

2019  
おもろ  
チャレンジ

## 国産旅客機の開発現場から、 最前線の技術研究への足掛かりを掴む

工学部 2年

田仲 雄一

アメリカ合衆国

2019年9月10日-

2019年9月29日



### 渡航概要と内容

今回、私が訪れたシアトルという都市は、シリコンバレーに並ぶアメリカで経済成長率1位のIT産業の中心地で、誰もが知っているスターバックスや、ボーイング、マイクロソフト、アマゾン、コストコなど世界へ羽ばたく企業が育っていったが、もともとシアトルの経済発展の基盤を築いたのは、ボーイングを中核とした航空機産業だった。

後述するように、私は小学生の頃から、航空関連企業のボランティアの方々からレゴロボットや紙飛行機を習っていたので、「おもろチャレンジ」の渡航先としては、航空機産業が集積しているシアトルを迷わず選んだ。

航空機関連の企業やNPO、博物館を訪ねて、随所に感じられたのは、最先端の自動化や電動化の試みの他、持続可能な社会の実現のための直接的、間接的な試み(地球温暖化対策としての脱化石燃料、CO2削減など)だ。折しも、在米中にはスウェーデンの高校生、グreta・トゥーンベリさんがヨットでアメリカを訪れるという出来事もあった。

訪米中にもう一つ、印象に残っているのは、途方もなく裾野の広い航空産業を形成している大小さまざまな企業や団体の連携の在り方だ。日本企業(三菱重工)が50年ぶりの国産旅客機を製造するにあたって、このような気の遠くなるような連携を構成していく様子を、大きな感慨を持って見学することができた。

当初の私の「おもろチャレンジ」の計画では、二本の柱があり、メインはシアトル近郊のモーゼスレイクにおける国産旅客機誕生直前の現場・・・**Mitsubishi SpaceJet**の飛行試験場見学であり、二本目の柱は、**NPO 法人 Mach B&F<sup>1</sup>**のもとで習得した技術(LEGOロボットと紙飛行機)を、ワークショップという形で、シアトルの航空博物館で実施するというものだった。

ところが、お世話になっていた航空博物館の館長が変わり、シアトルの博物館へ橋渡しをして

頂くという話が消滅してしまった。行政職員が大勢を占める日本の公立博物館では、経験や実績の積み重ねが困難であるという状況を目の当たりにした。

夏休み前にこのような事態が判明し、「おもろチャレンジ」は9月に始める予定だったので、そこから大慌てで各方面へのオファーとその調整を行った。幸運にも Mach B&F の理事で航空業界の重要なポストにある方が紹介してくださり、Nabtesco と双日のアメリカ支部という訪問先が決まった。その他、SNS をフルに活用し、現地の日本人留学生団体 Seattle CROSSEA を通じて、AZP 代表兼パイロットの前田氏をご紹介して頂いた。ご親切な方々のおかげで、ワークショップはなくなったが、代わりにシアトルで活躍している航空分野のエネルギッシュな方々との出会いが生まれ、航空分野の素人と言ってよい自分にはまさに「百聞は一見に如かず」の刺激的な体験となった。

### 訪問先リスト

日程	訪問先	業務内容
9/13	Nabtesco Aerospace,Inc	アクチュエーター、高電圧配電装置 製作、修理
9/14,15	The Museum of Flight	世界最大の航空系博物館の1つ
9/16	双日 Sojitz Corporation of America	航空インフラに強い総合商社。
9/17	AZP (エアロジパングプロジェクト) -NPO	航空を通じて人々に希望を与えるボランティア団体
9/19	Boeing エバレット工場	ボーイング の工場
9/23~27	Moses Lake Flight Test Center	Mitsubishi SpaceJet の試験場

<sup>1</sup> **NPO 法人 Mach B&F**: 航空業界のプロの方からなる NPO 法人で、私は小学校時代から 10 年以上レゴロボットと紙飛行機教室でお世話になった。現在はボランティアスタッフとして、活動のお手伝いをしている。各種センサーを搭載した自動制御ロボットは、航空機のセンサーを理解する一助となる。

### Nabtesco Aerospace,Inc

9月13日に、シアトル郊外の **Nabtesco Aerospace,Inc** を訪れた。まず、オフィスに総務部ディレクターの池田淳氏とエンジニアリング部門の朝田悟始氏と Robert Cughan 氏が迎え入れて下さり、お話を伺った。

ナブテスコは、戦前から航空機部品や鉄道車両用ブレーキを開発、製造してきた老舗企業であり、欧米やアジアにグループ会社としての生産、販売拠点がある。

私が見学させて頂いた Nabtesco Aerospace,Inc では、世界の主要航空機メーカーに操縦システムや装備品（**アクチュエーター<sup>2</sup>、高電圧配電装置**）を提供し、修理などアフターサービスを

行う工場が稼働していた。日本の岐阜工場との連携により、時差を活用して、1日中作業を前進させることができる、ということだ。国産機では約100%のシェアを確立している（**Mitsubishi SpaceJet のサプライヤーでもある**）が、ボーイング社へ製品をスムーズに納めるためにシアトルに工場を置く意味があるそうだ。ボーイングのB777では最新のフライ・パイ・ワイヤー方式<sup>3</sup>に挑むなど、その実績が認められて三度にわたって「**ボーイング・サプライヤー・オブザイヤー**」に選出されている。

だが、ただボーイングの注文に応えるだけでなく、先端的な技術を先読みして開発しているそうだ。東京で開かれた子供向けの「かんきょう一日学校」では、「操縦装置を油圧式から電気式に変えることで将来的に機体の軽量化による省エネを目指している」ことが紹介されていたが、さらにその先をいった「磁場で変形する形状記憶合金」を使ったアクチュエーターをワシントン大学との共同研究で技術開発していたそうだ（於ワシントン大学工学部内の研究センター）。

