

ボーイング工場訪問記

納富 哲雄

A Boeing Factory Visit

By

Tetsuo NOTOMI

1. まえがき

2003年1月31日に米国ワシントン州シアトルのボーイング社エヴァレット工場を訪問し、航空会社の現地駐在所員とのディスカッションおよび工場見学を行った。本報告はそれで得た知見をまとめたものである。

まず、ボーイング社エヴァレット工場訪問までの経緯と工場の概要を記す。次に、航空機メーカーであるボーイング社と、特にワーキング・トゥゲザーとして参画するユーザーである航空会社との関係、多くの航空会社があるなかでどのように独自性を発揮されているかなどについて記す。更に、工場で見学した大型機組立ての様子について記述する。まとめとして今回の工場訪問で判明したことを列挙する。最後に、今回の工場訪問を終えて考えていることなどをあとがきに述べる。

2. エヴァレット工場

2-1. 訪問までの経緯

1月下旬、全日本空輸株式会社（以下ANAと略す）のカリフォルニア州ベーカーズフィールド乗員訓練所を視察するのを機に、シアトルまで足を延ばし、ボーイング社のワイド・ボディ機の組立て工場を見学することにした。アライアンスを組む航空会社を利用すると、旅費も大幅に追加する必要もない

（脚注）。今回はANAとユナイテッド航空を利用した。

シアトルは樺太と同じ北緯47度に位置し、人口56万人の都市である。冬季の気温は、航空大学校仙台分校の所在地である宮城県岩沼市（北緯38度）とそれほど変わらないことをインターネット情報で知った。しかし岩沼市よりよほど北に位置するので、念のためセーターを旅行鞆に追加した。幸いそれを着込むほどの冷え込みはなかった。ロサンゼルスーシアトルは飛行機で3時間弱である。ちなみに時刻表によると東京ー那覇は約2時間半を要するし、成田ーロサンゼルスーの所要時間は、成田ーシアトルより1時間以上長い。

ANAのボーイング駐在所とメールで連絡を取り、日程の調整やエヴァレット工場までの交通手段など問い合わせた。見学にあたっての留意点として、撮影は出来ないこと、相当距離歩くことになるのでカジュアルな服装が良いということであった。更にはシアトルのホテルについての情報も頂き、大いに助かった。

見学は週末金曜日の午前中ということで調整して頂いた。後から考えると、午前中に設定して良かった。というのは、旅程の終盤なのに時差調整がうまくいかず数時間しか眠れないため、午前中は何とか集中できるが、午後になると注意散漫、ほんやりし

てくる。従って午後の見学だったら、せっかくの説明もほとんど頭に残らなかったであろう。

注) ANAの正規の割引である「GET」を利用すると、成田ーロサンゼルスーシアトルー成田の航空運賃は、成田ーロサンゼルスの往復料金に9千円程度追加すればよかった。

2-2. 工場概要

ボーイング社は1916年ワシントン州シアトルのユニオン湖畔のボート小屋を改良したものがその歴史の始まりである。1966年にB747の機体設計と並行して工場用地の選定・建設も行われた。用地の選定では、航空産業の盛んなカリフォルニア州への進出や、シアトル南部の空軍基地隣接区域も考慮された。それらと違うシアトル北部の製材業の盛んな町エヴァレットが最終的にB747の組立て工場用地として選ばれたのは、ワシントン州スノホミッシュ郡空港(ペイン飛行場)の隣接地であることの他に、1) 地価と税金が比較的安いこと、2) 国道5号線沿いであること、3) 鉄道に近いこと、という利点で創業地と同じ州内のこの地に決定された。1) は初期投資と諸経費の軽減、2, 3) は組立て部材や部品の搬入の便を考慮したものである^(1, 2)。

ボーイング社エヴァレット工場は、シアトル市街の北方50キロメートル程に位置し、アメリカ西海岸を縦断しメキシコからカナダに至る国道5号線を用い、車で約30-40分程の時間を要する。シアトルのダウンタウンからエヴァレットへ向かう途中、左手海岸側にはスペースニードルが見える。それは高さ184メートルのタワーで、上部に円盤状の展望台があるシアトルの代表的な建造物である。更に北上すると右手にワシントン大学のキャンパスが現れる。5号線は片側4車線の快適な道路で、車が絶えることなく行き交っている。交通量の多さも日本の高速道路の比ではない。人口が日本の2倍強、国土面積

