

## 平成24年度海外貿易会議（航空機）に参加して

平成25年3月4日から7日までの4日間、村山滋氏（川崎重工業常務取締役 航空宇宙カンパニー プレジデント）を団長として、18企業・団体から構成される総勢31名が、ドイツ政府の他、航空宇宙企業・研究所を訪問・視察した。



表敬訪問したドイツ大使館にて（前列右から3人目が中根猛大使、その左が村山団長）

### 1. 今回ドイツへの訪問目的

経済産業省主催の海外貿易会議は、昭和58年以来、これまで25回開催され、航空機産業分野での諸外国との情報交換、相互理解の増進を図るものとしての役割を果たしてきた。昨今の急激な円高の状況を受けて、我が国航空機産業は、新興国との厳しい競争下におかれている。ボーイング社やエアバス社等の航空機メーカーはグローバルサプライチェーンの最適化を図っており、今後、我が国企業がその中でどのようにプレゼンスを維持・拡大できるかが課題となっている。

我が国の競争力を補強し、現下の厳しい状況から脱却する布石とするためには、製造・整備ビジネス（MRO：Maintenance, Repair Overhaul）で我が国と同様の環境にあり、かつ、技術競争力が高いドイツとどのような協業体制が構築可能か分析・評価するための材料を収集することは意義がある。

今回の官民合同ミッションのドイツ派遣は、政府・関係企業との意見交換を通じて、具体的な国際分業の在り方や生産技術等の革新方策について検討するものである。

## 2. ドイツ経済・技術省

村山団長、METI飯田課長、SJAC今清水専務理事等は、ドイツ経済・技術省 航空部門 航空政策協力オフィスにDr.Jan Siedentopp氏、Robert Derham氏を訪ね、ドイツと日本の航空分野での今後の協力について意見交換した。同オフィスはドイツの民間航空機の産業育成や欧州レベルでの研究開発プログラムなどを扱うところで、METI航空機武器宇宙課に対応するドイツ政府組織である。

冒頭、村山団長から「我が国の航空機産業はこれまで多くの山谷はあったものの、その産業規模を着実に伸ばしてきた。昨今の経済危機は世界的に影響を及ぼしているところだが、長期的には今後も航空需要および航空機産業の成長が期待されている。また産業構造的にも地域を越えたよりグローバルな取引が拡大している。そういう状況の中で、今回、貴国を訪問する機会を得たことは、まことに

意義深いものがある。今回の訪問により、貴国関係企業の視察、交流を通じ、今後の両国の航空機産業界の関係強化につながることを期待している」と述べた。

ドイツ経済・技術省から航空産業全般の概要として、年間250億ユーロ（約3兆円@120円/€）の売り上げがあり、従業員は10万人を擁し、エアライン、空港関係者を入れると100万人規模となり、ドイツ有数の産業である。ドイツ政府はここ20年間にわたりドイツ国内の航空技術や欧州との研究開発を支援してきた。航空分野での国際協力としては、地理的に近いオーストリアが中心だが、もっと多くの国と行うことを考えている。国際共同開発には、技術的な必要性の他、市場として有望なことが必要で、こういった可能性のある国と協力することを考えている。ドイツ航空産業は客室インテリアやエンタテインメントシステムといった客室システムや胴体の中



ドイツ経済・技術省にて  
Dr.Jan Siedentopp氏（左3人目）、村山団長（左4人目）、飯田課長（右5人目）

心とした機体構造分野に力を入れているので、こういった分野を支援することになる。ドイツ国内企業向けに3～4年を研究期間とする産業育成プログラムを公募したが、日本企業がドイツ企業と一緒に提案することを歓迎する。ドイツは欧州企業ばかりでなく、米国企業ともビジネスをしており、バランスをとった展開が必要と考えている。

