

航空機の発達と その構造材料の変遷 (第3回)



C-ASTEC 中澤隆吉／中菱エンジニアリング 伊原木幹成

3.2 長距離飛行

1935年にダグラス社が民間輸送機の最初のベストセラー機となる DC-3 型機の初飛行を行いました。この機体の胴体の構造様式は図6(第2回掲載)に示すワグナー・ビーム桁を応用したセミ・モノコック方式で、図7に示すように現在の金属製旅客機と同様に機軸方向にストリング、円周方向にフレームを直交する井桁状に組合せた構造体に外板が張られており、全てジュラルミン製です。この構造は客室の気密が保たれているので、与圧、暖房が行われ、更にエンジン騒音も防がれて、乗客は快適に過ごすことができました。それまでのラーメン構造のキャンバス張りの胴体には、客室には与圧も暖房もないため、乗客はコートなどの防寒対策をして搭乗し、エンジンからのひどい騒音を我慢していたので、雲泥の差でした。

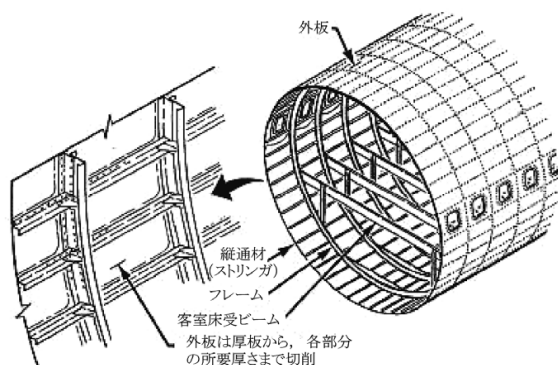


図7 旅客機のセミ・モノコック構造³⁾

DC-3 型機は21人乗りで約8時間で西海岸と東海岸を結ぶ航空路を開通し、航空輸送会社を旅客輸送のみで経営が成り立つようにした記念碑的な飛行機となりました。この機体のセミ・モノコック構造を実現するのに、アルミニウム合金が非常に重要な役割を果たしています。鉄鋼材料で同様の構造を製造したら重量超過で飛行機は離陸することができなかったでしょう。この頃、米国ではジュラルミンを超える高い強度の合金開発が行われており、Mg添加量を増加した Al-Cu-Mg 合金が超ジュラルミン(Super Duralumin)として製品化され、DC-3にも採用されました。この超ジュラルミンはその後改良を重ね現在の飛行機の構造材料として継続して使用されています。

3.3 第二次世界大戦と高力アルミニウム合金

1939年に第二次世界大戦が始まると、飛行機は兵器として重要な役割を占め、戦争の勝敗の帰趨を決めるまでになりました。戦争初期に日本の零式艦上戦闘機(零戦:図8)は、その優秀な性能で米国の戦闘機を撃墜しました。そのため米国では零戦を調査するためにアリューシャン列島のアクタン島に不時着した機体を本国に持ち帰り、分析しました。この時、米国は零戦の主翼桁に非常に強度の高い Al-Zn-Mg-Cu 系合金が使用されていることを確認しました。それまではこのアルミニウム合金系は非常に強度が高いことはわかっていましたが、耐応力腐食割れ性が劣り、構造材料としては使用できないと考えられていました。しかし、当時の住友伸銅所(現 UACJ)の五十嵐勇が微量添加元素に Cr を使用して金属組織を制御することにより耐応力腐食割れ性を改善し、ESD(Extra Super Duralumin: 超々ジュラルミン)として製品化しました。それを受けて零戦は飛行機として世界で初めて高強度 Al-Zn-Mg-Cu 系合金を採用しました。米国も零戦の ESD 合金に類似した合金を開発・実用化し、これ以降の飛行機の主要構造材料に Al-Zn-Mg-Cu 系合金が使用されるようになり、今日まで改善されながら継続して使用されています。



図8 零式艦上戦闘機⁶⁾

現在、鋳物を除くアルミニウム合金は米国アルミニウム協会に登録して番号を付けることになっており、4桁の数字で識別されます。飛行機の構造用高力アルミニウム合金である Al-Cu-Mg 系合金は 2000 番台、Al-Zn-Mg-Cu 系合金は 7000 番台の番号が与えられています。元祖ジュラルミンは 2017、超ジュラルミンは 2024、超々ジュラルミンは 7075 です。これらのアルミニウム合金の詳細な化学成分規定は米国アルミニウム協