25.5倍のアメリカは、日本のようにきめ細かく公共交通機関を張り巡らすことは無理で非効率である。この国では乗用車なしにまともな生活を営むことはできない。

当初のB747組立て工場建物の床面積は約18万平方メートル、10階建て以上の高さに相当するものであった。更にこの工場にB767, 777用に暫時継ぎ足されて、1993年に現在の床面積約40万平方メートルになり、B747を6機、B767を5機、B777を8機同時に組立てる能力を持つ。B747-400の生産はピーク時の1998年夏には月産5機に達した⁽³⁻⁵⁾。ちなみに、東京ドームの建築面積は約4万7千平方メートルであるから、工場は東京ドームの約8.5倍である。工場敷地の周囲は8マイル(約13キロメートル)、工場自体の周囲は3キロメートル程度とのこと。全高19メートルを超えるB747を組立てるわけであるから、クレーン部分を考慮すると天井まで25メートル程度になろう。B747だけでなくB767, 777の組立ても行う工場は、その巨大さの故に全体を一望するには大きすぎる。世界一のスケールを持つ組立て工場である。

2-3. 現地駐在所とのディスカッション

9時半過ぎにエヴァレット工場に到着、ANA駐在員の河田氏(Assistant Manager)の出迎えを受ける。メールでいろいろ情報を送って頂いたが、初対面である。30代前半の働き盛りの気さくな好青年である。彼に導かれANAのブースに向かう。屋内も明るく広い。途中何人かと行き交ったが、日本人のようなネクタイにスーツではなく、カジュアルな服装である。女性もお揃いの制服ではない。主席駐在・諏訪部氏(General Manager)に自己紹介と訪問の挨拶をする。氏は40代後半とお見受けした。事前のメールによる打ち合わせ通りに、主にワーキング・トゥゲザーに関連する話を両氏に伺う時間を

設けて頂けた。内容をまとめると概略以下のようになる。

1) 設計のどの段階から、エアラインは参画するか?

B767以降からエアラインが参画するようになり、B777から本格化した。仕様段階のマーケティング、開発確定後の初期段階から参画する。購入3、4社がワーキング・トゥゲザーを行う。B777-300ERには2、3年前から関係している。長距離化に伴う強度の補充、クルー・レスト・ルーム、燃料容量など。ボーイング社はどちらかといえば生産性を重視した設計になりがちだが、エアラインは整備性(分解、組立て、部品交換、内部点検などがやりやすい)やライフ・サイクル・コスト(導入から廃棄または転売まで、メンテナンス等の費用を含む総経費)の観点から開発に参画する。

2) 参画するに当たっての担当者、人数、所属部署は?

開発参画ミッション、担当エンジニア、各セッションのエンジニア。駐在員は3名、繁忙期は6、7名。

3) パイロットや運航担当者はどのように関わるか?

従来からの経験や不具合をもとに意見を収集し、主にコックピット・デザインに反映させている。また、新規導入されるシステムを各エアライン・パイロットがシミュレータにて評価を行い、システム開発に役立っている。

4) 塗装や内装(座席配置など)以外に、エアラインの独自性はどのようなところで実現されているか?

ボーイング社が提示し航空会社に選ばせるもの: エンジンやATCトランスポンダーなど。航空会社は機能、信頼性、在来機との互換性を考慮して決定する。

航空会社が指定するもの: 客室シート(最も特色

が出る)、ギャレー、収納、トイレ、ビデオはエアライン指定のベンダーのものに乗せる。

5) アライアンスを組む他の航空会社との調整はされるのか?

サービスのミニマムはある。カート(客室サービス)などはアライアンスを組んだ後の機体に反映させる。航空券の販売が主である。

6) エアラインの機種決定はどのように決められるか?

導入のタイミング(老朽機体の更新、需要の伸びなど)、信頼性、安全性、整備性、燃費。機体の統一化を目指すか、値段や支払い方法など。特に整備部門からは整備性、ライフ・サイクル・コストが、パイロットからは飛ばし易さ、運航コスト、レイティング(資格、機材の等級)が重視される。

7) 現地駐在員のご苦労は?

