航空機産業分野における技術調査

相田　収平*　石川　淳**　須藤　貴裕*

Report of Technology Trends for aircraft industries

AIDA Shuhei *, ISHIKAWA Atsushi** and SUTOH Takahiro*

1. 緒　　言

日本国内の航空機産業の生産額は，2008 年の時点で約 1 兆 3 千億円であり，新興国の経済成長に伴い，航空機需要が伸長するため，2020 年には現在の約 3 倍の市場となることが予測されている [1)]。このような成長産業へ県内企業の進出を促す目的で，県は，平成 24 年度より航空機産業参入推進事業を立ち上げ，研究会や共同研究を通して，県内企業に対する情報提供や研究開発の支援を実施している。

本報では，同事業の中で航空機産業の技術動向を調査する目的で，パリ国際航空ショー2013 において情報収集を行った調査結果について報告する。

2.　パリ国際航空ショーにおける技術調査

2.1　パリ国際航空ショーの概要

パリ国際航空ショーはフランスパリ近郊の Le Bourget 飛行場で開催される世界的エアショーで，英国で開催のファンボロー・エアショーと交互に 2 年に 1 度開催され，50 回目となる今回は 2013 年 6 月 17～23 日（17 日～20 日：ビジネスデー，21 日～23 日：パブリックデー）に開催された。図 1 に会場の概要を示すが，展示スペースの総面積は 324,000m^2 と東京ビッグサイトの東西両展示スペース合計の約 4 倍と広大なスペースである。出展数は 44 か国から 2,215 社・団体が出展しており，地元のフランスが最も多く 1,024 社・団体と半数近くを占めており，次いで航空機産業の盛んなアメリカの

図 1　パリ国際航空ショーの様子 [2)]

353 社・団体となっている。なお，日本からは今回 31 社・団体が展示に参加した。入場者数はビジネスデー4 日間で約 14 万人，パブリックデーの 3 日間を加えると 31 万人の規模であった。

2.2　航空機関連の技術動向

航空機産業は最新の材料や高度な加工技術をいち早く適用し，摺り合わせる高付加価値産業であり，自動車産業などへの波及効果が大きいことから航空機関連の技術動向は重要である。ここでは，特に関心を集めた技術について報告する。

*　研究開発センター
**　上越技術支援センター

2.2.1 CFRP 関連技術

CFRP は航空機の軽量化による燃費効率向上に大きく寄与することから，機体の構造部材を中心に適用が図られ，B787 では約 50%に採用されていることは有名である。近年ではさらに，エンジンの大型部品への適用検討が進んでいる。図 2 はフランスの SAFRAN 社が展示していた CFRP 製の低圧コンプレッサーケースであり，2019 年頃の供給を目指して開発中であるが，注目すべきはその製造方法である。CFRP 製部材の成形方法として，現在の航空機産業の主流となっているのは，プリプレグというあらかじめ繊維に樹脂を含浸させたシート状のものを積層して成形し，オートクレーブで硬化するという方法であるが，この方法は工程が多く，自動化が困難であるといった問題がある。これに対して SAFRAN 社では，RTM(Resin Transfer Molding)による成形を試みている。RTM では，カーボンファイバーの織物を金型にセットし，金型に樹脂を注入して硬化させる方法である。プリプレグとオートクレーブを使う方法に比べ自動化がしやすく生産性が向上する方法であり，実用化されると CFRP 部材の適用部位の拡大が期待できる。