日本側からは、日本とドイツの間で航空分野での協力は、ヘリコプタや航空エンジンなどが今まで行われてきた。今後は、それらに加え装備品システムの分野で欧州企業との取り組みを期待する声は日本企業にあることから、こういった分野も支援していきたい。MRJの開発では装備品・システムの分野では日本企業の参加が少ないが、今後国際的な協力のもとに日本企業の展開が望まれる。ドイツの防衛費が年々下がってきているとの話に対し、ECが統括する複数国プログラムの枠組みでなく、個々の国と1対1で共同研究などが出来ればよいと考えていると、述べた。

### 3. ドイツ訪問先企業

訪問した7社はドイツを代表する企業で、その概要は下の表のとおり。

#### (1) DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) : German Aerospace Center)

今回訪問したのは、ベルリンの西約200kmのブラウンシュバイク市にある、滑走路に近接した研究施設で、ここでは飛行試験を行う中型航空機・ヘリコプタやフライトシミュレータ、低速風洞などを保有している。

航空部門担当の役員 Prof.Rolf HenkeからDLRの概要説明を受けた。ドイツの国立航空宇宙研究所で、研究所はドイツ国内に17カ所、海外には、南極、カナダ、メキシコ、スペインの4カ所にある。また、事務所として、ワシントン、パリ、ブリュッセル、東京（今年2月に開設したばかり）の4カ所を保有している。なお、同研究所は、航空宇宙の他、鉄道やエネルギー、セキュリティ部門も含む組織となっている。全職員は7,400人で、総収入は18億ユーロ（約2,160億円@120円/€）で、研究費6億4,600万ユーロ（約780億円）のうち航空は2億1,500万ユーロ（252億円）で約33%を占める。航空分野の研究として、航空管制、空気力学、機体構造、客室居住性、エンジン要素試験、風洞試験、ヘリコプタ要素試験、生産技術、火山灰調査、無人機など多岐にわ

| No | 研究所／企業名                     | 概要         |
|----|-----------------------------|------------|
| 1  | DLR                         | ドイツ航空宇宙研究所 |
| 2  | Airbus Operations GmbH      | 機体組み立て     |
| 3  | Lufthansa Technik AG        | 機体、エンジンMRO |
| 4  | MTU Hanover                 | エンジンMRO    |
| 5  | MTU Munchen                 | エンジン組み立て   |
| 6  | Premium AEROTECH GmbH       | 複合材工場      |
| 7  | Eurocopter Deutschland GmbH | ヘリコプタ組立    |

たり、TRL (Technical Readiness Level) は1から5の範囲を担当している。

飛行試験機として、A320-200、VF164といった中型航空機、BO-105、EC-135といったヘリコプタを保有しており、航空管制、環境、機体制御などの試験を通し、ソフトウェア、各種理論の高度化を図っている。

ヘリコプタ・シミュレータを見学したが、ドイツMBB社が開発した軽量型ヘリコプタEC-135を対象として、機体-パイロット-機体制御システムの連携をチェックする目的で、6軸の可動式を採用している。離着陸、雪風の中の飛行などバリエーションの模擬飛行を見せてもらったが、実機に搭乗している感覚になった。また、航空機のみならず自動車から発生する空力騒音を計測できる、回流型の最高速度90m/sまで出せる低速風洞を見学した。風洞内部の壁には穴が無数にあげられており、気流による騒音を抑えることが出来るが、空力抵抗が増え必要な送風機駆動動力が増えることがあるため、技術革新とともにバランスも大事との説明があった。

## (2) Airbus社

Airbus社はドイツ国内にHamburg、Bremen、Stade、Buxtehudeの4工場があるが、今回Hamburg工場を視察した。ここは、第2次大戦中にBlohm und Voss社が飛行艇を製造していた工場で、エルベ河岸に建設されている。現在は専用滑走路をもちA320の胴体構造組立や最終組み立て、A380の胴体、客室設備の組み付け、A330とA350の後部胴体組み立てを行っているドイツ最大の組み立て工場である。

Senior VPで日本のセールス担当のJean-Pierren Stainnack氏他からAirbus社の概要や戦略などを聞いた。過去はBoeing社とAirbus社の2社が民間航空機の製造を独占していたが、これからはこの2社に加え、ブラジル、カナダ、