エコ活動としては、岐阜工場で地熱を空調に利用していることが挙げられる。

工場では、実際に作業する現場を案内して頂いた。様々な工程の中で特に印象に残ったのは、**高電圧配電装置**を冷却するシステムで、エアダクトを用いて冷氣（上空）で冷やす機構だ。飛行機はジェット燃料を燃やしながら推進していくという外見からのイメージが大きかったが、機内にも発熱要因を抱えていて、その発熱抑制が重要な課題になっているということを感じた。素人の学部学生に過ぎない私のために貴重な時間を割いて頂いて恐縮している。

<sup>3</sup>アクチュエーター：飛行姿勢を制御するために主翼、水平尾翼、垂直尾翼に取り付けられた舵（可動翼）を動作させる制御装置

<sup>3</sup>フライ・パイ・ワイヤー方式：操縦装置からの入力を電気的な信号で油圧装置に伝えるという方式



Nabtesco



双日  
(コロンビアセンター内)



amazon go

## 双日 Sojitz Corporation of America

双日は、日本の7大商社の一つでインフラに強みがあり、今回訪れたシアトル支部では航空機産業に力を入れていた。

オフィスは、シアトルの中心地にあるコロンビア・センターという高層ビルの中にあった。そのオフィスで、航空部門の Commercial Aircraft Industry のディレクター、山崎和隆氏にお話を聞

くことができた。

無数のメーカーやエアライン、流通機構からなる航空産業界全体の話、商社としてのお立場からお伺いすることが出来て得難い経験となった。

シアトル支部では、主にボーイングの新型航空機の情報を航空会社へ提供したり、販売の仲介を行ったりする。さらに格安航空会社への航空機の貸出、そして、**パーツアウト事業**<sup>4</sup>なども行っている。

航空業界の裏話的な事項まで聞くことができた。特に気になったのは、航空機自体の販売以上に、修理などの航空部品の交換などが収益につながるということだ。例えば、退役した飛行機の中で使える部品があれば廃機を双日が買い取って、部品のみを売るということである。

そのほかに、格安航空会社への航空機リース事業がある。格安航空会社の中には集客のために常に最新の機体を使っているところもあり、そのような会社は、航空機は買わずに双日のような商社が持っている航空機を借りるのだ。また、各総合商社には特定の航空メーカーと組むというようなところがあり、双日はすでに組んでいる航空メーカーがあるため、経験がありながら三菱の航空機の開発には同じ日本の会社でも協力関係はないそうだ。

次世代の航空産業で主流となりそうなものへのアンテナも常に張っていて、例えばエアタクシー、電動飛行機、超音速機、宇宙ゴミ処理、小型衛星などの調査も行っている。

各航空機メーカーの現状の話も聞くことができた。例えば、日本の航空機関連の会社は各会社同士の連携が少ないのに対し、海外では積極的に合併等があるため、巨大企業として大きなビジネスを行うことができている。もちろん日産の事件のようなことが起こり得る可能性もあるので、合併が必ずしも良いことでないのは間違いないのだが・・・。

素人の私見だが、国内の会社で、例えばボーイングに胴体など重要な部品を提供している力ある企業が多数あるのに、国産旅客機開発に連携出来ないのは残念な気がする。自動車業界では、次世代の電気自動車や自動運転の技術開発目的で提携、あるいは合併を行っているというニュースを、新聞報道でよく目にする。

しかし、約50年前の国産旅客機 **YS11**<sup>5</sup>は、官民共同の特殊法人として民間から航空機メーカー6社が参加して誕生させたにもかかわらず、「競争を嫌う日本的な慣習から各社から人員を出して共同開発」した結果、「お互いをけん制し合ってタイムリーな決定を逃してしまう」<sup>6</sup>という局面があったらしい。

航空産業の巨大さ、複雑さを実感させて頂いて、また違う視点から航空機を考える機会を与えて頂いたことに感謝いたします。そして在米で活躍されている2社を紹介して下さった MACH の 榊氏に篤く御礼申し上げます。

<sup>4</sup> **パーツアウト事業**：退役航空機の機体を解体し、その各部品を在庫管理し、世界中のユーザー(整備会社、リース会社、航空会社等)へ販売するもの

<sup>5</sup> 日本が敗戦国であったため航空活動を禁じられた空白期を乗り越えて開発、製造、輸出もされたが、スペアパーツの補充など運航後の技術サポート網の不備で赤字を出したのち、製造中止となった。

<sup>6</sup> 「三菱航空機 MRJ」109頁 イカロス出版、2016年<エアライン>2月号別冊

## The Museum of Flight 航空博物館

世界最大の航空博物館の一つで、**Great Gallery**には、ダ・ヴィンチの再現飛行機モデルからブラックバード(戦略的偵察機)まで50余りの飛行機が展示されており、さらにアポロに至るまでのロケットの発展を示す展示物がみられた。その他、**第一次及び第二次世界大戦の戦闘機の各展示室**、そして**Space Gallery**ではスペースシャトルの体験室、また、コンコルドやボーイングジェットなど19機が展示されている**野外スペース**等々、とても一日でまわれるスケールではなかった。

恒常的な**常設展**だけではなく、日本の博物館との差異を感じたのは、**企画展**である。見学した週には、「エンジンの歴史120年展**This Way Up**」(GE Aviation ゼネラル・エレクトロクス航空提供)が開催されており、ライト兄弟から現代のジェット・エンジンまでの様々な時代、種類の本物のエンジンを展示し、またその仕組みを子供でも分かるように解説した説明モデルがあった。