4年程度で交代。'01年9月11日の同時多発テロ以降の各エアラインからの受注減によるボーイング社のスリム化が進む中で、エアラインとしてもそれに対応した仕事のやり方が要求されている。このような状況の中で日本とボーイング社との間の煩雑な調整が求められている。

ANAのボーイング社駐在職員は4年程度で替るとのことである。異国の環境で公私ともに様々な課題を処理するには、意思疎通に欠かせない語学力および多部門の要求に対応できる広い専門知識、ボーイング社など関連各社との交渉・調整能力はもちろん必要だが、それだけでは十分ではない。現地社会や駐在会社に適応できることがそれらに劣らず必要であろう。

2-4. 工場見学

ディスカッションを40分程度で終えANAのブースを後にする。おみやげにANAとボーイング社の

カレンダーと社内誌「AERO BOEING No. 21」を頂いた。河田氏の乗用車で工場へ向かう。全面舗装された広い構内だが徐行運転しなければならない。大きな組立て工場の巨大な扉の前の広場は、作業者の駐車場になっている。広いので車の駐車スペースにも十分余裕がある。この広場は、初号機のロールアウトの際などにはセレモニーが行われるのであろう。つまり野球もできるような広場には、機体の重量に耐えうる舗装が施されていることになる。

扉の横にある通用口から工場に足を入れる。日本で自動車などの製作工場見学で、それも作業者と同じフロアを動き回る場合には、先ずヘルメットの着用が要求されるし、作業する工具も安全上のため着用している。そしてその色や模様で見学者か否か、責任者かどうか識別できるようになっている。

しかし、ボーイング社のエヴェレット工場では、工具はヘルメットを着用していない。そればかりでなく作業着も各人各様で、つなぎやお揃いの作業服姿ではない。統一されているのは皆が防塵眼鏡をしていることと首からIDカードを下げていることである。作業しやすいような服装を各自に任せるところにも、個人の独自性を尊重するアメリカの特徴が見られる。また大型機を組立てるのであるから大きな部材を取り扱うと思われるが、意外と女性の作業者が多い。腕力を要する作業量が少ないためであろう。そういえば工場内にいるのに説明も聞き取れる。意外と静かなのである。板金やリベットを打つ音など耳障りな騒音が酷くない。組立てる対象物が大きくそれに隠れ、人の姿は余り見えない。大きな機体に組み上がっていくものを連続的に移動させるのは不可能である。ベルトコンベアで流れてくるものに同じ作業を繰り返す流れ作業のように部品を取付けていくのではないため、人間の動線は自動車工場よりだいぶ長い。その点から見れば、人間はロボット的な作業をやってはいない。

見学者も眼鏡の着用とIDカードを付けることが要求される。訪問者用のIDカードはANA駐在所で借用した。眼鏡は工場の入り口に置いてある。花粉症用の眼鏡のように、顔との隙間がない形式のゴーグルである。帰国後、エヴェレット工場の見学ツアーに参加した経験者に聞くと、眼鏡は着用しなかったとのことであった。作業現場からずっと離れたところからの見学のため不要なのだろう。

日本では「安全第一」といった標語が工場内のあちこちに見られるが、ここエヴェレット工場では、「FOD (Foreign Object Damage) 」の標語が掲げられていた。それも数は少ない。航空機のエンジン関連でFODと言えば、鳥や氷塊などの異物をエンジンに吸い込みファンなどが損傷されることを意味する。工場での「FOD」は、「作業者は障害物に十分注意しけがしないようにせよ」という意味か、「大事な製品に不注意で工具などの異物をぶつけて傷つけないように注意せよ」ということなのか、どちらにも解釈される。

作業は三交代制で、主に昼間は注意を要する細かい組立て作業が行なわれる。深夜作業は、昼間組立てられたものを次の工程セクションへの移動、次の作業準備のため大型部材の搬入などのクレーン操作がなされる。従って、巨大なクレーンにより胴体部材などが移動しているところは見られなかったが、翼の補強材であろうか長スパンの部材をクレーンで動かしているところが運良く見学できた。組立て工程で尾翼が取付けられると、その塗装からこの航空会社に引き渡される予定であるかが、外部の人間である見学者にもはっきりわかる。尾翼の塗装はラダーのバランスを実際の運航に即した状態で調整するため、B767、B777に適用される。