中国、ロシアが100席以上の機体の市場に参入してくることが想定され、これら新興国への警戒感を示した。技術的な差別化を図ることが対抗策で、今までに導入した革新的な技術として、例えばA320でサイドスティック、フライバイワイヤの採用、A340で新型空力翼などがあるが、これらの延長として、次世代航空機にはOpen RotorあるいはAdvanced Turbofanの新型エンジン、新材料、新型コクピット、燃料電池などの新技術を採用することを戦略として示した。

A320の生産体制として、ここハンブルク工場は月産24機を担い、ツールズ工場が月産15機、中国が3機である。組み立てラインが同工場には2つあるがそのうちの1つを見学した。このラインでは月産10機を製造しているが、見学した工場と全く同じものが中国天津工場に設置されている。天津工場では、月産4機以上には生産レートを上げないという。理由は、中国の顧客が欧州で製造された完成機を希望するため、天津工場での生産レートを上げられない、とのこと。

A380組立てラインでは152号機が組み立て中であった。特筆すべきは、アルミ製の機体外板を骨組み構造に組み付ける際、リベットでなく、レーザー溶接を使い、生産性の向上を図っていた。日本では、まだまだ採用されていない技術という。

## (3) Lufthansa Technik社

Dr. Johannes Bussmann (人事、エンジン、VIPサービス担当Chief Executive) が工場概要を説明した。Hamburg空港に隣接して工場を構え、機体、エンジン、装備品の整備、修理、オーバーホールを行う工場であり、全世界に32の工場などを持ち、1万9千人を超える従業員で、2011年には41億ユーロ (約4,920億円) の売り上げがある。



機体整備、アビオなどの機器、エンジン、機体システム、VIP向け改修など6つのTotal Supportを提供しており、運用時間当たりの整備費を払うことで、各種整備、補用部品の確保、エンジニアリングサービスといったことが受けられるサービスを売り込んでいる。その結果、機体の技術的な支援TTS (Total Technical Support) では現在500機とその契約を結んでいる。Total Supportのみならず、単品部品などの修理も請け負っており、客室装備品の組み換え、塗装、部品補給と幅広い事業を展開している。親会社であるLufthansa社の仕事は45%のみで、残りは、社外の仕事を取り込んでいる。エンジン修理では自社仕事は30%と少ない。

修理方法を自社で開発することが多く、現在40のプログラムが大学などと共同で進んでいる。例えば、負傷した人のための専用の座席、子供用座席、機体内でのインターネットの適合性などが進行しているが、最近の開発例としてエンジンコア部の洗浄システムとして、60気圧70度Cの水を用いる方法を挙げた。この修理開発分野は、OEMと一緒に開発する場合もあるが、OEMに興味が無い場合、単独で行う。顧客のうち60%がロシアを含む欧州地域にある。

エンジンショップの見学を行った。年間200台をこなし、入荷から出荷までに要する日数は、エンジンの傷み具合にもよるが45～60日であるという。分解ラインと組み立てラインが左右にあり、CFM56、V2500といった主力機種を同じラインで流している。分解ラインの横には分解したモジュール置き場があり、検査やさらなる分解を行い、修理などは必要な設備を持っている別の建物、あるいは下請け企業に任せるといふ。

機首先端のレドームやエンジンカウルなど複合材製部品の修理工場を視察した。レドーム

の例では、損傷した部分を切り取り、新たな複合材を積層して貼り付け、熱成形後に完成品とする。こういった大掛かりな修理でも交換部品より安価だと説明があった。航空機の2次構造部材については自社の耐空性部門が、同社の新たな修理が可能であるか否かを判断できるという。一般的には航空機部品の修理改造には、OEM (Original Equipment Manufacture: 正規部品製造会社) の理解が必要だが、特例的に修理会社の判断で行えることもある。これは、同社の技術力が高いことのみならず、欧州航空当局(EASA)などと協調していることや米国(FAA)のDER (Designated Engineering Representative) などを活用しているためである。