一方、別室には小型飛行機が置いてあり、子供向けワークショップでは、詳しい解説とともに各部位を実際に触って体感させるということだ。さらにレベル別講座に分かれていて、レベルごとに専門性がアップする。ワークショップつながりで言うと、本格的なフライトシュミレーターが約10台ばかり設置されたコーナーがあり、3週間に渡って専門家(パイロット資格)の講習を受講することが出来る。日本のゲーム感覚のようなシュミレーターしか知らない自分は、数日後モーゼスレイクで操作させて頂いた国土交通省航空局認定のパイロット訓練シュミレーターほどではないが、高い品質のものを見て驚いた。ここでは、「**本物を体験させる**」ということが重要視されており、多数の専門の学芸員や、さらにボーイングなど民間企業や個人からの寄付が大きな役割を果たしているということだ。

展示だけではなく、航空関係の専門家を招いたイベントにも遭遇した。

それは、**ブラックバード(戦略的偵察機)**(運航は1964-1999)(飛行機自体は常設)(写真参照)の退役パイロット、技師のパネルディスカッションである。印象的だったのは、壇上にいた彼らが降りてきて観客とフリーカンバセーションをしたことだ。

私が個人的に話をしたのは、1980-1986年に実際に乗っていたパイロットの方だ。今日の戦闘機はハイテクの塊であり、自動制御に追うところが大きいですが、当時はアナログ制御でマッハ1を超えるスピードを出していたので、安定性が劣り、多くの同僚が亡くなったとおっしゃっていた。上昇時、旋回時などすごいGがパイロットにかかるので、昔は宇宙服のような服を着て飛行機に乗り、またその訓練も特殊だったそう。伺った話では、ソニックブームについては、マッハ1を超えるため発生はしているものの、コックピット内では聞こえないとのことだ。机上の学問では得られない具体的な印象を、直接講演者と会話することが出来ることによって持つことができた。

このシアトルの博物館は、**The Museum of Flight is the largest educational nonprofit air and space museum in the world**とあるように、教育目的のものである。館内には、科学の実験教室(直接航空関係ではないものも含む)、ロボット教室(レベル別)、シュミレーター体験室等があり、館外活動も活発でキャンプ、学校訪問型がある。女子学生に特化したプログラムも印象的だった。最後に、多彩な教育プログラムの中で、自分が約10年間参加していたLEGOロボット教室に関心があるので館員に話を聞いてみた。

教育チームは博物館の直接雇用で、様々な講習を行っている。ロボット教育は、日本では直接航空に関係していないと思われがちだが、アメリカでは航空機の制御システムやセンサーの利用などの視点から、非常に重要だととらえられている。さらに、月面探査機や火星探査機の簡略化したモデルではないか、と言われた。私は、日本では博物館に場所を借りて活動している NPO 法人のコーチ（航空の専門家集団）からロボットを習っていた。年に一度競技会があり、毎年、世界大会を目指してチーム仲間とコーチとともに頑張ったものである。結局約 10 年弱関わったので、互いに親しくなり、今回の身の丈に合わない贅沢な体験、すなわちモーゼスレイク訪問はその賜物である。最近では微力ながらボランティアスタッフとして活動の手伝いをするようになったが、ここで言いたいのは、確かに見学したシアトルの博物館の講座は大規模かつシステムティックで素晴らしいが、日本の NPO の家族的と言ってしまうような在り方もまた良いのではないかと、ということだ。しかし、これは活動拠点の博物館の協力がなければ出来ないことで、公立ならば行政側の決めたトップ、企業ならば経営者の意向に左右される。日本ではまだ航空産業は根付いていないからこそ、博物館と、数多い NPO との連携が必要であると痛感している。博物館同士の連携もまた然りだ。

この「連携」の大切さを次の訪問先、AZP 代表の前田氏のところでも、学ぶことが出来た。



航空博物館(中央下にブラックバード)



前田氏の飛行機ルーシー



AZP 前田氏  
Facebook より

## AZP (エアロ・ジパングジャパン・プロジェクト) -NPO

現地の日本人留学生団体 Seattle CROSSEA のご紹介で、SNS で連絡をとって出会うことが出来たのは、エネルギッシュな日本生まれのパイロット前田伸二氏（現在、アメリカ国籍）だ。面会場所は、ボーイングエバレット工場のあるペインフィールドで、彼の愛機である小型飛行機の格納庫だった。来年、前田氏はこの 1963 年製ボナンザ（小型のプロペラ機でコックピットに入らせて頂いた）で、世界一周を目指している。

彼は学生時代に事故で片目の視力を失い、日本ではパイロットへの夢を絶たれて、生きる希望をも失いそうだったが、渡米することで夢をかなえることができた。慎重なことは大切だが、日本では「普通と違うことはあきらめろ」という雰囲気があるのはどうか、と考えているようだ。日本の比較的縛りの多い環境を経験した自分にはズシンと来るものがあった。障害を負い、日本社会から疎外されたと感じていた前田氏だが、アメリカで固定観念が払しょくされるという経験

を経て、青少年や、障害者及びその家族に「生きる希望、強さ、そして喜び」を呼び覚まそうと、NPO、AZP を設立した。"Freedom to fly" というのが、彼の飛行のモチベーションの一つである。

「飛行体験」や「講演活動」を通じて、「他人に自分の可能性を決めさせない」ということを伝え、その結果、皆が「もしかしたら、自分にも出来るかもしれない」と表情を変えて帰っていく姿を見ると、ご自分の存在意義を感じるようだ。

そろそろアメリカ人旅の疲れが出てきた自分も、元気をもらうことができた。また気が付くと、日本での自分の心配事を一時間の面会時間の半分ぐらいの時間を費やして話していた。今夏も、航空宇宙関連のエンジニアを目指す学生を始めとして、次々に訪れる訪問客に『来て、見て、触って』という体験を提供していた。

