくる。そこで、完成機のプレーキシステムに自社のクランプが使用されている姿を見ると、「うちのを使っている」との声があがる。自分の作業がどこに繋がっているか考えさせることがやる気を生む。

■新規参入について

航空機業界に新たに参入したいという企業がよく話を聞きにくるが、いろいろ説明すると、99.0%の企業はあきらめてしまう。お金をかけてインフラ整備ができない、JISQ9100 の取得を途中で断念してしまうということが理由である。確かに、体制整備やシステム構築の費用

など、多額の投資が必要となる。

当社は、創業時から防衛関係の仕事をしており、そこから発展して、民間機の仕事にも視野を広げ、JISQ9100 取得に進んできたが、これから新規参入を考える際の最大の問題は、やはり JISQ9100 のハードルを越えられるかである。ISO9001 とは全く違うレベルであることを理解しないとイケない。

■今後の取り組み

[マーケット]

マーケットは防衛機を中心として考えている。海外生産は考えていない。現在は年商 13 億円だが、25 億円まではいくと思う。それ以上の売上を目指す場合は、脱防衛が必要となる。しかし、当社の創業者は、国防のために会社を興したので、その意思を尊重していきたい。国防の需要が減る一方とは考えられない。

民間機については、B787 の稼動部材の引き合いがあるが、当初の計画どおり月産 10 機が実現するとすると大変なことになる。今の協力工場だけではできないので、新しい協力会社を探さなければならない。

[技術]

軽量の複合材の利用が増加し、シームレスが進んできているが、機体が複合材になっても、つなぎの金具は今後とも絶対に必要であり、そこが当社の生きて行く道であると考えている。技術面での対応としては、複雑形状の部品も加工できる最新のものを入れている。切削工具など新しいツールの対応も進めている。新しい機械は、加工時間の短縮につながり仕上がりも良くなるので、今後も最新加工技術を研究して、対応していきたい。

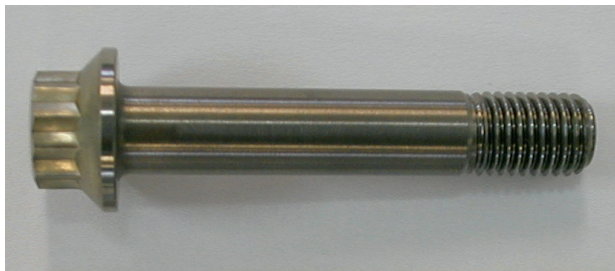
また、これまでは、発注元作成の図面に忠実に従って加工する、いわゆる「貸与図」方式だったが、今後は、機体のドアの一部ユニット等について、設計段階から関与できればよいと思っている。仕事の幅が広がるし、収益機会も増やせる。そのためにも CATIA 技術など設計能力をいっそう向上させたい。

企業名	株式会社 田中		
本社所在地	大阪府大阪市	従業員数	17名
事業概要	水道用ボルト、航空機用ボルト等の製造販売等		
主要製品	防食ボルト、チタンボルト、電流絶縁ボルト等		

■主要拠点及び生産部品

大阪市の本社と大阪府下の事業所の2拠点で特殊品のボルト、ナット等を製造している。その他、大阪府にある関連会社では、プラズマ浸炭設備を設置して、特殊な熱処理事業を行っている。

当社のボルトは、焼き付き防止や耐腐食性を高めた特殊なボルトであり、自社オリジナル仕様及び顧客仕様の特殊品をつくっている。用途は水道用が中心であり、火力発電所等の化学装置、ユーザー仕様の特殊品を製造している。航空機用では、炭素繊維複合材締結用チタン合金ボルトの開発、パーツの表面処理加工を行っている。



航空機用チタン合金ボルト

■当社の特徴

当社が開発したプラズマ浸炭処理技術は、耐食性や強度を落さず金属表面を改質できる技術で、ネジ部品の焼付き・かじり(いずれも接触面の損傷)防止に有効であり、難浸炭材料であるチタン、チタン合金、ステンレスにも適用可能である。この技術は、宇宙航空研究開発機構の国際宇宙ステーションのアクムレータ部品などのチタン部品の製造に使用されている。(当社と三菱重工業が共同で、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の技術規格を取得した。)

また、航空機で利用されている複合材(CFRP)を締結するチタン合金ボルト等にも適用できる。

■航空機業界参入の経緯

[ボーイングへの営業の経緯]

当社は、昭和46年に水道用ボルト及び顧客仕様の特殊品の製造販売会社として設立された。56年には、標準品のボルトを加工して付加価値をつけた自社製品を開発し、国内では安定した売上げを実現した。次に、海外への輸出を狙い、昭和59年に米国の水道用ボルト市場への参入を図って、シアトルに子会社を設立した。

進出先のシアトルにはボーイングの工場があり、ボルトを販売するため、活発な営業攻勢を掛けたことが功を奏し、2ヶ月後には出入りを許された。その2年後、当社のボルト加工の実績を知っているボーイング社エンジニアから、航空機用ボルトに適用したい技術上のニーズがあることを聞くことができた。当時ボーイングでは777の開発を進めており、尾翼に複合材(CFRP)を使用することが決まっていた。これを従来のフェノール樹脂被膜を施したステンレスボルトで締める場合、同ボルトは導電性がないので落雷対策のためにそのままでは使用できない。そのためCFRP側のボルト穴に導電性のある金属スリーブを入れている。

チタン合金ボルトは本来導電性があるので、そうした対策は不要であるが、半面、チタン合金材料は熱伝導率がステンレスの約1/2と小さいため、そのままではCFRPとボルトの間に摩擦が発生し、離着陸等の振動を繰り返すことにより、いずれは摩耗して隙間ができてしまう。すると雷が落ちた場合ボルトからCFRPへとスムーズに電流を放出することができず、爆発が起こる可能性がある。そこで、ボルト表面を硬化処理し、摩耗を防いで隙間が生じないようにする必要があった。

[技術開発]

その頃、プラザ合意によって円高が進行したため、

アメリカの販売拠点からは撤退したが、ボーイングの技術ニーズへの課題対応については日本に持ち帰り、国内で開発に取り組んだ。実際の開発にあたっては、大阪府立産業技術総合研究所の技術メニューをもとに共同開発を行い、グロー放電によるプラズマを利用してチタン等の表面を硬化させるプラズマ浸炭処理技術の開発に成功した。この技術をもってボーイングに提案したところ、折り返して、硬さ、強度等の具体的な要求があり、改良を重ねた結果、平成12年に要求水準を満たすまでに至った。その後政府の委託事業を獲得して、プラズマ浸炭処理のチタン合金ボルトの量産技術の開発に取り組み、平成22年3月には量産できるようになった。価格は従来のボルトと同等以下でないと採用されないが、量産技術の開発によって価格条件をクリアすることができた。多額の投資を行ったため数年資金不足が続いたが、特許権を裏付けに銀行が運転資金を融資してくれて、乗り切ることができた。

【製品開発・規格認定】

これ以前に、ボーイングにプラズマ浸炭処理のチタン合金ボルトを売り込んだところ、評価試験に合格した後、ボーイングにボルトを供給している米国企業3社を紹介された。その中の1社で大手のアルミ製品メーカーから、当社の技術の独占契約をしたいとのオファーを受けた。この技術は日米で特許を取得していたものの、1社独占によって制約されたり技術を取られることが懸念されたため、そのオファーは断った。

ボーイングの航空機にこのボルトが採用されるためには、ボーイングの規格として認定される必要がある。そこで、まず JAXA 規格の認定を取得することとした。三菱重工業と当社が共同で申請し、JAXA 規格で当該製造技術を示す固有の番号を取得したことで、その番号で認識される特定の技術利用として、世界15カ国が参加している国際宇宙ステーションに限定したプロセス技術の認定を取得した。これによって、利用される技術の範囲が明確にされ、境界線があいまいのまま、当社のボルト製造技術全般が制約を受けたりしないようにできた。

それと言うのも、軍用機やロケット・衛星等に採用された新技術は、以降、米国輸出には、民間転用禁止にな

るので、こうしたものに該当しないよう、弁護士に相談しつつ気を使った。

平成20年には、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択を受けて、「プラズマ処理した高信頼性締結部材の開発」を行い、プラズマ浸炭加工を製造工程に導入したチタン合金ねじの量産体制を整えた。22年には、経済産業省の支援を受けて、ボーイング社にて航空機用部品の新規採用に関する交渉に当たったところである。

【技術に関する科学的根拠】

航空機産業の技術は、科学的な根拠によって技術の理論的な裏付けがないと信頼されない。

そこで、航空機で使用するに当たり、プラズマ浸炭処理技術をボルトに施した場合での安全性、技術の優位性を科学的に検証するため、社員を大学院に送り込んで研究させ、博士号を取得させた。疲労特性の向上を立証することが一番の目的であったが、学術的な研究により、科学的な裏付けをとることができた。併せて、ボーイングの信頼を獲得することができた。

【責任配分】

例えば、ボーイング機の分担部位について設計責任を負っている機体メーカーであっても、ボルトはボーイング社指定のものを使用することになっているので、その責任はボーイングが負い、代りに、パートナーの機体メーカーはボルトの選定に関われない。

■今後の事業展開の方向性

【国産ボルトの開発】

B787には1機あたり数十万本のボルトが使われているが、まずはその内の数百本のボルトの受注を獲得したい。チタン合金の材料である航空機用高品質なスポンジチタンは、日本が世界一の生産量を誇っており、米国にひけをとらない。スポンジチタンを固めたインゴットも日本の大手鉄鋼メーカーが航空機用に生産している。チタン合金ボルトの製造は、そのインゴットを延ばしてバーやコイルにする必要があるが、特に近畿にはそれを得意とする中小企業がたくさん活動しており、東大阪はその集積地である。そうした地理的優位性を活

かして、“国産”のチタン合金ボルトを作りたい。

この国産ボルトを作るためには、米国の材料規格の認定を取得する必要があるが、コンサルタントを入れて勉強しなければならない。ボルトメーカーは下請けではなく、サプライヤーであり、装備品メーカーと同じく Tier 1 である。品質保証から FAA や国土交通省の型式認証まで全て自分でやらなければならない。社内の体制、製造設備、生産管理などがチェックされる。承認までの時間は既に準備を整えてきたので、それほど長くはかからない。

【営業販売】

チタン合金ボルトの販売は、MRJ もターゲットにしている。MRJ のボルトの材料は、価格が高く入手が困難などのある米国の材料ではなく、国産の材料を採用したい。新型機の開発は、新技術採用のチャンスであり、ボーイングの認定を取得した後は MRJ への販売に注力する。

【認証・品質管理】

航空・宇宙の品質保証規格 JISQ9100 の審査登録を果たした。

【トレーサビリティ】

当社がボルト事業で学んできた工程管理のノウハウなどを活かして、トレーサビリティ連携データベースシステムを開発した。これは国の補助金を受けて開発したシステムで、自社でつくると 5000 万円程度の費用が必要となる。このトレーサビリティを使うと、発注元の信頼を得ることができる。

【中小企業の連携】

当社はボルトを製造する会社であるが、他の機能をもつ中小企業5社が出資して航空機部品を一貫して生産、販売するオー・ワイ・キューブを設立した。この会社が営業、受注し、生産、加工はトレーサビリティシステムの相互利用に参加した 10 社の中小企業が行う。現在、大手装備品メーカーや機体メーカーに対して営業活動を行っている他、アフターマーケット市場を狙っており、その需要開拓も取り組んでいる。

■新規参入のポイント

【JIS9100 の認証取得】

航空業界では ISO9001 の認証に加えて、JISQ9100 の認証も取得する必要がある。

大阪の航空機業界への参入をめざす中小企業の団体である次世代型航空機部品供給ネットワークでは、当社や一部の企業が先行して取得した後、他の中小企業にそのノウハウを提供し、全社が容易にできるように取り組んでいる。

【見積の判断】

量産段階の見積については、発注元である機体メーカーからの直接の情報は取りにくく、自社で調べて判断することになるが、生産個数など自分の判断となるため読み間違いのリスクがある。一方、試作の場合は政府の委託事業として行う事が出来たので、大きなリスクは回避する事ができた。

【長期的な供給責任】

契約により、航空機の機体のライフサイクルに渡って、製品を供給しつづけることが義務づけられるため、途中でやめることができない。機体のライフサイクルは 30 年以上もある。

企業名	E株式会社		
本社所在地	愛知県犬山市	従業員数	223名
事業概要	高信頼性ワイヤーハーネス・ケーブルの設計・開発・製造及びサービス提供、航空機用板金部品の製造等		
主要製品	機体搭載用ワイヤーハーネス、機体搭載用パネル組立、航空機用板金組立		

■主要拠点及び生産部品

製造は全て愛知県の本社で行っており、営業拠点として横浜に営業所を設置している。

航空機用ワイヤーハーネスのほか、計測・試験装置の設計・開発・製造にも進出し、事業を拡大してきた。特に、種子島宇宙センターのロケット用地上支援装置に関しては、Nロケットから H-ⅡB ロケットまで幅広く関わってきた。

その中から、電装品の品質保証に不可欠な導通・絶縁試験の自動化にも注力して、独自の自動回路試験機を開発し、販売してきた。



民間航空機搭載用ワイヤーハーネス

■航空機関連事業の経緯

昭和 38 年に自動車関連事業を営む親会社の電子機器部門にて、航空機用ワイヤーハーネスの製造を開始。航空機独自の品質保証に対処するため、昭和 42 年に株式会社として独立した。

設立時には YS11 の量産化や防衛庁関係機種の開発が予想されており、発注元の指導により組立加工外注からスタートした。その後、民間航空機市場の拡大とともに、民間機の受注が増加し、現在は売上高における官民の比率は 50 対 50 程度となっている。

今は、主発注元1社との取引に限らず、他の機体メーカー、装備品メーカーとの取引も開拓している。

■当社の特徴

当社の航空機関連事業には、ワイヤーハーネスの製造及びサブの板金組立と、それらを含む装備品を機体に取り付ける艤装作業がある。当社の創業時からの基盤作業であるワイヤーハーネス製造からの収益が、管理費用を賄う構図となっている。艤装事業は、機体のある発注元工場内での構内請負作業となり、管理面の制約があり利益貢献には苦しいといえる。

しかし、最近の民間機製造での低コスト要請に対応するためには、艤装とワイヤーハーネス加工とを併せて受注し実施することで、その相乗効果を活かした合理化により、コスト目標に到達する事例が出ている。

■取引慣行

〔材料支給〕

航空機搭載用としてのワイヤーハーネスに使用する部品及び材料は、基本的に発注元から支給されている。

製作と試験に供するための専用治具は貸与されるが、その治具製作を自社で請け負う場合は、設計及び部材の調達を行う。

最近の取引では、製品に対し仕様書による製造委託形式(設計、部材調達及び関連治具整備を含む)も適用されてきている。

〔発注〕

基本は見積書を提出し、競合他社との比較から、さらに価格交渉を経て発注となる。

民間機の場合は、発注元が協力会社である部品サプライヤーを集めて説明会を開き、適用する担当部位について製造条件等を説明し、受注を希望する部品サプライヤーが提案書を提出して、業者選定を行うケース

もある。

〔価格〕

価格設定が製造工数からの積み上げ方式の場合は、量産品の発注単価について、ラーニングカーブ(習熟度曲線)を設定し、段階的に単価を引き下げることが基本となっている。しかし、近年の民間機では、国際競争価格もあり、それ以上の厳しいコストダウン要求に対応せざるを得なくなっている。

〔品質管理〕

航空機産業特有の品質マネジメントシステムである JISQ9100 の認証を取得している。認証の対象は、以前は自社工場内での加工業務に限られていたが、艀装作業へも適用するように拡大してきた。

特殊工程の認証制度には Nadcap があるが、当社の担当業務(半田付け等)については Nadcap の整備が遅れており、発注元によるシステム認定で実施している。

航空機業界(当社の部品分野)の品質保証は、原則全数調査であり、作業工程の中にも検査項目を定め品質保証を多面的に管理している。

〔情報セキュリティ〕

情報セキュリティの確保については、秘密保持契約の取り交わし等を含めて、発注元からも厳しく言われており、ID パスワードの適用や暗号化ソフトの導入などを社内で標準化するとともに、社員教育を推進している。

〔部品調達〕

航空機関連の部材は、海外規格を適用するものが多く、輸入品を使わざるを得ない。

一部に、国内ライセンスまたはロックダウン方式による部材の製作もあるが、海外規格の認定を受けて実施している部材メーカーは限られている。

海外から仕入れるコネクタ等の航空機用部品には、結構不具合が多く、納期が半年もかかるような部品もある。不具合の判定にも内外の温度差があり、泣き寝入りしなければならない事例もある。

国内の航空機産業の育成/発展には、これらの部材

が、国内で安価で調達できることも、重要なテーマであると考えている。

〔生産方式の変更〕

航空機産業の特徴でもあるが、試作段階での仕様の変更は頻繁にあり、柔軟な対応が必要になる。対照的に、生産形態を確定した後は、勝手に生産方法を変更することはできず、変更が避けられない場合は、変更承認が必要になる。これらには、部材や設備、治具及び作業手順の変更が含まれる。変更の際には、再度、各種の環境適合試験を含む飛行安全への適合性を確認することが必要なケースもある。

〔生産計画〕

防衛機の生産は、予算の縮小や生産の終了もあって、減少を余儀なくされている。それに変わる民間機の生産に期待している。

B787 は、2009 年末にファーストフライトを成功させ量産のフェーズに移行し、将来月産10機を目指した基盤整備が進められている。

当社もこれらの動きに連動した準備を進めている。MRJ は、2010 年8月に生産設計が確定する計画とうかがっており、その後、生産の準備、治工具整備を経て、試験機の生産がスタートする。

当社は、ワイヤーハーネスとその艀装及び関連する試験装置に提案を活発化して、受注への努力を進めている段階にある。

■人材育成

航空工業界が、官需から民需にシフトすると共に、機体メーカーが国際下請けから、機体プライム社(完成機メーカーに近い役割を担う機体メーカー)となることを指向している。その中で、中小企業には機体プライム社に対する Tier 1 の役割を求めてきている。

当社も、その流れの中に置き去りにされないよう、必要な技術者、生産技術者を始めとする基盤要員の育成が急務となっている。

■航空機産業の特徴

航空機産業の市場は1兆円程度で、工作機械等と同

程度の規模である。対して、自動車産業は、トヨタ自動車だけでも 20 兆円以上の規模があり、大きな差がある。航空機関連事業と言うと先端なイメージを持たれるが、当社においては、機械化されていない工程も多く、手作業のウェイトが大きい。量産と言っても多くて月産3〜4機程度であり、中には年に2機などという機種もある。従って単品生産に近い仕事となっているため、労働集約型の業務にならざるを得ないが、その中で合理化、リーン¹⁶活動を通じての改善により、コストの削減とできる限りの自動化を進めていく必要がある。

特に官需の予算減少から民需への転換には、国際競争力、特にコスト勝負が必須であり、新興国の台頭もあって非常に厳しい経営環境になっている。

■今後の事業展開の方向性

当社の強みを築いていくためには、従来の委託加工の工程だけにとどまらず、設計から艤装に至るまで、より幅広く一貫して対応できる体制を整えなければならないと考えている。これは、機体プライム社の要求する Tier 1 企業を目指すことでもある。

従来からの製造技術のノウハウを生かすと共に、「小回りの利く中小企業の特徴」とレスポンスの良さは引き続き活かしていきたいと思っている。

コストダウンのためだけに安価な労働力を求めて、海外に進出するという考えはないが、発注元の生産が海外でライン化し、そこに電装・艤装を組み込む場合には一緒になって出ていかざるを得ないのではないかと考えている。海外展開には OEM での提供や、MRO¹⁷や PMA¹⁸を通じた連携が出来ないかなどの方策を模索しているのが現状である。

■新規参入における留意点

この業界は、自動車に比して市場規模は小さく、参入して直ぐ儲かる業界ではない。また、今後ますます国際的なコスト競争が激しくなると予測している。航空機

産業は、品質管理の要求が厳しく、少量生産という条件がついて回る。また、開発段階では B787 等に見られるように、計画されたスケジュールどおりにならないこともあり、また 9.11 テロでの航空輸送の縮小に伴う業界への影響や、リーマンショック等によるビジネス環境の変化に対しては、最初に大きく影響を受け、そこからの復帰は遅い業界である。

以前は官需の安定により、なんとか細々と操業を支え続けることが出来たが、最近はそれもなくなり、自助努力でグローバルスタンダードに適合する製品を開発し、また Tier 1 のポジションを得なければならないと、日々努力を続けているのが、当社の実態と言える。

¹⁶ 日本の自動車産業における生産方式を研究して開発された、生産管理手法の一種

¹⁷ Maintenance, Repair and Operation の略語。消耗品、補修品など日常的に使用されるサブライ用品。

¹⁸ Parts Manufacturer Approval の略語。FAAが製造販売を承認した、交換用航空機部品。

企業名	C社		
本社所在地	長野県飯田市	従業員数	650名
事業概要	インストルメントモーター、計測器ならびに自動制御装置、工作機械の製造販売		
主要製品	ジャイロ関係（1～3軸ジャイロ、加速度計・傾斜計）、航空機器（航法計器・機器、電気式アクチュエータ等）、特殊機器（コンピュータ応用機器等）		

■主要拠点及び生産部品

長野県内に3ヶ所の事業所、青森県内に1ヶ所の事業所のほか3ヶ所の工場がある。

航空機用の各種制御機器等の設計製造を行っており、修理・オーバーホールも行っている。製品はジャイロ、飛行計器類、燃料ポンプ、バルブ、センサ、モーター、電動アクチュエータ機器等の製造を行っている。



航空機器・計器(姿勢方位基準装置)

■航空機関連事業の経緯

昭和13年に電機メーカーから分社化して創業した。創業開始時に航空機(当時は軍用機)に搭載する油量計の開発を受注して以来、艦上攻撃機の燃料メーターや信号の伝送器具等の製造を戦時中の主力事業として行っていた。

戦後、GHQによる航空機産業の解体に伴い、航空機向けの生産は中止したが、昭和29年(1954年)、朝鮮動乱で自衛隊が復活して以来、再び防衛用の生産を開始した。現在も防衛用の方がウェイトは大きいですが、防衛予算が削減されていることから、今後、民間機の市場に注力しようとしている。

米国航空機市場への参入は、1980年頃、RCA(現ハネウェル)に機体の先端で使用する気象レーダの角度センサとモーターを供給したのが始まりだった。当時の国内の発注元がボーイングへの納入契約を結んだ

ことから、間接的に当社もボーイングの調達ネットワークに入ることができ、また、その繋がりでもらえたのである。最初の1～2年は試作と評価を繰り返したが、なんとか採用されることになった。米国の他サプライヤーの動きが悪い上に、当社の方が安価だったから、RCAに当社の製品が採用されることとなったようだ。サプライヤーリストに掲載されることが重要で、その後その他の仕事も発注されるようになり、年々アイテムが増えていった。当初の取引規模は大きくはなかったが、新規分野の開拓としては良い契機となった。

■当社の特徴

ボーイングを頂点とした民間機の業界構造の中では、当社はTier 2以下の位置づけになる。同様にエアバスやボンバルディア、その他の完成機メーカーの下にも当社の発注元になる電装品メーカー(Tier 1)数社があり、その下に我々コンポーネントメーカーがある。当社のようなコンポーネントメーカーは日本には5社位しかない。

航空機は開発に5～10年かかり、量産機もライフサイクルが30年以上という長期間の付き合いになるので、景気の波に影響されるような不安定な企業は嫌われる。例えば、B747は、初号機から既に約40年も経っているのに、未だに主力機として使われていることから見ても、長いレンジで付き合い合える企業が選ばれる。その点、公開企業は資本力はあるが、常にM&Aの危険性にさらされる。当社のような非公開企業は、その危険がなく、経営の基本理念が維持できる、自社技術を保持できる、組織が安定している等、長期間の安定性がある。こうした会社組織は、海外から見ると貴重な存在であり、そのため、航空機メーカーからは当社のような会社は長いこと付き合いやすいと見られているのかもしれない。

■取引慣行

[開発・設計]

例えば、当社はB787のパイロットコントロールシステム用のモーターなどを海外の大手装備品メーカーから受注しているが、当該パイロットコントロールシステムは、大手装備品メーカーがボーイングの求める諸元に基づいて設計したものである。当社は、その中の可動部で使用する角度センサやモーターを要求に基づき開発・設計する。

設計が固まったら次はサンプルを試作する。大手装備品メーカーは、モックアップ(模型)を作成して、ボーイングの要求どおりの性能が出るかテストをする。テスト結果によっては再度スペックを見直し、作り直すこともある。当社の製品がテストでOKになれば、次はボーイングが機体に組み込んでテストを行う。ボーイングでのテストの結果で、部品にまでフィードバックがかかる場合もある。この作業を繰り返してシステムの完成度を高めていく。

国産機の開発では、機体の設計開始と同時に当社などの装備品関係のサプライヤーが参画を始めるときに、完成機メーカーの開発に当社のエンジニアを派遣し、開発を支援することもある。このように、部品サプライヤーは開発段階から参画して、開発の促進を図る。

[受注]

米国市場においては、大手のアビオニクス(航空機用電子機器)メーカー等に対して営業活動を行い、様々なプレゼンテーションをする。営業活動を続けるうちに、見積依頼をもらえるようになる。既存のサプライヤーが上手くいかない場合に切り替える場合もあるし、新機種開発や既存機種のマイナーチェンジにベンダーの再構築が行われ、見積依頼が来ることもある。契約は長期間の契約であり、長期の供給が義務付けられる。

[価格]

開発費用は、量産以降の単価に生産数で割り掛けしていく。生産期間が長いと、薄く長く回収する設定になる。そのため、いわば長期の付け払いになるので、生産開始後5年くらいまでは財務的には厳しい。ちなみに近年、完成機メーカーが日本メーカーを共同開発

の相手にしようとしているのは、開発費の負担をシェアしてもらおうとのねらいからだ。

一方、防衛機の開発費用は、生涯生産量が極めて少ないので、量産品単価に薄く割り掛けしていくことはできない。特別割り掛けで量産品に上乘せするか、または開発費を別枠で前払いしてくれるかであり、赤字のリスクはない。

民間機と防衛機を比べると、価格は総じて民間の方が安く、大量に売れないと儲からない。

[材料]

航空機材料のスペックは、米国製と指定されている。基礎材であっても、JIS材は使うことができず、商社を経由して米国から輸入している。仮にロットが十分であれば、鋼材メーカーから直接仕入れることもできるだろうが、日本では航空機材料の需要が小さいため、日本の材料メーカーは作らないのが現状。

■人材育成

人材は、地元やUターン者から集めている。今は事業規模に見合った人材を獲得できているが、将来、売上500億円や1,000億円規模の企業を目指すなら、この地域からだけでは十分な人材は確保できないので、対象を拡大する必要がある。

必ずしも専門的教育を受けた人材ではなくても、社内で育てている。既に相当数の社員を大学院に派遣して博士号を取らせており、こうした育成策が、人材誘引にも効果を見せている。

■現下の事業環境

今までは、防衛機に依存する割合が大きかったが、国の防衛予算の削減で、航空機産業に携わる企業の経営は厳しくなっている。

一方、当社に関しては、これまでEMA(Electro Mechanical Actuator)などの電動機器が主戦場だったが、近年では、降着装置などもモーターで駆動するようになっており、当社の事業分野は拡大している。

米国では、完成機メーカーなどで、安定的な部品調達のため、システムメーカーや優秀なベンダーをM&Aによって次々と吸収する動きが強まった。その結

果、末端の部品ベンダーが少なくなり、米国の部品業界がどんどん衰退している。当社にとっては、チャンスと言える。

■業界の動向

航空機市場は、大型機(ボーイングとエアバス)、中型機(ボンバルディア、エンブラエル)、小型機、個人用のベリーライトジェットの4つの市場があり、それぞれ成長している。近年、機体のダウンサイジング(航空機需要の小型機への移行)が進みつつある。特にベリーライトジェットの市場が、今後、急成長し、大きな市場に育つことを期待している。自動車の進化の歴史を見ても、乗合バスからマイカーへと個別化が進んでいったのが必然であったように、今や、エアタクシーやプライベートジェットに使われる小型機が続々と誕生しつつある。当社は、そこへの供給を狙っている。

ボーイング等の大型機の駆動系では油圧機器が使われているが、サイズの小さい航空機では油圧機器ではなく電動機器が主体である。また、燃費改善に向けた機体の軽量化、アクチュエータ用モーターの性能向上等から、最近では、大型機についても電機化(油圧機器から電動機器へのシフト)が進行しつつある。今後も、機体のダウンサイジングに加え、電機化という流れは強まるものと予測され、まさに、電動機器を得意とする当社のビジネスチャンスが到来しつつある。

中国の ARJ、日本の MRJ のようにアジア機の話はあるが、そのシステムを供給する主要サプライヤーは殆どがアメリカのメーカーである。今後は国産航空機であれば、国内のメーカーがシステムを供給できるようにならないといけない。

■今後の事業展開の方向性

[供給]

当社としては、航空機関連事業の売上を10年で10倍に成長させたいと考えている。航空機業界は再編と寡占化が進んでいるので、チャンスは多くある。発注元である大手装備品メーカーは、我々に対してコンポーネントのベンダーとしてではなく、それらを組み上げるサブシステム(アッシー)を引き受けてほしいと望んでいる。大手装備品メーカーは、ワンランク上のシステムメ

ーカーを志向しているので、ベンダーコントロールに手間が掛かる組み立て仕事は極力アウトソースしていきたい。当社がそうした要求にうまく応えられれば成長できる。

[外注]

当社が加工を外注する場合、これまでは個々の外注先の工程を直接管理していたが、受注の規模が大きくなるに従って手間が掛かるため、これからはコーディネートできる中核的な外注先に取りまとめをしてもらい、当社はそこからできあがったものをまとめて買い上げる形にしたい。完成機メーカーも当社がサブシステムを責任もってまとめることを望んでおり、外注先の部品サプライヤーが自立できれば、当社はそうした役割を担うことができる。

[新規分野]

最近、民間航空機のオーバーホールや修理事業を営む会社を買収した。航空機ビジネスは、機体の新規需要だけではなく、修理の需要も大きいので、その両方を扱える会社になろうと考えた。

同社は、販売から点検・修理まで一貫してサポートしており、特に修理部門については、国土交通省や米国連邦航空局から修理工場の認定を取得し、海外メーカーと提携を結び、様々な機器の修理を国内で行っている。しかし、最近は完成機メーカー側もアフターサービスの分野に自ら進出しようとしており、図面やライセンスの提供を求める修理提携が難しくなっている。さらに、大手航空会社は、機体を購入するときの条件として、完成機メーカーに対して整備等の図面を提供するよう要求し、配下の整備担当子会社に担当させるようになってきている。

[地域における展開]