#### (4) MTU Hanover社

1934年BMW Flugmotorenbau GmbH社が前身の民間・軍用エンジンメーカーで、後述のミュンヘンに本社があり、ここハノーバ工場はエンジン修理を中心にした工場である。ハノーバ工場社長Holger Sindemann氏から同社の概要説明を聞いた。2012年には33億ユーロ(約4,000億円)の売り上げがあり、全社で8,500名を雇用し、ドイツ国内に3ヵ所、海外にはポーランド、フランス、米国、カナダ、中国、マレーシア、サウジアラビア、ブラジルの9ヵ国に15工場を持っている。全社の分野別売り上げは、民間のエンジンが47%、防衛エンジンが14%、MROは39%を占めている。民間エンジンの製品では、PW社系エンジンの高圧圧縮機、低圧タービンなどが中心で、防衛エンジンではドイツ空軍向けのEJ200、RB199、J79などを製造している。

MROの分野に力を入れており、2002年に6億8,700万ユーロの売り上げが2012年には13億ユーロと10年で倍増している。Total Engine Careというブランドで統合したパッケージ

サービスを提供し、エアラインの中でもジェットブルー社、エアカナダ社、デルタ社などを顧客にしている。価格、性能、品質の3拍子揃った提供が事業の要という。ここハノーバ工場では年間550台のエンジンが搬入され、50日から70日で顧客に返送している。機種としては、GE90といった大型エンジンからV2500クラスの中型エンジンを扱っている。

修理ショップでは、翼と圧縮機ディスクとの接合面に潤滑剤が再コーティングされたり、高圧タービン動翼翼端部の摩耗した部分をレーザ溶接で肉盛した後、ミリングによる機械加工で形状修正する工程などを見た。このミリング機械は自動的に加工するようプログラミングされ、同社が開発したという。高圧タービンの遮熱に有効なコーティングを吹き付ける低真空プラズマ装置やイオン洗浄機器、熱処理炉なども保有していた。

#### (5) MTU Munchen社

ミュンヘン工場にはMTU社の本社が置かれており、同工場では、圧縮機および低圧タービンの要素研究、エンジン部品製造、エンジン組み立てなどを行っている。民間エンジンメンテナンス部門の社長Dr. Stephan Weisengartnerから全社概要などのほか、今後のエンジンの動向、たとえば、欧州の研究プログラムPF7からの資金提供を受けて研究した再熱型エンジン（Recuperative Engine Concept）などの話を聞いた。

最初に案内された工場で「Apprentice（養成工）」制度について説明があった。14、5歳の若者に1.5年の基礎訓練を行い、次の1.5年で職場実習をさせ、その後の認定で機械工になるか組立工になるかの評価を行うというもの。能力次第では、大学にも進学でき、大卒の資格も得られる。1年に30人程度を採用しており、地域からも雇用確保などの点から評

価されている。これら若年労働者は有給であり、政府などの支援は得ずに、すべて同社が支払っている。

圧縮機などで見られるブリスク（Bladed Disk：翼とディスクが一体となった部品）の機械加工を視察した。従来は、溝を切ったディスクに翼部品を組み付けることで圧縮機ロータを形成していたが、勘合部からの空気漏れのため性能低下がおきたり、部品点数が多すぎて製品価格が上がったりする問題が指摘されていた。そこで、勘合部を止め、翼とディスクを一体とした構造部品とすることを同社が初めて1997年に実用化した、という。やり方は2つあって、1つは翼部材を線形摩擦接合でディスクに接着した後、翼形状も含め機械加工するもの。もう1つは大きな塊から翼部、ディスク部をすべて機械加工で削るもので、翼形状が比較的小さいものに適用される。EJ200エンジンの場合、低圧圧縮機1段と2段は前者の加工法、低圧圧縮機3段と高圧圧縮機1から3段は後者の方法を採用している。軍用エンジンから適用を開始し、民間エンジンでも少しずつ採用される傾向にある。1段のロータの加工に55時間もかかるため、専用の6軸数値制御加工機を6台設置している。