2020年、世界一周プロジェクト、アースラウンダーの前哨戦となる「エンジン及びプロペラの改修作業」がすでに始まっており、整備改修のサポートのみならず、「挑戦に対するサポート」が寛大なアメリカ人による経済的支援も集まり始めている。在シアトルのみならず、日本の企業や学校への活発な講演活動を通じて日本の団体からの協賛も、集まり始めているようだ。自分のテリトリーにこもりがちな日本人の在り方を体験することが多かった自分だが、狭い殻を破って、広く「連携」することへの前田氏のエネルギーに感銘を覚えた。私との面会の後、翌日からの愛機での久しぶりの飛行のための健康診断へと駆け参じた前田氏、貴重な時間を割いて頂いて感謝です。そして来年、16か国で給油しつつ、講演活動をしながらか世界を周り、おそらく日本へは7月に訪日するとのこと。成功をお祈りします。

## Boeing エバレット工場

シアトルのダウンタウンから北にバスで一時間半のリンウッドに宿泊して、そこから北方向にあるエバレットという海沿いの中規模都市にあるボーイングの工場見学に出かけた。

まず、世界最大の容積を誇る建物の大きさ（床面積は40万㎡：約12万坪）に圧倒された。747、777、787といった主力機を製造しているが、建物があまりに大きいので、建物内でもバス移動した。

ボーイングエバレット工場では、一般向けに基本毎日工場のツアーを行っているのですが、私もそれに参加した。日本語の解説を聞きながら、飛行機の組立ラインを見学できるツアーもあるが、せっかくなので英語の90分のツアーに参加したが、リスニングにはほとんど苦労した。

777型機には約300万点、ボーイングが製造する最大の747-8型機には約600万点の部品が使われている。けれども、ボーイングのサプライヤー網は日本を含め、世界規模に広がっているため、ブレーキや胴体パネル等々、航空機の最も高価な部品であるエンジンもゼネラル・エレクトロクス、プラット&ホイットニー、ロールス・ロイスなど各社によって生産されたものが運びこまれる（因みに、Mitsubishi SpaceJetはプラット&ホイットニー）。蛇足だが、部品の納入は夜間も行われるため、一日中工場が稼働していることになり、作業場の隣にはカフェテリアが置かれていた。この工場の壮大な光景を見て、戦後しばらく航空産業が禁止されていた日本で、サプライヤー網を構築して国産旅客機を製造する困難さを実感させられた。

ボーイング社も、常に順風満帆という訳ではない。私が見学した時は、運航停止になっている737MAXの製造（センサー異常による墜落事件が発生）も行われていた。では販売していないのならどこに置いているのかというと、一部はこの後訪ねるモーゼスレイクの飛行試験場に置いてあり、各国のエアラインのデザインをほどこされた航空機が100機近くあるのを見た。それらはモーゼスレイクまで飛ばしてきているようで、これからボーイングのエンジニアが整備のため数多くモーゼスレイク入りするとのこと。

飛行機は自動車よりもずっと安全だと言われているが、一度事故が起きると多くの人命が失われ、また、航空会社の信用も失墜することになる。最後に訪問した **Mitsubishi SpaceJet** の飛行試験場では、細心の注意を払って安全対策を行っている様子がひしひしと伝わってきた。

話は変わるが、ツアー中、ガイドが新しい航空機の説明をするたびに燃費が向上したことを強調しているのは印象に残った。ボーイングのみならず、航空業界も、持続可能な社会の実現のための努力が不可欠になっていると感じた。



MFCのオフィス



M90の2号機(右)と3号機(左)



研修生と Pilot の皆様と共に

## Moses Lake Flight Test Center

三菱重工による国産旅客機 **Mitsubishi SpaceJet** の「型式証明」（機体の安全性を国が証明する）取得の試験現場での、見学と研修に参加させて頂いた。東大の航空学科の修士の方と、サンフランシスコ州立大学出身の広報部でインターンシップをされている方とともに、以下のページに示す日程表に従って各施設を廻った。

フライトテストセンターは、ワシントン州モーゼスレイクのグラントカウンティ国際空港に設置されており、シアトルの中心部からは高速道路で5時間かかる。年間を通じて晴天率が90%という環境の中で、飛行試験が実施されている（といっても冬の厳しさは予想外といえた。けれども民間飛行機が来ないのでテスト飛行をする時間がとれる）。

2015年11月11日、私が高校生だったとき、前記MACHのLEGOロボット・コーチとしてお世話になっていた安村操縦士が、県営名古屋空港の空から太平洋上空をファーストフライトした様子を、テレビ・ニュースで見た。国産旅客機が53年ぶりに飛行した瞬間だった。その後、2016年に試験飛行機五機のうち、四機が順次、航空機産業の集積地であるワシントン州のモーゼスレ

イクへ飛び立った。安村操縦士の操縦する第一機が、千歳空港、カムチャッカ上空を経て無事 9月 28 日に到着したニュースも鮮明に覚えている。

M90 (90 席のスペースジェット/ 地域間の中距離輸送を担う飛行機で航続距離は約 3400km) 五機のうち、名古屋での地上試験用に一機を残し、残りの四機がアメリカで耐空証明を行っているが、効率的に試験をすすめるために、各機異なる試験内容 (飛行領域拡大、システム試験、騒音・耐寒、耐熱、防水試験、インテリア試験他・・・) を担わせている。さらに、エンジニア、パイロット、マネジメント担当等が昼夜のシフト制を敷くことによって、フライトテストセンターが常に活動している状況になっている。