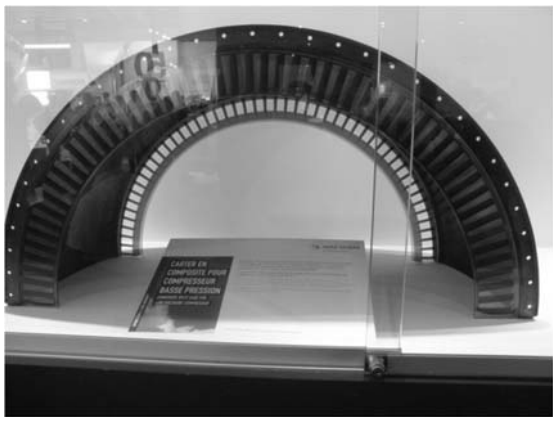

図 2　CFRP 製コンプレッサーケース

2.2.2 CMC (Ceramic Matrix Composites)

CMC(Ceramic Matrix Composites)は将来の航空機エンジン用耐熱材料として最も期待されている材料の一つで，現状の Ni 基耐熱合金よりも軽量で耐熱性に優れる材料である。Ni 基耐熱合金と比べ約 30%の軽量化が可能といわれている。CMC の構造を CFRP に置き換えると基材（樹脂の部分）がセラミックス，繊維（カーボンファイバーの部分）がセラミックス製繊維で構成されている材料である。全てがセラミックスから構成されていることから，1200℃以上の耐熱性を有し，比重は Ni 基耐熱合金の約 1/4 と軽量である。

図 3 には，CFM International 社で開発が進められている最新型航空機エンジン LEAP 用の CMC 製低圧タービンブレード（図 3 右写真）を示す。また，航空ショー会場の配布物にはアメリカの GE 社が次期大型民間旅客機 B777X 向けのエンジン GE9X の高圧タービンに CMC を採用すると報じられており，ノースカロライナ州に新たに CMC の工場を建設し，部品の少量生産を開始する予定としている。CMC 製部材が実用化されれば，CFRP と同様に，CMC の適用範囲が急速に拡大するものと思われ，今後の動向が注目される素材である。

ところで，この CMC に使われるセラミックス繊維は日本カーボン(株)と宇部興産(株)の日本の 2 企業がほぼ製造を独占している。このうち日本カーボン(株)は GE 社および SAFRAN 社との合弁会社，NGS アドバンストファイバー(株)を設立しており，GE 社や SAFRAN 社の CMC 部品には日本カーボン(株)製の繊維が使われているものと思われる。

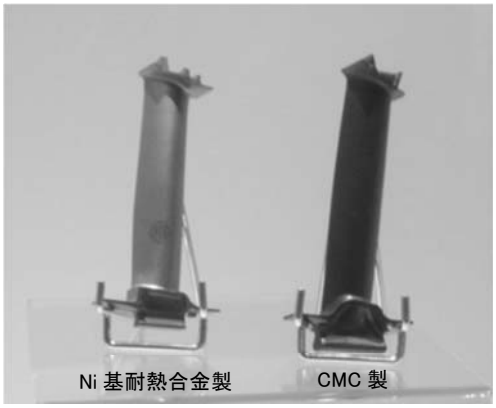

図 3　CMC 製タービンブレード

2.2.3　3D プリティング技術

新材料に続いて，航空機産業分野でも注目されている加工技術である 3D プリンティングについて紹介する。この技術の PR は今回の航空ショーから散見されるようになった。航空機産業分野に特徴的なことは，耐熱合金やチタン合金など，いわゆる難加工材料について，3D プリンティングによる積層造形を試みている点である。

図 4 に今回のショーで展示されていた 3D プリンティングによる試作部品を示す。耐熱合金製の燃焼チャンバーや高圧コンプレッサガイドベーン，および TiAl（チタンアルミ金属間化合物）製タービンブレードなどエンジン関連部品への適用の試みが多い。展示によると，従来技術である鋳造成形と比較して，よりニアネットシェイプに造形できるため，約 30%の材料を削減できると説明されていた。これらの部品に使用される耐熱材料は高価であることから，30%の材料削減は大きなメリットがある。解決すべき課題としては，金属の粉をレーザーで溶かしながら積層するために表面性状が劣り，他の部品との締結面などは，造形後の機械加工が必要であるが，今後の技術動向が注目される。