広い工場内部の温度調整は、工場屋内を良好な作業環境に保つだけでなく、温度変化による部材の膨張収縮が組立て作業の精度を落とさないためにも必

要である。工場内は電灯、人間、機器の動力源などの熱源を、扉の開き具合を調整して逃がすことにより適温に保たれている。私が見学したのは冬期の曇天、冷たい風が吹く日であったので、扉は全閉されていた。外の寒さと比べ工場内は快適な温度であった。なお、巨大な扉を外部から眺めると、B747、767、777の大きなイラストがそれぞれ描かれていて、これらの機体の組立て工場であることがわかる。B747の全幅と尾翼先端までの高さがそれぞれ59.6メートル、19.3メートルであるから、扉はそれよりも広く高いことになる。つまり扉だけでテニスコート4面を田の字に並べてすっぽり入る大きさである。

組立て中だったB777-300ERの胴体後部には、ANAとJALを含むワーキング・トゥゲザーの航空会社のマークが横一列に並べて描かれていた。なお、ボーイング社とB777-300ERワーキング・トゥゲザーを組む会社は、GE Aircraft Engines (Engine Manufacture), Air France, ANA, EVA Air, GE Capital (Leasing Company), ILFC (Leasing Company), JAL, PIA (Pakistan) である。

前部ドア付近だけだったが、ちょうど作業の休憩時間だったため組立て中の機体内部に入ることもできた。内部の座席がセットされるフロアの前半分に、多数の水タンクが配置されていた。このタンクは長期のフライト・テストが必要となる機体（今回内部を見学したのはB777-300ER）のみに取付けられる。他の機体はこの製造工程でシート、トイレ、ギャレー等が取付けられる。

河田氏の説明によると、バランス荷重が取付けられるのは二つの理由が考えられる。一つは、機体の後部に載せられた測定機器とのバランスを取るため。もう一つは、より実運航に近い荷重で試験を行うためである。組立て段階から次のステップへの手だてがなされている。一日でも早く路線に投入させたい

顧客であるエアラインの要望に答えるためであろう。熾烈な競争の一端が垣間見られる。

B777-300ERには、GE社のGE90-115B型エンジン（現時点でのチョイスはこの型のみ）が取付けられる。その最大推力は1基当たり11万5300ポンド（約52.3トン）、最大直径135インチ（約3.43メートル）はB737の客室幅に匹敵する巨大なエンジンである。ジャンボ機の初期タイプB747-100のエンジンJT9D-7A（P&W社製）1基の推力が4万6500ポンド（約20.9トン）、ファン直径が8フィート（約2.44メートル）と比べれば、この30年のエンジンの進歩も隔世の感がある。今や、推力の増大化だけでなく信頼性の向上によって、双発ジェット機で洋上を横断できるのである。

輪切りの胴体外板を接続するセクションには、作業し易い姿勢でできる架台がある。胴体部分を回転させることで、人間が無理な姿勢にならずに作業できるのである。また、翼の組立てセクションには、部材が自重でたわんだ状態のまま外板を取付けないように、たわみを除く架台がある。組立てを待つ部材の中に日本で製作されたものがあり、それは梱包の名札から確認することができた。組立て前の胴体部材の厚さは3ミリメートル程度で思ったより薄い。これで1平方メートル当たり6トンを超える予圧に耐えるのである。日本製の部材は、ボーイング社の指定通りに作られ、組立てたらうまくつながらないというようなことはなく好評だとのことである。

組立て工場見学の最後に、エレベーターで3階へ上がり、作業全般が見渡せる一角に出た。ここは見学ツアーの人たちも立寄るところで、工場の歴史や機体の説明をしたパネルなどが準備されていた。ここからは最終工程のセクションも見渡せる。