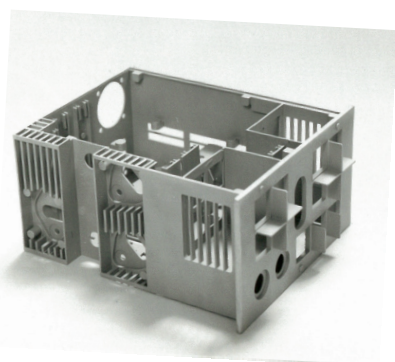
当社は、大手機体メーカーが立地する名古屋からわずか100kmという近場にあるので、その後方支援地域という位置づけで、この地域に関連産業の集積を図りたい。名古屋で機体を製造し、飯田地域で後方支援できれば、有力な東アジア地域の航空製造拠点になりうる。実際、大手機体メーカーが何百万点にもなる部品

について、一工程ずつ部品サプライヤーに発注しては
いられないので、それらをまとめて受け、工程分解・作
業配分をしてくれる存在を求めている。それには、任意
団体などではなく機体メーカーの相手ができる実体あ
る事業者が必要。地域の中小企業ネットワークだけで
はカバーできない工程については、当社が外注の役
割を担ってもよい。当社が品質保証をすれば、機体メ
ーカーからの受注も獲得しやすくなるだろう。そうした
かたちで地域に貢献できるものと考えている。

企業名	H社		
本社所在地	福島県相馬市	従業員数	130名
事業概要	航空宇宙・防衛機器、通信機器等のロストワックス精密鋳造品の製造		
主要製品	航空機、防衛機器、ジェットエンジン等の付属部品		

■主要拠点及び生産部品

本社工場は福島県にあり、主要材質は、マグネシウム合金、アルミニウム合金、銅合金ステンレス鋼等のロストワックス精密鋳造品を扱っている。



ロストワックス精密鋳造品

■製品供給先

航空宇宙関係の製品は、国内供給先を通じて、国内の完成機メーカー、エンジンメーカーに加えて、海外にも供給している。

■航空機業界参入の経緯

当社社長は、創業前に父親の会社に勤務し、そこでロストワックス法を始め鋳造の技術を学んだ。昭和 48 年、別会社で独立創業。昭和 52 年には、ロストワックス法(後述)の技術を活かすべく航空機の仕事に挑戦することを決意して、当社を設立した。

ロストワックス法は航空機部品製造には必須のものなので、これに絞こめばある程度の勝算はあった。

■当社の特徴

当社の鋳造は、ロストワックス法に特化している。ロストワックス法は、まず、作ろうとする製品と同じ形状の模型をワックスで作り、その周囲に耐火物(セラミックシ

ェルなど)を繰り返し付着して固め、それを加熱することで上記ワックス模型を消失(ロスト)させて鋳型を作成、これに注湯、冷却して鋳物を製造する方法である。この技術は他の鋳造技術と比較して、極めて高い精度をだすことができる。また、特殊中子を利用することにより複雑形状のものをつくることができ、通常複数になってしまふ部品も一体成型できるというメリットがある。逆に、大量生産や大物部品には不向きであるが、航空機の部品は少量生産なので、この技術が適している。例えば、ボイスレコーダーが入るブラックボックス(ハウジング)などは、熱に曝されても冷えやすいように、普通の中子ではできない複雑形状になっている。こうしたものを当社は得意としている。

かつては日本の大企業も、ロストワックス法で鋳造部品をつくっていた。しかし、日本の航空機部品では量がでないため、大手では割が合わず、皆撤退した。当社のような中小企業だからこそ、これを専業にできる。他方、アメリカでは航空機の生産数が多いため、ロストワックス法を用いる大手メーカーもある。

■取引慣行

【開発・設計】

当社は素形材メーカーであり、発注元から提示された仕様や製品図面に忠実に鋳造品を製造している。当該品の生産の効率化は当社で担当するが、完成機の開発構想段階に当社が入って、技術提案をするようなことはない。

【受注】

発注元は、当社以外にも、国内、米国、台湾等の企業も含めて数社の部品サプライヤーに打診して、その中から発注先を決めている。民間航空機の場合は、1社が何らかの理由で作れなくなる場合のリスクを想定し

て、同業他社にも併行して発注している。この場合、単価が高い先には量を少なく調整しながら仕事をつないでいるようだ。防衛機器・防衛用航空機の場合は品質が優先されており、発注元は、最も優れた条件を提示した企業を1社だけ選定して、長期契約を結んで発注することが多い。

航空機の場合は、所定の飛行時間に到達したら必ず部品を交換することになっているため、完成機数の数倍の量の部品が必要になり、一定のボリュームを受注できるのが良い。

[価格]

価格は、発注元が示した仕様に対して当社等が見積を出し、発注元はそれをベースに発注価格を決定する。複数社に見積りを出させるので、民間航空機の場合は海外(米国・台湾等)のロストワックスのメーカーが競合先となる。発注先の予算が見積りと折り合わず、数社を渡り歩くこともあるようだ。

ロストワックス鑄造法は、売上げのわりに手間暇がかかるため、コストの中で最もウェイトが大きいのは人件費である。材料費等の物価を考慮して価格を改訂することもあり、上がることがある。高精度品の安定供給が最重要視される。

[調達]

発注元は、鑄物の精度・強度指定を含む仕様を設定して当社のような素形材メーカーに提示する。当社は必要となる合金の材料を調達し、成分を調整して鑄物をつくる。

金型は発注元に所有権があるので、当社が預かる形となる。発注元の社内で使用していた金型を回していただけることもある。治具は、当社がその費用をもらい、独自に購入して所有する。

[外注]

当社は機械加工を行っておらず、その工程は外注している。外注先業者は発注元から紹介を受けることが多い。発注元からしても、外注先の管理には手間がかかるため、代わりに後工程を当社から他の外注先に発注して、それを発注元に納めるよう、とりまとめの依頼を

されることもある。

[認証・品質管理]

当社は、素形材メーカーであり、機能部品のサプライヤーではないが、品質マネジメントシステムのJISQ9100を取得し、Nadcapの認証の取得のため進捗中である。

■人材育成

新卒者を白紙の段階から育成する方針である。既に専門教育を受けた大卒人材が欲しい気持もあるが、会社の知名度が高くないので、現実はなかなか難しい。当社の人材育成は、自ら能力開発できるような人材を採用し、会社が教育して、リーダーに育てあげている。

具体的な製造部門での教育は、OJTで先輩が後輩に教えている。鑄造技術は、特定の個人しかできないような職人技が決め手となる加工技術であってはならない。型を抜く順序まで厳密に決めて標準化することが大切である。また、方案を作成する技術部門には、当社の中核的人材が所属しているが、現場で半分学び、あとの半分は文献や学会などに出席して社外から知識を獲得するよう指導している。今日、設計図面は3次元CADで作成し、取引先とのやりとりもデータで行っている。そのため、CAD/CAMを扱える人材を育成している。

■今後の事業展開の方向性

コスト競争より品質で勝負するのが、航空機業界にいる中小企業のあり方。今後も品質を強みとしていく。また、素形材を供給するだけでなく、機械加工などの後工程も当社でやってほしいという発注元の希望を受け、3年前にマシニングセンタを複数導入した。これにより、他の部品との接合面の切削もできるようになり、接合してから納入することによって発注元にも喜ばれている。今後も更に組立など他の工程にも業務範囲を広げていきたい。

企業名	L 株式会社		
本社所在地	兵庫県尼崎市	従業員数	連結 1,362 名、単独 944 名
事業概要	産業機械・部品（航空宇宙、熱制御、油圧制御、環境システム、マイクロテクノロジー、センサ等の分野）の製造・販売		
主要製品	降着装置、降着装置システム、プロペラシステム、熱交換器等		

■主要拠点及び生産部品

兵庫県に本社工場があり、グループ会社をあわせて 1,000 名程度が従事している。その他に滋賀県に工場がある。

航空機向けの製品が、売上全体の約半分弱を占め、その約半分を降着システムの売上が占めている。

その他航空機用の熱交換器やエンジンスターターを製造している。

航空機用の熱交換器としては、航空機用エンジンのヒートマネジメントシステム、空調システムに使われる熱交換器などを提供している。

宇宙関連製品は、数は少ないものの、H-IIA ロケット、宇宙ステーション用の熱交換器を製造している。



降着装置

■製品供給先

降着装置については、防衛省の航空機の降着システムのほとんど全てを当社が手掛けている。我が国で独自に開発するものは当社が設計から製造まで担当し、ライセンス生産のものは米国の脚メーカーとライセンス契約を結んで当社が製造を担当している。民間航空機向けは、2000 年以降売り上げを伸ばしてきており、ボンバルディア社、エアバス社、ガルフストリーム社など

の機体向け製品を供給している。

■航空機業界参入の経緯

戦前から大手金属メーカーの一部門としてプロペラを製造していた。第二次大戦中は、ゼロ戦のプロペラ他を生産し、日本で唯一のプロペラ製造会社となっていた。戦後は、GHQ により生産を停止させられ、技術資料は全部没収された。8年後、1953 年に事業を再開し、航空自衛隊のプロペラ、降着装置等の修理を手掛けた。1961 年に、大手金属メーカーの航空機器事業部門を継承し、新会社として発足した。

航空機の飛行安全を確保するための規定である米国政府の滞空性審査要領に従った型式承認の取得の実績がないことや、地理的に遠い極東の企業ということが参入障壁となって、民間航空機分野へはなかなか参入できなかったが、1985 年に Gulfstream IV の降着装置の油圧部品を初めて受注することができた。何度挑戦してもなかなか採用されなかったが、ロック機構に特徴を持たせ、サンプルを現地に直接持ち込んで営業攻勢を掛けたところ、やっと採用された。

降着システム一式については、1998 年にボンバルディアの CRJ700 の降着装置の開発作業を初めて受注した。ただし、ボンバルディアからは、カナダの大手降着装置システムメーカーとの共同開発という条件が出された。当社単独で開発できる自信はあったが、とにかく実績づくりが肝要であると考え、この条件を呑んだ。この受注によって実績ができたため、その後、国内外のメーカーから声を掛けてもらえるようになった。最近では、ホンダジェットの降着システムを受注。MRJ についても、カナダの大手システムメーカーとの競争に勝って、降着システムを担当する。ちなみに、MRJ の降着装置システムの一部構成部品は、当該競合相手の別ディ

ビジョンから製品の供給を受けることも決まっている。

■当社の特徴

当社は、Tier 1として降着システム全体を開発・生産できる、国内唯一のメーカーと自負している。CRJ700/900では、設計から独自に降着システムを開発した。Gulfstream IV/Vでは降着装置用のアクチュエータを独自開発し、エアバスA380では、小さな製品ではあるが、降着装置収納時のショックアブソーバーを担当した。

MRJの案件では、当社が脚構造のみならず、防衛省向け航空機の分野で開発経験のある、ステアリング制御システム、ブレーキ制御システム、揚降制御システムを含めて降着装置システム全体を受注した。この降着装置システムの開発に当たっては、当社がリーダーとなり、欧米のサプライヤーを指導・管理して開発・製造することになっている。

■取引慣行

〔受注〕

最初に声が掛かってから受注に至るまでは1年半から2年、或いは3年かかることもある。まず、発注元である機体メーカーが、RFI (Request for Information) のプロセスで、広く、認定を取得しているサプライヤーに対して乗員数や形状などの大雑把な開発計画を示して、それに対応する情報提供を依頼する(受注サイドの得意分野を見て絞り込んで依頼するパターンもある)。RFIへの回答は1~2ヶ月で締め切られる。発注元は、その情報等を基に半年後にコンセプト(仮仕様、点数、サイズなど)を固めて、今度はRFP (Request for Proposal)として提案を依頼する。RFPの回答は1~2ヶ月で締め切れ、その半年後に最終候補の3社程度が絞り込まれ、「ショートリスト」と称するリストに掲載され、通知を受ける。その後は、「こうしたら価格が下げられるか」というようなやり取りがしばらく続き、最終的に「ここまで価格を下げれば発注できる」というオファーがくる。そこでイエスと言えば受注が決まる。ノーと言うと受注できないこともあるが、当社の提案に魅力があれば「このようにやらないか」という打診がくることもある。競合他社と全てかゼロかの勝負をするのもよいが、受注確度を高

めるために、最初から有力他社と組んで提案していくような戦略も必要である。

〔外注〕

当社の調達には、2~3社の部品サプライヤーに見積り依頼をして、その中から1社を選定する。最も重視するのは価格であり、品質・納期も重要である。技術については、当社の条件に合う技術力をもった企業でなければ、最初から声はかけない。例えば、機械加工であれば、高張力鋼等の加工条件を守ってもらえる先。特に熱処理後の加工については厳しく管理している。

高張力鋼の中小物部品についての機械加工などは国内外の中小企業に外注している。簡単な部品であれば仕上げまでやってもらっている。ただし、航空機用部品では品質管理プロセスが厳しく、それに耐えられる会社でなければ発注できないので、外注先の確保では苦労している。能力のある会社であっても、従業員が5~10人程度の会社では品質管理プロセスを厳守することは難しい。現在、50社ほどある協力企業群の中から、製品の「サイズ、材質、加工内容」でサプライヤーレイアウトを決めている。受注に対応するキャパシティを保つためにも、協力企業はなくてはならない存在だ。

新しい技術とキャパを持った企業は採用したいが、外注先の数を無闇に増やしていこうという考えはない。能力の優れた企業がキャパを増やしてくれることが一番ありがたい。最近ではNadcapの認証を次々と取得して、特殊工程に対応できることを売りにしている企業も現れている。こうした特殊工程をこなせる企業と機械加工を行う企業が連携して、完成したかたちに仕上げたものを当社に納品してもらいたい。国内ではまだ、そういう取引形態は実現していないが、比較的力のある企業と相談して実現を目指している。これにより、各工程にかかる管理の手間を省力化できれば助かる。

新規調達先に求める取引条件としては、品質管理システム(JISQ9100)の認証、特殊工程であればNadcapの認証を持っていれば話がしやすい。その他、価格と品質・納期が重要である。簡単な部品は中東、東欧等のメーカーと競合するので、価格競争は厳しい。

価格については、量産が進むにつれ効率的生産が

可能になると想定して、経過年ごとの習熟度に応じたコストダウンを、その都度、サプライヤーに要請している。当社の発注元からの値下げ要請を受けることがあるが、その場合は、各サプライヤーにも値下げに協力してもらうことになる。VA/VE 提案によるコストダウンの成果は、発注元との間で半分ずつ分けようということになる。発注元からの一方的な値下げ通告というものではなく、当社としては「コストダウンのための設計変更を認めてもらえれば値下げに応じる」などのスタンスで交渉を重ねる。設計変更があれば、再設計、再認証ということになり、試験費用等も発生するため、設計変更によるコストダウン効果とのトレードオフを検討して判断することになる。

【欧米からの輸入】

航空機に使用する材料には専用の規格があるが、航空機産業が盛んな北米・欧州の材料メーカーは、その規格に従った航空機向け用途だけで十分な受注量が見込める。また、そうした国では、航空機用部品の機械加工、熱処理、表面処理などそれぞれの工程の専門企業があり、ピンだけつくる会社、ブッシングだけ扱う会社等もある。

欧米から輸入する部材は、以前は商社経由で購入していたが、納期や価格の交渉・中間コストの面で不足感があり、現在は、直接購入としている。インターネット等の発達に伴い、日本に居ながらにしてサプライヤーとの交渉や事務処理が実行できるようになってきているが、現地スタッフに任せたいほうが良い事務作業もあり、その分野では現地スタッフを雇用し対応している。

■人材育成

降着装置の設計者は、高度な教育を受けた若手を中堅どころと組ませて、実開発作業を経験させて育成している。海外の同業他社との技術交流も時々行っている。競争の最中は難しいが、それ以外の時期には、機械加工、表面処理等の技術について相互に学び合っている。

学会などへの参加については、日本の航空宇宙学会、米国の AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics) などに加入している。また SAE (Society of Automotive Engineers) に航空

宇宙関連の標準規格づくりを検討する委員会があり、当社は委員を派遣している。AIAA が年1回実施するシンポジウムにも参加して、降着装置メーカーの発表の場に参加して、担当者間で意見交換するようなことをしている。

米国での業界内の情報交換は結構オープンであり、新しい工夫や課題が出ると、「こんな処理方法もあるよ」というような話が学会で出たりする。ただし、あまり詳しい話まではできない。

新人教育のため、過去に自社が直面した技術開発の課題等の事例をベースした教育材料を用いた社内教育を計画している。このような教育は、特殊な分野なので、大学など企業外の学校ではやっていない。

新規の研究開発に向けては、社内の創事業研究部が学会・業界の最先端の動向を踏まえて行っている。例えば、加工条件による材料の強度特性の変化について評価試験等を繰り返すような、実践的な研究を行っている。

【型式承認】

型式承認については、カナダでは CAT (Civil Aviation Tribunal)、米国では FAA (Federal Aviation Administration)、欧州では EASA (European Aviation Safety Agency) が窓口となるが、北米・欧州・ブラジルにおいては、所属国政府間の条約により相互承認が行われている。この相互承認により、例えばカナダの型式承認を取れば、簡単な書類審査で米国や欧州の型式承認が取れる。日本には国土交通省航空局 (JCAB Japan Civil Aviation Bureau) があるが、これについても米国との相互承認について昨年4月に条約が締結された。実務面での手続き等について、日米政府間細部調整がなされているとうかがっている。CRJ を受注した際も、まだ、相互承認がなかったため、技術的には当社単独で作れるのだが、型式承認の経験が無かったため、北米降着装置メーカーと組まざるを得なかったという事情もある。日本でも MRJ を契機に国際的なルールが整備されれば、JCAB の承認を受けた物を欧米に販売することができるようになる。

■現下の事業環境

世界的に深刻な不景気に陥っているが、それに比べると航空機業界の落ち込みはまだ緩やかである。2001年の同時多発テロの際にも落ち込んだが、2004年には回復した。ただし、ビジネスジェット市場における景気の影響は、自動車市場に近いものがある。

■業界の動向

[完成機メーカー]

ボーイングなど完成機メーカーは、かつてはアクチュエータ1本だけという単位でも納入させ、自社で組み付けていたが、近年はそのようなことはしていない。そうした部品をまとめてシステム一式にまで組み上げる作業を、Tier 1と呼ばれる各システムのインテグレーターに任せるようになった。Tier 1のメーカーは、完成機メーカーのパートナーとして、自社の傘下で部品サプライヤーを取り仕切って外注の管理をし、降着システム、フライトコントロールなどのシステム一式に仕上げ、完成機メーカーに納入するのである。こうした流れを受けて、北米の部品メーカーはM&Aを繰り返し、少数のシステムメーカーに集約されてきた。例えば、パーカー、ハネウェル、ハミルトンなどの各社は、油圧、空調などのシステム一式をインテグレートして完成機メーカーに納入している。当社も、降着システムについては、完成機メーカーから、Tier 1のパートナーとして位置づけられている。

今後、部品メーカーは、自らシステムインテグレーターのような役回りになるか、その傘下に入るか、どちらかでなければ商売をやっていけなくなるだろう。

海外旅行が高嶺の花だった時代には、航空運賃も高かったため、エアラインも航空機を高く買ってくれた。しかし、航空自由化でエアライン間の競争が厳しくなった後は、航空機が安く買い叩かれるようになり、完成機メーカーはサプライヤーに圧力を高めるといふ雪崩式の価格低下が起こった。大量生産して安くしたいが、航空機の装備品は受注生産であり、標準品を揃えて使ってくださいという訳にはいかない。それぞれの機体に合わせて設計、試作を重ねなければならない。

[降着システムメーカー]

元々、北米には降着システムメーカーが2社あったが、吸収合併で1社となった。このため、ロッキード、ボーイングなどの降着システムは、この大手装備品メーカーがほぼ独占してきた。欧州では、英国のメーカーと仏のメーカーの2社があったが、これも現在1社になった。

この業界は狭いので、当社と北米大手装備品メーカーとの関係は複雑に絡み合っており、CRJでは共同開発し、MRJでは協力するなど、チームを組みつつ、同時に他方で競争したりするところがある。また、この北米大手装備品メーカーの傘下には、ホイール・ブレーキ等を手掛ける子会社があるが、これが当社にも売り込みを掛けてきており、当社にとってもサプライヤーの選択肢の一つとなっている。

現在、大型の完成機メーカーがボーイングとエアバスの2社しかないため、システムメーカーも集約されてきている。250席クラス以上の機体になると、上述の北米メーカーと欧州メーカー2社の寡占になる。大型の生産設備、試験設備等の設備投資が膨大なものになり、回収にすごく時間がかかるので参入困難。継続的に安定して受注しないと取り返せず、受注の谷(通称:デスバレイ)の深みに嵌まってしまうことになる。

■今後の事業展開の方向性

当社は、767など250席クラス以下の降着システムなら供給できるものの、生産設備の台数が豊富でないため、このクラスで月産何台かを安定的に供給してくれると言われると不安がある。しかし、100席クラスを5~8機程度月産するなら可能。今は、250席クラスについては降着システム全体の受注を目指すのではなく、構成機器の開発で参入していく計画である。100席クラス以下の分野では製品群を更に充実させていきたい。

ロットの少ない防衛省向けの仕事なら、全ての部品・工程を自社内でこなせる。しかし、民間航空機の場合は、キャパシティの面で欧米の大手装備品メーカーに太刀打ちできないし、すべて抱え込むことは効率的でない。そこで、基幹部品や大型部品は内製して、中・小物は協力会社に頼むようにしているが、国内業界の裾野が狭いため、残念ながらまだ海外のサプライヤーに

頼らざるを得ない。

今後の目標として、MRJの次に予想される100席クラスの機体で降着システム一式を受注したい。MRJの見通しがついた時点から、次の受注活動に取り組んでいきたい。事業を維持するには、4～5年に1件くらいは新規開発機を受注を取る必要がある。

企業名	三益工業株式会社		
本社所在地	東京都大田区	従業員数	50名
事業概要	航空宇宙産業用油圧機器部品の加工、修理、組み立て等		
主要製品	航空機用操舵系油圧部品、エンジン部品、ランディングギア等		

■主要拠点及び生産部品

東京都大田区にある本社工場では、熟練技能者を中心として汎用機械を使った試作、個別生産を行っている。栃木県的那須工場は、若手、中堅技術者を中心として、NC 工作機を使った多品種少量生産を行う他、真空熱処理工程及び修理・組立業務も行っている。

主要生産品目は、ステアリング油圧部品、フライトコントロール部品、ランディングギア部品、ホイール・ブレーキ部品、エンジン部品、ドア・ダンパー部品、ラック・アンドパネル部品等であり、1,000点～2,000点の部品を扱っている。航空宇宙関係が売上げの65%を占めているが、その他、原子力発電用部材、鉄道車両ブレーキ、半導体設備関係の部品を生産している。



油圧機器用部品

■製品供給先

航空宇宙関係の部品は、IHI、富士重工業、KYB、東京計器、ナブテスコ、島津製作所、櫻護謨、藤倉航装、三菱マテリアルに供給している。供給先は関東地域が多いが、今後は航空機業界が集積する中部地域に営業展開を図りたい。

もともとは油圧メーカーだけに製品を供給していたが、2003年に防衛分野の仕事が減りはじめたことから、新規開拓に注力した。その後、民間機分野の仕事量が増

加したため、納入先が大幅に増加した

■航空機業界参入の経緯

30年程前に航空機部品を扱う油圧機器メーカーから小さな部品を受注したことが、航空機業界の仕事始める契機となった。それまで取引はなかったが、当社創業者の後輩が油圧機器メーカーに勤めており、当社を訪ねて来た時に当時最新鋭の機械加工設備に目をとめ、それが受注につながるようになった。

エンジン部品については2006年に初めて受注した。折からB787の量産開始などを視野に入れ、Tier1以上の各社が生産力増強を図っていた。その際、新規外注先を探すエンジンメーカーの購買担当者が、特段面識のない当社のホームページをみたことがきっかけであった。突然の電話をもらって以降、購買担当者や技術者が相次いで来訪し、品質担当のチェックを経て、取引審査に合格した。新規に取引ができた要因は、当社が必要な設備、技術やJISQ9100などの品質管理の認証を取得していたこともあるが、当該エンジンメーカーが積極的に外注先の拡大を図ろうとする波に乗れたことが大きかった。

■当社の特徴

精密機械加工に加えて真空熱処理も社内で一貫して行うことができる。熱処理工程は管理に力が要るので、この工程を持っていることで関心を寄せてくれる発注元は多い。

製品分野で言えば、特に油圧部品は30年以上手がけており、ノウハウの蓄積があることから、顧客ニーズの1を聞けば10応えられるような知見が発注元に評価されている。

総合的には、この業界はやはり安定性と信頼性が最も重要であり、当社くらいの規模でありながら、80種も

の部品を組上げるギアボックス製造なども手がけている。当社の管理能力に対する発注元の信頼の表れと理解している。

■取引慣行

〔開発・設計〕

当社は、発注元から設計図面を提示され、その図面に従って部品を加工する。発注元が設計権をもっている場合には、設計図面をこう改善すればこのように効率的に作れると言った提案をさせてもらうこともある。

基本的に当社の役割は、提示された図面どおりに加工することであり、VA/VE 提案などを求められるケースは少ない。ただし、なかには、従来3工程あった加工について、使用設備を変えることにより2工程に短縮して効率化する等の工程統合を提案し、歓迎されたこともある。提案が通るか否かは別にして、積極的姿勢を表すことは大切。

〔受注〕

B787 の例では、Tire 2(二次サプライヤー)である発注元より、概ね3年前から試作部品の引き合いがあり、相見積もりを経て取引が始まった。受注獲得が何年越しになるのも、この業界ではよくあること。試作の受注を獲得すると、引き続き量産も受注できるケースが多い。納期、価格は試作とは異なるが、量産の受注時に調整できる。発注元は外注先の管理負担を減らすため、発注企業を絞り込んでおり、量産と言ってもボリュームは少ないが、一度受注すると長期的に継続して受注することが期待できる。製品の重要性から、一から新規外注先と調整し直すのは工程変更となり、発注先が変わるケースはほとんどない。

〔価格〕

基本的には発注元が予算価格と、当社の見積価格と調整し決めている。こちらが意見を言える機会は、最初の受注の時だけである。民間機はコスト要求が厳しく、スケールメリットのある海外の競合先の相場に引きずられ、価格が低下している状況にある。

単価は、1ロット数千円のものもあれば、数百万円のものもある。

〔調達〕

材料は発注元から支給されることが多く、当社はそれを加工して製品に仕上げる。支給される材料は特殊なものが多く、仕損じると発注元に大変な迷惑をかけることになる。

〔認証・品質管理〕

当業界では、航空宇宙品質マネジメントシステムの JISQ9100 の認証取得を奨励しており、当社は平成 19 年に取得した。ただ、当社は以前より油圧部品で、航空機用に耐えられる厳しい品質管理を行っていたため、平成 14 年に ISO9001 の認証を取得する際には、従来から使用してきた社内管理マニュアルをむしろ一部削除したほどである。おかげで、JISQ9100 取得時も、コンサルタントの助けは借りたが、基本的には社内で行うことができた。ISO9001 取得時はちょうど現社長への事業承継の時期と重なったこともあり、これを好機に社内体制の見直し・掌握ができた。取得後の対外 PR 効果もあり、当社の経営基盤となった。

一方、Nadcap(国際特殊工程認証システム)は取得していない。その経緯としては、平成4年より熱処理工程に掛かるボーイング社の認定を取得していたが、平成 18 年、ボーイング社から、Nadcap(国際特殊工程認証システム)の認証を取得しないと発注しないというアナウンスがあった。当時は、ボーイング社からの受注量は少なく、専門知識や英語対応が必要で、審査費用も毎年かかるため、取得を見送った。ただし、現在では、熱処理能力増強の必要性もあり、認証取得に向け推進中である。

〔系列〕

かつては多少あったが、今では系列管理はなく、どの発注元とも自由に取引できる。

■人材育成

航空機のものづくりは、多品種少量生産。数年に1回しかこない仕事もある。工程は標準化しているが、マニュアルをみただけではできないものも多く、応用力が必要である。自動車産業のように、1回の段取りで何十日も稼働できるものではない。量産と言っても 10 個程

度しか作らないものも多く、一人ひとりに多様な段取り能力が必要になる。また、例えばアルミ製リングの歪み矯正やシリンダーの内側を滑らかにする表面仕上げなど、熟練技能を要する作業も多く、OJT をベースに技能継承に取り組んでいる。

当社はステンレス、チタン、インコネル等の難削材かつ複雑形状製品も多くあり、5軸マシニングセンタによる3次元 CAD/CAM 加工技術を若い生産技術者に習得させているところである。

採用では、白紙から育成する方針で臨み、生半かな経験はなくてもよい。那須工場では、都内では難しい若い人材の採用ができるため、新卒を採用して育成している。

■ 現下の事業環境

2006 年頃は、C-X、P-X の開発、B787 や MRJ の新規開発、737 など民間機の受注増などで好調であったが、最近では 787 の開発の遅れなどの影響がある。しかし、2025 年には市場が2倍になるという予測は変わらないという見方が多い。

■ 業界の動向

業界全体に、発注の集約化の動きがある。中小企業に対しても、従来のような個々の単体の部品を納入すればよいと言うのではなく、ユニットやモジュール単位の組立てを任せ、取りまとめ役として、傘下の中小企業に発注管理して一元的に納入することが期待されている。また、競争環境について言うと、民間機の案件が増加しており、コスト競争が厳しくなっている。

今後は、海外との競争も激しくなり、ユニットメーカーもトップでないと生き残れない時代になる。

■ 今後の事業展開の方向性

業界動向と同様に、「機械加工だけは自信があります。」などと言っても、発注元は魅力を感じてくれないようになりつつある。やはり、中小企業に対しても、モジュールやユニットの取りまとめ役を期待されている。そのためには、モジュール単位の受注に必要な協力企業を集めてサプライチェーンを構築することが課題となる。海外からの調達も考えられるが、コストもさることな

がら品質や近接性も重要であり、国内のものづくりを企図して体制構築していきたい。また、油圧部品の製造に強みがあるので、国内の主要な油圧メーカーすべてを対象に受注獲得を目指していく。また、アフターマーケットにも注目しており、PMA (Parts Manufacturer Approval: FAA の航空機部品製造者承認) の生産についても検討している。

企業名	D社		
本社所在地	愛知県知多市	従業員数	1,000名
事業概要	航空宇宙事業、試験装置やシミュレータ、制御装置の設計・製造、物流サービス		
主要製品	航空宇宙機器の構造体組立および艀装、材料疲労試験機、各種治工具等設計・製作		

■主要拠点及び生産部品

愛知県内に6拠点を有しており、民間航空機の主翼、胴体、ドア等の構造組立、部品組立、艀装を実施している。B787の主翼、B747のスパンワイズビーム、B777の扉口・ドア・パネル、プラグ部、B737のフラップ、B767のパネル、並びに、ボンバルディア GLOBAL EXPRESS や CHALLENGER 300 の主翼骨格を担当している。その他、材料疲労試験機、強化ダンボールの自動製函装置等の開発、設計、製造や航空宇宙機器等の特殊梱包等を行っている。