最後にユーロファイタ向けEJ200エンジンと軍用輸送機A400M用TP400エンジンの組み立てを視察した。組立エリアは建物の3階にあり、EJ200は床に穴をあけ垂直方向に組み立てる方式を取っている。3軸ターボプロップのTP400では、MTU社は中間圧縮機と中間低圧タービンのモジュールを年間120台製造するとともに、その他モジュールをパートナーから受け、最終組み立ても行っている。

#### (6) Premium Aerotech社

ミュンヘンの西約60kmにAugustsburg市があるが、ここにある同社の第一工場を訪問し、

セールス&マーケットのVPであるDirk Prehn氏から概要説明を受けた。

ドイツ国内に5工場（視察先のAugusburg、Nordenham、Varel、Bremen、Hamburg）、ルーマニアに1工場、インドにエンジニアリング会社1つの合計7サイトを持ち、総従業員9,000名で、2012年の売り上げは14億3千万ユーロ（約1,760億円）である。主要事業は、民間および防衛向けに、金属や炭素繊維による機体構造部材の開発製造で、顧客は、Airbus社、Boeing社、BAE Systems社、Cassidian社、Eurofighter社、Panavia社である。機体構造における世界的Tier-1（1次下請け）のなかでは、Spirit社、Vought社、GKN社、Goodrich社に続き第5位（6%シェア）で、複合材製品に限定すればEADS社、Boeing社、GKN社に続き第4位（4%シェア）である。

戦闘機Eurofighter向けには中胴、空力ブレーキ、機械・電気部品を、輸送機A400M向けには後胴（胴体の約60%）、CFRP製の上部カーゴドア、各種配管を、Boeing 787向けには、後部圧力隔壁を、A320シリーズには、キールビーム、電気制御盤、後胴外板とその組立を、A330には、胴体外板、フラップ・トラック、床、胴体を、A380では、胴体外板、主翼内側前縁、フラップ・トラック、床を、A350では、胴体外板、胴体組立、圧力隔壁などを製造している。なお、A350向けの投資として、5万㎡の工場を新設し、21mの自動積層機2台、21x7mのオートクレーブ2台、非破壊検査装置、外板自動リベット装置などを導入している。

今後の戦略として、組立範囲を更に増やすことと多角化を上げた。前者は、Tier-1の会社とその責任範囲を増やし、組立範囲を広げることがサプライチェーンに対する要望としてエアバス社から出ていることを受けている。後者については、Airbus社にこだわらず、Boeing社との取引を増やし、Bombardier社、

Embraer社、Dassault社とも取引を始めたいと述べた。但し、中国やロシアとの取引は考えていない模様。

工場見学では、A350後胴の半割が製造される工程を見学した。前半の外板複合材の積層、反転し、ストリンガー挿入、炉による焼結までの工程は見れなかったが、後半工程で焼結治工具からの取り外し、形状修正、フレーム材の取り付け、外板・フレーム材への穴あけ、リベット打ちなどその後の一連の加工機械、工程を見ることが出来た。穴あけ加工やリベット打ちは自動化されており、ドイツのように賃金の高い国で生産を持するには生産の自動化が必須との説明があった。

#### (7) Eurocopter社

ミュンヘン北西部約200kmに位置するDonauworth市に同社の工場があり、プログラム担当のExecutive VPのDr.Wolfgang Schoder他から話を伺った。

KHI社とのEC-145（旧BK117）ヘリコプタの開発で35年以上が経過し、1,000機が販売できたこと、その後継EC-145 T2の新規開発が進んでいること、A380向けにMHI社がカーゴドアを同社を通して納入していること、一方、MRJでは同社が客室ドアの製造を行っていることから、今まで日本の航空宇宙企業とビジネスが深く、今後も日独の協力関係を強化したい、と同氏は抱負を述べた。同社は、3トンクラスのEC-135ヘリコプタ、4トンクラスのEC-145を製造しており、今後もこの双発中型機マーケットでの仕事を継続することを戦略としている。

民間ヘリコプタの組み立てラインは、2機種混合で16工程に分割し、それぞれが4日ごとに次の工程に機体を移すタクト制が採用され、組み立て開始から約70日で飛行試験などを行うフライトラインに送られていた。大き