扉の近くには組立ての最終段階、ロールアウト間近の機体が位置するように配置されていく。そして工程の最後にエンジンが取付けられる。見学した時

にはB747-400ERが組立て完了間近であった。B747-400型機の場合、-400と-400ERの総数の約7割がカーゴ機とのことである。現時点で貨物機をエア・フランスが、旅客機はカンタス・オーストラリア航空が購入することになっている。エアバス社が超巨人機A380を開発中であることを考えると、ボーイング社とエアバス社の経営戦略の違いが伺える。どちらが優位に立つか、世界的な経済状況にかかってくる。ビジネス活動や観光客の増減が、路線の開拓や利便性の増強に影響することになるため航空業界および旅行業界全体にも波及するからである。

組立てを終えた機体はタグ車で牽かれて、ペイン飛行場に隣接する塗装工程の工場に移動する。我々も河田氏の車で塗装工場へ移動した。塗装工場内には入らなかったが、車を走らせながら塗装を待つ機体、終わった機体が駐機しているのを見た。大きな機体が並んでいるのを見上げるのは壮観である。塗装工場の自動車走行路で見学ツアーバスと行き交った。冬期のせいであろう、乗客はそれほど乗っていない。

1969年末には政府資金によるSSTプロジェクトの打ち切りおよび開発費がかさんで、ボーイング社は経営難に陥っていた。当時、P & WによるJT9Dエンジンの開発製造が間に合わず、エンジンが装備されるのを待つB747全機の価格が、ボーイング社の純資産を超えるほどで倒産寸前の時期もあったとのことである^(6, 7)。多数のB747が駐機していたのはこの一角であろうか。幾多の試練を乗り越え、今日のボーイング社が存在するのである。

ユーザーの航空会社の塗装が施された後に地上機能試験が行われ、その後ボーイング社によるフライト機能試験が行われる。問題がなければ航空会社による地上試験、フライト試験後に受領される。

最後に、ツアーの見学者も立寄る土産物売り場に入った。ボーイング機の刷込まれたTシャツやボールペン、キーホルダー、飛行機の模型等々。先ほ

どバスに乗っていた見学ツアーの人たち6, 7名と此処で会う。日本人がほとんどだった。この売店は建築現場の仮設小屋みたいなもので、工場の建物に比較すればマッチ箱にも満たない。ツアー客の要望でやむなく建てた感がある。工場はものを造るところであって、見せ物ではないという意思表示であろうか。飛行機の話はボーイング社発祥の地にある航空博物館を見てくれということであろう。なにしろ工場の建物やその敷地の広大さの故に、管理棟と組立て工場および塗装工場の位置関係が一通り見ただけでは、俯瞰図なしにはとても把握できない。

再び河田氏の車で訪問時に出迎えて頂いた管理ビル前に戻り、11時40分頃辞去する。帰りの道中、工場内の光景と説明を反芻しながら、有効な時間が過ぎたという満足感に浸った。

3. まとめ

エヴェレット工場を訪問し、ANAの現地駐在員とのディスカッション、組立て工場見学を通して以下のことが判明した。

- 1) ワーキング・トゥゲザーとして新機種の開発に航空会社に関わるのは、
 - a) 居住性、b) 整備性、c) ライフ・サイクル・コスト、d) コクピット・デザインなどについての要望を反映させ、より一層好ましい導入機材にするためである。
- 2) 航空会社は、
 - a) 塗装、b) 搭載エンジン、c) 客室シート(配置、デザイン)、d) ギャレー、e) 収納、f) トイレ、g) ビデオなどで、会社の独自性を出す。
- 3) 新規導入の機種決定は、
 - a) 会社の方針(機材の統一化を目指すか、多様化を図るか)
 - b) 既存機体の老朽化や需要の動向による導入のタイミング

c) 信頼性、安全性、整備性、低燃費などランニング・コストの少ない機材

d) 価格や支払方法など導入経費

などを考慮し、運航や整備の要望にも配慮して決定される。

4) 組立て工場にも米国の特色が現れている。

工場の標語、作業者の服装、男女の比率など。

5) 時代の最先端の乗り物である大型機の組立てにも人間の手が必要不可欠である。

各種の省力機具や測定機器は取り入れられていて、全くの手工業であるという意味ではない。これは、旅客機の操縦が完全無人化にならないこと、パイロットが安全の最後の砦であることと通じる。