また、航空機機体の構造、装備などの設計支援を行う子会社がある。

■製品供給先

主要発注元である機体メーカーからの受注を通して、ボーイング、ボンバルディアの航空機を扱っている。その他、防衛省、宇宙航空研究開発機構、装備品メーカーからも受注している。航空宇宙分野の売上は全売上の6割程度を占めている。

■航空機業界参入の経緯

昭和40年に、航空機関係の梱包を行う会社としてスタートし、現在の主要発注元相手に、特殊梱包や木箱の供給を行っていた。その後、同発注元から図面を支給され、航空機製造用の治工具や試験装置の生産を開始した。当時は防衛省機が中心であったが、航空機産業の先端技術が魅力的であり、何とか参画できないかと考えていた。昭和50年代に入って民間機の需要が増えて、主要発注元で民間機製造のプロジェクトが立ち上がったため、当社から組立の受注を打診した。これに対し、社外の生産能力の有効利用を考えていた主要発注元から「人材を出すなら指導するので一緒にやろう」という話を頂き、昭和55年にMU-300ビジネスジェット機の主翼組立作業を主要発注元工場への構内

派遣というかたちで開始した。

当時、航空機産業は小さなすま産業ではあったが、航空機産業に制約が加えられていた終戦直後の頃から時が経過して、愛知県内で航空機産業が伸び始める萌芽がみられた。儲かりそうな仕事は他にいくらでもあったが、先代社長は県内の航空宇宙産業に将来性を感じとっていた。時代の動きに先行したことで、狙いどおり参入を果たすことができた。

■当社の特徴

加工組立を行う企業は世の中にたくさんあるが、当社が扱う航空機の部品の中には、5～6軸で同時に加工しないと作れないような複雑なものもある。こうした部品を作るには、設計思想から、通常とは異なる考え方ができないといけない。また、当社が担当する組立工程は、自動車などで見られるようなシンプルな組立作業ではない。ボルトやリベットを打ち込む穴の大きさ・位置・傾きなどが極めて厳密で、公差は1～2/1000インチ程度である。当然、季節工などは使えないところ、時間を掛けて育成した社員を多く揃え、多機種の組立に同時に対応する必要がある。こうしたことができるのが当社の強みである。

加えて、機体メーカーから何かと声をかけてもらえるのは、当社が特殊な技術をもっているためである。例えば、当社は射出座席訓練装置を開発した。これは、パイロットの緊急脱出を想定したものだが、戦闘機がマッハで飛行している時にパイロットが脱出すると、尾翼に追突されてしまう。一方、射出速度を高めれば強い重力加速度が掛かるためパイロットが耐えられない。当社では、脱出に十分な速度を得ながら、通常10Gの加速度が掛かるところを7Gにまで軽減できる。このような航空機の動的制御技術など特殊な技術を持っている。

■取引慣行

〔受注〕

主要発注元は、競争入札を実施して業者を選定している。選定のポイントは、価格、品質、企業の信用度の3つで総合的に決まる。どの機種・どのパートを担当させるかは、発注元側がサプライヤー側の感触や反応も見ながら配分している。配分されたもの以外の分野に対しても、サプライヤー側が参入したい場合は、その分野の既存勢力との競合になる。セキュリティの管理体制が不十分な企業は、そういう業務しか発注されない。

〔価格〕

価格は、最終的には度重なる商議の結果で決まる。当社は、赤字が見込まれても仕事がなければ受注するし、黒字が見込まれても忙しければ受注しない。

試作は、一般的に量産の数倍の単価になる。基本的には、試作と量産は別のもので、それぞれ担当サプライヤーが選定されるが、結果的に同じサプライヤーが担当することが多く、契約によっては試作コストが量産の価格の計画生産点数に按分されることもある。量産の価格はロット単位で決めており、習熟曲線が設定・適用されるため、期間の経過とともに単価は逡減していく。

民間航空機メーカーは、初号機が飛ぶ以前からエアラインからの受注を蓄積させるが、最終的に何機作るのかは見当がつかない。そうした状況で、見積価格を設定しないとイケないので、読み違いのリスクがある。最終的には、自力で集めた情報や経験を頼りに決める。

〔調達〕

材料は品質基準が厳しいため、発注元が調達して当社に支給している。

〔外注〕

当社ができない加工がある場合は、発注元が知っている企業に外注する。航空機の加工は、特殊性が強く、厳しい品質管理が要求されるため、アウトソーシング先が少ない。

〔スケジュール〕

航空機産業は、他の産業に比べると受注残を多く抱える特徴がある。契約は、見込み契約と確定契約の2つがあり、キャンセルされる場合もある。

生産スケジュールは、大まかなマスタースケジュールがあって、1年～数ヶ月前から知らせてもらえる。それを逐次修正しながら進行するため、来月すぐ納品してくれというような要求は無い。航空機は、自動車の100倍の部品点数が必要と言われているうえ、材料の手配や計器の準備などにも時間がかかるため、3ヶ月先の納品でも難しい。

〔認証・品質管理〕

航空機業界で仕事を受注するためには、JISQ9100の認証取得は当たり前のこととして要求される。当社が認証を取得した際には、社内の仕組みづくりだけでなく、風土づくりから行った。当初は、過剰に高い品質要求ではないかという反対意見もあったが、担当者が半年間勉強して、製品に不具合が出て苦勞するよりはよいと説得した。内容を理解すると、言葉が違っただけで、考え方は実は先代社長の考えと同じということがわかった。それでも社内に浸透するまでは3年くらい要したと思う。

当社の規模だと、JISQ9100は取得に約1000万円、維持にも年間100～200万円くらい掛かる。コンサルタントを雇い、専任の担当者を置いて、部門責任者を教育し、組織全体に広げている。ただ、ISOの思想は、トップダウン型の体制構築なので、中小企業の方がむしろ楽なのかもしれない。

製品検査は、発注元が判定権限をもっているところは、発注元が合格を決める。当社も一部は権限を与えてもらっている。当社の品質保証部は70人の検査員がおり、発注元の研修を受けて、検査認定資格を取得している。

発注元がボーイング機の組立を当社に発注する際には、ボーイング社の日本駐在員のサーベイを受ける。一度認定されればその後は無い。その他、システムサーベイ、材料、部品の保管状態の監査などそれぞれ年1回程度の監査を受ける。また、加工機械を新しくした場合も監査を受ける必要がある。ボーイング社や発注

元の他にも、ISO、防衛省、JAXA 等からいろいろと監査にくるので、個々の事項については年1回ペースだが、全部を平均すると月に2回くらい誰かが来ている感覚がある。

【情報管理】

航空機業界では、情報漏洩対策も重要であり、情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) の認証を取得した。

■人材育成

生産現場の人材は、専門学校で基本的な航空機づくりを学んだ卒業生を採用して、OJTによって技能をマスターさせている。1人前になるには3～5年の経験が必要なので、季節工は採用していない。

設計人材については、大卒を定期的に採用して、治工具や試験装置の設計、発注元の設計部門に協力できるような人材に育成している。

■業界の動向

【業界構造の変化】

発注元は管理コストを下げるため、今まで自社が行っていた機能の一部を協力会社に下ろしたいと考えている。発注元が認可した部品や板金・表面処理などの工程を協力企業の1社がとりまとめて、組み上がった形で発注元に納品できるような体制を目標としている。

■今後の事業展開の方向性

【発注元の発注スタンスの変化】

主要発注元の発注スタンスの変化に伴い、部品等は JISQ9100 を取得している企業から当社で調達し、自力で品質管理もして、より Tier 1 に近い立場を担うよう期待されている。しかし、機体の一部など飛行安全に直結するユニットの設計などはリスク負担が重過ぎるため困難。内装品やギャレーなら自前設計もできるだろう。

まずは、これまでの受注体制のなかで、Tier 2 としてしっかりと力を発揮したい。

■航空機産業への参入について

航空機事業は、新型機の開発に4～5年も要し、投資資金の回収に10年以上はかかる。予備部品や治具もその機種が運用廃止になるまで在庫を維持する必要がある。航空機事業だけで独り立ちが難しいので、当社では、試験機など他の事業で堅実に稼ぐなど、3つの事業を柱として経営を安定させている。航空機事業に参入する場合は、他に事業の柱があって、将来のために当面は航空機事業が赤字を出しても凌いでいけるという基盤が必要。半面、航空機産業は夢がある産業であり、ブランド力もある。優秀な人材が集まるのは確かである。

2. 部品サプライヤー支援機関へのヒアリング内容の詳細

航空機産業への期待の高まりを背景に、全国各地において、地域内の複数の中小企業等が連携し、各社の得意な技術や経験を活かして、共同受注の獲得のためのグループを立ち上げるなど、航空機産業への参入を志す動きがみられる。ここでは、そうした取組みについての詳細を探るため、地域をあげて航空機業界参入を目指す支援機関の現場の実情を示したヒアリング結果を以下に掲げる。

組織名	飯田航空宇宙プロジェクト		
事務局	財団法人 飯伊地域地場産業振興センター	所在地	長野県飯田市
事業概要	施設運営、業界の新商品開発、需要開拓、人材養成のための研修、情報提供事業の推進等		

■飯田航空宇宙プロジェクトの発足について

戦前から航空宇宙関連事業を手掛けている多摩川精機(株)が近隣に立地していることから、同社を模範として、当センターがリード役になり、飯田航空宇宙プロジェクトをスタートさせた。先輩格である多摩川精機(株)の存在感は大きく、同社が無ければ、そもそも航空宇宙というテーマも考えられなかつただろう。ただし、同社自身は、当プロジェクトのメンバーには入っていない。同社は既に航空機業界で相当な実績を積んでいるので、もう一つ別の新しい核を持つ産業クラスターをつくらうという趣旨でスタートした。

最初の発端は、多摩川精機(株)の社長と話をする中で、「将来、この地に次の産業を育てたい。やはり、これからの時代は航空機であろう」という認識で一致し、その後の研修会で、航空機産業の将来展望と、その事業を手掛けるメリットについて、同社社長に講演してもらった。その講演の直後に関心を持った企業に残ってもらい、それらの企業が最初のメンバーとなって、飯田航空宇宙プロジェクトが始まった。

[航空宇宙を目指した理由]

航空宇宙分野を狙ったのには、若者が夢を持てる産業を育てたいという理由もある。また、これまでの革新的な産業技術は NASA から発しているものが多いなど、この分野の技術が産業界で一番先行しているとみている。だから、この業界に入って早期に先進的な技術に接し、他の産業に波及することを期待した。

まず、当地域の中小企業の力を活かすためには、ど

の業界が適しているかという視点から考えた。航空機産業は、長い目で見れば成長産業と位置づけられ、自動車の次は航空機が産業の核となる候補であり、当地域に集積する精密部品加工の技術が活かせる。一方、自動車産業の仕事量は、10～100 人程度の規模が中心の当地域内企業がこなせる量ではなく、月間何万～何十万台という設備能力を求められても不可能であった。その点、多くても月間 10～20 機という航空機業界の少量多品種生産が当地の企業体力に合うという事情もあった。

[多摩川精機との連携]

当プロジェクトは、多摩川精機(株)とは違う市場分野を狙っている。多摩川精機(株)は、60 年にもわたる歴史があり、航空計器・センサ・電装関係等の装備品分野を発展させるだけでも十分に展望は開けるが、今は、それで手一杯ということだった。そこで、当プロジェクトでは、多摩川精機(株)が手掛けない機体構造部品、エンジン部品を狙い、棲み分けることにした。そんな中でも、多摩川精機(株)の協力も得ており、当プロジェクトのメンバー企業では手が及ばない部分は、下請を引き受けるとまで言ってくれている。こうした協力も当プロジェクトを進める上で力になっているのだろう。

■活動状況

2006 年5月からプロジェクトがスタートして、今年5月で丸4年になる。円滑に活動できているのには、メンバー間のコンセンサスを固めるために、200 回もの会合を

重ねたことが生きている。

5ヶ年計画を立てて取り組んでいるが、リーマンショックと新造機の事業化の遅れの影響があり、一時期あった引き合いがキャンセルされ、話が止まってしまう案件もあるなど遅れもみえる。

ターゲットとなる顧客は、主に中京圏である。車で2時間程度で、地理的に近く、経済圏として一つに繋がりがつつある。かつては、東京圏との交流がメインであったものの、今は、自動車・航空機などいろいろな面で中京圏に接近している。また、三遠南信と呼ばれる地域なので、浜松や豊橋との交流もあり、最近では東京より、中京・東海に目が向いている。

[受注の経緯]

最初の受注に成功したのは、2007年4月。民間航空機分野が右肩上がり成長するという時期であり、先方も協力企業を探していて、タイミングが良かった。メンバー企業の加工技術が認められて引き合いを得て、プレゼンテーションを行ったところ、先方が工場を見に来てくれた。これならいけそうだということで、スムーズに取引が始まった。もともとそのメンバー企業は、僅かながら航空機部品を扱っていたのだが、技術商社経由の商品供給だったので、社名も知られていなかった。それがこの取引開始により、Tier1 から直接受注し、品質保証など責任を負った形で納品することになった。

■品質管理の認証取得

当プロジェクトの参加企業は、Tier 3くらいに位置づけられる。メンバー28社中の6社が JISQ9100 の認証を取得している。いろいろな地域が航空機産業への参入に名乗りをあげているなか、当地のように小さな地域で6社が取得したという密度の高い事例は、他には無いと思う。最初の1社が2007年12月に取得し、残り5社は2008年中に取得した。JISQの取得に関しては、多摩川精機(株)に頼ることなく、独力で講師やコンサルタントを呼んで取り組んだ。

[認証取得の負担]

大企業に比べて認証取得の対象範囲が限定できるものの、小規模な企業にとってはやはり大変。専任担

当者を最低1人割かなければならないし、マニュアルもその1人か2人で全部作ることになる。費用として、取得時に最低でも150万円は掛かり、6ヶ月ごとのサーベイランスに毎回30~40万円掛かる。中には、苦勞して認証を取得したものの、未だに試作さえ受注できていない企業もある。

立ち上がってまだ4年ということもあり、試作レベルの受注はあっても、量産レベルの受注は少なく、これが今後4~5年続くことになる。今は、売上というより持ち出しの方が遥かに多い。グループ全体では1,000万円もの持ち出しになり、赤字を各社で分け合っているような状況。これに耐えていかないとやっていけない。最初は参画していたものの、退いた企業もある。

■営業、取引内容

営業活動としては、国内のTier1、2に当たる企業に対し、チャンスがあれば規模の大小に関わりなく、あらゆる手段を使って直接アプローチしてきたので、7~8割の企業に窓口ができてきた。当センターのクラスターマネージャーが攻勢を掛けて最初の窓口を作り、メンバー企業を連れて行って紹介し、試作等の見積り依頼をもらってくるという形。既に、口座を開設してくれた企業や事業部も4~5件ある。

試作の受注は、いろいろな形がある。分野としては、防衛も宇宙も、機体構造部品もエンジン部品もあり、ねじ一本から耐熱合金のエンジン部品の注文まで幅広い。最初取引に入る際は、治具の製作からというパターンが多い。現状として試作を受注しているのは、航空機の機体・エンジンの小さな搭載部品が多い。

エンジン部品の場合は例外的で、当プロジェクトの複数のメンバー企業が既に若干の取引実績があり、全くの新規参入ではなかった。

最近では海外にも目を向け、パリやファンボローのエアショーにも参加している。

[セールスの流れ]

売り込みは、最初、書面でのプレゼンテーションから始まる。メンバー企業が資料を作り、自社技術の特徴、取り扱える材料、製品分野、航空機関連の経験、保有設備等を紹介する。その後、工場を見に来てもらえるこ

ともあるが、ケースバイケース。工場を見に来るようなら、かなり有望。次に、引合いをもらって見積りを提出し、結果が先方の想定範囲内であれば、初歩的な試作を受注できることになる。試作段階の見積りは、量産段階の見積りとは区別される。試作は何回も繰り返され、その都度図面も変更されることが多い。試作品の仕上がりを確認するとともに、発注先の技量を試しているようだ。発注先は1社とは限らず、2～3社に同時発注して、比較しているケースもあるようだ。また、先方は既存の発注先に次ぐセカンドソースとして、当地メンバー企業に引合いを出して見積りを取っているケースがあるようだ。

2007年の暮れ以降は、業界全体の不振もあり、協力企業を増やすケースも少なくなった。発注元自身も仕事が無くて、当地メンバー企業に外注していた仕事を引き上げて、自社で内製化するようなこともある。

[試作]

量産受注の確定は、なかなかはっきりしない。いつまでが試作なのか分からないくらいに、試作を何度も繰り返す。地上テストの1号機から10機、20機と試作を繰り返すこともあり、その都度1個ずつの発注がある。単価は非常にきびしく、コストエンジニアリングは常に行われており、コストダウンを要請されるケースも多い。当然、試作数量が1個の場合と複数の場合では単価が変わってくる。

試作段階においては、加工方法の提案はできるが、方法が確定し量産段階に入ると、もう変更できない。試作段階では、「こうやれば安く加工できます」というような提案がポイントになる。

航空機部品は、数が限られるので、型を作るようなことではなく、ほとんどの場合は材料の塊からの削り出しでつくる。特殊な素材のため、材料費は非常に高価であり、ちょっとした部品でも200～300万円することもある。加工に失敗してしまい、「やらなければ良かった」ということもある。

加工機の指定は無く、逆にこちらから提案していくという形。加工方法の指定はケースバイケースで、何の指定も無く図面やCADデータだけということもあれば、CAD図面の加工ソフトまでついてくることも有る。

図面が開示されて見積りを出し、試作品を受注したとしても、量産の成約に迫ったとは言えない。試作において相手の要求スペックに合わなければ、失敗・不良品ということで代金は貰えない。挽回の機会是与えられることが多いが、試作品を納めても、その後に量産のオーダーが来なかったこともある。

■当プロジェクトの参加企業の受注状況

メンバー企業では、量産まで行ったケースもあるが、試作段階が圧倒的に多い。航空機の開発は10年もの時間を要し、前半の5年間はメーカーの設計、後半の5年間は試作という感じである。試作の段階では、その都度図面が変わり、納品した試作品の仕上がりの確認、地上テストが何回も繰り返される。ただし、そのおかげで仕事が続くという考え方もある。量産段階に入って安定した受注が取れるところまで5年にかかる。量産に入る前には、FAI (First Approval Inspection) として、詳細な資料一式を全部揃えて検査を受けるのだが、そこまで至らなかったケースもある。

[共同受注]

発注元からは、単品でなくユニットとしての供給を求められるようになってきている。ユニットとして納めるには、共同受注でないと対応できない。そのため、幹事会社(乾光精機製作所)を置いて、同社が、一企業として受注するという形をとる。

ただし、プロジェクト内においては、同社はグループの窓口という位置づけであり、仕事を他のメンバー企業に向けて下請に出すということではなく、横に並列するという考え方。メンバー企業の間には上下はなく、全社が同格で得意分野を分担し合う。

幹事会社の責任は重いので、将来的には収益を多めに配分したいと考えている。しかし、現在は赤字と手間を分担し合っている状況であり、こんな時に収益配分の話が先に出るようでは、プロジェクトは成り立たない。

[今後の展望]

今まで当プロジェクトが受注した仕事は、どちらかと言えば、単品の部品加工だった。各社の得意業務に分

割され、発注されていた。今後は、部品を組み合わせたユニットごと一括受注したいという意思表示を行っている。ただ、なかなかそのような話が出て来ない。航空機メーカー自体の事業計画が遅れているうえに、金融危機の影響で需要が落ちて、当プロジェクトにまで発注される物がなくなってきている。この業界は、世の中で持てはやすほど甘くはないし、簡単に希望は持てないのが現状。将来に向けた投資を5年10年と続けていくのは、中小企業にとって並大抵のことではない。

■新規参入

一般的に、閉鎖的な業界と言われており、この業界に新規参入するとしても、航空機メーカーの既存の機種は既に固まっていて、入り込むのは難しい。新しい機種の開発時期を狙うしかない。航空機の各機種は、一つの確定したルール、仕組み、製造条件の中でのづくりが行われるため、それが変わることを嫌う傾向がある。壁が厚く新規参入しにくいと言われているのは事実であり、今後も簡単にいくとは思っていない。

航空宇宙分野の難しいところは、長いスパンを掛けないと、ものにならないということ。その間、実績を積み上げて、10～20年先を見越した展開が必要になる。

組織名	ウィングウィン岡山（会長企業 ㈱中塚鉄工所）		
事務局	財団法人 岡山産業振興財団	所在地	岡山県岡山市（岡山県倉敷市）
事業概要	航空機関連部品の共同受注のための連携体組織		

■ 取り組みの経緯

当組織は、自動車産業への依存度が高く、同産業の影響を大きく受けた経験から、将来の需要変動に備えて新しい産業に皆で連携して取り組んでいこうということから始まった。岡山県産業振興財団が中心となって航空機産業に新規参入したい企業を募集したところ、立ち上げメンバーの16社が集まった。設計から材料の手配、加工、処理、納品など一貫して受注できる体制ができるように意識して顔ぶれを揃えた。

もともとは、90年代から財団に相談をもらっていたが、その時は、メンバーが集まらなかった。03年になって新たに連携事業を支援する施策ができたということで再度話をもらった。それまでは、個々の企業が財団に希望を伝えても、財団にはまとめる手段がなかったが、上述の施策によって、財団のリードで連携構築が可能となり、ウィングウィン岡山ができることになった。当初、参加企業の16社の中で、既に航空機産業の経験をもつ企業は、1社だけだった。この会社は、航空機部品メーカーとの取引はあるが、単品加工受注しかできなかった。大手メーカー側からは、地域に一貫加工体制を構築できるなら、発注を増やせるとの打診をもらった。そこで、財団が経験のある企業をコアにして、意欲のある企業、各工程を担当できそうな企業を募ってこの組織をつくった。しかし、参加企業同士は、当初から強いつながりがあったわけではない。

立ち上げ時、特に勝算があったわけではなかった。計画が持ち上がった2003年頃は、国産旅客機の事業化が具体化しそうな状況だった。国産旅客機の開発を国がバックアップするのなら、航空機製造の経験のない地方でも仕事を受注できるのではないかといった程度の見込みしかなかった。とにかく、始めなければ何も動かないというスタンスで始めた。

■ 岡山地域の取り組み方

取り組みを始めると『航空機関係は、仕事もらえることを確かめてから準備をしているようでは仕事はとれない。仕事をもらえるのなら機械を用意しますという姿勢でもだめ。受注するためには、まず自分から先行して機械や認証も揃え、いつでもOKという状態にしておかなければ、選考対象にもならない』ということを認識した。

国産旅客機の各パートを地域ブロック単位でつくるようになったら、受注の可能性は広がるだろう。岡山を含むブロックから供給するなら、同じ地域内で、既に認証を所得している企業に発注するということになるかもしれない。発注側に先行して勉強しながら取り組んでいかないと、手を上げるだけでは前に進まない。メンバー企業全員がそういうことを十分理解しているわけではないので、脱落したり、分裂してしまうかもしれない。しかし、できれば組織を大きくしたいと考えている。今は、航空機産業の集積地域となるためのスタートラインに立てるかどうかというところである。

■ 受注実績

これまでに現在会員28社中16社が、何らかの形で新規に航空機産業と取引を行った。2005年には大手メーカー数社が図面を持って岡山にきた。今のところ、一次サプライヤーとして入れたのは、数例あるだけ。一貫したシステムとして受注した経験はない。大手を含む品質認証を取得している企業の管理の下で、加工外注を出してもらったという経験がほとんどである。新規参入組は、このルートでもよい。一次認証のある企業の管理の下に入れば、自らは認証未取得でも、この業界に参入することは可能だ。また、治工具の製作など、直接、航空機に搭載する品でない場合は、もう少し簡単だ。

今はまだ、どういう方法であれば参入が可能か必死にトライを繰り返している。商談会や折衝の窓口を開く

のはウイングウィン岡山が担当している。その後の取引は個々の企業でやる。中小企業でも東になってウイングウィンとして臨めば、航空機産業側も会って話をしてくれる。まずは、門戸を開けてもらうことを考えなければいけない。

■新規参入に向けた課題

航空機産業の受注獲得は、いわば農耕型。長い目で耕して実りを収穫するビジネス。大手メーカーからは、単発で加工だけ外注に出すというケースは少なく、一式のオファーになるので、JISQ9100をはじめ、必要な工程のいろいろな認証を取得していないと受注できない。大手を含む認証取得企業から加工外注のみ受けていくという道もあるが、労賃×時間で手取りが決まる仕事だけでは、なかなか続かない。一次サプライヤーになって裁量が広がる立場になれば、コストダウンもできるし、工程改善も可能になる。

海外メーカーとのドライな契約なら、全て発注元の言うとおりに作り、責任もこちらが持つというスタイルが多いが、新規参入企業には高いハードルだ。

特殊工程の認証である Nadcap は、設備の維持管理と工程の汎用を認めないという問題がある。従って、認定された設備や人員はその仕事専用になってしまうので、まとまった量の仕事がないと採算がとれない。

中小企業1社が全て揃えてやろうとすると、費用も大きく、採算に応じた物量がそろわない。一方、複数企業で受けるとしても、実際には、“共同受注”などというスタイルはあり得ない。一次サプライヤーが前面に立って、二次サプライヤー以下に振り分けて発注し、二次以下に係る管理も責任も一次サプライヤーがすべて負担するかたちでないと仕事はもらえない。

今、海外エンジンメーカーの仕事を手伝ってくれという国内の重工メーカーからの話がある。機体やエンジンは目指す分野だが、その仕事に必要なメンバーと資源を集められるかどうかがかぎとなっている。

JISQ9100 は、真剣に取り組めば取得できるものだが、その取得コストと維持コスト(数百万円以上)に見合うメリットがあるかが問題。発注元から JISQ9100 の取得は必須と聞いたものの、実際にそろばんをはじいてみると、無理という企業が多い。

当組織は、年6万円の会費を徴収して運営しており、研修会などの事業は、補助金をいただいて実施している。将来的には財団から独立して自立的に活動していきたいが、財務基盤が確立していないので今このところ難しい。今後、まとまった仕事に取り組むことが実際の第一歩となるだろう。

3. 大企業（パートナー）へのヒアリング内容の詳細

中小部品サプライヤーからみた製品納入先であり、完成機メーカー等からパートナーに指名される大企業は、航空機部品の供給構造のなかで中核的位置づけを占める。以下では、そうした位置づけにある国内有力企業2社に対して実施したヒアリング結果を示す。

企業名	A社		
本社所在地	東京都	従業員数	3万人以上
事業概要	船舶、発電プラント、環境装置、産業用機械、 航空・宇宙機器などの製造・販売・エンジニアリング		
主要製品	航空機、装備品等		

■航空宇宙産業の構造

航空機は100万点以上の部品からできており、その内、機体は3分の1くらいを占めている。ただし、部品の種類と数は機体ごとに異なり、民間機と防衛機でも異なる。

航空機に関する事業分野は、主に機体メーカー、エンジンメーカー、装備品メーカーの3分野がある。

装備品とは、主に機械装備と電気・電子系のアビオニクスメーカーの製品をさす。

機体メーカーは、機体の構造の設計、生産を行っており、当社のボーイング機事業についてはこの部分の業務を担当している。業界内の位置づけとしても、当社は機体メーカーとして世界に知られている。

日本のエンジンメーカーは、3社あり、そのうちの1社である当社においては、名古屋近郊にある当所の工場では、防衛省機の小型エンジン、民間機、ヘリのエンジン部品、装備品を製造している。装備品は、フライトエンジンコントロールのアクチュエータ、APU(補助動力関連装置)の一部を手がけている。

防衛省向けの小型機では、完成エンジンを供給しているが、大型エンジンについては、他社が取りまとめ、当社はサブコンとして入っている。民間機では、A320等に搭載されているV2500エンジンの一部や、P&W、RRのエンジンの一部を製造している。

航空機・エンジン部品の多くは、主に中小企業にアウトソーシングしている。当社は、研究開発と最終組立

を中心とするシステムインテグレーションを行っており、現在、MRJと防衛省機、ロケットの(H2A/B)はシステムインテグレーションを手がけている。

[売上]

日本全体の航空宇宙産業の売上は、約1兆2,000億円。機体関係が半分を占め、装備品は2,000～3,000億円。当社の売上は約5,000億円である。

■規格、認定

アウトソーシングに関しては、航空機メーカーからの認定を受けていないと部品はつくれない。例えば、ボルトもJIS規格品ではなく、ボーイング等の規格を使わなければならない。

品質規格は、かつて航空機メーカー各社によってそれぞれ別々のスペックがあったが、国内ではJISQ9100が航空機の品質マネジメント規格として定められ、世界各国と相互承認されたので、これに沿えば、多くの国の航空機メーカーの規格を満たすことができるようになった。

塗装、表面処理、シーラントなどの特殊工程も規格が異なっていたが、Nadcap(国際特殊工程認証制度)が制定され、これも統一された。航空機メーカーは、中小企業に対してこの規格を取得するよう助言している。Nadcapを取得していると、取引しやすい。確かにNadcapがあるからと言って直ちにボーイングやエアバ

スの仕事ができるわけではないが、表面処理等では Nadcap 取得が必要条件となる。

■パートナーとの取引

当社の協力会に入っている主要企業は、約 50 社。その他のパートナー会社をあわせると 200 社くらいにはなる。発注する仕事は、主に加工外注や装備品製造などで、下請代金支払遅延等防止法対象の中小企業が多く、上場企業はほとんどない。

協力会社は、主に名古屋近辺に集積しているが、ボーイングやボンバルディアの紹介で、台湾、アメリカなどの海外企業からも調達している。

[発注形態]

機体製造は、中小企業に材料を支給して、その加工を外注する形をとっている。これは、材料が特殊で高額であり中小企業では購入できないこと、小ロットでは材料メーカーに対して価格交渉力がないためである。

近年は複合材の使用が増加している。B787 は構造部品の半分が複合材、その他には、アルミ、チタン、ステンレスも使用している。

購入部品の検査は、調達先から納入される段階でチェックしている。その他、機体に取り付けた後に機能試験を行う。協力会社等が独自に材料を調達する時も、どこから購入したのか、モニタリングしている。材料は、当社に登録されているパーツカタログから選んでもらわねばならない。

塗料に関しては、使用環境や期限等、厳しく管理されている。発注元に引き渡した後に剥げたりすることもあるので、そのような事態が起らないように世界各国の規制に適合するものが利用されている。

[安全のために]

航空機は、ある一企業が事故を起こすと業界全体の問題として再発防止に取り組む体質がある。また、トレーサビリティを重視して管理しているので、一つひとつの部品の製造プロセスを記録しておく必要がある。

