

5.3 MRJのCFRP

国産初となるジェット旅客機として平成 27(2015)年 11 月 11 日に初飛行を成功した三菱航空機が開発している MRJ は, 図 16 に示すように構造材料の内,9%が CFRP で占められています.これらの CFRP の内,従来のプリプ レグを使用した部材は主翼の後縁に装着されているフラ ップ,エルロンのような動翼(舵面)と,尾翼の後方に装 着されている方向舵,および昇降舵です.さらに,エン ジンの外側を包むカウリングもプリプレグの CFRP で製 造されています.一方,尾翼の前方にある,固定の垂直 安定板,および左右にある水平安定板については世界 トップの炭素繊維メーカである東レが VaRTM 法によっ て製造し, MRJ のコスト・ダウンに寄与しています.



図 16 MRJ の VaRTM 法による製造部材¹⁷⁾¹⁸⁾

6. まとめ

6.1 民間旅客機の巡航速度

20 世紀の初めにライト兄弟が人類として初めて飛行し てから、わずか 100 年余の間に飛行機は飛躍的に発達 してきました. 図 17 に旅客機の巡航速度を時系列的に 示します. 20 世紀中に 3 度のスピード革命があったとさ れていますが、それらの時々にアルミニウム合金を中心 に金属材料が構造材料として大きく寄与してきました. 20 世紀の旅客機の巡航速度は亜音速域の上限まで達 して、そこで停滞しているように見えますが、21 世紀に なって飛行機の巡航速度はどのように変化していくので しょうか. 1990 年頃に米国、ヨーロッパを中心に超音速 旅客機コンコルドの後継機としてマッハ 2 を超える超音 速で飛行する次世代 SST (Super Sonic Transport)が精 力的に検討されましたが、その後、開発機運はしぼんだ ままです. 2000 年頃にはボーイング社が遷音速域を飛 行するソニッククルーザを提案しましたが、現実には B787 型機が開発され、うやむやになっています. 21 世 紀になって旅客機の巡航速度が現在の亜音速域を超 えるようになると、間違いなく現在の CFRP よりも耐熱性 に優れた CFRP が求められるので、それに対応した材 料開発が必要になるでしょう.





6.2 民間旅客機の航続距離

現在の旅客機の航続距離は、例えば日本からヨーロ ッパや米国東海岸に直通便が飛ぶようになっています が、しかし、未だ直通便が飛んでいない航路があります. 日本の裏側にあるブラジルには直行便はありません.東 京からリオデジャネイロまでの直線距離は 18,600km(約 10,040nm)ですが、実際には ETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards)の制約 や、目的地の悪天候による着陸地の変更などの不測の 事態などを想定すると、さらに 1,000km(約 540nm)程度 の航続距離の余裕が必要と考えられます. ETOPS とは 双発エンジンの機体が飛行中、1 基のエンジンが停止し、 残りの 1 基のエンジンのみで緊急着陸する飛行場まで 飛ぶことができる時間を規定することです.この時間が

短いほど着陸可能な飛行場をつなぐように飛行しなけ ればならず,その結果,回り道が長くなり,不経済になり ます.以前は 60 分以内に飛行場に着陸できるように航 路を設定しなければならず, 燃費の良い双発機も, 回り 道航路のために余計な燃料を消費し,双発機の燃費の 良さという長所を十分に発揮できませんでした.しかし、 昨今のジェットエンジンの著しい信頼性の向上により, 180 分まで認められる機体が増加しつつあります. それに より、より直線的な航路を飛ぶことができるようになり、良 好な燃費の双発機にとって大きな追い風となっています。



図18 旅客機の航続距離³⁾²¹⁾²²⁾

図 18 は旧ダグラス社の民間旅客機の客席数と航続 距離の関係を示す図中に,最近の長距離旅客機の例 を追記したものです. 横軸の単位の nm(nautical mile)は 海里であり,1 海里は 1,852m です.現在最も長距離を 飛行できるのはボーイング社 B777-200LR で, 航続距離 は約9,400海里です.エアバス社では既に生産が終了し ましたが, A340-500で, およそ9,000海里です. ボーイン グ社 B777-200LR はシンガポール~ニューヨーク間を直 通で飛行しています.しかし、東京から地球の裏側のリ オデジャネイロまで無着陸で飛行するには,10,500 海里 程度の航続距離を有する超長距離飛行機がなければ, 実現できません.21 世紀には地球を半周するような超長 距離飛行機が誕生するでしょうか. そのときには, さらに 高強度,かつ軽量な構造材料が求められますが,最近 注目されているカーボン・ナノ材料は実用化されている でしょうか.

6.3 飛行機構造用材料

飛行機の構造は強度を確保しながら軽量化することと の戦いです. そこでは当然ながら低密度で高強度の材 料が求められます.この軽量かつ高強度を直接表す指 標として強度をその材料の密度で除した比強度が使用さ れています. 当然ながら比強度が大きいほど, 軽量高強 度な材料であり,飛行機の構造材料に適しています.

図 19 には室温における金属材料と複合材料の比強 度を縦軸に、比弾性率を横軸に示しています. 図中の 黒塗りつぶしの四角形は金属材料を示しており,金属



金属および複合材料の比強度,比弾性率23) 図 19

材料中では Ti が最も比強度が高く表されています. Steel が Ti と並ぶように表されていますが, この Steel は 飛行機構造用の最高強度レベルの超高張力鋼であり, 一般産業用の軟鋼であれば、Alよりも低い値になります. 斜線の四角の領域は FRM (Fiber Reinforced Metal:繊 維強化金属)を示し、白抜きの四角い領域が FRP(Fiber Reinforced Plastic:繊維強化樹脂)で,図中,最も比強 度が高く示されています. 軸の目盛は対数目盛なので, 金属とFRPの比強度は殆ど1桁違い, FRP が圧倒的に 優れています. FRP の中でも CFRP は比強度, 比弾性 率共に優れており,飛行機の構造材料として非常に適 していることがわかります.

今後,飛行機はさらに高速化,超長距離化,高効率 化に向かって開発が進み、それらに呼応した構造材料 開発,加工技術開発が行われ,社会の発展に寄与する ことが期待されています.

参考文献

- 久世紳二:旅客機の開発史,(社)日本航空技術協会, 3) (2006), 32, 60, 57, 56, 3, 183.
- 17) 佐倉潔: MRJ を世界の空へ, 航空と文化, 108, (2014).
- 18) 山下満広,坂川 亨,武田文人,木俣文雄,子守康裕: MRJ 尾翼桁間構造適用に向けた A-VaRTM 技術開発, 三菱重工技報, 45,4, (2008)2.
- 19) (財)航空機国際共同開発促進基金:787 vs A350, http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H17 dou kochosa/H17-3.pdf
- 20) 坂田公夫, 三本木茂夫: 次世代高速航空機とスペースプ レーンの開発構想と開発技術課題, 溶接学会誌, 59, 6, (1990)428.
- 21) https://ja.wikipedia.org/wiki/ja.wikipedia.org/wiki/ボーイ ング777
- 22) https://ja.wikipedia.org/wiki/ja.wikipedia.org/wiki/エアバ スA340
- 23) (財)日本航空技術協会:航空工学講座第4卷 航空機 材料, (2004)155.
- 注:本連載は6回に分けて掲載されております.項目,図番お よび参考文献は第1回から連続しています.