図 4　3D プリンティングによる部品

2.2.4　補修技術

これまでは，新しくモノを作る技術について述べてきたが，航空機や航空機エンジンは購入価格が高いだけでなく，運用コストや

図 5　ファンブレードの補修技術

MRO（Maintenance, Repair and Overhaul）コストも高価なことから，補修関連技術も重要である。

図 5 には，日本の（株）IHI のブースで展示されていた航空機エンジン用ファンブレードの補修技術を示す。エンジンの回転中に鳥などを吸い込んでしまう，いわゆるバードストライクなどによってファンブレードが曲がってしまったりする損傷は避けられない。このような場合，新品のブレードへの交換は高価なことから，損傷した部位を切り取り，電子ビーム溶接で補修材料を溶接した後，切削加工で形状を仕上げるという補修技術を展示していた。

また，ドイツの MTU 社では高圧タービンの補修技術を展示していた。解説によると，新品価格の約 1/8 程度で補修が可能としており，安価なことからエアラインからのニーズは多いようである。いずれも，エンジンメーカーの認定を受け，安全性を確認した正規の補修技術であり，そのためには多くの試験データと時間が費やされており，この分野への参入は容易なことではない。

2.3　中国・韓国の技術動向

新興国における航空機産業は，もともと国家の安全保障との結びつきが強く，国の支援のもとで発展してきたが，近年の工業化の進展と航空機需用の高まりを背景として，存在感を示し

始めている。今回は，近隣国である韓国と中国の展示企業について紹介する。

図 6 には，韓国の KOREA LOST-WAX 社のブースと展示サンプルを示す。この企業は一昨年の第 49 回のパリ航空ショーにも単独ブースで出展していたが，今回は前回に比べてブースの面積も拡大しており，存在感を増しているように感じた。また，展示物は航空機エンジン用のタービンブレードの精密鋳造品であり，アメリカの大手航空機エンジンメーカー向けであると説明されていた。韓国では，2004 年から朝鮮半島南部に航空機産業の集積を図り，生産高ベースで世界第 7 位を目指して産業の育成に取り組んでおり，その動向が注目される。

図 7 には，中国二重という会社のブースを示すが，800MN という世界最大級の鍛造プレス機を誇示するとともに，航空機エンジン用ディスク，降着装置用部品などの鍛造部品を展示していた。

図 6　韓国企業のブースと展示品

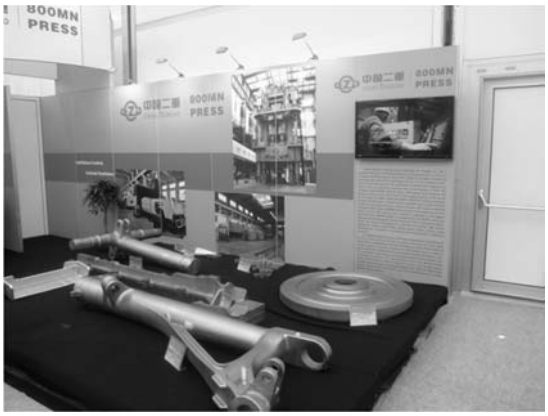

図 7　中国企業のブースと展示品

日本でも岡山県倉敷市にある日本エアロフォージ(株)において 500MN の鍛造プレス機を設備し，2013 年から操業を行っており，今後，アジア地域でも航空機用大型鍛造部品の生産が活発になっていくものと考えられる。

3. 結　　言

パリ航空ショーにおいて，航空機産業に関連する最新の技術動向を調査した。材料関係では，CFRP 部材の新しい成形技術として，生産性向上を狙った RTM が紹介されていた。また航空機エンジン用軽量耐熱材料として，CMC の適用が欧米のエンジンメーカー各社で進んでいる。さらに，3D プリンティング技術の開発も盛んであり，特に耐熱合金やチタン合金など，いわゆる難加工材料について，積層造形が試みられている。

参考文献

1) 相田，三浦，石川，須藤，“航空宇宙分野調査報告”，工業技術研究報告書，No.41，2011，pp.83-85.
2) Paris Air Show ホームページ http://www.siae.fr/EN/THE-SHOW/Library.htm 2014 年 3 月 17 日閲覧