他の業界も航空機のトレーサビリティを取り入れようとする動きがある。航空機の管理手法は、安全確保の標準になりえると思う。

自動車業界では、生産効率の向上等を図って、材料や加工法を簡単に改善・変更することができるが、航空機は工程が定まった後は、安全性の観点から、材料や加工法の変更についても厳しく管理する必要があり、変更は容易でない。

■コンポーネント取りまとめ (Tier 1 事業)

中小企業のパートナー会社においては、機体コンポーネントの取りまとめ能力は、未だ十分には蓄えられていない。大手の機体メーカーであればできるが、中小企業では設計ができず、部品のアッセンブリーもできない企業が多い。しかし、今後はこの分野をパートナーに担当して欲しいと考えている。海外の部品メーカーには、パッケージで機体製造を担当できる企業もある。

MRJ の降着システムは住友精密工業、操縦系統はナブテスコに担当していただいているが、その他のシステムの担当は、日本のメーカーでは難しいのが現状だ。

[中小企業パートナーの課題]

中小企業への外注は、一式任せるといふより、穴あけだけ、熱処理だけという、単一工程のみしか担当してもらえないことが多い。海外メーカーには一貫して行うことができるところもあり、日本の中小企業の国際競争力に関しては、不安を感じている。

こうしたなか、愛知県と一緒に中小企業を募って部品供給システムの研究会を行っている。得意分野を持つ企業が連携して、表面処理や塗装など現状の生産システムのなかでボトルネックとなる工程を改善して、連続的に流れるようにしたい。

パートナー会社のなかには、前工程、後工程も一貫して受注したいと言う方もいて、我々の描く将来図に近づく動きがある。新しい分野の製造認証取得の問題があるが、技術的には難しい問題ではないので、その点をしっかりとサポートする教育プログラムや認定支援を行えばできないことはない。中小企業でも少しがんばればできると思う。

■コストダウン

民間航空機では、近年、低価格要請が強まっており、

ボーイングと一緒に改善活動を行い、協力会社もボーイングに出向いてプロセス改善を見てもらうなどのコストダウンを行っている。年々単価が下がるようにはしたいが、改善活動とセットで考えている。

当社は小さい企業とも付き合いがあり、かなり細かいプロセスまでコラボレーションすることが多い。いいものを作ってくれれば、長期的視野で付き合いいきたい。

■金型補償、治具、図面について

型は当社で内製しているものと、別途、開発費を払って部品パートナー側で作ってもらうケースがある。リスクを取ってでも、自社で型を作るという中小企業もある。試作品の製作を担当した会社に量産段階も任せるのが一般だが、試作の出来が芳しくなかったり、コストが想定以上にかかった場合は、量産は別会社で行うこともある。

治具は、ほとんど当社で購入して貸与する。一般工具は中小企業も持っているが、航空機専用工具は当社の資産として所有し、取引先に貸与している。一部には、治具も部品パートナー側で作ってくれており、今後、製造の効率化を図るためにも治具の部品パートナー製造を拡大できればより改善が進むと考えられる。

図面は、製造下請業の場合には、航空機メーカーから貸与図を支給されることが多い。ただし、コンポーネント取りまとめの役割を担う Tier 1 事業の場合は、同社が作成した図面を航空機メーカーに承認してもらう、いわゆる承認図となることが多い。海外パートナーのケースでは、設計段階から航空機メーカーの仕事に入り込むので、必然的に、彼らが作った図面が承認される方式となることが多い。

■ボーイング社について

当社は、ボーイングの Tier 1 のサプライヤーである。ボーイング社による競争があり、Tier 1 は世界で 10 社程度が認証されている。幸い、日本のメーカーは、ボーイングと長く良好な関係があり声をかけてもらっているが、コスト競争や品質管理などで甘い認識があると、新しいプロジェクトに入れなくなる。新プロジェクトに先立って、Tier 1 として最低限必要となる設計、生産技術、生産設備は自前で用意し、ロジスティクス

もきちんと行わなければならない。また、当社の傘下にある Tier 2 以下のパートナーについても、信頼できる顔ぶれを揃え、その管理もしっかりと行うことが求められる。

B787 のコンペで、主翼を受注できたのは、人材、技術、設備、これらをまとめる組織力など、総合力が評価されたからであると思われる。B787 向けの複合材主翼を製造する工場も建設したが、こうした施設まで整備できる企業は少ない。主翼という非常に重要な部位に関して、日本メーカーが手がけることになったのは、ボーイングでは初めてで、画期的なことと言える。

ボーイング社のサプライヤー決定までには、2年半くらいかかる。2000 年から交渉をはじめ、2005 年に正式契約となった。サプライヤー選定の段階から、技術者をシアトルに常駐させて概念設計や技術提案を行って売り込んだ。

■MRJ

MRJ は、先進空力設計、新世代エンジン／アビオニクス、複合材、新システム等、新しい技術によって、新世代の飛行機になる。特に CO2 の削減や騒音低減に関しては、高い評価が得られると思う。

MRJ は、機体のサイズでボーイング社やエアバス社と競合しないリージョナル機に位置する。競合相手は、カナダのボンバルディア、ブラジルのエンブラエル、中国、ロシアなど。

【MRJ プロジェクトに向けて】

MRJ は全く新しいプロジェクトであるが、従来のパートナーをベースに不足分をプラスしていきたい。

当社は Tier 1 の位置付けになる。

Tier 1 を担当できる日本メーカーが少ないので、一部、海外メーカーが担うことになったが、多くの部位は当社でやることにした。しかし、Tier 1 をやりながら、実質的にシステムインテグレーターも担うのは過重である。MRJ では間に合わないが、今後のプロジェクトでは日本の中小パートナーが Tier1 とともに事業分担することを期待している。

当社から発注する機体部品の多くは、愛知県近郊の中小パートナーに出すことになるだろう。今後は、複合

材部品も製造できる企業を育成しなければならない。アルミ部品は品質的に外注に出せるが、コストの問題、効率的な生産ができるかどうか懸念がある。

■中小企業の参入

まず、今、航空宇宙産業の話題が盛り上がっているという理由で安易に新規参入しようというのは、やや疑問である。MRJ は例外として、他の日本メーカーは、自主開発機はもちろん、民間機向けのエンジン、装備品を自社開発するような大規模な計画も投資も現在行っていない。政府や自治体からは後押ししていただいているが、まだ取り掛かり段階で、業界の大勢としては様子見というところであろう。新規参入には、長期的視野に立った計画が必要である。

B787 や MRJ の生産が軌道に乗ったとしても、日本の業界規模は2兆円以下である。その点、イギリスやドイツなどヨーロッパでは、一国あたりの航空宇宙産業の売上が3~5兆円規模、アメリカでは10兆円以上の売上有る。日本でも、国を挙げて取り組んで、10年、20年かけて、十分な産業規模になるよう航空機産業全体を育成することが必要である。そこで基盤となるのは、中小企業と大学の研究機関が持つ技術であろう。

[中小企業に求めること]

中小企業にとっては、航空機独特の材料、プロセス、技術、英語、認証取得がハードルとなる。特に海外とのコミュニケーションを取るために英語は必須。アメリカの法律などにも慣れなくてはならない。MRJもFAA等に向けて英語を使っており、ドキュメントの多くは英語になっている。

台湾、マレーシアやインドなどの海外パートナーは、仕事を取ろうとがんばっている。例えば、マレーシアでは、飛行場の近くの工業団地の広い土地を低い地代で貸して、政策側が航空機製造事業を後押ししている。こうしたアジアの国々は、地理的にも近く、日本の大手メーカーから見ても、親近感がある。特に、インドは英語が母国語なので、ドキュメント作成などは彼らの方が優れている。将来、日本の完成機メーカーが成長しても、Tier 1、Tier 2はすべて外国企業になってしまう可能性もある。そうならないように、国内パートナーのサポ

ートの仕組みを国や地方自治体と協力して考えていきたい。

■地方自治体の航空機参入支援の取組

新規参入への後押しは、ありがたい活動であるが、軌道に乗るための仕組が必要である。こうした新しい産業基盤を作るには、まずどこかで成功事例がなくてはならない。まず名古屋でできればよいと思う。

熱意がある企業が何社かあるので、その企業がTier 1を担当できればよい。自動車系でも新規参入の可能性はある。早く航空機産業を支える基盤が形成されることが望まれるが、国際競争力確保のために中小企業に赤字を回すような構造になってしまえば、長期的な事業基盤確立につながらない。長く、かつ、力強く技術の高度化と業務の改善が継続できる仕組の構築が急務となっている。

企業名	I 社		
本社所在地	東京都	従業員数	7,723 名
事業概要	資源・エネルギー事業、船舶・海洋事業、物流・社会基盤事業、 回転・産業機械事業、航空・宇宙事業、不動産事業等		
主要製品	ジェットエンジンおよびそのメンテナンス、宇宙機器、運搬機械、土木建設機械等		

■航空宇宙事業の事業規模

当社航空宇宙事業の売上比率の8割強が航空機エンジンである。かつては防衛機向けの売上が主であったが、近年、民間機向けが伸びて官民比率が逆転した。民間機向けエンジンの業績伸びは、20 年前に蒔いた種が育ってきたことの現われでもある。

航空機産業全体(航空機、エンジン、装備品等)の国内生産額は1兆 2,000 億円規模、エンジンは 4,000 億円程度の規模である。自動車や電機等の産業と比較してまだまだ弱小産業の位置づけと言わざるを得ない。

■航空機エンジンについて

当社が国際共同事業に参画している主要エンジンについて述べると、「V2500」は、20 数年前に Joint Venture 方式で世界5ヶ国が共同開発(当社を含む日本、RR: ロールスロイス、PWA: プラット&ホイットニー等が参画)したもので、エアバスの A320 等の 150~180 席級の旅客機に搭載されている。競合する他社製品は、「CFM56」(GE: ゼネラル・エレクトリック社、スネクマ社の共同開発)であり、この2グループで競争している。例えば A320 シリーズではこの2機種の搭載台数は拮抗し、互いに半々のシェアを占めている。

大型機に搭載されているエンジンとしては「GE90」(GE 主体)があり、B777 シリーズ向けでは GE の他、RR、PWA の2グループがそれぞれエンジンを提供しているが、B777 のうち長距離モデル向けでは GE90 が独占的に搭載されている。B787 向けのエンジンとしては「GEnx」(GE 主体、当社を含む日本が参画)と「Trent1000」(RR 主体、日本が参画)の2機種が開発中である。

小型機向けの「CF34」(GE 主体)は、現在のところ

70~100 席クラスの機体に独占搭載されている。リージョナル・ジェット機で実績を有するカナダ、ブラジルの2航空機メーカーの主要機種はすべて CF34 を採用している。中国で開発が進められている ARJ も同じ。残念ながら日本で開発中の MRJ やロシアで開発中のリージョナル・ジェット機には他のエンジンが採用されている。

■エンジンメーカーの動向

日本国内の航空機エンジン売上高シェアは、ここ 10 年間ほどは当社が7割、同業の2社がそれぞれ 15% 程度で推移している。

世界シェアで見ると 2006 年で当社は4%程度で日本全体では5%超である。

国内メーカーは、民間機向けエンジンについては GE、RR、PWA の3大メーカーとアライアンスを組んで分担している。分担比率はエンジンの種類により異なり、3割のものもあれば 15%のものもある。

[世界の動向]

日本航空機開発協会(JADC)の予測によると、今後 20 年間にわたり、世界の航空旅客は、毎年5%程度伸び続けるものと予想されている。従って、航空機材、航空機エンジンの需要も同様に伸びるものと期待している。

■業界構造

民間航空機向けのエンジンは、開発期間が長期にわたり、投資金額、必要リソースが大きいため、通常は数社が組んで国際共同開発、国際共同事業を実施している。アライアンスを組むパートナーは、開発プロジェクトによって異なる。ここ 20 年で日本は世界で最重要

のパートナーとなったと自負している。

当社は複数の主要機種で GE とアライアンスを組んでおり、一部機種で RR、PWA と組んでいる。

■メンテナンス

新製エンジンの製造・販売に加えて、メンテナンス事業(MOR: Maintenance Overhaul Repair)がある。当社のメンテナンス事業の規模は、航空宇宙事業全体の売上の 10%程度であるが、これから伸びる分野とみている。

現在の主要対象機種は V2500 である。世界中の多くのエアラインから直接仕事をいただいて整備している。CF34 は、今後も含めた累計出荷 6,000 台が見込まれているので整備の次の柱となる機種と考えている。エンジン整備は、国際共同開発の際の担当部位に縛られることはなく、独立した事業となっている。

■取引様式

航空機エンジン事業は、お客さまも世界、サプライヤーも世界である。当社の国内取引先の数としては、協力会社や素材、部品会社がほしい 200 社、加工関係の会社は 200~300 社くらいである。

[発注形態]

取引先への発注形態は次の3つの形態がある。

①購入：ベアリング、ワッシャー、ボルト等の部品は、完成品として購入している。購入先には、世界を相手に競合できるレベルの品質、製造技術、自社で設計・試験して認証取得できることなどが求められている。

②加工外注：当社が提供する図面あるいは仕様書に基づき、切削、表面処理等の加工工程を担当するものである。耐熱合金、チタン合金等の特殊な材料については当社で調達して支給する場合もある。小物部品の加工外注であれば、中小企業においても技術的には担当可能な場合も多いと思われるが、航空機産業においては、結果だけでなくプロセスも全て管理・記録しなければいけないなどの難しさもある。

③工程外注：当社が社内の生産工程の一部を切り出して外注するもの。工程設計は当社で行い、加工条件、治工具など生産に必要な情報やものを指導、支給

する形態の外注である。必要な機械設備を保有しており、難削材機械加工のセンスがあれば、中小企業でも担当できる。QMS(品質管理システム)についても指導するが、その考え方になじんでいない場合には品質管理に苦勞するかもしれない。

QMS の壁が高いこともあり、現在航空産業に参入している中小企業は限られているが、地方自治体や国が参入支援に動いており、将来は変わるかもしれない。

[海外調達]

部品、素材については海外調達も多い。加工外注については、ロジスティックに要する費用・時間の点から海外に出すのは固有技術を持った相手先に限られている。

■工程変更

航空機エンジンの型式承認までのプロセスは、開発、試作、性能・耐久試験へと進む。FAA の承認取得後は、工程凍結となり製造工程を勝手に変えてはいけない。

ただし、工程変更の手続きを行い、再度承認を取れば変更できる。加工方法を変えたり、新しい機械に変更することも工程変更になる。3年前に工場を地方に移転した時には工程変更手続きが大変だった。

量産に入った後、VA/VE などの活動の結果として、新しい工程や加工法の提案があった場合、データから取り直す。素材メーカー、加工メーカーと共同で VE 活動を行っているので、いったん凍結された工程でも、VE により工程変更することはある。

■新規参入

航空機エンジン産業(の下請)への他産業からの新規参入の難しさのひとつは、使用されている材料が違うということである。一般の機械部品の材料は鉄、ステンレス等が主であるが、航空機エンジンにはチタン合金やニッケル耐熱合金など、加工難度が高い材料が多く使われている。材料によっては発火性があるものもある。発電機やガスタービン等の下請経験のある会社であれば、品質管理の厳しさを知っており、しっかりした設備とベテラン作業員がいるので参入しやすい面もあると思われる。

材料の差を除けば、機械部品加工等の得意な中小企業の参入可能性は十分あるが、ベテラン技能工が巧の技だけで精度を出すというブラックボックス的なやり方は通用しない。技能と勘も必要であるが、工程記録を残してプロセスをきちんと客観的にトレースできなければならない。

■ 中小企業に対する期待

日本の中小企業の技術レベルは高いと思う。また、自分の腕を上げたいと考えている人が多い。航空機産業の仕事は、工程凍結のために既存の工程や作業手順に縛られる面もあるが、そこを突き抜けた加工技術があれば、工程変更により元の図面を変更させることも出来る。実際、当社が自前で特許を取るような新しい技術を開発し、海外パートナーに提案して図面を書き換えさせた例もある。

航空産業固有の仕事のやり方や英語に慣れさえすれば、ハイテクを勉強できて他産業からの仕事にフィードバックできるので、非常にやりがいがあるという声も聞く。産業規模が未ださほど大きくないので過度の期待は困るが、中小企業の参入意欲の高まりは歓迎している。

第3章 航空機部品の供給構造と取引態様

本章では、部品サプライヤーから完成機メーカーにまで続く一連の部品供給構造について、これがどのように形成されているか、どのように航空機産業を支えているか明らかにするため、第2章の企業インタビュー結果をもとに詳細な考察を行う。

1. 航空機製造における各パートと部品供給の流れ

航空機の構成は、第1章でみたとおり、大きく「機体」「装備品」「エンジン」の3つに分けられ、それらはさらに主要部位ごとに製造区分が分けられる。

「機体」は、フライト・デッキ、前胴、中央胴、後部胴、主翼、尾翼等の主要部位に分けられ、それぞれ完成機メーカーによって選ばれた Tier 1（図表 1-1-5 参照、「パートナー」と呼ばれることもある。以下同じ。）が生産を担当する。Tier 1は、主要部位を構成する部品の種類や、組立、加工等の工程の種類ごとに作業を分割し、Tier 1自ら行うものと Tier 2以下が担当するものに振り分ける。

「装備品」は、機能別に油圧システム、与圧・空調システム、燃料システム・燃料制御装置、アビオニクス・飛行制御システム、電源システム、降着システム、客室機内システムなどがあり、それぞれ完成機メーカーによって選ばれた Tier 1がとりまとめる。各システムを担当する Tier 1は、これを構成するコンポーネント(システムの内訳となる種々の装置や機器類)のうち、Tier 1自ら製造するものと Tier 2以下が担当するものに振り分ける。

「エンジン」は、ファン、高圧コンプレッサー、低圧コンプレッサー、燃焼室、高圧タービン、低圧タービン、ギアボックス等のモジュール¹⁹に分類され、プライムメーカーと呼ばれる3大メーカーを中心に置いて各エンジンメーカーが担当する。それぞれモジュールを構成する部品(ブレード、シャフト等)の種類ごと、または工程の種類ごとについて、各エンジンメーカーが自ら行うものと Tier 2以下が担当するものに振り分ける。

(1) エアラインと完成機メーカー

ボーイングなどの完成機メーカーは、納品された機体の主要部位、アビオニクスなどの装備品、エンジン²⁰を最終組立ラインに集め、機体を組立て、装備品を艀装して、航空機を完成させた後、点検整備、試験飛行を行い、合格後エアラインに引き渡す。

完成機市場は、中大型機ではボーイングとエアバスが、リージョナル機ではボンバルディアとエンブラエルが世界の市場を寡占しており、エンジンでは、GE(ゼネラル・エレクトリック)、RR(ロー

¹⁹ エンジンのモジュールの分け方については、日本航空「航空実用事典」を参照した。

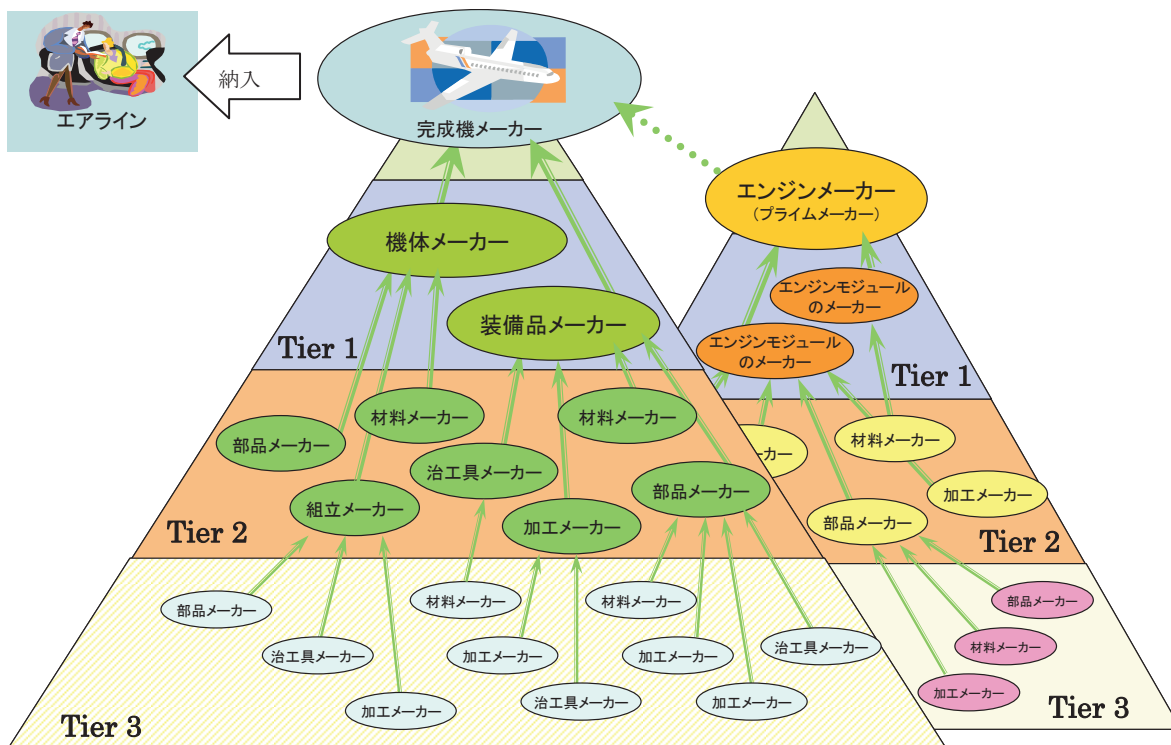
²⁰ 中・大型機の場合、1機種に対して2種類以上のエンジンが用意される場合が多い。例えば B787 では、「GE nx」と「トレント 1000」という2種類のエンジンから、購入者(エアライン)が選択できる。

ルスロイス)、P&W(プラット&ホイットニー)の3社がプライムメーカーとして世界市場を寡占している。また、装備品もハネウェル、ハミルトン・サンドストランド、ロックウェル・コリンズなど少数の海外企業が供給する構造となっており、旅客航空機産業は、事実上、完成機メーカー2~4社、エンジンメーカー3社、装備品メーカー3社の組合せにより、新たな機種を開発、供給している。

例えば、B787の場合、2004年4月に全日本空輸株式会社からの50機の確定発注を受けてプログラム・ローンチした。その後の2005年6月に、ボーイングは、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業等日本の主要機体メーカーと、開発・量産事業への参画に関する契約に調印した。第2章のインタビュー先企業も、これら主要機体メーカー(Tier 1)から、B社が翼の複合材部品の加工、D社が主翼の組立を受託している。装備品では、C社が米国の飛行制御システムメーカーに角度センサ等を供給している。三益工業は油圧システムメーカーからの引き合いがあり、油圧部品の試作段階から参加している。

B787のケースのように、Tier 1は、ほとんどが大企業で構成されており、Tier 2以下のサプライヤーは、ほとんどが中小企業という体制になっている。Tier 2以下は、Tier 1からの委託を受けて、部品の切削などの機械加工、組立、熱処理、表面処理など、生産工程の一部を受け持つ専門メーカーが多い。

図表 3-1-1 航空機産業の製品供給の流れ (イメージ)



[出所] ヒアリング内容等により作成

(2) 機体メーカー

日本の航空機メーカーは、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業が大手であるが、防衛機は別にして、現在、民間用完成旅客機の製造はしていない。同大手各社は民間機分野では、ボーイング、エアバス等の完成機メーカーのもとで機体製造を受け持つ機体メーカーであり、Tier 1に位置づけられる。機体メーカーは、胴体、翼、ドアなどの主要部位ごとに選ばれて、その製造を担当し、必要となる材料、部品を自己で調達して組立てを行う。

機体メーカー(Tier 1)は、完成機メーカーの決めた仕様にしたがって、担当部位の設計を行い、自ら内製するほか、Tier 2 のサプライヤーに、機体部品の加工、一部の組立、表面処理や塗装、ファスナー等小物部品の製造、治工具の製作などを委託発注する。

実際に Tier 2 以下のサプライヤーがどのような部位を担当しているかという点、インタビュー調査先の中から、こうした機体関係サプライヤーの実例を挙げると理解しやすい。例えば、B社は、防衛航空機に用いる風防生産を行いつつ、そこでの複合材成形の実績が評価され、B787 では Tier 1の傘下で主翼の複合材の成形を担当している。また、D社は、過去に三菱重工業製造のビジネスジェット MU-300 の主翼組立作業の経験等をもっており、そこで得た複雑形状の加工技術や特殊技術の蓄積をベースに、B 787 では Tier 2 として主翼の組立、艀装作業を担当している。最新鋭機であるB787の製造であって、かつ主翼という重要な部位においても Tier 2 サプライヤーの確かな貢献があることがわかる。

Tier 3 は、Tier 2 が必要とする部品の機械加工や熱処理など特殊工程を受け持つなど、Tier 2 を補完する役割を果たす。インタビュー先の事例では、ファスナーメーカーの川西航空機器工業は、13 社の協力会社(Tier 3)をもち、同社が指導・監督をし、工具も支給して、加工などを委託している。

(3) 装備品メーカー

装備品は、航空機の機体に搭載される一連の機材で、個々の機能別に分類されている。主要な装備品の種類としては、与圧・空調システム、油圧システム、燃料システム、飛行制御システム、電源システム、降着システム、客室機内システム、室内装備などがある。装備品の市場では、これらのシステムをとりまとめる能力を有していて、かつ、実績が豊富な欧米メーカーの競争力がかなり強い。そのため、日本のメーカーが Tier 1(システムメーカー)として民間機の主要装備品を受注した実績はほとんどないが、住友精密工業、ナブテスコなどは、欧米のシステムメーカーと共同開発等を行っており、MRJ を含め一部の航空機では受注実績を有している。こうしたシステムメーカーの下に位置する Tier 2 は、ジャイロ、発電機、緩衝装置等のコンポーネント、歯車等の部品製造や切削等の加工などを担当する。

ここでもサプライヤーの関与事例をみるため、インタビュー先企業のうち、装備品関連サプライヤーの例を挙げると、L社は、防衛機の降着システムについて、ライセンス生産や独自に開発・生産した経験をもち、その実績をもとにビジネスジェット機の降着装置の油圧部品を供給している。現在

開発中の MRJ では、降着システム全体をとりまとめるシステムメーカーとして重要な役割を任せられることが決まっている。また、C社は、かつて主要発注元がボーイングへの納入契約を結んだことから、当社もボーイング傘下のサプライヤーに名を連ねることになり、その関連で米国の装備品メーカーに紹介され、その後ジャイロなどのコンポーネントが採用されるようになった。以降40年の実績を積み重ね、B787 ではパイロットコントロールシステムを担当する海外の Tier 1 から、そこで用いる全センサーの生産を任されるまでになっている。他にも、三益工業は、ギアボックスの製造など数十種類の部品を組み上げられる体制を備えており、国内の油圧システムメーカーに対して、精密加工から真空熱処理まで請け負う一貫生産能力を強みに、油圧部品を供給している。

(4) エンジンメーカー

エンジンメーカーについては、欧米の3大メーカーが、企画・製造から販売・サポートに至る優れた総合力を武器に、この市場を寡占している。日本のIHI、三菱重工業、川崎重工業は、それら3大メーカーの RSP (リスク・アンド・リベニュー・シェアリング・パートナー) である Tier 1 として、燃焼器モジュール等の主要構成部品を開発・製造している。その傘下で Tier 2 サプライヤーは、エンジンの材料や構成部品の加工・熱処理等を行う。

インタビュー先企業に関しては、三益工業が上記国内エンジンメーカー (Tier 1) からエンジン用鋳造部品製造の受託を行っている。同 Tier 1 が新規需要に備えて生産力の増強を図っていた際、航空機用油圧部品の経験と高度な真空熱処理技術を有している三益工業に注目したという経緯がある。エンジン製造という極めて高度な技術を要する分野においても、中小企業たる部品サプライヤーが役割を果たしている実例である。

(5) 材料メーカー

航空機に使われる主な材料としては、金属材料と複合材料がある。うち機体構造用材料の主体となっているのは金属材料で、比重が軽く比強度が高いアルミニウム合金が機体の外板や構造部などに広く用いられている。具体的には、引っ張り強度に優れた 2024 アルミ合金 (超ジュラルミン) や、7075 アルミ合金 (超々ジュラルミン) が外板などに利用されている。最近では、さらに軽量化を進めるため、アルミリチウム合金の開発が進められており、エアバス A350 の構造材料等に利用されている。こうしたアルミ合金材料は、アルコア (米)、リオ・ティント・アルキャン (加) などの海外の大手企業が供給している。

複合材料は、ガラス繊維強化プラスチックが主翼フィレット、フェアリング、舵面、翼端などに広く用いられている。比弾性率、比強度の大きい炭素繊維複合材料 (CFRP) は、動翼外板などの二次構造部材として利用されている。特に、B787 では、軽量化のために複合材料の使用を大幅に増加させ、主翼などの一次構造材料にも利用している。航空機で利用される PAN (ポリアクリルニトリル) 系炭素繊維は、東レ、東邦テナックス、三菱レイヨンの3社が世界大手であり、世界最大手の東レは、B787 の炭素繊維複合材料に関してボーイングと長期供給契約を締結している。東レは、炭

素繊維織物に熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグのかたちで機体メーカーに供給している。

2. ボーイング、エアバスの最新鋭機等における日本メーカーの担当例

前項では、航空機産業の部品供給について全般的な流れを述べたが、ここでは、具体的な機種例として、ボーイング社の最新鋭機である B787 とエアバスの最新鋭大型機 A380 を挙げ、日本メーカーが実際にどのようなパートを担当しているか、個別にみてみよう。

(1) 機体の生産

まず、B787 において、Tier 1 である日本メーカーの分担状況をみると、機体のうち主翼ボックスは三菱重工業、前胴部位と主脚格納部及び主翼固定後縁は川崎重工業、中央翼ならびにその部位と主脚格納部とのインテグレーションは富士重工業、主翼スパー（桁）は新明和工業が、それぞれ担当している。

このなかでも、三菱重工業は、機体の中で最も重要な部位とされる主翼を担当している。同社によると、コンペティションに勝つために、早くも 2000 年からボーイングと交渉をはじめた。Tier 1 が選定される段階では、同社から専門の技術者をボーイングの本拠地であるシアトルに常駐させるなどして、概念設計の段階から参加し、多くの技術提案を行った。そうした活動を結果、ボーイングから、共同開発を行うプログラムパートナーとして選定された。B 787 は、主要部分に炭素繊維複合材を本格的に採用した初めての民間機であるが、三菱重工業は F-2 支援戦闘機の開発時に世界で初めて主翼に複合材を採用した経験をもち、その実績が評価された。この点も含めて、同社が主翼を受注できたのは、人材・技術・設備、これらをまとめる組織力など、総合力が評価されたためであるという。同社は既に B787 向け複合材主翼の製造工場を建設済みだが、こうした施設までいち早く整備できる企業は少ない。主翼という非常に重要な部位に関して、ここまで日本メーカーが手がけることになったのは、ボーイングでは初めてで画期的なことである。