6) 工場は適切な人員配置で人間と機械が共存、共栄している。

本来、航空機は大量生産には向かないため、組立てが流れ作業的ではない。9.11以来の航空不況が組立て工場にも波及し、生産に追われる状況にないからではなく、レイオフが適宜行われ必要な人員が配置されているためである。

7) ボーイング社の大型旅客機の生産主力は、B747-400からB777-300にシフトしている。

B747の最新機である-400および-400ERの組立でも、貨物機が旅客機より多い。

4. あとがき

エアラインのパイロットは、整備や管制など地上の人々の力を借りて、乗客を安全に運ぶことを任務とする。しかしその背後には、機材の設計から製作そして航空会社にはその導入に携わる人々が居る。パイロットはこのような人々のことにも時には思いを巡らして欲しい。それができるということは、彼はそれだけの操縦技術を身に付け、周りを見渡せる余裕が持てるようになったこと、人間的にも十分成長したことを意味するだろう。

現在、航空大学校の学生諸君は当面の目標として、エアラインのパイロットを目指して日々訓練に励んでいる。卒業後も目標を高く掲げ、理想のパイロット像に向かっての努力を続けて欲しいものである。社会状況や置かれた環境の中でベストを尽くすことの満足感は、航大生活で経験済みのはずである。

エンジンを含め機材も、運航支援体制も日進月歩している。現状に甘んじていては陳腐化してしまう。信頼されるライン・パイロットとしてやっていくために、健康の維持はもちろん、技量の向上保持と勉強はこれからも続くのである。君らはそういう職業を選択したのだから。地上の多くの人に対して感謝の気持ちを表せるパイロットになることを、航空大学校の一座学教官として願うものであり、そういう学生を育てたいと思っている。

もっと注意して見るべきところを見ていなかったなど反省する点も多い。これは航空機に対する理解不足から来る点も多々あることを自覚している。また記述描写の拙さから、工場の状況をうまく伝えられなかったことをお許し願いたい。

折からのイラク情勢の悪化に伴って、「9.11航空機テロ」の再発が懸念された。この時期の渡米、ましてシアトルまで足を延ばしてのボーイング社エヴェレット工場見学を行うことに全く不安がなかったわけではない。単身赴任の身、子供には笑われたが万一の場合を想定して、家族にわかるように印鑑など貴重品の在処やカード一覧表を作成、海外保険の確認もした。無事に終えたから言えることかも知れないが、そのリスクを犯してまでも決行し良かったと思っている。

工場の建物も含め施設内部の写真撮影は禁止されているため、画像記録がないのは残念である。しかし、この度の貴重な経験は記憶に留まっている。そして、思い出すたびにベーカーズフィールドやシアトルの光景と共に、お世話になった方々が鮮明に脳

裏に思い浮かぶ。なお工場内部の様子は、例えば資料8, 9)に写真が載っている。

工場見学の際あらぬ疑いをかけられANAに迷惑がかからないようにメモを取るのを控えたため、本文の記述に際して事実の不明確な点を、ボーイング社のANA駐在所に確認した。見学後もお世話になったことを此処に記し、重ねてお礼を申し上げる次第である。この拙文が航空会社、航空に携わる人々のことを知る上での一助になれば幸いである。

謝 辞

最後に、今回の海外研修と工場見学を快く受けて頂いた全日本空輸株式会社および本来の仕事があるのに真摯に対応して頂いた現地駐在の皆様、機会を与えて頂いた独立行政法人航空大学校の関係各位に対して、感謝の意を表して筆を置きます。

参考資料

- 1) 「ボーイング747を創った男たち」クライヴ・アーヴィング著、手島尚訳、講談社、p.283
- 2) 「ボーイングVSエアバス—航空機メーカーの栄光と挫折—」マシュー・リー著、平岡護・ユール洋子訳、アリアド企画、p.109
- 3) 1)と同じ、p.287
- 4) 「地球の歩き方—アメリカ西海岸2001~2002版—」ダイヤモンド社、p.237
- 5) <http://www.boeing.com/companyoffices/aboutus/tours/background.html>
- 6) 1)と同じ、p.383
- 7) 2)と同じ、p.115, 152
- 8) 1)と同じ、p.295, 321, 326, 346
- 9) <http://www.boeing.com/companyoffices/aboutus/tours/tourphoto.html>