## 施設見学の日程

日付	時間	Department (部署)
9/23	9:00-12:00	フライトテストセンターの概略説明と施設見学 (部署ではなく、研修にあたってのガイダンス)
	1:00-3:00	①SCM (Supply Chain Management) 部品の調達に関する部署
	3:00-4:30	②EFS(Engineering Flight Simulator パイロット用シュミレーターの最適化
9/24	8:30-10:00	<b>Mx(Mechanic)</b> 航空機のメンテナンスの実施
	10:00-12:00	<b>Liaison Engineer</b> 試験の結果を受け、問題点を整理。次に専門家のアドバイスを受けて、それを現場に還元
	1:00-3:00	<b>Mx(Manufacturing Engineer)</b> 改修による変化の確認、及び治工具の製作
	3:00-5:00	<b>QA(Quality Assurance)</b> 機体整備状況のモニター確認、及び購入したパーツ品質等の確認
9/25	All Day	③FOG(Flight Operation Group) パイロットと飛行試験の手順書等作成人員の 2 チームによる打ち合わせの実施
9/26	8:30-11:30	<b>Engineering</b> 飛行試験を技術面からサポート (技術的な指示を他の部署へ伝達する)
	11:00-12:00	④CMO(Certification Management Office) 型式証明担当: JCAB (国土交通省航空局)、FAA (連邦交通局) へ進捗状況や試験結果を報告
	1:00-2:30	<b>PMO(Project Management Office)</b> 飛行試験の長期的計画の管理
	2:30-3:30	<b>CS(Customer Support)</b> エアライン向けの整備手順の作成

	3:30-5:00	Simulator ②参照
9/27	8:30-10:30	⑤Instrumentation (計装) 試験装置の製作・管理
	10:30-12:00	⑥Safety 試験時期から販売後までの安全に関する業務の実施
	1:00-3:00	FTT(flight test team) 飛行試験の運行管理

## ①SCM (Supply Chain Management)

**Mitsubishi SpaceJet** は 100 万点を超えるような部品を必要としているため、サプライヤーが数多くあり、長大なスパンで「部品すべてがうまく機能し、性能を発揮するインテグレーション(統合) (三菱重工、事業部長の言葉)」を考えないといけない。さらにそこを経済面も含めて管理する必要がある、との説明を聞き、気の遠くなるようなサプライヤー網の規模の大きさ、複雑さに圧倒された。**Mitsubishi SpaceJet** では、ボーイング、エアバスなどと同様、部品の調達の世界中から最適のメーカーからなされるので、世界規模の「連携」が必要となる。国産の比率は 3 割程度である。その物流の流れを構築するための数々の **Supply Chain Management** のフローチャートを、担当の Berbel 氏は提示して下さったが、私はこのフライトテストセンターを訪れる前まではこの分野 **SCM** の重要性を理解していなかった。

「航空は裾野が広い」という言葉の重みを感じられたし、三菱重工が鉄道やロケットでの実績があるとはいえ、旅客機特有の様々な分野の絡み、各ネットワーク間の連携の構築に新たにチャレンジする大変さの片鱗を覗きみたような気がした。

また、**Boeing エバレット工場** での組立ライン(例えば 777 型機のムービングラインは毎分 4.6cm のゆっくりしたスピードで動く・・・)見学で感じたのは、意外にミリ単位以下の精密度を要求される手仕事に負っている部分も大きいのではないかということだ。それは以前、トヨタ産業技術記念館で見たロボットアームによってオートメーション化された光景と比較してのことだが。航空機は、組立現場だけでも膨大な人員が必要となる。

話の方向性は変わるが、部品の中で最も高価なものはエンジンである。**Mitsubishi SpaceJet** はエンジンのサプライヤーとしてプラット&ホイットニー社のものを採用している。このエンジンには GTF<sup>7</sup> (ギアドターボファン) という新方式が採用された。従来のエンジンに比べて離着時の騒音が低減し、燃費が向上しているようだ。**Mitsubishi SpaceJet** にとってプラット&ホイットニー社は、「燃費性能をよくする」<sup>8</sup>「環境にやさしい」というモットーを実現する最適なサプライヤーだったのだ。

<sup>7</sup>GTFは、ファンとタービンの間に減速ギア(歯車)を入れることで、タービンを高速で回しつつ、ファンを低速で回転させることを可能にした。以前は、ファンとタービンは同一回転数だったので、バイパス比を向上させようとしたら、ファンを大きくすることになる。しかし、効率が良いと言われるほど大きくすると、ファンの先端が高速回転し、強い抗力を受ける結果になってしまっていた。

<sup>8</sup>Mitsubishi SpaceJet の「燃費性能の向上」対策として現場で他に伺ったことは、機体の重量を軽くするための工夫だ。タイヤを収納したときに設けるカバーを取り除いた。というのも、カバーそのものに大きさがあるだけでなく、その機構にも大きさ、そして重量があるため、除去したほうが効率が良いそうだ。

## ②EFS(Engineering Flight Simulator)

この部署に、実際にパイロットが訓練用として用いているシュミレーターが設置してあり、私も使わせてもらった。せっかくの機会だということで、ただ単に飛ばすだけではなくエンジンを止めてみたときの動きの確認や、失速させよう試みた時に失速防止のシステム（航空機の事故対策ブザー、バイブレーション、ランプで警告され、自動制御で正常の体勢に戻るのを体感）が稼働するかなど、貴重な経験をすることができた。

自動制御の領域の体感というと、上空で飛行している際の「完全自動制御設定」だが、本当に勝手に操縦桿が動作してしてくれる。

自動制御に関連して、「操縦容易性の確保」というのも Mitsubishi SpaceJet の工夫が込められている項目なので説明したい。

例えば、パイロットは操縦桿を  $a^\circ$  回すと  $ka^\circ$  航空機は旋回させたいとする。(kは定数)。しかし、航空機の形状が異なるため、全ての航空機で上の理想状態になることはない。そのため、パイロットは新しい航空機を操縦する際、その度に新機に慣れる必要があった。そこで、操縦桿とアクチュエータ（ラダー等を動かすもの）をコンピューターを介して繋げることによって、コンピューターが上記の関係を満たすよう航空機が動くシステムにしたのだ。