一方、A380 のケースでは、全体で 21 社の大手日本企業が参画している。そのなかで、機体については、三菱重工業（前部貨物ドア・後部貨物ドア）、富士重工業（垂直尾翼前縁・後縁、垂直尾翼及びフェアリング）、日本飛行機（水平尾翼）、新明和工業（尾翼フィレット・フェアリング、複合材製主翼ランプサーフェス）、昭和飛行機（ハニカム）、日機装（カスケード）、ジャムコ（垂直尾翼用構造部材）、ミネベア（ロッドエンド・ベアリング）の各社が担当している。

こうした大手メーカーの傘下で、中小企業である部品サプライヤーも重要な役割を果たしている。例えば、インタビュー調査先である B 社は、Tier 1 のもつで、複合材の成形技術により主翼部品の成形を行い、サプライヤーとして B787 の生産体制を支えている。同社は、先端複合材加工としては、ガラス・カーボン・アラミド等の繊維とエポキシ・フェノール等の樹脂を組み合わせた最先端の構造材料を使用して、ヘリコプター、航空機、ソーラーカーボディーなど、軽量で強く複雑な形状が要求される部品の成形を行っており、旅客機以外にも幅広いニーズに答えている。

B787 や A380 以外の機種ではあるが、機体メーカーの委託を受けて、中央翼の部品など大型アルミ製品の加工技術を駆使して製作しているサプライヤーの例もある。航空機では大型アルミ部品など特有の部品が用いられるため、これらに自社の強みを絞ることは有効であり、例えば、高品

位対応のマシニングセンターや大型高速五面加工機などを導入するなど、大型で特殊な部品に関する加工技術と経験を蓄積することが航空機部品製造では生きてくる。

また、**D社**は、機体メーカーの委託を受けて、**B787**の主翼、**B747**のスパンワイズビーム、**B 777**の扉口・ドア・パネル、プラグ部、**B737**のフラップ、**B767**のパネル、ボンバルディアの **GLOBAL EXPRESS** や **CHALLENGER 300** の主翼骨格など、多様な機種において多くのパートを担当している。**川西航空機器工業**も、機体部品などを締結するファスナーやワッシャー類等の標準部品・各種金具を主に防衛機向けに生産している。この分野の共通部品・標準部品に当たる製品市場は、実は、中小企業である同社が独占している。各機固有の主翼をつなぐ金具などについては、同社より一回り大きな企業5～6社を相手に競合することになる。こうした**D社**、**川西航空機器工業**の例からみても、中小サプライヤーが、意外にも大きな存在感を示していることがわかる。

さらに、**田中**は、自社開発のプラズマ浸炭処理技術により、電気腐食を起こさない機体締結用チタン合金ボルトの加工を行っている。同社の言うところ、ボルトは完成機メーカー指定のものを使用することになっているので、主翼について設計責任を負っている機体メーカーであってもボルトの選定には関わらないという。この例に従って、**田中**は、中小サプライヤーとしては珍しく、完成機メーカーから直接指定してもらう方向で、認証取得に取り組んでいる。

(2) 装備品の生産

B787 の装備品については、ジーエス・ユアサがリチウムイオン電池システムを、ジャムコがラバトリーやギャレー・操縦室ドア等を、パナソニック・アビオニクスが客室サービスシステム等を、ブリヂストンが降着システムのタイヤを、小糸工業が座席を担当する。

次に、**Tier 2** では、ナブテスコが、電源システムを担当するハミルトンサンドストランド(米)に高圧電源装置を供給している。インタビュー調査先である **C社** も、飛行制御システムを担当するロックウェルコリンズ(米)に向け、独自に培った技術を活かした角度検出センサー等を供給している。電装品メーカー (**Tier 1**) の直下に入れる同社のようなコンポーネントメーカーは、日本にはまだ5社位しかないという。

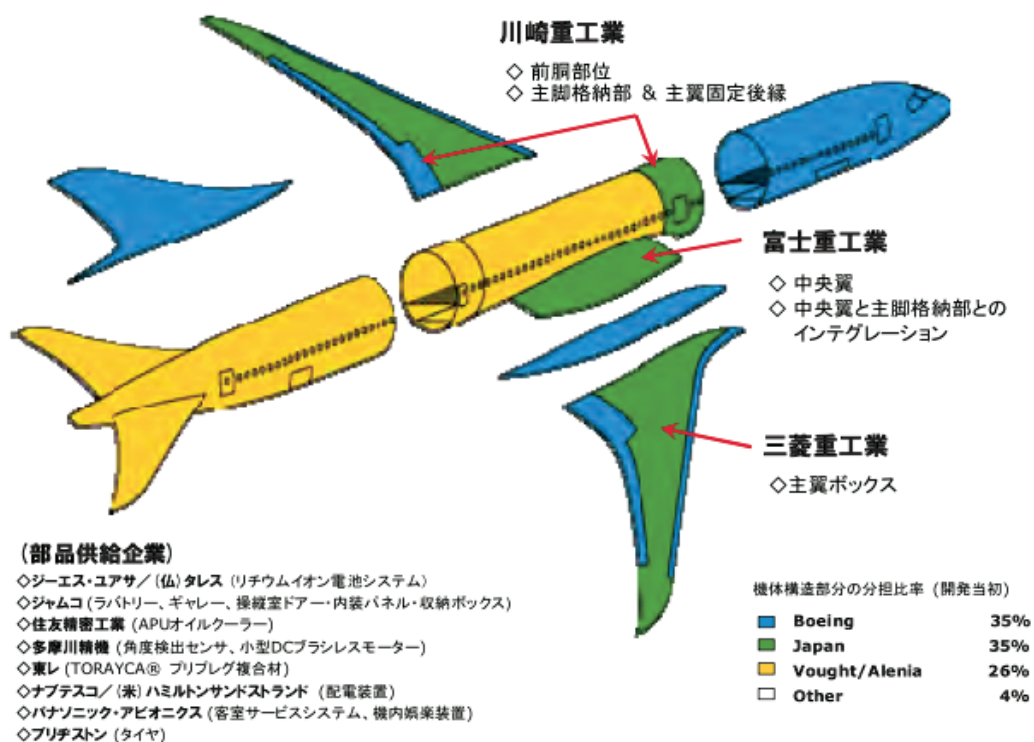
一方、**A380** の装備品については、横浜ゴム(貯槽タンク・浄化槽タンク)、横河電機(コックピットのディスプレイ・モジュール)、カシオ計算機(TFT 液晶パネル)、パナソニック・アビエーション(機内エンターテインメント・システム)、小糸工業(新設計の座席)、住友精密工業(主翼脚のギア引き込み固定装置)、ジャムコ(厨房設備、後部電子機器収納棚)、ブリヂストン(主脚及び前脚向け新型タイヤ)、コミー(手荷物用棚ミラー)の各社が担当している。

ここでも中小サプライヤーの実例をみると、例えば、インタビュー調査先の**H社**は、特殊な鑄造技術であるロストワックス法を駆使し、油圧システム向け部品等を生産している。ロストワックス法は、極めて高い精度をだすことができる製法であり、通常複数になってしまう部品も一体成型できるというメリットがある。ある種の航空機の部品は、普通の中子(なかご:鑄造の型の一種)を使ってもできない複雑形状になっているので、こうしたものを得意とすることから、大手メーカーから重宝されている。

また、三益工業も、Tier 2 として、NC 加工技術と真空熱処理技術を駆使して、油圧システムの部品を生産・供給している。

近年、新機種が開発されるたびに、日本企業の参画ウエイトが高まっていると評価されているが、こうした部品サプライヤーの存在がそうした躍進を陰から支えているといえる。

図表 3-2-1 B787 の日本企業の参画状況



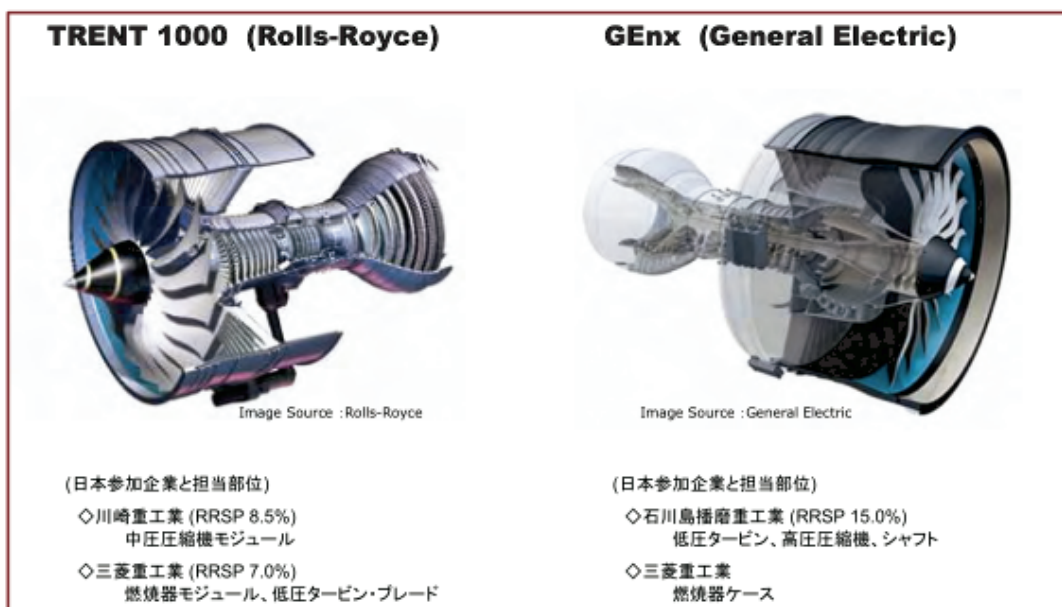
[出所] (社)日本航空宇宙工業会「航空宇宙産業データベース」

(3) エンジンの生産

B787用の2種類のエンジンのうち、ロールスロイス製「Trent 1000」では、川崎重工業が中圧圧縮機モジュールおよびフロント・ベアリング・ハウジング、三菱重工業が燃焼器および低圧タービンブレード、住友精密工業が補助動力装置用オイルクーラを担当している。GE製「GEnx」では、IHIが低圧タービン部と高圧圧縮機後段部を、三菱重工業が燃焼器ケースを担当している。

インタビュー調査先では、三益工業がエンジンモジュールメーカーにエンジン用の鋳造部品を供給している。同社は、B787に関しては、Tier2メーカーによって、概ね3年前から試作部品の引き合いがあったという。同社の強みは、精密機械加工だけでなく真空熱処理も合わせて社内で行えることであり、特に熱処理工程は管理に力が要るので、この工程を持っていることで関心を寄せてくれる発注元は多いという。こうした強みから最新鋭機種種の製造を支える役割を得たといえる。

図表 3-2-2 B787 エンジンの日本企業の参画状況



[出所] (社)日本航空宇宙工業会「航空宇宙産業データベース」

(4) 機体材料の供給

機体材料に関しては、東レが B787 に使用する全ての炭素繊維プリプレグについて長期供給する契約をボーイングと結んでいることから、同社から機体を生産する各メーカーに供給している。

A380 の機体材料については、三菱レイヨン(先端複合材)、東レ(中弾性炭素繊維)、東邦テナックス(同左)、住友金属工業(純チタンシート)の各社が担当している。

また、専用の治工具の分野では、牧野フライス製作所(マシニング・センター)が参画している。

実は、こうした先端複合材の成形という高度な分野に関しても、中小サプライヤーが一定の存在感を示しており、例えば、上述した **B 社** は、このプリプレグを積層して、自社の設備(オートクレーブ:複合材硬化炉)を用いて熱硬化させる技術を有している。オートクレーブ等の設備を導入している企業はさほど少なくないが、航空機用の複合材を成形する技術を持った企業となると、同社を含めた少数の企業に限られてくる。同社は、「20 数年たって、何とか作ることに掛けては一人前になったという状況である。」とし、長年掛けて航空機用先端材料を扱う高度な技術を培ったことがうかがえる。

図表 3-2-3 エアバス A380 日本企業の参画状況



[出所] Airbus Letter October 2004

3. 航空機産業における部品供給取引の態様

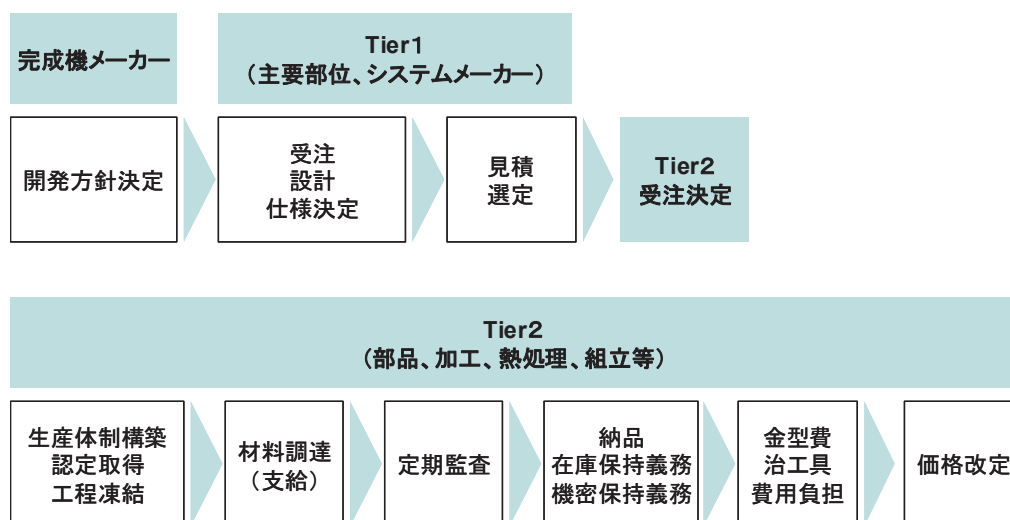
(1) 部品供給取引の各ステージ

航空機産業における部品供給取引においては、新機種の未だ構想の段階で、パートナーとなる Tier 1 が選定され、完成機メーカーとともに、基本設計段階から詳細設計・試作・飛行試験・量産に至る全ての段階に参加し、担当する主要部位について開発から製造までの責任をもつ。Tier 2 は、試作や量産の段階で参加し、Tier 1 から部品加工・熱処理・組立などの業務を受託する。

完成機メーカーから Tier 2 等に至る部品供給取引の各ステージとしては、①発注側の開発方針決定～②設計・仕様決定～③サプライヤー選定～④見積り・条件決定～⑤生産体制構築～⑥工程凍結～⑦監理～⑧納品～⑨在庫保持義務・機密保持義務～金型補償～価格改定、などの例が挙げられる。

ここでは、そうした航空機部品供給取引の実際において、どのような特徴がみられるか、各ステージごとに詳述していきたい。

図表 3-3-1 部品供給取引の各ステージ



(注) 試作を受注した Tier 2 が、量産の受注も獲得できるかどうかは不確定だが、実際上、その確率が高いため、本フロー図は、量産も担当する前提で書いている。

① 完成機メーカーの開発方針決定

完成機メーカーは、新型機を開発するにあたり、市場調査からスタートし、民間航空機の需要動向と競合関係を分析しながら、どういう市場にどういうタイプの航空機を提供するかを検討する。新型機のコセプトが固まったら、巡航速度・航行距離・客席数などのおよその仕様を決めて、エアラインを訪問して意見を聴取し、機体仕様をブラッシュアップしてまとめ上げる。例えば、B787 の開

発構想に際しては、今後の旅客需要の増大が予測される中で、エアラインのニーズが、これまでのハブ・アンド・スポークス型(主要空港にて乗り継ぐシステム)からポイント・トゥ・ポイント型(都市間直行)にシフトすると予想し、航行距離の長い中型機の開発を決めたとされている。

こうして開発方針を決定した後、完成機メーカーは、実績のある世界の Tier 1メーカーに対して新型機 concepts を提示して技術等の提案を依頼し、コンペ等により発注先を決定する。

エンジン場合は、エンジンメーカー(プライムメーカー)が新規開発エンジンの concepts を提示して、共同開発を行うパートナーのエンジンメーカーを募集し、分担する部位を決める。また、近年では、共同開発方式やリスク & リベニュー・シェアリング方式が主流となっており、パートナー(Tier 1)の選定に当たっては、コスト・品質・納期など生産面の能力に加えて、開発能力や調達能力、リスク負担能力などもあわせて総合的に審査されるようになっている。

② Tier 1 の受注・設計・仕様決定

完成機メーカーは、新型機の構想が固まった段階で、全機を主要部位・システムに分割して、それぞれを担当するパートナー(Tier 1)を選定する。Tier 1は、完成機メーカーと共同で開発・設計を行い、主要部位・システムの設計仕様を固める。

完成機メーカーとの取引において、日本の三菱重工業のように主翼などの機体の主要部位を担当できる Tier 1は、世界で 10 社程度であり、その選定過程では、Tier 1としての提案力、コスト、品質、納期、組織能力、資金力、実績など総合力が問われるという。実際にこのクラスのメーカーは、「新プロジェクトに先立って、Tier 1 として最低限必要となる設計・工場・生産設備は自前で用意し、ロジスティクスもきちんと行わなければならない。また、当社の傘下にある Tier 2 以下についても、信頼できる顔ぶれを揃え、その管理もしっかりと行うことが求められる。」と指摘する。厳しい受注競争を勝ち抜くためには、選考に先立って、工場・設備等に係る先行投資などを行い、Tier 1 としての受入れ準備が十分整っていることを示さなければならないのである。

その他にも、B787 の受注獲得のケースでは、三菱重工業は、新規開発機専任の技術者を任命し、ボーイングの本拠地であるシアトルに常駐させて技術提案等を行うなど、ボーイング側のニーズに即座に対応できる体制を整え、選定まで2年の長期にわたって積極的な受注獲得活動を行ってきたという。

次に、装備品の場合は、まず、完成機メーカーが Tier 1に対して開発計画を示して製品や技術に係る情報提供を依頼する。その情報をもとに仮仕様を固めて、候補各社に提案依頼(RFP : Request for Proposal)を行い、提案内容から最終候補を3社程度に絞り込む。その後は、候補各社と個別に価格交渉を重ねて、最終的に1社を選定することになる。

装備品の Tier 1 選定においても、技術だけでなく実績を含めた総合力が評価されることは変わらない。この点について、インタビュー調査先のL社は、まだ開発実績の少ない頃、ボンバルディアから降着システムを受注する際に、単独開発では不安があるとみなされたのかカナダの大手降着装置システムメーカーとの共同開発を条件とされた。同社は、技術的には単独で開発できる自信はあったが、とにかく実績づくりが肝要であると考え、この条件を呑んだという。この開発案件を無

事にこなした実績から、その後、何かと声がかかるようになり、現在の MRJ やホンダジェットの受注にまで至っている。

また、Tier 1 は、新規機種開発が公になる前のかかなり早い段階から、自らの仕様を決定するために、Tier 2 に対しテストピースの作成等を発注している。この点について、B 社は、「機体メーカーは、新機種開発プロジェクト開始早々の段階から、部品サプライヤーにテストピースを繰り返し試作させて、スペックを固めていく」としており、装備品 Tier 2 の C 社も「完成機メーカー社内の開発室に当社エンジニアを派遣し、当社が担当する部品の要求仕様書の作成などについて、先方(派遣先)エンジニアと当社派遣エンジニアが協力して作成する。」としている。航空機の仕様や設計は、単に上から一方的に降りてくるのではなく、Tier 2 もかなり未成熟な段階から、実質的に開発に参画し、双方向で摺り合わせながら固められていくことがわかる。

また、近年、完成機メーカーや Tier 1 クラスは、個別の部品単位で多くのサプライヤーに直接発注するスタイルから、一式のモジュールやコンポーネント(またはサブシステム)といった単位で、取りまとめ役の少数社に発注するスタイルをとる傾向を強めている。すなわち、従来、Tier 2 は、部品単位の供給能力があれば相手にしてもらえたが、今後は、モジュール単位の取りまとめ役を果たせる中核的な Tier 2 としての能力が求められており、その分、Tier 1 側は、従来負担していた取りまとめに要する手数とコストの軽減が図れるという。この点について、インタビュー調査先の L 社は、「完成機メーカーは、かつてアクチュエーター1本だけという単位でも納入させて、自社で組み付けしていたが、近年は発注先に、そうした部品をまとめてシステム一式に仕上げよう求めている」という。こうした発注単位のモジュール化は、他の産業、例えば自動車部品サプライヤーなどにも多くみられる傾向であり、航空機産業も例外でなく同じ潮流にあることがわかる。

③ Tier 2 の選定・見積り

(a) 選定の基準

発注に先立って、機体メーカーは、まず協力会のメンバー企業を対象として新機種の説明会を開催し、図面やモックアップ(模型)を使って業務の説明を行った後、受注希望企業を募集してコンペを行う。例えば、Tier 1 の A 社の場合、海外を含む約 200 社から調達しているというが、そのほとんどは中小企業である。

日本の機体メーカーにおいては、コンペとは言っても、Tier 2 を過度に競争させるという購買政策はとらず、価格を重視するのはもちろんだが、品質・納期のほか、経営の安定性を含む長い目でみた信頼性も相当程度考慮している。すなわち、長期的に支え合うというパートナーという観点を重視して発注先を選定しているのである。この点について、装備品メーカーで Tier 1 の立場にある L 社によると、「2~3 社の部品サプライヤーに見積り依頼をして、その中から 1 社を選定する。品質・納期も重要である。技術については、当社の条件に合う技術力をもった企業でなければ、最初から声はかけない。」とし、技術力の高さは当然のこととして、むしろ選定以前の必須条件と考えていることがうかがえる。また、エンジンで Tier 1 の立場にある大手メーカーは、「現状では、航空機業界の QMS(品質管理システム)の壁を越えられる企業が少なく、多数企業が入り乱れた価格の

叩き合いにまではなっていない。」という。これらから、価格以外のことが相当程度考慮されていることがわかる。

もうひとつ、特に重要視される点としては、経営の安定性が挙げられる。これは、航空機の場合、一般的製品寿命から、長期に渡って供給する責任を負っており、仮に Tier 2が運航期間半ばにして廃業や生産中止に陥ったとしたら、供給責任が果たせなくなるためである。実際に、航空機の開発は5～10年かかり、量産機もライフサイクルが30年以上という長期間の付き合いになるので、業況に懸念があったり、経営方針が大きく覆るような不安定な企業は、発注元から嫌われる。その点、インタビュー先のC社が指摘するように、非公開企業ならば、買収される危険がなく、①経営の基本理念が維持できる、②自社技術を保持できる、③組織が安定している、等の面で長期間の安定性があると海外から評価されている。非公開の中小企業は、日本ではそれほど珍しくないが、欧米の航空機関連メーカーからみると貴重な存在である。航空機業界でアピールできる我が国サプライヤーの組織形態的な強みといえるかもしれない。

(b) 発注元によるコントロール

Tier 1は、各協力会社の得意技術や保有設備、稼働状況等を十分に把握しており、自らの経営資源の配分、社内の設備投資方針、内製・外注のバランスなどを含めた全体的な視野から外注方針とサプライヤーレイアウトの大枠を決め、Tier 2を選定している。例えば、D社によると、「主要発注元は、価格・品質・企業の信用度の3つを基準として競争入札を実施してサプライヤーを選定している。その際、どの機種・どのパーツを担当させるかは、サプライヤー側の感触や反応も見ながら発注元が配分している。」という。また、F社の指摘にもあるように、大手Tier 1は、自らの内製用設備計画も、サプライヤーの設備投資動向を観察しながら、全体的視野で決めている。サプライヤーに任せられるような分野で自社内に設備投資はしないし、サプライヤーの設備が遊ばないように、別の仕事を回すこともある。これまでの取引実績や事前の調査から、各サプライヤーの得手不得手・生産能力を把握しているので、新機種開発に際してのサプライヤーレイアウト等は、適宜、開発内容や進行状況に関する情報を開示しながら、サプライヤーの意向を汲みつつ決めていく。

実際のTier 2選定に際しては、例えば、防衛機向けに主翼の金具などを供給している川西航空機器工業等によると、「5～6社のコンペによって選定される」としているとおおり、数社が競合するコンペが実施され、発注先が選定されるのが一般的と考えられる。ただし、例えば、国内にその製品を扱うメーカーが3社程度しかないハーネスのような分野では、コンペを経ず、複数社に分けて発注されている例もある。これには、発注元からみても継続的な協力関係を維持していきたい少数の部品サプライヤーに対して、その設備稼働状態に大きな振れやバラつきが出ないよう、一定の配慮がなされているともいえる。

選定の時期についても、部品の種類や機能によって違いがみられる。海外のTier 1メーカーと取引しているコンポーネントメーカーのC社の場合は、新機種開発のプレス発表時期に前後して、同社など装備品関係のサプライヤーが参画を始める。完成機メーカー社内の開発室に向けて、当社からエンジニアを派遣し、同社が担当するであろう部品の要求仕様書作成などについて、先方と協力して作成することもある。一方、H社のように鋳造部品等の素形材を供給する企業の場合は、

開発段階に参画することはなく、すべて発注元が仕様や図面を決めた後に、発注先選定プロセスに入るという。

④ 試作段階から量産段階への移行

(a) 試作品の価格設定

Tier 1が完成機メーカーから受け取る対価は、多くの場合、共同開発などのパートナーとして一定の開発費を負担していることから、Tier 2以下に適用される加工人件費を基礎として算定する価格設定方式のように一律に決まらない。リスク & リベニュー方式をとる場合ならば、共同開発者として、販売利益と損失に応じた配当を得る形となる。

一方、Tier 2以下のサプライヤーは、開発費を共同負担するようなかたちで基本機能に関わる開発設計を受け持つことはほとんどなく、試作製作の段階以降から参加することが多い。試作は、幾度となく繰り返し行われ、試作品だけでも相当量を納品することになるが、試作段階と量産段階の契約は基本的には別個のものであり、別のプロセスを通じて発注先が選定される。ただし、実際には、試作品の受注を獲得すると、引き続き量産も担当できることが少なくない。試作を繰り返す度にノウハウが蓄積され、当然、競争上優位になるからである。

こうした試作品の価格設定に関しては、各社さまざまであり、B社では、試作に係る費用全体から価格を積算するが、工場・機械設備・汎用治具など、試作に要した資産でも汎用性がある他にも使用出来るものは自社負担とし、積算から除外するという。この場合は当然、当該試作の受注だけではコスト割れか、あるいは割りのわるいものになる。試作で実績をあげ、首尾よく量産まで受注できるように努力し、量産後、長期的に回収していく期待が含まれているのである。

なお、試作が完了した段階でも契約金額は一括では支払われず、量産時になってから分割して支払われる場合もある。航空機の場合、量産まではかなりの時間を要するため、その間の資金負担を発注側と受注側で分担するかたちをとっているといえる。

(b) 量産品の価格設定

Tier 2が量産に入る場合は、Tier 1から材料を支給され、治工具も貸与されて、加工等を行うことが多く、その場合、発注元 Tier 1に提示する単価の見積りは、労務費を中心に積算することになる。この労務費についても、Tier 1側が諸費用も考慮したうえである程度想定している時間単価と工数があるので、これに基づいて査定される。

一般的には、Tier 1が治工具費用を負担し、材料を支給することが多いが、特殊な治工具製作や独自技術、設備を用いる部品等の場合は、Tier 2側が算定した見積りをもとに価格が決められる。例えば、川西航空機器工業のように、金型をはじめとする各種の設備費を自社で負担するケースもある。同社は、その金型費用等を量産単価に頭割りし上乗せしているが、完成機メーカーは必ずしも生産計画数量を明らかにしないため、最終的な生産数量を正しく推定することが必要になる。過多に見込み違いをすると、実際の生産数量が少なく終わって金型費用等を不完全にしか回収できないおそれがあり、逆に過少に見込み違いをすると、量産単価に厚めに上乗せしなくてはなら

ないため設定単価が高めになり、受注できないおそれがある。そのため、部品サプライヤーは、公表情報をはじめ、業界内情報や独自の機体予想生産量のデータ、その他様々なルートから生産数量に関する情報を収集し、Tier 1の想定に近い数量を設定するように注力している。この点については、田中も「発注元である機体メーカーからの直接の情報は取りにくく、自社で調べて判断することになるが、生産個数などは自分の判断となるため読み間違いのリスクもある。」と同様の指摘をしている。

⑤ 量産体制の構築・認証の取得・生産ラインの凍結

(a) 量産体制の構築

量産が決定すると、航空機メーカーは、工法計画を作成し、量産設備と治工具を整備する。量産治工具は、試作治工具を流用するものもあるが、量産用に型板、心金、プレス型、組立治具、溶接治具、機械加工治具、検査治具、工具、ゲージなどを装備する。機体製造時の治具点数は、100機から200機程度生産する場合、部品点数の1.5～2.0倍とされている²¹。完成機メーカーと共同開発パートナーの立場にあるTier 1は、治工具も自社で製作・調達する。外注加工を請負うTier 2の場合は、汎用工具を除き、発注者から治具を貸与される。

(b) 品質管理体制の構築、認証の取得

第1章で述べたとおり、航空機の生産では厳しい品質管理が求められており、上述した受注～量産体制の構築に先立って、JISQ9100の要求事項に従った品質管理体制の構築が必要になる。

JISQ9100は、ISO9001に航空機業界特有の要求事項を加えた品質マネジメントシステムで、国際標準規格に準拠しているため米国、欧州の規格と相互承認がなされており、JISQ9100の認証を取得すれば、欧米の認証取得と同様の効果を得られる。従って、JISQ9100の取得は、航空機部品の製造に際して必須の前提条件となる。もっとも、大手のI社のように、従来から自主的に厳しい品質管理を講じている企業ならば、その延長線上の手続きとして比較的取得しやすいとするケースもあるが、それまで厳しい管理にあまり馴染みがない中小企業にとっては、ある程度高い壁になる。例えば、川西航空機器工業によると、「JISQ9100は、ISO9001に比べて要求事項が10倍以上あり、品質記録を保持する範囲も非常に広い。JISQ9100に移行する時は、かなり苦労した。品質記録類の維持管理が、ISO 9001に比べてJISQ 9100はかなりシビアである。」という指摘もあり、そう簡単ではないことがうかがえる。

もう一つ、特殊工程(熱処理、非破壊検査、溶接など)を担当する際には、Nadcap(特殊工程の監査・認証プログラム)で定められた品質管理が必要になる。仮に当認証を取得する場合には、1年毎の申請が必要で、2～3ヶ月の審査期間がかかり、かつ、審査費用も高い。このことから、川西航空機器工業やE社のように、技術面では問題ないレベルであっても、Tier 2として当該特殊工程を直接担当しない前提にして、同認証を積極的には取得しない企業もある。

²¹ 半田(2006)「航空機生産工学」(オフィス HANS)