くは、機体構造組立、電気ハーネス組み付け、エンジン・ギヤボックス組み付け、塗装の後フライトラインに移し、回転翼の組み付けならびに飛行試験へと繋がる。フライトラインには、漢字交じりの塗装が施され、顧客が中国と思えるVIP機仕様の完成機が置かれていた。

TigerとNH90の軍用ヘリコプタの組み立ては民間とは別建物になっており、民間のライン方式と異なり、組み立て開始から組立完了まで一カ所に機体を置くドック方式を採用していた。この理由は、生産レートが低いことに加え、専門性が高く、顧客ごと、機体ごとに細かく要求が異なることから、機体ごとに組立責任者を置いた方が品質管理の維持に向いている、との説明があった。Tiger構造部品は前胴がドイツ、中胴がフランス、後胴がスペインで製造され、最終組み立てはそれぞれの国で行われる。

最後に、Airbus社向け客・貨物ドア骨組みの製造工場を視察した。タクトタイムを3時間とし、5日後には出荷することで、年間4,300個のドアを出荷する。ドアの内側に取り付けられている多数の小骨部材はフレーム部にオートリベットで組み付けられ、その機械は24時間作動しているという。このショッポの出口には黒色の複合材製のドアが展示されていた。A350はドアの主構造材は金属から炭素繊維に替わり、当該工場がその製造に当たるといだが、その検査・品質監査などがネックになっている模様である。

#### 4. 所感

ドイツ企業の訪問先は時間の関係や移動ルートの関係から限られたものであったが、機体メーカー、エンジンメーカー、装備品会社、商社、団体などから参加された方は、それぞれの立場でドイツにおける新たな発見や知見

を得たり、また、今後のビジネス展開をするうえでネットワークキングを作ることが出来たと思えた。

MROについてみれば、Lufthansa Technik社が行う機体やエンジン・装備品のMROは、55%が親会社のLufthansa航空以外の外売りで、エンジンだけでみると70%が外売りの仕事という。エンジンメーカーのMTU社の売り上げのうち4割はMROビジネスで、大きな事業の柱になっていることが判る。「顧客の目線に立って、部品交換より修理をすることで、顧客の整備費を安くする」、といったポリシーが感じられた。売り上げの6割はロシアも含む欧州の顧客から、と言っており、大きな市場を近くに持っていることも、有利なビジネス展開ができる要因であろう。また、新たな修理開発は自社の技術力だけでなく、一般的にはOEMとの協議や承認が必要だ。ドイツ企業ははっきり説明しないが、欧州の航空当局との連携や米国FAAのDERの活用も行っているようである。今後日本がMROビジネスに重心を移すようであれば、当局との連携を交えた戦略が必要であろう。

航空機部品の生産システムについて、ドイツは自動化が進んでいる印象を受けた。いわゆる高賃金国として米国や新興国と競争をする中で、自動化による省力化・高精度化・高品質化は地場産業を維持するものとして必須であろう、と再認識した。アルミ部材の接合にレーザ溶接を導入すること、5軸加工機によるブリスクの一体削り出し、複合材同士の場合に自動穴あけや自動リベット機械を導入することで、現場の作業者が少なくても加工できるシステムが出来つつあった。こういった複雑な機械・装置の維持のためにスキルのある作業者を確保することも必要だが、差別化を維持するには、次の加工法に向けた新たな取り組みが必要で、革新的な生産方式の構



築できる作業員・技術者を育成することも必要であろう。

日本では既に忘れられた「養成工制度」がドイツではまだ生きていた。高度成長期などに、多くの日本の企業は中学卒業後の生徒を社員として雇用し、教育と実作業を併用させて優秀な技能工を育てた時期があった。現在

は、日本全体が高学歴社会に移り、教育機関が技能を教えることを担って、企業は即戦力の卒業生を採用することが多くなっている。日本では就職する中学卒業生を確保することは現実的でないが、日本の国情に合った技能者の育成は考えるべきことであろう。

〔(一社)日本航空宇宙工業会 国際部 板原 寛治〕