## ③FOG(Flight Operation Group)

パイロットと飛行試験の手順書等作成人員の2チームによる、飛行前と飛行後のミーティングに参加させていただく機会を得た。④CMO(Certification Management Office) 型式証明担当官（: JCAB（国土交通省航空局）、FAA（連邦交通局）と直接交渉する部署）の要求する項目の基準（安全性を確実にするため、試験は極限状態の条件で行われるので、合格基準は厳しい）を満たすため、パイロットと手順書作成チームが厳しいやりとりするのを生で見ると、開発現場の緊迫した様子を感じることができた。自分のロボット体験を持ち出すのは恐れ多いが、ある箇所を修正すれば別の個所に影響するなど、負の連鎖的なことに陥る危険性もあることが、何となくではあるが想像できた。

離着陸がかかわる試験では、さらに厳しい様子だということで、あらためて、新機体を作ることの大変さがわかった。

一日かけた見学工程では、格納庫にある機体も見ることが出来た。翼の一部の色を変えてあるものは、シカゴにある試験場へ飛ばして着氷実験をするもので、写真で見た別の機体で胴体を半分黒く塗ってあるものは、アリゾナでの耐熱実験用だ。

また機体の中も見学したが、中にはウォーターバラストという機体のバランス状態を測る液体入りの水槽が幾つか置いてあった。Mitsubishi SpaceJet は、客室を広くするために（快適さの

追求) 通常は客室の下にある貨物室を機体後方に設置しているが、それが実現出来るか確認するためにもこのウォーターバラストが活用された。

## ⑤Safety

安全対策については、100%とは言いきれないが、10の-9乗分の1の確率までの対策を講じてある。例えばコンピューターシステムは3台積んであって、その内2台が機能しなくなっても大丈夫なようになっている。

**Safety** の部署は、飛行試験の安全管理、航空機の安全性の評価、航空機販売する際にその飛行機の安全に関する情報を提供できるよう準備するなど、直接安全に関することも行っているが、一番驚いたのは、責任の所在を明確化することである。日本の会社では何かトラブルがあったときに、うやむやにしたまま幕引きされることが多い。しかし、事前に「このようなことがあったら、この人が責任を取る」ということを決めておけば、購入者側も安心して航空機を買うことができるということだ。なお、アメリカの大学には航空機の Safety の専攻学科があるようで、フライトテストセンターでは、Safety 専門のアメリカ人学生のインターンから話を聞くことができた。

## 最後に・・・

日本の大学の航空学科においては直接機体に関わる設計や制御、航空力学的な研究等々が主体だという印象を持っていたが、フライトテストセンターでは、狭い意味の技術面に限らない広い分野で航空産業を支える分野のスタッフ (Supply Chain Manager や、Safety のスタッフ他) に出会い、説明を聞くことによって、航空産業の網の目のような「連携」の構築と、裾野の拡がりに圧倒された。

また、Nabtesco や双日など、在米の航空関連会社にとってサプライヤーとなる日本企業の支社の発展、さらに、ブラジルの航空機メーカーであるエンブラエル社内の日系人の活躍を聞くにつけても、アメリカをはじめ外国の航空機メーカーの飛躍の一端を担っている日本人が大勢いるのだと今さらながら気づかされた。

一方、化学を専攻している自分に対して、現場の方々が言われたのは、航空機について設計に関してはなかなか進歩する領域が少ないのに対し、材料や電化するなど化学の領域で進歩する領域がまだ数多く残っており、現在はその部分で航空機メーカーは勝負をしているということだ。化学を学んでいる者として、日本の航空産業の一端に関わりたいという思いを持った。

また、地球温暖化という課題に直面しているこの時代に、どの航空機メーカーも、CO2 削減ということを新機種の「売り」にしていることも強く印象に残ったので、この課題についても考えを深めていきたいと思った。

50年間も途絶えていた国産旅客機を再興するには、世界的なサプライヤー網を築きながら、機体を極限状態において安全性を確立するための「型式証明」を所得する、という困難な課題を克服する必要がある。そんな中であって、飛行機との通信作業に従事するアメリカ人スタッフは、

トラブルには直面するが、「困難な壁が高いほどエキサイティングだ」とおっしゃったので、そのポジティブな思考に驚いた。そういえば、障害という困難を乗り越えて世界一周を目指す前田氏も、エネルギーの塊だった。

センター長の岩佐氏は、「私たちはSpaceJetの開発で楽しいこと、うれしいこと、厳しいこと、日々様々な経験を積み重ねていますが、全てはこの産業を皆さんの世代につなぐためであると思っていますし・・・中略・・・MFCでの経験が少しでもお役に立てればと思います」とおっしゃってくださいましたが、その言葉をありがたく、また重く受け止めた。



シアトルからモーゼスレイク（人口約2万人）へ向かう途中の高速道路（冬は-20℃にもなり、道路が凍るので約170キロ離れたスポーケン空港からの飛行機を使うしかない）。大きなショッピングセンターもなく、静かだが予想以上に不便な環境の中で、試験飛行に励む。

## 渡航を通じて感じたこと・学んだこと

### シアトルという都市

20世紀始めにボーイング氏によって設立された航空機メーカーを中心として、シアトルは航空機産業の集積地となっていったので、小学生の頃から興味があった航空関連の施設を、一挙にまわるのに好都合だった。訪問先は企業やNPO、博物館やフライトテストセンターなど、多岐にわたっていたので、航空機という巨大なシステムの全容とはとても言えないが、多様な顔を覗き見る・・・というか体感することが出来た。