ただし、上述の JISQ9100 はあくまで品質管理体制そのものに関するものなので、これに適合したからと言って何かを作れることが示されるわけではない。あくまで航空機製造に関わる前提条件として JISQ9100 の認証を受けた上で、実際に量産体制を構築するに際しては、ボーイングやボンバルディアなど完成機メーカーが行う、各社独自で個別具体的な工程審査に合格することが必要となる。その制約は厳しく、特定の設備については、個体番号まで認定対象になるので、同性能同種類の機械でも認定を受けていないものは使えない。しかも、例えばボーイングのスペックに基づいて認定された生産ラインは、他の航空機メーカー用には使えないという厳格さである。これも他の業界では見られないほどの強い品質管理要請に基づいている。

(c) 生産ラインの凍結

航空機の開発工程は、各種のテストを何度も繰り返して、加工方法やその加工条件を最適化していく。その結果を受けて、量産における生産工程を構築し、最後に航空機メーカーの工程審査を経て生産ラインの承認を受ける。これでようやく量産体制が整うわけだが、こうした確定した生産ラインについては、例えば、**川西航空機器工業**のいうところ、「量産段階になると、一旦決められた手順を変更することは基本的にできなくなり、工程を“フリーズ”させる」という。すなわち、いったん確定し承認を受けた工程は、厳格な変更承認の手続きを経なければ、改変することはできなくなる。これが、いわゆる工程の「凍結(フリーズ)」であり、常に安定して同じ品質の航空機部品を生産するために課せられた制約である。もちろん他の業界でみられるように、VA/VE 活動などにより明らかな生産性の向上が図られるならば工程変更する価値はある。しかし、多くの手数を掛けて工程変更の手続きを行い、再度審査を受けて厳格な承認を取り直す必要があるため、よほどの効果が望めない限り、実際には「中小企業ではやりづらい」という指摘がある。ただし、こうした工程変更のための審査権限は、完成機メーカーと、そこから責任と権限を委ねられた Tier 1が有しているが、近年、有力サプライヤー(中小企業を含む)に対しても一部の責任と権限を委ねていく傾向がある。

⑥ 材料調達

航空機の構造材料は、極力軽量化が求められると同時に、気温・気圧等が激しく変わる過酷な運用環境の中で長期にわたって安全性を維持しなければならない。そのため、厳格な規格に定められた高機能な材料を使用しており、その多くを航空機生産が盛んで材料市場が大きい米国から調達している。例えば、Tier 1の**L社**では、直接米国から必要な部材を輸入しているという。日本国内の材料メーカーでも同じ品を製造できないことはないが、国内航空機産業の需要だけではロットが小さ過ぎるため、割高になり競争力がないのである。

Tier 2 の場合は、機体部品の分野では加工請負のケースが多く、また、生産規模の面からも材料の調達必要量が少ない。このため、独自に材料メーカー等に発注しても価格交渉力が弱く割高なことから、例えば機体組立の**D社**のように、Tier 1 が代って米国の材料メーカー等に一括大量発注し、それを Tier 2 に支給するケースが多い。この点に関して、油圧部品の**三益工業**は、「材料は発注元から支給されることが多く、当社はそれを加工して製品に仕上げる。支給される材料は特殊

なものも多く、仕損じると発注元に変な迷惑をかけることになる」という。航空機材料は、かなり特殊で高価なものであることがうかがえる。

一方、標準部品のファスナーを生産する**川西航空機器工業**では、自社勘定で仕入れているが、主力発注元の仕入れルートに自社所要分もまとめて発注してもらい、調達コストを引き下げる工夫をしている。この他に、特殊品は自社単独で商社経由で輸入しているケースもある。例えば、装備品メーカーの**C社**は、米国製の航空機材料を商社経由で輸入しているという。

なお、最近の材料調達事情については、「今は(米国の)材料メーカー側が、(需要者側と直接取引せず)収益拡大のため、全部流通市場に出すようになった…。(商社を経由することで)安く早く調達できるようにはなったが、そういった材料のなかには、規格は通っていても質の良くないものがあり、(吟味が必要で)材料調達に大きな苦勞を伴う。」という指摘もある。

また、取引条件にもよるが、自社で調達する場合は、材料価格が高騰したらその差額を上乗せできるケースが多いようである。

⑦ 定期監査

生産工程が完成・確定すると、完成機メーカー側(その権限の委任を受けた **Tier 1** を含む)がその工程について監査を行いに来る。また、いったん凍結した生産工程を改変した場合は、再度監査を受ける必要がある。例えば、ボーイングの機体組立てを行う**D社**は、「(発注時のサーベイの他に、)システムサーベイ、材料、部品の保管状態の監査などそれぞれ年1回程度の監査を受ける。また、加工機械を新しくした場合も監査を受ける必要がある。ボーイングや直接の発注元(**Tier 1**)の他にも、ISO、防衛省、JAXA 等からいろいろと監査にくるので、個々の事項については年1回ペースだが、全部を平均すると月に2回くらい誰かが来ている感覚がある。」という。

また、**JISQ9100**の更新については、**川西航空機器工業**は、「**JISQ9100**は、2年に一度更新している。一旦、認証を取得すれば、それ以降は日常業務で蓄積したデータを見せるだけなので、基本的にはそれほど大変な負担ではない。それでも、当社の場合で関連文書やデータは厚さ5cmのファイルで20冊分にも及ぶ。」と指摘している。

⑧ 完成品検査・機密保持義務

厳しい品質管理思想に基づき製造された航空機部品は、出口においても厳しい検査が待っている。航空機部品に対しては、抜き取り検査ではなく基本的に全数検査であり、特殊な技術を用いた検査も実施される。例えば、**B社**では、「品質・工程管理システムにより、当社が成形した製品は、通常の検査に加えて非破壊検査(NDI)を行って品質を保證することが義務付けられている。非破壊検査を担当するオペレーターは、一定の研修期間を経て、公的機関の資格(レベルⅢ)を取得する必要がある。」といい、検査員についてまで航空機メーカーの定めに従う限定された要員でなければならないことを示している。特に、複合材の品質要求は厳しく、製品内や接着部分の傷・泡等まで超音波探傷機による非破壊検査を要する。出来上がった製品だけを調べても分からない部

分があるので、工程・設備についてもチェックすることが求められる。出荷される製品のみならず工程まで遡って検査対象になるため、そのための備えが必要になる。

一方、機密保持の観点からも、情報セキュリティの管理体制が問われており、**B社**では、「秘密保持については、管理体制が特に厳しく問われる。当社は企業規模の割に、そうした情報セキュリティ管理面に多くの投資をしている。パソコンの持ち出し管理やデータの暗号化など、様々な面で配慮している。」としている。また、**D社**では、情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) を取得して徹底的に管理している。

⑨ 金型費・治工具費用の負担

例えば、自動車業界では、部品サプライヤーが費用を掛けて金型を製作したが、それを用いた生産実績が当初計画数を満たせず、部品サプライヤー側が負担した金型費に償却不足が生じた場合は、その損失を発注者側と折半して負担するかたちで補償(「金型補償」)してもらおうという取引慣行がみられる。この点について航空機業界の例をみると、Tier 2 サプライヤーが加工外注を受ける際には、Tier 1側が金型や治工具を支給するケースが多いため、サプライヤー側に金型費の負担が生じないことから、金型補償の例はあまりみられなかった。

加工外注以外では、ファスナーやワッシャーなどの標準部品を製造する**川西航空機器工業**の場合のように、標準品でもあるし、発注元も金型等の資産計上を望まないことから、同社で金型を所有するというケースもみられる。その製作費用は、販売単価に頭割りして上乗せしている。そのため、計画通りの生産にならないと、損をすることもある。油圧システムメーカーの**H社**では、金型の所有権は発注元にあるので、同社が預かる形にしている。ときには、発注元の社内で使用していた金型を回してくれることもあるという。

また、治工具については、機体搭載用ワイヤーハーネスを生産する**E社**は、治具製作を自社で請け負う場合は設計及び部材の調達を行う。油圧機器の金属部品のサプライヤーの**H社**は、「治具は、当社がその費用をもらい、独自に購入して所有する」という。

⑩ 価格改定

(a) 改善活動による単価引下げ

生産体制構築が済み、完成機が航空当局の型式認証を取得した後は、上述した「工程凍結」によって生産方法や材料・生産設備等を変更することができなくなる。量産開始後でも、自動車産業など他産業では、さらなるコストダウン等のために生産工程や設備等について、日々改善活動を推進するのが一般的である。しかし、航空機産業で工程等を改変するとなると、再度審査を受けて認証を取得する必要があるため、少なからぬ費用と時間がかかるため、それを上回るメリットがない限り改変することはない。そのため単価を下げる余地がまだ残っているともいえるが、それよりも安定的・継続的に品質を固定化して再現することの方が重視されている。例外的ではあるが、部品サプライヤー側からの VA/VE 提案によって生産工程を改変し、コストダウンの成果が出た場合は、その成

果をサプライヤーと発注元との間で折半する慣行となっている。

(b) 習熟曲線による単価引下げ

改善活動によるものの他、あらかじめ決められている単価引下げの取り決めとしては、習熟度曲線(ラーニングカーブ)によるものがある。量産が進み、習熟度が上がるに連れて生産性が向上する分をあらかじめ見込み、そのカーブに従い単価を下げていく仕組みである。この点について、**E社**によると「量産品の発注単価について、ラーニングカーブ(習熟度曲線)を設定し、段階的に単価を引き下げることが基本となっている。しかし、近年の民間機では国際的な価格競争もあり、それ以上の厳しいコストダウン要求に対応せざるを得なくなっている」という。同様に、**Tier 1** の立場にある**L社**も、「価格については、量産が進むにつれ効率的生産が可能になると想定して、経過年ごとの習熟度に応じたコストダウンを、その都度、サプライヤーに要請している。当社も発注元から値下げ要請を受けることがあるが、その場合は、各サプライヤーにも値下げに協力してもらうことになる。」としている。

こうした習熟度曲線によるものとは別に、期末の時期など年に1回程度の割合で単価の引き下げを要請される場合もあるという。その際、来期の新しい部品の発注情報を提供されることも多いので、駆け引きで値下げに応じることもあるなど、各社ケース・バイ・ケースで対応している様子が見えがえる。その他では、発注元から一律に年当たり数パーセントのコストダウン要請を受けるといったような定期的な単価逡減の例は、あまり聞かれない。

(2) 部品供給取引をめぐる背景

① 安定的リレーションシップの構築

Tier 1と部品サプライヤーとのリレーションシップに着目すると、機体メーカー、装備品メーカー、エンジンメーカーとも、発注実績ある部品サプライヤーを組織化した協力会を設けるなど、長期・安定的な取引関係の構築を図っている。これには、部品サプライヤーの経営動向や設備動向等に関する情報収集コストの低減という一般的な効用に加えて、航空機産業特有の背景があるとみられる。すなわち、(a)航空機部品等の生産は厳しい品質管理を要し、部品サプライヤーに対してもJISQ9100の取得など他の産業にはない独特の管理体制が求められること、(b)完成機のライフサイクルが30年以上と長く、部品サプライヤーに対しても長期・安定的な供給体制が求められること、(c)少量生産が基本であり、部品サプライヤーも複数機種(案件)を継続的に扱っていかなければ事業体を維持しにくいこと、等の条件が課せられている。こうした厳しい条件に耐えられるプレーヤーは極めて限られているため、特定少数の中小企業である部品サプライヤーとの関係を大切に、これらを長期にわたって育成していこうという考え方に基づいている。

この点、インタビュー調査によると、例えば、**D社**は、かつて航空機本体ではなく、その製造用の治工具や試験装置製造の実績しかなかったが、主要発注元で民間機製造のプロジェクトが立ち上がったことを知り、その組立ての受注を打診した。すると、その発注元から「人材を出すなら指導するので一緒にやろう」と回答され、以後、発注元から指導・育成を受けつつ長く良好な関係を続けている。また、**川西航空機器工業**では、新規にCATIA(航空機設計用に開発された3次元設計ソフト)を導入した際、主力取引先に当社オペレーターの研修を受け入れてもらった経験もあり、こうした良好な関係性について、「当社に限らず、部品サプライヤーは、発注元のパートナーとして尊重してもらっている雰囲気がある。」と指摘している。

一方、こうした強めの関係性はあるものの、完成機メーカーを頂点としたサプライヤーの「系列化」という動きはみられない。例えば、**E社**は、「主発注元1社との取引に限らず、他の機体メーカー、装備品メーカーとの取引も開拓している。」とする。また、**川西航空機器工業**は、三菱重工業との取引を中心としているが、川崎重工業、富士重工業、IHIにも製品を供給している。このようにTier 2サプライヤーのなかには、他方面では競合する複数のTier 1相手に供給している企業もある。さらに、**三益工業**では、IHI、富士重工業、KYB、ナブテスコなど、エンジンメーカー・機体メーカー・装備品メーカーという複数の部品分野をまたいで幅広く取引している。

航空機業界は、長期・安定的関係を重視しているながらも、半面では、系列に拘らないオープンな取引関係にあるとみられる。

② 部品サプライヤーに対する発注形態と担当部品分野

大手Tier 1も含めたインタビュー内容によると、Tier 2サプライヤーに発注する際には、次の3つの発注形態があるとしている。これをまとめると以下のとおりになる。

(a) 購入

ベアリング、ボルト、ワッシャー等の部品は、部品とはいえ、それぞれ標準品や完成品の一種として購入する。こうした標準品などを供給できる企業は、例えば、日本の航空エンジン用のベアリングメーカーであれば、ミネベア、日本精工等が挙げられるが、いずれも大企業であり、標準品や完成品として認知されている部品を中小企業が供給しているケースは多くない。こうした完成品としての部品を提供できるサプライヤーは、自らが航空機メーカーに認められ、そこに売り込めるレベルの品質と製造技術が必要であり、自社で設計・開発・試験をして、直接的に完成機メーカーの認証を取得することが求められる。

こうした中で、インタビュー調査先の川西航空機器工業は、防衛用を中心にファスナー、ワッシャー、クランプ、ボンディングジャンパーなどの標準部品を設計・製造・販売をしている。また、田中は、特殊な熱処理を施したチタン合金ボルトをボーイング社に標準品として供給する案件を進めている。例は少ないものの、独自技術を活かすことで中小部品サプライヤーの活躍する余地も存在するといえる。

(b) 加工外注

特定の部品やモジュールについて、発注元(Tier 1等)が書いた図面(貸与図)を基に、部品サプライヤーが当該部品等の加工をするという発注形態。部品サプライヤーが自ら図面を書いて発注元の承認を受け(承認図)、材料や治工具はサプライヤーが自力で調達するケースもあり得るが、実際には、設計責任が重大な航空機産業におけるTier 2への発注は、ほとんどが貸与図方式で、材料や治工具も支給というケースが多い。

また、航空機部品の加工外注である以上、加工結果だけでなく、そのプロセスも全て管理・記録し、ガラス張りで証明できなくてはならないため、外注先である部品サプライヤーといえども、自らJISQ9100の取得や航空機メーカーの認証を得なくてはならないのが一般的である。

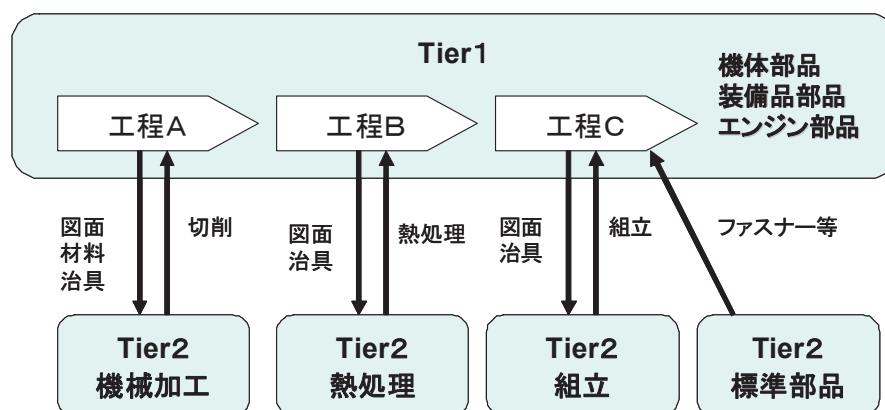
インタビュー調査先をみると、カスタム部品を供給するような自立的なTier 2サプライヤーもみられる。例えば、コンポーネントのTier 2サプライヤーであるC社は、Tier 1の仕様に基づき、全センサーの開発、設計から試作・製造・検査まで自社主導で行っている。こうした承認図を用いるTier 2も一部にはみられる。

(c) 工程外注

発注元(Tier 1等)が、自社内の生産工程の一部を切り出すかたちで外注するもの。製品設計のみならず工程設計まで発注元が行い、作業条件等もすべて発注元が指示する。材料・仕掛品はもちろん、加工方法、治工具なども発注元が支給することが多い。JISQ9100などのQMS(品質管理システム)に基づく品質管理は当然に必要なだが、Nadcapなどの特殊なものに関しては、発注元が取得していることにより、部品サプライヤーレベルでは見送っている例もある。工程外注の中には、Tier 1の工場内に出向いて、例えば、組立ラインのうち特定の工程のみを担当するものもあり、ここでは、設備・作業スペース・工程設計・加工ノウハウなど多くの経営資源をTier 1に依存している。航空機の機体組立を発注元工場の構内で行っているD社はその事例であるが、こうしたサプライ

ヤーの態様は、機体メーカーやエンジンメーカーの Tier 2において時折みられる。

図表 3-3-2 標準部品の調達 及び 工程外注のイメージ



[出所] ヒアリング内容等により作成

以上のように、中小企業を多く含む我が国の航空部品サプライヤーは、Tier 1との太いリレーションシップを背景に、厳しい品質管理を伴う部品供給体制の一翼を担うことで、航空機産業を底辺から支えている。

もちろん、大手 Tier 1 の技術水準は、中小部品サプライヤーに頼らずとも自社内だけで部品生産を完結できるレベルにある。ただし、すべてを自前で処理するために自社の経営資源を漏れなく投入するのは、大手メーカーといえども負担が大き過ぎる。中小部品サプライヤーとの連携・協力関係がなければ、我が国航空機産業は十分に機能しないといっても過言ではない。この点に関して、Tier 1 の立場にある L 社は、「ロットの少ない防衛省向けの仕事なら、全ての部品・工程を自社内でこなせる。しかし、民間航空機の場合は、キャパシティの面で欧米の大手装備品メーカーに太刀打ちできないし、すべてを抱え込むことは効率的でない。そこで、基幹部品や大型部品は内製して、中型・小型部品は協力会社に頼むようにしている」とし、受注変動に対応するためにも中小企業を中心とする協力会社は無くしてはならない存在だとしている。

ただし、同時に「国内業界の裾野が狭いため、残念ながらまだまだ海外のサプライヤーに頼らざるを得ない」ともしており、海外勢に比べ国内業界の未成熟な点も指摘している。こうした現状を覆し、国内中小部品サプライヤーの供給能力を十分に活かせるような、我が国航空機市場の今後の成長に期待したい。

第4章 航空機産業への参入と明日への期待

1. 航空機業界への参入

航空機産業では、今後において世界的な需要の伸長が予想されるとともに、現下でも各種の大型旅客機、リージョナル機、プライベート機の開発プロジェクトが進行中である。もともと、航空機は部品点数が極めて多く、裾野の広い産業を形成していることから、こうした需要の伸長により、既存の部品サプライヤーのビジネスチャンス拡大のみならず、他業界からの新規参入期待も高まっている。また、これに同調するように、地域を挙げた参入推進活動も活発化しており、同業界に向けて多方面から注目が集まっていることがうかがえる。

しかしながら、航空機産業には、他にはみられない強い特性があり、それがあつた種の参入障壁を形成しているとも考えられ、それをクリアするには、当該特性への深い理解が欠かせない。

本項では、以上のような観点から、航空機業界参入に関する現状と、参入に当たって理解すべきポイントについて、インタビュー調査で得た現場情報を交えて、詳述していく。

(1) 参入環境の現状

① 参入障壁の具体的要素

航空機は、その性格上、多くの乗客や貨物を搭載し、気圧や温度変化の激しい高度上空での高速航行や大きな衝撃を伴う離発着を繰り返すなど、過酷な環境下で長期間の運用を強いられる。その中にあつても、極めて高い安全性・耐久性・耐衝撃性等が求められ、さらに、近年は、快適かつ低燃費への強い要請も課せられている。このため、航空機産業には、他にはみられない極めて厳しい規制や品質要請、独特の業界慣行が存在しており、それが事実上の参入障壁となっているとも考えられる。ここではまず、その現状を把握する。

(a) 品質管理システム等に従った認証の取得

航空機産業に属する企業あるいは参入を志す者にとって、最初の大きな課題は、航空機業界特有の品質マネジメントシステムへの対応である。第1章で述べたように、航空機用部品の生産に際しては、JISQ9100の取得と維持管理が求められ、特殊工程についてはNadcapの認証取得が求められる。後述するように、自らは認証を取得しないという選択肢もあるが、実際に、「航空機業界で仕事を受注するためには、JISQ9100の認証取得は当たり前のこととして要求される。」との声は多い。さらに、ISO9001及びJISQ9100の認証を受けた上で、これとは別に、ボーイングやボンバルディアなど国内外の完成機メーカーが行う独自の工程審査に合格することが必要となる。JISQ9100は、管理の体制そのものに関するものなので、これに適合したからと言って何かを作れ

る能力が備わるわけではない。また、一部の特殊工程(熱処理、非破壊検査、溶接など)について必要になる Nadcap は、特殊工程における一般的なプロセスに関するものであり、さらに個別具体的なプロセスに関しては、ボーイング等の機種ごとのスペックにより細かく規定される。

JISQ9100 や Nadcap の取得については、いずれも厳格な要件をクリアする必要があり、担当人員の手当て、専門知識の習得、直接的な取得費用、維持管理費用、社内システムの整備、日常の記録管理など、相当な負荷がかかる。実際の取得の手順について、インタビュー先の**飯田航空宇宙プロジェクト**では、「JISQ の取得に関しては、独力で講師やコンサルタントを呼んで取り組んだ。大企業に比べて認証取得の対象範囲が限定できるものの、小規模な企業にとってはやはり大変。専任担当者を最低1人当てなければならないし、マニュアルもその1人か2人で全部作ることになる。費用として、取得時に最低でも 150 万円は掛かり、6ヶ月ごとのサーベイランスに毎回 30～40 万円掛かる。」と指摘する。また、**D社**は、「当社の規模だと、JISQ9100 は取得に約 1000 万円、維持にも年間 100～200 万円くらい掛かる。コンサルタントを雇い、専任の担当者を置いて、部門責任者を教育し、組織全体に広げている。」とし、規模によって当然差はあるものの、金銭面でもかなりの支出が必要なことを示している。

また、体制面の整備については、**川西航空機器工業**は、「関連文書やデータは、厚さ 5cm のファイルで 20 冊分にも及ぶ。そうした社内規定や履歴データを管理する情報システムを社内で自前で構築したが、それ以降楽になった。今は経営データもすべて LAN で管理し、紙ではなく電子決裁している。このように、社内体制全体を変えないとこの業界には入りにくい。航空機メーカーがチェックするのは、こういった全社的な管理システム。『この認証データを見せて』と言われたら、すぐ見せられるようにしているので、安心してもらっている。」と、社内全体に及ぶ体制変革の必要性を説いている。同様に、**D社**は、「認証を取得した際には、社内の仕組みづくりだけでなく、風土づくりから行った。当初は、過剰に高い品質要求ではないかという反対意見もあったが、担当者が半年間勉強して、製品に不具合が出て苦勞するよりはよいと説得した。内容を理解すると、言葉が違うだけで考え方は実は先代社長の考えと同じということがわかった。それでも社内に浸透するまでは3年くらい要したと思う。」と、単なる仕組みづくりというより、企業風土そのものに関わる大作業だったことを示している。

このように、多大な費用や労力を掛けて JISQ9100 等を取得したとしても、先述したように、それだけでは、参入の最低条件を備えてスタートラインに立ったに過ぎず、受注が約束される訳ではない。実際に**飯田航空宇宙プロジェクト**では「苦勞して認証を取得したものの、未だに試作さえ受注できていない企業もある。」とし、その実情を示している。

ただし、参入を志す以上、認証取得は基本的に必須の条件であり、そうした参入の第一段階をクリアする過程にはプラスの面もある。例えば、**三益工業**では、「取得時はちょうど現社長への事業承継の時期と重なったこともあり、これを好機に社内体制の見直し・掌握ができた。取得後の対外 PR 効果もあり、当社の経営基盤となった」とし、厳格な認証取得の反射的効果が対内的にも対外的にもあることを示している。**Tier 1** の立場にある **A社**は、「完成機メーカーは、中小企業に対して Nadcap を取得するよう助言している。この規格を取得していると取引しやすい。確かに Nadcap が

あるからと言って直ちにボーイングの仕事ができるわけではないが、(発注先選定に際して)プラスアルファにはなる。」とし、**L社**も、「最近ではNadcapの認証を次々と取得して、特殊工程に対応できることを売りにしている企業も現れている。」と、取得の効果を認めている。さらに、取得時の負担感についても、**D社**では、「ISOの思想は、トップダウン型の体制構築なので、中小企業の方がむしろ楽なのかもしれない。」と、前向きに捉えられる点を指摘している。(以上、品質管理システムに関する各社のコメントについては、後掲の図表 4-1-1 参照)

(b) 長期にわたる投資回収負担と製品供給責任

航空機は、開発期間が長いだけでなく、製品のライフサイクルや実運用が長期間にわたるため、それに合せて部品供給体制も長く維持することが求められる。具体的には、最低でも30年以上の運用期間となり、YS-11など既に数十年前の機体に対しても、現役で飛んでいる限りは、部品も供給せざるを得ない。オーダーが続く限り、効率が良くなくても最後まで責任持って在庫保持あるいは生産しなければならないとされる。また、部品の定期交換のほか、イレギュラーに必要なときもあるので、細かな部品も在庫として常備しておく。さらに、専用の治具や金型などもその機種が運用廃止になるまで保管することとなっている。常に厳しい品質管理体制を保ちつつ、少量かつ多品種の航空機部品の供給体制を数十年間維持・継続するには、相当な企業体力を要するといえよう。

また、開発期間の長さにより、それに要する投下資金の回収も長期化するため、その間の資金負担も重くなる。**D社**によると、「新型機の開発に4～5年も要し、投資資金の回収に10年以上はかかる。」とし、Tier 1である**L社**でさえ、「最初に声が掛かってから受注に至るまでは1年半から2年、或いは3年かかることもある。」としている。その上、当初の開発予定日期が不安定になりがちという予測しがたい問題もある。最近事例のエアバスA380やB787の開発期間の延長等にみられるように、計画されたスケジュールどおりにならないことは、この業界ではしばしばある。これに馴染むには時間がかかるが、参入する場合はそうした覚悟が必要であるとの指摘がある。確かに、上記新型機開発に係る度重なる予定日期の延期により、サプライヤーは振り回され続けている。例えば、**B社**は、「当社は、充実した設備を揃えている一方で、設備投資の資金負担は大きい。B787の生産が当初の計画どおり本格的に始まるとしたら、ラインをフル稼働して24時間操業できるよう準備をしているが、ボーイング側の事情もあり未だ稼働率を高められない。設備投資に向けた融資について、銀行から必要時期を尋ねられても、当社では明確に答えられないという状況にある。」とし、決して軽くはない借入負担を負いながら、先行投資した設備を持て余してしまう実情を伝えている。

以上のように、航空機産業では、他産業に比べ概して時間軸が長い。経営もそうした姿勢で臨む必要がある。地域の航空機産業を推進している**ウィングウィン岡山**は、「航空機産業の受注獲得は、いわば農耕型。長い目で耕して実りを収穫するビジネス。」と認識しており、同じく、**飯田航空宇宙プロジェクト**も「航空宇宙分野の難しいところは、長いスパンを掛けないものにならないということ。その間、実績を積み上げて、10～20年先を見越した展開が必要になる。」とし、短期的収益を期待すると、持続困難な局面があり得ることを指摘している。

(c) 十分とはいえない取引ボリューム（未だ成長途上の市場規模、少量生産）

国内の航空機産業全体の売上高は、1兆円を超える程度の規模であり、欧米の市場規模に比べれば未だ成長途上にある。また、国内他産業に比べても特に大きな分野とは言えず、同じ輸送機械産業である自動車と比べた場合には、その市場規模があまりにも小さいことを認識させられる。従って、自動車業界を含む他業界から参入しても、直ぐに儲かる業界ではないというのが現実である。航空機は、品質管理の要求が厳しく少量生産になりがちであり、製品の性格上、“量産”といっても他業界に比して極めて限定的なものになる。実際に、**B社**は、「航空機産業においては、数量規模の感覚が自動車業界などとは全く異なる。月産2個、多くても月産8個というようなオーダーである。こうした少ない生産量では価格競争力を発揮するのは難しい。」という。また一方、**ウイングウイン岡山**が述べるように、「Nadcap は、機械の汎用を認めないという問題がある。従って、認定された機械はその仕事専用になってしまうので、同一種類でまとまった量の仕事がないと採算がとれない。」という。厳格な品質管理上の制約から、こうした割りの良くない状況も見受けられる。

なかには、ある特定の防衛機用部品分野では国内シェア 100%でありながら、その受注量だけでは一つの工場を維持するのも難しいという事例もあり、当該製品分野のトップメーカーなのに、それだけでは取引ボリュームが十分でないという、珍しい現象も起きている。

以上のように、航空機産業は将来的に期待できるものの、少なくとも現状では、当該産業のみに依存して安定した事業を展開していくことには、相当程度の難しさを伴う。こうした状況に対応するため、例えば、**D社**は「航空機事業だけで独り立ちには難しいので、当社では、試験機など他の事業で堅実に稼ぐなど、3つの事業を柱として経営を安定させている。航空機事業に参入する場合は、他に事業の柱があって、将来のために当面は航空機事業が赤字を出しても凌いでいけるという基盤が必要。」としている。同社における試験機器製造事業のような、航空機産業とは別の時間軸を持つ事業を並行して行うことでリスクが分散でき、さらに、類似の技術が活かして取引量がある程度稼げるような事業を選択することで、経営の効率化を図ることが有効である。特に、参入初期においては、取引ボリュームが不足する傾向は強いと推測されることから、この**D社**の対応例は、極めて重要な示唆を提供しているといえよう。

(d) 高度な加工能力と透明性

航空機産業に携わる際、技術面で求められるものとして、まずは、CATIA（複雑形状も表現できる3次元設計ソフト）による図面作成、CAM（computer aided manufacturing）への展開能力等が求められる。当業界では既に CATIA を用いて航空機用部品の設計図を表現することが一般的となっており、これで示されている設計データを受け取り、工作機械等に入力するための加工用データに展開していく能力が必要になる。