シアトルは人口約74万人(2018)の都市だが、飛行機の工場や博物館、フライトテストセンターのある「郊外」は、日本でいう「郊外」というイメージをはるかに超えて広範囲に広がっていたので、訪れる「足」を確保するのが大変だった。私は鉄道好き、ひいては時刻表好きでもあるので、Nabtescoの工場やボーイング工場へと、時には一時間以上もかかるバスの時刻表を精査するのはさほど苦にはならなかった。が、訪問先からレンタカーで来てくれませんか、と言われることもしばしばあって、アメリカが車社会であり、また広大なので、飛行機が重用されるということが身に染みてわかった（私はそもそも免許がないが、交通不便なアメリカの郊外へレンタカーで行かれる方は国際免許証が必要だし、そもそもアメリカ特有の交通規則に通じていないと危ないということも現地邦人の方に言われた）。

三菱航空機株式会社が、約50年ぶりの国産旅客機製造にあたって、アメリカの市場を念頭に置

いた近距離旅客機開発（90 席のものとは 70 席のもの）に乗り出した理由に合点がいく。

高度経済成長期には、飛行機は「速さ」を追求していたようなイメージがあるが、地球温暖化による深刻な気候変動に世界が直面して、今や飛行機は CO2 を排出するマイナスイメージが多少つきまとうようになってきた。私は直接遭遇しなかったが、在米中の 9 月 21 日には地球温暖化対策を訴えるデモがシアトル市内であったし、飛行機搭乗を拒否してヨットで渡米したグレタ・トゥーンベリさんが、同じような時期に国連で演説をしていた。

ボーイングのエバレット工場のガイドさんも、最新の 787 型機に関して燃費消費量削減、排出ガス量削減 20~25%カットについてさかんに強調していた。三菱スペースジェットも、燃費向上に関する工夫に取り組んでいることについては、10 頁で述べた。

シアトルでは、気候変動の影響の増大を背景に、20 年ほど前から、「サステイナブル・シアトル」という名称の NPO 法人（1991 年設立）が、市民と共に持続可能なまちづくりに取り組んでいる。17 年の夏は温暖化が加速し、カナダ史上最悪の大規模森林火災が発生して、北米・太平洋岸北西部一帯が濃い灰色のスモッグで覆われた。市民の環境問題に対する意識は高く、市内ではハイブリッド・バスの運行の実施や、リサイクル法整備の結果、例えばレジ袋税があり、マイバック持参によるゴミ削減を促す効果を上げている。私はたまたまマイバッグになるようなものを用意していったので買い物の際は困らなかった。

## シアトルと日系人

太平洋側のシアトルは日系人が多いことで有名なので、今回滞在するにあたって頼りになる親戚がいないか、父の叔父にあたる人を通じて調べてもらって、二人の遠い親戚にいきあたった。まるで「ファミリーヒストリー」のようで面白かった。カイロプラクティックの医院を経営されている方には、医院の快適な地下室に数日泊めて頂いてとても助かった。もう一人は祖父の従兄弟の次女に当たる方で、ワシントン州立大学で看護師資格をとり、現地で結婚されていた。その方のお父様の有田氏は、商品の包装（パッケージ）の権威でシアトルにも詳しく、AmazonGo のことなど渡米前に教えて頂いた。氏は、「プラスチックの機能を最大限活用しながら、環境負荷を最小にするための包装設計と、社会インフラの整備」、という有益な研究を行っている。

日本では、事故で片眼の視力を失ったため、パイロットの道を絶たれたが、アメリカで夢を叶えることができた前田氏については、6 頁に書いたが、前例のないことには慎重で、あきらめることの多い日本ではめったにない解放感や開拓精神を、氏の生き様に感じた。来年には小型機での世界一周を目指していらっしゃるが、中古の小型機の改修も、ミッションの資金集めもどんなに困難を伴うか、想像に難くない。これは、10 月に世界周回中に名古屋に飛来した第二次世界大戦中の小型機のイギリス人パイロットの話だが、レストアの際、約 8 万本もあるリベットを念入り

にチェックしたとか、北極圏の氷山越えのスリリングな体験談からも、そのハードルの高さが推測できる。彼らの場合は、スイスの高級時計ブランドがパトロンであったが、前田氏の場合、NPO法人を立ち上げて、障害者や青少年に希望を与えるための講演活動を行いながら、日米の個人、会社からの支援を募っている。日本に飛来されるのが楽しみだ。

シアトルでは、車椅子の人々が街なかで自由に外出する光景が印象的だった。バスの乗降の際も、ボタン一つで自動でスロープが出し入れされ、気楽に公共バスが利用できるようになっていいる。航空博物館でも、ガイドが慣れた様子で障害者と接していた。日本よりもずっと障害のある方の人権が保障されていると感じた。

## 国境や守備範囲を超えた連携について

2016年に、三菱スペースジェットが、モーゼスレイクへ旅立つニュースを見たときは、「型式証明」（機体の安全性を国が証明する）が、こんなに厳しいものだとは想像していなかった。

例えば荷重試験一つとっても、通常の商業運航ではまず発生しない「限界荷重」といわれる荷重のさらに1.5倍の荷重を翼や胴体にかけて、国土交通省やFAAの関係者らが制御室で見守るのである。チーフテストパイロットである安村操縦士は戦闘機パイロットの出身で、高速でのダイブ（急降下）などアクロバティックな動きも試すそうだ。

737MAXで墜落事故を起こしたボーイング社は、過去にはFAAと共同で耐空証明を発行していたが、今後はFAAのみが耐空証明を発行すると発表された。ボーイングのような「老舗」でも、過去の実績にあぐらをかいているととんでもないことになる。下の写真は、対米中、モーゼスレイクへ検査と改修のため飛来した事故と同型機だ。一度、国土交通省の方と話す機会があったが、彼らも厳しく検査をするある種の嫌われ役かもしれないが、三菱のスタッフと同様、国産旅客機の安全性と信頼性を祈っているということだ。

50年前の戦後初の国産旅客機YS11は、赤字の末、製造中止になったが、その失敗の理由の一つとして、オール国産を目指したためという原因が挙げられる。部品の規格も国産なので、外国での修理の際、補充が困難となった。更に海外にサービス拠点がなくともマイナス要因だった。この失敗を繰り返さないため、今回は、ボーイングやヨーロ



検査と改修のため保管されている737MAX

ツパのエアバスのように、国際的な分業・協力体制を敷くようにした。

そういえば、フライトテストセンターの SCM サプライチェーンマネジメントの案内をして下さった方も、ブラジルのエンブラエル社出身であったし、テストパイロット・チームも、22名の内、3分の2は外国人パイロットで、打ち合わせも英語で行われていた。

航空産業における国境を超えた「連携」について述べたが、日本の航空関連の博物館についても同じテーマで考えてみた。自分の見聞した経験からすると、確かに、個々の展示品や教育活動はアメリカの圧倒的な航空博物館に比べて見劣りするが、イベントや教育活動、展示企画において官民を超えて連携すれば良いのに、との思いを強くした。大阪での「科博コラボ・ミュージアム in 大阪(2018)」(大阪市立科学館&東京の国立博物館)のような催し、大阪市の大学と科学博物館とのコラボの宣伝を見たことがあるが、このような動きが航空分野の博物館でももっと広がってほしいと感じる。それに加えて、私が参加している MACH の他に、日本には紙飛行機他、様々な社会人による NPO 法人があるので、それらと一時的ではない建設的な連携があればと思う。

## 今回の経験をどのように今後生かしていくか

12 頁の「最後に・・・」という項目をご覧ください。

12 頁に加えて・・・

繰り返しになるが、センター長の岩佐氏の「私たちはスペースジェットの開発で楽しいこと、うれしいこと、厳しいこと、日々様々な経験を積み重ねていますが、全てはこの産業を皆さんの世代につなぐためであると思っています」という言葉を貴重な贈り物のように感じた。

今回の渡航全体では自分の人生だけではなく、次の世代のことを考えることがいかに大切なことかということがよくわかった。もちろん自分のために生きることは大切だが、社会の中で暮らしている以上、他者をいかに幸せにできたかが自分を幸せにするのではないだろうか。

モーゼスレイク滞在の最終日、テストセンターのスタッフの前で英語のショートスピーチをする機会があった。SpaceJet は「地域航空」の航路を念頭に置いているが、日本では鉄道路線(特に新幹線)と重なるため、鉄道好きの自分という視点から話してみた。ライバルである新幹線は、時間厳守、安全性が秀逸である。日本の教育機関では、航空の安全分野の専門研究・教



モーゼスレイクフライトテストセンターでお世話になった方々との一枚

育面の充実が途上なので、設計部門と並行、連携した安全管理、整備部門の拡充が急務とされる、という Safty スタッフの感想に、目を開かれる思いがした。例えば、自動操縦に近付けるためのフライバイワイヤーなど、人為的なミスを軽減するための日進月歩の技術革新にも、それ相応の安全対策を講じなければならないというわけだ。

鉄道をはるかに上回る量の CO2 を排出する航空機は、環境に優しくないと言われるなど、課題は多い。エコを意識している SpaceJet も、生き残ってゆくには、航空業界のみならず、様々な分野の専門家が協力する必要がある。化学を専攻する自分も、今や切実な問題となっているエコを意識した、技術開発の一端に関わりたいという思いを強くした。

私は、次世代のための教育プログラムの恩恵を 10 年にわたって受けていたが、日本はアメリカと比べると航空産業の蓄積が少なく、博物館のシステムも整っていないため、拠点とする施設の事情でその教育活動の灯が吹き消されるような危うさをも感じている。今回の貴重な経験を頂くのにつながった NPO 法人の MACH の方々に対して感謝の念を感じ、このような経験を次世代の青少年にも味わってもらうために、微力ながらも教育プログラムに参加し続けたいと思う。

## 本プログラムでの渡航を考えている学生へのアドバイス

私の場合は訪問先が多かったので日程調整が大変だったが、数か月前から訪問先の推薦者の方々との相談を始めていた。冒険的な性質のものではなく、訪問先へ失礼にならないように日時を守ることが重要だったので、交通機関や便利な宿泊先をあらかじめ詳しく調べていった。

宿泊先は、親戚にお世話になったり、見学先の宿舎を紹介して頂いた以外、Booking.com でユースホステルを探して泊まった。イスラム系の方々と同室になったときは、規律に従った真面目な人達で就寝時間も早くて助かった。

アメリカは不法移民に対して大変神経質なので、入国審査で「会社訪問」などと言うと厳しく追及されるのであくまで「観光」とだけ言った。フライトテストセンターの他の研修生で、「モーゼスレイクへ観光目的で行く」と言ったら、その街はおよそ観光地とは言い難いので厳しく追及されたが、得意な英語で乗り切ったということだ。私はカナダ経由で入ったので、アメリカの審査は簡単で済んだ。

私の「おもろチャレンジ」では、アメリカでミッションを担っていらっしゃる方々、会社を訪問して周ったので、その方々のお仕事内容を的確に伝えることが出来るか、心配だった。しかし、皆さまお忙しい中、私の報告書に目を通して頂いて、内容、技術的な語彙などご指摘、ご助言頂いて大変感謝している。これから本「チャレンジ」で訪問なさる方は、報告内容の確認お願い、修正を忘れずに行うことが大切だと思う。

仮に応募して落選したとしても、企画書を書き上げるまでに何か調べたり訪問したりする、と

いう作業自体にも大変意味があるので落選したら…などと考えずに挑戦してほしい。

## ■ 主な奨学金の使途

\*渡航費

\*食費、生活費

\*宿泊費

\*現地交通費、荷物等準備費

\*海外旅行保険 など