次に、複合材や難切削材の加工、複雑形状部品の多軸加工、大型部品加工等を行う能力が求められるとともに、熱処理、非破壊検査、溶接などの特殊工程をも加えた一貫生産を行うことへの期待も強くなっている。こうした技術面に関する具体的事例として、**B社**は、「航空機産業だから、

全ての工程の難易度が高いかと言うとそうでもないが、自動化することが難しく、労働集約的で、職人的な技能を要する作業は多い。例えば、風防などの成形品を仕上げる工程では、わずかな傷や歪みもないよう三次元的に研磨する技能が必要である。その技能をマスターするには、概ね 10 年から 20 年の長い期間が必要である。」という例を挙げている。また、I 社は、「一般の機械部品の材料は、鉄、ステンレス等が主であるが、航空機エンジンにはチタン合金やニッケル耐熱合金など、加工難度が高い材料が多く使われている。材料によっては、発火性のあるものもある。(中略) 材料の差を除けば機械部品加工等の得意な中小企業の参入の可能性は十分あるが、ベテラン技能工が巧の技だけで精度を出すというブラックボックス的なやり方は通用しない。技能と勘も必要であるが、工程記録を残してプロセスをきちんと客観的にトレースできなければならない。」とし、難しい作業を行いながらも品質管理のため、トレーサビリティ、透明性が不可欠であることを強調している。この透明性という意味では、田中がいうところ、「航空機産業の技術は、科学的な根拠によって技術の理論的な裏付けがないと信頼されない。」とされ、そのため、同社は、「安全性、技術の優位性を科学的に検証するため、社員を大学院に送り込んで研究させ、博士号を取得させた。疲労特性の向上を立証することが一番の目的であった。」という。こうした例からわかるように、当業界特有の困難な加工が求められるが、結果的にできればそれでよいという問題ではなく、最終的な製品の安全性を担保するためには、説明できない不透明なプロセスが介在してならないという思想が、その根本にあると考えられる。

(e) 海外とのコミュニケーション能力、国外法令遵守

その他の障壁として細かい点を挙げるなら、Tier 1 である A 社は、「海外とのコミュニケーションを取るために英語は必須。アメリカの法律などにも慣れなくてはならない。MRJ も FAA 等に向けて英語を使っており、ドキュメントは英語、組立手順書は日本語になっている。」と指摘する。現時点で、本業界の頂点に位置する完成機メーカーは海外勢であり、近い将来、日本に完成機メーカーが誕生するとしても、世界全体をマーケットとする以上、海外とのコミュニケーションは欠かせない。特に、認証や仕様、工程審査も、海外規定に沿って海外言語で実施されることから、中小企業といえども、これらをこなせる人材を備えておく必要がある。

(f) ～ 最大の参入障壁 ～ 新機種開発の波と参入タイミングの希少性

以上のような、厳しい品質管理のための認証、長期継続的な供給責任と資金負担、特殊な加工技術と透明性の確保など、高いハードルをクリアできる企業は、それほど多数ではなく、ある程度限定されたメンバーとなる。しかも、これまでの市場規模はさして大きくないことから、少数のメンバー企業のみで構成されているような業界イメージもある。例えば、「一般的に、閉鎖的な業界と言われており、(中略)。航空機の各機種は、一つの確定したルール、仕組み、製造条件の中でのものづくりが行われるため、それが変わることを嫌う傾向がある。壁が厚く新規参入しにくいと言われているのは事実であり、今後も簡単にいくとは思っていない。」という意見もある。ただし、今回、発注元であ

るTier 1企業のインタビュー等から解釈してみると、将来の成長をにらんでより力のある部品サプライヤーの参入や役割拡大を望んでいる傾向がみられ、単に異分子を理由なく嫌うような排他的な意図が働いている感触は特になかった。

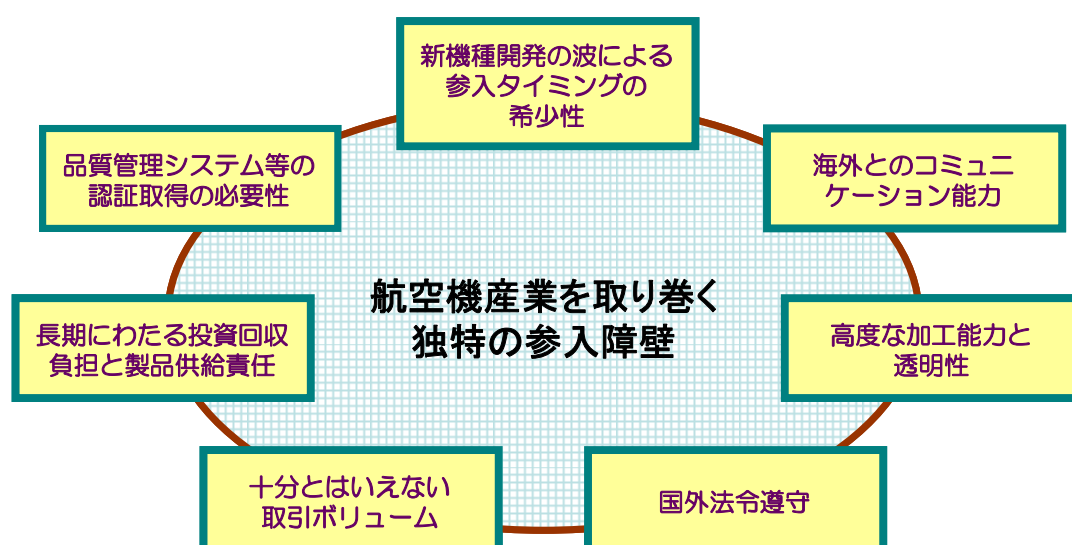
むしろ、航空機業界参入における最大の障壁は、参入タイミングの問題であるともいえる。仮に上述した(a)～(e)の事由をたとえクリアしたとしても、参入しようとするタイミングが、数年～十数年に一度の新機種開発の波が来て新技術や新分野の部品の需要が発生した時期で、Tier 1企業が新たなサプライヤーレイアウトを模索する機会にちょうどマッチしなければ、事実上、参入はかなり難しい。

第3章で述べたように、既存の量産中の機種において既にフリーズ(工程凍結)済みの生産ラインは基本的に動かしようがなく、新規参入者がどんなに高い技術を持ち認証や透明性を備えていても、まず入り込む余地はない。新機種開発の波が発生し、Tier 1企業が、生産能力拡大や内製・外注比率を変更する必要に迫られる中で、ようやく新たな部品サプライヤー探しを始める。そのタイミングに併せて売り込み活動をしない限り、小粒の試作は得られても、本格的な量産の獲得はまず難しい。そしてなにより、そのタイミングに乗じる機会は決して多くないという点が、最大の参入障壁となっている。

実際に、これと同趣旨の見解は少なからず聞かれたが、その一例として、飯田航空宇宙プロジェクトでは、「この業界に新規参入するとしても、航空機メーカーの既存の機種は既に固まっていて、入り込むのは難しい。新しい機種の開発時期を狙うしかない。」と指摘している。

それでは、いかに、このタイミングを捉えることができるのか。また、たとえタイミングと一致していても僅かながらでも参入できる余地はないのか。

この点については、後述する(2)以降において、詳しく考察していく。



図表 4-1-1 品質管理システムに関する各社のコメント

B社	<p>ISO9001及びJISQ9100の認証を受けた上で、ボーイングやボンバルディアなど国内外の航空機メーカーが行う独自の工程審査に合格することが必要となる。また、一部の特殊工程(コンポジット、非破壊検査など)については、Nadcapの認証取得が必要になる。(JISQ9100は、管理の体制そのものに関するものであるため、これに適合したからと言って何かが作れるわけではない。この点、Nadcapは、特殊工程の一般的なプロセスに関するものであるが、さらに個別具体的なプロセスは、ボーイング等の機種ごとのスペックにより細かく規定される。)</p>
川西航空機器工業	<p>航空宇宙業界には、JISQ9100が取得できなければ参入できない。当社では、当初から防衛省規格の品質管理を行っており、ISO9001が日本でオープンになった時、いち早く取得した。次にJISQ9100が出た時にも、いち早く認証取得した。当社くらいの規模の会社としては、最も早い時期と思う。ISO9001は、防衛省の品質管理システムとほぼ同じレベルだったが、JISQ9100は、ISO9001に比べて要求事項が10倍以上あり、品質記録を保持する範囲も非常に広い。JISQ9100に移行する時は、かなり苦勞した。品質記録類の維持管理が、9001に比べて9100はかなりシビアである。</p> <p>Nadcapは、主力発注元がどう対応するかを見守っている。現段階では、FAAとNadcapの認証がなければアメリカでは飛べない。しかし、今のシステムでは認証取得のメリットは少ない。米国航空機メーカー向けの部品は手をつけているが、加工は主力発注元がやっているからである。仮に取得すると、1年ごとに申請が必要で、2~3ヶ月の審査期間がかかる。審査費用も高いし、審査チームの米国からの旅費まで負担しなければならない。技術面については当社では特に難しさはない。</p> <p>JISQ9100は、2年に一度更新している。一旦、認証を取得すると、それ以降は日常業務で蓄積したデータを見せるだけなので、基本的にはそれほど大変な負担ではない。それでも、当社の場合で関連文書やデータは厚さ5cmのファイルで20冊分にも及ぶ。そうした社内規定や履歴データを管理する情報システムを社内ですべて構築したが、それ以降楽になった。今は経営データもすべてLANで管理し、紙ではなく電子決済している。このように社内体制全体を変えないと、この業界には入りにくい。航空機メーカーがチェックするのは、こういった全社的な管理システム。「この認証データを見せて」と言われたら、すぐ見せられるようにしているのが、安心してもらっている。JISQ9100に加えて、航空機メーカー、エンジンメーカーの検査員も別個に来る。各社の検査も基本的な考え方はJISQ9100の考えであるが、それぞれ独自の基準で少しずつ異なる。更新時には、審査結果の評点がネットで公表される。当業界の関係者は、全部見ることができる。当社は、これまで1,000点満点を維持し続けている。大手は当然欠点ゼロだが、100人規模では当社しかいない。QMSがきちんと機能していると胸をはって言える。</p>
E社	<p>特殊工程の認証制度にはNadcapがあるが、当社の担当業務(半田付け等)についてはNadcapの整備が遅れており、発注元によるシステム認定を受けて実施している。</p>
D社	<p>航空機業界で仕事を受注するためには、JISQ9100の認証取得は当たり前のこととして要求される。当社が認証を取得した際には、社内の仕組みづくりだけでなく、風土づくりから行った。当初は、過剰に高い品質要求ではないかという反対意見もあったが、担当者が半年間勉強して、製品に不具合が出て苦勞するよりはよいと説得した。内容を理解すると、言葉が違うだけで、考え方は実は先代社長の考えと同じということがわかった。それでも社内に浸透するまでは3年くらい要したと思う。</p> <p>当社の規模だと、JISQ9100は取得に約1000万円、維持にも年間100~200万円くらい掛かる。コンサルタントを雇い、専任の担当者を置いて、部門責任者を教育し、組織全体に広げている。ただ、ISOの思想は、トップダウン型の体制構築なので、中小企業の方がむしろ楽なのかもしれない。</p>
M社	<p>当業界では、JISQ9100の認証を取得すべきとされている。ただ、当社は以前より油圧部品で、航空機用に耐えられる厳しい品質管理を行っていたため、ISO9001の認証を取得する際には、従来から使用してきた社内管理マニュアルをむしろ一部削除したほどだった。おかげで、JISQ9100取得時も、コンサルタントの助けは借りたが、基本的には社内ですることができ、それほど大きな苦勞をしなくて済んだ。無論、コストは掛かったが、取得時はちょうど現社長への事業承継の時期と重なったこともあり、これを好機に社内体制の見直し・掌握ができた。取得後の対外PR効果もあり、前向きに捉えている。</p> <p>一方、Nadcapは取得していない。ボーイング社からは、Nadcapを取得しないと発注しないというアナウンスがあったが、当時は、ボーイング社からの受注量は少なく、専門知識や英語対応が必要で、審査費用も毎年かかるため、割に合わないで取得しなかった。</p>
飯田航空宇宙プロジェクト	<p>JISQの取得に関しては、独力で講師やコンサルタントを呼んで取り組んだ。大企業に比べて認証取得の対象範囲が限定できるものの、小規模な企業にとってはやはり大変。専任担当者を最低1人割かなければならないし、マニュアルもその1人か2人で全部作ることになる。費用として、取得時に最低でも150万円は掛かり、6ヶ月ごとのサーベイランスに毎回30~40万円掛かる。中には、苦勞して認証を取得したものの、未だに試作さえ受注できていない企業もある。</p>
ウイングウィン岡山	<p>大手メーカーからは、単発で加工だけ外注に出すというケースは少なく、一式のオファーになるので、JISQ9100をはじめ、必要な工程のいろいろな認証を取得していないと受注できない。</p> <p>JISQ9100は、真剣に取り組みれば取得できるものだが、その取得コストと維持コスト(数百万円以上)に見合うメリットがあるかが問題。発注元からJISQ9100の取得は必須と聞いたものの、実際にそろばんをはしいてみると、無理という企業が多い。</p>
L社	<p>最近ではNadcapの認証を次々と取得して、特殊工程に対応できることを売り込んでいる企業も現れている。こうした特殊工程をこなせる企業と機械加工を行う企業が連携して、完成したかたちに仕上げたものを当社に納品してもらいたい。</p>
M社	<p>航空機メーカーは、中小企業に対してNadcapを取得するよう助言している。取得していると取引しやすい。確かにNadcapがあるからと言って直ちにボーイングやエアバスの仕事ができるわけではないが、表面処理等ではNadcap取得が必要条件となる。</p>

② 参入環境を整える各地の試み

航空機産業の将来性と先進性を志向して、新規参入を考える中小企業が増加しており、各地の行政が地域の中核産業育成の観点から、参入支援や環境づくりを行っている。

代表的な例として、神奈川県のもんでんプロジェクト、飯田航空宇宙プロジェクト^{*}、大阪の次世代航空機部品供給ネットワーク(OWO)、ウイングウイン岡山^{*}など、実に北海道から九州に至る各地において支援活動が行われている。

これらの活動では、中核企業や行政が呼びかけて参加企業をネットワーク化した上で、行政傘下の財団法人などがコーディネーター役を担うというケースが多い。そして、研修・情報収集・情報発信・営業活動等を行い、部品サプライヤーの受注獲得を支援するというのが一般的である。

一例として、既にある程度の航空宇宙産業が集積している中部地域では、「航空宇宙産業フォーラム」を形成して、日本のシアトルを目指す取り組みを進めている。(社)中部航空宇宙技術センターがその中心となって、川上企業のネットワーク化・川下企業とのマッチング・中小企業に対する人材育成活動を行うとともに、複合材工学研究センターやJAXA飛行試験センターを誘致してインフラを強化するなど、機体メーカーを中心とした支援を行っている。

東京都では、アジア大都市ネットワーク 21 の活動として、中小型ジェット旅客機の開発促進プロジェクトを提唱している。

次世代航空機部品供給ネットワーク(OWO)、ウイングウイン岡山では、コア企業がコーディネーター役となり、部品モジュールやコンポーネントを一括受注できる体制を目指している。OWO は、中小企業 10 社が出資して航空機部品を一貫生産・販売する会社を設立し、Tier 1企業等に対して営業活動を行っている。

また、JISQ9100 の認証取得・管理に関わる支援としては、OWO では一部の企業が先行して認証を取得して、そのノウハウを全社に提供している他、中核企業の工程管理のノウハウを活用して、トレーサビリティ連携データベースシステムを開発し、JISQ9100 の認証取得を容易にできるような支援を行っている。

^{*} 今回インタビュー調査実施先

図表 4-1-2 航空機業界参入への各地の試み

プロジェクト・組織名	地区	主催者・事務局等
航空宇宙産業研究会	東北	産業技術連携推進会議
秋田輸送機コンソーシアム	秋田県	秋田県産業技術総合研究センター
航空機産業参入研究会	新潟県	(財)新潟県県央地域地場産業振興センター
栃木航空宇宙懇話会	栃木県	宇都宮大学(会長)
とちぎ航空宇宙産業振興協議会	栃木県	栃木県産業政策課
「中小型ジェット旅客機の開発促進」 共同事業	東京都	アジア大都市ネットワーク 21
NIKE プロジェクト	東京都	早稲田大学
まんてんプロジェクト	神奈川県	神奈川県異業種グループ連絡会議
飯田航空宇宙プロジェクト	飯田市	(財)飯伊地域地場産業振興センター
すわ航空・宇宙ネット (通称:スワン)	諏訪市	NPO 諏訪圏ものづくり推進機構
宇宙航空技術利活用研究会	浜松市	浜松商工会議所
航空宇宙産業フォーラム	中部	(社)中部航空宇宙技術センター
次世代航空機部品供給ネットワーク (OWO)	大阪市	由良産商(株)(会長)
ウイングウィン岡山	岡山市	(財)岡山県産業振興財団

(2) 事例企業の参入経緯の特徴

前項までで、航空機産業への参入環境の実態と、それを整える各地の試みについてみてきた。航空機産業には、参入活動や参入後の経営を難しくする特有の要素が存在し、それへの理解が不可欠であることが改めてわかる。

こうした環境下においても、実際に参入を果たした企業や、かつての参入以降、実績と信頼を積み重ね、この難しい業界において確かな位置取りを確保している企業の実例が存在する。こうした先行する企業の取組みには、どのような特徴がみられるのか。

ここでは、既に参入を果たし、航空機業界で確かな地位を築いている今回調査先各企業の情報から、それぞれの参入経緯を抽出して整理していく。

まず、事例企業の参入経緯を俯瞰すると、参入をスムーズにしたいくつかの特徴的な要素が、次のように整理できる。

参入をスムーズにした特徴的な要素

- (a) 設備能力の先行具備
- (b) 特別な技術力の積極的な売り込み（特殊な材料や複雑形状部品の加工技術等）
- (c) 既存取引先のリード
- (d) 航空機製造をめぐる周辺事業からのステップアップ
- (e) 新機種開発や需要拡大のタイミングのキャッチ

以下では、これら(a)~(e)の各要素に着目して、各事例企業の実際の動きを詳しく観察する。

(a) 設備能力の先行具備

事例企業から読み取れる“参入をスムーズにした特徴的な要素”としては、まず、航空機産業のニーズに見合った設備能力を、参入活動に先行して具備していたことが挙げられる。具体的には、航空機特有の大型部品や複雑形状部品等の加工が可能で大型または多軸加工機などであり、かつ、実際の受注に際しては CATIA (3次元設計ソフト) の装備や、これに対応できるオペレーターの操作能力も必要になってくる。こうした充実した設備類を予め具備していたことから、その能力を発注元に見出され、参入に至ったケースをいくつか観察することができる。

例えば、三益工業では、「創業者の後輩が(航空機部品を扱う)油圧機器メーカーに勤めており、当社を訪ねて来た時に当時最新鋭の機械加工設備に目をとめ、それが受注につながるようになった」とし、先端的な設備能力を予め具備していたことの効用を指摘している。

同じく他社においても、航空機分野で多用される大型アルミ部品加工を視野に入れながら、先行して最先端の大型工作機械を導入し参入するきっかけをうかがっていたところ、後に発注元の目

に止まることとなったという例がある。もちろん、これだけで参入を果たせるほどの十分条件にはならないが、後述する各要素と相まって、発注元を惹き付ける一つの要素となっているのは間違いはない。

(b) 特別な技術力の積極的な売り込み

次に挙げられる特徴的な要素としては、航空機業界ならではの特殊な材料や複雑形状部品に適した特別な加工技術を備えて、これを積極的に売り込んでいった点である。例えば、**H社**の有する「ロストワックス法」による鋳造技術である。この技術は他の鋳造技術と比較して、極めて高い精度をだすことができる。また、特殊中子を利用することにより複雑形状の部品をつくることができ、通常複数になってしまう部品も一体成型できるというメリットがある。逆に、大量生産品や大物部品には不向きであるが、航空機部品はそもそも少量生産なので、この技術が適しており、航空機業界に参入するには独特の強みになり得る。実際に、**H社**は、「ロストワックス法は航空機部品には必須のものなので、この技術に絞り込めばある程度の勝算はあった。」とし、当該技術が決め手になったと述べている。同様に、航空機用最先端材料の一つである炭素繊維複合材に適した技術を持つ**田中**の例もある。同社は、「開発したプラズマ浸炭処理技術は、耐食性や強度を落さず金属表面を改質できる技術で、ネジ部品の焼付き・かじり(いずれも接触面の損傷)防止に有効であり、難浸炭材料であるチタンや、航空機で利用されている複合材(CFRP)を締結するチタン合金ボルトなどにも適している。」と指摘し、「開発に成功した技術をもってボーイングに提案したところ、折り返して、硬さ、強度等の具体的な要求があり、改良を重ねた結果、要求水準を満たすまでに至った。」という。複合材の採用など航空機自体が進化していることに伴って、新たに発生した技術ニーズを捉えた点が推進力になっている。

(c) 既存取引先のリード

既存取引先の路線変更に従って追従していったことで、航空機産業への道が開いたというケースもある。すなわち、他産業分野若しくは防衛用需要関連の部品供給先だった大手メーカーが、新たに(民間)航空機分野で受注を獲得したり、その受注量が増加したことに伴って、そのサプライヤーも追従するように航空機業界に参入したケースである。特に、以前から航空機部品の供給経験はあったものの、あくまで軍用・防衛用航空機関連部品であって、それ以外の経験は乏しかったサプライヤーが、民間航空機市場の成長を睨んだ発注元企業の要請や誘いに応えてきた結果、今やそれが事業の柱になったという例が目立つ。例えば、**C社**では、「米国航空機市場への参入は、**RCA**(現ハネウェル)に、機体の先端で使用される気象レーダのセンサとモーターを供給したのが始まりだった。当時の国内の発注元がボーイングへの納入契約を結んだことから、間接的に当社もボーイングの調達ネットワークに入ることができ、また、その繋がりでも**RCA**に紹介してもらえた。」という経緯である。こうした例においては、既存他分野での取引関係が順調で、既存発注元から技術面や経営面での厚い信頼を勝ち得ていたことが、民間航空機市場という魅力的なマーケットへの参

入を導いたのだといえる。

(d) 航空機製造をめぐる周辺事業からのステップアップ

認証取得や技術力の面で参入障壁が高いといわれる航空機業界に対して、未経験者が一足飛びで参入することは、当然のことながら容易ではない。それならば、障壁の低い周辺分野から攻めて行き、そこでの実績や信頼を積み重ねることで、ついには本格参入を果たしたというパターンもある。ここでの周辺分野とは、航空機部品・原材料の梱包事業、製造に用いる治工具製造、測定・検査のための試験機製造、認証を取得している発注元の傘の下で行う外注加工などである。

実際に、**ウイングウイン岡山**では、「大手を含む認証を取得している企業の下で、加工外注を出してもらったという経験がほとんどである。新規参入組はこのルートでもよい。一次認証のある企業の下に入れば、自らは認証未取得でも、この業界に入れる。また、治工具の製作など直接、航空機に搭載する品でない場合は、もう少し簡単である」とし、航空機業界への第一歩として、認証未取得の企業は、**Tier 3** 段階の加工外注や治工具製作から始めるルートを選択したと述べている。

また、**D社**は、「現在の主要発注元相手に、特殊梱包や木箱の供給を行っていた。その後、同発注元から図面を支給され、航空機製造用の治工具や試験装置の生産を開始した。(航空機産業に)何とか参画できないかと考えていた。(中略) 主要発注元で民間機製造のプロジェクトが立ち上がったため、当社から組立の受注を打診した。」としている。周辺事業でツテを作り、新たな案件が立ち上がる頃合いをみて名乗りを上げ、念願の航空機業界に参入を果たした経緯がうかがわれる。

(e) 新機種開発や需要拡大のタイミングのキャッチ

以上の(a)～(d)に挙げた各要素を満たすことは、いずれも航空機業界への参入を果たすという観点から相当程度有効なものといえる。ただし、(1)で上述したように、既存の量産中の機種において既にフリーズ(工程凍結)済みの生産ラインは、基本的に動かしようがなく、新規参入希望者がどんなに高度な加工設備や高い技術を持っていても、それのみによる参入は容易ではない。新機種開発の波が来て、新技術や新分野の部品の需要が発生し、**Tier 1** メーカーが新たなサプライヤーレイアウトの構築を迫られる機会の到来にタイミングを合わせるものが肝要なのである。

実際に、航空機業界への参入を果たした各事例をみても、主要な要素として「タイミング」を挙げた例が最も多かった。例えば**三益工業**は、「折から **B787** の量産開始などを視野に入れ、**Tier1** 以上の各社が生産力増強を図っていた。(中略) 当該エンジンメーカーが積極的に外注先の拡大を図ろうとする波に乗れたことが大きかった」と、また、**飯田航空宇宙プロジェクト**でも、「最初に受注があったのは、**2007** 年4月。民間航空機分野が右肩上がり成長するという時期であり、先方も協力企業を探していてタイミングが良かった」と述べており、近年新規参入を果たした多くの事例企業においても、タイミングが重要であったことを強調している。

図表 4-1-3 航空機産業への参入経緯と参入成功のタイプ分類

社名	航空機業界参入の経緯	タイプ
三益工業	航空機部品を扱う油圧機器メーカーから小さな部品を受注したことが、航空機業界の仕事始める契機となった。それまで取引はなかったが、創業者の後輩が油圧機器メーカーに勤めており、当社を訪ねて来た時に当時最新鋭の機械加工設備に目をとめ、それが受注につながるようになった。 エンジン部品については2006年に初めて受注した。折からボーイング787の量産開始などを視野に入れ、Tier 1以上の各社が生産力増強を図っていた。その際、新規外注先を探すエンジンメーカーの購買担当者が、特段面識のない当社のホームページをみたことがきっかけであった。突然の電話をもらって以降、購買担当者や技術者が相次いで来訪し、品質担当のチェックを経て、取引審査に合格した。新規に取引ができた要因は、当社が必要な設備、技術やJISQ9100などの品質管理の認証を取得していたこともあるが、当該エンジンメーカーが積極的に外注先の拡大を図ろうとする波に乗れたことが大きかった。	タイミング &設備能力
田中	進出先のシアトルにはボーイングの工場があり、ボルトを販売するため、活発な営業攻勢を掛けたことが功を奏し、2ヶ月後には出入りを許された。その2年後、当時ボーイングでは777の開発を進めており、当社のボルト加工の実績を知っているボーイング社エンジニアから、航空機用ボルトに適用したい技術上のニーズがあることを聞くことができた。数年後、開発に成功した技術をもってボーイングに提案したところ、折り返して、硬さ、強度等の具体的な要求があり、改良を重ねた結果、要求水準を満たすまでに至った。	タイミング &技術売込み
飯田航空宇宙プロジェクト	最初に受注があったのは、2007年4月。民間航空機分野が右肩上がり成長するという時期であり、先方も協力企業を探していて、タイミングが良かった。当方の加工技術が認められて引き合いを得て、プレゼンテーションを行ったところ、先方が工場を見に来てくれた。これならいけそうだとということで、スムーズに取引が始まった。もともとそのメンバー企業は、僅かながら航空機部品を扱っていたのだが、技術商社経由の商品供給だったので、社名も知られていなかった。それがこの取引開始により、Tier 1から直接受注し、品質保証など責任を負った形で納品することになった。	タイミング &技術売込み
D社	航空機関係の梱包を行う会社としてスタートし、現在の主要発注元相手に、特殊梱包や木箱の供給を行っていた。その後、同発注元から図面を支給され、航空機製造用の治工具や試験装置の生産を開始した。航空機産業の先端技術が魅力的であり、何とか参画できないかと考えていた。その後、民間機の需要が増えて、主要発注元で民間機製造のプロジェクトが立ち上がったため、当社から組立の受注を打診した。これに対し、社外の生産能力の有効利用を考えていた主要発注元から「人材を出すなら指導するので一緒にやろう」という話を頂き、ビジネスジェット機の主翼組立作業を主要発注元工場への構内派遣というかたちで開始した。	タイミング &周辺事業を經由
ウイングウイン岡山	大手を含む品質認証を取得している企業の管理の下で、加工外注を出してもらった。新規参入組は、このルートでもよい。一次認証のある企業の管理の下に入れば、自らは認証未取得でも、この業界に参入することは可能だ。また、治工具の製作など、直接、航空機に搭載する品でない場合は、もう少し簡単な。 商談会や折衝の窓口を開くのはウイングウイン岡山が担当している。その後の取引は個々の企業でやる。中小企業でも束になってウイングウインとして臨めば、航空機産業側も会って話をしてくれる。まずは、門戸を開けてもらうことを考えなければいけない。	周辺事業を經由
H社	ロストワックス法の技術を活かすべく航空機の仕事に挑戦することを決意して、当社を設立した。ロストワックス法は航空機部品加工には必須のものなので、これに絞ればある程度の勝算はあった。実際の受注は、航空機の油圧機器メーカーに熱心な営業を掛けたことから始まった。	技術売込み
E社	発注元の指導により組立加工外注からスタートした。その後、民間航空機市場の拡大とともに、民間機の受注が増加し、現在は売上高における官民の比率は50対50程度となっている。今は、主発注元1社との取引に限らず、他の機体メーカー、装備品メーカーとの取引も開拓している。	発注元リード
B社	米国から提供される図面を基に、プラスチック製の風防を成形するようになった。国内のプラスチック加工は、この頃から一般的に普及し始めたが、当社では航空機事業を手掛けていたおかげで、プラスチック成形の分野で時代を先行できたと言える。風防のほかに、当社では、主力発注元などの設計図面に基づいて、B787用を含めた複合材の成形をしている。	発注元リード (端緒は戦前)
L社	戦前から大手金属メーカーの一部門としてプロペラを製造していた。民間航空機分野へはなかなか参入できなかったが、1985年に降着装置の油圧部品を初めて受注することができた。何度挑戦してもなかなか採用されなかったが、ロック機構に特徴を持たせ、サンプルを現地に直接持ち込んで営業攻勢を掛けたところ、やっと採用された。	技術売込み (端緒は戦前)
C社	米国航空機市場への参入は、当時の国内の発注元がボーイングへの納入契約を結んだことから、間接的に当社もボーイングの調達ネットワークに入ることができ、また、その繋がりでもRCA(現ハネウェル)に紹介してもらえたのである。最初の1～2年は試作と評価を繰り返したが、なんとか採用されることになった。米国の他サプライヤーの動きが悪い上、当社の方が安価だった。サプライヤーリストに掲載されることが重要で、その後他の仕事も発注されるようになり、年々アイテムが増えていった。当初の取引規模は大きくはなかったが、新規分野の開拓としては良い契機となった。	発注元リード &技術売込み (端緒は戦前)

(注) 本件調査外ではあるが、他の航空機部品サプライヤーにおける参入のケースでも「タイミング&設備能力」タイプに分類できるものがみられた。例えば、ある部品サプライヤーは、以前から金属加工を得意としており、航空機分野で必要とされる大型部品を視野に入れながら、航空機業界へ参入するきっかけを伺っていた。そんな時、Tier 1企業との航空機外の取引で窓口役だった先方担当者が航空機関連の発注担当者を紹介してくれた。ちょうどその頃、ボーイングの生産が増加することが見込まれていたことから、主要発注元は新たなサプライヤーを熱心に探し始めていたところだった。こうしたタイミングの良さもあったが、確かな受注を獲得する以前から、先行して大型設備を複数導入し、参入に備えていたことも功を奏した。確かに、タイミングの合致は大きな条件だが、仮にタイミングがあっても、「仕事をもらえるなら設備を入れます。」では相手にしてもらえないという。当社の場合は、リスク覚悟でやや過剰とも言える先行投資をしたとのことである。

(3) 航空機業界への参入のポイント

既に(1)で詳しく述べたように、航空機産業への参入は容易なものとは言えない。安全性を何よりの至上命題とする当産業特有の規制や性格が、その反射的效果として、厚く高い参入障壁というかたちで表れているといえる。

そんななかでも、多様な形で参入を果たし、既に当業界で活躍している企業の参入経緯を観察することによって、前項では、いくつかの重要な要素と考えられるものが抽出できた。

当然のことながら、各社それぞれ異なる背景を有しており、一概に法則化した整理はできないが、敢えて、この中から有効と思われるポイントを掲げるとすると、以下のような項目が挙げられる。

参入のポイント

- ① 航空機業界における需要の波（特に新機種開発）に合わせた参入活動のタイミング
- ② 適切なタイミングを逃さない事前の備えと先行投資
- ③ 多少タイミングが合わなくても売り込める新技術や特殊技術の獲得
- ④ 既参入企業との連携や協力企業への加入

これらの点について、以下で改めて考えてみよう。

① 航空機業界における需要の波（特に新機種開発）に合わせた参入活動のタイミング

何より安全性を重視する航空機業界においては、独特かつ稀有なルールである生産ラインの「フリーズ(工程凍結)」が実行される。いったんフリーズされると、当該航空機を製造するための工法・材料・担当企業の顔ぶれはもちろん、工場の所在や設備の個体番号、各種の作業手順まで、容易に変えることはできない。すなわち、後から現れた参入希望者がいかに高度な加工設備や高い技術を持っていたとしても、当初生産計画で想定し得ないような余程の増産や大きな支障でもない限り、既存機種の製造に参入することは難しいのである。

したがって、参入希望者としては、航空機業界に新機種開発の波が来て新技術や新分野の部品の需要が発生し、新たなサプライヤーレイアウトが模索されるタイミングを見極める必要がある。そして、その時期が到来したら、これに参入活動のタイミングを合わせなければならない。ただし、小規模な開発プロジェクトであれば、既存のプレーヤーのやり繰りで十分間に合ってしまうので、ある程度大規模なプロジェクトか、革新的な材料や技術を採用する先端的项目に期待するしかない。

その意味では、近時の B787 開発案件は好例といえ、800 機以上の記録的な受注数という大規模性に加え、炭素繊維複合材の大幅採用、各種の電動化という革新性、さらに日本勢 Tier 1 の役割拡大により、国内機体メーカー、エンジンメーカー等は、大幅な生産能力拡大を図った。今回イ

インタビュー先企業のなかにも、この絶好のタイミングを捉えて参入に成功した例があることは、前項で述べた。

こうした点を考慮すると、今後、航空機業界への参入を志向する企業は、航空機業界全体を俯瞰して需要の波を的確に捉え、時期や市場を選んで参入活動に注力する必要がある。

② 適切なタイミングを逃さない事前の備えと先行投資

適切な時期を捉えて、タイミングの良い参入活動を実行することは肝要だが、当然のことながら、時期を待ちすぎてもタイミングを逃すことになる。

例えば、新機種の開発プロジェクトが立ち上がると、部品サプライヤーを選定されていくことになるが、その選考時には、当該サプライヤーが既に十分な設備能力や品質管理能力を備えていることが前提となる。言い換えると、「いずれ認証をとるつもり」とか、「受注が取れたら大型の設備を入れる予定」という状況では選考の対象にならない。認証取得に併せて発注元にアピールできる生産能力を地力として備えておかなければならない。

もちろん、事前に備えていても空振りになるおそれがあるうえ、航空機独特のやや不安定になりがちな生産計画変更により、投資資金の回収時期も想定どおりいかないケースもままある。しかしそれでも、先行投資しておかなければ、参入の足掛りも得られないのが現実だという。

航空機業界を新規に志す企業は、こうしたリスクをヘッジするために、仮に参入に成功したとしても航空機産業だけに依存しない経営基盤を作っておく必要がある。できれば航空機産業にも相通ずる技術や設備上の特性がある事業を、経営のもう一つの柱として構築できれば望ましい。(具体的事例については、既に説明したとおり) このことは、航空機産業では中長期的なビジネス拡大を期待しながら地歩を固め、他の事業で日々の収益を稼ぐという構造を整えることに他ならない。

③ 多少タイミングが合わなくても売り込める新技術や特殊技術の獲得

参入活動のタイミングが重要なことは間違いないが、参入事例の中には、多少タイミングが合わなくても売り込めるような強みのある新技術や特殊技術を掲げて参入を果たした例もある。

例えば、**H社**の持つロストワックス法鋳造技術がその例であり、大量生産には不向きだが、通常では難しい複雑形状製品も可能という製法を活かして、同社は航空機産業に参入した。航空機業界の需要の波に関わらず、他にはない強みをもってほぼ自力で重い扉を開いた例であろう。

同様に、**田中**のプラズマ浸炭処理技術も、いわばその例に含まれる。これは、炭素繊維複合材を多用する新機種向けのボルトにおいて、さらに強みを発揮する技術であり、航空機自体の進化が新たな技術需要を生んだ例であるといえる。

こうした特別な強みを掲げて参入活動を進展させていけば、タイミングに左右されるリスクを減じることができる。しかも、こうした特別な技術の対象製品は、少量生産が前提となる航空機用部品の中でもさらに特定の部品であり、その市場規模は小さ過ぎて大企業が入って来られないことが多い。中小企業が目指すべき、参入の一つの理想的形態であるかもしれない。

④ 既参入企業との連携や協力企業への加入

図表 4-1-2 で示したように、今日、各地の中小企業が連携して航空機業界への参入活動を展開している。例えば、切削・研磨・表面処理など、それぞれ得意分野を持つ中小企業が分担して各工程を受け持てば、航空機部品に係る生産工程の一式を受託することができるとしている。

折から、完成機メーカーや国内大手 Tier 1は、これまで個別の部品単位で多くのサプライヤーに放射線状に発注し、事後、納品されたものを自ら集約して組み上げていたところ、最近は、一式のモジュールやコンポーネントといった単位で発注し、中核的な Tier 2 企業に取りまとめ役を任じる傾向を強めている。各地の活動がこうした一式発注のニーズに合致すれば、発注元から引き合いがくる可能性もある。

ただし、航空機産業における厳格な品質管理要請を考慮すると、法人格のないグループ組織や任意団体等が一次受け皿となって“共同受注”をし、メンバー中小企業に作業を配分するというスタイルには、現実的には難しい面がある。航空機の一部を構成する一式のモジュール等を受注できる者は、単に認証を取得しているなどというレベルではなく、これまで厳格な品質管理を実現してきた十分な実績と信頼が既にあり、生産工程の凍結を承認できる程の強力な権限と責任を持つ中核企業でなければならない。こうした中核企業だからこそ、取りまとめ役として傘下の中小企業の全工程を管理して一式を完成させ、発注元に向けて一元的に納品できるからである。

こうした事情を受けて、例えば、**飯田航空宇宙プロジェクト**では、近隣に立地し航空機産業で長年の実績を誇る多摩川精機(株)を模範として、地域内の中小企業を募り、実体のある幹事会社を決めた上で一式受注を目指している。

このように、一社単独での参入が困難でも、既にも実績と信頼が厚い企業と連携して、同社に Tier 1 等発注元への窓口役や取りまとめ役・後見役を担ってもらい、そこで配分された仕事を参入の足掛りとする方法もある。もちろん最初は、労賃×時間の収入しか見込めない外注加工や、治工具・運搬具等の周辺機材供給などの域を出ないかもしれない。しかし、最近の傾向として、完成機メーカーがインテグレート役に専念したいため、Tier 1 がランクアップして完成機メーカーの役割の一部を担い、それにつれて Tier 2 が Tier 1 の役割の一部を担うよう底上げを期待されている動きがある。従って、今後、Tier 3 以下の企業もランクアップが求められ、その仕事の中味も、順次、充実していく可能性もある。

2. 航空機業界の今後の展望と部品サプライヤーへの期待

(1) 我が国航空機産業に関わる完成機メーカーの将来動向

世界の航空機市場は、本稿冒頭でみたとおり、今後20年間で2倍近い拡大が見込まれており、民間機を中心として将来の成長産業として期待されている。

この成長市場を狙って、ボーイングは B787 開発プロジェクトを立ち上げ、初飛行開始前に 800 機以上の受注を記録した。エアバスも超大型機 A380 を投入し、順調に運航実績を積み重ねている。

一方、100 席以下のリージョナル・ジェット機市場では、ボンバルディア、エンブラエムの2大メーカーに加えて、中国の ARJ21、ロシアの Superjet100 の開発が進められ、今後の競争激化が予想される。特に中国の ARJ21 は、成長著しい中国市場の需要を当然に獲得しており、有力な勢力になる可能性がある。

こうした中、我が国では、三菱航空機が初の国産ジェット旅客機 MRJ の開発を進めている。主要パートナーとして、住友精密工業、ロックウェルコリンズなどが決定し、2012 年の第2四半期に初飛行、2014 年第1四半期には初号機を納入する計画となっている。既に、全日空から 25 機、米国のトランス・ステーツ・ホールディングス社から 100 機を受注しており、2026 年までに 1,000 機の販売を目標としている。

また、小型ビジネスジェット市場では、本田技研工業の子会社であるホンダエアクラフトカンパニー(米国)が HONDA JET を独自に開発しており、高速・低燃費・グラスコックピットなどの特徴をセールスポイントに年間 70~80 機の販売を目指している。2010 年には量産型初号機の初飛行に成功し、今後、2012 年のデリバリー開始に向けて作業を進めている。

こうした国産機プロジェクトが成功し、我が国にも、航空機産業のヒエラルキーの頂点に位置する完成機メーカーが誕生することで、同産業を支える部品サプライヤーの裾野がいつそう広がることを期待したい。

(2) 航空機産業の部品供給構造の変化

新規機種の開発に当たっては、かつてボーイングやエアバスなどの完成機メーカーが独力で遂行してきたところ、航空機自体の大型化・高性能化・高品質化を背景に、増大する開発費や開発に伴うリスク負担があまりに過重になってきた。そのため、現在では、こうしたコストやリスクの分担を図り、ボーイングやエアバスが開発とりまとめ会社となって、複数の主要パートナーを募り、国際共同開発を行う方式が主流となっている。

例えば、ボーイングの最新機である B787 のケースでは、機体の7割を約 70 社が参加して国際共同開発しており、開発に関係する企業は Tier 2 以下まで含めると、世界で約 900 社になるとされている。イタリア、イギリス、フランス、カナダ、オーストラリア、韓国、中国等が分担生産に参加しており、我が国は三菱重工業を始めとして数十社が参加。日本企業の担当比率は合計で 35%と、

ボーイングの担当割合と同等となっている。同様に、エンジン開発についても、国際共同開発体制であるリスク & リベニュー・シェアリング・パートナー (RSP) 方式が主流となっている。

この共同開発方式では、主翼システム・降着システムなどのサブシステムの設計・開発にパートナーである Tier 1 を参加させて、彼ら Tier 1 にサブシステムのインテグレーションを任せ、完成機メーカー (プライムメーカー) 自らは、全体のインテグレーションに集中し、とりまとめ役として行動することが一般的となってきた。

さらに、部品や素材等の調達にあたっては、海外調達や海外投資²²を含めた広い選択肢の中から最適な調達を図るようになってきている。同時に、完成機メーカーがその機能の一部を Tier 1 に降ろしてきたことに合わせて、Tier 1 による部品調達の方式も変化してきた。これまでの Tier 1 は、個別の部品単位で多くのサプライヤーに放射線状に発注し、事後、納品されたものを自ら集約して組み上げていたところ、最近では、一式のモジュールやコンポーネントといった単位で発注し、中核的な Tier 2 企業に取りまとめを要請する傾向を強めている。Tier 1 もその機能の一部を Tier 2 に降ろしてきたのである。

こうした事情から、航空機部品のサプライチェーンは、世界的かつ中核的な有力サプライヤーを要所とする整流化した構造に変化しつつある。こうした部品供給構造の変化について、例えば、Tier 1 である L 社は、「今後、部品メーカーは、自らシステムインテグレーターのような役回りになるか、その傘下に入るか、どちらかでなければ商売をやっていけなくなるだろう」と指摘している。すなわち、これまで、完成機メーカーや Tier 1 は、多数の部品サプライヤーとの個別の取引チャネルを受容してくれていたが、今後は、要となる中核的サプライヤーとつながる調達チャネルだけに絞り込まれ、従来の取引は期待できなくなるというのである。

このように、世界的に部品供給構造が変化する動きと同じくして、国内最大の航空機関連メーカーである三菱重工業が MRJ の開発に着手したことで、これまでの Tier 1 の立場から格を上げ、完成機メーカーのステータスを獲得しようとしている。これは、従来の Tier 1、Tier 2 などの各層の役割が全体的に上方にシフトしつつあることを意味しており、従来の Tier 2 サプライヤーの中から Tier 1 の機能を備える有力な企業が現れるよう期待されている。(MRJ のケースでは、三菱重工業は、三菱航空機の下で Tier 1 をやりながら、実質的に三菱航空機に代ってシステムインテグレーターの役割も担うことになる。これは相当に過重な負担なので、これからは、日本の中小サプライヤーが Tier 1 とともに事業分担できるようになることを期待している、という。)

同時に、多数存在した従来の Tier 2 から、今後中核となる Tier 2 が選ばれ、傘下のサプライヤーに一括して発注し、全体を管理し、モジュールやコンポーネント (またはサブシステム) 単位に組み上げて納品するかたちにシフトしていくとみられる。現在 Tier 2 の立場にいる者は、今後、自ら中核的サプライヤーとなる道を行くか、あるいは、他の中核サプライヤーの傘下に入るか選ばなくてはならない。仮に後者であっても、これまで自らは担当外だった前工程や後工程にまで担当領

²² 中国などに投資して合弁会社を設立し、そこから調達する方法。ボーイングの事例として、Boeing Tianjin Composite Co. Ltd 等がある。

域を広げ、発注元にとってできるだけ効率の良い発注形態を目指していかなければならないだろう。

このように、航空機部品の供給構造が全体的に上方にシフトする傾向にあるなか、いずれの部品サプライヤーも、従来より幅広い機能を獲得することが求められている。

(3) 部品サプライヤーにみられる対応の方向性

① 分担比率の向上

日本の大手 Tier 1 は、今日、ボーイング等の国際共同開発のパートナーとしての存在感を高めているとともに、それ以外の日本メーカーも、幅広く、重要部品を供給するようになってきている。各社は今後もより一層、海外の完成機メーカーやエンジンメーカー向けの取引を深耕すべく、開発能力や技術力及び価格競争力の向上を図っている。

例えば、エンジンの場合、完成機メーカーと直接取引するのは、現時点で GE、P&W、RR の世界三大メーカーに限られているが、日本メーカーも将来的には、直接取引を行う勢力の一角を占め、分担比率を過半割合にまで拡大したいという方向性にある。そのためには、長期的視野での技術力向上が決め手となる。数年～十数年に一度の新機種開発の機会を逃さず、効果的にアピールできるよう、技術力と価格競争力を相対的に高めておくことが、分担比率を上げる鍵になる。

ただし、いたずらに拡大戦略をとるのではなく、負担やリスクとのバランスを考えた堅実な対応姿勢もうかがうことができる。例えば、同じシステムでも、大型旅客機とリージョナル機の間には、サブシステムメーカー側の設備面も含めた負担に、相当程度の差がある。実際に L 社では、「B 767 など 250 席クラス以下の降着システムなら供給できるものの、生産設備の台数が豊富でないため、このクラスで月産何台かを安定的に供給してくれと言われると不安がある。しかし、100 席クラスを 5～8 機程度月産するなら可能。今は、250 席クラスについては降着システム全体の受注を目指すのではなく、これを構成する機器の開発で参入していく計画である。100 席クラス以下の分野では製品群を更に充実させていきたい。」という方針を示している。まずは、自らの強みのあるクラスにおいて当該システム全体を預かる方向で、分担割合を高めていく戦略である。

② 一式受注できる能力の獲得

上記(2)で述べたように、今後は、従来の Tier 1、Tier 2 などの各層の役割が全体的に上方にシフトしていく傾向にあり、多数存在した従来の Tier 2 から、今後中核となる Tier 2 が選ばれ、傘下のサプライヤーに一括して発注し、管理し、モジュールやコンポーネント(またはサブシステム)を組み上げて納品するかたちにシフトしていくとみられる。

この点について、事例企業の各社は、後表のような見解を示しつつ、対応方針を掲げている。いずれのコメントをみても、上述した部品供給構造が上方にシフトしていく傾向について、例外なく見解が一致していることがわかる。興味深い点は、これまでの単品の部品サプライヤーが、ワンランク上のモジュールやコンポーネント(またはサブシステム)メーカーにステップアップすることができれば、「格」や権限が上がるだけでなく、実利面でもプラスになることである。すなわち、比較的単純な

外注加工や工程外注の場合、基本的に工賃×時間等をベースにしたシンプルな収益しか期待しにくいところ、モジュールやコンポーネント(またはサブシステム)を供給する場合なら、設計や開発のプロセスから関わり、自主調達した各種パーツを組み上げ、要所に創意工夫を活かすことによって、付加価値を自ら生み出す機会を増やせるのである。当然、取引のボリュームも拡大する。部品供給構造の変化を追い風と捉える部品サプライヤーは、今後、増えていくと思われる。ただし、機体の一部など飛行安全に直結する一式の設計・開発などは、リスク負担が重過ぎるため難しいので、これを除く分野なら積極的に自前設計の可能性を探るのも良いだろう。

図表 4-2-1 一式受注できる能力の獲得へ（各社の対応）

社名	部品供給構造変化への各社の対応
E社	従来の委託加工の工程だけにとどまらず、設計から機装に至るまで、より幅広く一貫して対応できる体制を整えなければならないと考えている。これは、機体プライム社の要求するTier 1企業を目指すことでもある。
川西航空機器工業	これまででは、発注元作成の図面に忠実に従って加工する、いわゆる「貸与図」方式だったが、今後は、機体のドアの一部ユニット等について、設計段階から関与できればよいと思っている。仕事の幅が広がるし、収益機会も増やせる。そのためにもCATIA技術など設計能力をいっそう向上させたい。
C社	顧客である大手装備品メーカーは、我々に対してコンポーネントのベンダーとしてではなく、それらを組み上げるサブシステム(アッシー)をまるごと引き受けてほしいと望んでいる。大手装備品メーカーは、ワンランク上のシステムメーカーを志向しているので、これからは、ベンダーコントロールに手間が掛かる組み立て仕事は極力アウトソースしていきたい。当社がそうした要求にうまく応えられれば成長できる。
D社	発注元は管理コストを下げるため、今まで自社が行っていた機能の一部を協力会社に下ろしたいと考えている。発注元が認可した部品や板金・表面処理などの工程を協力企業の1社がとりまとめて、組み上がった形で発注元に納品できるような体制を目標としている。主要発注元の発注スタンスの変化に伴い、部品等はJISQ9100を取得している企業から当社で調達し、自力で品質管理もして、よりTier 1に近い立場を担うよう期待されている。しかし、機体の一部など飛行安全に直結するユニットの設計などはリスク負担が重過ぎるため困難。内装品やギャレーなら自前設計もできるだろう。
三益工業	業界全体に、発注の集約化の動きがある。中小企業に対しても、従来のような個々の単体の部品を納入すればよいと言うのではなく、ユニットやモジュール単位の組立てを任せられ、取りまとめ役として、傘下の中小企業に発注管理して一元的に納入することが期待されている。今後は、海外との競争も激しくなり、ユニットメーカーもトップでないと生き残れない時代になる。 業界動向と同様に、「機械加工だけは自信があります。」などと言っても、発注元は魅力を感じてくれないようになりつつある。やはり、中小企業に対しても、モジュールやユニットの取りまとめ役を期待されている。そのためには、モジュール単位の受注に必要な協力企業を集めてサプライチェーンを構築することが課題となる。海外からの調達も考えられるが、コストもさることながら品質や近接性も重要であり、国内のものづくりを企図して体制構築していきたい。 また、油圧部品の製造に強みがあるので、国内の主要な油圧メーカーすべてを対象に受注獲得を目指していく。
H社	素形材を供給するだけでなく、機械加工などの後工程も当社でやってほしいという発注元の希望を受け、3年前にマシニングセンターを複数導入した。これにより、他の部品との接合面の切削もできるようになり、接合してから納入することによって発注元にも喜ばれている。今後も更に組立など他の工程にも業務範囲を広げていきたい。

③ メンテナンス市場への進出

航空機部品の需要としては、イニシャル段階の開発・生産時の需要に加えて、ランニング段階のメンテナンス市場における交換用部品の需要があり、今、後者の市場への注目が高まっている。

ただし、「航空会社の修理・修繕市場は有望だが、実際に販路を広げるのはなかなか難しい。技術的に正規部品と同じものをつくるのは可能だとしても、航空機の製造時に実際に担当していないとダメ。例えばネジ1本でも、材料調達、切削、熱処理、メッキの作業があり、それぞれ改めて国際承認が必要。そのため、航空会社が協力して国際承認を取ってくれると言うのでもなければ出来ない。」との指摘もあり、また、**C社**は、「最近、完成機メーカー側もアフターサービスの分野に自ら進出しようとしており、図面やライセンスの提供などを求める修理提携が難しくなっている。さらに、大手航空会社は、機体を購入するときの条件として、完成機メーカーに対して整備等の図面を提供するよう要求し、配下の整備子会社に担当させるようになってきている。」と指摘し、メンテナンス市場の攻略もそれほど容易なことではないことを示唆している。

しかしながら、航空機は、30年以上の運用期間があるうえ、定期的な部品交換が義務付けられていて、部品の単価も高い。したがって、機体の新規需要にプラスして、修理の需要もかなり大きい。部品サプライヤーとしては、新規と修理の両方を扱えることができるなら、相当に魅力的である。実際に、容易でないとして上述した各社も修理市場の将来性は認めており、**C社**は既に、国土交通省や米国連邦航空局から修理工場の認定を取得し、海外完成機メーカーと提携を結んで、様々な機器の修理を国内で行っている。また、**三益工業**では、PMA(Parts Manufacturer Approval: 米国 FAA の航空機部品製造者承認。純正部品ではないが、いわば正規互換部品の承認)による生産についても検討しているという。

④ 小型航空機市場の拡大

これまでの航空機部品の供給構造が変化するのと並行して、新たな市場の誕生あるいは急成長という動きも表れている。例えば国内でも、ホンダジェットの開発例にみられるように、最近では、企業や個人のビジネスユースの利用増大を背景に、小型機(ビジネスジェット)の市場が急激に伸びている。大型機の分野では、ボーイング等数社が占める寡占状態で、新型機開発のペースも数年～十数年に一度、製造数も年間 200～300 機程度だが、小型機分野では、年間 1,000 機を超える製造数になるうえ、多数のメーカーが競合していることから、新型機開発の頻度も高い。そのため、航空機市場の一大分野になる可能性があり、この市場への対応がビジネスを飛躍させる可能性があるとして、期待が集まっている。

この点は、例えば、**C社**などが注目しており、「特に、ベリーライト・ジェット(最大離陸重量 1 万ポンド以下)の市場が、今後、急成長し、大きな市場に育つことを期待している。自動車の進化の歴史を見ても、乗合バスからマイカーへと個別化が進んでいったのは必然であったように、今や、エアタクシーやプライベート・ジェットに使われる小型機メーカーが続々と誕生しつつある。当社は、そこへの供給を狙っている。」と指摘している。まさに、航空機業界の新興有望市場といえる。

また、小型機は、大型機と異なる技術的性格を持っており、そこに新たなニーズが誕生する可能性がある。例えば、大型機の駆動系では、強力な油圧機器が搭載されているが、さほど巨大な力を必要としない小型機では、軽量で比較的簡易な電動機器が主体である。しかも、軽量化ニーズは大型機についても同じであり、最近ではアクチュエーター用モーターが性能向上したこともあって、大型機についても電気化(油圧機器から電動機器へのシフト)の動きが進行しつつあるという。上述したC社など電動機器を得意とする企業にとっては、こうした新しいニーズ、新しいビジネスチャンスがまた広がっていく。

本稿冒頭に示した航空機市場の成長予測は、既存の技術をベースにした商品群の延長線にある数値である。これだけでも航空機産業に対する期待は高まるが、将来的には、小型化・電気化による新規需要の創造、あるいは、まだ見ぬ技術革新が起こることによって、これまでにない航空機市場が追加される可能性も十分あるといえよう。

むすび

～ 航空機産業のモノづくりを支える人材の育成 ～

航空機産業は、夢のある産業として、優秀な人材が集りやすいとの声を聞く。確かに、厳格な認証を要する航空機業界に属しているという事実は、その企業が高い技術力や優れた品質管理能力を持つことを裏付けており、企業イメージを高める一種のブランド効果がある。求職者にとって、“航空機産業”という言葉には、魅力的な響きがあるともいえる。

ただし、中小企業の、特に、地方に立地する中小企業の人材獲得難には、恒常的かつ構造的な面があり、航空機部品サプライヤーであっても例外ではない。ましてや、航空機製造に関する専門課程を専攻し、入社前から専門能力を高めた人材ばかり来るはずもない。航空機産業において特に求められる高い技術や優れた品質管理の思想は、言うまでもなく、入社後の育成に掛かっている。

もちろん、航空機産業だからと言って、すべて高度な技術がいるかというところでもないという。しかし、少量かつ特殊な部品で自動化に適さないものもあり、自動化できても数個しか作らないものもあって、多種多様な段取り作業や、例えば、1/1000 インチレベルの公差で大きさ・位置・傾きが決まっているボルトの打ち込み作業などもある。また、修得するのに長い年月を要する職人的な技能がある半面、航空機産業のための3D 設計システム(CATIA)を駆使して、多軸加工を実現するなど今日的な情報技術も求められる。併せて、本稿でも繰り返し述べたように、厳格な品質管理体制とトレーサビリティ、情報セキュリティについては、会社全体の隅々にまで行き渡る組織づくりが必要になってくる。

航空機産業による技術波及効果は、自動車産業の3倍という計算結果がある。航空機産業への高まる期待に比べて、この3倍という数値を大きいとみるか小さいとみるかは判断が分かれるところだが、少なくとも、世界のトップを走る我が国自動車産業のさらに上に行く技術水準であることを示している。

そうした先端的な技術を支える人材の育成や組織づくりは、どのようなプロセスに沿って実践されているのか、どのように動機付けされているのか、また、航空機開発特有の長い時間軸に由来する特徴はあるのか等々興味は尽きない。今後、さらに探求していきたいテーマである。

こうした技術的先端性に代表されるように、航空機産業には、多様な可能性が潜在している。同産業の今後の成長を期待し、引き続き高い関心を注いでゆくことを表明して、本稿の結びとしたい。

【参考文献等】

1. 参考文献

- ・ 半田邦夫(2006)「航空機生産工学」オフィス HANS
- ・ 中山直樹、佐藤晃(2005)「最新飛行機の基本と仕組み」秀和システム
- ・ 日本航空宇宙工業会(2010)「世界の航空宇宙工業」日本航空宇宙工業会
- ・ 日本航空宇宙工業会(2010)「日本の航空宇宙工業」日本航空宇宙工業会
- ・ 日本航空宇宙工業会(2010)「航空宇宙産業データベース」日本航空宇宙工業会
- ・ 日本航空宇宙工業会(2000)「産業連関表を利用した航空機関連技術の波及効果定量化に関する調査」日本航空宇宙工業会
- ・ 日本航空機開発協会(2010)「平成 21 年度民間輸送機に関する調査研究」日本航空機開発協会
- ・ 日本航空機開発協会(2010)「平成 21 年度民間航空機関連データ集」日本航空機開発協会
- ・ 日本航空機開発協会(2010)「平成 21 年度民間航空機関連データ集 別冊 主要民間航空機の概要」日本航空機開発協会
- ・ 航空機国際共同開発促進基金(2009)「航空機等の動向調査事業の調査概要 国産ジェット旅客機 MRJ (Mitsubishi Regional Jet)」航空機国際共同開発促進基金
- ・ 経済産業省(2009)「航空機分野技術戦略マップ」
- ・ エコノミスト(2009)「動き出した MRJ 関連産業の集積進む名古屋圏」毎日新聞社
- ・ インタビュー先企業各社 HP ・提供資料

2. 用語説明

○ステアリング油圧部品

油圧式の操縦装置に使用される部品。油圧ポンプ、アクチュエータ等。

○フライトコントロール部品

操縦翼面とそれを制御する操縦系統を構成する部品。昇降舵、方向舵、補助翼、水平安定板、スポイラー等、及びその部品。

○ランディングギア部品

油圧と電気で作動する降着装置の部品。着陸緩衝装置、タイヤ、ギアブレーキ等及びその部品。

○ホイール・ブレーキ部品

着陸装置のホイールに装備しているブレーキの部品。ローターディスク、ステーターディスク、油圧部品等及びその部品。

○エンジン部品

エンジンを構成する部品。タービン、ノズル、ファン、コンプレッサー、ファン、タービン等及びその部品。

○ドア・ダンパー部品

ドアの位置の移動を抑制するための装置(ダンパー)の部品。ピストンロッド、バルブ、ボート等及びその部品。

○ラック・アンドパネル

高電圧配電装置。

○航空宇宙品質マネジメントシステム JIS Q 9100

日本で制定された航空宇宙産業の品質マネジメントシステムの国際標準の規格。ISO 9001に航空宇宙産業特有の要求事項を追加したもの。

○NADCAP

米国の PRI が創設した特殊工程管理に関する認証制度。National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program(国際特殊工程認証システム)。

○PMA

Parts Manufacturer. Approval の略称。FAA(米国連邦航空局)が承認した航空機の互換部品。

本調査は、日本政策金融公庫 総合研究所と、日本政策金融公庫から委託を受けた三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社が共同で実施したものである。

日本公庫総研レポート No. 2010-3

発行日 2011年3月8日

発行者 日本政策金融公庫 総合研究所 中小企業研究グループ

〒100-0004

東京都千代田区大手町1-8-2

電話 (03) 3270-1269

(禁 無断転載)